

# Het berekenen van jaarlijkse trends van planten op basis van verspreidingsgegevens

*Laurens B. Sparrius\* & Arco J. van Strien\*\**

- \* FLORON, Toernooiveld 1, 6525 GL Nijmegen; e-mail: sparrius@floron.nl
- \*\* Centraal Bureau voor de Statistiek, Postbus 24500, 2490 HA Den Haag; e-mail: aj.vanstrien@cbs.nl

## **Het berekenen van jaarlijkse trends van planten op basis van verspreidingsgegevens**

Voor het eerst is het gelukt om voor alle Nederlandse plantensoorten jaarlijkse trends te berekenen voor de periode 1995–2012 op basis van verspreidingsgegevens uit diverse bronnen. Trends zijn berekend als veranderingen in het aantal atlasblokken waarin een soort in een bepaald jaar voorkomt. Hiervoor zijn de resultaten van de volgende twee trendberekeningsmethoden gecombineerd: Occupancy Modelling en FRESALCO. Vervolgens worden diverse voorbeelden van de uitkomsten en mogelijke toepassingen getoond en suggesties gegeven voor validatie en verbetering van de methode.

## **Calculating annual trends of plants based on occurrence data**

For the first time it has been achieved to calculate the annual trends of all Dutch vascular plants for the period 1995–2012 using occurrence data from mixed sources. The trends were calculated based on the number of 5 × 5 km grid cells in which a plant species occurs in a certain year. For calculating the trends we used a combination of two calculation methods: Occupancy Modelling and FRESALCO. Several examples of trend lines and potential applications are given, together with suggestions for improvement and validation of the methods used.

## **Inleiding**

Vaatplanten behoren tot één van de best onderzochte soortengroepen in Nederland. Het systematisch in kaart brengen van de verspreiding van inheemse soorten begon al in 1900 door onder meer de Nederlandse Botanische Vereniging. Sinds 1975 hebben het Rijksherbarium en sinds 1993 de Stichting FLORON een belangrijke rol gespeeld in het bijeenbrengen van verspreidingsgegevens uit diverse bronnen, verzameld door een groeiend aantal vrijwilligers en door, of in opdracht van, de overheid en terreinbeheerders.<sup>1</sup> Al die tijd werd gebruik gemaakt van een kwartierhok (tot 1950) of kilometerhok als basiseenheid voor de kartering en een streeplijst als hulpmiddel in het veld.

Verspreidingsgegevens zijn in de afgelopen jaren veel gebruikt in publicaties, zoals de Atlas Nederlandse Flora<sup>2</sup>, de Atlas van Plantengemeenschappen in Nederland<sup>3</sup>, de Nieuwe Atlas van de Nederlandse Flora<sup>4</sup> en actuele kaarten op de website verspreidingsatlas.nl.<sup>5</sup>

Het bepalen van voor- en achteruitgang kende de afgelopen jaren weinig toepassingen en beperkte zich hoofdzakelijk tot het actualiseren van de Rode Lijst van bedreigde vaatplanten<sup>6</sup> <sup>7</sup> en een studie naar de oorzaken van veranderingen in de flora op basis van de trend in verspreiding.<sup>8</sup>

Het berekenen van trends van plantensoorten is uitermate lastig op basis van de beschikbare dataset. Voor het maken van verspreidingskaarten mag de floradatabank weliswaar volstaan, idealiter is er voor het bepalen van jaarlijkse trends het volgende nodig: 1) jaarlijks een inventarisatie van alle kilometerhokken, of een aselechte steekproef daarvan, 2) onderzoekers die hun soorten allemaal even goed kennen en die 3) een zo compleet mogelijke soortenlijst van een kilometerhok maken of anders een gestandaardiseerde veldmethode aanhouden, zoals dat gebruikelijk is bij bijvoorbeeld het dagvlindermeetnet in Nederland. FLORON verzamelt momenteel zulke min of meer complete soortenlijsten jaarlijks uit ruim 800 kilometerhokken. Dat klinkt veel, maar dat betreft slechts 2% van alle kilometerhokken in Nederland en bovendien worden slechts 200 van die kilometerhokken via een steekproef geselecteerd in Netwerk Ecologische Monitoring ('Het Nieuwe Strepen'). Jaarlijks komt er nog ongeveer het dubbele aan waarnemingen bij via vegetatieopnamen, soortkarteringen en bijzondere vondsten. Dat zijn echter geen min of meer volledige lijsten van een kilometerhok, en bij soortkarteringen en losse waarnemingen zijn zeldzamere soorten sterk oververtegenwoordigd. Ook wanneer kilometerhokken wel goed zijn bezocht, dan is de onderzoeksinspanning nog steeds uiteenlopend: sommige waarnemers steken meerdere dagen veldwerk in hun inventarisatie van een kilometerhok, terwijl anderen er veel minder tijd aan besteden. Omdat de hokken groot zijn, telt ook de kennis en ervaring van waarnemers mee in de mate waarin soorten worden gevonden. Dat betekent dus dat voor bijna 98% van de kilometerhokken een schatting moet worden gemaakt van het voorkomen van een soort in een bepaald jaar.

De afgelopen jaren is er veel onderzoek gedaan naar het ontwikkelen van statistische methoden om trends van soorten te berekenen met datasets met een grote ruimtelijke en temporele variatie in de onderzoeksinspanning. In een overzichtsstudie laten Isaac et al.<sup>9</sup> zien dat daarvoor gecompliceerde methoden nodig zijn, omdat eenvoudige methoden om voor onderzoeksinspanning te corrigeren gemakkelijk verkeerde trendbepalingen opleveren. Uit dat onderzoek komen twee van zulke gecompliceerde methoden naar boven die goede resultaten leveren: (1) FRESCALO en (2) Occupancy Modelling. In dit artikel beschrijven we een methode waarbij de resultaten van deze twee trendberekeningsmethoden gecombineerd worden om trends van soorten te berekenen over de periode 1995–2012.

## **Methode**

### *Gegevensselectie*

Voor de analyses zijn gevalideerde waarnemingen uit de Nationale Databank Flora en Fauna gebruikt. Alleen waarnemingen van soorten waarnaar in de hele periode 1995–2012 is gezocht, zijn verzameld. Dit zijn alle beschouwde taxa voor de Rode Lijst 2012<sup>7</sup>, aangevuld met 150 door FLORON-vrijwilligers regelmatig gemelde exoten. In totaal gaat het om 1611 taxa. Waarnemingen waarbij is aangegeven dat het om niet-wilde populaties gaat, zijn weggelaten.

### *Recent gesplitste en slecht-herkenbare taxa*

Voor taxa die in de laatste editie van Heukels' Flora<sup>10</sup> zijn gesplitst of gelumpst, is gebruik gemaakt van aggregatie. Zo worden van bijvoorbeeld *Arrhenatherum elatius* (L.) P. Beauv. ex J. Presl & C. Presl subsp. *elatius* pas sinds 2005 waarnemingen verzameld, terwijl de stroom waarnemingen van *A. elatius* na dat jaar grotendeels is gestopt. Voor de trend van *A. elatius* subsp. *elatius* wordt daarom gebruik gemaakt van de gegevens van *Arrhenatherum elatius* s.l., waarbij de waarnemingen van de soort en de beide ondersoorten gecombineerd worden. Omdat *A. elatius* subsp. *elatius* een zeer algemene ondersoort is en de andere ondersoort (*A. elatius* subsp. *bulbosus* (Willd.) Hyl.) maar zelden wordt gemeld, beïnvloedt toevoeging van de zeldzame ondersoort de uitkomst niet. Voor de zeldzame ondersoort is het lastiger om een betrouwbare trend te berekenen. We kiezen er hier voor om de trend van de soort vóór 2005 te koppelen aan de trend van de algemene ondersoort vanaf 2005. Die werkwijze is ook toegepast bij de Rode Lijst 2012. Voor in totaal 38 taxa kan vóór het jaar 2005 geen trend worden berekend.

Sommige moeilijk te herkennen taxa worden met de streeplijsten van FLORON al op een geaggregeerd niveau verzameld. In dat geval bestaat een substantieel deel van de waarnemingen uit het samengestelde taxon. Een voorbeeld hiervan is *Polypodium vulgare* + *P. interjectum*. In dit geval wordt de trend van de algemene soort *P. vulgare* L. bepaald aan de hand van het samengestelde taxon. De soort *P. interjectum* Shivas wordt namelijk zelden gemeld. Voor die soort wordt alleen gebruik gemaakt van waarnemingen die op soortniveau zijn gemeld. Voor in totaal 15 taxa is gebruik gemaakt van geaggregeerde gegevens van een hoger of samengesteld taxon.

### *FRESCALO*

De eerste trendberekenningsmethode is gebaseerd op het computerprogramma FRESCALO. FRESCALO combineert een paar trucs om voor de onderzoeksinspanning te corrigeren. Allereerst wordt gelet op de ruimtelijke correlatie van hokken, dat wil zeggen dat in naburige hokken dezelfde soorten worden verwacht, vooral als ze qua biotoop op elkaar lijken. Hiervoor is gebruik gemaakt van landschapskenmerken uit de LKN-database<sup>11</sup>, aangevuld met gegevens uit de topografische kaart Top10Vector.

Daarnaast gebruikt FRESCALO benchmarksoorten als maat voor de onderzoeksinspanning: hoe meer van die soorten zijn gevonden, des te beter is een hok onderzocht. Als in een hok een bepaalde soort niet is vermeld bij een inventarisatie en wel in naburige hokken, gaat FRESCALO ervan uit dat die soort waarschijnlijk over het hoofd is gezien, zeker als uit dat hok weinig benchmarksoorten zijn vermeld, dus als dat hok slecht is onderzocht.

Van FRESCALO is de implementatie in Visual Basic for Applications gebruikt, die eerder ook met succes is toegepast bij het berekenen van trend van de Nederlandse mossen.<sup>12</sup> Inmiddels is deze functie ook opgenomen in de functiebibliotheek SPARTA in R.<sup>13</sup> Voor FRESCALO is gebruik gemaakt van een resolutie van 5 × 5 km (atlasblok), waarbij de waarnemingen ontdebeld zijn naar unieke combinaties van soort, jaar en atlasblok. Voor occupancy modeling zijn data per kilometerhok gebruikt die zijn ontdebeld naar unieke combinaties van soort, jaar en kilometerhok.

## Occupancy Modelling

De tweede trendberekeningsmethode werkt met Occupancy Modelling. Dat zijn statistische modellen die onderscheid maken tussen het wel of niet voorkomen van een soort in een hok en het waarnemen van de soort als deze er voorkomt (de trefkans). Deze modellen bieden een elegante mogelijkheid om voor onderzoeksinspanning te kunnen corrigeren. Stel bijvoorbeeld, dat hokken gemiddeld beter worden onderzocht in de loop der jaren als gevolg van meer gemotiveerde en meer ervaren waarnemers. Zonder correctie leidt dat tot een schijnbaar hoger aantal kilometerhokken waarin een bepaalde soort voorkomt. Maar occupancy modellen pikken op, dat in zo'n geval alleen de trefkans toeneemt en dat het aantal hokken waarin de soort werkelijk voorkomt niet is veranderd. Deze modellen zijn in Nederland inmiddels met succes toegepast bij onder andere dagvlinders en libellen.<sup>11</sup>

Om de trefkans per soort te bepalen zijn meerdere bezoeken in het seizoen nodig. Het project 'Het Nieuwe Strepen' (HNS) is erop gericht om gegevens van herhaalde bezoeken te verkrijgen. Maar in oudere data zijn nauwelijks soortenlijsten van vaatplanten van hetzelfde hok in hetzelfde jaar voorhanden. Om uit oudere data toch trends te halen met Occupancy Modelling, zijn kilometerhokken gebruikt als ruimtelijke herhaling binnen een atlasblok. De idee erachter is, dat een gemiddeld grotere onderzoeksinspanning zal leiden tot een groter aantal kilometerhokken waarin de soort is gezien, en dat wordt dan vertaald in een hogere trefkans om een soort in een atlasblok te vinden. Ook dan leidt de grotere onderzoeksinspanning dus niet tot een hogere schatting van het aantal atlasblokken waarin de soort voorkomt. Werken met ruimtelijke herhalingen wordt vaker toegepast in de literatuur, al blijft het minder goed dan werken met herhaalde bezoeken zoals in Het Nieuwe Strepen.

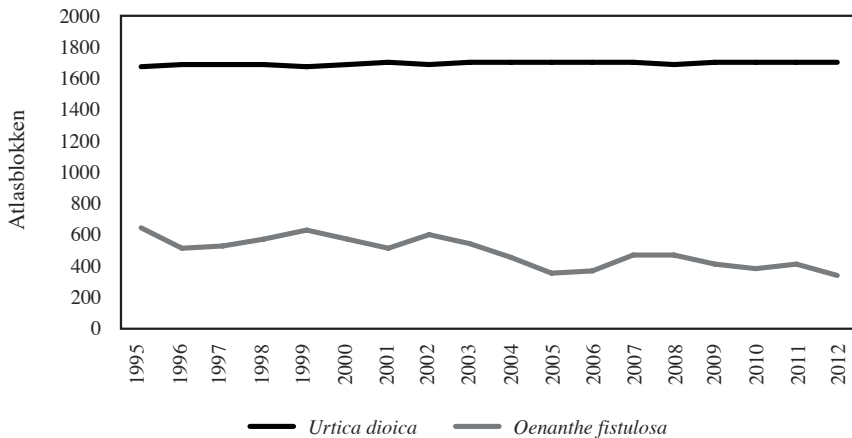


Fig. 1. Twee voorbeelden van trends van algemene soorten: *Urtica dioica* L. (Grote brandnetel) komt onveranderd in alle circa 1650 atlasblokken voor, terwijl *Oenanthe fistulosa* L. (Pijptorkruid) met name op de zandgronden sterk afneemt.

In tegenstelling tot FRESALLO is Occupancy Modelling erg rekenintensief. De modellen zijn daarom op de clustercomputer LISA van SURFSARA gedraaid. Meer details over de gebruikte methode staan in het eindrapport van het LKN-project<sup>11</sup> en in het artikel van Isaac et al.<sup>9</sup>

### Ensemblemodel

Vooralsnog is niet goed te bepalen welke van de twee methoden het beste resultaat levert bij de oudere floragegevens. Daarom hebben we bij elke soort het met de beide modellen geschatte aantal atlashokken per jaar gemiddeld ('Ensemblemodel'). Bij zeldzame soorten, die in minder dan 50 atlasblokken voorkomen, werken occupancy modellen niet goed meer. De trendcijfers van zeldzame soorten komen daarom alleen van FRESALLO.

### Analyse van de resultaten

Trends worden getoond als een schatting van het aantal atlasblokken per jaar. De trend van een groep soorten wordt als indexcijfer getoond, waarbij de indexcijfers per jaar gemiddeld zijn. Alle soorten tellen dus even zwaar mee. De toekenning van planten als biotopen is gebaseerd op Arnolds & Van der Maarel.<sup>14</sup>

De berekende trends zijn afgezet tegen de meer eenvoudige methode zoals die gebruikt is in de Rode Lijst 2012, waarbij de trend gebaseerd werd op het totaal aantal atlasblokken waarin een soort is waargenomen in een periode van tien jaar (1990–1999 ten opzichte van 2002–2011).

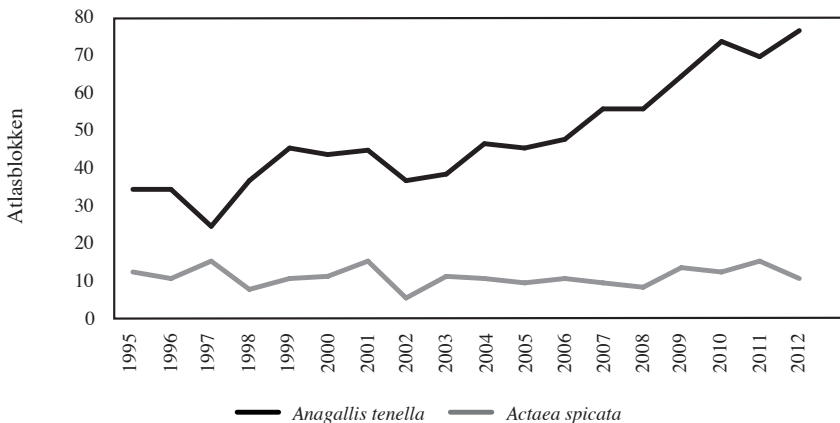


Fig. 2. Twee voorbeelden van trends van zeldzame soorten: de verspreiding van *Actaea spicata* L. (Christoffelkruid) is beperkt tot het heuvelland en blijft vrijwel constant, terwijl *Anagallis tenella* (L.) Murray (Teer guichelheil) toeneemt door natuurherstel.<sup>7</sup>

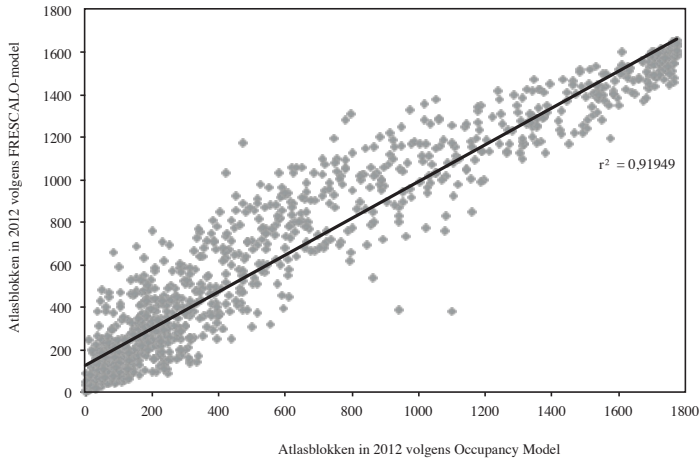


Fig. 4. Vergelijking van trends van de twee rekenmethoden (FRESALCO, Occupancy Modelling) die zijn gebruikt voor het Ensemblemodel.

## Resultaten

### *Individuele soorten*

Figuur 1 en 2 op de vorige pagina's laten een aantal voorbeelden van trends van soorten zien. Gekozen is voor een algemene en een zeldzame soort zonder duidelijke trend, een sterk toenemende soort, en een sterk afnemende soort.

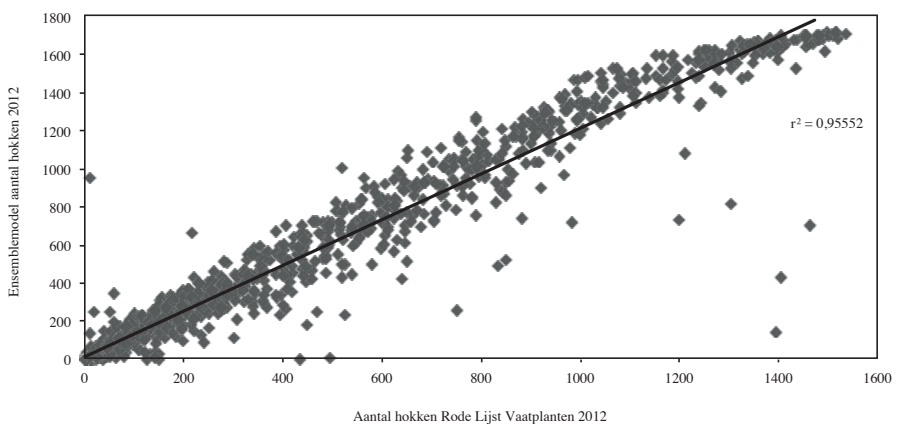


Fig. 3. Vergelijking van rekenmethoden: het aantal atlasblokken berekend met het Ensemblemodel uitgezet tegen het aantal atlasblokken zoals berekend in de Rode Lijst 2012.<sup>7</sup>

### Vergelijking van trends

Een maat voor de betrouwbaarheid van de trend is of het geschatte aantal atlasblokken per soort overeenkomt met dat van andere bronnen. In Fig. 3 is het met Ensemblemodel voorspelde aantal atlasblokken per soort uitgezet tegen dat van de Rode Lijst 2012.<sup>7</sup> Voor die laatste is presentie in een willekeurig jaar in de periode 2002–2011 gebruikt. De  $r^2$  is met 0,95 zeer hoog. De  $r^2$  van de afzonderlijke modellen is 0,92 voor Occupancy Modeling en 0,94 voor FRESALLO. Ook geven de twee methoden onderling een vrijwel identiek beeld (Fig. 4).

Het zou mooi zijn als we de trends verkregen met beide methoden zouden kunnen valideren tegen trends verkregen met een gestandaardiseerde veldmethode, zoals is gedaan met gegevens van vlinders en libellen.<sup>9</sup> Daarom zijn de trends in verspreiding vergeleken met de trends in kleine permanente quadraten in het Landelijk Meetnet Flora Mileu & Natuur, dat ook onderdeel is van het Netwerk Ecologische Monitoring. Hierbij is alleen gebruik gemaakt van soorten die in het LMF een significante trend hebben ( $p < 0,10$ ). De overeenkomst tussen beide trends is echter laag ( $r^2 = 0,21$ ). We leggen verderop uit wat dit betekent.

### Toepassingen van gecombineerde trends

In Fig. 5 zijn de trends (indexcijfers) van soorten uit enkele ecologische groepen gemiddeld. Op deze wijze kunnen de trends meer informatie geven over de toestand van bepaalde biotopen.

De Living Planet Index (LPI) is internationaal gezien één van de meest geaccepteerde graadmeters voor de mondiale biodiversiteit.<sup>15</sup> In deze graadmeter zijn gegevens van populaties van meer dan 3000 gewervelde diersoorten opgenomen. De mondiale LPI is sinds 1970 sterk gedaald en zakt nog steeds. Met de gegevens van het ensemblemodel hebben we, op verzoek van het WWF, een LPI-flora voor Nederland berekend. Daartoe is de LPI-methode gevolgd: de jaarcijfers per planten-

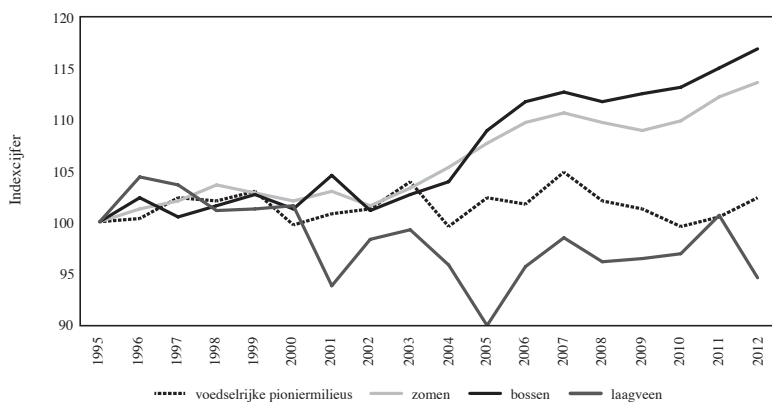


Fig. 5. Voorbeelden van trends (indexcijfers) van enkele ecologische groepen<sup>14</sup> van plantensoorten (voedselrijke pioniermilieus, zomen, bossen en laagveen).

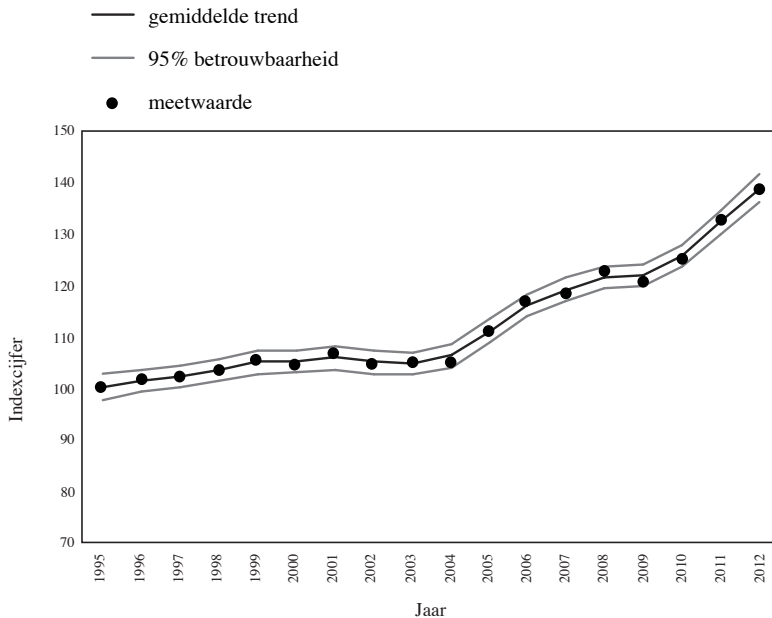


Fig. 6. Living Planet Index (LPI) voor de Nederlandse vaatplanten. Uit de grafiek is af te leiden dat veel plantensoorten sinds 1995 zijn toegenomen.

soort zijn eerst geïndexeerd met jaar 1990 = 100, en deze indexen zijn vervolgens meetkundig gemiddeld en gladgestreken. Figuur 6 laat zien dat de Nederlandse LPI-flora toeneemt, tegengesteld dus aan de trend in de mondiale LPI. Ook de LPI van gewervelde dieren neemt toe in Nederland. Dat suggereert dat recent veel soorten in Nederland eerder vooruitgaan dan achteruit.<sup>16</sup>

## Discussie

### Validatie

De uitkomsten van het ensemblemodel lijken goed te verklaren aan de hand van veranderende milieuomstandigheden door natuurbeheer en natuurontwikkeling. Een vergelijking met de rekenmethode van de Rode Lijst 2012, waarbij alle waarnemingen uit een periode van tien jaar bij elkaar zijn opgeteld, laat zien dat de schatting van het aantal bezette atlasblokken in een bepaald jaar goed klopt. Validatie van de uitkomsten, met name van de trends zelf, kan nog verbeterd worden. Zodra voldoende dubbeltellingen uit Het Nieuwe Strepen beschikbaar zijn, zal hiermee een begin worden gemaakt.

Dat de trends in het Landelijk Meetnet Flora (LMF) sterk afwijken van de landelijk verspreiding betekent niet, dat onze ensemblemodel-trends helemaal niet kloppen.



Bij nadere beschouwing komt het, doordat het LMF ongeschikt is om de trends te valideren. Het LMF werkt met vaste meetpunten, waarin duidelijk successie zichtbaar is.<sup>17</sup> Op het macroniveau van een atlasblok zal die verandering in de tijd veel geringer of zelfs afwezig zijn. Daarmee is het LMF niet bruikbaar voor de validatie van de trends uit het ensemblemodel.

### *Verbeterpunten*

Voor algemene, weinig veranderende soorten levert de methode vloeiende trendlijnen op. Het middelen van twee verschillende rekenmethoden zou ook bij de zeldzamere soorten tot een vloeiend beeld moeten leiden, maar toch worden de lijnen daar vaak springerig. Blijkbaar zit dit effect al in de dataset; mogelijk wordt het veroorzaakt door meer aandacht voor bepaalde soorten of biotopen in een bepaald jaar.

De huidige methode gebruikt een ruimtelijke resolutie van atlasblokken, maar we hopen dat het ook mogelijk wordt om trends in het aantal kilometerhokken te bepalen. Verder willen we betrouwbaarheidsintervallen aan de jaarcijfers toevoegen. Occupancy Modelling biedt al betrouwbaarheidsintervallen, maar FRESALO moet op dit punt nog worden doorontwikkeld.

### **Conclusie**

Voor het eerst is het mogelijk om van alle inheemse plantensoorten jaarlijkse trends te berekenen. Het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) en FLORON willen deze methode in de komende jaren verder gaan verbeteren en toepassen, onder meer in de vorm van graadmeters waarvan hierboven een paar voorbeelden zijn gegeven.

1. C.L.G. Groen, M. Gorree, R. van der Meijden, R. Huele & M. van 't Zelfde. 1992. FLORBASE: een bestand van de Nederlandse flora, periode 1975–1990. Rapport Onderzoek Effecten Grondwaterwinning 4. RIVM, Bilthoven (tevens CML-rapport 91; CML, Leiden).
2. J.E.A. Mennema. 1980. Atlas van de Nederlandse flora. Deel 1: Uitgestorven en zeer zeldzame planten. Kosmos, Amsterdam.
3. E.J. Weeda, L. van Duuren, J. Schaminée & E. Hazebroek. 2005. Atlas van plantengemeenschappen in Nederland. KNNV Uitgeverij, Zeist.
4. FLORON. 2011. Nieuwe atlas van de Nederlands flora. KNNV Uitgeverij, Zeist.
5. Zie de website: [www.verspreidingsatlas.nl/planten](http://www.verspreidingsatlas.nl/planten)
6. R. van der Meijden, 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.
7. L.B. Sparrius, B. Odé & R. Beringen. 2014. Basisrapport Rode Lijst Vaatplanten 2012 volgens Nederlandse en IUCN-criteria. FLORON Rapport 57. FLORON, Nijmegen.
8. onder andere: W.L.M. Tamis, M. van 't Zelfde, R. van der Meijden, C.L.G. Groen & H.A. Udo de Haes. 2005. Ecological interpretation of changes in the Dutch flora in the 20<sup>th</sup> century. *Biological Conservation* 125: 211–224.
9. N.J.B. Isaac, A.J. van Strien, T.A. August, M.P. de Zeeuw & D.B. Roy. 2014. Statistics for citizen science: extracting signals of change from noisy ecological data. *Meth. Ecol. Evol.* 5: 1052–1060.
10. R. van der Meijden. 2005. Heukels' Flora van Nederland, ed. 23. Wolters-Noordhoff, Groningen/Houten.

11. E.C.A. Bolsius, J.H.M. Eulderink (red.), C.L.G. Groen, W.B. Harms, A.K. Bregt, M.G.A.M. van der Linden, B.J. Looise, G.J. Maas, E.P. Querner, W.L.M. Tamis, R.W. de Waal, H.P. Wolfert & M. van 't Zelfde. 1994. Eén digitaal bestand voor de landschapsecologie van Nederland. Eindrapport van het LKN-project. Rijksplanologische Dienst, Den Haag.
12. R.J. Bijlsma. 2010. The estimation of species richness of Dutch bryophytes between 1900 and 2011. Documentation of VBA-procedures based on the Frescalo program. BLWG-rapport 15: 1–44.
13. FRESCALO is beschikbaar als R-bibliotheek via: <https://github.com/BiologicalRecordsCentre/sparta>.
14. E.J.M. Arnolds & E. van der Maarel. 1979. De oecologische groepen in de standaardlijst van de Nederlandse flora 1975. *Gorteria* 9: 303–312.
15. WWF. 2014. Living Planet Report 2014, Species and spaces, people and places. WWF, Gland, Zwitserland.
16. Zie ook: [www.compendiumvoordeleefomgeving.nl](http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl).
17. L. van Duuren, T. van der Meij, M. Rijken, M.P. van Veen & A.J. van Strien. 2008. Botanische veranderingen in de Nederlandse natuurgebieden. *De Levende Natuur* 109: 9–12.