

# Advies over de impactverschillen tussen stikstof in gereduceerde (NH<sub>y</sub>) versus geoxideerde vorm (NO<sub>x</sub>)

Adviesnummer:	<b><u>INBO.A.4550</u></b>
Auteurs:	<b>Arne Verstraeten &amp; Maurice Hoffmann</b>
Contact:	<b>Maurice Hoffmann (<a href="mailto:maurice.hoffmann@inbo.be">maurice.hoffmann@inbo.be</a>)</b>
Kenmerk aanvraag:	<b>Telefonische vraag van 15 december 2022</b>
Geadresseerden:	<b>Kabinet van de Minister van Justitie en Handhaving, Omgeving, Energie en Toerisme</b>
	<b>T.a.v. Jelle Van den Berghe, adjunct-kabinetschef Seven - 6de verdieping Koning Albert II-laan 7 1210 Sint-Joost-ten-Node</b>

Dr. Maurice Hoffmann  
Administrateur-generaal wnd.

**Wijze van citeren:** Verstraeten A. & Hoffmann M. (2022). Advies over de impactverschillen tussen stikstof in gereduceerde (NH<sub>y</sub>) versus geoxideerde vorm (NO<sub>x</sub>). Adviezen van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, nr. INBO.A.4550. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

## Vraag

---

Zijn gereduceerde vormen van stikstof (NH<sub>y</sub>), voornamelijk afkomstig uit de landbouw, of geoxideerde vormen van stikstof (NO<sub>x</sub>), voornamelijk afkomstig van verbrandingsprocessen (o.a. verkeer, industrie en huishoudens), het meest schadelijk voor natuur?

## Toelichting

---

### Beknopte vergelijking

Voor wat negatieve effecten betreft kunnen ruwweg drie grote categorieën onderscheiden worden:

- directe toxiciteit
- verzuring
- vermesting.

Om het overzichtelijk te houden bespreken we die hier apart, al treden ze in de praktijk vaak samen op.

#### 1) Directe toxiciteit

Stikstof is een essentieel nutriënt en in de natuur kunnen zowel gereduceerde als geoxideerde stikstof (en trouwens ook organische stikstof vooral onder de vorm van aminozuren) door planten benut worden, al verschilt de voorkeur tussen plantensoorten onderling. Dat verschil hangt vaak samen met de ecologische randvoorwaarden in een gebied (basisch of zuur, stikstofarm of -rijk). Bij een overmaat treden bij gereduceerde stikstof veel sneller toxische effecten op dan bij geoxideerde stikstof, vaak met een drastische impact op de vegetatie. Voor korstmossen en sommige plantensoorten ligt de tolerantiewaarde voor concentraties in de lucht ca. 10 keer hoger voor stikstofdioxide (NO<sub>2</sub>) in vergelijking met ammoniakgas (NH<sub>3</sub>) (tabel 1). De groei van veel Rode-lijstsoorten van kwetsbare habitats blijkt vooral sterk negatief beïnvloed te worden door opname van ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) via de wortels, wat minder speelt bij NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

#### 2) Verzuring

Ook voor wat verzuring betreft, is de impact van gereduceerde stikstof groter dan die van geoxideerde stikstof. Bij opname van gasvormig NH<sub>3</sub> door de bladeren uit de lucht, logen 'basische kationen', namelijk calcium (Ca<sup>2+</sup>), kalium (K<sup>+</sup>) en magnesium (Mg<sup>2+</sup>), uit de bladeren uit. In de bodem wordt NH<sub>4</sub><sup>+</sup> door micro-organismen snel omgezet in nitraat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) (nitrificatie), waarbij protonen (H<sup>+</sup>) vrijkomen en de zuurtegraad (pH) van de bodem daalt (tabel 1). Wanneer NO<sub>3</sub><sup>-</sup> uitspoelt, spoelen tegelijk ook Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> en Mg<sup>2+</sup> weg uit de bodem, waardoor de buffercapaciteit van de bodem afneemt en de voor planten beschikbare voorraad van deze macronutriënten daalt.

#### 3) Vermesting

Deposities van zowel geoxideerde als gereduceerde stikstof draagt bij aan de totale stikstofvoorraad in een ecosysteem (tabel 1). Beide kunnen ook door planten als nutriënt gebruikt worden en bevorderen bij overmaat de dominantie van nitrofiële soorten. Het verruigen van vegetaties treedt evenwel veel sterker op onder invloed van NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ten opzichte van NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Dit is opnieuw een onrechtstreeks gevolg van het feit dat NH<sub>4</sub><sup>+</sup> voor veel planten van een meer gebufferd milieu, een giftige werking heeft. Bij een toename van

ammoniumconcentraties in de bodem of water, groeien deze soorten hierdoor slechter en verdwijnen uiteindelijk (zie punt 1).

Tabel 1. Schematisch overzicht van de voornaamste negatieve effecten van gereduceerde versus geoxideerde stikstof voor natuurgebieden.

<b>Gereduceerde N</b> In de lucht: vooral aanwezig als ammoniakgas (NH <sub>3</sub> ) Opgelost (neerslag, bodem- en oppervlaktewater, plant): vooral aanwezig als ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	<b>Geoxideerde N</b> In de lucht: vooral aanwezig als stikstofmonoxide (NO) en stikstofdioxide (NO <sub>2</sub> ) Opgelost (neerslag, bodem- en oppervlaktewater, plant): vooral aanwezig als nitraat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )
<b>Effecten</b> <b>1. Directe toxiciteit</b>	
<b>Hoog</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ammoniak (NH<sub>3</sub>) is een gifstof voor planten die kan leiden tot het afsterven van plantencellen, abnormale groei en een toename van de gevoeligheid voor andere stressors, zoals vrieskou. Uit de lucht wordt NH<sub>3</sub> gemakkelijker opgenomen door plantenweefsel dan NO<sub>2</sub>. De kritische waarde voor de NH<sub>3</sub> concentratie in de lucht is 1 en 3 µg/m<sup>3</sup> voor respectievelijk korstmossen en planten.</li> <li>Ook ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) is een gifstof, maar de gevoeligheid is afhankelijk van de plantensoort of -groep. Vooral Rode-lijstsoorten zoals die voorkomen in heischrale graslanden, soortenrijke heiden, zeer zwak tot zwak gebufferde vennen, blauwgraslanden, trilvenen en veenmosrietlanden worden negatief beïnvloed. Algemene soorten ondervinden veel minder negatieve effecten of zijn zelfs gewoon om NH<sub>4</sub><sup>+</sup> te gebruiken als stikstofbron.</li> </ul>	<b>Beperkt</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>De kritische waarde voor de NO<sub>2</sub> concentratie in de lucht is 15 en 30 µg/m<sup>3</sup> voor respectievelijk korstmossen en planten.</li> <li>Voor wat nitraat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) betreft zijn er geen direct toxische effecten voor planten, of komen die slechts tot uiting bij hoge concentraties (&gt;150 mg/l).</li> </ul>

## 2. Verzuring

### Hoog

- Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) werkt verzurend wanneer het door micro-organismen wordt omgezet in nitraat, een proces waarbij 2 protonen ( $\text{H}^+$ ) per stikstofmolecuul worden afgescheiden (nitrificatie) (microbiële omzetting van gereduceerde N in nitraat), waarbij 2 protonen worden vrijgesteld. Dit is dus verhoudingsgewijze meer dan bij geoxideerde stikstof.
- Wanneer  $\text{NH}_4^+$  wordt omgezet door nitrificatie, dan kan het gevormde  $\text{NO}_3^-$  op zijn beurt verder verzurend werken zoals hiernaast beschreven.
- Wanneer  $\text{NH}_3$  wordt opgenomen door de bladeren, dan wordt dit gecompenseerd door het uitspoelen van 'basische kationen', namelijk calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), kalium ( $\text{K}^+$ ) en magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ).

### Matig

- De zure vorm van de  $\text{NO}_x$  depositie is salpeterzuur ( $\text{HNO}_3$ ). Als planten het nitraat ( $\text{NO}_3^-$ ) hieruit opnemen, nemen ze, om elektrische neutraliteit te behouden, vaak ook het proton ( $\text{H}^+$ ) mee op. Een ander mechanisme om elektrische neutraliteit te bewaren is dat planten een bicarbonaat-ion ( $\text{HCO}_3^-$ ) uitscheiden. In zure omgeving is dit een base en hierdoor wordt het achtergebleven proton ook geneutraliseerd. Als gevolg van de opname door planten wordt de verzuring door  $\text{NO}_x$  dus voorkomen.
- De mate van stikstofverzadiging in de bodem en planten is echter in veel gevallen al zover dat het  $\text{NO}_3^-$  (vanuit de depositie of nitrificatie) niet meer door planten wordt opgenomen en uit de wortelzone weglekt. Het proton wordt dan niet door planten geneutraliseerd en draagt bij aan de bodemverzuring. Omdat nitraat negatief geladen is, neemt het bij het uitspoelen ook positief geladen 'basische kationen', namelijk calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), kalium ( $\text{K}^+$ ) en magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) mee, waardoor de buffercapaciteit van de bodem en de voor planten beschikbare voorraad van deze macronutriënten afneemt.

### 3. Vermesting (en verzuivering, verbrandneteling...)

**Hoog**

**Hoog**

Zowel depositie van geoxideerde als gereduceerde stikstof draagt bij aan de totale stikstofvoorraad in een ecosysteem. Beide kunnen ook door planten als nutriënt gebruikt worden en bevorderen bij overmaat de dominantie van nitrofiële soorten. Het verzuiveren van vegetaties treedt evenwel veel sterker op onder invloed van  $\text{NH}_4^+$  ten opzichte van  $\text{NO}_3^-$ . Dit is een onrechtstreeks gevolg van het feit dat  $\text{NH}_4^+$  voor veel planten van een meer gebufferd milieu, een giftige werking heeft (zie punt 1 in deze tabel). Bij een toename van ammoniumconcentraties in de bodem of water groeien deze soorten daardoor slechter en verdwijnen uiteindelijk.

## Conclusie

---

1 kg gereduceerde stikstof (NHy) draagt verhoudingsgewijs meer bij aan natuurschade dan 1 kg geoxideerde stikstof (NOx). Voor het herstel van de natuurkwaliteit heeft reductie van de depositie van gereduceerde N dus de hoogste prioriteit.

## Referenties

---

Van den Burg A (in voorbereiding). Ecologische knelpunten van stikstof en de stikstofaanpak in Nederland. In: Schoukens, H. (ed.) Stikstofcrisis in de Lage Landen juridisch ontleed: richtlijnen voor een duurzame transitie?

en volgende referenties daarin:

Aptroot A. & Van Herk, K. 1994. Veldgids korstmossen KNNV Uitgeverij, Zeist.

Bobbink R. et al. 2011. Review and revision of empirical critical loads and dose-response relationships Proceedings of an expert workshop, Noordwijkerhout, 23-25 June 2010. ISBN: 978-90-6960-251-6 RIVM report: 680359002.

Bobbink R. et al. 2017. Na het zuur geen zoet? Bodemverzuring in droog zandlandschap blijvend probleem. Landschap 34:61 – 69.

Bobbink R. & Weijters M. 2018. Verschil in effecten op natuur van gereduceerd versus geoxideerd stikstof. Tijdschrift Lucht 1: 23-27.

Britto D.T. & Kronzucker H.J. 2002.  $\text{NH}_4^+$  toxicity in higher plants: a critical review. J. Plant Physiol. 159. 567 –584

Cape J.N. et al. 2009. Evidence for changing the critical level for ammonia. Environmental Pollution 157, 1033-1037.

De Vries W. et al. 2017. Doorgaande verzuring van bosbodems, oorzaken en gevolgen voor het bosecosysteem. Vakblad Bos, Natuur en Landschap 137: 32 – 35.

Stevens C.J. et al. 2011. Ecosystem responses to reduced and oxidised nitrogen inputs in European terrestrial habitats. Environmental Pollution 159: 665-676.

Sutton M.A. et al. 2020 Alkaline air: changing perspectives on nitrogen and air pollution in an ammonia-rich world. *Phil. Trans. R. Soc. A* 378: 20190315. <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2019.0315>

Van den Burg A.B. et al. 2021. Stikstof en natuurherstel, Onderzoek naar een ecologisch noodzakelijke reductiedoelstelling van stikstof. Rapport publicatie door WNF, Zeist. ISBN/EAN: 978-90-74595-99-5.

Van der Eerden L.J.M. 1982. Toxicity of ammonia to plants. *Agriculture and Environment* 7: 223-235