



Stikstof: essentieel maar lastig

DEEL 2

Verstoringsen in de stikstofkringloop

Stikstof is als gas altijd al alomtegenwoordig geweest, maar toch richt deze essentiële voedingsstof wereldwijd een ongelofelijke ravage aan. Stikstof draagt bij aan de massale bossensterfte, het ongekende verlies aan biodiversiteit, de dode zones in de oceanen ... De oorzaken blijven echter veelal onder de maatschappelijke radar. Stikstof wordt dan ook wel omschreven als een sluipmoordenaar – maar in dit tweede en laatste deel gaan we de dader in zijn nekvel grijpen.

Een indicator van ammoniakemissie is groot dooiermos (dat overbekende gele korstmos), dat zie je dan ook steeds meer rond de megastallen verschijnen. Dit is in Utrecht.
Foto: Wikimedia Commons.

AUTEUR Marc Siepman

marcsiepman.nl
humisme.nl

Het probleem

In het eerste deel van dit artikel (PM10) kon je lezen hoe bacteriën ervoor zorgen dat stikstof beschikbaar komt voor planten zonder dat er een overschot kan ontstaan. Door menselijk toedoen is de hoeveelheid opneembare stikstof echter verdubbeld. In dit artikel behandel ik de oorzaken en de kettingreacties die dit tot gevolg heeft.

Wat het ingewikkeld maakt

Stikstof bevindt zich in verschillende vormen (luchtstikstof, ammonium, nitraat, ammoniak, stikstofoxiden) op verschillende plekken (bodem, atmosfeer, water) en beweegt zich door verschillende soorten biotische en abiotische processen (vervluchtiging, verbranding, depositie, binding) tussen die plekken. De verstoringen die de mens veroorzaakt leiden tot verzuring en/of vermisting, wat ook weer een heel scala aan effecten

heeft. Houd bij het lezen van dit artikel in gedachten dat het geenszins lineaire processen zijn en dat het daarom moeilijk in een lineair verhaal te vatten is. Omdat het zo complex is laat ik talloze aspecten buiten beschouwing.

Bronnen van reactieve stikstof: binding en verbranding

Er zijn twee onnatuurlijke manieren waarop er extra reactieve stikstof in de bodem komt: industriële stikstofbinding en de verbranding van fossiele brandstoffen.

Industriële stikstofbinding

In 1913 opende de eerste kunstmestfabriek, waar door middel van het Haber-Boschproces luchtstikstof (N_2) werd omgezet in ammoniak (NH_3). Sinds 1915 wordt er op industriële schaal stikstof gebonden. Dit gebeurt bij hoge temperaturen (je bootst in feite bliksem na), wat

veel energie kost. De waterstofionen (H^+) die nodig zijn voor de binding komen uit aardgas: vier of vijf procent van ons aardgas wordt hiervoor ingezet.

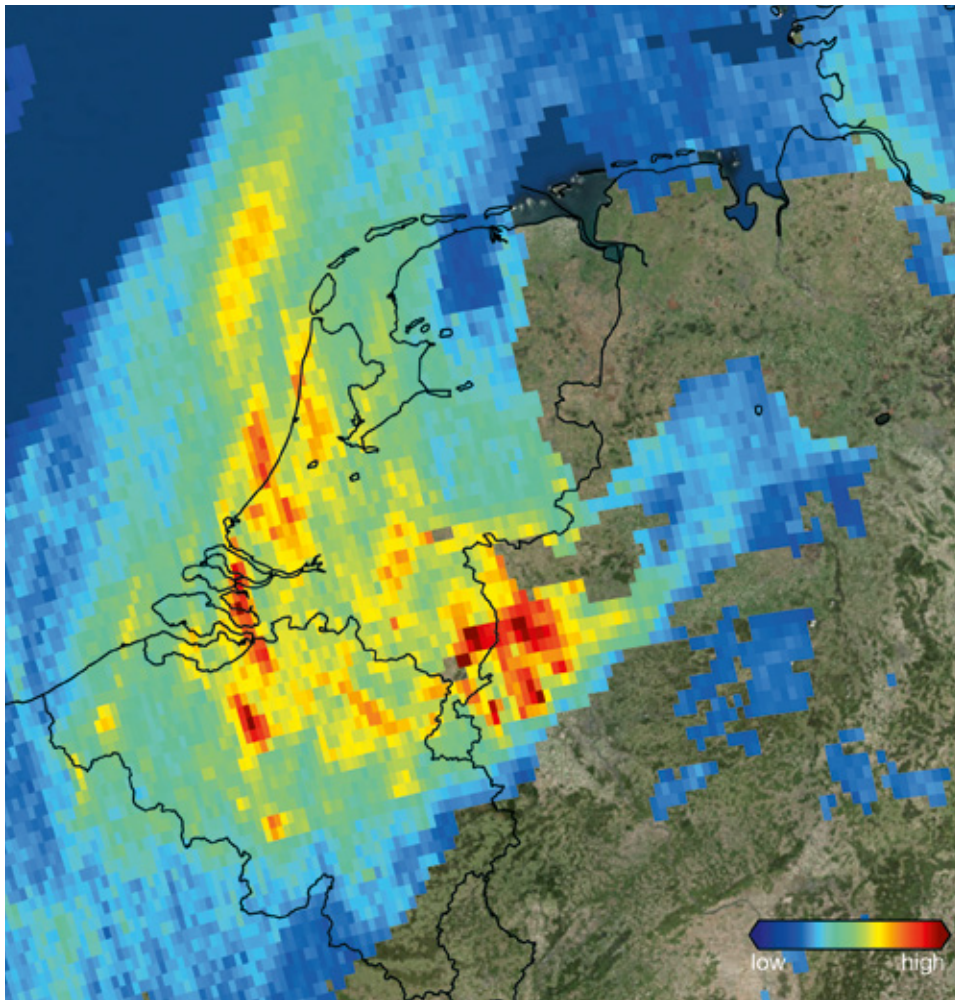
Verbranding van fossiele brandstoffen

Bij industriële stikstofbinding is het doel meer stikstof in de bodem te brengen. Sinds de aanvang van de industriële revolutie (in Nederland rond 1850) verbranden we steeds meer fossiele brandstoffen, waarbij onbedoeld ook stikstofdioxide (NO_2) in de atmosfeer terecht komt. In Europa staat Nederland op nummer twee wat betreft de concentratie stikstofdioxide, maar ook wereldwijd staan Nederland en België bijna bovenaan.

Explosies van populaties

Meer mensen

Anders dan de agro-industrie ons wil laten geloven, voedt zij ons niet. De op kunst-



Boven Nederland is de concentratie stikstofdioxide bijzonder hoog.
Foto: door KNMI/ESA verwerkte satellietgegevens.

mest en pesticiden gebaseerde industriële landbouw produceert voornamelijk veevoeder en biobrandstoffen. Niettemin heeft al die extra stikstof geleid tot een ongekende groei van menselijke populaties. In de natuur is namelijk altijd weinig stikstof beschikbaar geweest. Om mensenvoedsel te produceren was stikstof dan ook altijd de meest beperkende factor: het was een rem op de groei van de menselijke populatie. De omvang van de menselijke bevolking bedroeg in 1915 ongeveer 1,8 miljard. Door de industriële productie van ammoniak voor kunstmest heeft de bevolking een explosieve groei door kunnen maken: we zijn inmiddels de 7,5 miljard mensen gepasseerd – ruim vier keer zoveel in een eeuw tijd. Dit wetende is het ook begrijpelijk dat bijna 80% van de stikstof in het menselijk lichaam voortkomt uit industriële stikstofbinding.

Meer gedomesticeerde dieren

Ondanks dat we in Nederland ongeveer driekwart van de landbouwgrond direct of

indirect gebruiken om gedomesticeerde dieren te voeden, importeren we jaarlijks rond de 9 miljoen ton stikstofrijk voeder uit het Amazone-gebied. De import van deze genetisch gemodificeerde soja en mais maakt het mogelijk dat we in ons kleine Nederland jaarlijks meer dan 500 miljoen dieren kunnen vetmesten en slachten. Door de manier waarop de mest wordt behandeld komt er veel ammoniak vrij: in Europa stoot Nederland de meeste ammoniak uit. De bio-industrie neemt 90% van de uitstoot voor haar rekening.

Broeikasgassen zorgen voor nog meer broeikasgassen

De landbouw is dankzij het gebruik van kunstmest goed voor ongeveer een derde van de uitstoot van distikstofoxide of lachgas (N_2O). Distikstofoxide is een broeikasgas dat ruim driehonderd keer sterker is dan koolstofdioxide (CO_2) en mogelijk ook nog de ozonlaag afbreekt. Distikstofoxide komt vrij bij het gebruik van (kunst)mest en bij de verbranding van fossiele brand-

stoffen. Het grootste gevaar ligt echter te sluimeren in de snel smeltende permafrost van de arctische toendra. Daar ligt naar schatting 67 miljard ton distikstofoxide opgeslagen, wat door opwarming van de Aarde vrij plotseling vrij kan komen. Dat komt nog bovenop de 1400 miljard ton methaan die daar opgeslagen ligt. Dus een extra reden om alle zeilen bij te zetten en alleen in te zetten op oplossingen die het klimaatprobleem niet nog groter maken.

Stikstofdepositie

Gasvormige stikstof, op luchtstikstof na, slaat uiteindelijk ergens neer. Dit wordt stikstofdepositie genoemd en heeft verzuring en vermisting tot gevolg.

Verzuring door stikstofdepositie

De dieren in de bio-industrie worden veelal op roosters gehouden, waardoor de uitwerpselen en de urine samenkomen in de drijfmestput eronder. Door de anaerobe omstandigheden (zonder zuurstof), kan de stikstof in ammoniakvorm naar de atmosfeer ontsnappen. Ammoniak slaat al na ruim 10 kilometer neer en draagt bij aan verzuring van de bodem. Sommige mensen zeggen dat ammoniak niet bij kan dragen aan verzuring, omdat ammoniak een basisch molecuul is. Dat laatste klopt en in de atmosfeer werkt ammoniak inderdaad zuurneutraliserend. In de bodem kan ammoniak echter worden omgezet in salpeterzuur. Ammoniak en stikstofoxiden kunnen, in samenspel met zwaveldioxide (SO_2), ook in de atmosfeer worden omgezet tot zuren (salpeterzuur, maar ook zwavelzuur).

Stikstofdioxide kan wel 1000 kilometer afleggen voordat het neerslaat. Opgelost in water vormt het salpeterzuur, wat zure regen veroorzaakt.

Gevolgen van verzuring

Verzuring heeft een groot scala aan gevolgen, hier noem ik er een paar.

Versnelde verwerking

Door de verzuring verouderen de bodems in een ongekend tempo: in Nederland gaat de verwerking honderd maal sneller dan natuurlijk is, waardoor essentiële elementen uitspoelen.

Al met al zijn bomen en planten jaar na jaar minder vitaal en slaan zwakteparasieten,

zoals de tonderzwam en de reuzenzwam, hun slag. Uiteindelijk bezwijkt een boom daaraan, maar de zwakteparasieten zijn natuurlijk het symptoom en niet de oorzaak. De bossen sterven momenteel massaal af, met de Veluwe voorop.

Calciumverlies

Voor de dieren heeft verzuring ook grote gevolgen. Zo blijkt dat verzuring ervoor zorgt dat calcium makkelijker uitspoelt, waardoor het niet meer beschikbaar is voor planten. Eieren krijgen steeds dunnere schalen, omdat vogels niet aan voldoende kalk kunnen komen. Hierdoor droogt een derde van de eieren uit en komen er dus geen kuikens uit. En als er toch kuikens komen, lijden die vaak aan calciumgebrek waardoor ze al in het nest hun pootjes breken. Ze sterven dan alsnog.

Aluminium

Er zijn ook elementen die giftig zijn voor planten en juist beter opneembaar worden door verzuring, zoals aluminium. Naarmate de pH van een bodem verder onder de 5,2 komt wordt aluminium steeds beter oplosbaar. Kleibodems zitten boordevol aluminiumsilicaten; door verzuring kan het aluminium in de plant terecht komen. Door het aluminium raken de vaten van de plantenwortels verstopt en wordt de opname van voedingsstoffen beperkt.

Verstoorde symbiose

Ook functioneren mycorrhizale schimmels niet meer bij een te lage pH, een teveel aan stikstof of oplosbaar aluminium.

Vermesting

Naast verzuring draagt stikstof ook nog bij aan vermisting: een teveel aan stikstof in de bodem. Ik noem een paar belangrijke problemen die daardoor veroorzaakt worden.

Uitspoeling en eutrofiëring

Nitraat is een negatief geladen molecuul. De meeste bodemdeeltjes zijn ook negatief geladen, wat er voor zorgt dat nitraat nergens aan vastgehouden wordt en dus gemakkelijk uitspoelt (dit geldt dus alleen voor kunst- en drijfmest, niet voor organische stikstof). Nitraten komen in een bodemlaag terecht waar ze gedurende tientallen jaren uit blijven lekken, ook als we vandaag nog stoppen met bemesten.

De stikstof komt uiteindelijk in de oppervlaktewateren terecht, waar het voor eutrofiëring zorgt: het water wordt dan zo rijk aan voedingsstoffen, dat algen explosief gaan groeien. Als deze afsterven zakken ze naar de bodem waar ze ontbonden worden door bacteriën die zuurstof onttrekken aan het water, waardoor al het waterleven sterft – op kwallen na. Zo zijn er wereldwijd meer dan vierhonderd dode zones aangetroffen. De oorzaak is altijd kunstmest of intensieve veeteelt.

Luie bacteriën

Tot ongeveer honderd jaar geleden bestond 80% van de bacteriën in de *chernozem*, de bijzonder vruchtbare bodems in Oekraïne, uit *Azotobacter* (een vrijlevende stikstofbindende bacterie). Hierdoor konden boeren tientallen jaren lang stikstofminnend mais telen zonder stikstof toe te voegen. Sinds de introductie van kunstmest zijn die bodems volledig afhankelijk van externe input omdat deze bacteriën eruit verdwenen zijn. Maar ook met dierlijke mest, compost en zelfs stikstofrijke mulch kun je de vrijlevende stikstofbinders lui maken. Ze stoppen namelijk met werken als het gehalte aan opneembare stikstof te hoog wordt.

Biodiversiteitsverlies

De groei van de menselijke populatie en die van de dieren die we hebben gedomes-ticeerd zorgt ervoor dat we steeds minder ruimte overlaten voor wilde dieren. Maar zelfs in de paar postzegels natuur die over zijn is steeds minder biodiversiteit te vinden. In 150 jaar tijd zijn we in Nederland, mede dankzij de extra stikstof, 85% van de biodiversiteit kwijtgeraakt. Veel planten zijn stikstofmijders. Bij te veel stikstof in de bodem worden ze makkelijk weggeconcurrerd door stikstofminnende planten, zoals grote brandnetel en gewone braam. In veel bossen zie je deze twee dan ook steeds meer staan. Hoewel een braamstruweel heel erg kan bijdragen aan de bescherming van jonge eiken tegen de vraat van grote grazers, is het hoge stikstofgehalte niet goed voor volwassen exemplaren omdat het ten koste gaat van de symbiose met mycorrhizale schimmels. De inheemse eiken zijn dan ook mogelijk binnen tien jaar uitgestorven in ons land. Toch zijn ze

van groot ecologisch belang: in en rond een volwassen inheemse eik leven meer dan vierhonderd soorten schimmels, algen, mossen, korstmossen, insecten, vogels en vleermuizen. Bij een Amerikaanse eik zijn dat er maar een paar.

Vermesting draagt net als verzuring bij aan het verlies van insecten. Hoewel pesticiden daarin een grote rol spelen, kunnen we stikstof ook niet wegcijferen. Rupsen eten blaadjes waar steeds minder mineralen in zitten, want die worden verdrongen door de stikstof. Bovendien spoelen de mineralen uit door de verzuring die óók door stikstof wordt veroorzaakt. Het blad is zo arm dat de rupsen na een paar dagen doodgaan. Het aantal vlinders daalt dan ook dramatisch.

En hier lijden de insectenetende vogels dan ook weer onder. Een koppeltje koolmeesjes voert per nest bijna tienduizend spinnen, rupsen en insecten.

Uitstoot van koolstofdioxide

Het toevoegen van stikstof aan de bodem zonder ook koolstof toe te voegen verstoort de koolstof-stikstofverhouding in de bodem. Dat zorgt ervoor dat de bacteriën overmatig actief worden. Die verbruiken de resterende koolstof in de bodem voor hun stofwisseling, waarbij koolstofdioxide vrijkomt. Volgens de EU stoten de bodems in Europa tien keer zoveel koolstofdioxide uit als de Europese industrie.

Is er een oplossing?

De enige oplossing is simpelweg stoppen met kunstmest en het verbranden van fossiele brandstoffen. Dat vergt een totaal ander soort landbouw, waarbij het doel is voedsel van een zo hoog mogelijke kwaliteit te produceren. Zolang het doel zoveel mogelijk ton planten en zoveel mogelijk dieren per hectare is, zal hier niets aan veranderen. Het is dus evengoed een economisch als ecologisch verhaal. Efficiëntie zou moeten gaan over hoeveel gezondheid en biodiversiteit een hectare kan opleveren. Daarvoor is het nodig dat we vlees eten naar aanbod in plaats van naar vraag. Ook zullen we meer gebruik moeten maken van vaste gewassen. Klinkt een beetje als permacultuur.