

# Stikstofindicator Vlinders en Libellen



# **Stikstofindicator Vlinders en Libellen**

# Stikstofindicator Vlinders en Libellen

## Tekst

Dr. Chris van Swaay  
Prof. dr.ir. Michiel Wallis de Vries  
Dr. Roy van Grunsven

## Rapportnummer

VS2019.030

## Productie

De Vlinderstichting  
Mennonietenweg 10  
Postbus 506  
6700 AM Wageningen  
T 0317 46 73 46  
E [info@vlinderstichting.nl](mailto:info@vlinderstichting.nl)  
[www.vlinderstichting.nl](http://www.vlinderstichting.nl)

## Deze publicatie kan worden geciteerd als

Van Swaay, C.A.M., Wallis de Vries, M.F. & Van Grunsven, R.H.A. (2019).  
*Stikstofindicator Vlinders en Libellen*. Rapport VS2019.030, De Vlinderstichting,  
Wageningen

## Trefwoorden

Dagvlinders – libellen – stikstof – stikstofdepositie - indicator

Oktober 2019



Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigden/of openbaar gemaakt d.m.v. druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van De Vlinderstichting, noch mag het zonder een dergelijke toestemming gebruikt worden voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

# Inhoud

Samenvatting .....	5
Inleiding.....	6
De stikstofindicator .....	7
Landelijke schaal .....	9
Provinciale schaal .....	10
Natura 2000 gebieden.....	12
Historisch.....	14
Literatuur .....	15

# Samenvatting

Net als veel andere insecten reageren vlinders en libellen door hun korte levenscyclus snel op veranderingen in hun leefomgeving. Een van de sturende factoren voor de veranderingen in hun leefomgeving is de hoeveelheid reactieve stikstof.

Al dertig jaar worden vlinders geteld op vaste routes binnen het Netwerk Ecologische Monitoring (NEM). Libellen worden sinds 1998 geteld. Dit zijn de langstlopende meetreeksen van insecten in Nederland.

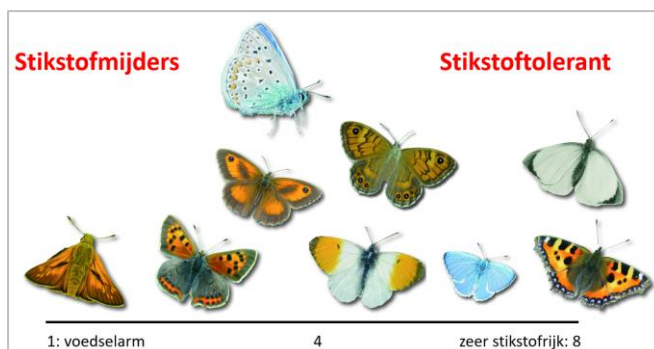
Elke vlinder- en libellesoort heeft een eigen voorkeur voor stikstof: sommige soorten komen bij voorkeur voor in voedselarme omstandigheden, als hoogveen, andere soorten juist het liefst in voedselrijke (= stikstofrijke) omstandigheden, als brandnetelruigtes of voedselrijke vijvers.

In een vlinder- of libellengemeenschap komen soorten voor met verschillende stikstofvoorkeuren. Door het gewogen gemiddelde te nemen van de stikstofvoorkeur in de vlinder- of libellengemeenschap, kan het stikstofgetal van die gemeenschap in een jaar met één cijfer beschreven worden. Deze gemeenschappen kunnen zijn samengesteld op basis van echte tellingen (met het aantal vlinders of libellen als input), of op basis van verspreiding (uit occupancy berekeningen, waarbij de occupancy de kans geeft dat een soort in een hok in een jaar voorkomt). De resultaten kunnen zowel in de loop van de tijd (een trend) of in een kaart (waarbij plekken met veel stikstofmijdende of juist veel stikstoftolerante soorten herkend kunnen worden) weergegeven worden.

De stikstofindicatoren vlinders en libellen kunnen daarnaast ook geschaald worden: ze kunnen zowel gebruikt worden op landelijke en provinciale schaal, alsmede op het niveau van afzonderlijke Natura-2000 gebieden of zelfs terug in de tijd (historisch).

Dit maakt dat vlinders en libellen geschikte biotische stikstofindicatoren zijn, niet alleen om de effecten van stikstofdepositie te volgen, maar ook om deze te presenteren in eenvoudige grafieken of kaarten. Daarnaast kan het effect indien gewenst ook geïllustreerd worden aan de hand van voorbeeldsoorten.

Nachtvlinders worden sinds 2012 gestandaardiseerd gemeten. Omdat deze soortenrijke groep op steeds meer plekken gemonitord wordt, waaronder in het BIMAG project dat zich met name op het agrarisch gebied richt, is het wellicht in de toekomst mogelijk ook deze groep te benutten als stikstofindicator.



# Inleiding

Het debat over de effecten van stikstofdepositie op de natuur in Nederland, en Natura 2000 gebieden in het bijzonder, laat ook het gemis aan een duidelijke en snel reagerende biotische indicator zien. Zo'n indicator moet de complexe veranderingen in natuur en andere gebieden op een zo simpel mogelijke manier kunnen weergeven, het liefst zowel ruimtelijk als in de tijd, en het liefst bruikbaar op verschillende niveaus, van landelijk via provinciaal tot gebiedsniveau.

Insecten reageren door hun korte levenscyclus snel op veranderingen in hun omgeving. Vlinders worden al sinds 1990 gevolgd in het meetnet vlinders, libellen sinds 1998. Beide meetnetten zijn onderdeel van het Netwerk Ecologische Monitoring (NEM).

In deze notitie demonstreren we hoe dagvlinders en libellen gebruikt kunnen worden in een stikstofindicator, die laat zien wat het effect van stikstofdepositie op de vlinder- en libellengemeenschap is. Trends in ruimte en tijd worden zichtbaar gemaakt aan de hand van verschillen in aantallen en soortensamenstelling.

Voor deze notitie is gebruik gemaakt van de volgende peer-reviewed wetenschappelijke artikelen:

- Oostermeijer, J.G.B. & Swaay, C.A.M. van (1998): The relationship between butterflies and environmental indicator values: a tool for conservation in a changing landscape. *Biological Conservation* 86 (3), 271-280.
- WallisDeVries, M.F. & Swaay, C.A.M. van (2013): Effects of local variation in nitrogen deposition on butterfly trends in the Netherlands. *Proceedings of the Netherlands Entomological Society Meeting* 24, 25-33
- WallisDeVries, M.F. & VanSwaay, C.A.M. (2017): A nitrogen index to track changes in butterfly species assemblages under nitrogen deposition. *Biological Conservation* 212, 448-453
- Strien, A.J. van; Swaay, C.A.M. van; Strien-van Liempt, W.T.F.H. van; Poot, M.J.M.; WallisDeVries, M.F. (2019): Over a century of data reveal more than 80% decline in butterflies in the Netherlands. *Biological Conservation* 234, 116-122
- Oostermeijer, J.G.B. & Van Swaay, C.A.M. (1998) The relationship between butterflies and environmental indicator values: a tool for conservation in a changing landscape. *Biological Conservation* 86, 271-280.

Rapporten:

- Wallis de Vries, M.F., Van Swaay, C.A.M. & De Vries, H.H. (2016). *Pilot Stikstofindicator Vlinders: toepassing in Kennemerland-Zuid*. Rapport VS2016.017, De Vlinderstichting, Wageningen
- Wallis de Vries, M.F. & de Vries, H.H. (2017). *Pilot N-indicator Vlinders: toepassing voor Natura 2000-gebieden in Noord-Brabant*. Rapport VS2017.016, De Vlinderstichting, Wageningen
- Van Swaay, C.A.M., Van Turnhout, C.A.M. & Sparrius, L. (2017). *Naar een Living Planet Index voor de drukfactoren klimaat en stikstof*. Rapport VS2017.006, De Vlinderstichting, Wageningen

# De stikstofindicator

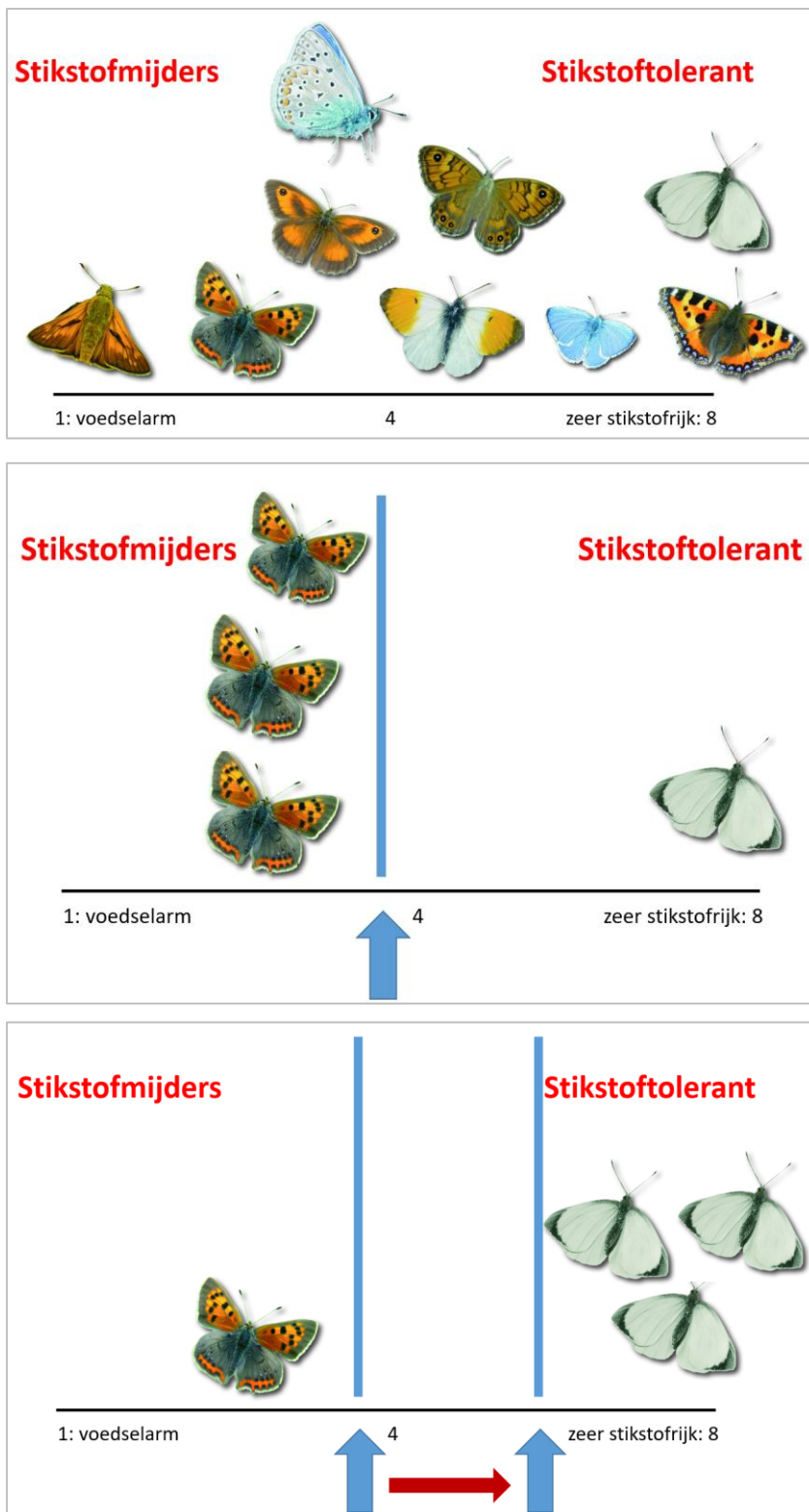
De stikstofindicatoren Vlinders en Libellen zijn biotische indicatoren van de stikstoftoestand op een schaal van een natuurgebied tot heel Nederland. De indicator bestaat uit een getal tussen 1,0 en 8,0 dat wordt afgeleid uit de verhouding tussen stikstoftolerante en stikstofmijdende soorten in de aanwezige dagvlinder- of libellengemeenschap. Voor elke soort is het stikstofoptimum bepaald op basis van de stikstofindicatiewaarde van Ellenberg voor vegetatie-opnamen langs monitoringtransecten waar de soort voorkomt (Oostermeijer & Van Swaay, 1998). Doordat stikstof zowel de structuur en de samenstelling van de vegetatie (Weiss, 1999; Klop et al., 2015) als de kwaliteit van voedselplanten bepaalt (Chen et al., 2004; Fischer & Fiedler, 2000; Turlure et al, 2013), is stikstof een doorslaggevende factor voor de habitatkwaliteit voor vlinders (Wallis de Vries & Van Swaay, 2017).

De systematische tellingen langs de telroutes van de NEM-meetnetten Vlinders en Libellen vormen een solide en reeds bestaande basis voor de meetgegevens. Voor een onderzochte locatie wordt een Stikstofindicator berekend door voor elke waargenomen soort zowel de getelde aantallen als de stikstof-indicatiewaarde mee te wegen. De producten van getelde aantallen van elke soort en de bijbehorende indicatiewaarde worden hierbij gesommeerd en gedeeld door het totaal aantal waargenomen exemplaren. De gebruikte stikstof-indicatiewaarden van vlindersoorten zijn afgeleid uit de Ellenberg-stikstofgetallen van de vegetatie waarin de vlinders voorkomen (Oostermeijer & van Swaay, 1998), die voor de libellen uit intern, nog niet gepubliceerd onderzoek van De Vlinderstichting.

Dagvlinders en libellen lenen zich goed voor een gevoelige stikstofindicator omdat:

- De verschillende soorten een breed bereik dekken van stikstofarme tot –rijke milieus (Wallis de Vries, 2013)
- De soortspecifieke respons op stikstof goed bekend is (Oostermeijer & van Swaay, 1998; Wallis de Vries & van Swaay, 2013)
- De responstijd van dagvlinders met 1 jaar zeer kort is als gevolg van hun korte levenscyclus met één tot meerdere generaties per jaar, zodat veranderingen in vegetatiestructuur en plantkwaliteit onder invloed van stikstofbelasting snel doorwerken op de vlinderpopulatie.
- Het Landelijk Meetnet Vlinders een uitgebreide basis voor implementatie van de Stikstofindicator biedt via een landelijk netwerk van ruim 400 monitoringroutes met tellingen vanaf 1990 (van Swaay et al., 2017)
- Ervaring reeds bestaat via de succesvolle ontwikkeling van een vergelijkbare indicator voor de effecten van klimaatopwarming (zie van Swaay et al., 2010; Devictor et al., 2012).

De berekening van de stikstofindicator wordt in figuur 1 geïllustreerd. Voor nachtvlinders is zo'n stikstofindicator nog niet beschikbaar, terwijl deze soortenrijke groep steeds meer gebruikt wordt en op steeds meer plekken gemonitord wordt, waaronder in het BIMAG project dat zich met name op het agrarisch gebied richt.



Figuur 1: Hoe werkt de stikstofindicator:

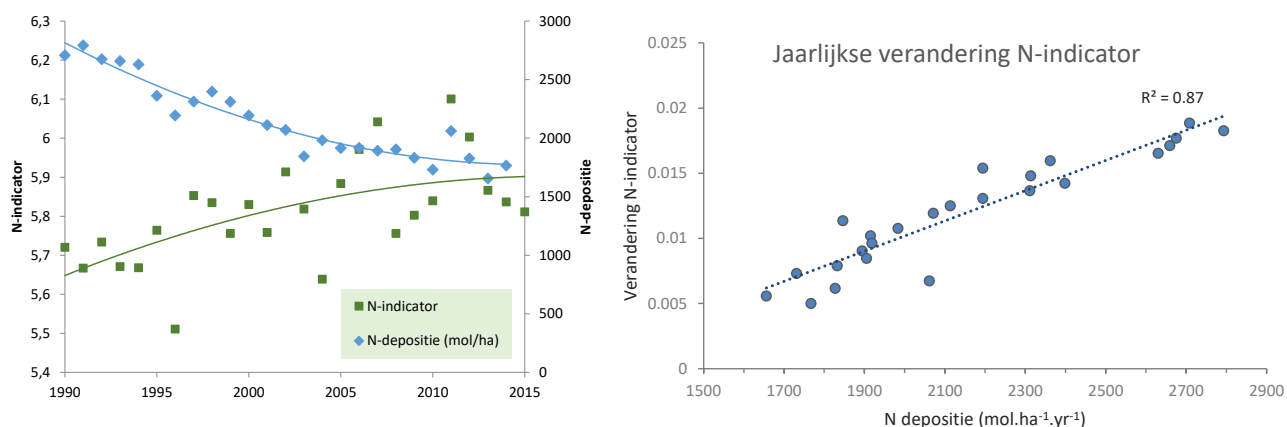
- Boven: vlinders hebben verschillende stikstofvoorkeuren tussen 1 (soorten van zeer voedselarme milieus, als hoogveen) en 8 (zeer stikstofrijk, bv. brandnetelruigte).
- Midden: veel stikstofmijders en weinig stikstoftolerante soorten leiden tot een lage waarde voor de stikstofindicator.
- Onder: als de stikstofmijders in de loop van de tijd minder talrijk worden, en stikstoftolerante soorten talrijker, dan verschuift de stikstofindicator naar een hogere waarde.



# Landelijke schaal

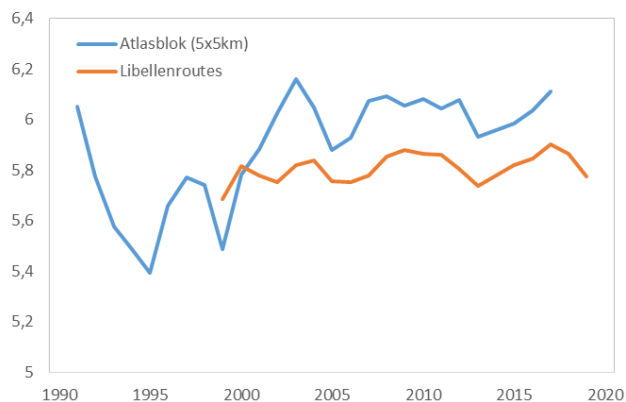
Toepassing van de stikstofindicator Vlinders laat zien dat er op landelijke schaal sprake is van een significante toename sinds 1990, met een duidelijke afvlakking in de latere jaren (Figuur 2 - links). Deze afvlakking loopt parallel aan de afname van de overschrijding van de stikstofdepositie. De Stikstofindicator neemt nog steeds toe omdat de depositie de kritische waarde van veel habitattypen nog steeds overschrijdt, maar door dat de overschrijding minder wordt, neemt het tempo van de toename af.

Weliswaar zijn er onder invloed van klimaatextremen fluctuaties in de Stikstofindicator van jaar op jaar, maar over een reeks van jaren kunnen deze worden uitgefilterd en wordt een zeer robuuste relatie verkregen tussen de voorspelde jaarlijkse verandering in de Stikstofindicator en de stikstofdepositie in het voorafgaande jaar (Figuur 2 - rechts). Op basis van deze relatie is berekend dat het grootste deel van de stijging (58%) in de Stikstofindicator al vóór 1990 heeft plaatsgevonden, met de snelste stijging rond 1980, toen de stikstofdepositie op zijn hoogtepunt was (Wallis de Vries & Van Swaay, 2017).



Figuur 2: Trend in de Stikstofindicator Vlinders en de stikstofdepositie in Nederland (links) en voorspelde jaarlijkse verandering in de Stikstofindicator Vlinders in relatie tot de stikstofdepositie (rechts)

De stikstofindicator libellen (figuur 3) laat een minder uitgesproken beeld zien, al laten zowel de indicator gebaseerd op tellingen in het NEM als op basis van atlasblokken een significant stijgende trend zien.

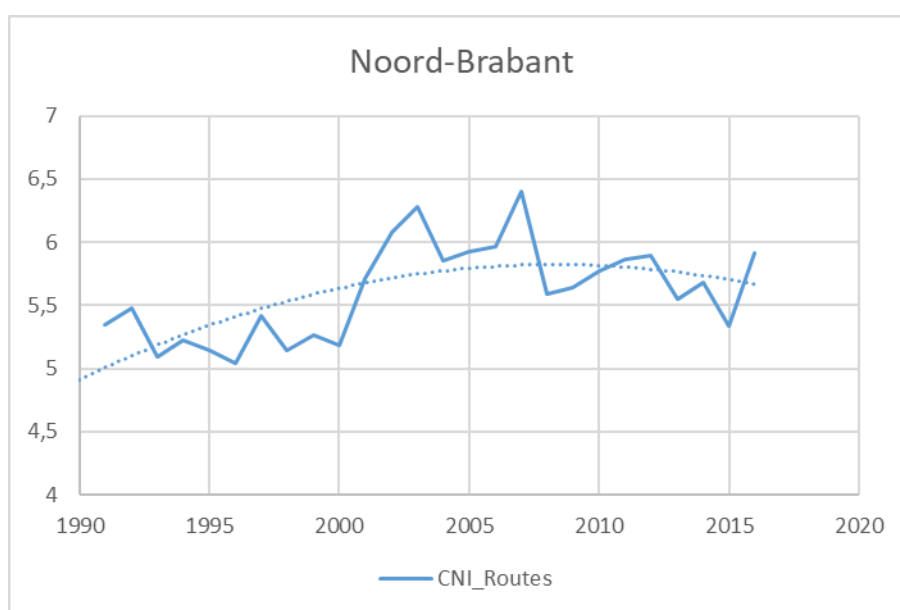


Figuur 3: Waarden van de stikstofindicator libellen.

# Provinciale schaal

Voor Noord-Brabant is de Stikstofindicator op twee manieren berekend: op basis van de aantalsgegevens van monitoringroutes uit het NEM-meetnet vlinders en op basis van de waarnemingen uit de NDFF (samengevat tot 'aanwezigheid' op een schaal van 5x5 km, een 'atlasblok')

Figuur 3 geeft de Stikstofindicator op basis van vlinderaantallen uit de NEM-monitoring voor de provincie Noord-Brabant. Deze vertoont een significante lineaire stijging ( $p=0,0013$ ) met een eveneens significante afvlakking in recente jaren (negatieve kwadratische component  $p=0,0296$ ). Het trendmodel verklaart 41,9% van de variatie.

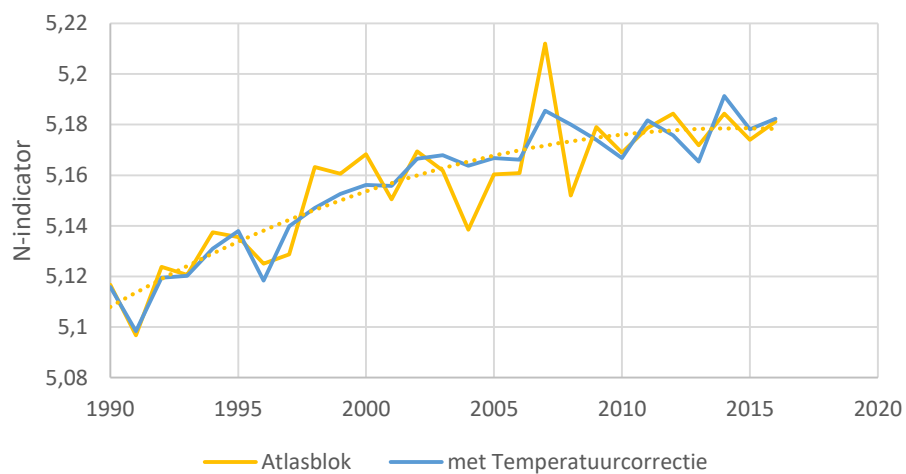


Figuur 3: Verloop van de Stikstofindicator Vlinders tussen 1990 en 2016 op basis van monitoring van vlinderaantallen. De gestippelde lijn geeft de trend voor het gehele tijdvak weer.

De Stikstofindicator op basis van aanwezigheid in atlasblokken vertoont dezelfde trend (lineaire component  $p<0,0001$ ; negatieve kwadratische component 0,0287; figuur 4). Het trendmodel verklaart 73,4% van de variatie. De jaarlijkse waarden zijn significant gecorreleerd met de waarden van de Stikstofindicator op basis van de monitoringgegevens ( $r=+0,59$ ;  $p=0,0016$ ).

Vlinders zijn koudbloedige dieren, en weersfluctuaties zorgen altijd voor 'ruis' over andere indicatoren. Het blijkt voor de Stikstofindicator op basis van atlasblokken, ook op provinciale schaal, mogelijk te corrigeren voor temperatuur. Correctie voor deze temperatuurinvloed vermindert de schommelingen tussen jaren, maar de langjarige trend blijft daarbij onveranderd (Figuur 4).

## Noord-Brabant



*Figuur 4: Verloop van de N-indicator Vlinders tussen 1990 en 2016 op basis van aanwezigheid op atlasblok (5x5 km) schaal zonder (geel) en met correctie voor de temperatuur in het lopende jaar (blauw). De gestippelde lijn geeft de trend voor het gehele tijdvak weer.*

# Natura 2000 gebieden

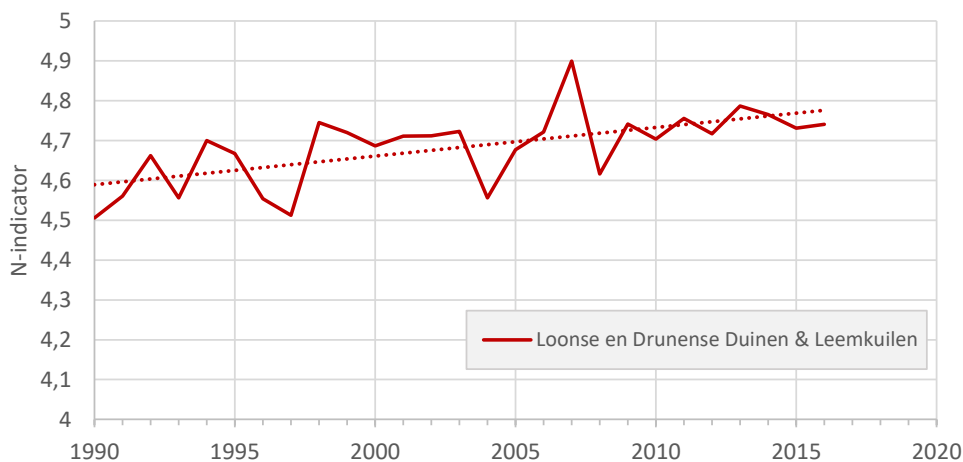
De stikstofindicator kan ook op gebiedsniveau worden ingezet, zowel in de tijd als in de ruimte. Dit wordt hier uitgewerkt voor twee voorbeeldgebieden, beide Natura 2000 gebieden:

- Loonse en Drunense Duinen & Leemkuilen
- Kennemerland Zuid

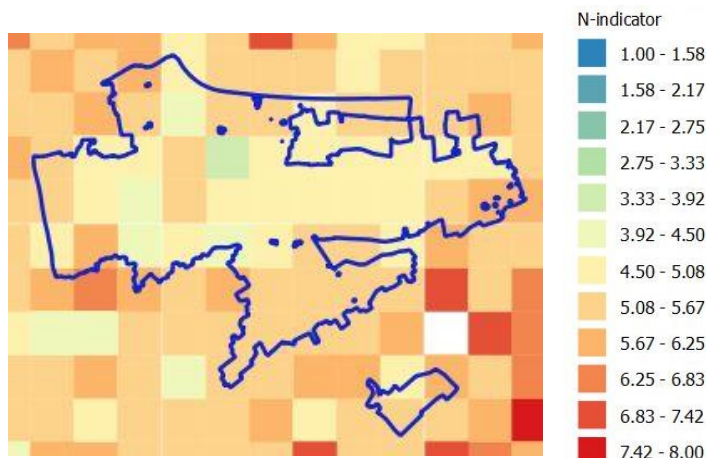
## Loonse en Drunense Duinen & Leemkuilen

De Stikstofindicator Vlinders vertoont voor de Loonse en Drunense Duinen & Leemkuilen een sterk significante stijging over de periode 1990-2016 (helling  $0,0072 \pm 0,0018$ ;  $R^2=0,39$ ;  $p=0,0006$ ; Figuur 5). Er is geen significante afvlakking in recente jaren ( $p=0,29$ ) en ook geen significant effect van temperatuurfluctuaties op afwijkingen van de trend ( $p=0,075$ ). Bij de analyse op atlasblokschaal was er eveneens een sterk significante stijging ( $R^2=0,60$ ;  $p<0,0001$ ), maar met een licht significante afvlakking in recente jaren ( $p=0,039$ ).

De Stikstofindicator Vlinders toont op km-schaal nog steeds wel lagere waarden in het stuifzandgebied (Figuur 6).



Figuur 5: Trend in de N-indicator Vlinders voor de Loonse en Drunense Duinen over de periode 1990-2016.

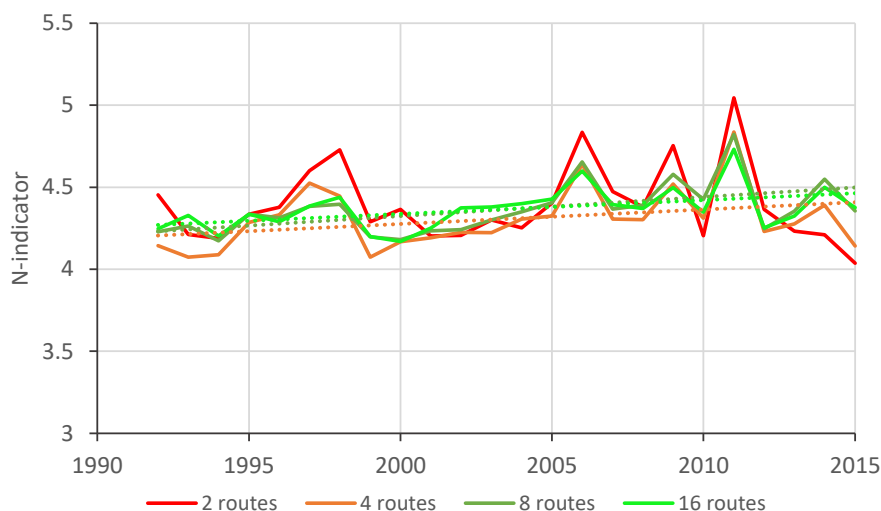


Figuur 6: waarden van de N-indicator Vlinders in 2016 op km-schaal.

### Kennemerland Zuid

In het Natura 2000 gebied Kennemerland Zuid liggen veel vlinderroutes. Het is van oudsher een populair gebied om vlinders te tellen. Dat biedt de mogelijkheid om in meer detail te bestuderen wat de randvoorwaarden zijn, zoals het aantal routes en het aantal tellingen.

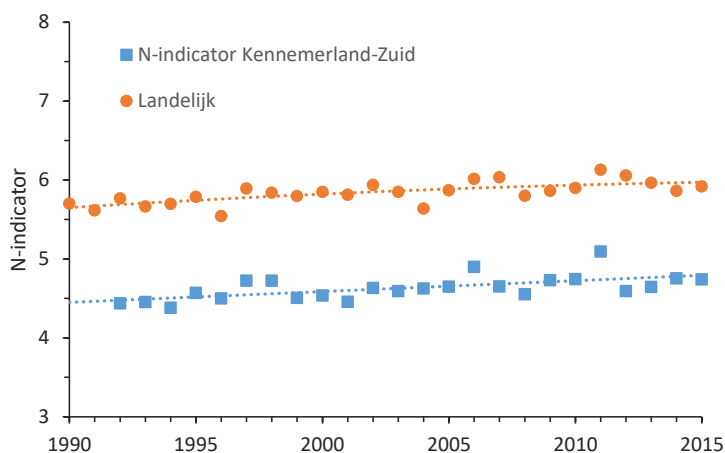
De trend in de stikstofindicator was op basis van 2 routes niet significant, maar de trends waren significant en zeer vergelijkbaar wanneer de stikstofindicator op basis van 4, 8 of 16 routes werd bepaald (Figuur 7). Ook wat dit betreft lijkt een aantal van vier routes al te voldoen voor een bepaling van de stikstofindicator voor het gehele gebied. Echter, bij vier routes is de standaardfout wel groter en zijn uitspraken over de significantie van de trend dus minder betrouwbaar.



Figuur 7: Effect van het aantal routes op de waarde van de stikstofindicator van open duin in Kennemerland-Zuid (stippellijnen geven de trend weer).

Voor het opstellen van de stikstofindicator voor het hele Natura 2000-gebied Kennemerland-Zuid werden 728 route x jaar-combinaties van 56 monitoringroutes gebruikt. Net als de landelijke stikstofindicator neemt de stikstofindicator ook in Kennemerland-Zuid significant toe over de periode 1992-2015 ( $F=38,8$ ;  $P<0,0001$ ; Figuur 8). De jaarlijkse toename bedroeg 0,0130 (s.e. 0,0021), van 4,54 in 1992 tot 4,86 in 2015 – een toename van 7%.

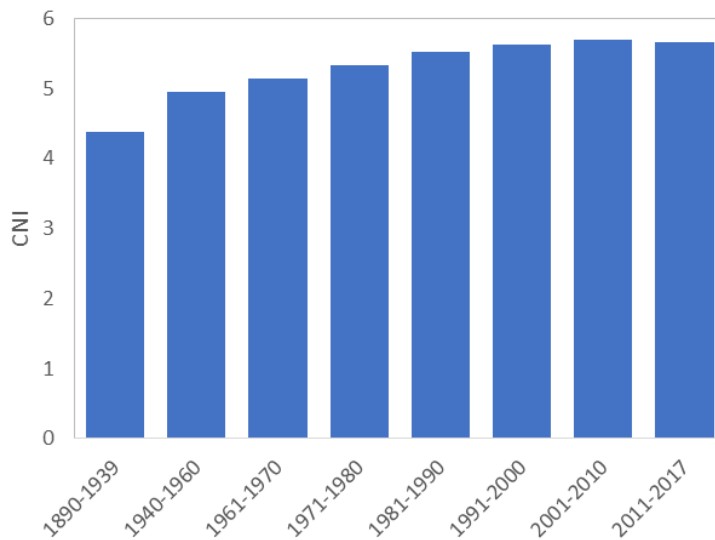
In Kennemerland-Zuid ligt de stikstofindicator beduidend lager dan landelijk. Dit weerspiegelt de relatief stikstofarme condities in de duinen. In tegenstelling tot de landelijke trend was er in Kennemerland-Zuid geen sprake van een afvlakking van de toename in recente jaren.



Figuur 8: Vergelijking van de stikstofindicator voor Kennemerland-Zuid zonder en mét correctie voor de temperatuur in het voorgaande jaar.

# Historisch

In het kader van het maken van de Rode Lijst dagvlinders, waarvoor onder andere gekeken moet worden naar de trend van soorten sinds 1950 (Van Swaay, 2019), is de verspreidingstrend van soorten terug berekend tot 1890 (Van Strien et al., 2019). Met behulp van deze gegevens kan ook de stikstofindicator terug berekend worden (figuur 9). Duidelijk is dat Nederland honderd jaar geleden een veel voedselarmere vlindergemeenschap had.



*Figuur 9: Stikstofindicator voor heel Nederland in perioden terug naar 1890.*

# Literatuur

Chen, Y.Z., Lin, L., Wang, C.W., Yeh, C.C., Hwang, S.Y. (2004) Response of two *Pieris* (Lepidoptera: Pieridae) species to fertilization of a host plant. *Zoological Studies* 43(4): 778-786.

Devictor, V., Van Swaay, C.A.M., Brereton, T., Brotons, L., Chamberlain, D., Heliölä, J., Herrando, S., Julliard, R., Kuussaari, M., Lindström, A., Reif, J., Roy, D., Van Strien, A., Settele, J., Schweiger, O., Stefanescu, C., Vermouzek, Z., Van Turnhout, C., Wallis de Vries, M., Wynhoff, I. & Jiguet, F. (2012) Differences in the climatic debts of birds and butterflies at a continental scale. *Nature Climate Change* 2, 121–124.

Fischer, K., Fiedler, K. (2000) Response of the copper butterfly *Lycaena tityrus* to increased leaf nitrogen in natural food plants: evidence against the nitrogen limitation hypothesis *Oecologia*, 124(2), 235-241.

Klop, E., Omon, B. & WallisDeVries, M.F. (2015) Impact of nitrogen deposition on butterfly communities: the case of the Wall Brown *Lasiommata megera*. *Journal of Insect Conservation* 19, 393–402.

Oostermeijer, J.G.B. & Van Swaay, C.A.M. (1998) The relationship between butterflies and environmental indicator values: a tool for conservation in a changing landscape. *Biological Conservation* 86, 271-280.

Turlure, C., Radchuk, V., Baguette, M., Meijrink, M., van den Burg, A., Wallis de Vries, M., Van Duinen, G.J. (2013) Plant quality and local adaptation undermine relocation in a bog specialist butterfly. *Ecology and Evolution* 3, 244-254.

Van Beek, J.G., R.F. van Rosmalen, B.F. van Tooren, en P.C. van der Molen (red.) (2014) *Werkwijze Natuurmonitoring en –Beoordeling Natuurnetwerk en Natura 2000/PAS* (+ 2 bijlagedocumenten) BIJ12, Utrecht.

Van Swaay, C.A.M. (2014) *Vlinders volgen voor betere bescherming*. De Vlinderstichting, Wageningen.

Van Swaay, C.A.M. & Wallis de Vries, M.F. (2001) *Beschermingsplan veenvlinders 2001-2005*. Rapport Directie Natuurbeheer nr. 52, Expertisecentrum Ministerie van LNV, onderdeel Natuurbeheer, Wageningen.

Van Strien, A.; Van Swaay, C. & Kéry, M. (2011) Metapopulation dynamics in the butterfly *Hipparchia semele* changed decades before occupancy declined in the Netherlands. *Ecological Applications* 21 (7), 2510-2520.

Van Strien, A.; Swaay, C.A.M. van; Strien-van Liempt, W.T.F.H. van; Poot, M.J.M.; WallisDeVries, M.F. (2019): Over a century of data reveal more than 80% decline in butterflies in the Netherlands. *Biological Conservation* 234, 116-122

Van Swaay, C. & Strien, A. van (2015) Veldinventarisaties een (tref)kansenspel? *Vakblad Bos Natuur Landschap* 12 (116), 10-13.

Van Swaay, C.A.M., Harpke, A., van Strien, A., Fontaine, B., Stefanescu, C., Roy, D., Maes, D., Kühn, E., Ůunap, E., Regan, E.C., Švitra, G., Heliölä, J., Settele, J., Musche, M., Warren, M.S., Plattner, M., Kuussaari, M., Cornish, N., Schweiger, O., Feldmann, R., Julliard, R., Verovnik, R., Roth, T., Brereton, T. & Devictor, V. (2010) *The impact of climate change on butterfly communities 1990-2009*. Report VS2010.25, Butterfly Conservation Europe & De Vlinderstichting, Wageningen.

- Van Swaay, C.A.M., Termaat, T., Kok, J., Huskens, K. & Poot, M. (2017) *Vlinders en libellen geteld: Jaarverslag 2016*. Rapport VS2017.001, De Vlinderstichting, Wageningen.
- Wallis de Vries, M.F. (2012) *Aandacht voor het spiegeldikkopje in Noord-Brabant*. Rapport VS2011.23, De Vlinderstichting, Wageningen.
- Wallis de Vries, M.F. (2013) Hoe stikstof de vlinders laat stikken. *Entomologische Berichten* 73(4), 158-163.
- Wallis de Vries, M.F., Van Swaay, C.A.M. & De Vries, H.H. (2016). *Pilot N-indicator Vlinders: toepassing in Kennemerland-Zuid*. Rapport VS2016.017, De Vlinderstichting, Wageningen.
- WallisDeVries, M.F. & Van Swaay, C.A.M. (2013) Effects of local variation in nitrogen deposition on butterfly trends in The Netherlands. *Proc. Neth. Entomol. Soc. Meet.* 24, 9-17.
- WallisDeVries, M.F. & Van Swaay, C.A.M. (2017) A nitrogen index to track changes in butterfly species assemblages under nitrogen deposition. *Biological Conservation* 212, 448-453.
- Wallis de Vries, M.F., Van Swaay, C.A.M. & Van Strien, A. (2013) *Terreinmonitoring voor dagvlinders in de duinen: een verkenning*. Rapport VS2012.026, De Vlinderstichting, Wageningen.
- Wallis de Vries, M.J., Beringen, R., van Delft, J.J.C.W. (2015) *Leefgebiedenplan voor soorten van droge schraallanden in de Kempen*. Rapport VS2015.27, De Vlinderstichting, Wageningen & Floron / RAVON, Nijmegen.
- Wallis de Vries, M.F., Beekers, B., Huskens, K., Veling, K., Sterk, M., Reiniers, K., Wynhoff, I. (2017) *Wild van vlinders : Herstelplan voor dagvlinders in Zuidoost-Nederland*. Rapport VS2017.07, De Vlinderstichting, Wageningen / ARK Natuurontwikkeling, Nijmegen.
- Weiss, S.B., (1999) Cars, cows, and checkerspot butterflies: nitrogen deposition and management of nutrient-poor grasslands for a threatened species. *Conservation Biology* 13, 1476–1486.