



Position paper

Wat is bekend over de hoeveelheid stikstof die natuurgebieden aankunnen.

Prof dr Ir Wim de Vries - Hoogleraar integrale stikstofeffectanalyse

1 Hoe worden kritische depositiewaarden afgeleid en hoe betrouwbaar zijn ze?

Om iets over kritische depositie waarden te zeggen is het vooraf nuttig om kort in te gaan op de effecten van depositie van stikstof (N) op de bodem en daarmee op de vegetatie (flora) en vervolgens ook op de fauna.

Effecten van stikstofdepositie op bodem, vegetatie en fauna

De effecten van een hoge toevoer van stikstofverbindingen op ecosystemen zijn veelzijdig. Allereerst kan bij hoge stikstofconcentraties directe bovengrondse effecten optreden, waaronder achteruitgang van kostmossen. Daarbij zijn planten gevoeliger voor ammoniak dan voor stikstofoxiden. Naast deze directe effecten N-depositie gevolgen voor processen in de bodem met daarop volgende effecten op vegetatie en fauna.

Bodem

Voor de natuurbodem heeft stikstof de volgende effecten:

1. Vermesting of eutrofiëring: dit treedt op door een geleidelijke toename van de stikstof-beschikbaarheid, waardoor een overmaat aan stikstof ontstaat ten opzichte van andere voedingsstoffen met gevolgen voor de vegetatie (zie hieronder). Daarbij is er geen aanwijzing voor verschillen in effecten van ammoniak en stikstofoxiden.
2. Verzuring: dit treedt op doordat stikstofverbindingen in de lucht (met name stikstofoxiden) en in de bodem (met name ammoniak/ammonium) worden omgezet in nitraat. Daarbij wordt zuur geproduceerd (salpeterzuur) waardoor de hoeveelheid van elementen als calcium, magnesium en kalium afneemt door uitspoeling en bij sterke verzuring ook giftig aluminium vrij komt. Dit effect is identiek voor ammoniak en stikstofoxiden als ammonium in de bodem volledig wordt omgezet in nitraat door bacteriën en schimmels. Als dit niet volledig gebeurt, dan is het verzurende effect van ammoniak minder.
3. Ammoniumophoping: dit treedt op als ammonium niet wordt omgezet naar nitraat. Hierdoor kan de wortelopname van o.a. calcium, magnesium en kalium worden geremd door competitie met ammonium.

Vegetatie

Verhoogde stikstofdepositie in een voorheen onbelaste situatie leidt tot een toename van de stikstofbeschikbaarheid in de bodem en zo tot een verhoogde opname door de vegetatie. Snelgroeïende plantensoorten, zoals grassen, verdringen daardoor de oorspronkelijk aanwezige, minder concurrentiekrachtige, soorten en worden uiteindelijk dominant. Dit gaat ten koste van kenmerkende plantensoorten en dit leidt, vooral in (matig) voedselarme ecosystemen, tot een afname in soortendiversiteit. Dit proces wordt versneld door de bovengenoemde bodemverzuring en/of ammoniumophoping. De literatuur geeft indicaties dat de negatieve effecten van een hoge ammoniumconcentratie in de bodem op de opname van basen door planten groter is dan de afname van basen door verzuring. Ondanks de aanwijzingen voor die verschillende effecten worden geen aparte kritische depositiewaarden (KDWs) voor ammoniak en stikstofoxiden onderscheiden. Dit komt omdat het vermestende effect identiek is en er te weinig experimentele waarnemingen zijn om per habitat met aparte KDWs te komen voor ammoniak en stikstofoxide.

Snelgroeïende plantensoorten, zoals grassen, verdringen daardoor de oorspronkelijk aanwezige, minder concurrentiekrachtige, soorten en worden uiteindelijk dominant.

Fauna

De veranderingen in de vegetatie werken ook door op de fauna. Als plantensoorten verdwijnen, kunnen de dieren die deze planten als voedselbron hebben ook moeilijker overleven. Verder nemen sommige vogelsoorten sterk af als open heidevegetaties veranderen in dichte grasvlakten vanwege een afname van de hoeveelheid en de bereikbaarheid van insecten. Verder leidt bodemverzuring tot problemen bij fauna met een hoge behoefte aan calcium voor hun skelet zoals huisjesslakken. Daardoor komen er ook steeds minder kleine dieren voor die een goede calciumbron zijn voor vogels. Dat leidt bijvoorbeeld bij kool- en pimpelmezen tot eieren met een te dunne schaal en jongen die al in het nest hun pootjes breken. Ondanks het feit dat er sterke aanwijzingen zijn voor dat N-depositie een zeer negatief effect heeft op de fauna, spelen die geen rol bij de afleiding van de KDW omdat dit methodisch gezien heel moeilijk te meten is (zie hieronder ook de Methoden voor het afleiden van kritische depositiewaarden).





Position paper

Wat is bekend over de hoeveelheid stikstof die natuurgebieden aankunnen.

Prof dr Ir Wim de Vries - Hoogleraar integrale stikstofeffectanalyse

Methoden voor het afleiden van kritische depositiewaarden (KDW)

De formele internationale definitie van een KDW voor stikstof is de atmosferische stikstofdepositie die een ecosysteem over langere tijd verdragen kan zonder dat er significante schade optreedt aan de structuur of het functioneren ervan. Er zijn in principe drie methoden om KDWs af te leiden en wel (i) stikstofadditie-experimenten, (ii) stikstofgradiëntstudies en (iii) modelberekeningen. Bij stofgradiëntstudies kan onderscheid worden gemaakt naar variatie in tijd en ruimte. Al deze methoden zijn gericht op het afleiden van kritische waarden in verband met effecten op de vegetatie, al dan niet gecombineerd met effecten op de bodem. Verder heeft elke methode zijn eigen voor- en nadelen. In de praktijk worden deze methoden dan ook gecombineerd (voor zover aanwezig) om zo tot een goede inschatting te komen van de KDW. Hieronder worden de verschillende methoden kort beschreven.

Stikstofadditie-experimenten

Een van de belangrijkste bronnen voor het vaststellen van KDWs zijn de resultaten van langdurige stikstofadditie-experimenten. Daarbij worden de effecten van verschillende hoeveelheden toegediend stikstof, in verschillende vormen, op de vegetatie (en de bodem) onderzocht en vergeleken ten opzichte van een controle plot zonder stikstoftoediening.

Het grote voordeel van deze benadering is dat de effecten uitsluitend aan stikstoftoediening kunnen worden toegeschreven; alle andere gebiedskenmerken zijn namelijk gelijk. Er zijn echter ook beperkingen dan wel randvoorwaarden aan goede experimenten. Ten eerste kunnen veel effecten al zijn opgetreden in het verleden, vooral in gebieden met een hoge achtergronddepositie.. Omdat Nederland een hoge (historische) achtergronddepositie kent, wordt veelal gebruik gemaakt van experimenten die in het buitenland zijn uitgevoerd. Een enkele keer zijn in hoog belaste gebieden experimenten uitgevoerd waarin de stikstoftoevoer experimenteel is verlaagd. Om effecten van achtergronddepositie te vermijden, worden ook wel laboratorium experimenten uitgevoerd maar laboratoriumomstandigheden komen minder goed overeen met veldomstandigheden en vaak zijn die experimenten te kortdurend. Een belangrijke voorwaarde is namelijk dat het experiment langdurig wordt uitgevoerd (minimaal 3 jaar en liefst 5-10 jaar) omdat effecten vaak pas optreden bij langdurige blootstelling door accumulatie van stikstof. Verder moeten de intervallen in de toegediende stikstofhoeveelheden niet te hoog zijn en moeten ze overeenkomen met realistische stikstofdeposities.

Elke meetmethode heeft zijn eigen voor- en nadelen.

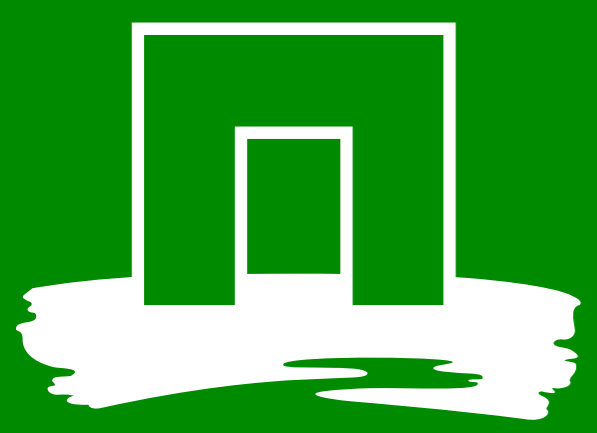
Stikstofgradiëntstudies

Een inschatting van KDWs is ook mogelijk met behulp van gradiëntstudies waarin gebieden met eenzelfde habitatype, maar met een verschillende stikstofdepositie in de ruimte (verschillende gebieden op een bepaald moment) of in de tijd (zelfde gebieden over langere tijd) met elkaar worden vergeleken. Daarbij wordt een indicator voor kwaliteit, bijvoorbeeld het aantal voorkomende plantensoorten, afgezet tegen een gradiënt van stikstofdepositie. De KDW is dan gebaseerd op een significant waarneembare achteruitgang in aantallen plantensoorten boven een kritische N-depositiegrenswaarde.

De meeste gradiëntstudies hebben betrekking op effecten van stikstofdepositie in de ruimte op de soortenrijkdom van planten. Recent is hiervan een overzicht gemaakt voor o.a. droge duingraslanden, droge heiden, kalkgraslanden, heischrale graslanden, montane graslanden en hoogvenen. Die laten zien dat de soortenrijkdom veelal afneemt bij een depositie boven 10-15 kg N per hectare per jaar maar soms is dat al boven de 5-10 kg N en soms ook boven de 15-20 kg N. Die resultaten komen qua grootte order goed overeen met de bandbreedte uit stikstofadditie-experimenten.

Een bekende gradiëntstudie in de tijd is een graslandexperiment bij Wageningen (de Ossekampen), waarin sinds 1958 productie, soortensamenstelling en een aantal bodemeigenschappen in een aantal proefvelden zijn gemeten. Uit de resultaten bleek dat de diversiteit met 40 tot 50% daalde van 1958-1987 toen de stikstofdepositie grofweg verdriedubbelde van ca 15 tot 45 kg N per hectare per jaar. Na de daling van de stikstofdepositie tot ca 25 kg N vanaf 1987-2005 vond een gedeeltelijk herstel van de soortenrijkdom plaats. Na 2005 stagneerde dit herstel, wat correspondeert met de vrijwel gelijkblijvende stikstofdepositie in deze periode. Dit experiment laat zien dat ook boven KDW-waarden, die voor dit type grasland rond de 10-15 kg N per hectare per jaar ligt, al herstel kan optreden maar dat is niet altijd het geval.





Position paper

Wat is bekend over de hoeveelheid stikstof die natuurgebieden aankunnen.

Prof dr Ir Wim de Vries - Hoogleraar integrale stikstofeffectanalyse

Het voordeel van deze benadering is dat de effecten gekoppeld zijn aan de voorkomende depositie gedurende langere tijd. Deze deposities zijn niet gemeten maar modelmatig berekend. Het nadeel is echter dat andere factoren dan depositie alleen ook een rol spelen bij de effecten op de natuur, zoals verschillen in klimaat en in grondwaterstand in de tijd of de ruimte. Bij gradiëntstudies in de ruimte kan dat effect groot zijn en spelen ook verschillen in grondsoort een rol. Bij de interpretatie van die studies moet hier dan ook rekening mee worden gehouden.

Modelberekeningen

Een derde mogelijkheid om KDWs te bepalen is het gebruikmaken van een bodemmodel, waarbij de berekende KDW is gebaseerd op grenswaarden voor de beschikbaarheid van stikstof (N) en de zuurgraad (pH). Het bodemmodel bevat beschrijvingen van relevante bodem-processen, waarmee de verwachte stikstofbeschikbaarheid en pH bij elk depositieniveau kan worden berekend. Op basis hiervan kan de KDW worden berekend als het depositieniveau waarbij de grenswaarde voor stikstofbeschikbaarheid of zuurgraad voor een habitatype wordt bereikt. Hoewel de KDW wordt berekend, zijn grenswaarden voor N en pH veelal vastgesteld op basis van een combinatie van vegetatiegegevens en bodemmetingen van vegetatietypen in het veld. Het voordeel van de modelmatige benadering is dat er altijd gebruikt wordt gemaakt van dezelfde indicatoren (N en pH) en dat het tot unieke waarden leidt.

De Nederlandse kritische depositiewaarden

De in Nederland gebruikte KDWs zijn gebaseerd op een combinatie van modelstudies en empirische studies, met name via stikstofadditie-experimenten, waar nodig aangevuld met resultaten van stikstofgradiëntstudies. Het gebruiken van modellen heeft twee redenen. Ten eerste zijn empirische KDWs op dit moment nog niet beschikbaar voor alle habitatypen in de Nederlandse Natura 2000-gebieden, aangezien nog niet in al die habitatypen experimenteel onderzoek is uitgevoerd. De modelmatige benadering is daarentegen toepasbaar voor elk habitat(sub)type, mits er grenswaarden voor N en pH zijn opgesteld.

In het algemeen blijkt er een redelijk goede overeenstemming te zijn tussen de KDWs die met beide methoden zijn afgeleid. Daarom is voor Nederland besloten de voordelen van beide methoden te combineren. Hierbij is gekeken of de gemodelleerde KDWs binnen de empirische bandbreedte liggen. Als dat het geval was, is de gesimuleerde waarde als KDW genomen. Als de gesimuleerde waarde buiten de empirische bandbreedte lag, hetzij aan de bovenkant of aan de onderkant ervan, is de uiterste waarde van de empirische range genomen.

Betrouwbaarheid

De betrouwbaarheid van de afgeleide KDWs per habitatype is vrij groot omdat ze gebaseerd zijn op een combinatie van verschillende methoden. Enerzijds betreffen dit kwantitatieve empirische schattingen op basis van experimenten en gradiëntstudies, zowel in Nederland als in Europa, die goed met elkaar overeenkomen (zie eerder). Er is dan ook een brede Europese consensus over de range in empirische schattingen. Vervolgens zijn ze gebaseerd op model berekeningen die binnen de bandbreedte van die empirische schattingen liggen. Voor lokale Natura 2000 gebieden is de onzekerheid echter beduidend groter, o.a. vanwege lokale variatie in bodem en hydrologie (zie punt 2).

De betrouwbaarheid van de afgeleide KDWs per habitatype is vrij groot omdat ze gebaseerd zijn op een combinatie van verschillende methoden.

2 Wat zijn de belangrijkste onzekerheden? Wat is de oorzaak daarvan?

De onzekerheden in de Nederlandse KDWs worden voornamelijk bepaald door de onzekerheden in de modelberekeningen. Daarbij is het wel zo dat de grenzen van de uitkomsten worden bepaald door de bovenkant en de onderkant van de bandbreedte van empirische schattingen en die bandbreedte is voor de meeste habitatypen goed onderbouwd (zie hierboven).

De belangrijkste onzekerheid in de schatting van de KDW van een lokaal Natura 2000 gebied heeft betrekking op de onzekerheid in de invoer van het model en dan gaat het met name om condities die het wel of niet voorkomen van soorten bepalen, zoals de bodemgesteldheid, met name de stikstofbeschikbaarheid en pH, en de hydrologie, eigenschappen die lokaal sterk kunnen variëren. Verder is er onzekerheid in de parameters voor de opgenomen processen in het model. Deze onzekerheid kan verkleind worden door het vergelijken van modeluitkomsten met metingen. Voor het gebruikte bodemverzuringmodel is dit ook gedaan voor proefgegevens uit zowel Nederland als in Europa, en die vergelijking is in het algemeen goed maar kan lokaal behoorlijk afwijken. Algemeen kan dan ook worden gesteld dat de onzekerheid in de landelijk gemiddelde KDW klein is, maar dat de onzekerheid in de KDW op een gegeven plek (zoals een deel van een Natura 2000 gebied) groot is. Dat principe geldt overigens precies zo voor de schattingen van de huidige N depositie.





Position paper

Wat is bekend over de hoeveelheid stikstof die natuurgebieden aankunnen.

Prof dr Ir Wim de Vries - Hoogleraar integrale stikstofeffectanalyse

3 Zijn de kritische depositiewaarden goed genoeg om beleid op te baseren?

De KDWs zoals afgeleid met de verschillende methoden hebben allen een onzekerheid (bandbreedte) hoewel je met modelberekeningen tot unieke waarden kunt komen bij vastgelegde modelparameters. Dergelijke waarden worden nu voor het beleid gebruikt maar in werkelijkheid is er lokaal sprake van een onzekerheid die gemakkelijk kan oplopen tot ca 50%. De waarde kan dus zowel 50% hoger als lager zijn.

Generiek landelijk en provinciaal beleid

KDWs zijn goed genoeg om generiek landelijk stikstofbeleid op te baseren. De afgeleide KDWs variëren veelal tussen de 7-25 kg N per hectare per jaar, met een KDW van de gevoeliger systemen onder de 12 kg N per hectare per jaar, en dat is beduidend lager dan de gemiddelde huidige depositie, die landelijk gemiddeld rond de 24 kg N per hectare per jaar ligt (waarde voor 2018). Verder zijn de KDWs ook betrouwbaar genoeg om een rol te spelen op provinciaal niveau. Met name in de provincies met intensive veehouderij is het verschil tussen huidige depositie en de gewenste KDW dermate hoog dat de betrouwbaarheid van de inschatting dat de KDW wordt overschreden groot is. Maar hoe dichter de depositie de KDW nadert, hoe lager de betrouwbaarheid van deze inschatting.

Lokaal vergunningsbeleid

Bij lokaal vergunningsbeleid wordt gekeken of een activiteit een significante bijdrage levert aan de depositie op een gevoelig natuurgebied, gedefinieerd als een gebied waarvan de KDW is overschreden. Op lokale schaal zijn de onnauwkeurigheden in geschatte actuele depositie en geschatte KDW groot (beiden tot wel 50%) en dat geldt derhalve zeker voor het verschil tussen die beide. Daarom is dit type depositiebeleid niet goed te onderbouwen, met name in gebieden waar de geschatte huidige depositie en KDW dicht bij elkaar liggen.

KDW en natuurkwaliteit

Recent is door PBL een relatie gelegd tussen het areaal van stikstof-gevoelige habitattypen die de afgelopen zes jaar een landelijke positieve, stabiele of negatieve trend hebben vertoond en de mate van overschrijding van de KDW. Daaruit blijkt dat er een relatie is tussen de mate van overschrijding van de KDW en het risico op verslechtering van de natuurkwaliteit. Lokaal kan echter sprake zijn van overschrijding zonder achteruitgang van natuurkwaliteit en omgekeerd. Dat komt deels omdat de natuurkwaliteit van veel meer factoren afhangt dan van stikstof alleen, zoals de waterbeschikbaarheid (hydrologie) en de mate waarin herstelmaatregelen worden uitgevoerd. Verder kan afnemende depositie soms al tot herstel leiden boven de KDW, hoewel niet volledig (zie eerder), terwijl het omgekeerde ook mogelijk is. Dat verschil kan echter ook worden verklaard doordat zowel de huidige depositie als de kritische depositie lokaal grote onzekerheden heeft (tot wel ca 50%). Daardoor kan er sprake zijn van een berekende overschrijding zonder dat dit in werkelijkheid het geval is en omgekeerd.

De implicaties van deze onzekerheden voor het stikstofbeleid zijn niet dat de vergunningverlening veel ruimhartiger kan zijn in gebieden met een lagere uitstoot, omdat stikstof over honderden kilometers verwaait en wel bijdraagt aan een deken over heel het land. Maar het impliceert wel dat er argumentatie is voor een meer generiek (provinciaal) vergunningsbeleid, gebaseerd op emissie (bv door het aangeven van een emissieplafond per provincie) en niet op lokale toetsingen op depositie met een minieme grenswaarde als criterium (zie ook De Vries, 2020).

Op lokale schaal zijn de onnauwkeurigheden in geschatte actuele depositie en geschatte KDW groot (beiden tot wel 50%) en dat geldt derhalve zeker voor het verschil tussen die beide.





Position paper

Wat is bekend over de hoeveelheid stikstof die natuurgebieden aankunnen.

Prof dr Ir Wim de Vries - Hoogleraar integrale stikstofeffectanalyse

4 Wat is er nodig om de kwaliteit van de kritische depositiewaarden te vergroten?

De KDWs worden bepaald door een viertal methoden, namelijk stikstofadditie-experimenten, stikstofgradiëntstudies in ruimte en tijd en modelberekeningen. Gezien de wijze waarop de KDWs in Nederland tot stand komen is het van belang om meer data over de variatie in bodem en hydrologie van Natura 2000 gebieden te verzamelen om zo de modelschattingen te verbeteren. Daarnaast zijn additie experimenten van belang maar dat kan moeizaam in het veld gebeuren door de hoge achtergronddepositie, en moet daarom in kassen worden uitgevoerd. Ook dan moet echter worden bedacht dat de onzekerheid in lokale overschrijding van KDWs altijd hoog zal blijven

Verder is het m.i. minstens zo relevant om meer inzicht te verkrijgen hoe de verschillende habitattypen zullen reageren op een afname van de stikstofdepositie boven de KDW (en ook daaronder). Helaas is daar namelijk weinig specifiek wetenschappelijke kennis over. De genoemde stikstofadditie-experimenten en stikstofgradiëntstudies geven informatie over de mate waarin een effect optreedt boven de KDW (NB: de KDW zelf geeft die informatie niet!). Deze studies geven echter nauwelijks inzicht of er ook herstel zal optreden bij een reductie van de stikstofdepositie, ook al is die nog boven de KDW. Hier wreekt zich het feit dat Nederland in het verleden veel monitoringsprogramma's van bodemkwaliteit, vegetatie en bosvitaliteit heeft stopgezet.

Het enige type experiment wat daar antwoord op kan geven zijn studies waarin identieke habitattypen in hetzelfde gebied over langere tijd met elkaar worden vergeleken, zoals bij de Ossenkampen. Wel is het zeker zo dat een lagere depositie niet altijd direct tot een verbetering behoeft te leiden in natuurgebieden. Zo zien we over de laatste 10 jaar, bij een nagenoeg gelijkblijvende stikstofdepositie, dat de natuurkwaliteit nog altijd afneemt, met name in oude eikenbossen, droge heide en heischrale graslanden. Het opzetten van stikstofgradiëntstudies in de tijd is dus zeer relevant, maar het is tijdrovend en kostbaar.

De Vries, W., 2020. Bouwstenen voor nieuw stikstofbeleid. Milieu Dossier 2020, April: 37-43.

Meer informatie

<https://www.wur.nl/nl/Dossiers/dossier/Stikstof-1.htm>

<https://www.wur.nl/nl/nieuws/Prof.-Wim-de-Vries-op-webinar-over-stikstof-met-film.htm>

Wel is het zeker zo dat een lagere depositie niet altijd direct tot een verbetering behoeft te leiden in natuurgebieden. Zo zien we over de laatste 10 jaar, bij een nagenoeg gelijkblijvende stikstofdepositie, dat de natuurkwaliteit nog altijd afneemt, met name in oude eikenbossen, droge heide en heischrale graslanden.

