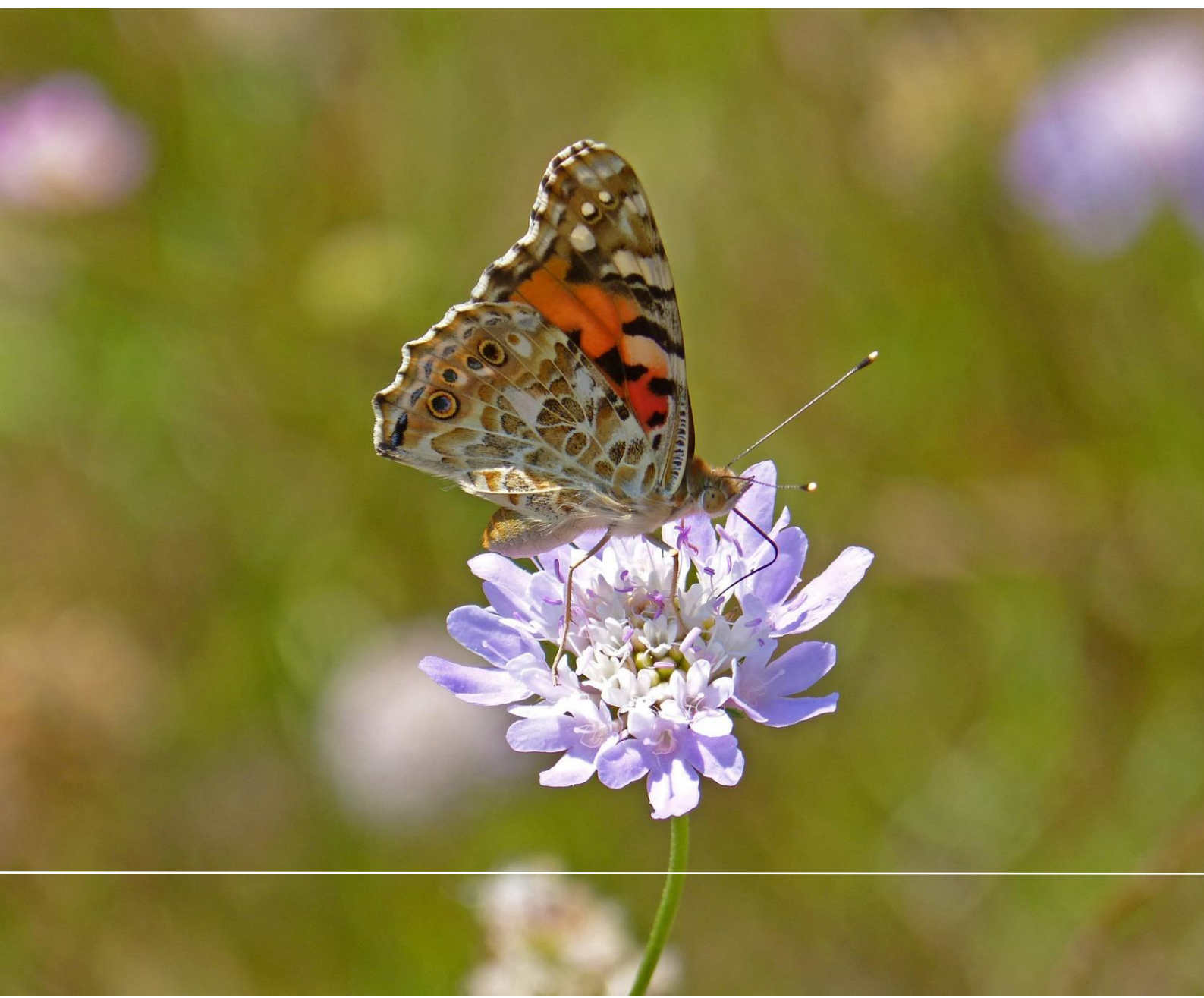


Stikstofindicator dagvlinders in Noord-Brabant



Stikstofindicator dagvlinders in Noord-Brabant

Tekst

Barbara Kalkman

Met medewerking van

Chris van Swaay, Albert Vliegthart, Lonneke Teunissen

Rapportnummer

VS2025.013

Projectnummer

P-2025.055

Productie

De Vlinderstichting
Mennonietenweg 10
Postbus 506
6700 AM Wageningen
T 0317 46 73 46
E info@vlinderstichting.nl
www.vlinderstichting.nl

Opdrachtgever

Provincie Noord-Brabant

Deze publicatie kan worden geciteerd als

Kalkman, BM., Van Swaay, C., Teunissen, L. & Vliegthart, A., 2025. *Stikstofindicator dagvlinders in Noord-Brabant*, Wageningen: De Vlinderstichting

Trefwoorden

Stikstofindicator dagvlinders, trend, Noord-Brabant, leefgebieden

Mei, 2025



Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/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

Inhoud	3
Samenvatting	4
Publiekssamenvatting	5
Aanleiding	6
Methodiek	7
De stikstofindicator	7
Analyse	7
Data verkenning	8
Resultaten	9
CNI Brabant	9
Begroeiingstype.....	10
Ruimtelijk beeld	11
Discussie	12
Conclusie	14
Referenties	15
Bijlage I	16

Samenvatting

Binnen een vlindergemeenschap komen soorten voor met verschillende stikstofvoorkeuren. De meeste soorten hebben echter een voorkeur voor stikstofarme omstandigheden (Figuur 1). Om de invloed van stikstof op de vlindergemeenschap in beeld te brengen, heeft de Vlinderstichting de stikstofindicator ontwikkeld. Deze indicator geeft een duidelijk beeld van het effect van stikstofdepositie op dagvlinders en hun leefomgeving. Het is mogelijk om trends en ontwikkelingen in de tijd te volgen met de stikstofindicator.

In deze rapportage worden de uitkomsten van de stikstofindicator voor dagvlinders in Noord-Brabant vergeleken met de rest van Nederland. Dagvlinders zijn uitermate geschikt als bio-indicatoren voor stikstofvervuiling vanwege hun korte levenscyclus, hun duidelijke ecologische voorkeuren en de beschikbaarheid van lange termijn data. De stikstofindicator (CNI) drukt de verhouding uit tussen stikstoftolerante en stikstofmijdende vlindersoorten op een schaal van 1,0 tot 8,0. Deze score is gebaseerd op gegevens uit het landelijk meetnet dagvlinders en laat zien in welke mate een gebied beïnvloed wordt door stikstofdepositie.

De gemiddelde CNI in Noord-Brabant is lager dan het landelijke gemiddelde, wat grotendeels verklaard wordt door de zandgronden in deze regio die van nature stikstofarmer zijn. Sinds 1990 is er echter zowel in Brabant, als landelijk sprake van een significante toename van stikstoftolerante soorten. Vooral in bossen op zandgronden in Noord-Brabant neemt de CNI sterk toe, wat waarschijnlijk het gevolg is van een hogere depositie en stikstofafvang door bossen in deze gebieden. Half-natuurlijke graslanden vormen een uitzondering: hier is een dalende trend in de stikstofindicator te zien, mogelijk als gevolg van verschrallend beheer zoals maaien en het afvoeren van biomassa.



Het groot koolwitje is een soort die het typisch goed doet in stikstofrijke milieus. (Foto: De Vlinderstichting)

Publiekssamenvatting

Stikstof is een bekend probleem voor de natuurkwaliteit. Verzuring en vermesting van de bodem zorgen ervoor dat de samenstelling van planten en dieren verandert en dat de natuurkwaliteit afneemt. Echter, de effecten van stikstof op de natuur zijn niet makkelijk te begrijpen.

Om de effecten makkelijker inzichtelijk te maken heeft de Vlinderstichting een stikstof indicator dagvlinders gemaakt. Elke dagvlinder heeft een voorkeur voor een bepaald leefgebied. Dit leefgebied kan worden omgezet naar een stikstofgetal. Door te kijken welke vlinders er zijn, kan het stikstofgetal van een bepaald gebied worden bepaald. Brabant is, door de zandgronden, een provincie met arme grond. De kleigronden in Flevoland of de laagveengebieden in Zuid-Holland zijn bijvoorbeeld veel rijker. Dit is terug te zien aan de dagvlinders, die in Brabant voorkomen.

Als we inzoomen op Brabant zien we dat de dagvlinders van rijke milieus met name in bossen sterk toenemen. Voor half natuurlijk grasland geldt dat de dagvlinders van arme milieus toenemen. De toename in bossen van dagvlinders van rijke milieus komt mogelijk door de hoge neerslag van stikstof in bossen. Voor de half natuurlijke graslanden geldt juist dat heel veel en intensief beheer wordt uitgevoerd, wat mogelijk heeft gezorgd voor een vershraling.

De stikstofindicator biedt inzicht in de effecten van stikstofdepositie op vlinderpopulaties. Dit helpt bij het beleid en beheer. Het gebruik van dagvlinders als indicator maakt trends in stikstofbelasting op provinciaal en leefgebiedsniveau zichtbaar en benadrukt de noodzaak van stikstofreductie en ecologisch herstel, met name in de Brabantse bossen, waar de stikstofindicator de grootste stijging laat zien.

Aanleiding

Er is in het maatschappelijk/politiek debat veel aandacht voor stikstof. In januari 2025 oordeelde de rechtbank dat de Staat onrechtmatig heeft gehandeld en te weinig doet om verslechtering van de natuur tegen te gaan. De rechtbank legt de staat op om in 2030 50% van de stikstofgevoelige natuur onder de KDW te brengen.

De KDW moet bereikt worden aangezien het indicatief is voor een bepaalde kwaliteit voor de natuur. Wanneer de depositie boven de KDW uitkomt zijn bodemverzuring en vermessing niet langer uit te sluiten. Dit zijn belangrijke oorzaken voor veranderingen in flora & fauna en de sterke achteruitgang van natuurkwaliteit (Nijssen, et al., 2017; Vogels, et al., 2023). De effecten op planten en dieren kunnen echter verschillen tussen gebieden en tussen soorten.

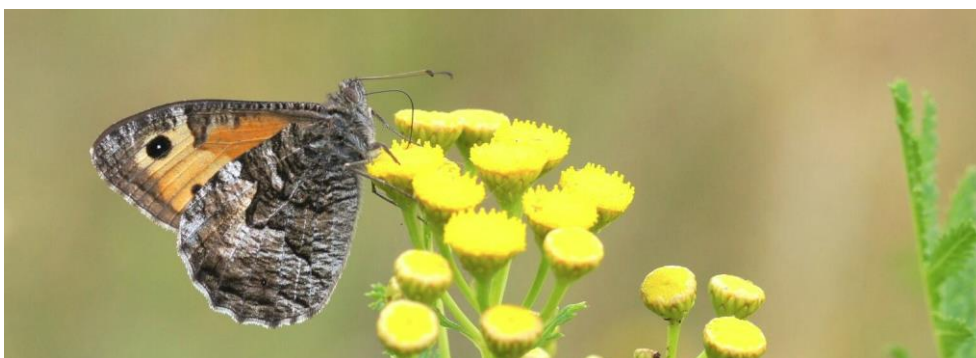
Veel soorten worden negatief beïnvloed door overmatige stikstofdepositie, zowel door vermessing als verzuring. Een hoge mate van stikstof leidt eveneens tot het dichtgroeien van geschikt habitat. Het effect is goed te meten op basis van het voorkomen van dagvlinders. In een vlindergemeenschap komen soorten voor met verschillende stikstofvoorkeuren. Dit hangt samen met de ecologische eigenschappen van een soort waardoor de ene soort gevoeliger of juist minder gevoelig is voor de gevolgen van stikstof door verzuring en vermessing (Wallis de Vries & van Swaay, 2013; Oostermeijer & van Swaay, 1998).

Met de stikstofindicator voor dagvlinders (CNI: Community Nitrogen Index) is goed het effect van stikstofdepositie op natuurkwaliteit in beeld te brengen (Wallis de Vries & van Swaay, 2017).

In deze rapportage berekenen we de stikstofindicator dagvlinders voor Noord-Brabant. We vergelijken deze met de rest van Nederland en kijken naar de verschillen in begroeiingstypen binnen Brabant.

Binnen deze rapportage behandelen we drie onderzoeksvragen over de stikstofindicator:

1. Hoe ontwikkelt de stikstofindicator dagvlinders zich in Brabant t.o.v. de rest van Nederland?
2. Hoe ontwikkelt de stikstofindicator dagvlinders op de hoge zandgronden Brabant zich t.o.v. de hoge zandgronden in de rest van Nederland?
3. Hoe ontwikkelt de stikstofindicator dagvlinders zich binnen Brabant in de verschillende begroeiingstypen?



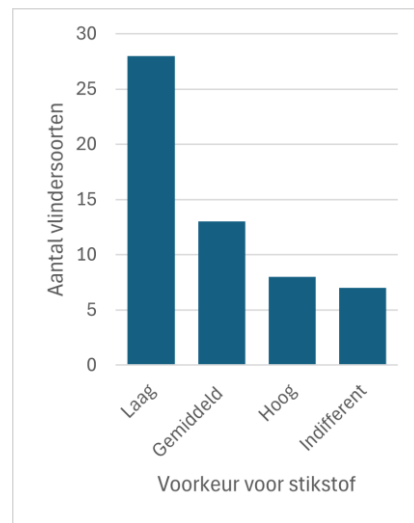
De heivlinder is een typische soort voor stikstofgevoelige stuifzandheide, zandverstuivingen en droge heide. De soort vertoont een sterke afname in Noord-Brabant (foto: Chris van Swaay).

Methodiek

De stikstofindicator

De stikstofindicator dagvlinders (CNI) is een biotische indicator van de stikstoftoestand in een bepaald gebied. De indicator bestaat uit een getal tussen de 1,0 en de 8,0 dat wordt afgeleid uit de verhouding tussen stikstoftolerante en stikstofmijdende soorten in de aanwezige dagvlindergemeenschap. Voor elke vlindersoort is het stikstofoptimum bepaald op basis van de stikstofindicatiewaarde van Ellenberg voor vegetatie-opnamen langs monitoringtransecten waar de soort voorkomt (Oostermeijer & van Swaay, 1998). Omdat stikstof zowel de structuur en de samenstelling van de vegetatie, als de kwaliteit van voedselplanten beïnvloedt, is stikstof een doorslaggevende factor voor de habitatkwaliteit voor vlinders (Wallis de Vries & van Swaay, 2017).

Daarnaast komen dagvlindersoorten voor in een breed bereik van stikstofarme tot stikstofrijke milieus (Figuur 1).



Figuur 1: De meeste dagvlindersoorten komen voor in een stikstofarme omgeving

Waarom dagvlinders als indicator?

- Ze hebben een korte levenscyclus en zijn daarmee gevoelig voor verandering
 - Brede spreiding van data over habitattypen
 - Er is veel kennis over de ecologie en respons op stikstof
 - Veel data is beschikbaar vanuit gedegen landelijke monitoring
-

Analyse

De CNI geeft op basis van de aantalsverhouding van dagvlinders met soort specifieke stikstofoptima een stikstofgetal voor een gegeven locatie en een gegeven periode (in principe één jaar).

De stikstofoptima voor de verschillende vlindersoorten zijn eerder bepaald door de kans op voorkomen van elke vlindersoort op locaties van het landelijk meetnet te berekenen als functie van de gemiddelde stikstofwaarde van vegetatie-opnamen (Ellenberg-indicatiewaarden) op dezelfde locaties (Oostermeijer & van Swaay, 1998).

De CNI wordt voor n vlindersoorten berekend als het naar hun aantal N_i gewogen gemiddelde van de soortspecifieke stikstofwaarde S_i voor alle afzonderlijke soorten i :

$$CNI = \frac{\sum_i^n N_i \times S_i}{\sum_i^n N_i}$$

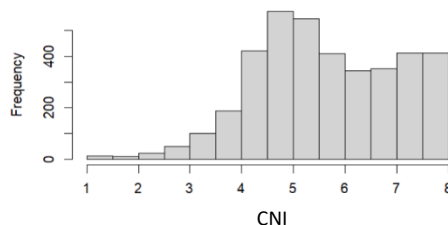
Voor de vlinderdata wordt gebruik gemaakt van systematisch verzamelde tellingen langs transecten uit het landelijk meetnet dagvlinders in het kader van het Netwerk Ecologische Monitoring (NEM). Op elke locatie worden de totale aantallen dagvlinders per soort per jaar in de berekening meegenomen. Om te zorgen dat voor elke locatie vergelijkbare telinspanningen gelden gedurende het seizoen waarin de vlinders vliegen, zijn alleen telpunten meegenomen waar voor minimaal 4 maanden per jaar data beschikbaar is (Wallis de Vries, et al., 2016). De distelvlinder (*Vanessa cardui*) is niet meegenomen in de berekening van de CNI. De distelvlinder is een trekvlinder waarvan de aantallen in Nederland sterk worden bepaald door de weersomstandigheden in de Noord-Afrikaanse regio waar de voorjaars trek begint. Daarom kan het opnemen van deze soort ruis veroorzaken in de bepaling van de CNI (Wallis de Vries, et al., 2016).

Om een ruimtelijk beeld te krijgen van de CNI, kan deze ook berekend worden aan de hand van vrijwel vlakdekkende verspreidingsgegevens uit de NDFF. Occupancy-analyse

van deze data geeft een indicatie van de aanwezigheid van afzonderlijke soorten (van Strien, et al., 2013). Op basis hiervan kan per km-hok berekend worden met welke waarschijnlijkheid elke waargenomen soort aanwezig is. Op een vergelijkbare manier kan hieruit vervolgens de CNI voor dagvlinders berekend worden. Omdat er alleen rekening wordt gehouden met de aan/afwezigheid van een soort in een km-hok en niet met aantalsverhoudingen, is deze maat minder gevoelig voor veranderingen.

Data verkenning

Om te testen of de data normaal verdeeld is, is de Shapiro-Wilk normality test gebruikt. De distributie van de data is niet normaal verdeeld ($p < 0.05$), zie ook Figuur 2 voor een histogram van de CNI-waardes. Vanwege non-normaliteit van de data werken we in alle analyses met een bètaverdeling.



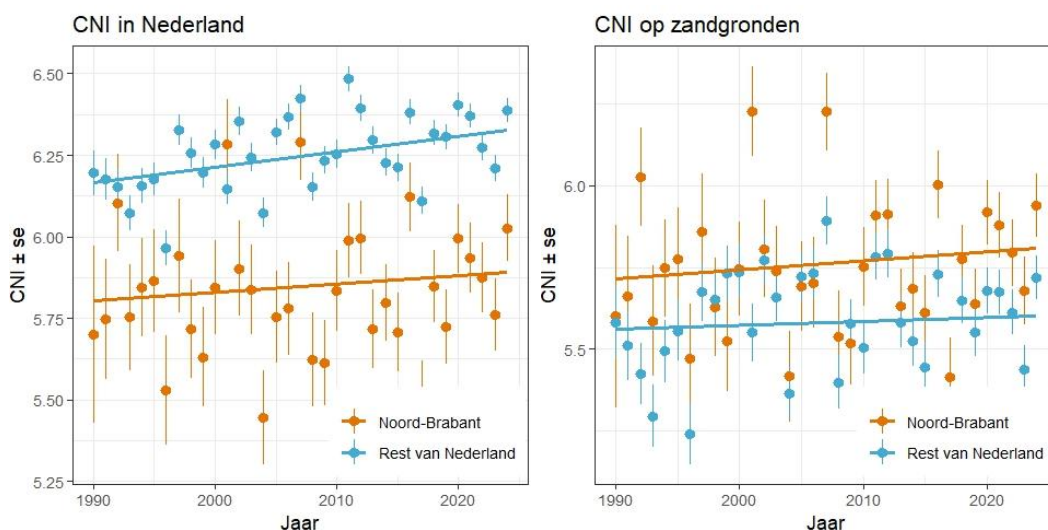
Figuur 2: Histogram van de CNI laat zien dat de waardes geen normale verdeling volgen.

Resultaten

De stikstofindicator is toegepast op de provincie Noord-Brabant en vergeleken met de rest van Nederland.

CNI Brabant

De CNI in Noord-Brabant is lager dan gemiddeld over de rest van Nederland ($p < 0.05$). Zowel in Noord-Brabant als in de rest van Nederland zien we een significante positieve trend sinds 1990 ($p < 0.05$), (Figuur 3 links). Er is geen verschil gevonden in de trend sinds 1990 tussen Noord-Brabant en de rest van Nederland ($p = 0.62$). In Figuur 3 zijn de geschatte gemiddelden van de CNI en de trendlijn over de jaren weergegeven.



Figuur 3 links: CNI in Noord-Brabant vergeleken met de rest van Nederland. Rechts: CNI op de hogere zandgronden in Noord-Brabant vergeleken met de hogere zandgronden in de rest van Nederland

De reden dat de CNI in Noord-Brabant gemiddeld lager is dan in de rest van Nederland, komt doordat het grootste deel van Brabant op hoge zandgronden ligt (Figuur 4). Deze fysisch geografische regio is van nature armer aan stikstof dan bijvoorbeeld laagveen- of zeeklei gebieden. Als we de CNI op de zandgronden in Noord-Brabant vergelijken met de die van de rest van Nederland is het gemiddelde op de Brabantse zandgronden hoger, maar dit verschil is niet significant (Figuur 3 rechts, $p = 0.067$).

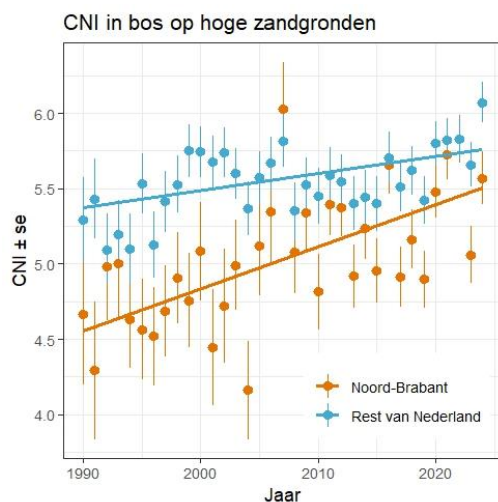


Figuur 4: Fysisch geografische regio's in Nederland

Begroeiingstype

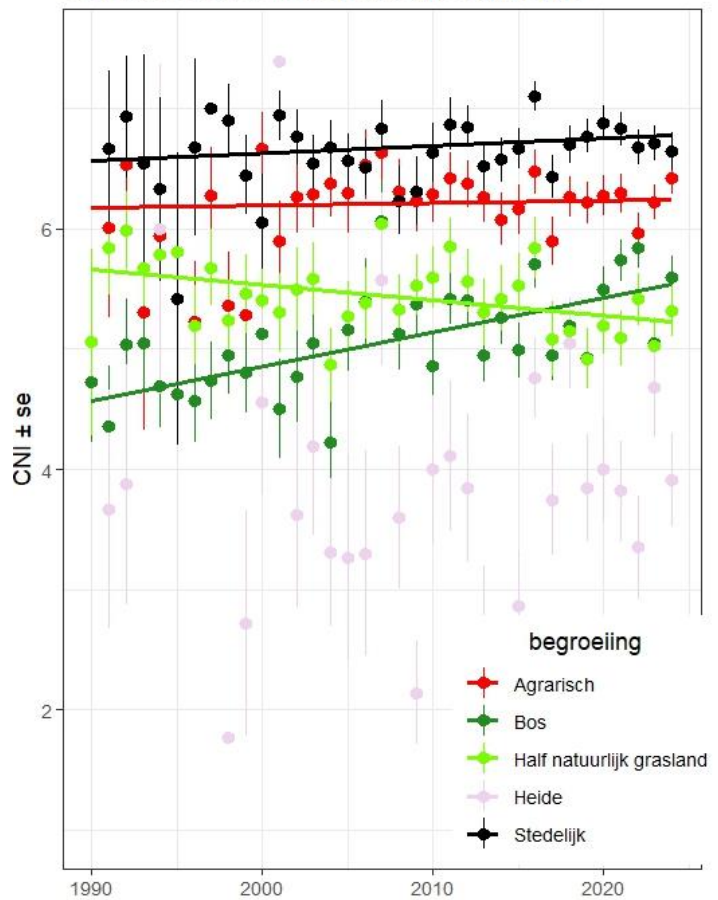
Binnen Brabant is gekeken naar de CNI in de verschillende begroeiingstypen. Aan elke meetnetroute binnen het meetnet dagvlinders is een begroeiingstype toegekend aan de hand van het type leefgebied waar de route doorheen loopt. De begroeiingstypen zijn: agrarisch, stedelijk, bos, half natuurlijk grasland, heide, moeras, duin. Binnen Noord-Brabant valt duin af, slechts twee routes zijn als moeras getypeerd en beide hebben maar een jaar aan data. Het begroeiingstype heide hebben we geprobeerd mee te nemen in de analyse. 37 routes zijn getypeerd als 'heide', van deze routes zijn er echter 17 slechts één jaar geteld, terwijl twee routes meer dan 10 jaar zijn geteld. De jaargemiddelden, geschat op basis van het model, van de heideroutes zijn wel meegenomen in de figuur, hierin is te zien dat voor een aantal jaren gegevens ontbreken, en dat de spreiding van de CNI erg hoog is. Dit wordt veroorzaakt doordat er veel verschillende routes slechts enkele jaren geteld zijn. In de analyse zijn daarom alleen de begroeiingstypen agrarisch, bos en half natuurlijk grasland meegenomen (Figuur 5).

Absolute verschillen tussen de verschillende begroeiingstypen zijn niet erg informatief. Zoals te verwachten is de CNI in stedelijk en agrarische omgeving hoger dan in bos en half natuurlijk grasland. Als we naar de trend per begroeiingstype kijken, blijkt dat de trend voor bossen significant harder stijgt vergeleken met de rest ($p < 0.01$). Half natuurlijk grasland is het enige begroeiingstype dat een dalende trend laat zien. Deze trend verschilt significant van de andere begroeiingstypen ($p < 0.01$).



Figuur 6: CNI in bossen op hoge zandgronden in Noord-Brabant vergeleken met de rest van Nederland

CNI in Noord-Brabant per begroeiingstype



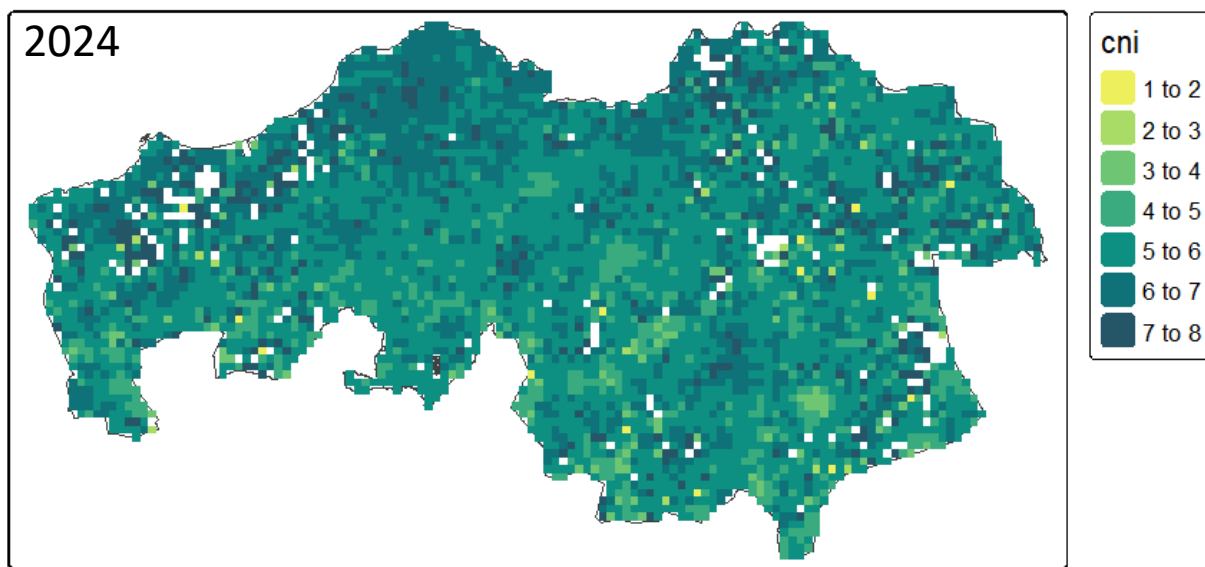
Figuur 5: CNI opgesplitst per begroeiingstype. Punten geven de geschatte gemiddelden per jaar weer, de trendlijn is weergegeven voor de 4 begroeiingstypen waar deze voor berekend kon worden

We hebben dezelfde analyse uitgevoerd voor heel Nederland. Hier zijn vergelijkbare patronen te zien. Bos stijgt harder dan de andere begroeiingstypen en half natuurlijk grasland is het enige begroeiingstype waar een dalende trend te zien is.

Daarnaast zien we in Figuur 6 dat de CNI in de bossen op de hoge zandgronden in Noord-Brabant gemiddeld lager is ($p = 0.01$), maar harder toeneemt ($p = 0.05$) dan de CNI in de bossen op de hoge zandgronden in de rest van Nederland.

Ruimtelijk beeld

De CNI kan worden berekend met 2 verschillende databronnen. De CNI op basis van monitoringsroutes geeft de meest robuuste gegevens. Omdat er rekening wordt gehouden met de aantalsverhouding tussen vlindersoorten met verschillende stikstofoptima. Maar om een ruimtelijker beeld te creëren, kan de CNI ook berekend worden op basis van occupancy modellen. Hierbij wordt alleen rekening gehouden met de kans op voorkomen van een soort in een km-hok en niet met aantalsverhoudingen. Deze maat is daardoor minder gevoelig voor veranderingen. In Figuur 7 is een ruimtelijk beeld van de CNI weergegeven. In de wit gekleurde km-hokken is niet genoeg data beschikbaar.



Figuur 7: CNI per km-hok, berekend op basis van occupancy modellen van dagvlinders

Discussie

In dit rapport is de stikstofindicator voor dagvlinders berekend voor de provincie Noord-Brabant en vergeleken met de rest van Nederland. Daarnaast is de regio opgedeeld in verschillende begroeiingstypen om te onderzoeken of het effect van stikstof op dagvlinders hiertussen verschilt. Hier zijn een aantal interessante uitkomsten uit naar voren gekomen die we hier verder toe zullen lichten.

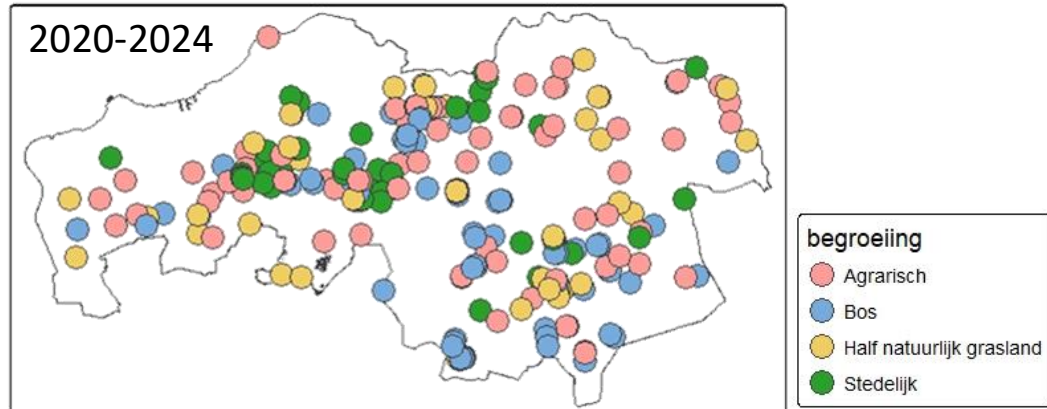
De hogere zandgronden, zoals in Noord-Brabant, zijn van nature arm aan voedingsstoffen zoals stikstof. Op deze zandgronden vind je dan ook typische soorten die zijn aangepast aan droge, voedselarme omstandigheden. Voorbeelden hiervan zijn onder andere heivlinder, kommavlinder, geelsprietdikkopje en heideblauwtje. Een concrete bedreiging voor deze soorten is het dichtgroeien van het habitat als gevolg van een overmaat aan stikstof. Andere soorten die gedijen bij voedselrijke omstandigheden zouden hier juist van kunnen profiteren. Al zien we dat ook stikstofminnende soorten een dalende trend vertonen. Een overdaad aan stikstof heeft ook effect op de voedselkwaliteit van de waardplanten van stikstof minnende vinders. Als er veel stikstof aanwezig is wordt, krijgen vlinders minder andere essentiële voedingsstoffen binnen, wat nadelig kan werken voor de ontwikkeling (Feest, et al., 2014). Maar ook andere drukfactoren zoals verdroging, versnippering en pesticiden kunnen hier een rol spelen.

Volgens het CBS daalt de gemodelleerde stikstofdepositie in Nederland sinds 1990 (CLO, 2025). Het meetnet voor ammoniakconcentraties (man.rivm.nl) laat echter geen daling in de gemeten ammoniakconcentraties in de lucht zien. In veel gebieden ligt de stikstofdepositie echter alsnog hoger dan de kritische depositie waarden (Provincie Noord-Brabant, 2024). Dit kan verklaren waarom biotische stikstofindicatoren zoals hier beschreven nog steeds toenemen.

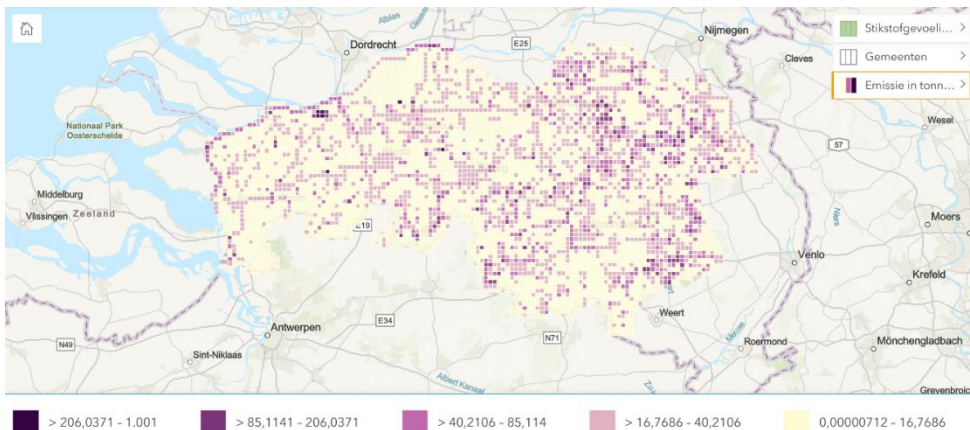
Bossen

De stikstofindicator dagvlinders in bossen laat een grotere stijging zien dan in andere leefgebieden. Dit betekent dat de verschuiving in de vlinderpopulatie richting stikstof minnende soorten in bossen groter is dan in andere leefgebieden. Dit kan verschillende oorzaken hebben. In 2024 heeft WENR onderzoek gedaan naar de stikstofdepositie in bossen (de Jong, et al., 2024). Zij lieten zien dat de depositie van stikstof in bossen aanzienlijk hoger is dan de gemiddelde depositie in Nederland, respectievelijk rond de 50 kg ha⁻¹ jr⁻¹ en 30 kg ha⁻¹ jr⁻¹. Dit komt overeen met studies die een ca. 50-100% hogere invang van depositie door bossen laten zien vergeleken met korte vegetaties (de Schrijver, et al., 2007).

In Figuur 9 is de spreiding van de routes die tussen 2020 en 2024 geteld zijn met het bijbehorende begroeiingstype te zien. Veel van de routes in het bos, liggen in het zuidoosten van Noord-Brabant. Dit is ook de regio waar de hoogste regionale emissies geregistreerd worden (Figuur 8). Dit biedt mogelijk ook nog een verklaring waarom de CNI in bossen in Noord-Brabant harder stijgt dan in de rest van Nederland en dan in andere leefgebieden



Figuur 9: Locatie van routes uit het meetnet dagvlinders met onderscheid tussen begroeiingstype



Figuur 8: Stikstofemissie in tonnen N per km² - stikstof dataportaal (Provincie Noord-Brabant, 2024)

Grasland

Veel agrariërs gebruiken de term ‘half-natuurlijk grasland’ voor hun weilanden met koeien. Echter, de stikstofindicator voor dagvlinders is alleen berekend op basis van transecten die liggen in half-natuurlijke graslanden binnen natuurgebieden. In dit onderzoek blijkt dat half-natuurlijk grasland het enige begroeiingstype is waarbij een dalende trend in de stikstofindicator zichtbaar is. Oftewel het aantal stikstofmijdende vlinders neemt toe.

Relevant is dat de stikstofopname van oudere graslanden en niet-gescheurde (of omgeploegde) graslanden hoger is dan intensief beheerde agrarische graslanden (Korevaar, 2016). Natuurgraslanden -die meer geschikt leefgebied voor vlinders vormen- worden in principe niet bewerkt. Aangezien natuurgraslanden niet bewerkt worden, nemen wij aan dat natuurgraslanden meer stikstof vastleggen dan oude landbouwbodems.

Mogelijk hebben mitigerende maatregelen zoals verschrallingsbeheer onder de PAS-maatregelen, de maatregelen onder de subsidieregeling ‘Biodiversiteit en leefgebieden’ en de toename van ecologisch (berm)beheer hiervoor gezorgd. Hierdoor wordt de overmaat aan stikstof namelijk gedeeltelijk afgevoerd. Wel moet worden meegenomen dat bij dit herstel een fosfaatprobleem kan ontstaan.

Bij verschralling door maaien of begrazen verdwijnen stikstof en kali vrij snel uit de bodem, maar fosfaat blijft achter. Dit komt doordat fosfaat nauwelijks uitspoelt en beperkt door planten wordt opgenomen. Dit kan bij omvormingsbeheer leiden tot een vegetatie die gedomineerd wordt door soorten als ridderzuring, distel en witbol. Het verminderen van fosfaat is een uitdaging. Een mogelijke aanpak is om het verschrallingsproces te vertragen, al betekent dat ook dat het herstel van natuurwaarden langer zal duren (de Schrijver et al., 2020). Een vergelijking van de stikstofindicator voor dagvlinders in verschillend beheerde graslanden zou hierover meer duidelijkheid kunnen geven. Daarvoor zou echter het aantal transecten moeten worden uitgebreid in zowel agrarische graslanden en graslanden in natuurgebieden.

Ruimtelijk beeld

Op het ruimtelijke beeld van Noord-Brabant zijn een aantal gebieden te onderscheiden waar de CNI hoger is dan gemiddeld. Enerzijds is dit in het noordwesten van de provincie, dit gebied bestaat echter uit kleigrond en grenst aan de zeeleigebieden van Zeeland en Zuid-Holland. De stikstofdepositie is dus niet per se hoger, maar dit type habitat is van nature rijker aan stikstof en verklaart waarom de CNI in dit gebied hoger is. Anderzijds zien we gebieden in het oosten van de provincie met een hogere CNI per km-hok, dit komt overeen met de hogere emissies die in deze regio worden geregistreerd (Figuur 8). Daarnaast zie je ook een aantal lichtere gebieden die corresponderen met een aantal N2000 gebieden zoals de Strabrechtse Heide, Brabantse Wal en de Kampina. In die gebieden komen dus, vergeleken met het omliggende agrarische gebied, nog relatief veel stikstofminnende soorten voor. Omdat de CNI vanuit de occupancy data gebaseerd is op verspreidingsgegevens, is deze niet gevoelig genoeg om een trend per km-hok te berekenen. Op N2000 gebiedsniveau liggen er in Noord-Brabant niet genoeg routes om op basis van de routes de trend in de CNI te kunnen berekenen op gebiedsniveau over de jaren.

Referentie

De gemiddelde CNI in Nederland is 6.3, terwijl deze in Noord-Brabant 5.9 is. In de meeste habitattypen vertoont de CNI een stijgende trend, maar in graslanden is er sprake van een dalende trend. Het is echter onbekend wat een goede referentie CNI is voor verschillende leefgebieden en fysisch geografische regio's. Hoewel we de CNI kunnen berekenen vanaf 1990, was er toen ook al sprake van een overmatige stikstofdepositie, waardoor 1990 geen geschikte referentiewaarde is. Om een goede referentiewaarde te bepalen, zouden we mogelijk terug moeten gaan tot het jaar 1900. Een alternatieve methode is om de CNI te berekenen in vergelijkbare leefgebieden in delen van Europa waar de stikstofdepositie minder groot is, zoals Scandinavië of Oost-Europa. Dit zou een nuttige exercitie zijn om de doelen voor natuurherstel concreet te maken.

Aanbeveling vergelijken van stikstofindicatoren

Naast dagvlinders zijn er andere soortgroepen die mogelijk goed kunnen werken als indicatoren voor stikstofdepositie en daarmee meer inzicht kunnen verschaffen op de effecten van stikstof op de natuur. Binnen de paddenstoelen valt duidelijk onderscheid te maken tussen stikstof mijdende en stikstoftolerante soorten. De trend van deze soorten hangt sterk samen met de stikstofdepositie (Vaessen, 2023). De Nitrofiële Indicatie Waarde (NIW) is een indicator die de aanwezigheid van stikstof minnende korstmossen aantoonst om de impact van stikstofdepositie, met name ammoniak, op natuur te monitoren. In Noord-Brabant is ook de NIW toegenomen tussen 1993 en 2024 (van der Kolk, et al., 2024), waarbij de grootste stijging te zien is in Oost-Brabant. Het verdient de aanbeveling om middels een nieuwe analyse de verschillende stikstof- (en ammoniak) indicatoren met elkaar te vergelijken om regionale verschillen duidelijker in beeld te krijgen.

Conclusie

De stikstofindicator biedt inzicht in de effecten van stikstofdepositie op vlinderpopulaties, daarnaast biedt deze ook aanknopingspunten voor beleid en beheer. Het gebruik van dagvlinders als indicator maakt trends in stikstofbelasting op provincie en leefgebiedsniveau zichtbaar en benadrukt de noodzaak van stikstofreductie en ecologisch herstel, met name in de Brabantse bossen, waar de stikstofindicator de grootste stijging laat zien. Natuurlijke graslanden lijkt het enige leefgebied te zijn waarbij een daling van de stikstofindicator te zien is. Mogelijk houdt dit verband met grootschalige herstelmaatregelen die uitgevoerd zijn op graslanden.

Referenties

- CLO, 2024. *Overschrijding van kritische depositiewaarde in Natura 2000-gebieden, 2005-2023*, indicator 0626, versie 03, 4 november 2024: Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS).
- CLO, 2025. *Stikstofdepositie, 1990-2023*, indicator 0189, versie 21, 18 februari 2025: Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS).
- de Jong, J., de Vries, W., Dijk, P. & Lerink, B., 2024. *Veranderingen van voorraden koolstof, stikstof, fosfor, kalium, calcium, magnesium, ijzer en aluminium in bosbodems tussen 1990 en 2023*, Wageningen: Wageningen Environmental Research.
- de Schrijver, A. et al., 2020. Nutrient removal towards biodiverse meadows. Lessons from practice-oriented research. *Natuur focus*, Volume 19 (1).
- de Schrijver, G. et al., 2007. The effect of forest type on throughfall deposition and seepage flux: a review.. *Oecologia*, pp. 663-674.
- Feest, A., van Swaay, C. & van Hinsberg, A., 2014. Nitrogen deposition and the reduction of butterfly biodiversity quality in the Netherlands. *Ecological indicators*, Volume 39, pp. 115-119.
- Korevaar, H., 2016. *Mogelijkheden om blijvend grasland in Natura 2000 gebieden te vernieuwen*, Wageningen: Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek. Plant Research International.
- Nijssen, M., WallisDeVries, M. & Siepel, H., 2017. Pathways for the effects of increased nitrogen deposition on fauna. *Biol. Conserv*, Volume 212, pp. 423-431.
- Oostermeijer, J. & van Swaay, C., 1998. The relationship between butterflies and environmental indicator values: a tool for conservation in a changing landscape. *Biological Conservation*, pp. 271-280.
- Provincie Noord-Brabant, 2024. *Stikstofdataportaal Noord-Brabant*. [Online] Available at: <https://stikstofdataportaal-noord-brabant.hub.arcgis.com/> [Geopend April 2025].
- Vaessen, A., 2023. Stagnerend stikstofbeleid: hoe reageren paddenstoelen?. *Florabalans*, pp. 16-17.
- van der Kolk, H., Verboom, L. & Sparrius, L., 2024. *Effecten van ammoniak op korstmossen in Noord-Brabant in de periode 1993-2024*, Utrecht: BLWG.
- van Strien, A., van Swaay, C. & Termaat, T., 2013. Opportunistic citizen science data of animal species produce reliable estimates of distribution trends if analysed with occupancy models.. *Journal of applied ecology*, Volume 50, pp. 1450-1458.
- Vogels, J. et al., 2023. Towards a mechanistic understanding of the impacts of nitrogen deposition on producer–consumer interactions. *Biological reviews*, Volume 98, pp. 1712-1731.
- Wallis de Vries, M. & van Swaay, C., 2013. Effects of local variation in nitrogen deposition on butterfly trends in The Netherlands. *Proc. Neth. Entomol. Soc. Meet*, Volume 24, pp. 9-17.
- Wallis de Vries, M. & van Swaay, C., 2017. A nitrogen index to track changes in butterfly species assemblages under nitrogen deposition. *Biological Conservation*, Volume 212, pp. 448-453.
- Wallis de Vries, M., van Swaay, C. & de Vries, H., 2016. *Pilot N-indicator Vlinders: toepassing in Kennemerland-Zuid.*, Wageningen: De Vlinderstichting.

Bijlage I

Summary van statistische modellen

Signif. codes: 0 '***' 0.001 - '**' 0.01 - '*' 0.05 - '.' 0.1 - ' ' 1

Vergelijking CNI Noord-Brabant met de rest van Nederland (Figuur 3 links)

```
cni_trend <- glmmTMB(aandeel~scale(tel_Jaar)*f_pr + (1|rou_Routennummer),
family=beta_family(link="logit"), data=cni)
```

Family: beta (logit)

Formula: **aandeel ~ scale(tel_Jaar) *f_pr + (1 | rou_Routennummer)**

Data: **cni_Nederland**

Conditional model:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	1.177994	0.030200	39.01	< 2e-16 ***
tel_Jaar	0.046381	0.009462	4.90	9.49e-07 ***
prRest van Nederland	0.191433	0.030166	6.35	2.21e-10 ***
tel_Jaar:prRest van Nederland	0.004773	0.009462	0.50	0.614

Vergelijking CNI zandgronden Noord-Brabant met de rest van Nederland (Figuur 3 rechts)

```
cni_trend_z <- glmmTMB(aandeel~scale(tel_Jaar)*f_pr + (1|rou_Routennummer),
family=beta_family(link="logit"), data=cni_z)
```

Family: beta (logit)

Formula: **aandeel ~ scale(tel_Jaar) *f_pr + (1 | rou_Routennummer)**

Data: **cni_zand**

Conditional model:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	0.892449	0.031048	28.745	<2e-16 ***
scale(tel_Jaar)	0.011880	0.009040	1.314	0.189
f_pr1	0.056836	0.031026	1.832	0.067 .
scale(tel_Jaar):f_pr1	0.004972	0.009044	0.550	0.582

Vergelijking CNI tussen verschillende begroeiingstypen binnen Noord-Brabant (Figuur 5)

Family: beta (logit)

Formula: **aandeel ~ scale(tel_Jaar) * Begroeiing + (1 | rou_Routennummer)**

Data: **cni_brab**

Conditional model:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	1.05973	0.04252	24.922	< 2e-16 ***
scale(tel_Jaar)	0.03583	0.01645	2.178	0.029371 *
Agrarisch	0.11499	0.07119	1.615	0.106238
Bos	-0.37401	0.07133	-5.243	1.58e-07 ***
Gras	-0.28655	0.07616	-3.763	0.000168 ***

Vergelijking CNI bos op zandgronden Noord-Brabant met de rest van Nederland (Figuur 6)

Family: beta (logit)

Formula: **aandeel ~ scale(tel_Jaar) * pr + (1 | rou_Routennummer)**

Data: **cni_bos**

Conditional model:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	0.72997	0.05051	14.452	< 2e-16 ***
scale(tel_Jaar)	0.10611	0.02076	5.110	3.21e-07 ***
pr1	-0.12787	0.05049	-2.532	0.0113 *
scale(tel_Jaar):pr1	0.04046	0.02076	1.949	0.0513 .

scale(tel_Jaar):agrarisch	-0.01061	0.03281	-0.323	0.746365
scale(tel_Jaar):bos	0.10260	0.02758	3.720	0.000199 ***
scale(tel_Jaar):gras	-0.11911	0.02271	-5.245	1.57e-07 ***

