



VLAAMSE MILIEUMAATSCHAPPIJ



# Milieurapport Vlaanderen MIRA

## Themabeschrijving Vermesting



# Milieurapport Vlaanderen

**MIRA**

**Themabeschrijving Vermesting**



VLAAMSE MILIEUMAATSCHAPPIJ

## **Auteur**

*Stijn Overloop, MIRA, VMM*

Laatst bijgewerkt: *september 2013*

### **Woord vooraf**

De doelstellingen van MIRA (Milieurapport Vlaanderen) zijn drieledig: (1) de wetenschappelijke basis verschaffen voor het Vlaamse milieubeleid, (2) het maatschappelijk draagvlak versterken door het verhogen van het milieu-inzicht en (3) de Vlaamse kennisbasis afstemmen op internationale standaarden. Het document Themabeschrijving wil bijdragen aan deze doelstellingen door het ter beschikking stellen van een kernachtige en toegankelijke beschrijving van de milieuthema's die door MIRA behandeld worden. Deze informatie moet de gebruiker de nodige achtergrondinformatie verschaffen bij de raadpleging van de milieu-indicatoren.

De beschrijving is gestructureerd volgens de zogenaamde milieuverstoringsketen of DPSI-R keten die de oorzaak en de gevolgen van de milieuverstoringen in beeld brengt. DPSI-R staat voor Driving Forces (maatschappelijke activiteiten), Pressure (druk), State (toestand), Impact (gevolgen) en Response (beleidsrespons). Het document bevat zoveel mogelijk de laatste stand van zaken van de wetenschappelijke kennis.

### **Bronvermelding bij overname informatie**

Overname van informatie uit dit document wordt aangemoedigd mits bronvermelding.

Hoe citeren?

Kort: MIRA Themabeschrijving Vermesting ([www.milieurapport.be](http://www.milieurapport.be))

Volledig: MIRA (2013) Milieurapport Vlaanderen, Themabeschrijving Vermesting. Overloop S., Vlaamse Milieumaatschappij, [www.milieurapport.be](http://www.milieurapport.be)

# Inhoudsopgave

<b>Definitie van het thema .....</b>	<b>6</b>
<b>Beschrijving van de verstoring.....</b>	<b>7</b>
1   Inleiding.....	7
2   Relevante kenmerken van de nutriënten stikstof, fosfor en kalium.....	7
3   Bronnen van vermesting.....	9
4   Nutriëntenkringlopen.....	9
4.1   Stikstofcyclus .....	10
4.2   Fosforcyclus.....	12
5   Ruimtelijke perspectief van de vermestende emissie.....	14
6   Historische perspectief van vermesting.....	15
7   Effecten van vermesting.....	15
7.1   Effecten op natuur (NARA, 2007) .....	15
7.2   Effecten van vermesting door kalium .....	16
7.3   Andere effecten van vermesting.....	16
8   Verbanden met andere thema's.....	17
<b>Referenties .....</b>	<b>19</b>
<b>Lijst met relevante websites.....</b>	<b>20</b>
<b>Begrippen .....</b>	<b>20</b>
<b>Afkortingen .....</b>	<b>22</b>
<b>Scheikundige symbolen .....</b>	<b>22</b>

## Lijst figuren

Figuur 1: Milieuverstoringsketen (DPSI-R) voor het milieuthema Vermesting.....	7
Figuur 2: Schematische weergave van de relatie tussen de bronnen van vermestende stoffen en de plaatsen waar deze stoffen terechtkomen.....	11
Figuur 3: Vereenvoudigde stikstofcyclus.....	12
Figuur 4: De fosforcyclus van ontginning tot erosie .....	13
Figuur 5: De fosforcyclus naar en in water.....	14

## Definitie van het thema

Vermesting of eutrofiëring is de aanrijking van bodem, water en lucht met nutriënten (stikstof, fosfor, kalium) waardoor ecologische processen en natuurlijke kringlopen verstoord worden. Het gebruik van meststoffen, afvalwaterlozingen, verbrandingsprocessen en het storten van huishoudelijk afval en waterzuiveringsslib leiden tot vermestende emissies. Hierdoor worden de ecologische processen en natuurlijke kringlopen in de compartimenten bodem, water en lucht verstoord. De belangrijkste gevolgen van deze verstoring zijn:

- de kwalitatieve achteruitgang van vegetaties op voedselarme en matig voedselarme gronden en de daarmee verbonden daling van de biodiversiteit (gevolgen voor natuur);
- de kwalitatieve achteruitgang van zoet en zout oppervlaktewater en de watergebonden planten en dierengemeenschappen (milieukwaliteit en gevolgen voor natuur);
- de kwalitatieve achteruitgang van grondwater en de grondwaterafhankelijke terrestrische ecosystemen, als ook de aanvoer van nutriëntenrijk grondwater naar het oppervlaktewater (milieukwaliteit en gevolgen voor natuur);
- een bedreiging van en hogere kostprijs voor de drinkwatervoorziening zowel uit oppervlaktewater als uit grondwater, voornamelijk als gevolg van verhoogde nitraatconcentraties (milieukwaliteit en gevolgen voor economie);
- een nadelige invloed op de landbouwactiviteit en voeding: door een onevenwichtige aanvoer van nutriënten op de bodem kan de kwaliteit van de gewassen verminderen, de opbrengst dalen of kan het vee ziek worden (gevolgen voor mens en economie).



© Jan Caudron

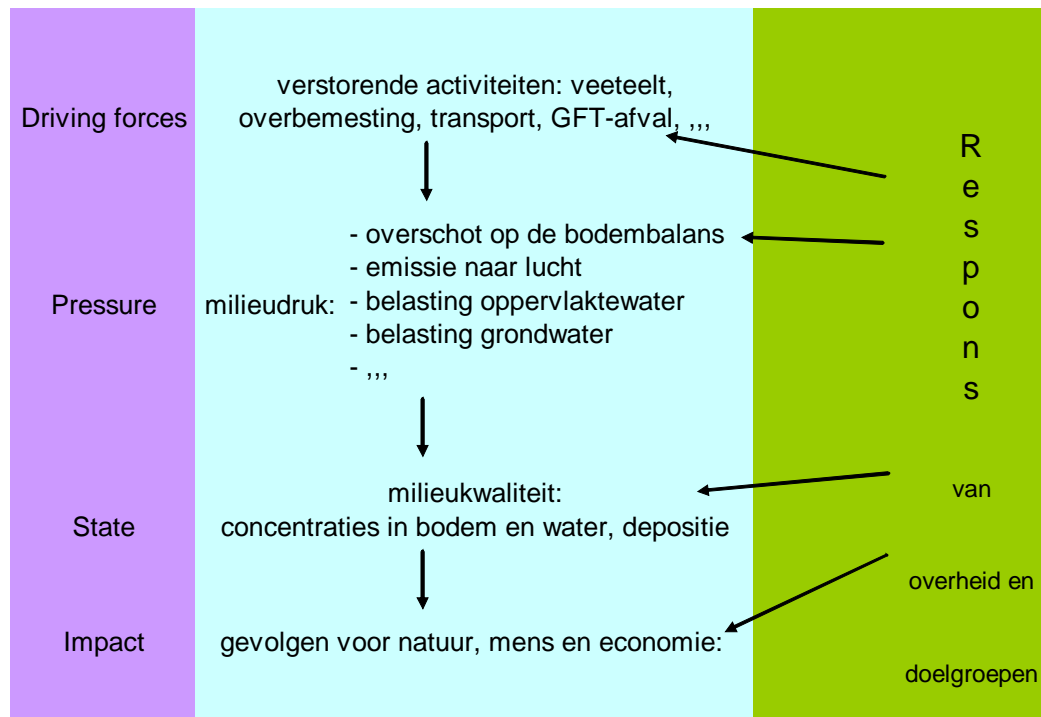


# Beschrijving van de verstoring

## 1 | Inleiding

Elke milieuverstoring kan geanalyseerd worden volgens de verstoringketen. Dit analysekader laat toe oplossingen te zoeken met een maximaal milieueffect. Hoe hoger in de verstoringketen een remediërende maatregel wordt genomen, hoe groter en effectiever zijn impact is. Als voorbeeld voor de landbouw kan gesteld worden dat eerst dient gekeken te worden hoe het probleem aan de bron, zijnde de dierlijke mestproductie, kan aangepakt worden, alvorens maatregelen te gaan nemen aan de emissiezijde, zoals mestverwerking, waterzuivering. Figuur 1 geeft een indeling volgens de schakels van de milieuverstoringketen voor het vermistingsprobleem.

Figuur 1: Milieuverstoringketen (DPSI-R) voor het milieuthema Vermesting



Bron: VMM

## 2 | Relevante kenmerken van de nutriënten stikstof, fosfor en kalium

De belangrijkste nutriënten betrokken bij vermisting zijn stikstof (N), fosfor (P) en kalium (K). Deze elementen zijn van nature in beperkte mate aanwezig in de bodem en het grond- en oppervlaktewater, maar menselijke activiteiten veroorzaken een zeer grote toevoer ervan.

Aanrijking van het nutriënt dat als beperkende factor optreedt, is bepalend voor de effecten van vermisting. In tegenstelling tot de werking van toxische stoffen, waarbij de meest toxische stoffen en de hoogste concentraties het effect op een soort of levensgemeenschap bepalen, wordt vermisting in belangrijke mate gestuurd door het groeibeperkende of limiterende voedingselement. De beschikbaarheid van dit element bepaalt de primaire productie en de energiedoorstroming naar de hogere trofische niveaus van het ecosysteem. In aquatische milieus is fosfor doorgaans het limiterende element, mede omdat stikstof door menselijke ingrepen vaak in overmaat beschikbaar is. In terrestrische milieus is stikstof meestal limiterend. Een aantal zeldzame terrestrische planten en levensgemeenschappen zijn evenwel gebonden aan fosforgelimiterde groeiplaatsen. In mariene en brakke milieus is vooral silicium limiterend, vaak als gevolg van een teveel aan stikstof (NARA, 2007).

In vermist water (of bodem) kunnen ook hogere concentraties aan kalium voorkomen. Fosfor en stikstof zijn echter verantwoordelijk voor meer dan 95 % van de totale vermistingsproblematiek in Nederland en de invloed van K op eutrofiëring is te verwaarlozen (van Esch, 1996). Bovendien zullen de genomen beleidsmaatregelen (bijvoorbeeld bemestingsnormen in het Mestdecreet) voor de reductie van stikstof- en fosforemissies ook een gunstig effect hebben op de aanvoer van kalium in het milieu. Daarom wordt kalium (nog) niet verder in beschouwing genomen in dit document.

Stikstof is een scheikundig element dat als gas voorkomt in de dampkring. Maar liefst 78 % van de lucht op aarde bestaat uit stikstofgas. Dit gas (chemische formule:  $N_2$ ) bestaat uit twee stikstofmoleculen, die stevig met elkaar zijn verbonden. Stikstofgas reageert daardoor slecht met andere stoffen. Is die verbinding eenmaal verbroken en heeft het stikstofatoom zich aan andere atomen gebonden, dan spreekt men van reactief stikstof. Voorbeelden hiervan zijn het nitraation ( $NO_3^-$ ), lachgas ( $N_2O$ ) en ammoniak ( $NH_3$ ). Reactief stikstof reageert, zoals de naam al doet vermoeden, juist heel makkelijk. Het oefent daardoor een grote invloed uit op planten, dieren en mensen die er mee in contact komen. Dit kan gunstig zijn, bijvoorbeeld omdat stikstof wordt gebruikt om biologische bouwstenen als eiwitten te maken. Maar stikstof kan ook bijdragen tot de productie van zuren, die schadelijk zijn voor levende organismen. Dit proces heet verzuring. Een overmaat aan reactief stikstof verstoort het evenwicht in de soortensamenstelling in water en op land. Dit proces heet vermisting of eutrofiëring. Reactief stikstof speelt ook een belangrijke rol in processen als ozonvorming in de lagere luchtlagen, en de vorming van secundair fijn stof.

Stikstofverbindingen gaan eenvoudig in elkaar over. Een voorbeeld hiervan is ammoniak, dat door bacteriën kan worden omgezet in nitraat of lachgas. Ook verspreiden stikstofverbindingen zich gemakkelijk door bodem, water en lucht (het zogeheten cascade-effect), omdat stikstofverbindingen goed oplossen in water, en ook vaak vluchtig zijn als ze als gas voorkomen. Stikstof wandelt als het ware door de verschillende milieucompartimenten. Hierdoor veroorzaakt de emissie van één stikstofmolecuul een cascade van effecten. Bijvoorbeeld stikstof in uitlaatgassen van een auto verontreinigen eerst het stedelijke leefmilieu met  $NO_x$ , maar indirect ook met ozon en fijn stof, die samen gezondheidsschade veroorzaken. Daarna deponeren deze stikstof samen met ammoniak uit de landbouw op bossen en natuur en veroorzaakt daar verzuring, eutrofiëring en biodiversiteitsverlies. Vervolgens spoelt deze stikstof uit naar beken, meren, rivieren en kustgebieden waar ook biodiversiteitsverlies optreedt. Dit verlies kan gepaard gaan met plagen van (soms) toxische algen en fytoplankton, waarvan de afbraak kan leiden tot massale vissterfte. Uiteindelijk wordt alle reactief stikstof door denitrificatie weer afgebroken tot onder meer lachgas, dat bijdraagt aan het broeikas-effect en de afbraak van de ozonlaag (van Grinsven e.a., 2011). Eén molecuul reactief stikstof kan daardoor bijdragen aan verschillende milieuproblemen. Dit maakt het bestrijden van het probleem lastig en daarom is het noodzakelijk dat er over verschillende sectoren zoals landbouw, industrie en huishoudens heen afspraken worden gemaakt. Om afwenteling van het ene milieuprobleem op het andere te voorkomen is een integraal beleid nodig.

Fosfor komt in de natuur bijna enkel voor in geoxideerde vorm: fosfaat:  $PO_4^{3-}$ . Fosfaat is een beperkende factor bij plantengroei zowel op land als in mariene ecosystemen, omdat het niet goed in water oplost en daarom schaars beschikbaar in afwezigheid van vermisting. Fosfor kan door organismen alleen onder de vorm van fosfaat worden opgenomen. Dieren nemen fosfaten op door planten te eten of planteneterende dieren te eten.

Fosfor komt in de natuur voor:

- in de geosfeer als calciumfosfaat in mineralen;
- in de lithosfeer als organisch fosfaat in humus;
- in de hydrosfeer komt het zeer zelden voor (als fosfaat);
- in de biosfeer vinden we het terug in DNA en beenderen van gewervelde dieren.

### 3 | Bronnen van vermisting

De belangrijkste bronnen van de nutriënten stikstof en fosfor worden hieronder opgesomd.

- Bemesting van de (landbouw)bodem met dierlijke mest en minerale meststoffen (kunstmest) leidt tot emissies naar bodem en water (stikstofverbindingen en fosfaat), maar ook naar de lucht als ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) en stikstofdioxiden ( $\text{NO}_x$ ) uit meststoffen; ook bij mestverwerking treden emissies naar de lucht op.
- Emissie van gasvormig ammoniak en stikstofdioxiden door de veeteelt tijdens stalling, uit mestkelders, uit mestopslag, tijdens de beweiding en bij het uitrijden van meststoffen op het land: ammoniak.
- Emissie van gasvormige stikstofverbindingen door industriële productieprocessen, verbrandingsprocessen, en transportactiviteiten: geoxideerde stikstofverbindingen:  $\text{NO}$  en  $\text{NO}_2$ , gezamenlijk aangeduid als  $\text{NO}_x$ . Alle verbrandingsmotoren van gemotoriseerd verkeer brengen grote hoeveelheden  $\text{NO}_x$  in de atmosfeer, ondanks het gebruik van katalysatoren. Gebouwenverwarming geeft ook aanleiding tot emissies van  $\text{NO}_x$ . Door de verbranding van fossiele brandstoffen wordt  $\text{N}_2$ -gas uit de lucht geoxideerd tot reactief stikstof onder de vorm van  $\text{NO}_x$ . Enkel bij hoge verbrandingstemperaturen in industriële installaties kan de thermische  $\text{NO}_x$ -productie sterk beperkt worden.
- Lozing van industrieel- en huishoudelijk afvalwater, die zowel stikstofverbindingen als fosfaat bevatten. De meeste afvalwaters worden verzameld via de riolering naar rioolafvalwaterzuiveringstations (RWZI). RWZI's lozen een sterk gereduceerde vracht van nutriënten in het oppervlaktewater. Tijdens het transport naar RWZI kunnen ook directie lozingen optreden uit overstorten bij piekdebieten. Defecte rioleringen leiden tot zowel drainage van grondwater naar de RWZI's als omgekeerd tot aanrijking van de bodem met afvalwater. Grote industriële bedrijven zuiveren zelf hun afvalwater, alvorens te lozen op oppervlaktewater.
- Gebruik en/of storten van organische reststoffen (groenten-, fruit- en tuinafval en groencompost, industrieel en rioolwaterzuiveringsslib): deze stoffen zijn rijk aan nutriënten en worden daarom ook voor bemestingsdoeleinden ingezet. Tijdens de productie en verwerking ontstaan afvalstromen, maar ook tijdens het gebruik in de landbouw en groenonderhoud.

Deze bronnen komen dus voort uit activiteiten in de landbouw, huishoudens, industrie en transport.

Sinds 1970 is het milieubeleid erin geslaagd de vermestende emissie van deze bronnen te beperken. Dit is vooral succesvol geweest bij industrie en huishoudens door middel van afvalwaterzuivering en schoorsteengasreiniging. Daardoor zijn de emissies van de landbouw en de transportsector in belang gestegen. Typisch aan de landbouw is dat het om diffuse bronnen gaat, waar een technologische end of the pipe oplossing moeilijk op kan toegepast worden. Deze aanpak was en is wel succesvol gebleken bij puntbronnen in industrie en huishoudens. In de landbouw wordt dan vooral gestreefd naar nutriëntenbeheersing door overtollige nutriënten in de dierenvoeding te weren, door de bemesting te optimaliseren zowel naar productie als milieu toe, en als end of pipe maatregel: mestverwerking. Deze inzet van maatregelen is nog niet toereikend gebleken om de vermestende emissie van de landbouw voldoende te beperken. De emissies veroorzaakt door transportstromen, zijn door de invoering van katalysatoren en energiezuinigere wagens wel technologische aangepakt, maar door de volumegroei van het verkeer is het effect onderuitgehaald.

De emissiereductie en de impactvermindering wordt gegangmaakt door een breed wetgevend kader, dat vertrekt van Europese regelgeving (Nitraatrichtlijn, richtlijn Stedelijk afvalwater, Kaderrichtlijn Water, Grondwaterrichtlijn, Strategie bodembescherming) en doorwerkt tot op Vlaamse decreten, ministeriële besluiten, beleidsplannen, omzendbrieven (VLAREM, Mestdecreet, Decreet integraal waterbeleid, Plattelandsbeleid, Stroomgebiedbeheersplan, Bekkenbeheersplannen ...) en beleidsinstrumenten (beheerovereenkomsten, codes goede praktijk, investeringssubsidies, andere financiële instrumenten ...)

### 4 | Nutriëntenkringlopen

Afhankelijk van de bron komen nutriëthoudende verbindingen rechtstreeks terecht in de compartimenten lucht, water of bodem. In de verschillende milieucompartimenten worden deze

verbindingen opgenomen in de nutriëntenkringloop, die duidelijk verschillend is voor N en P. Een vereenvoudigd schema met weergave van de belangrijkste deelprocessen binnen de nutriëntenkringloop wordt weergegeven in Figuur . Elk deelproces in de nutriëntenkringloop staat onder invloed van tal van factoren, zoals klimaat, bodemtype, grondwater, begroeiing, reliëf.

#### 4.1 | Stikstofcyclus

De stikstofcyclus is één van de belangrijkste nutriëntencycli in ecosystemen. Stikstof wordt door levende organismen gebruikt voor de productie van een heel aantal complexe organische moleculen zoals aminozuren, eiwitten en DNA. Van de totale hoeveelheid aanwezige stikstof op aarde ( $10^{15}$  ton) bevindt zich 99 % in de aardatmosfeer, onder gasvorm (voornamelijk  $N_2$ ). Andere belangrijke stikstofvoorraden bevinden zich in de organische stof in de bodem en in de oceanen. Ondanks zijn overvloedige aanwezigheid in de atmosfeer is stikstof vaak de meest beperkende factor voor de plantengroei. Dit probleem ontstaat doordat de meeste planten stikstof enkel kunnen opnemen onder vorm van ammonium ( $NH_4^+$ ) of nitraat ( $NO_3^-$ ). De meeste planten nemen de nodige stikstof grotendeels op uit de bodemoplossing onder de vorm van anorganisch nitraat. Dieren krijgen de vereiste stikstof die ze nodig hebben voor hun metabolisme, groei en voortplanting door de consumptie van levend of dood organisch materiaal dat moleculen bevat die gedeeltelijk bestaan uit stikstof.

In de meeste ecosystemen wordt stikstof voornamelijk opgeslagen in levend en dood organisch materiaal. Deze organisch gebonden stikstof wordt omgezet in anorganische (minerale) vormen als de organische stof afgebroken wordt. Dit proces wordt mineralisatie genoemd en wordt uitgevoerd door een reeks bacteriën en schimmels.

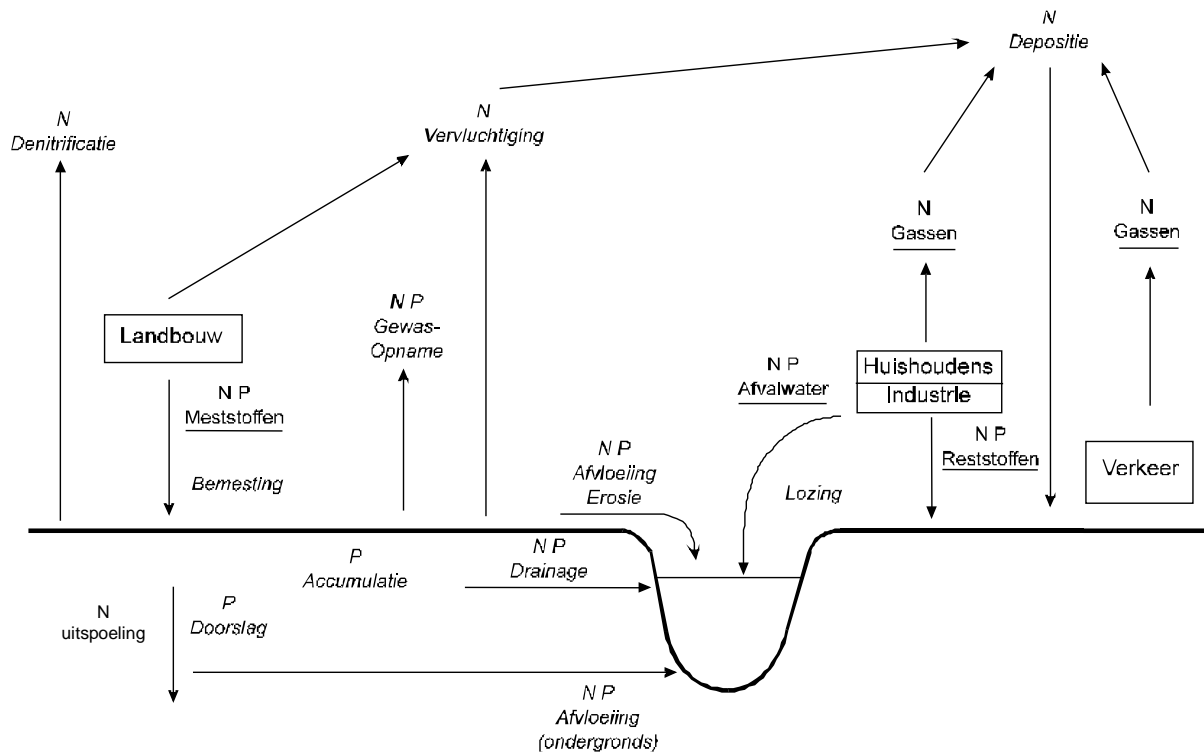
Organische stikstofverbindingen worden dus in bodem en oppervlaktewater door mineralisatie en nitrificatie omgezet in de minerale vormen ammonium ( $NH_4^+$ ), nitriet ( $NO_2^-$ ) en nitraat ( $NO_3^-$ ) (figuren 2 en 3).

- Stikstof in de vorm van ammonium kan geabsorbeerd worden op de oppervlakte van kleideeltjes in de bodem. Het ammonium-ion is positief geladen en wordt normaal vastgehouden door bodemcolloïden. Door kationenuitwisseling kan ammonium vrijkomen van deze colloïden. Als ammonium vrijkomt wordt het vaak door autotrofe bacteriën (Nitrosomonas) omgezet in nitriet ( $NO_2^-$ ). Ammonium kan in de vorm van ammoniakgas ( $NH_3$ ) vervluchtigen uit bodem en mest.
- Verdere omzetting door een andere soort bacteriën (Nitrobacter) zet het nitriet om in nitraat ( $NO_3^-$ ). Beide processen worden nitrificatie genoemd. Nitraatstikstof kan worden opgenomen door de gewassen als noodzakelijk bestanddeel voor de groei.
- Als bijproduct van de nitrificatie kan vermestingneutraal lachgas ( $N_2O$ ) en stikstofmonoxidegas (NO) gevormd worden. Lachgas is een broeikasgas en heeft geen vermestend effect. NO zal in de lucht verder oxideren tot  $NO_2$  en speelt zowel een rol in vermesting, verzuring en de vorming van ozon.
- Nitraat is zeer oplosbaar en in perioden met neerslagoverschot spoelt nitraat uit naar diepere bodemlagen en komt zo in het grondwater terecht of draineert naar het oppervlaktewater. Een deel van dit uitgespoeld nitraat bereikt via het hydrologisch systeem de oceanen waar het kan terugkeren naar de atmosfeer via denitrificatie. Tijdens dit transport kan het aanwezig nitraat en nitriet gereduceerd worden in de bodem tot de gasvormige stikstofverbindingen  $N_2O$ , NO of  $N_2$ , afhankelijk van de diepte van de grondwaterstroming. Deze denitrificatie kan door heterotrofe bacteriën uitgevoerd worden, maar ook chemisch in de aanwezigheid van pyrietgesteente in de verzadigde zone van bodem.
- Via atmosferische depositie komen stikstofoxiden (NO en  $NO_2$ , tezamen  $NO_x$ ) en ammoniak weer op het bodemoppervlak terecht.
- Parallel wordt door oppervlakkige waterafvoer (run-off of afvloeiing) en erosie van stikstofhoudende bodemlagen nutriënten aangevoerd naar het oppervlaktewater.

Bijna alle stikstof die teruggevonden wordt in elk terrestrisch ecosysteem is oorspronkelijk afkomstig van de atmosfeer. Grote hoeveelheden komen in de bodem terecht door neerslag of door het effect van bliksem. De meeste stikstof echter wordt biochemisch gefixeerd in de bodem door gespecialiseerde micro-organismen zoals bacteriën, actinomyceten en cyanobacteriën. Vlinderbloemige gewassen vormen symbiotische verbindingen met stikstoffixerende bacteriën. Door

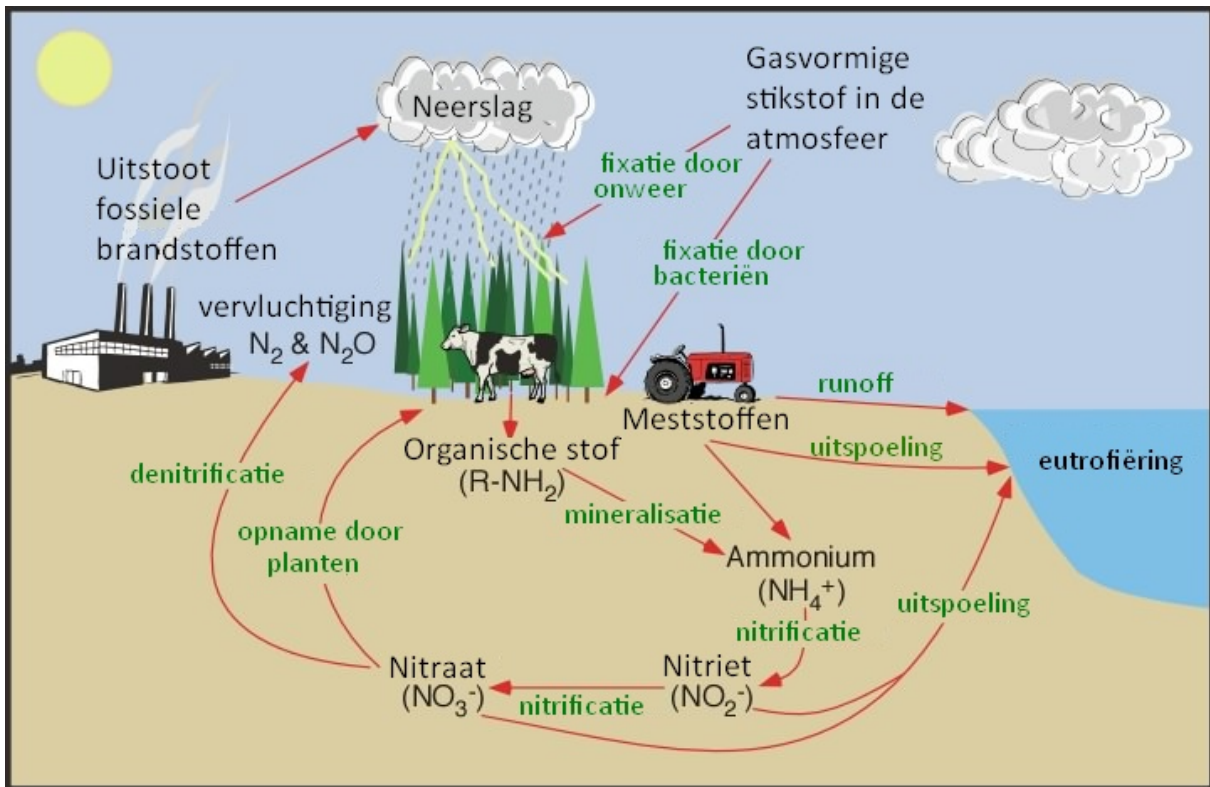
de productie van kunstmest uit luchtstikstof wordt ook een grote hoeveelheid reactief stikstof aangemaakt.

*Figuur 2: Schematische weergave van de relatie tussen de bronnen van vermestende stoffen en de plaatsen waar deze stoffen terechtkomen*



Bron: Wetenschappelijk verslag MIRA-1, III.3 Vermesting, 1994

Figuur 3: Vereenvoudigde stikstofcyclus



Bron: <http://www.physicalgeography.net/fundamentals/9s.html>, Dr. Michael Pidwirny, University of British Columbia Okanagan

## 4.2 | Fosforcyclus

Fosforbelasting is voornamelijk te wijten aan de lozing van afvalwater en de bemesting met minerale en organische meststoffen. In tegenstelling tot stikstof bindt fosfaat ( $PO_4^{3-}$ ) zich sterk aan de bodemdeeltjes. Bij overmatige aanvoer zal fosfaat zich daarom veeleer ophopen in de bovenste lagen van de bodem dan uitspoelen naar het grondwater. De bodem heeft een welbepaalde vastleggingscapaciteit voor fosfaat. Wanneer deze vastleggingscapaciteit overschreden wordt, treedt fosfaatdoorslag naar de diepere bodemlagen op. Hierdoor kan bij een hoge grondwaterstand de fosfaatconcentratie in het bodemwater verhogen. Fosfaat kan dan uitspoelen naar het oppervlaktewater. Daarnaast kan het fosfaat dat in de bodem gebonden is aan kleine bodemdeeltjes, samen met deze bodemdeeltjes uitspoelen naar grond- en oppervlaktewater. Er is aangetoond dat tot ongeveer de helft van het totaal fosfaat in het bodemwater gebonden is aan deeltjes met colloïdale afmetingen (5-500 nm). Deze deeltjes zijn wel mobiel in de bodem en hebben een grotere mobiliteit dan vrij orthofosfaat. Uit onderzoek is naar voren gekomen, dat water via preferentiële stroombanen de bodem indringt, waardoor deze colloïdale deeltjes snel over grote afstanden kunnen worden getransporteerd, waardoor fosfaten veel gemakkelijker kunnen uit- en afspoelen naar grond- en oppervlaktewater (Hens, 1999). Dit betekent dat ook in niet-fosfaatverzadigde gebieden een fosfaatsuitleping kan optreden. Fosfaat kan ook via erosie, drainage en afvloeiing in het oppervlaktewater terechtkomen.

Organismen hebben zo wat tien keer minder fosfor nodig dan stikstof, maar toch is het even onmisbaar voor het leven. Fosfor vormt immers een van de basiscomponenten voor DNA en RNA, de dragers van de erfelijke eigenschappen, en van de energiemolecule ATP. Voor gewervelde organismen zoals de mens, is fosfor ook een wezenlijk onderdeel van het skelet.

De fosforcyclus is eigenlijk vrij eenvoudig vanwege het beperkt aantal verbindingen waarin fosfor voorkomt in de natuur. Fosfaat komt op aarde voor in het water, de bodem en het sediment. In tegenstelling tot andere stoffen in de stoffencycli, wordt fosfor niet in gasvormige staat in de lucht gevonden. De meeste fosfaat zit gebonden in gesteente. Een klein deel bevindt zich in water. Fosfaten zijn niet alleen slecht oplosbaar, ze vormen ook onoplosbare sterk gebonden stoffen met bodemdeeltjes. Dit maakt de fosforkringloop heel wat trager verloopt dan die van stikstof. Figuur 4

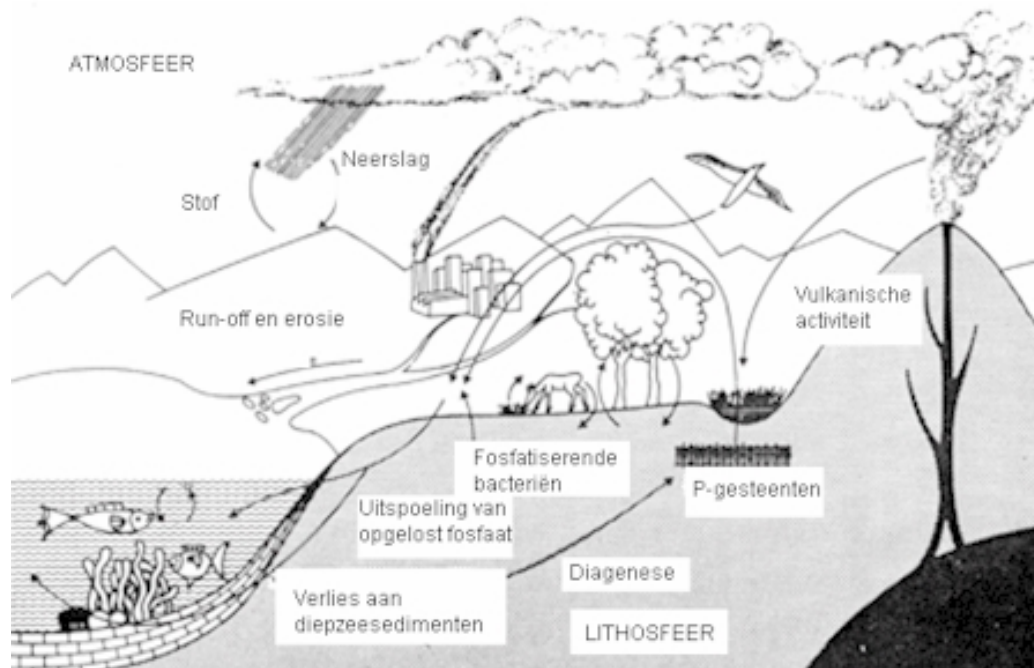
geeft een schematisch overzicht van de fosforcyclus van ontginning tot erosie. Figuur 5 geeft een overzicht van de fosforstromen naar en in het water.

Fosfor wordt vooral als fosfaatzout gevonden in rotsformaties en oceaansedimenten. Uit fosfaathoudende rotsen wordt fosfaat ontgonnen voor gebruik als kunstmeststof. De natuurlijke bron van fosfaat voor planten is de vertering van rotsen. Daaruit lossen fosfaatzouten meestal op in bodemwater en worden opgenomen door planten. Tot slot komt uit de afbraak van organische stof (mineralisatie) ook fosfaat beschikbaar in de bodemoplossing, waaruit planten kunnen putten voor hun groei. Wanneer dieren en planten sterven, keert het fosfaat tijdens de afbraak terug in de bodem en oceanen. Daarbij is het deels beschikbaar voor plantengroei, maar komt het fosfaat uiteindelijk weer terecht in sedimenten en rotsformaties, waar het miljoenen jaren kan blijven. Uiteindelijk komt het fosfor weer door vertering vrij en begint de hele cyclus weer opnieuw.

Kunstmest, rioolwater en tot voor kort wasmiddelen zorgen echter weer voor een teveel aan fosfor in de cyclus. Vanuit het landbouwgebied komt via bodemerrosie, run-off, insijpeling in bodem, overstroom naar oppervlaktewater en kwel van grondwater, fosfaat in oppervlaktewateren terecht. Vanuit huishoudens is vooral de ongezuiverde afvalwater een aanvoerbron van fosfaten. Rioolwaterzuivering verwijdert tot 90 % van de fosfaten uit het afvalwater. Ook lekkende rioleringen en afvoerbuizen en overstorten zijn een bron van fosfaat naar oppervlaktewater. Dit geeft een verstikkende groei van algen en wieren in de zee en ander oppervlaktewater.

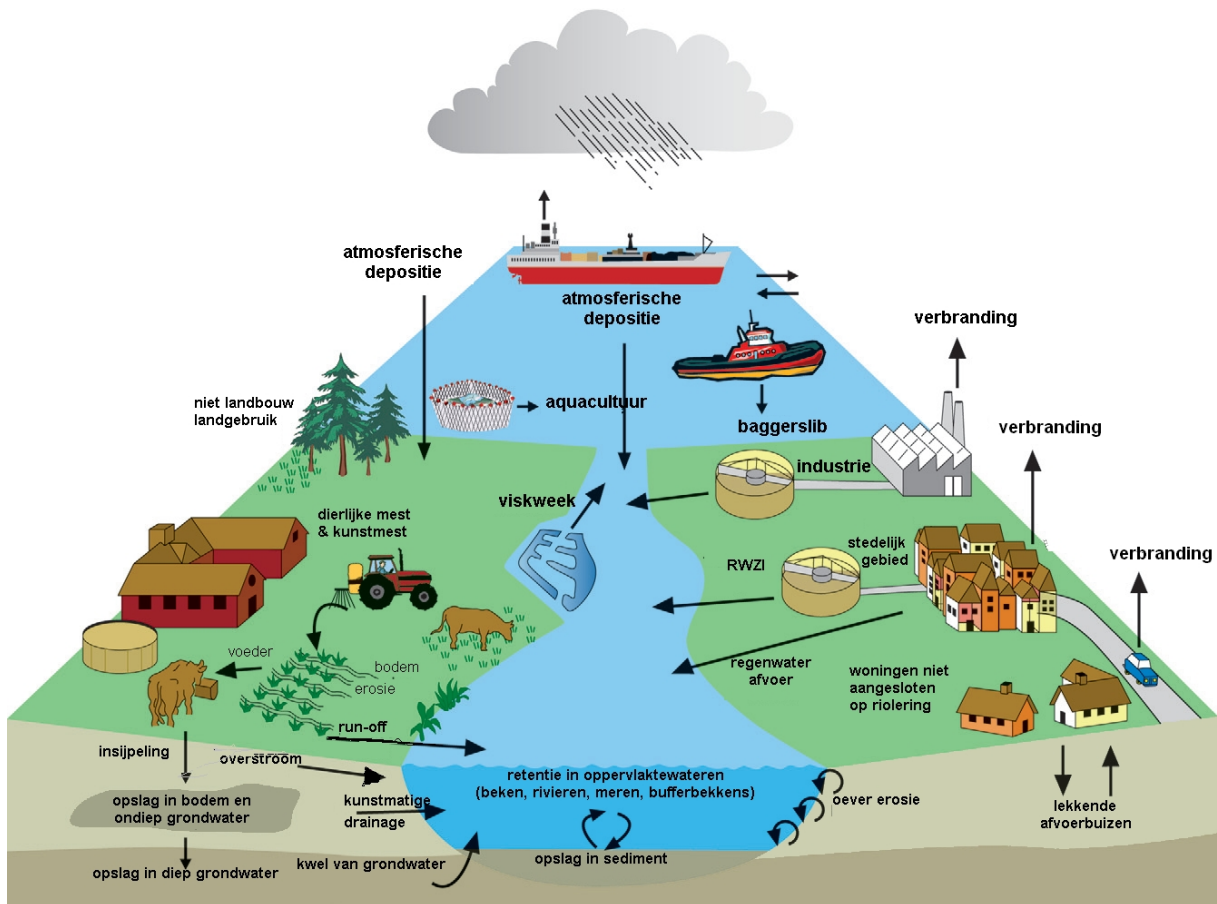
De grootste fosfaatvoorraden ter wereld liggen in de Verenigde Staten, China en Marokko. Vanwege het belang van fosfaat voor de voedselvoorziening in de wereld gaat er steeds meer aandacht uit naar de eindigheid van de voorraden van fosfaat. De voorspellingen over de termijn waarop de voorraad uitgeput geraakt, variëren van 50 tot 100 jaar (Cordell e.a., 2009). Het precieze tijdstip van de fosforproductiepiek, het moment waarna de productie zal dalen en de verkoopprijs zal stijgen, is onderwerp van debat, maar binnen de kunstmestindustrie wordt erkend dat de kwaliteit van de overblijvende fosfaatertsen vermindert en de productiekosten stijgen. Zeker is dat de grote bevolkingsgroei op de wereld in de laatste twee eeuwen samenvalt met het beschikbaar komen van goedkoop en eenvoudig beschikbaar fosfaaterts. Efficiënter gebruik van fosfaatkunstmest en hergebruik van fosfaat worden daarom steeds belangrijker.

*Figuur 4: De fosforcyclus van ontginning tot erosie*



Bron: [http://www.argusactueel.be/internationaal-nieuws/ecologie-voor-beginners-een-korte-beschrijving-van-het-systeem-aarde-0#De\\_fosforcyclus](http://www.argusactueel.be/internationaal-nieuws/ecologie-voor-beginners-een-korte-beschrijving-van-het-systeem-aarde-0#De_fosforcyclus)

Figuur 5: De fosforcyclus naar en in water



Bron: vertaald naar B. Kronvang, G.H. Rubæk & G. Heckrath (2009) International Phosphorus Workshop: Diffuse Phosphorus Loss to Surface Water Bodies: Risk Assessment, Mitigation Options, and Ecological Effects in River Basins, J. Environ. Qual. 38:1924–1929 (2009) Aarhus University

## 5 | Ruimtelijke perspectief van de vermestende emissie

De effecten en gevolgen van vermessing kaderen in een gewestelijke milieuproblematiek. Uiteraard manifesteren de gevolgen van vermessing zich vooral op lokaal niveau (bv. natuurgebied, beek of visvijver), aangezien de natuurgebieden in Vlaanderen altijd in relatie staan met de omliggende gebieden (woonzones, industriegebieden, landbouwzones). Zo worden nutriënten vanuit deze gebieden aangevoerd via luchttransport en instromend oppervlaktewater en grondwater (infiltratie- en kwelgebieden). Er is ook een verband tussen vermessing en continentale milieuproblemen (bijvoorbeeld grensoverschrijdende verontreiniging en nutriëntenaanvoer via rivieren) en tussen vermessing en mondiale milieuproblemen (bijvoorbeeld  $N_2O$  als broeikasgas, intercontinentale handel van stikstofhoudende producten).

De grensoverschrijdende verontreiniging met nutriënten komt vooral tot uiting in de atmosferische stikstofdeposities en de aanvoer van nutriënten via de rivieren. De atmosferische stikstofdeposities worden immers mee bepaald door de grensoverschrijdende transporten van voornamelijk  $NO_x$ -verbindingen (zie MIRA Achtergronddocument Verzuring). Het aandeel ammoniak in deze grensoverschrijdende verontreiniging is eerder klein, vanwege de relatief korte afstand waarover dit gas getransporteerd wordt. Ook via rivieren worden nutriënten Vlaanderen binnengebracht. Ten slotte dient vermeld dat via luchttransport en via rivieren Vlaanderen netto een uitvoerder van nutriënten is. Vlaanderen draagt daardoor bij tot de eutrofiëring van de Noordzee.

Op mondiale schaal worden grote hoeveelheden nutriënten aangevoerd via de import van meststoffen en veevoeders (zie stikstof- en fosforcyclus in figuren 2 tot 5). Vlaanderen is zo een netto uitvoerder



van stikstofkunstmeststoffen omdat in de chemische nijverheid grote hoeveelheden stikstofhoudende kunstmest worden geproduceerd uit luchtstikstof.

Wat betreft veevoeding is Vlaanderen een netto-invoerder van nutriënten. Om de Vlaamse veestapel te voeden worden nutriënten uit overzeese continenten aangevoerd (Viaene et al., 1999). De teelt van veevoedergewassen in het buitenland ten behoeve van de Vlaamse veestapel en de milieueffecten in de buitenlandse productiegebieden zijn het verlengstuk van de vermessing in Vlaanderen. Dit betekent dat de organisatie van de intensieve vleesproductie in Vlaanderen een structurele component is van de vermessing in Vlaanderen, net zoals de hoge bevolkingsdichtheid en dito verkeersstromen.

Door de hoge toevoer aan voedingsstoffen behoren de stikstof- en fosforconcentraties in onze oppervlaktewateren tot de hoogste van Europa. In België zijn de concentraties in Vlaanderen hoger dan in Wallonië (NARA, 2007).

## **6 | Historische perspectief van vermessing**

De vermessingsproblematiek is een gevolg van historische ontwikkelingen zoals de industrialisatie, de urbanisatie en de intensivering van de akkerbouw en de veeteelt. Met toenemende welvaart is het gebruik van stikstofhoudende en fosforhoudende producten veeleer eenvoudig, zonder oog te hebben voor de negatieve effecten ervan. Sinds het begin van de jaren 70 (Van Acker, 1974, 1981) zijn duidelijke effecten van vermessing geconstateerd in Vlaanderen: de eutrofiëring van oppervlaktewater, de vermindering en afname van de biodiversiteit in voedselarme natuurgebieden, de fosfaatverzaaiing van sommige landbouwgronden en de verhoogde concentraties van nitraat in het grond- en oppervlaktewater. Ondanks 20 jaar Europees beleid is er geen definitieve oplossing voor het vermessingsprobleem: de waterkwaliteit voldoet nog niet overal aan de gestelde kwaliteitsnormen. De effecten van de rioolwaterzuivering zijn deels merkbaar, maar de waterkwaliteitsdoelstellingen zijn ook nog niet gehaald.

Door de groei van de bevolking en de welvaart is de hoeveelheid reactief stikstof die jaarlijks in het Europese milieu wordt gebracht in de vorige eeuw verdrievoudigd en zijn de antropogene inputs (de som van kunstmest en 'onbedoelde' verbrandingsemissies van stikstofoxiden,  $\text{NO}_x$ ) met bijna een factor twintig toegenomen. Het belangrijkste positieve effect was een verviervoudiging van de Europese voedselproductie in de 20<sup>e</sup> eeuw. Kunstmest voedt op dit moment bijna 50 % van de wereldbevolking. Hierdoor was ook een verdubbeling van de vleesconsumptie per persoon mogelijk, omdat een groot deel van akkerbouwproductie als veevoer kon worden gebruikt. Als gevolg van de economische ontwikkeling in de 20<sup>e</sup> eeuw namen de verbrandingsemissies van  $\text{NO}_x$  sterk toe, evenals de uitstoot van roet en zwavel, met pieken in de jaren 70-80. De emissies van zwavel zijn daarna door succesvol beleid aanzienlijk teruggebracht, maar de stikstofemissies zijn veel minder sterk gedaald. De toename van het stedelijke afvalwater en de afspoeling van meststoffen uit de landbouw in de vorige eeuw verhoogden de concentraties van nitraat-stikstof in de grote Europese rivieren (Rijn, Seine, Theems) met een factor vier; pas sinds de 80-er jaren nemen ze langzaam af. Opvallend is de sterke daling van de zwaveldepositie sinds 1980, terwijl de stikstofdepositie slechts weinig is veranderd, evenals de emissies van broeikasgassen. Hoewel er, vooral, door EU-beleid al veel tegen lucht- en waterverontreiniging is gedaan en de problemen in Europa sinds 1980-1990 met 10-20 % afgenomen zijn, ligt er nog een grote opgave. De stikstofniveaus in lucht en oppervlaktewater zijn immers nog steeds 3-6 keer zo hoog als in 1900. Ter vergelijking, in de vorige eeuw zijn de antropogene broeikasgasemissies in Europa met ongeveer een factor vijf toegenomen, vooral als gevolg van het energiegebruik. Het gevolg daarvan was een toename van de  $\text{CO}_2$ -concentratie in de atmosfeer met 25 %, wat veel minder is dan de toename van de stikstofconcentraties in lucht en water in die periode (van Grinsveld e.a., 2011).

## **7 | Effecten van vermessing**

### **7.1 | Effecten op natuur (NARA, 2007)**

De belangrijkste oorzaken van het huidige verlies van biodiversiteit in Vlaanderen zijn enerzijds verlies en versnippering van leefgebieden en anderzijds vermessing. Vermesting leidt tot veranderingen in biomassa en in soortensamenstelling doorheen de verschillende trofische niveaus van planten- en diergemeenschappen. Deze verhoogde beschikbaarheid kan het gevolg zijn van de externe aanvoer

van voedingsstoffen, of kan veroorzaakt worden door wijzigingen in de water of mineralenhuishouding (interne vermisting). De verhoging wordt steeds gezien in relatie tot de 'natuurlijke' voedselrijkdom in de ecosystemen. Zo zijn bijvoorbeeld schorren en slikken of alluviale graslanden intrinsiek veel productiever en voedselrijker dan heide, vennen of bronbeken.

Op het land vormt vermisting een bedreiging voor halfnatuurlijke en natuurlijke ecosystemen waar de beperkt beschikbare stikstof de concurrentie tussen soorten beslecht. Heides, schraalgraslanden en sommige bostypes zijn zeer gevoelig voor stikstofvermisting via depositie of via water (grondwater, oppervlaktewater). De veranderingen in de levensgemeenschappen worden meestal gekenmerkt door de overheersing van één of enkele stikstofminnende soorten (bv. vergrassing van heide). Hoge stikstofdeposities tasten de vitaliteit van bossen aan.

Naast de directe effecten op de plantengemeenschappen in oppervlaktewater waarin het overaanbod van fosfor vaak de hoofdrol speelt, zijn er ook indirecte effecten te verwachten op ongewervelden, vissen en amfibieën. Deze groepen organismen ondervinden ook nadelige (toxische) effecten van te hoge stikstofconcentraties.

De wijzigingen in de verspreiding van plantensoorten in Vlaanderen en het Brussels Gewest tussen 1939–1971 en 1972–2004 werden gedetailleerd in kaart gebracht (Van Landuyt e.a., 2006). Naast een opmerkelijke toename van heel wat uitheemse plantensoorten, hebben veranderingen in grondgebruik, milieu en landschap ook geleid tot heel wat verschuivingen in de verspreiding van inheemse en ingeburgerde planten. Een analyse van de langetermijntrends in de verspreiding van inheemse en ingeburgerde planten toont aan dat veranderingen in voedselrijkdom van het milieu een van de meest dominante factoren zijn die de verschuivingen in de verspreiding van soorten in de twintigste eeuw hebben bepaald: soorten van de meest voedselarme milieus zijn het sterkst afgenomen, terwijl soorten van zeer voedselrijke milieus het sterkst zijn toegenomen (Hoste e.a., 2006). Ook in de ons omringende landen blijkt een toegenomen voedselrijkdom een van de belangrijkste factoren te zijn die de veranderingen in de flora in de twintigste eeuw gestuurd heeft. Een analyse van de wijzigingen in verspreiding van plantensoorten op basis van de ecotoopvoorkeur van de individuele plantensoorten verfijnt dit beeld.

Er is een significant verschil tussen de trends van planten uit aquatische versus terrestrische milieus in hun relatie met voedselrijkdom, waarbij de verspreiding van aquatische planten zowel in voedselarme, matig voedselrijke als voedselrijke milieus achteruitgegaan is. Planten gebonden aan voedselarme milieus zijn het sterkst afgenomen. In terrestrische milieus zijn dit vooral soorten van kruidachtige vegetaties op droge of natte bodems, zoals heide, heischrale graslanden, blauwgraslanden, kalkmoerassen en duingraslanden (Hoste e.a., 2006). In matig voedselrijke milieus zijn enkel aquatische planten achteruitgegaan, terwijl in voedselrijke milieus terrestrische planten een uitgesproken positieve trend vertonen. Tot deze groep behoren ook een aantal invasieve uitheemse soorten. De sterkere afname van plantensoorten uit aquatische milieus hangt samen met de problematiek van algenbloei en lichtlimitatie, die enkel optreedt in aquatische systemen, en mogelijk ook met bijkomende drukfactoren als het gebruik van pesticiden. Alleszins regionaal (o.a. Kustpolders) heeft de achteruitgang in de verspreiding van waterplanten zich ook tijdens de periode 1980–2000 verdergezet (NARA 2003, p. 88–89).

## **7.2 | Effecten van vermisting door kalium**

Afvalwater, meststoffen (zowel dierlijke als minerale) en reststoffen bevatten ook minerale elementen zoals kalium. Kalium kan in de bodem vastgelegd worden door kleimineralen en bodemhumus. Het probleem van kaliumuitspoeling doet zich vooral voor op de lichtere bodemtypes. De gevolgen van vermisting kunnen in bepaalde gevallen versterkt worden door het vermestende effect van kalium. Zo wordt het probleem van de drinkwatervoorziening complexer wanneer nitraatrijk water eveneens een hoog kaliumgehalte heeft. Op graslandbodems met een verhoogd kaliumgehalte, in combinatie met een hoog stikstofaanbod en/of laag magnesiumgehalte, kan het vee ziek worden en sterven door kopziekte.

## **7.3 | Andere effecten van vermisting**

Op landbouwgronden kan een onevenwichtige aanvoer van nutriënten nadelige gevolgen hebben voor de kwaliteit van de gewassen, bestemd voor menselijke consumptie of als voeder voor de dieren.

In het water leidt vermisting tot een kwalitatieve achteruitgang van het zoet en zout oppervlaktewater en het grondwater. Vooral zwak gebufferde oppervlaktewateren zijn gevoelig voor een aanrijking met nutriënten. Een verhoging van het nutriëntengehalte in het grondwater leidt tot langdurige problemen, gezien de beperkte verversing en de trage en soms slechts gedeeltelijke omzetting van deze stoffen in de watervoerende lagen. Daarnaast vormt een hoog gehalte aan vooral nitraatstikstof een bedreiging voor de drinkwatervoorziening (grond- en oppervlaktewater), waardoor maatregelen noodzakelijk zijn.

Het verschillende gedrag van stikstof en fosfor bepaalt mede de aard en de omvang van de milieuverstoring. De evolutie van de milieu-impact hangt hiermee samen. In tegenstelling tot nitraat wordt voor fosfaat een lange na-ijling verwacht. Nitraat is zeer goed oplosbaar in water en evolueert met de waterbewegingen in de bodem en water. Fosfaat echter lost beperkt op in water en bindt zich aan bodemdeeltjes, zodat een grote opslag in de bodem plaatsvindt. Daarom zullen maatregelen met betrekking tot fosfaat minder snel een positief effect op het milieu hebben dan maatregelen met betrekking tot nitraat. Wanneer ten slotte wordt gekeken naar herstel van natuurwaarden, dan dient een nog langere tijd in aanmerking genomen te worden. Lokaal uitgestorven soorten dienen terug te migreren over barrières heen.

De totale schade door stikstof voor de EU-27 is in de European Nitrogen Assessment (Sutton e.a., 2011) geschat op 70-320 miljard euro per jaar, wat overeen komt met 150-750 euro per jaar per Europeaan. Dit is een aanzienlijk bedrag want het vertegenwoordigt 1-4 % van het gemiddeld besteedbaar inkomen in de EU. De maatschappelijke schade wordt voor ongeveer 75 % veroorzaakt door effecten van luchtverontreiniging en ongeveer 60 % is gerelateerd aan gezondheidsschade. Die 60 % weerspiegelt ook de hogere betalingsbereidheid van de maatschappij voor gezondheid boven biodiversiteit en klimaatverandering. Het meest duidelijk komt dit tot uiting bij ammoniak, waar de geschatte schade door bijdrage aan fijn stof hoger is dan het effect van ammoniak op de biodiversiteit. Voor Nederland wordt de stikstofschaade geschat op 3-15 miljard euro per jaar of 200-1000 euro per inwoner. Dit is iets hoger dan gemiddeld per persoon in de EU-27 vanwege de hoge stikstofintensiteit van de landbouw en de hoge verkeersintensiteit (van Grinsven e.a., 2011).

## 8 | Verbanden met andere thema's

Stikstofverbindingen spelen een belangrijke rol in verschillende milieuverstoringen:

- Vermesting
- Verzuring
- Klimaatverandering
- Ozonvorming
- Aantasting ozonlaag
- Zwevend stof

Veel van de effecten van vermisting op de vegetatie zijn vergelijkbaar met die van verzuring en verdroging. Soms is het moeilijk om een bepaald effect aan een welbepaald milieuthema toe te schrijven. Het element stikstof veroorzaakt vele milieuverstoringen. Worden al deze bijdragen opgesteld, dan zou stikstof wel eens het grootste milieuprobleem kunnen zijn in Europa en België. De verkeerde conclusie zou zijn dat we moeten kiezen tussen aanpak van klimaatverandering of van gezondheidsschade en eutrofiëring. Het gaat erom die maatregelen te vinden die geen risico's geven voor afwenteling van problemen: van klimaat naar stikstof of van nu naar later of van Europa naar elders in de wereld. Het is van belang dat er integrale afwegingen worden gemaakt binnen de stikstofproblematiek ter ondersteuning van het beleid (van Grinsven e.a., 2011).

De depositie van stikstofoxiden en ammoniak heeft naast een vermestend effect eveneens een verzurend effect op de bodem en het oppervlaktewater (zie MIRA Themabeschrijving Verzuring). De emissie van ammoniak kan bovendien op lokaal niveau zorgen voor geurhinder (zie MIRA Themabeschrijving Geurhinder). N<sub>2</sub>O is een broeikasgas en wordt mede verantwoordelijk geacht voor de mondiale klimaatveranderingen (zie MIRA Themabeschrijving Klimaatverandering).

Daarom is elk beleid dat gericht is op de emissiereductie van stikstofverbindingen tegelijk effectief voor verschillende milieuverstoringen aan te pakken, hoewel voor het probleem van de ozonvorming

de emissiereductie voldoende hoog moet zijn om tot een lagere ozonconcentratie te komen door het effect van de ozonheuvel (zie MIRA Themabeschrijving Fotochemische luchtverontreiniging).

Door vermesting kan het grond- en oppervlaktewater verontreinigd worden. De belangrijkste oorzaken zijn lozingen in en afvloeiing naar oppervlaktewater, uitspoeling en drainage (zie MIRA Themabeschrijving Kwaliteit oppervlaktewater) en infiltratie naar het grondwater.

Het verlies van biodiversiteit in terrestrische en aquatische systemen is een belangrijk gevolg van vermesting (zie NARA 2005), en kan in zekere mate nog versterkt worden door verdroging (zie MIRA Themabeschrijving Waterkwantiteit). Een verlaagde grondwaterstand zorgt voor een versnelde mineralisatie van het organische materiaal en kan dus vermesting in de hand werken. Versnippering van natuurgebieden leidt bovendien tot een verhoogde gevoeligheid van de levensgemeenschappen voor vermesting (zie NARA 2005 en MIRA Achtergronddocument Versnippering).

Onrechtstreeks is er een verband met organische afvalstoffen, die via storten nog in het milieu terechtkomen (zie MIRA Achtergronddocument Beheer van afvalstoffen) of als secundaire grondstof worden aangewend voor bemesting.

Tot slot wordt door de internationale handel grote hoeveelheden nutriënten internationaal verhandeld onder vorm van veevoeder en voedsel, aangedreven door productie- en consumptiepatronen. Dit aspect wordt ook behandeld in het MIRA Achtergronddocument Materiaalstromen.

## Referenties

- Cordell D., Drangert J.O. & White S. (2009) The story of phosphorus: Global food security and food for thought. *Global Environmental Change* 19 (2009) 292-301.
- Hens M. (1999) Aqueous phase speciation of phosphorus in sandy soils. Doctoraatsproefschrift nr 394, KU Leuven.
- Hoste I., Van Landuyt W. & Verloove F. (2006) Landschap en flora in beweging, 19de en 20ste eeuw. In: Van Landuyt W., Hoste I., Vanhecke L., van den Brempt P., Vercruyssen W. & De Beer D. Atlas van de Flora van Vlaanderen en het Brussels Gewest Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Nationale Plantentuin van België en Flo.Wer, p. 45-67.
- MIRA (2005) Milieurapport Vlaanderen, Achtergronddocument 2005, Materiaalstromen in Vlaanderen, Gerlo J., Vanhoutte G., Goeminne G. & Vander Putten E., Vlaamse Milieumaatschappij, [www.milieurapport.be](http://www.milieurapport.be).
- MIRA (2007) Milieurapport Vlaanderen, Achtergronddocument 2007, Versnippering, Gulinck H., Peymen J. & Stalpaert L., Vlaamse Milieumaatschappij, [www.milieurapport.be](http://www.milieurapport.be).
- MIRA (2011) Milieurapport Vlaanderen, Achtergronddocument 2011, Beheer van afvalstoffen, Dubois, M., Claes K., Putseys L., Umans L., De Groof M., Wille D., Vandepitte A. & Vander Putten E., Vlaamse Milieumaatschappij, [www.milieurapport.be](http://www.milieurapport.be).
- MIRA (2012) Milieurapport Vlaanderen, Themabeschrijving Fotochemische luchtverontreiniging. Vancraeynest L., Vlaamse Milieumaatschappij, [www.milieurapport.be](http://www.milieurapport.be).
- MIRA (2012) Milieurapport Vlaanderen, Themabeschrijving Klimaatverandering. Brouwers J., Vlaamse Milieumaatschappij, [www.milieurapport.be](http://www.milieurapport.be).
- MIRA (2013) Milieurapport Vlaanderen, Themabeschrijving Geurhinder. Bossuyt M., Vlaamse Milieumaatschappij, [www.milieurapport.be](http://www.milieurapport.be).
- MIRA (2013) Milieurapport Vlaanderen, Themabeschrijving Kwaliteit oppervlaktewater. Peeters B., Vlaamse Milieumaatschappij, [www.milieurapport.be](http://www.milieurapport.be).
- MIRA (2013) Milieurapport Vlaanderen, Themabeschrijving Verzuring. Vancraeynest L., Vlaamse Milieumaatschappij, [www.milieurapport.be](http://www.milieurapport.be).
- MIRA (2013) Milieurapport Vlaanderen, Themabeschrijving Waterkwantiteit. Peeters B., Vlaamse Milieumaatschappij, [www.milieurapport.be](http://www.milieurapport.be).
- NARA 2003, Dumortier M., De Bruyn L., Peymen J., Schneiders A., Van Daele T., Weyembergh G., van Straaten D. & Kuijken E., (2003) Natuurrapport 2003. Toestand van de natuur in Vlaanderen: cijfers voor het beleid. Mededeling van het Instituut voor Natuurbehoud nr. 21, Brussel.
- NARA 2005, Dumortier M., De Bruyn L., Hens M., Peymen J., Schneiders A., Van Daele T., Van Reeth W., Weyembergh G. & Kuijken E. (2005) Natuurrapport 2005. Toestand van de natuur in Vlaanderen: cijfers voor het beleid. Mededelingen van het Instituut voor Natuurbehoud nr. 24, Brussel.
- NARA 2007, Dumortier M., De Bruyn L., Hens M., Peymen J., Schneiders A., Van Daele T., Van Reeth W. (red.) (2007). Natuurrapport 2007. Toestand van de natuur in Vlaanderen: cijfers voor het beleid. Mededelingen van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek nr. 4, Brussel.
- Sutton M.A., Howard C.M. et al. (eds) (2011) The European Nitrogen Assessment: Sources, Effects and Policy Perspectives. ISBN: 9781107006126 .Cambridge University Press.
- Van Acker L. (1974) Veredelingslandbouw en milieu: mestverzadiging, Centrum voor Landbouw-economisch Onderzoek, CLEO-schriften nr 4., Heverlee.
- Van Acker L. (1981) Dierlijke mest: afval of grondstof? Doctoraal proefschrift, Faculteit der landbouwwetenschappen. Universiteit Gent.
- van Esch S.A. (1996) Thema- en doelgroepindicatoren van het milieubeleid. Achtergronddocument bij de indicatoren in het Milieuprogramma 1997-2000. Rapport nr. 251701025, RIVM, Bilthoven, Nederland.
- van Grinsven H., Erismann J.W., Oenema O., Bouwman L., de Vries W., Westhoek H. & Bleeker A. (2011) The European Nitrogen Assessment: Bevindingen en lessen uit eerste Europese stikstofanalyse, Milieu, 2011, nummer 3, p. 17-22.
- Van Landuyt W., Hoste I., Vanhecke L., Van den Bremt L., Vercruyssen W. & De Beer D. (2006) Atlas van de flora van Vlaanderen en het Brussels Gewest. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Viaene J., Gellynck X., Smis K. & Bracke N. (1999) Onderzoek naar de nutriëntstromen in Vlaanderen, UGent, Gent.

## Lijst met relevante websites

[www.milieurapport.be](http://www.milieurapport.be)

[www.vmm.be](http://www.vmm.be)

[www.vlm.be](http://www.vlm.be)

[www.integraalwaterbeleid.be](http://www.integraalwaterbeleid.be)

[www.nine-esf.org](http://www.nine-esf.org)

## Begrippen

### Een meer uitgebreide begrippenlijst is te vinden op [www.milieurapport.be](http://www.milieurapport.be)

Ammoniak:  $\text{NH}_3$ , bij kamertemperatuur een kleurloos en scherpriekend gas.

Ammonium: het ion  $\text{NH}_4^+$ , waarvan ammoniumbasen en zouten worden afgeleid.

Beheerovereenkomst: een overeenkomst waarbij de grondgebruiker zich vrijwillig ertoe verbindt gedurende een termijn een prestatie te leveren gericht op het bereiken van een betere basismilieukwaliteit, door het onderhouden of ontwikkelen van natuurwaarden, tegen betaling van een vooraf bepaalde vergoeding (ten laste van de overheid), binnen de perken van de begroting. Deze vergoeding wordt berekend op basis van de door de grondgebruiker geleverde inspanningen en de eventuele inkomstenderving ingevolge deze overeenkomst. De vergoeding kan verhoogd worden bij het halen van specifiek overeengekomen resultaten.

Belasting van het oppervlaktewater: vuilvracht die uiteindelijk in het oppervlaktewater terechtkomt, direct of indirect via niet op een RWZI aangesloten riolering, na (gedeeltelijke) zuivering. Dit wordt gespecificeerd naar parameter en/of naar doelgroep.

Beleidsinstrument: middel/hefboom van de overheid om de doelgroepen te overtuigen, te verplichten, aan te zetten tot de uitvoering van een maatregel. Traditioneel worden volgende instrumenten onderscheiden: juridische instrumenten (vergunningen, decreten, verboden ...), economische instrumenten (heffingen, subsidies ...) en sociale instrumenten (convenanten, overeenkomsten, sensibiliseringsacties ...).

Bemestingsnorm: maximale hoeveelheid stikstof of fosfor die onder de vorm van dierlijke, kunst- of andere mest mag worden toegediend op landbouwgrond.

Biodiversiteit: variabiliteit onder levende organismen van allerlei herkomst, met inbegrip van o.a. terrestrische, mariene en andere aquatische ecosystemen en de ecologische complexen waarvan zij deel uitmaken; dit omvat de diversiteit binnen soorten, tussen soorten en van ecosystemen.

Biologische stikstoffixatie: omzetting van luchtstikstofgas door bodembacteriën zodat deze stikstof beschikbaar is voor plantengroei.

Broeikasgas: gas dat de opwarming van de aarde bevordert. Elk broeikasgas heeft zijn eigen opwarmend effect, relatief t.o.v.  $\text{CO}_2$ . Enkele voorname broeikasgassen met hun opwarmend effect of 'global warming potential' (GWP) bv.  $\text{CO}_2$  (1),  $\text{CH}_4$  (23),  $\text{N}_2\text{O}$  (296).

Denitrificatie: de omzetting door micro-organismen van nitraatstikstof naar stikstofgas ( $\text{N}_2$ ) waarbij in sommige gevallen ook lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) kan gevormd worden.

Depositie: hoeveelheid van een stof of een groep van stoffen die uit de atmosfeer neerkomen in een gebied, uitgedrukt als een hoeveelheid per oppervlakte-eenheid en per tijdseenheid (bv. 10 kg  $\text{SO}_2$ /(ha.j)).

Dierlijke mestproductie: de hoeveelheid dierlijke mest geproduceerd door de veestapel, uitgedrukt in kg nutriënt (stikstof of fosfor).

Diffuse verontreiniging: verontreiniging afkomstig uit niet-gelocaliseerde bronnen, meestal sterk, homogeen ruimtelijk verspreid door transport via lucht en water.

DPSI-R-keten: milieuverstoringsketen, analytische structuur die de oorzaak en gevolgen van de milieuverstoring in beeld brengt. DPSI-R staat voor Driving Forces (maatschappelijke activiteiten), Pressure (druk), State (toestand), Impact (gevolgen) en Respons (beleidsrespons). De milieurapportering door het Europees Milieuagentschap, OESO, MIRA en anderen gebeurt aan de hand van deze keten.

Ecosysteem: dynamisch (veranderend) complex van levensgemeenschappen van planten, dieren en micro-organismen en hun niet-levende omgeving, die in een onderlinge wisselwerking een functionele eenheid vormen, bv. bossen, heides en soortenrijke graslanden.

Emissie: uitstoot of lozing van stoffen, golven of andere verschijnselen door bronnen, meestal uitgedrukt als een hoeveelheid per tijdseenheid.

**Eutrofiëring:** proces van nutriëntaanrijking zodanig dat de productiviteit van het ecosysteem niet langer gelimiteerd wordt door de beschikbaarheid van nutriënten. In aquatische ecosystemen kan eutrofiëring leiden tot een overdadige groei van waterplanten en/of algen en een achteruitgang van de kwaliteit van het water (fysico-chemisch en biologisch).

**Fosfaatdoorslag:** uitspoeling van fosfaat naar diepere, niet-verzadigde bodemlagen bij overschrijding van de fosfaatvastleggingscapaciteit.

**Fosfaatverzadigde bodem:** bodem waarvan de fosfaatvastleggingscapaciteit is overschreden zodat fosfaat uitspoelt naar diepere, niet-verzadigde bodemlagen.

**Fossiele brandstoffen:** steenkool, aardolie, aardgas en hun afgeleide producten.

**Groenafval:** composteerbaar organisch afval dat in tuinen, plantsoenen, parken en langs wegbermen vrijkomt bij particulieren, groendiensten, tuinaannemers ...

**Grondwater:** water beneden het grondoppervlak, meestal beperkt tot water onder de grondwaterspiegel.

**Indicator:** een grootheid (een variabele) weergegeven binnen een context. De indicator krijgt een betekenis door de context voor te stellen in de vorm van (historische of natuurlijke) referentiewaarden en/of van doelstellingswaarden. Een indicator in MIRA duidt aan, verwijst naar en/of informeert over activiteiten, toestanden, verschijnselen en andere in het milieu.

**Kaderrichtlijn Water:** Europese Richtlijn 2000/60/EG tot vaststelling van een kader voor communautaire maatregelen betreffende het waterbeleid.

**Katalysator:** stof gebruikt om chemische reacties tussen andere stoffen te versnellen en die zelf schijnbaar niet aan de reactie deelneemt.

**Kwel:** het uittreden van grondwater (algemene definitie) of het uittreden van grondwater door grotere stijghoogten buiten het beschouwde gebied (specifieke definitie); het uittreden van water dat binnen het gebied aan het oppervlak is toegevoegd, valt dus buiten deze term.

**Lachgas:** distikstofoxide of  $N_2O$ , een gas dat bijdraagt tot het broeikaseffect.

**Mestdecreet:** decreet van 23 januari 1991, inclusief wijzigingen, inzake de bescherming van het leefmilieu tegen de verontreiniging door meststoffen.

**Mestverwerking:** het behandelen van dierlijke mest en andere organische meststoffen, zodat ze ook buiten de Vlaamse landbouw bruikbaar zijn. Daartoe moet de mest worden omgevormd tot een beter verhandelbaar product dat bij voorkeur vrij is van geur en ziektekiemen, gemakkelijk vervoerbaar is en retourvrachten mogelijk maakt.

**Mineralisatie:** proces waarbij organische verbindingen door micro-organismen worden afgebroken.

**Natuurgebied:** ruimtelijk afgebakend gebied dat belangrijk is voor het in-situ behoud of herstel van de biodiversiteit. In de planologische betekenis worden hiermee gebieden aangeduid waar natuur de hoofdfunctie is.

**Nitraatrichtlijn:** Europese Richtlijn (91/676/EEG) ter bescherming van water tegen verontreiniging door nitraten uit agrarische bronnen.

**Nitrificatie:** proces waarbij ammonium door micro-organismen tot nitraat geoxideerd wordt. In een eerste stap zet Nitrosomas ammonium om tot nitriet, daarna zet Nitrobacter deze stof weer om in nitraat. Dit aërobe proces kan zowel plaatsvinden in de bodem als in het oppervlaktewater.

**Oppervlaktewater:** aquatische ecosystemen: open water, meren, rivieren, sloten, kanalen ...

**Organische mest:** organische meststof anders dan dierlijke mest, zoals gecomposteerd groenten,- fruit- en tuinafval.

**Orthofosfaat:** verzamelnaam voor in water opgeloste fosfaten die dus beschikbaar zijn voor opname door organismen.

**Richtlijn (Europese):** besluit dat bindend is voor de lidstaten wat betreft een in de richtlijn uitgedrukt te bereiken resultaat. De lidstaten zijn vrij de vorm en middelen te bepalen nodig om aan de richtlijn te voldoen. Bij niet naleving kan de Commissie een procedure inzetten krachtens art. 226 (ex. art. 169).

**Uitspoeling:** verdwijning van stoffen uit de bodem doordat ze met het doorsijpelend water worden meegevoerd.

**Vermesting:** het aanrijken van bodem, water (oppervlakte- en grondwater) met nutriënten (stikstof, fosfor en kalium) waardoor de ecologische processen en de natuurlijke kringlopen verstoord kunnen worden. Deze verstoringen kunnen aanleiding geven tot eutrofiëring van zoet en zout oppervlaktewater, verhoogde nitraatconcentraties in oppervlakte- en grondwater, achteruitgang van de biodiversiteit en kwalitatieve achteruitgang van voedingsgewassen, vervuiling drinkwatervoorraden.

**Verzuring:** gezamenlijke effecten en gevolgen van vooral zwavel- en stikstofverbindingen (zwaveldioxide, stikstofoxiden en ammoniak) die via de atmosfeer in het milieu worden gebracht.

## Afkortingen

ATP: adenosine trifosfaat

CLE: (voormalig) Centrum voor Landbouweconomie (Ministerie van Middenstand en Landbouw), sinds april 2006 met Centrum voor Landbouwkundig Onderzoek (CLO) samengesmolten tot het ILVO

DNA: Deoxyribonucleic acid

MAP: Mestactieplan

MIRA: Milieurapport (Vlaanderen)

RWZI: rioolwaterzuiveringsinstallatie

VMM: Vlaamse Milieumaatschappij

## Scheikundige symbolen

N: stikstof

N<sub>2</sub>: stikstofgas

N<sub>2</sub>O: lachgas, distikstofoxide

NH<sub>3</sub>: ammoniak

NH<sub>4</sub><sup>+</sup>: ammonium

NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: nitraat

NO<sub>x</sub>: stikstofoxiden

P: fosfor

PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>: fosfaat

[terug naar Inhoudsopgave](#)