



Position paper

Wat is bekend over de hoeveelheid stikstof die natuurgebieden aankunnen.

Dr. Han van Dobben – senior researcher Wageningen Environmental Research

Dr. Wieger Wamelink - senior ecologist Wageningen Environmental Research

1. Hoe betrouwbaar zijn de kritische depositiewaarden (KDW'n) als grens voor de hoeveelheid stikstof die natuurgebieden aankunnen: waar zijn de KDW'n op gebaseerd en hoe stevig is de wetenschappelijke onderbouwing?

Depositie van stikstof heeft twee belangrijke gevolgen in de bodem: verzuring en vermesting (eutrofiering). Stikstofoxiden worden in de atmosfeer en in de bodem omgezet in salpeterzuur. Maar ook ammoniak (van nature een base, daarom is regenwater tegenwoordig niet meer zuur) leidt in de Nederlandse omstandigheden in de bodem meestal tot verzuring, omdat het door bacteriën wordt omgezet in nitraat (nitrificatie), en dat is een zuurvormend proces. Verzuring (vroeger 'zure regen' genoemd) leidt tot verlies aan soorten omdat zure omstandigheden in de bodem leiden tot verlies van voedingsstoffen als kalium, calcium en magnesium en tot vrijkomen van toxische stoffen als aluminium. Als de omzetting van ammonium naar nitraat geremd wordt kan ammoniumophoping ook leiden tot problemen met de opname van kalium, calcium en magnesium. Er zijn daarom maar weinig plantensoorten die zure omstandigheden verdragen. Het tweede gevolg van stikstofdepositie is eutrofiering (vermesting). Stikstof is onmisbaar voor alle vormen van leven. Het moet door planten in anorganische vorm (als ammonium of als nitraat) uit de bodem worden opgenomen, en in de vorm van organische verbindingen (vooral eiwit) weer aan dieren worden doorgegeven. Voor de invloed van de mens allesoverheersend werd, waren onweer en stikstofbinding door bacteriën de enige bronnen van reactief stikstof. Men schat de depositie die hiervan het gevolg is op enkele kg N /ha/j, dit is ca. 10% van de huidige landelijk gemiddelde depositie en ca. 1% van de huidige stikstofgift op landbouwgrond. Veel soorten hebben zich in de evolutie aangepast aan stikstofarme omstandigheden, onder andere door langzaam te groeien en heel zuinig met stikstof om te gaan. Slechts weinig soorten zijn aangepast aan stikstofrijke omstandigheden, die altijd al zeer lokaal voorkwamen. Thans is de situatie omgekeerd, stikstofrijkdom is de regel en stikstofarme situaties komen alleen nog heel lokaal voor. In de concurrentiestrijd leggen daarom thans de vele, aan stikstofarme aangepaste soorten het af tegen de weinige aan stikstofrijkdom aangepaste soorten, omdat de laatste de vele stikstof kunnen gebruiken om veel sneller te groeien. Globaal gesproken leidt verrijking met stikstof er daardoor toe dat de algemene soorten steeds algemener worden, en de zeldzame steeds zeldzamer.

Een belangrijk aspect bij het bepalen van het effect van stikstofdepositie is dat de meeste ecosystemen stikstof opslaan en hergebruiken; ook dit is een aanpassing aan stikstofarme omstandigheden. De door de vegetatie opgenomen stikstof wordt of in overjarige plantendelen opgeslagen, of komt in de vorm van strooisel terug in de bodem. Daar wordt het door micro-organismen langzaam verteerd ('gemineraliseerd') waarbij de stikstof weer vrij komt in een voor planten opneembare vorm. Daarmee ontstaat een gesloten kringloop, waaruit verliezen slechts optreden wanneer er stikstof uitspoelt naar het grondwater, en dit is doorgaans alleen het geval bij hoge depositie.

Als de omzetting van ammonium naar nitraat geremd wordt kan ammoniumophoping ook leiden tot problemen met de opname van kalium, calcium en magnesium. Er zijn daarom maar weinig plantensoorten die zure omstandigheden verdragen.

In de huidige Nederlandse (en feitelijk ook Europese) praktijk wordt het begrip Kritische Depositie Waarde (KDW, Eng. Critical Load) vooral opgehangen aan veranderingen van de soortensamenstelling van (half)natuurlijke vegetatie. Het is de waarde waarboven een significant negatief effect op een natuurlijk ecosysteem optreedt, bij voorbeeld een groot verlies aan soorten. Dat komt enerzijds door het zo zuur worden van de bodem dat deze ongeschikt wordt voor veel soorten, en anderzijds door groeistimulatie van snelgroeiende soorten die de oorspronkelijk aanwezige, langzaam groeiende soorten verdringen. Welke van deze twee processen het belangrijkste is, is in de praktijk niet altijd te zeggen, juist omdat zij samen optreden. Ook zijn effecten van gereduceerd en geoxideerd stikstof moeilijk te scheiden. Beide vormen kunnen door planten worden opgenomen en gebruikt voor groei, en bovendien worden de twee vormen door micro-organismen in de bodem gemakkelijk in elkaar omgezet. Daarom worden voor het kwantificeren van de effecten van stikstof in de KDW beide vormen bij elkaar opgeteld. De KDW wordt momenteel in NL door de rechter gebruikt als scheidslijn tussen wat wel en wat niet kan m.b.t. vergunningverlening.





Position paper

Wat is bekend over de hoeveelheid stikstof die natuurgebieden aankunnen.

Dr. Han van Dobben – senior researcher Wageningen Environmental Research
Dr. Wieger Wamelink – senior ecologist Wageningen Environmental Research

Vaak gaat overschrijding van de KDW gepaard met een toename van de groei (zichtbaar aan een hogere of dichtere vegetatie van de niet gewenste soorten) of een versnelling van de successie (de opeenvolging van vegetatietypen bijvoorbeeld grasland raakt begroeid met boompjes en wordt uiteindelijk bos). Ook dit kan leiden tot verlies aan kenmerkende soorten. Verder kan overschrijding van de KDW gepaard gaan met bodemkundige veranderingen, vooral uitspoeling van nitraat en van basische kationen (kalium, magnesium en calcium). Nitraat kan in het grondwater tot problemen leiden (in extreme gevallen tot overschrijding van de norm voor drinkwater) en basische kationen zijn belangrijke voedingsstoffen voor planten.

Geconcludeerd kan worden dat de huidige KDW'n wetenschappelijk goed verankerd zijn.

Er zijn momenteel vier volstrekt onafhankelijke methoden om KDW'n te bepalen:

1. door simulatie: gebaseerd op een computermodel dat alle relevante bodemchemische processen beschrijft, gekoppeld met een vegetatiemodel dat de respons van elk vegetatietype op de bodemcondities beschrijft. Door in het model de depositie gaandeweg te verhogen kan die depositie worden bepaald waarbij de kans op het voorkomen van een gegeven vegetatietype onacceptabel laag is geworden. Hiervoor wordt in de praktijk het 20-percentiel gebruikt, d.w.z. 20% van de (Nederlandse) waarnemingen van dat vegetatietype zijn gedaan bij condities die ontstaan boven de KDW.
2. experimenteel: door het toevoegen van oplopende hoeveelheden stikstof aan een vegetatie, in veldproeven of in het lab. De KDW is in dat geval die hoeveelheid waarboven een verlies aan soorten optreedt.
3. empirisch, dit kan op twee manieren:
 - a) vegetatiegericht, door het vergelijken van de vegetatie op plaatsen met verschillende depositie. De KDW is in dat geval die depositie waarboven die vegetatie alleen nog in een verarmde vorm voorkomt; of
 - b) soortgericht, door het vergelijken van het voorkomen van soorten op plaatsen met verschillende depositie. Op die manier kan per soort de relatie tussen voorkomen en depositie worden afgeleid, en is de KDW die depositie waarboven de kans op voorkomen van sleutelsoorten uit de Habitatrichtlijn klein is geworden.

Hoewel al deze methoden keuzen bevatten die in zekere zin arbitrair zijn, leiden zij tot KDW'n die in dezelfde orde van grootte liggen (10 - 20 kg N/ha/j). Door verschillen in gebruikte typologieën (indelingen van vegetaties) is een directe vergelijking lastig. Simulatie levert KDW'n per combinatie van bodemtype en vegetatietype (volgens het standaardwerk 'de Vegetatie van Nederland'), maar experimenten zijn slechts uitgevoerd voor een beperkt aantal vegetatietypen (meest heiden en graslanden) en de gebruikte hoeveelheden toegevoegde stikstof liggen vaak vrij ver uit elkaar wat leidt tot een intrinsieke onnauwkeurigheid in de KDW. De empirische methoden zijn afhankelijk van de aanwezigheid van geschikte vegetatie bij ver uiteenlopende depositie (en dus ook buiten NL!). De voor NL door simulatie afgeleide KDW'n zijn gepubliceerd in de onafhankelijk gereviewde wetenschappelijke literatuur, en er bestaat een overzicht van de KDW'n per (Europees, 'EUNIS') vegetatietype gebaseerd op experimentele en vegetatiegerichte empirische methoden, waarover binnen Europa een brede wetenschappelijk consensus bestaat. Geconcludeerd kan worden dat de huidige KDW'n wetenschappelijk goed verankerd zijn.

De KDW'n die thans in NL gebruikt worden zijn afgeleid door combinatie van de simulatiemethode en bovengenoemd Europees overzicht van (empirische) KDW'n, en het herleiden van de verschillende typologieën naar de habitattypen uit de Habitatrichtlijn. Hierbij is getracht de voordelen van beide methoden te combineren. Die voordelen zijn: voor de empirische waarden de brede Europese wetenschappelijke consensus, en voor de gesimuleerde waarden het feit dat het één getal per vegetatietype is. Dit is als volgt gedaan: er is gekeken of de gesimuleerde KDW binnen de empirische range ligt. Als dat het geval is, is de gesimuleerde waarde als KDW genomen. Als de gesimuleerde waarde buiten de empirische range ligt, is de uiterste waarde van de empirische range genomen (bij voorbeeld: empirische range is 15 - 20, simulatie is 22, KDW wordt dan 20). Dit leidt tot unieke waarden (één getal) per Habitatype, dat altijd binnen de breed geaccepteerde empirische range ligt. Ook deze methode (incl. de methode om de verschillende typologieën te harmoniseren) is internationaal gereviewd.





Position paper

Wat is bekend over de hoeveelheid stikstof die natuurgebieden aankunnen.

Dr. Han van Dobben – senior researcher Wageningen Environmental Research
Dr. Wieger Wamelink – senior ecologist Wageningen Environmental Research

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

Op de gesimuleerde KDW'n is een formele onzekerheidsanalyse uitgevoerd. Hierbij wordt gekeken hoe de onzekerheid in de invoer van een model doorwerkt in de uitvoer. Grof gezegd komt hieruit dat de onzekerheid in de landelijk gemiddelde KDW klein is, maar dat de onzekerheid in de KDW op een gegeven plek groot is. De oorzaak daarvan is dat allerlei milieucondities die het wel of niet voorkomen van soorten bepalen (bodemgesteldheid, met name wat betreft N beschikbaarheid, en verder hydrologie, beheer) sterk van plek tot plek verschillen. Blijft verder de onzekerheid in de correctheid van de procesbeschrijvingen in het model. Deze onzekerheid kan verkleind worden door 'validatie', het vergelijken van de modeluitkomst met werkelijke metingen. Een verdere bron van onzekerheid is dat het niet goed bekend is in hoeverre accumulatie van stikstof in het ecosysteem een rol speelt voor de hoogte van de KDW. Ecosystemen zijn van nature heel zuinig met stikstof omdat dit voor de invloed van de mens dominant werd- slechts zeer beperkt beschikbaar was. De huidige overvloed aan stikstof wordt rondgepompt via de cyclus opname door wortels - inbouw in blad - bladval - vrijmaken van stikstof door vertering - etc. Alleen als er heel veel stikstof beschikbaar is gaat dit deels verloren via uitspoeling naar het grondwater. Het is in principe mogelijk hiermee rekening te houden bij het schatten van KDW'n maar dat is tot nu toe niet expliciet gebeurd.

Tenslotte is een belangrijke bron van onzekerheid dat in de KDW'n zoals die tot nu toe zijn afgeleid de fauna nauwelijks een rol speelt. Er zijn sterke aanwijzingen dat N depositie een zeer negatief effect heeft op de fauna, maar het bewijs hiervoor is tamelijk anekdotisch. Bekend is het verzwakken van de eierschalen en skelet van jongen bij koolmezen door calciumgebrek. Door verzuring -een belangrijk indirect gevolg van N depositie- spoelt het van nature in de bodem aanwezige calcium uit naar het grondwater. Verder zijn er sterke aanwijzingen dat de onbalans in aanbod van voedingsstoffen (veel stikstof maar relatief weinig fosfor) een zeer negatief effect heeft op de insectenfauna, en daarmee ook weer op insecteneters.

Voor de experimentele en empirische KDW'n wordt de onzekerheid deels veroorzaakt door gebrek aan data. Dit kan deels worden opgelost met meer experimenten. Dat kan in het veld, wat in Nederland lastig is vanwege de hoge depositie. Een alternatief is om experimenten te doen in kassen door middel van bemestings- of begassingsexperimenten, waarbij vegetatie uit de natuur wordt gehaald of een vegetatie op basis van zaden wordt gestart. Het gaat bij beide om arbeidsintensief onderzoek, dat echter in principe wel uitvoerbaar is (alle nieuwe kassen in Wageningen zijn hiervoor geschikt). Het is echter praktisch onmogelijk om met deze benadering KDW'n voor alle habitattypen te bepalen.

Er zijn sterke aanwijzingen dat N depositie een zeer negatief effect heeft op de fauna, maar het bewijs hiervoor is tamelijk anekdotisch.

3. Zijn de KDW'n goed genoeg om beleid op te baseren? Wat zijn de implicaties van de onzekerheden voor het stikstofbeleid?

Antwoord is JA als het natuurbeleid betreft. Omdat: (1) er nu vier methoden zijn die tot ongeveer dezelfde kwantitatieve schattingen van de KDW leiden; (2) er is een brede Europese consensus over de empirische schattingen; en (3) het verschil tussen de KDW van gevoelige typen (<12 kg N /ha/j, maar de update van de Europese schattingen die in de loop van dit jaar uitkomt geeft waarschijnlijk lagere waarden!) en de actuele depositie (~24 kg N landelijk gemiddeld) is nu zo groot dat een reductie hoe dan ook noodzakelijk is, ook al zitten er onnauwkeurigheden in de geschatte actuele depositie en de geschatte KDW. Maar als het vergunningenbeleid betreft is het antwoord NEE, omdat de bestaande KDW schattingen weliswaar als landelijk gemiddelde een hoge mate van betrouwbaarheid hebben, maar voor specifieke locaties een grote onzekerheid kennen.

Belangrijk hierbij is dat ongeveer 30% van de depositie in Nederland uit het buitenland komt en daar hebben we geen invloed op. Alleen al hierdoor is een sterke reductie van de Nederlandse emissie noodzakelijk. Zelfs als we de Nederlandse emissie tot nul reduceren halen we voor een aantal kritische typen, zoals hoogveen, de KDW niet door import uit het buitenland. Maar daarbij moeten we wel in gedachten houden dat Nederland netto een exporteur is van stikstof, we exporteren meer naar het buitenland dan dat we uit het buitenland binnen krijgen.



Position paper

Wat is bekend over de hoeveelheid stikstof die natuurgebieden aankunnen.

Dr. Han van Dobben – senior researcher Wageningen Environmental Research
Dr. Wieger Wamelink – senior ecologist Wageningen Environmental Research

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

Wat is er nodig om de kwaliteit van de KDW'n te vergroten? Als u een ruim budget zou krijgen om de kwaliteit van die waarden te vergroten, waar zou u dan als eerste op inzetten?

1. Ontwikkel de methode zoals beschreven in WENR-rapport 3089 (= schatting van de respons per Habitatype op N depositie, dus een kwantitatief verband) verder, zodanig dat die kwantitatieve verbanden gebruikt kunnen worden voor het schatten van KDW'n (=één getal per Habitatype). Dat zal de betrouwbaarheid van de schattingen van de KDW'n verbeteren en de onzekerheid verkleinen. Deze methode wordt al op verzoek van LNV in 2022 en 2023 verbeterd en verder gevalideerd.
2. Start nieuwe veldexperimenten op plekken met een lagere depositie dan in Nederland, of kas experimenten in Nederland, en volg deze minimaal 10 jaar. De kasexperimenten zouden moeten worden gekoppeld aan de veldexperimenten om eventuele verschillen veroorzaakt door het gebruik van kassen in beeld te brengen.
3. Schat regionale of gebiedspecifieke KDW'n. Sommige typen komen door heel Nederland voor, maar bijvoorbeeld bodemtype en grondwaterstand kunnen invloed hebben op de KDW. Door ze meer regionaal te schatten of zelfs gebiedspecifiek wordt ook recht gedaan aan de gebiedspecifieke aanpak die het kabinet voorstaat. De responscurven methode (WENR-rapport 3089) houdt al rekening met verschillen in bodemtype en ook is dit al eerder gedaan in Alterra-rapport 953 door KDW'n per bodemtype te schatten.
4. Gebruik bij de schatting van de respons niet de actuele depositie maar de over een langere periode geaccumuleerde depositie. Ecosystemen zijn van nature heel zuinig met N, en daarom wordt het grootste deel opgeslagen (zie boven). Deze opgeslagen N blijft circuleren in het systeem, en hierdoor neemt de biomassa toe, waardoor uiteindelijk zeldzame, langzaam groeiende soorten worden verdrongen door soorten die veel biomassa maken. Dit is een andere benadering dan de KDW'n waarbij een maximum als depositie per jaar wordt gegeven. Bij langdurige depositie onder de KDW kan er uiteindelijk toch teveel in het systeem komen. Bij deze methode wordt inzichtelijk gemaakt wat het maximum is dat het systeem aankan, gegeven de historische belasting, en dat maximum kan onder de huidige KDW liggen. De methode beschreven in WENR-3089 maakt gebruik van depositieschattingen vanaf 1950, en de gegevens om accumulatie vanaf 1950 te berekenen zijn beschikbaar. Oude depositiegegevens zijn wel relatief onzeker.
5. Schat de N-mineralisatie in het veld. Om de simulatie te verbeteren, met name op lokale schaal, moet er een betere schatting komen van de respons van soorten op N beschikbaarheid, d.w.z. de per tijdseenheid uit vertering vrijkomende hoeveelheid 'vrije' stikstof. Dit was een van de belangrijkste bronnen van onzekerheid bij de simulatiemethode (Alterra-rapport 953). Alleen metingen ter plekke van N-mineralisatie kan dit verbeteren, maar deze metingen zijn zeer bewerkelijk.

Meer informatie

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

<https://www.wur.nl/nl/onderzoek-resultaten/onderzoeksinstituten/environmental-research/show-wenr/evenwicht-tussen-voedselzekerheid-en-stikstofgebruik.htm>

Gebruik bij de schatting van de respons niet de actuele depositie maar de over een langere periode geaccumuleerde depositie. Ecosystemen zijn van nature heel zuinig met N, en daarom wordt het grootste deel opgeslagen (zie boven). Deze opgeslagen N blijft circuleren in het systeem, en hierdoor neemt de biomassa toe, waardoor uiteindelijk zeldzame, langzaam groeiende soorten worden verdrongen door soorten die veel biomassa maken.

