



Vlaanderen  
is milieu



# Jaarrapport Lucht Effecten van luchtvervuiling op gezondheid en ecosystemen



## INHOUD

1	Effecten op gezondheid.....	5
1.1	Inleiding.....	5
1.2	Focus op enkele polluenten.....	5
1.2.1	Fijn stof.....	6
1.2.2	NO <sub>2</sub> .....	11
1.2.3	Ozon.....	12
1.2.4	Zware metalen.....	14
1.2.5	PAK's.....	14
1.2.6	Vluchtige organische stoffen (VOS).....	14
1.3	Gezondheidsschade door luchtvervuiling.....	15
1.4	Conclusies.....	17
2	Effecten op ecosystemen.....	19
2.1	Inleiding.....	19
2.2	Ozon.....	21
2.3	Zwavel dioxide, stikstofoxiden en ammoniak.....	24
2.4	Emissie en depositie van verzurende stoffen en stikstof.....	24
2.4.1	Algemeen.....	24
2.4.2	Emissie van verzurende stoffen en stikstof in 2017.....	25
2.4.3	Trend emissie van verzurende stoffen en stikstof tussen 2000 en 2017.....	25
2.4.4	Depositie van verzurende stoffen en stikstof in 2018.....	28
2.4.5	Trend verzurende depositie en stikstofdepositie tussen 2000 en 2017.....	32
2.4.6	Oppervlakte natuur met overschrijding kritische last.....	34
2.5	Programmatische aanpak stikstof (PAS).....	36
2.5.1	Monitoring PAS.....	36
2.5.2	Kwaliteitscontrole rekenmodel PAS.....	36
2.6	Conclusies.....	37
	Lexicon.....	39
	Afkortingenlijst.....	44



## DEEL III – EFFECTEN VAN LUCHTVERVUILING

In dit deel gaan we dieper in op de effecten die luchtvervuiling kan hebben:

- Hoofdstuk 1: Effecten op gezondheid
- Hoofdstuk 2: Effecten op ecosystemen

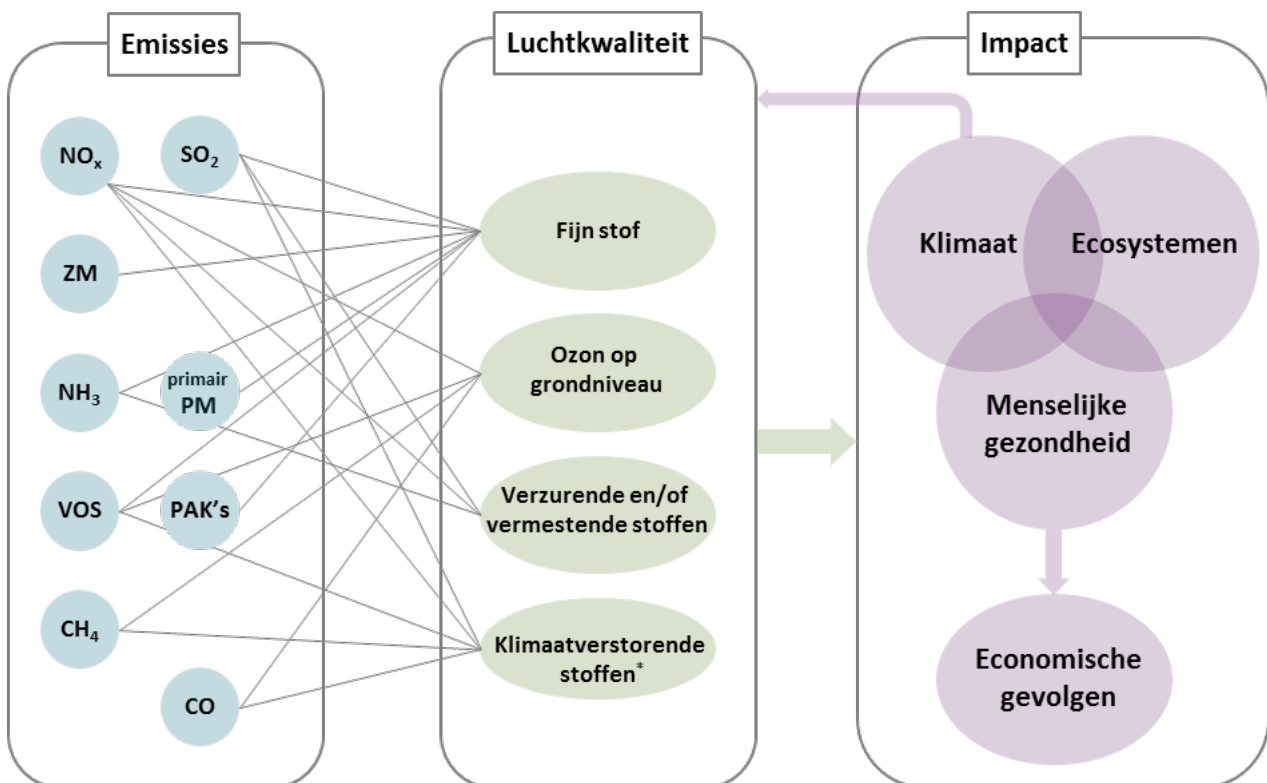


### Luchtverontreiniging heeft effecten op ecosystemen, menselijke gezondheid en klimaat

Dit deel gaat over de effecten van luchtvervuiling op ecosystemen en gezondheid, de wisselwerking tussen de luchtkwaliteit en het klimaat bespreken we niet. Ecosystemen leveren heel wat voordelen aan de mens en de maatschappij, de zogenaamde ecosysteemdiensten. De mens is ook sterk afhankelijk van het klimaat. In die zin is de ‘gezondheid’ van natuur en klimaat onlosmakelijk verbonden met het menselijk welzijn.

De uitstoot of emissie van luchtverontreinigende stoffen beïnvloedt de luchtkwaliteit op meerdere manieren, zie Figuur 1. Zo heeft de emissie van bijvoorbeeld ammoniak invloed op de luchtconcentratie van fijn stof en verzurende en vermistende stoffen. Omgekeerd kan de luchtconcentratie van een pollutant afhangen van de emissie van meerdere stoffen. Zo wordt fijn stof in de lucht zowel beïnvloed door de uitstoot van *primair* fijn stof en zware metalen als door de uitstoot van gassen die *secundair* fijn stof vormen, zoals ammoniak, zwaveldioxide, stikstofoxiden en organische verbindingen.

Figuur 1: Impact van luchtverontreinigende stoffen (aangepast naar EMA, 2012<sup>1</sup>)



NO<sub>x</sub>: stikstofoxiden, SO<sub>2</sub>: zwaveldioxide, ZM: zware metalen, NH<sub>3</sub>: ammoniak, PM: fijn stof, VOS: (niet-methaan) vluchtige organische stoffen, PAK's: polycyclische aromatische koolwaterstoffen, CH<sub>4</sub>: methaan, CO: koolstofmonoxide  
 \*: Hiermee bedoelen we atmosferische stoffen die de energiebalans van de atmosfeer beïnvloeden op een tijdschaal die veel korter is dan voor CO<sub>2</sub> ('short-lived climate forcers'), zoals zwarte koolstof, aerosol en troposferische ozon

<sup>1</sup> Europees Milieugentschap (2012). *Air quality in Europe – 2012 report*. EEA Report No 4/2012. European Environment Agency, Copenhagen

# 1 EFFECTEN OP GEZONDHEID

## 1.1 Inleiding

### **Huidig Europees kader pakt luchtvervuiling aan**

De Europese Commissie heeft een strategie om:

- de schadelijke gevolgen van luchtkwaliteit voor de gezondheid van de mens en het milieu te voorkomen, te verhinderen of te verminderen;
- de goede luchtkwaliteit in stand te houden en die in andere gevallen te verbeteren.

### **De Europese luchtkwaliteitsdoelstellingen bieden geen volledige bescherming van de gezondheid**

Bij de definiëring van de Europese luchtkwaliteitsdoelstellingen, hield men rekening met:

- gezondheidseffecten,
- de technische haalbaarheid,
- de economische consequenties van de opgelegde concentratieniveaus.

Daarom zijn de Europese normen vaak minder streng dan de advieswaarden van de Wereldgezondheidsorganisatie (WGO). De WGO houdt enkel rekening met gezondheidseffecten.

### **De VMM berekent de blootstelling van de bevolking aan luchtvervuiling**

In dit hoofdstuk focussen we op de impact die de huidige luchtconcentraties hebben op onze gezondheid. Voor enkele polluenten berekenen we hoeveel mensen blootgesteld werden aan hoge concentraties en bekijken we het kankerrisico bij langdurige blootstelling.

### **De modellen geven een inschatting hoeveel mensen blootgesteld worden aan te hoge concentraties**

De cijfers in dit hoofdstuk zijn berekend met modellen. Dit betekent dat het een inschatting is waar ook een onzekerheid op zit.

## 1.2 Focus op enkele polluenten

### **Blootstelling bevolking aan luchtvervuiling**

Luchtvervuiling heeft een negatieve impact op de gezondheid. In Europa zijn er een aantal stoffen die de sterftcijfers het meest beïnvloeden. Dit zijn ook de stoffen waar we hier op focussen:

- fijn stof,
- stikstofdioxide,
- ozon.



### **Modellen schatten in hoeveel mensen blootgesteld zijn aan te hoge concentraties van deze stoffen**

De VMM meet op heel wat plaatsen de luchtkwaliteit. Op plaatsen zonder metingen schatten we de luchtkwaliteit in met modellen. Voor 2018 gebruikten we ATMO-Street die 3 modellen koppelt en toelaat luchtconcentraties in te schatten tot op straatniveau. Om te weten hoeveel mensen blootgesteld werden aan luchtvervuiling, gebruikten we een bevolkingslaag die aangeeft hoeveel mensen er in 2018 woonden in een regio met te hoge concentraties. Het is echter ook interessant om de evolutie in de tijd te kennen. Wegens de lange rekentijd van het ATMO-Street-model, modelleerden we enkel tot op het eerste niveau (RIO) en voegden we niet de IFDM- en OSPM-keten toe. Op te merken valt dat de volledige cijferreeks hoger ligt dan wat we vorig jaar rapporteerden. Dit komt onder meer door het gebruik van een nieuwe RIO-versie.

### **Berekend kankerrisico WGO voor zware metalen, benzeen en PAK's**

De WGO drukt de schadelijkheid van bepaalde stoffen ook uit als het aantal extra kankergevallen bij een levenslange blootstelling aan een bepaalde concentratie. Dit laat ons toe om de gezondheidsrisico's voor deze pollutanten te bepalen bij lokale blootstellingen. De VMM toetst de huidige concentraties aan deze waarden en gebruikt een toetsingskader van het Agentschap Zorg en Gezondheid (AZG). Risico's lager dan 1 op 1.000.000 inwoners beschouwt AZG als gezondheidskundig verwaarloosbaar, risico's hoger dan 1 op 1.000.000 zijn volgens AZG gezondheidskundig niet verwaarloosbaar.

We berekenden het kankerrisico van:

- arseen en nikkel,
- benzo(a)pyreen,
- benzeen.

#### 1.2.1 Fijn stof

##### 1.2.1.1 PM<sub>10</sub>

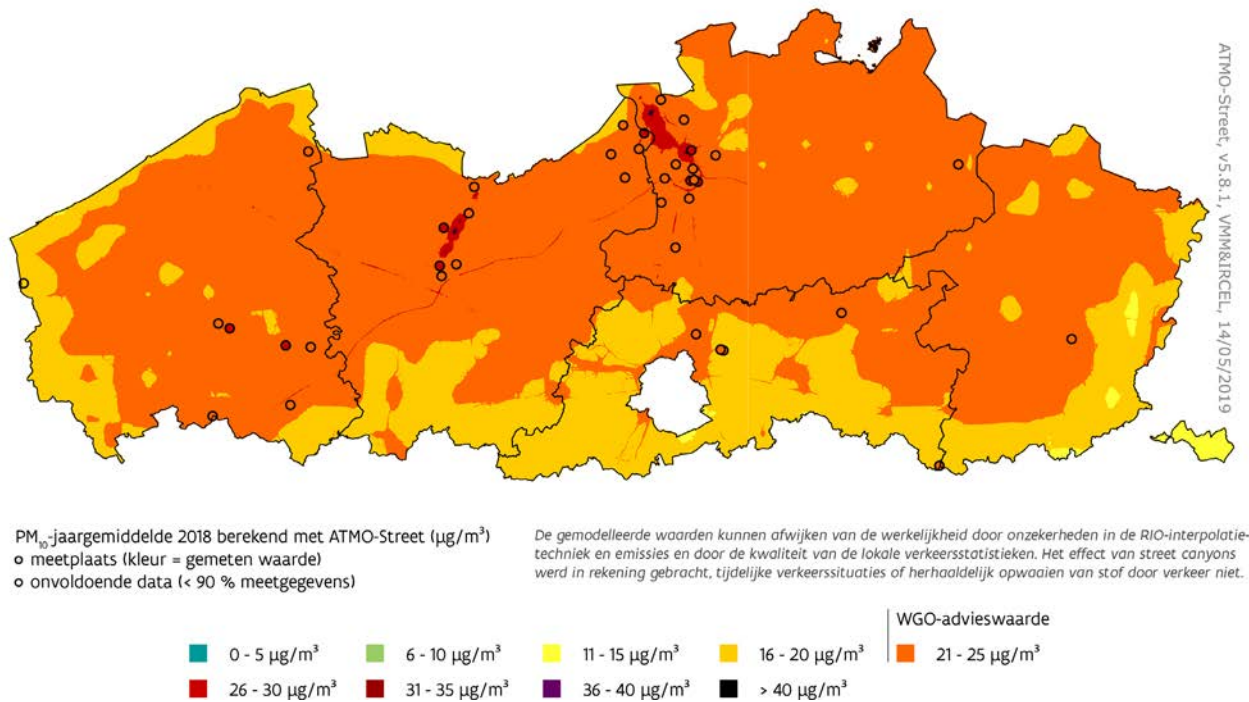
### **2018: Meer dan 80 % van de bevolking woont in een gebied met overschrijding van jaaradvieswaarde PM<sub>10</sub>**

De advieswaarden die de WGO voorschrijft, zijn veel strenger dan de Europese grenswaarden. Figuur 1.1 toont een inschatting van de PM<sub>10</sub>-jaargemiddelden in 2018 in Vlaanderen door middel van het model ATMO-Street getoetst aan de WGO-jaaradvieswaarde (20 µg/m<sup>3</sup>).

Overschrijdingen van deze jaaradvieswaarde zien we in het grootste deel van Vlaanderen. Enkel in het zuiden van de provincies Oost-Vlaanderen, Vlaams-Brabant en Limburg en ook aan de kust en het westen van de provincie West-Vlaanderen wordt de jaaradvieswaarde gerespecteerd. De hoogste concentraties worden gemodelleerd in de omgeving van de Gentse Kanaalzone en de Antwerpse haven. Het ATMO-Street-model schat dat in 2018 meer dan 80 % de bevolking woonde in een gebied waar de WGO-jaaradvieswaarde voor PM<sub>10</sub> werd overschreden.



Figuur 1.1: Gemodelleerde PM<sub>10</sub>-jaargemiddelden in 2018 getoetst aan de WGO-jaaradvieswaarde



**2018: Bijna iedere Vlaming woont in gebied met teveel fijnstofdagen**

De WGO formuleerde ook een advieswaarde voor PM<sub>10</sub>-dagwaarden. Dit houdt in dat er op jaarbasis maximaal 3 dagen mogen zijn met overschrijdingen van 50 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>10</sub>. Via ATMO-Street-modellering berekenden we dat 97 % van de Vlaamse bevolking woonde in een gebied waar de dagadvieswaarde voor PM<sub>10</sub> werd overschreden.

**Trend: Blootstelling aan PM<sub>10</sub> daalt**

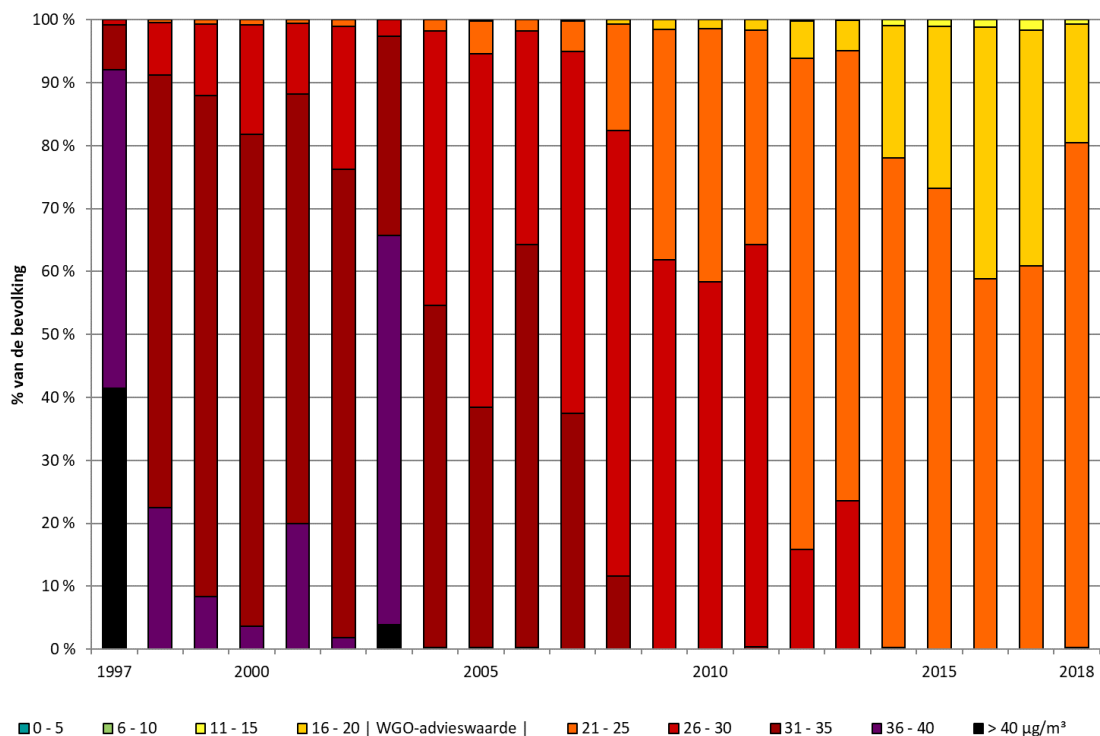
In 2018 woonden meer mensen in een gebied dat de WGO-jaaradvieswaarde voor PM<sub>10</sub> overschreed in vergelijking met de 3 vorige jaren. In 2018 maten we ook meer PM<sub>10</sub> in de omgevingslucht. 2018 was een zeer droog jaar, wat allicht voor minder uitwassing van het stof heeft gezorgd en meer resuspensie (heropwaaien). Op lange termijn is het aantal mensen dat woont in een dergelijk gebied wel dalend, zie Figuur 1.2.

Het aantal dagen met hoge PM<sub>10</sub>-concentraties daalt eveneens. Toch zijn we nog steeds ver verwijderd van de WGO-doelstelling die maximaal 3 dagen met een PM<sub>10</sub>-concentratie hoger dan 50 µg/m<sup>3</sup> toelaat. De figuur toont verder dat de Europese grenswaarde (maximaal 35 dagen > 50 µg/m<sup>3</sup>, zwarte kleur in Figuur 1.3) sinds 2012 werd gerespecteerd.

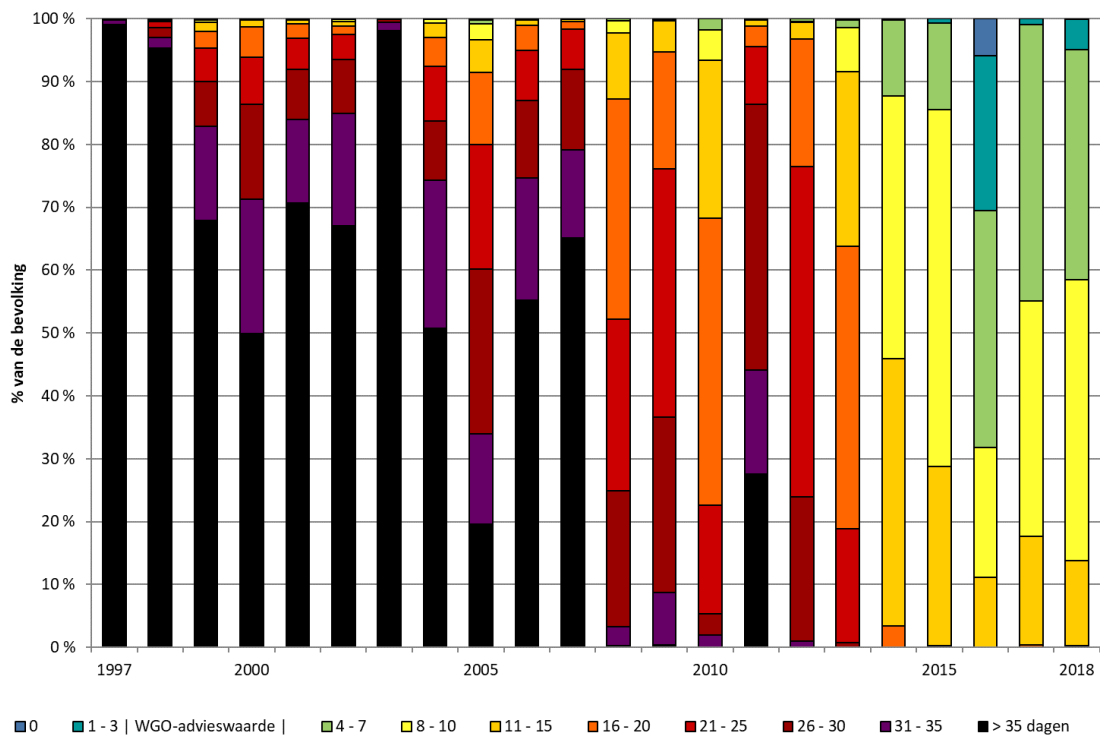




Figuur 1.2: Aandeel bevolking blootgesteld aan verschillende PM<sub>10</sub>-jaargemiddelden (RIO)



Figuur 1.3: Aandeel bevolking blootgesteld aan dagen met een PM<sub>10</sub>-gemiddelde > 50 µg/m<sup>3</sup> (RIO)



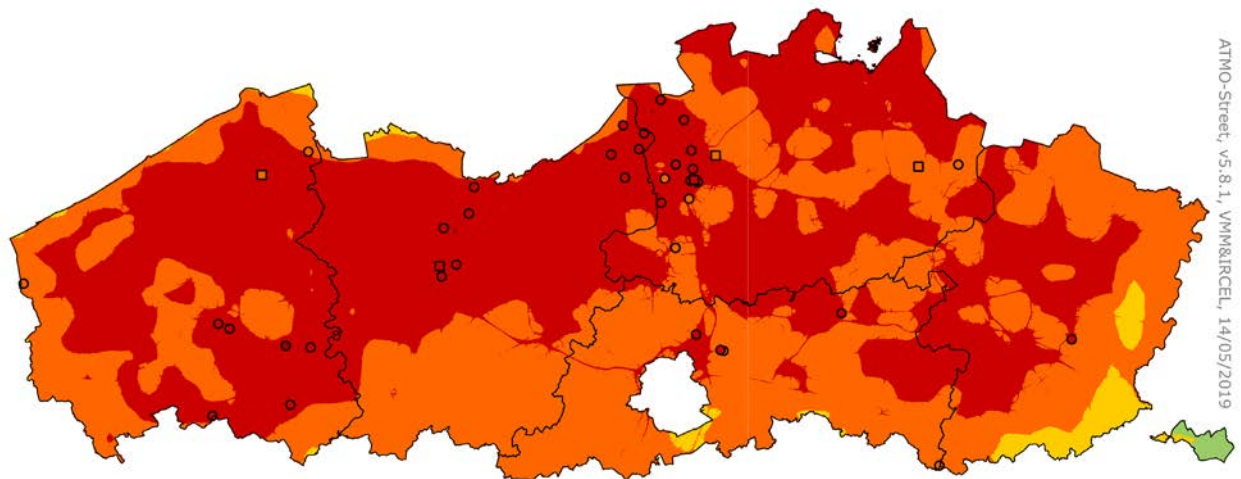
### 1.2.1.2 $PM_{2,5}$

#### Bijna elke Vlaming woont in gebied met te hoge $PM_{2,5}$ concentraties

De  $PM_{2,5}$  is de fijne fractie van  $PM_{10}$ . Dit betekent dat deze deeltjes dieper in de longen kunnen doordringen en dus een grotere gezondheidsimpact hebben. Via ATMO-Street schatten we dat in 2018 meer dan 99 % van de bevolking woonde in een gebied waar de jaaradvieswaarde voor  $PM_{2,5}$  werd overschreden. Voor de dagadvieswaarde liep dit percentage op tot 100 %.

Bekijken we dit geografisch, dan zien we dat het merendeel van Vlaanderen oranje of rood kleurt en dus de WGO-jaaradvieswaarde overschrijdt. Enkel in bepaalde gebieden in de provincie Limburg en ten zuiden van Brussel schat het model dat de  $PM_{2,5}$ -jaaradvieswaarde gerespecteerd wordt.

Figuur 1.4: Gemodelleerde  $PM_{2,5}$ -jaargemiddelden in 2018 getoetst aan de WGO-jaaradvieswaarde



$PM_{2,5}$ -jaargemiddelde 2018 berekend met ATMO-Street ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )  
 o metingen automatisch meetnet (kleur = gemeten waarde)  
 □ metingen gravimetrisch meetnet (kleur = gemeten waarde)  
 o onvoldoende data (< 90 % meetgegevens)

De gemodelleerde waarden kunnen afwijken van de werkelijkheid door onzekerheden in de RIO-interpolatietechniek en emissies en door de kwaliteit van de lokale verkeersstatistieken. Het effect van street canyons werd in rekening gebracht, tijdelijke verkeerssituaties of herhaaldelijk opwaaien van stof door verkeer niet.

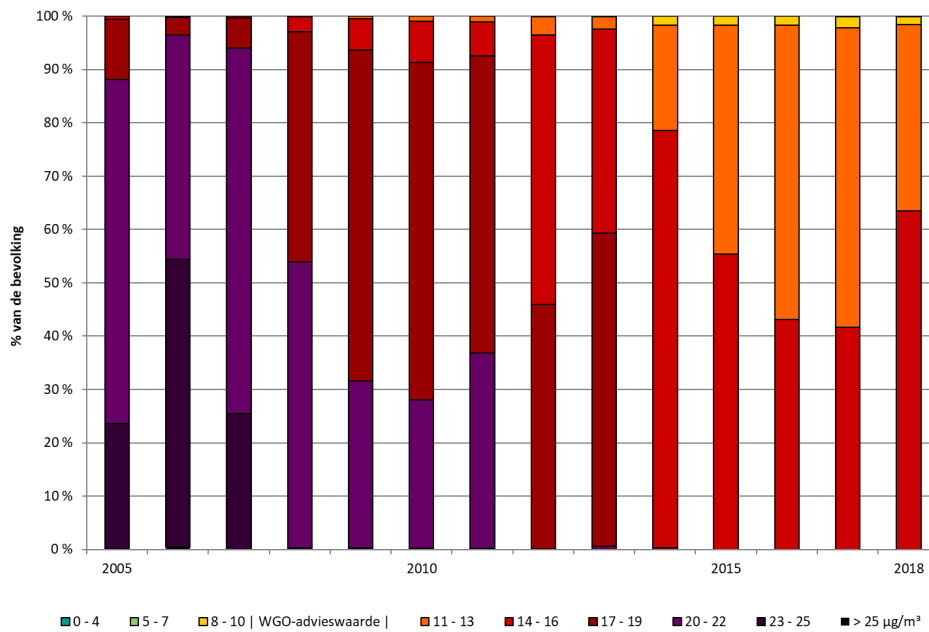


#### Doelstellingen WGO voor $PM_{2,5}$ nog niet in zicht

Over de jaren heen dalen de  $PM_{2,5}$ -concentraties. In 2007 komen er nog jaarconcentraties voor tussen 23 en 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . In 2018 ligt de hoogste klasse tussen 14 en 16  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tot deze klasse behoren twee derde van de Vlamingen. Dat is meer dan de 2 voorgaande jaren. Het model schat in dat sinds 2014 een klein percentage van de bevolking woont in een gebied dat voldoet aan de WGO-jaaradvieswaarde van 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . De Europese grenswaarde van 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  is veel minder streng en wordt sinds 2005 reeds gehaald, zie Figuur 1.5.

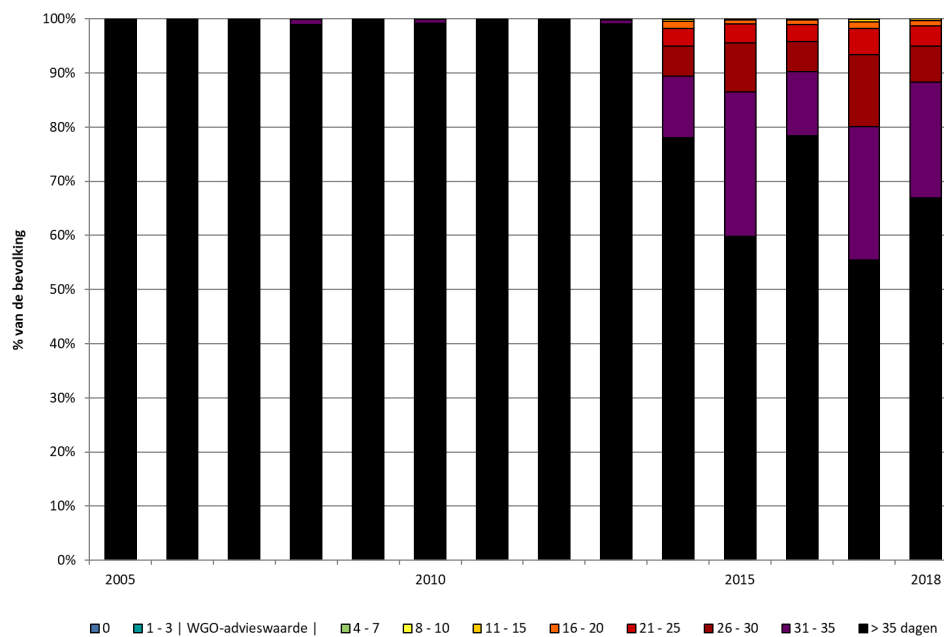


Figuur 1.5: Aandeel bevolking blootgesteld aan verschillende PM<sub>2,5</sub>-jaargemiddelden (RIO)



In 2018 werd de WGO-dagadvieswaarde voor PM<sub>2,5</sub> nergens gehaald: de volledige Vlaamse bevolking werd blootgesteld aan minstens 3 dagen met concentraties hoger dan 25 µg/m<sup>3</sup>. Sinds 2014 komen dagen voor met concentraties lager dan 25 µg/m<sup>3</sup>. Opvallend is dat het percentage van de bevolking die in zo'n regio woont, niet toeneemt. Uit de grafiek volgt duidelijk dat we nog steeds ver verwijderd zijn van het maximum van 3 dagen dat de WGO adviseert.

Figuur 1.6: Aandeel bevolking blootgesteld aan dagen met een PM<sub>2,5</sub>-gemiddelde > 25 µg/m<sup>3</sup> (RIO)

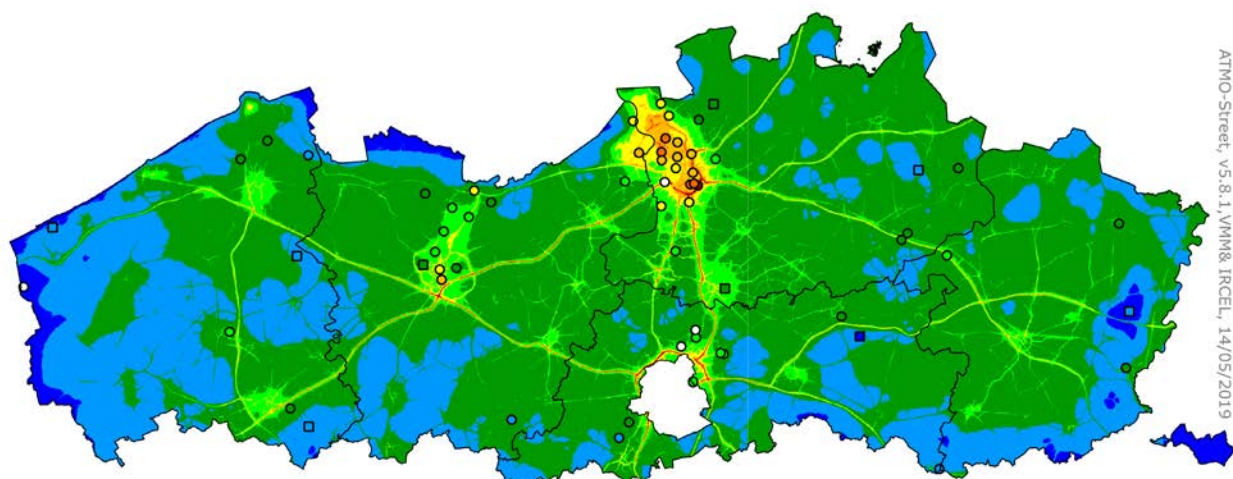


## 1.2.2 NO<sub>2</sub>

### Stikstofdioxide te hoog op verkeersdrukte plaatsen

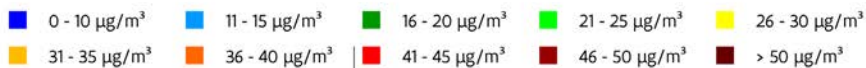
Stikstofdioxide is een pollutant die in grote mate gerelateerd is aan verkeer, zie emissies in [Deelrapport II – Hoofdstuk 2: Stikstofoxiden](#). Uit het Curieuzeneuzen-project bleek dat een kwart van de kleine steden en gemeenten in Vlaanderen minstens 1 meetlocatie heeft die de Europese grenswaarde indicatief overschrijdt. Als we de NO<sub>2</sub>-concentraties voor Vlaanderen modelleren, dan komen de hoogste waarden voor in gebieden met veel verkeer. In nagenoeg alle steden en gemeenten wordt een overschrijding gemodelleerd. Vooral voor de Antwerpse agglomeratie en de Antwerpse haven berekent het model hoge NO<sub>2</sub>-concentraties. Ook de snelwegen, de Gentse Kanaalzone, de Gentse agglomeratie en de overige centrumsteden zijn duidelijk zichtbaar in Figuur 1.7. Volgens het ATMO-Street-model zou 0,8 % van de bevolking wonen in een gebied waar de WGO-advieswaarde voor NO<sub>2</sub> overschreden werd. Nemen we het streefdoel van 20 µg/m<sup>3</sup> uit het ontwerp van het Luchtbeleidsplan 2030 van de Vlaamse Overheid<sup>2</sup> als referentiekader dan was in 2018 ruim één derde van de bevolking blootgesteld aan te hoge concentraties.

Figuur 1.7: Gemodelleerde NO<sub>2</sub>-jaargemiddelden in 2018



NO<sub>2</sub>-jaargemiddelde 2018 berekend met ATMO-Street (µg/m<sup>3</sup>)  
 ○ metingen automatisch meetnet (kleur = gemeten waarde)  
 □ metingen semi-automatisch meetnet (kleur = gemeten waarde)  
 ○ onvoldoende data (< 90 % meetgegevens)

*De gemodelleerde waarden kunnen afwijken van de werkelijkheid door onzekerheden in de RIO-interpolatie-techniek en emissies en door de kwaliteit van de lokale verkeersstatistieken. Het effect van street canyons werd in rekening gebracht, tijdelijke verkeerssituaties of herhaaldelijk opwaaien van stof door verkeer niet.*



WGO-advieswaarde

### Blootstelling aan NO<sub>2</sub> daalt

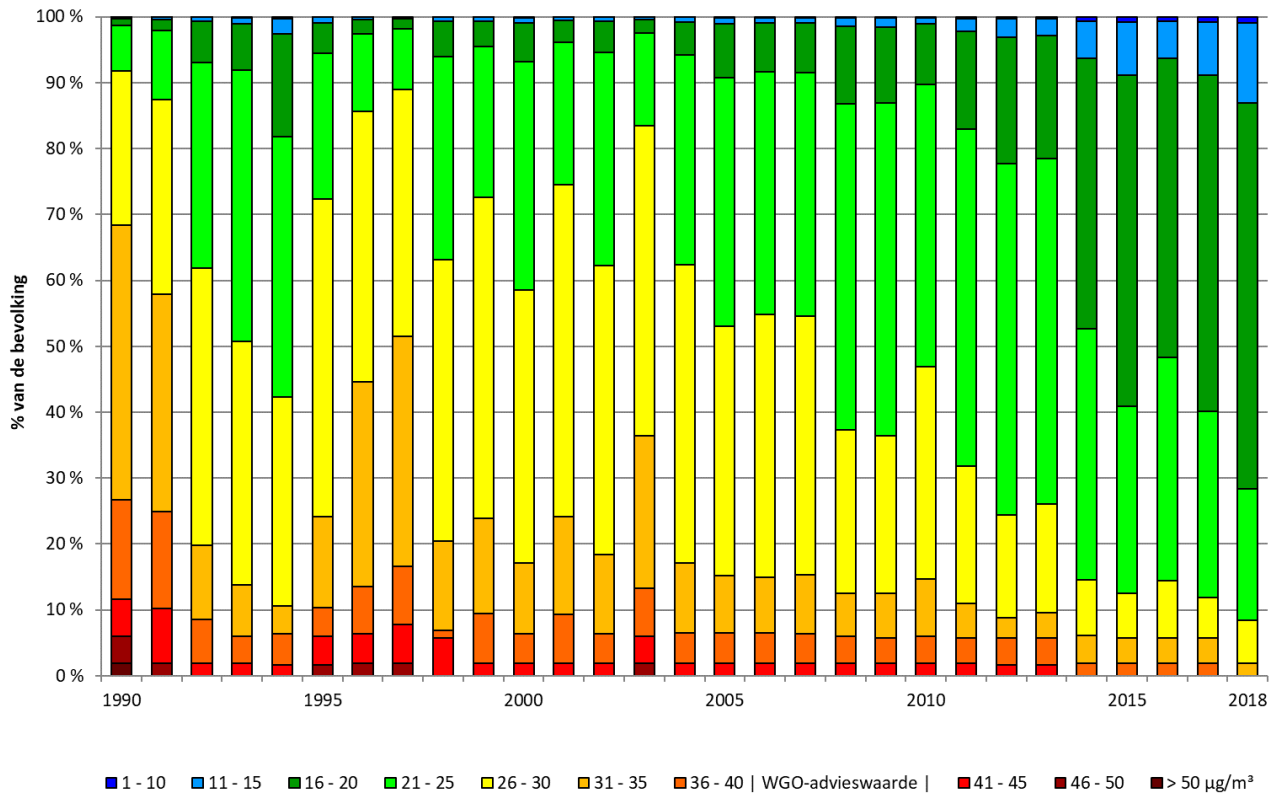
Tussen 1990 en 2003 schommelde het aandeel van de bevolking dat blootgesteld werd aan NO<sub>2</sub>-concentraties boven de WGO-advieswaarde, maar de trend was globaal wel dalend. Sinds 2004 ligt dit aandeel rond een kleine 2 %, en sinds 2014 is dit aandeel nog verder gedaald. Over de jaren heen wonen

<sup>2</sup> Op 20 juli 2018 heeft de Vlaamse Regering het ontwerp van Luchtbeleidsplan 2030 voor een eerste keer goedgekeurd:  
<https://www.lne.be/luchtverontreiniging-vlaamse-plannen>



steeds meer mensen in een regio met een concentratie lager dan 20 µg/m<sup>3</sup>. In 1990 was dit slechts 1 %, zie Figuur 1.8.

Figuur 1.8: Aandeel bevolking blootgesteld aan verschillende NO<sub>2</sub>-jaargemiddelde (RIO)



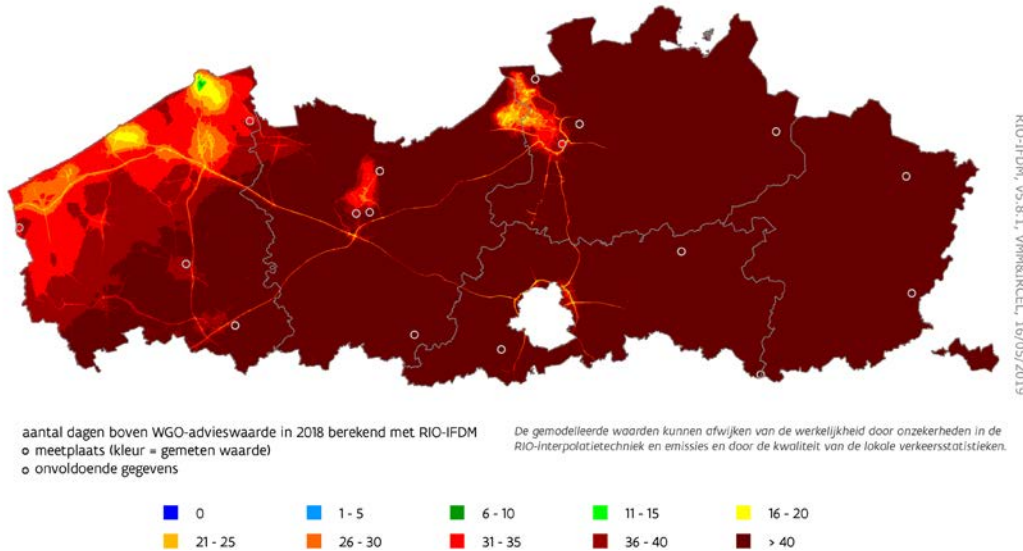
### 1.2.3 Ozon

#### Concentraties overal te hoog volgens Europa en WGO

De WGO-advieswaarde werd overal in Vlaanderen overschreden. Figuur 1.9 toont duidelijk dat de hoogste 8-uursgemiddelde ozonconcentratie per dag nog vaak boven de 100 µg/m<sup>3</sup> klimt terwijl de WGO 0 dagen adviseert. Dat zien we duidelijk in de modelkaart: nergens is er een regio die blauw kleurt. Het minste aantal overschrijdingsdagen zien we in West-Vlaanderen en de grootsteden Gent en Antwerpen, het hoogste aantal in Limburg. Op plaatsen nabij NO<sub>x</sub>-bronnen zoals verkeersassen zijn er minder overschrijdingsdagen. 2018 was bovendien een slecht ozonjaar: de kaart is veel 'roder' dan in 2017. Ook in delen van West-Vlaanderen zijn er plaatsen met meer dan 40 dagen met hoge ozonconcentraties zie Figuur 1.9.



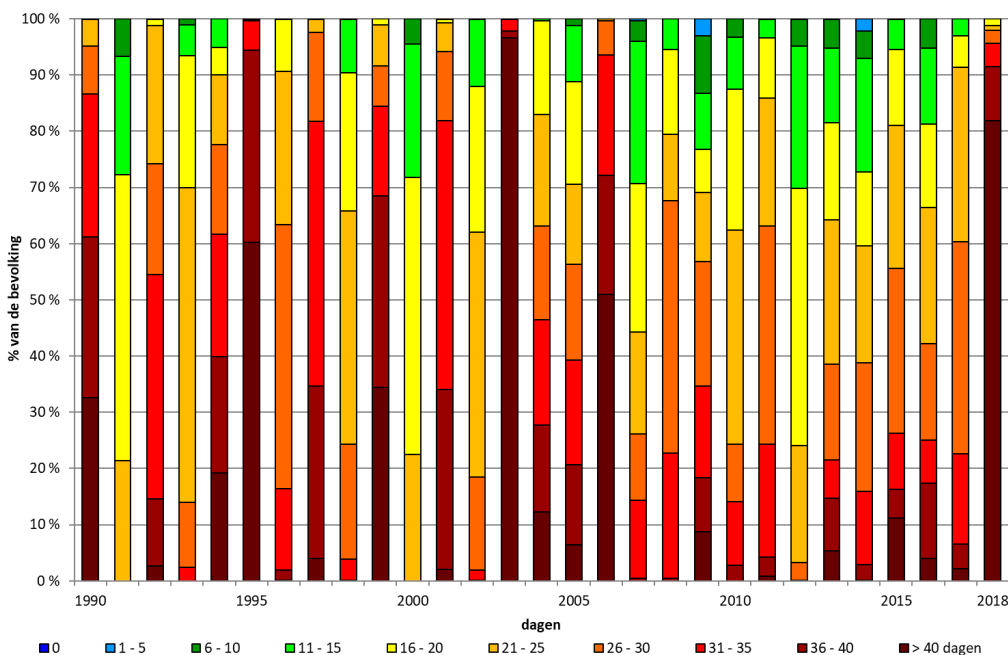
Figuur 1.9: Ruimtelijke spreiding van de overschrijdingen van de WGO-advieswaarde (aantal dagen met hoogste 8-uursgemiddelde >100 µg/m<sup>3</sup>)



### Blootstelling aan ozon blijft hoog

In Vlaanderen woonde er tot nog toe niemand in een regio die de advieswaarde voor ozon haalt. Ook in 2018 zijn we ver van die doelstelling verwijderd. Opvallend is dat het aandeel van de bevolking blootgesteld aan hogere ozonconcentraties sterk varieert van jaar tot jaar. We zien geen dalende trend. Ook uit de grafiek volgt dat 2018 een heel slecht ozonjaar was. De hoge blootstelling van de bevolking is vergelijkbaar met de situatie in 1995 en 2003, zie Figuur 1.10.

Figuur 1.10: Aandeel bevolking blootgesteld aan dagen met hoogste 8-uursgemiddelde voor ozon > 100 µg/m<sup>3</sup> (RIO)





### 1.3 Gezondheidsschade door luchtvervuiling

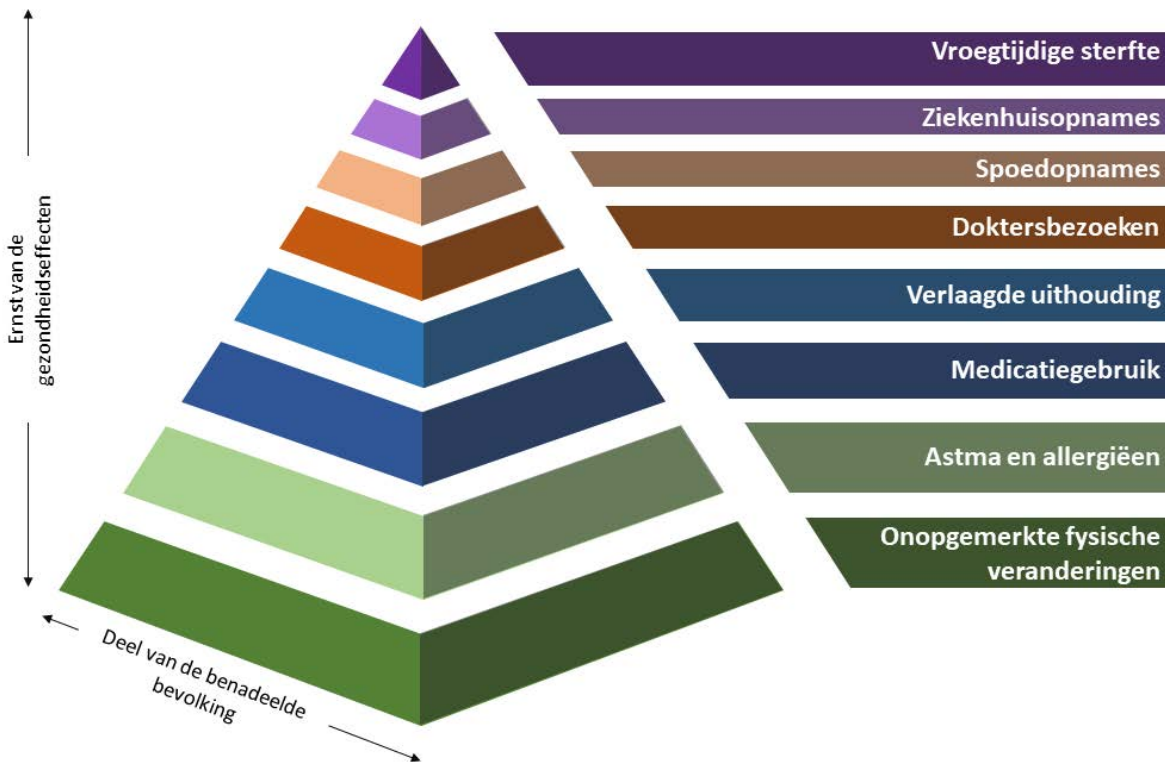
#### Verschillende parameters voor toetsing impact op gezondheid

In wat voorafgaat, worden de pollutieconcentraties in Vlaanderen getoetst aan de advieswaarden van de Wereldgezondheidsorganisatie (WGO). Deze advieswaarden zijn gebaseerd op gezondheidsstudies en bepalen de concentraties waaronder de impact op de gezondheid beperkt is.

#### Slechte lucht leidt tot heel wat gezondheidsklachten

Luchtvervuiling kan leiden tot diverse gezondheidsklachten van uiteenlopende aard en ernst. Hoge concentraties van vervuilende stoffen leiden tot acute effecten. Zo induceren ozonpieken respiratoire effecten, longfunctievermindering en een verhoogde hospitalisatie van personen ouder dan 65 jaar<sup>3</sup>. Hoge concentraties van stikstofdioxide doen het aantal astma-aanvallen en ziekenhuisopnames toenemen. Chronische blootstelling aan lagere concentraties hebben echter ook een grote impact. Hierbij denken we aan chronische luchtweginfecties met hospitalisatie tot gevolg. Ook cardiovasculaire aandoeningen worden toegeschreven aan een slechte luchtkwaliteit. Verder heeft luchtvervuiling een nadelig effect op zwangere vrouwen en op het geboortegewicht van hun baby's. Naast deze ziektes of aandoeningen (morbiditeit) kan er ook vroegtijdige sterfte optreden (mortaliteit). Figuur 1.11 toont dat vroegtijdige sterftes het 'topje van de ijsberg' zijn van de gezondheidsimpact van luchtvervuiling.

Figuur 1.11: Piramide van gezondheidseffecten door luchtvervuiling (Kunzli et al)<sup>4</sup>



<sup>3</sup> Buekers J. & Int Panis L. (2013), *Gezondheidsindicator blootstelling aan verhoogde ozonconcentraties*, studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA, MIRA/2013/13, VITO, VITO/2014/MRG/49.

<sup>4</sup> Kunzli N, Perez L, & Rapp R (2010) *Air quality and health*, Lausanne: European Respiratory Society, 66. ISBN 978-1-84984-008-8



### Enkel berekeningen voor vroegtijdige sterfte door NO<sub>2</sub>, PM<sub>2,5</sub> en ozon

Hier beschouwen we enkel vroegtijdige sterfte en geen andere gezondheidseffecten. Een vroegtijdige sterfte betreft het overlijden van een persoon voor de verwachte leeftijd. Deze levensverwachting is afhankelijk van onder meer het land waarin men leeft en het geslacht. Door een verbetering van de luchtkwaliteit, met dus lagere concentraties van NO<sub>2</sub>, PM<sub>2,5</sub> of ozon, kunnen deze vroegtijdige sterftes verminderd worden.

De berekeningen zijn gebaseerd op onder meer sterftcijfers per leeftijdscategorie. De huidig beschikbare cijfers zijn de sterftcijfers van 2017. Voor de concentraties van NO<sub>2</sub>, PM<sub>2,5</sub> en ozon werden modelberekeningen van RIO gebruikt. We gebruikten hoofdzakelijk de dosis-responsrelaties uit de meest recente studies van de WGO<sup>5</sup>. Als kanttekening geven we mee dat dit een inschatting betreft. Er zitten onzekerheden op de modelberekeningen en op de gehanteerde dosis-responsrelaties. De impact van verschillende gehanteerde dosis-reponsrelaties, drempelconcentraties en het aangeven van een boven- en ondergrens van 95 % betrouwbaarheid op deze sterftcijfers illustreren dit, zie Figuur 1.12.

### Toenemend gezondheidseffect door NO<sub>2</sub>

Recente studies tonen aan dat lage NO<sub>2</sub>-concentraties een grotere impact hebben op de gezondheid dan eerder gedacht<sup>6,7</sup>. Tot voor kort werden de gezondheidseffecten van NO<sub>2</sub> berekend vanaf jaargemiddelde concentraties hoger dan 20 µg/m<sup>3</sup>. Uit recente studies<sup>7</sup> blijkt dat deze 'drempelconcentratie' (C<sub>0</sub>) vermoedelijk nog te hoog is. De laagste concentratie waaronder geen gezondheidseffecten vastgesteld zijn is volgens de WGO 10 µg/m<sup>3</sup><sup>8</sup>. Voor Vlaanderen heeft dit een grote impact want Noordwest-Europa is een *hotspot* voor NO<sub>2</sub>.

Naast de aanbevolen dosis-respons relatie voor NO<sub>2</sub> van de WGO werd ook een dosis-responsrelatie uit een recentere studie in het UK gebruikt<sup>9</sup>. Hier hanteren ze een drempel van 5 µg/m<sup>3</sup>. De NO<sub>2</sub>-concentraties in Vlaanderen zijn echter steeds hoger dan deze drempel. De drie berekende resultaten voor de vroegtijdige overlijdens door NO<sub>2</sub> tonen echter de onzekerheden aan die gepaard gaan met dit soort berekeningen.

Voor NO<sub>2</sub> wordt geschat dat er een overlap is van 33 % met de gezondheidseffecten van PM<sub>2,5</sub>. De recente studie uit de UK hanteert een overlap van 20 %. In die zin werd een correctie uitgevoerd op deze vroegtijdige sterftes. Bovendien wijzen recente wetenschappelijke bevindingen uit 2018<sup>10</sup> op het feit dat deze sterftes veroorzaakt door NO<sub>2</sub> en fijn stof erg moeilijk te scheiden zijn. Bijgevolg kan men de vroegtijdige sterftes veroorzaakt door NO<sub>2</sub> en fijn stof niet zomaar optellen.

### PM<sub>2,5</sub> heeft grootste gezondheidsimpact

Er bestaan verschillende fracties van fijn stof. Over het algemeen wordt aan PM<sub>2,5</sub> de grootste gezondheidsimpact toegekend. Voor de berekening van de vroegtijdige overlijdens door PM<sub>2,5</sub> hanteerden we twee drempelconcentraties namelijk 0 µg/m<sup>3</sup> en 2,5 µg/m<sup>3</sup>. De PM<sub>2,5</sub>-concentraties in Vlaanderen vallen

<sup>5</sup> WHO (2013b) Health risks of air pollution in Europe –HRAPIE project – <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2013/health-risks-of-air-pollution-in-europe-hrapie-project.-recommendations-for-concentrationresponse-functions-for-costbenefit-analysis-of-particulate-matter,-ozone-and-nitrogen-dioxide>

<sup>6</sup> WHO (2013a) Review of evidence on health aspects of air pollution–REVIHAAP project: final technical report – <http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2013/review-of-evidence-on-health-aspects-of-air-pollution-revihaap-project-final-technical-report>

<sup>7</sup> European Environment Agency, Air quality in Europe, 2017 report

<sup>8</sup> Héroux et al, 2015, *Quantifying the health impacts of ambient air pollutants: recommendations of a WHO/Europe project*

<sup>9</sup> Committee on the medical effects of air pollutants (COMEAP), 2018, *Associations of long-term average concentrations of nitrogen dioxide with mortality*

<sup>10</sup> Atkinsons et al, 2018 *Long-term concentrations of Nitrogen dioxide and Mortality: a Meta-analysis of Cohort Studies*

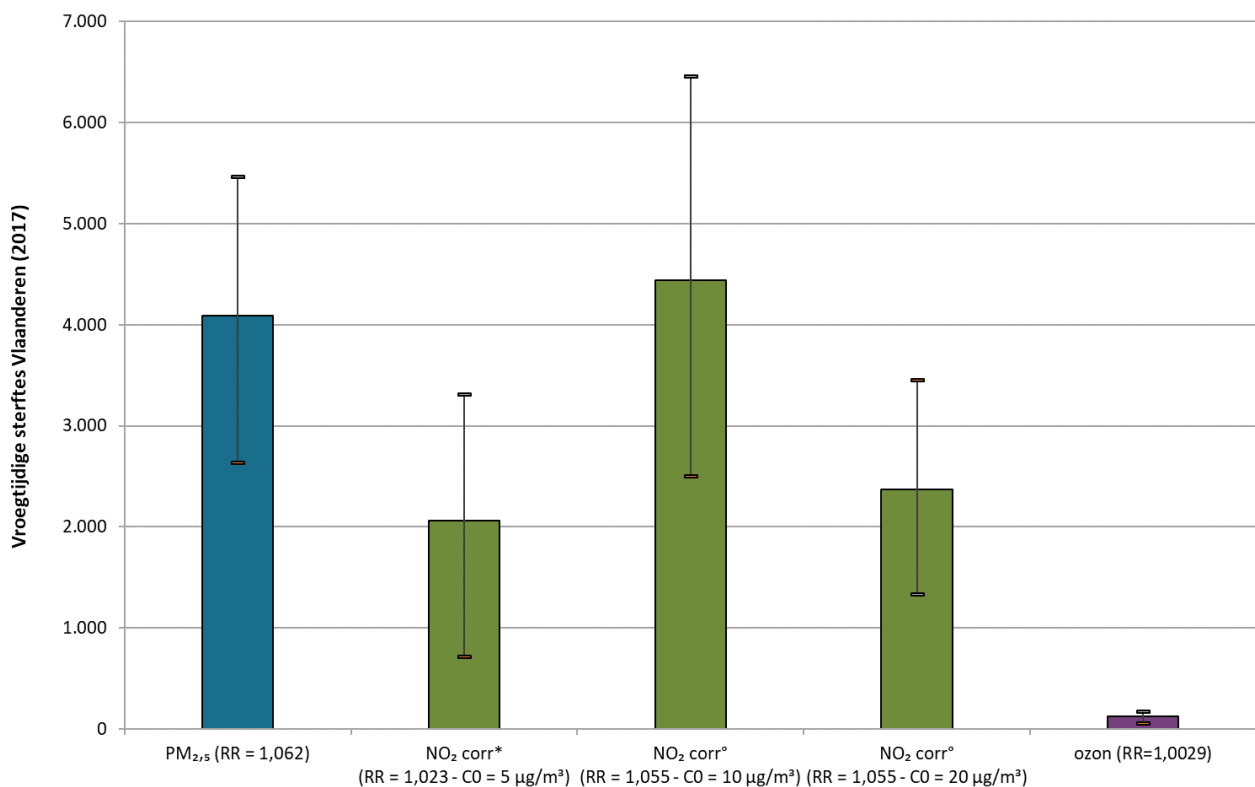


echter nooit onder deze drempels. Het aantal berekende vroegtijdige sterftes blijft daarom gelijk voor beide drempels.

### Luchtvervuiling zorgt voor vroegtijdige sterftes

Het aantal vroegtijdige overlijdens in 2017 in Vlaanderen door PM<sub>2,5</sub> wordt geschat op zo'n 4.100 en deze voor ozon op een 100-tal. Het aantal vroegtijdige sterftes door NO<sub>2</sub> in 2017 in Vlaanderen bedraagt, afhankelijk van de gehanteerde dosis-respons functie en drempel, 2.100 tot 4.400 personen. Bij interpretatie van deze cijfers moeten de onzekerheden die gepaard gaan met deze berekeningen en het feit dat de vroegtijdige sterftes door NO<sub>2</sub> en fijn stof niet zomaar opgeteld kunnen worden, in beschouwing genomen worden.

Figuur 1.12: Vergelijking tussen vroegtijdige sterftes door PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>2</sub> en ozon in 2017



NO<sub>2</sub>: verschillende dosis-response relaties (RR) en verschillende drempelconcentraties (CO) waaronder geen gezondheidseffecten ingerekend worden.

Er gebeurde een correctie voor de overlap met gezondheidseffecten van PM<sub>2,5</sub>: \*: reductie met 20 % - °: reductie met 33 %.

zwarte lijn: bovenste en onderste grens van 95 % betrouwbaarheidsinterval

## 1.4 Conclusies

### Bijna volledige bevolking blootgesteld aan teveel fijn stof

Modellen schatten dat in 2018 meer dan 80 % van de bevolking woont in een gebied met een te hoog jaargemiddelde voor PM<sub>10</sub>. Dit percentage loopt op tot 97 % als we het aantal dagen met hoge fijnstofwaarden in beschouwing nemen. Ook voor PM<sub>2,5</sub> zijn de doelstellingen van het WGO nog niet in zicht:



meer dan 99 % woonde in een gebied met overschrijding van de jaaradvieswaarde, voor de dagadvieswaarde liep dit percentage op tot 100 %. De blootstelling is het hoogst in de omgeving van de Gentse Kanaalzone en de Antwerpse haven.

### **Blootstelling bevolking aan fijn stof daalt**

De concentraties zakken gestaag waardoor de bevolking momenteel blootgesteld wordt aan concentraties die beduidend lager liggen dan in 1997. Ook zijn er steeds minder dagen met hoge fijnstofwaarden. Echter, de WGO-advieswaarden zijn nog steeds ver buiten bereik.

### **Stikstofdioxide te hoog op verkeersdrukke plaatsen. Dalende trend stagneert**

Vooraf voor de Antwerpse agglomeratie en de Antwerpse haven berekent het model hoge NO<sub>2</sub>-concentraties. Verder zijn de snelwegen, de Gentse Kanaalzone, de Gentse agglomeratie en de overige centrumsteden duidelijk zichtbaar. Het model schat dat 0,8 % van de bevolking woont in een gebied hoger dan de WGO-advieswaarde van 40 µg/m<sup>3</sup>. Nemen we het streefdoel van 20 µg/m<sup>3</sup> uit het ontwerp van Luchtbeleidsplan 2030 van de Vlaamse Overheid als referentiekader dan was in 2018 ruim één derde van de bevolking blootgesteld aan te hoge concentraties.

### **Iedere Vlaming woont in een regio met teveel ozon. Blootstelling blijft hoog**

In Vlaanderen woonde er tot nog toe niemand in een regio die de WGO-advieswaarde voor ozon haalt. Ook in 2018 zijn we ver van die doelstelling verwijderd. Het aandeel van de bevolking blootgesteld aan hogere ozonconcentraties varieert sterk van jaar tot jaar, we zien dus geen dalende trend. Er is wel een regionaal verschil met het hoogste aantal overschrijdingsdagen in Limburg en het minste in West-Vlaanderen en op de as Brussel-Antwerpen. 2018 was echter een slecht ozonjaar. Hierdoor was de blootstelling ook in West-Vlaanderen heel hoog.

### **Verhoogd kankerrisico voor zware metalen, benzeen en PAK's**

Dit zien we voor arseen en nikkel in bepaalde aandachtsgebieden maar ook voor benzeen en benzo(a)pyreen. Als de concentraties van deze stoffen constant blijft in de tijd dan is er lokaal een verhoogd kankerrisico. Volgens het Agentschap Zorg en Gezondheid is dit gezondheidkundig niet verwaarloosbaar.

### **Luchtvervuiling zorgt voor vroegtijdige sterftes door PM<sub>2,5</sub>, ozon en NO<sub>2</sub>**

Voor PM<sub>2,5</sub> wordt dit geschat op zo'n 4.100 en voor ozon op een 100-tal. Voor NO<sub>2</sub> bedroeg dit, afhankelijk van de gehanteerde dosis-respons functie en drempel, 2.100 tot 4.400 personen.

We gebruikten de meest recent beschikbare sterftcijfers van 2017. Door een verbetering van de luchtkwaliteit, met dus lagere concentraties van NO<sub>2</sub>, PM<sub>2,5</sub> of ozon, kunnen deze vroegtijdige sterftes verminderd worden.



## 2 EFFECTEN OP ECOSYSTEMEN

### 2.1 Inleiding

#### **Biodiversiteit staat onder druk**

Biodiversiteit is volgens de Europese biodiversiteitsstrategie voor 2020<sup>11</sup> essentieel voor alle leven op aarde. De verscheidenheid aan ecosystemen, soorten en genen is niet alleen belangrijk op zich, maar voorziet de samenleving ook van een brede waaier aan ecosystemendiensten die essentieel zijn voor onze economie en welzijn, zoals zoet water, gewasbestuiving en bescherming tegen overstromingen. De biodiversiteit staat onder druk door factoren als habitatverlies, overexploitatie, invasieve soorten, bestrijdingsmiddelen en klimaatverandering. Maar ook luchtverontreiniging heeft een grote impact op de ecosystemen.

#### **Luchtverontreiniging heeft negatieve invloed op vegetatie en biodiversiteit**

In dit hoofdstuk bespreken we de impact van ozon en verzurende en vermestende stoffen op ecosystemen. Naast koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>) nemen planten ook gassen zoals ozon (O<sub>3</sub>), zwaveldioxide (SO<sub>2</sub>), stikstofdioxide (NO<sub>x</sub>) en ammoniak (NH<sub>3</sub>) op uit de lucht. Dit kan schadelijke effecten hebben op de vegetatie. De uitstoot van SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> en NH<sub>3</sub> leidt tot de verzuring van bodem en water en de vermesting van gevoelige habitats, met negatieve effecten op ecosystemen en de biodiversiteit.

#### **Zomersmog (ozon) beschadigt vegetatie, inclusief landbouwgewassen**

Via de huidmondjes in de bladeren nemen planten ozon op. Dit leidt tot chemische reacties binnen de plant waarbij schade wordt aangebracht. De schadelijke effecten kunnen zich voordoen op korte termijn, maar zijn meestal het gevolg van een langdurige, geaccumuleerde blootstelling aan verhoogde ozonconcentraties tijdens het groeiseizoen. Mogelijke effecten zijn beschadigingen van het blad, vermindering van de biomassa, vermindering van de gewasopbrengst (kwalitatief en kwantitatief), ... .

#### **Stikstof heeft verzurende en vermestende effecten, zwavel werkt enkel verzurend**

De uitstoot van SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> en NH<sub>3</sub> noemen we samen de potentieel verzurende emissie. We gebruiken de term 'potentieel' omdat het verzurende effect ook afhangt van processen in de bodem en het (oppervlakte)water. Verder in dit rapport vermelden we 'potentieel' niet meer. De uitstoot van NO<sub>x</sub> en NH<sub>3</sub> noemen we samen de stikstofemissie. Stikstof heeft dus zowel een verzurend als een vermestend effect.

Na emissie verspreiden stoffen zich via de lucht en komen zo op de aarde terecht. Dit noemen we depositie. Figuur 2.1 toont dat dit op twee manieren gebeurt:

- natte depositie: aanvoer van stoffen via regen, sneeuw of hagel. De luchtverontreiniging is dan opgelost in de neerslag;
- droge depositie: aanvoer van gassen en deeltjes tijdens droge periodes. Dit omvat ook de directe opname van gassen door de huidmondjes van bladeren.

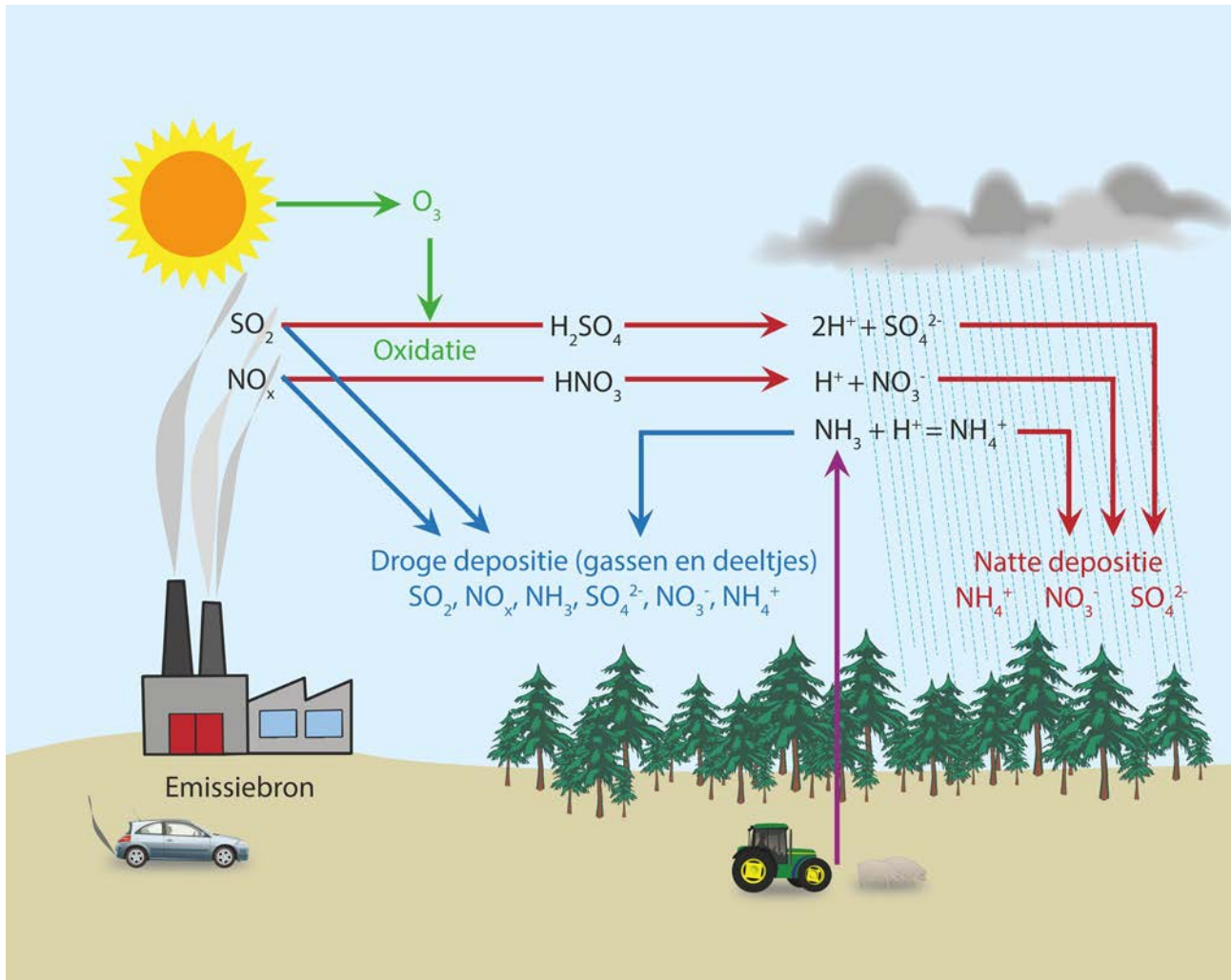
---

<sup>11</sup> EU (2011). De biodiversiteitsstrategie van de EU voor de periode tot 2020 – [http://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/biodiversity\\_2020/2020%20Biodiversity%20Factsheet\\_NL.pdf](http://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/biodiversity_2020/2020%20Biodiversity%20Factsheet_NL.pdf)



De som van natte en droge depositie noemen we de totale atmosferische depositie.

Figuur 2.1: Omzettingen van de gasen NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub> en SO<sub>2</sub> tot droge en natte verzurende en vermistende depositie



### Verzuring heeft negatieve invloed op bodem- en waterkwaliteit

Verzuring is de toename van de zuurconcentratie in bodem en water. Hierdoor daalt de buffercapaciteit van de bodem en worden op termijn giftige metalen zoals aluminium vrijgesteld. Dit bemoeilijkt de opname door plantenwortels van essentiële voedingsstoffen zoals kalium, calcium en magnesium. Verzuring leidt ook tot waterverontreiniging door het uitspoelen van nitraat en metalen naar het oppervlakte- en grondwater. Uit langetermijnonderzoek door het INBO in 5 Vlaamse bossen blijkt dat de daling van de verzurende depositie heeft gezorgd voor een beperkt herstel van de bodemwaterkwaliteit. Toch is de bodemverzuring niet gestopt en blijven nitraat en andere voedingsstoffen uitspoelen uit de bodem<sup>12</sup>. Verzurende deposities veroorzaken ook corrosie van materialen en een versnelde verwerking van gebouwen.

<sup>12</sup> Verstraeten A. (2018). *Evolutie van de chemische samenstelling van de bodemoplossing in Vlaamse bossen onder dalende atmosferische depositie*. Doctoraats thesis, Universiteit Gent

### **Vermesting verstoort ecologische processen**

Vermesting ontstaat door een overmaat aan voedingsstoffen. Het overschot wordt niet opgenomen door planten, maar komt in het bodem-, oppervlakte- en grondwater terecht waardoor het natuurlijke kringlopen en ecologische processen verstoort. De belangrijkste voedingsstoffen betrokken bij vermisting zijn stikstof, fosfor en kalium. Deze elementen zijn van nature maar beperkt aanwezig in de omgeving, maar menselijke activiteiten zoals het gebruik van meststoffen, afvalwaterlozingen, verbrandingsprocessen en het storten van huishoudelijk afval en waterzuiveringsslib veroorzaken een grote, bijkomende toevoer. In de omgevingslucht zijn de concentraties van fosfor en kalium verwaarloosbaar en is enkel stikstof relevant. Voor het thema vermisting worden fosfor en kalium hier daarom niet verder besproken, enkel stikstof.

### **Verzuring en vermisting tasten ecosystemen aan en verminderen biodiversiteit**

Door bodemverzuring gaan voedingsstoffen verloren en komen giftige stoffen in oplossing. Hierdoor kunnen planten onder meer vatbaarder worden voor ziekten en minder gemakkelijk kiemen. Hoewel stikstof een essentiële voedingsstof is, heeft teveel stikstof negatieve effecten op natuurlijke ecosystemen. Veel plantensoorten groeien van nature in vrij voedselarme condities. Bij een overmaat aan stikstof verdwijnen of verminderen deze soorten door competitie met snelgroeiende soorten zoals grassen. Zo kan bijvoorbeeld heide vergrassen door het toenemen van soorten zoals pijpenstrootje. Een grote stikstofbeschikbaarheid kan ook de gevoeligheid van planten verhogen voor abiotische en biotische stress<sup>13</sup>. Vermesting leidt op termijn dus tot veranderingen in de vegetatie. Dit heeft op zijn beurt gevolgen voor de fauna en ten slotte voor het globale functioneren van ecosystemen.

### **Minder stikstofdepositie is noodzakelijk voor instandhouding biodiversiteit in Vlaanderen**

Om de achteruitgang in de status van soorten en habitats tot stilstand te brengen, is het essentieel dat ingezet wordt op de Europese vogel- en habitatrichtlijn<sup>14,15</sup> als ruggengraat van het natuurbeleid. De habitatrichtlijn vereist dat alle lidstaten de achteruitgang van de natuurkwaliteit stoppen en de instandhoudingsdoelstellingen behalen. In veel Vlaamse Natura 2000-gebieden vormt vermisting en verzuring door een te hoge stikstofdepositie een probleem, naast factoren als versnippering en verdroging. Voor een effectief instandhoudingsbeleid is een daling van de stikstofbelasting noodzakelijk. De Vlaamse Regering heeft daarom in 2014 besloten om over te gaan tot een programmatische aanpak van de stikstofproblematiek (PAS).

## **2.2 Ozon**

### **Hoe bepalen we ozonschade aan vegetatie?**

Om de schadelijke impact van ozon op vegetatie te bepalen zijn er twee indicatoren in gebruik. De eerste indicator is de AOT40ppb-vegetatie. Deze indicator is gebaseerd op de blootstelling aan de ozonconcentraties boven het plantoppervlak gecumuleerd over het groeiseizoen en wordt behandeld in [Deelrapport II, Hoofdstuk 5: Ozon](#).

Een tweede indicator is de fytotoxische ozondosis of de geaccumuleerde stomatale opname van ozon boven een bepaalde drempelwaarde  $Y$  ( $POD_Y$ ). Dit noemen we de ozondosis. Deze indicator accumuleert de ozon die wordt opgenomen via de huidmondjes (stomata) van de plant tijdens een bepaalde periode of groeiseizoen. De huidmondjes reageren verschillend onder invloed van de weersomstandigheden, het licht,

<sup>13</sup> Abiotische stress is de negatieve impact door milieufactoren zoals vorst en droogte. Biotische stress is te wijten aan levende organismen zoals bacteriën, virussen, insecten, enzovoort.

<sup>14</sup> Vogelrichtlijn (2009/147/EG) van 30 november 2009 inzake het behoud van de vogelstand

<sup>15</sup> Habitatrichtlijn (92/43/EEG) van 21 mei 1992 inzake de instandhouding van de natuurlijke habitats en de wilde flora en fauna



de bodem- en luchtvochtigheid en het stadium van het groeiproces. Bij droge en warme omstandigheden bijvoorbeeld zullen de huidmondjes sluiten om vochtverlies tegen te gaan waardoor de plant minder ozon opneemt. Dit zijn net periodes waar de ozonconcentraties over het algemeen hoog zijn.

De ozondosis wordt beschouwd als een betere indicator voor het bepalen van de ozonschade aan vegetatie dan de AOT40<sub>ppb</sub>-vegetatie. De ozondosis geeft een inschatting van de hoeveelheid ozon die de plant effectief opneemt en die dus schade berokkent binnen de plant zelf. Hiermee houdt de AOT40<sub>ppb</sub>-indicator geen rekening. Het berekenen van de ozondosis is wel ingewikkelder en vereist meer kennis over de meteorologie en de fenologie van de plant. De berekening kan gebeuren voor specifieke gewassen of een generiek vegetatietype. Hier gebruiken we de generieke methode (POD<sub>γ</sub>IAM, *Integrated Assessment Models*) voor gewassen en loofbos. Dit levert het potentieel maximale effect op in het worst case scenario.

### **Ozon heeft negatieve effecten op de opbrengst van gewassen**

Figuur 2.2 en Figuur 2.3 tonen de ozondosis voor de generieke vegetatietypes gewassen en loofbos. Voor gewassen werden de parametrisaties afgeleid van tarwe. Dit gewas is het meest gevoelig voor ozon. Volgens de laatste wetenschappelijke inzichten werd een kritiek niveau van 7,9 mmol/m<sup>2</sup> bladoppervlak bepaald<sup>16</sup>. Als effectparameter wordt de graanopbrengst beschouwd. Het kritiek niveau komt overeen met een mogelijk opbrengstverlies voor graan van 5 %. Uit het resultaat van de ozondosis voor gewassen blijkt dat in 2018 heel Vlaanderen negatieve effecten ondervond van ozon. Het oosten van Vlaanderen kende de grootste ozondosissen. De ozondosis geeft voor de impact van ozon op vegetatie een duidelijk negatiever beeld dan de AOT40<sub>ppb</sub> indicator van de Europese wetgeving, zie [Deelrapport II, Hoofdstuk 5: Ozon](#).

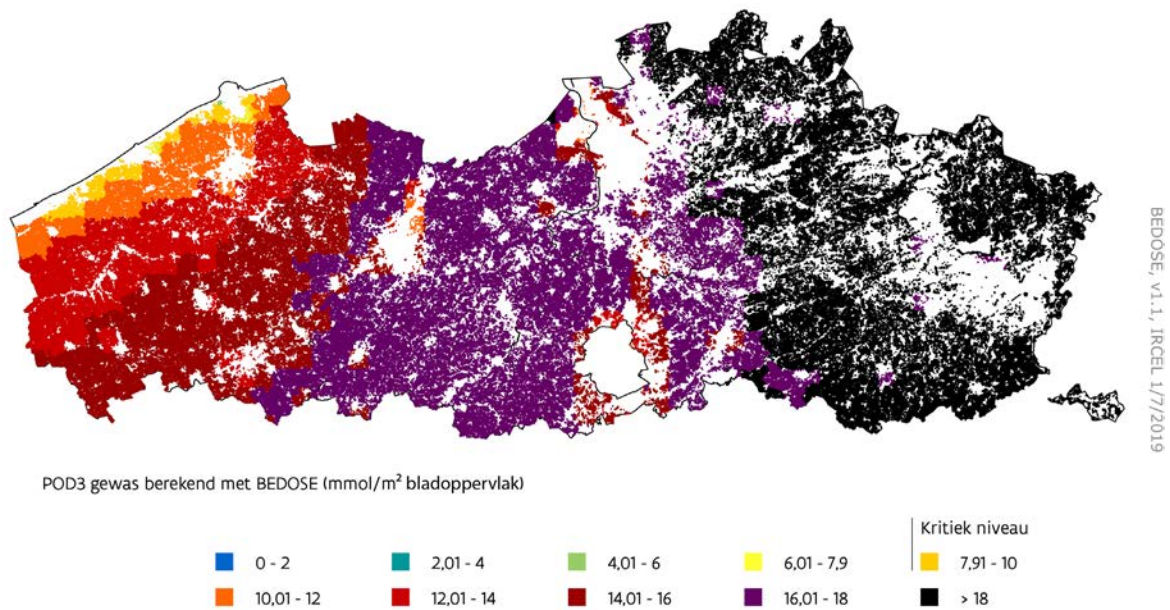
### **Ozon heeft negatieve effecten op de biomassa-aangroei van loofbossen**

Voor loofbos zijn de generieke parametrisaties bepaald op basis van beuk, berk en eik. Volgens de laatste wetenschappelijke inzichten werd een kritiek niveau van 5,7 mmol/m<sup>2</sup> bladoppervlak bepaald. Als effectparameter wordt de totale biomassa beschouwd. Het kritiek niveau komt overeen met een mogelijke vermindering van de jaarlijkse biomassa-aangroei van 4 %. Uit het resultaat van de ozondosis voor loofbos is het duidelijk dat in 2018 de bossen in heel Vlaanderen negatieve effecten hebben ondervonden van ozon. De ozondosiswaarden liggen in heel Vlaanderen ruim boven het kritieke niveau. Het oosten van Vlaanderen kende de grootste ozondosissen. In verstedelijkt gebied zijn de ozondosissen lager door de lagere ozonconcentraties. Uit resultaten van het EMEP-model blijkt dat loofbossen over bijna heel Europa schade ondervinden van te hoge ozonconcentraties.

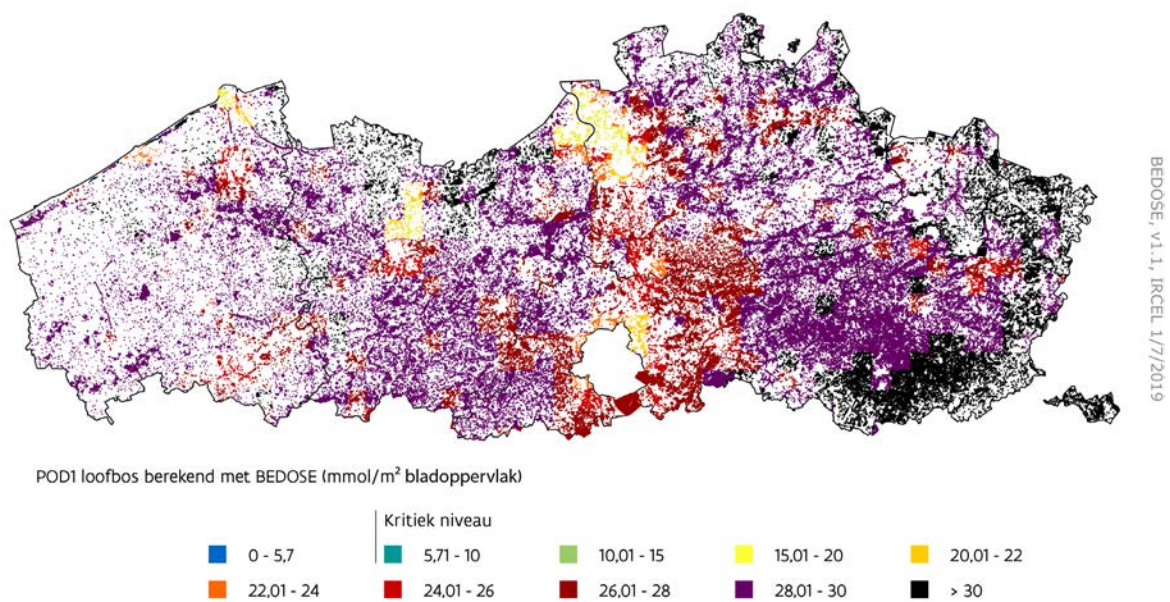
---

<sup>16</sup> CLRTAP, 2017. *Guidance on mapping concentrations levels and deposition levels, Chapter 3 of Manual on methodologies and criteria for modelling and mapping critical loads and levels and air pollution effects, risks and trends. UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution*; accessed on 01/08/2018 at <http://www.icpmapping.org>

Figuur 2.2: POD3 voor het generieke vegetatietype gewas in 2018



Figuur 2.3: POD1 voor het generiek vegetatietype loofbos in 2018





## 2.3 Zwaveldioxide, stikstofoxiden en ammoniak

### **Kritieke niveaus voor SO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> voor de bescherming van de vegetatie gerespecteerd**

Richtlijn 2008/50/EG geeft kritieke niveaus voor SO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> voor de bescherming van de vegetatie. In Vlaanderen zijn er strikt genomen geen gebieden waarop deze kritieke niveaus van toepassing zijn omwille van de dichte bebouwing, het uitgebreide wegennet en de verspreide industrie.

Een aantal meetplaatsen voldoet bij benadering aan de criteria voor de zones waar deze kritieke niveaus gelden. Voor SO<sub>2</sub> gaat het om 3 meetplaatsen met automatische monitoren en 9 plaatsen met passieve samplers. Het jaargemiddelde op deze 12 plaatsen was 1 tot 2 µg/m<sup>3</sup> in 2018. Het kritieke niveau voor SO<sub>2</sub> voor de bescherming van de vegetatie (20 µg/m<sup>3</sup>) over het jaar en het winterseizoen werd in 2018 ruimschoots gerespecteerd.

Voor NO<sub>x</sub> waren er 8 meetplaatsen met automatische monitoren die de zones benaderen waarop het kritieke niveau van toepassing is en 9 meetplaatsen met passieve samplers. De NO<sub>2</sub>-metingen met passieve samplers worden omgezet naar NO<sub>x</sub>-concentraties met omzettingfactoren op basis van het telemetrisch meetnet. Het jaargemiddelde voor NO<sub>x</sub> op deze 17 meetplaatsen lag in 2018 tussen 9 en 26 µg/m<sup>3</sup>. Al deze meetplaatsen respecteerden in 2018 dus het kritieke niveau voor NO<sub>x</sub> voor de bescherming van de vegetatie (30 µg/m<sup>3</sup>).

### **Kritiek niveau voor NH<sub>3</sub> voor de bescherming van hogere plantensoorten gehaald op 7 meetplaatsen**

Voor NH<sub>3</sub> zijn kritieke niveaus voor de bescherming van de vegetatie bepaald in het kader van het verdrag over grensoverschrijdende luchtverontreiniging over lange afstand (UNECE-CLRTAP)<sup>17</sup>. Dit zijn aanbevelingen en geen wettelijke normen. In 2018 lag het jaargemiddelde voor NH<sub>3</sub> op 23 meetplaatsen tussen 1,8 en 8,0 µg/m<sup>3</sup>. Hiervan voldeden er 7 aan het kritieke niveau voor de bescherming van hogere plantensoorten, met inbegrip van heide, grasland en de kruidlaag van bossen (3 µg/m<sup>3</sup>). Het kritieke niveau voor de bescherming van (korst)mossen (1 µg/m<sup>3</sup>) werd op alle plaatsen overschreden.

## 2.4 Emissie en depositie van verzurende stoffen en stikstof

### 2.4.1 Algemeen

#### **Emissie en depositie bepalen de aanvoer van verzurende stoffen en stikstof op ecosystemen**

Dit deel behandelt de emissie in 2017 en de depositie in 2018. We bekijken vervolgens de evolutie vanaf het jaar 2000. Op basis van deze gegevens kunnen we de effecten van zwavel en/of stikstof op ecosystemen beoordelen. Dit gebeurt aan de hand van de overschrijding van kritische lasten en is samengevat in Figuur 2.14, zie paragraaf 2.4.6.

#### **Stikstof leidt tot verzurende en vermestende emissie/depositie, zwavel werkt enkel verzurend**

De emissie van SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> en NH<sub>3</sub> veroorzaakt (potentieel) verzurende depositie onder vorm van:

- gereduceerde stikstof (NH<sub>x</sub>): ammoniak (NH<sub>3</sub>) en ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>);
- geoxideerde stikstof (NO<sub>y</sub>): stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>), nitraat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) en nitriet (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>);
- zwavel: zwaveldioxide (SO<sub>2</sub>) en sulfaat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>);

<sup>17</sup> UNECE CLRTAP, United Nations Economic Commission for Europe - Convention on Long-range Transboundary Air Pollution

- halogeenzuren en organische zuren (niet gemeten; wel inbegrepen in de depositiemodellering). De verzurende emissie en depositie drukken we uit in zuurequivalenten.

De emissie van stikstof ( $\text{NO}_x$  en  $\text{NH}_3$ ) leidt tot de depositie van:

- gereduceerde stikstof ( $\text{NH}_x$ ): ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) en ammonium ( $\text{NH}_4^+$ );
- geoxideerde stikstof ( $\text{NO}_y$ ): stikstofoxiden ( $\text{NO}_x$ ), nitraat ( $\text{NO}_3^-$ ) en nitriet ( $\text{NO}_2^-$ );
- opgeloste organische stikstof (DON) (niet gemeten; wel inbegrepen in modellering).

De stikstofemissie en -depositie drukken we uit in de hoeveelheid stikstof.

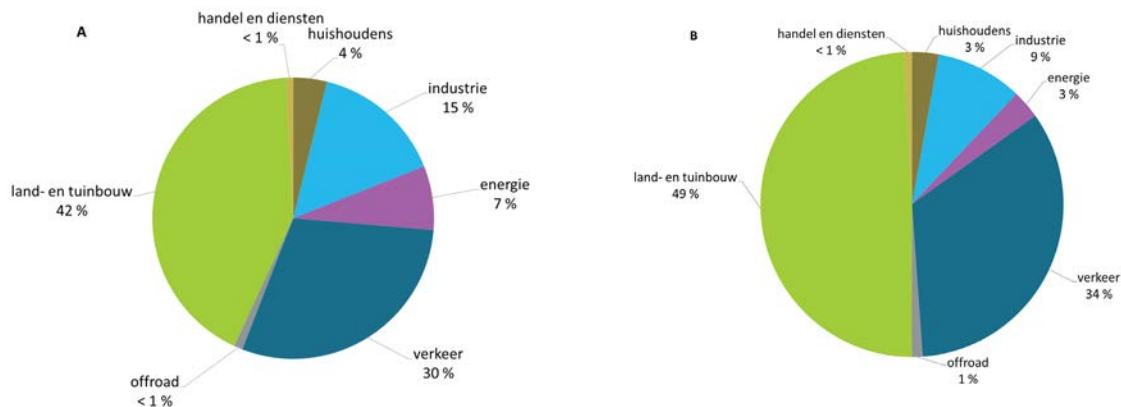
#### 2.4.2 Emissie van verzurende stoffen en stikstof in 2017

##### Land- en tuinbouw heeft het grootste aandeel, gevolgd door verkeer

In 2017 bedroeg de verzurende emissie  $6.228 \cdot 10^6$  potentiële zuurequivalenten. Dit was vooral te wijten aan de uitstoot van  $\text{NO}_x$  (45 %) en  $\text{NH}_3$  (40 %). De uitstoot van  $\text{SO}_2$  droeg in 2017 minder bij aan de verzurende emissie (15 %). De land- en tuinbouwsector vormde de grootste bron van verzurende emissie, door de uitstoot van  $\text{NH}_3$  en in mindere mate  $\text{NO}_x$ , gevolgd door verkeer (vooral  $\text{NO}_x$ ) en industrie (vooral  $\text{NO}_x$  en  $\text{SO}_2$ ), zie Figuur 2.4-A.

In 2017 werd 74.356 ton stikstof uitgestoten naar de lucht. Deze vermestende emissie gebeurde voor 52 % onder de vorm van  $\text{NO}_x$  en voor 48 % als  $\text{NH}_3$ . De land- en tuinbouwsector was de belangrijkste bron van stikstofemissie (49 %), gevolgd door verkeer (34 %). De overige sectoren samen stootten maar 17 % uit, zie Figuur 2.4-B.

Figuur 2.4: Aandeel van de verschillende sectoren in de verzurende (A) en vermestende (B) emissie in 2017 (%)



#### 2.4.3 Trend emissie van verzurende stoffen en stikstof tussen 2000 en 2017

##### Uitstoot verzurende stoffen is gehalveerd tussen 2000 en 2017

De totale verzurende emissie lag in 2017 50 % lager dan in 2000. Dit was vooral te danken aan een daling van de  $\text{SO}_2$ -emissies en in mindere mate van de  $\text{NO}_x$ -emissies, zie Figuur 2.5.



Figuur 2.5: Trend van NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> en SO<sub>2</sub> in de potentieel verzurende emissie tussen 2000 en 2017 (10<sup>6</sup> pot. Zeq/jaar)

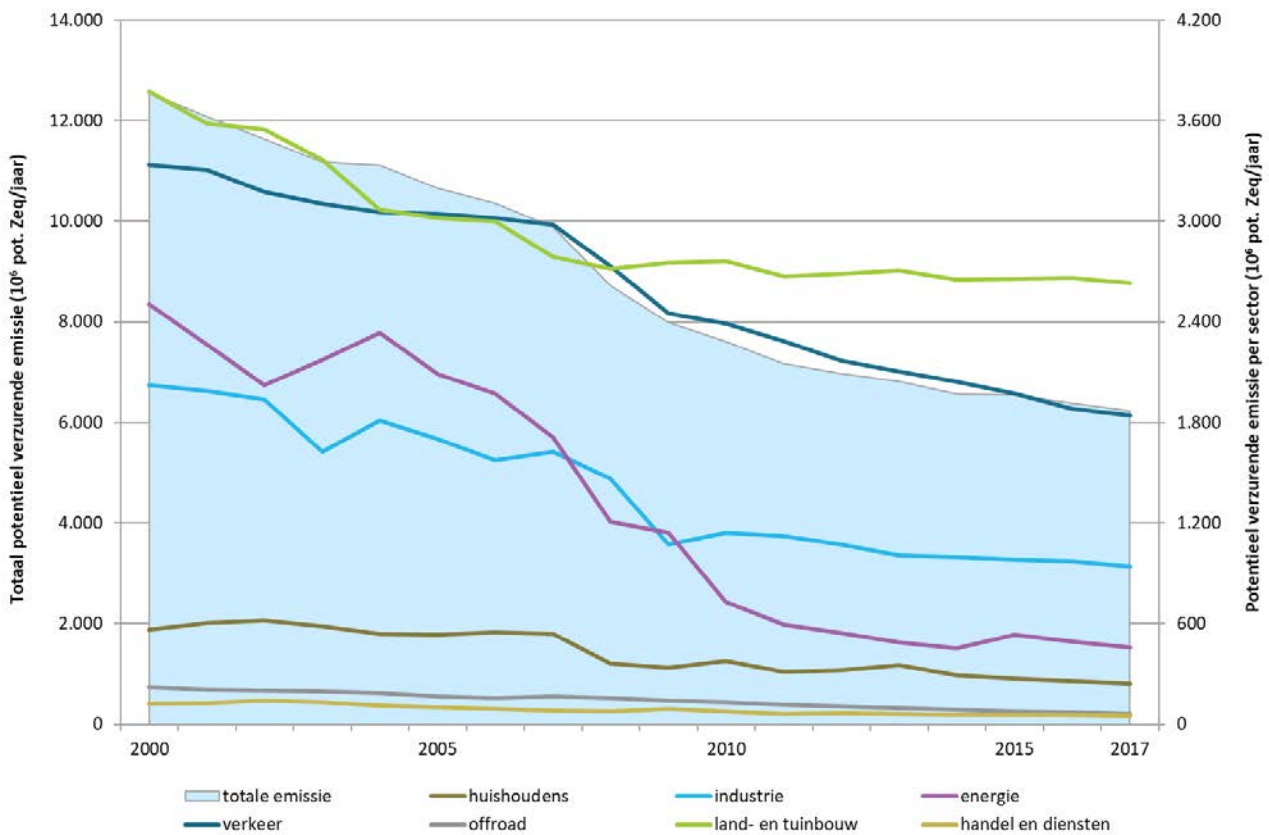


De emissie van stikstof door de land- en tuinbouw daalde tussen 2000 en 2007 en bleef daarna stabiel. Omdat de uitstoot van de andere sectoren wel verder afnam, zie Figuur 2.6, steeg het belang van de landbouw in de verzurende emissie na 2007. De emissies door verkeer daalden in de periode 2000-2017, maar namen in belang toe, vooral door de NO<sub>x</sub>-emissies. De sector energie was in 2000 een belangrijke bron van verzurende emissies, maar het belang ervan nam af door een daling van de SO<sub>2</sub>- en NO<sub>x</sub>-emissies bij de energiecentrales. Deze emissiedalingen zijn het gevolg van het verminderde stookolie- en steenkoolverbruik, wijzigingen in de gebruikte brandstoffen en technische maatregelen. De industrie is ook verantwoordelijk voor een belangrijk aandeel in de verzurende emissies, maar het aandeel bleef gelijkaardig over de jaren, zie in dit verband ook de hoofdstukken 2, 3 en 4 in [Deelrapport II](#) met informatie van de trends per verontreinigende stof.

Figuur 2.6 toont de trend van de potentieel verzurende emissie (linkeras) en de emissiecijfers per sector (rechteras).



Figuur 2.6: Trend potentieel verzurende emissie tussen 2000 en 2017 (10<sup>6</sup> pot. Zeq/jaar)

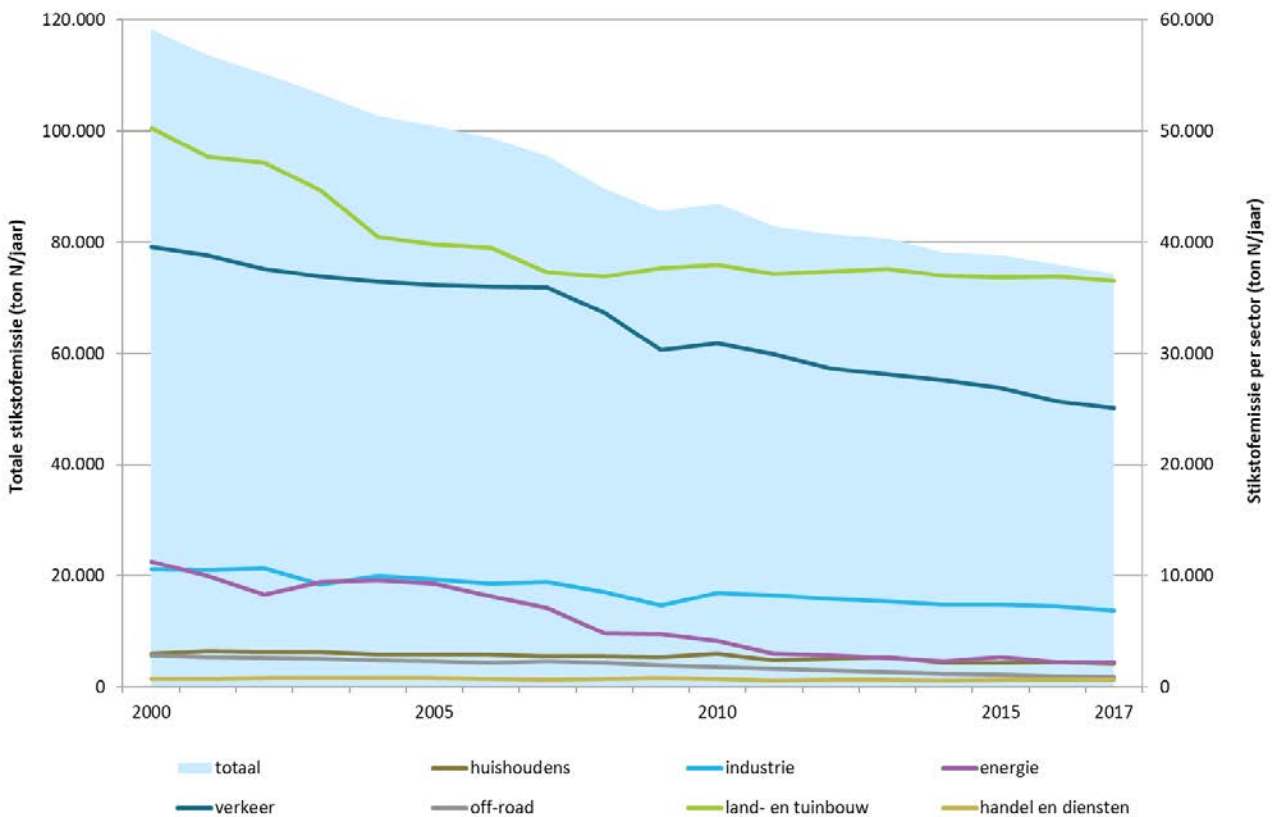


**Uitstoot stikstof is 37 % gedaald tussen 2000 en 2017**

De totale stikstofemissie daalde sterker tussen 2000 en 2008 dan in de daaropvolgende periode, zie Figuur 2.7. De stikstofuitstoot door de land- en tuinbouw nam af tussen 2000 en 2008 en bleef daarna vrij constant. Het aandeel van de land- en tuinbouw steeg hierdoor van 39 % in 2007 tot 49 % in 2017. De stikstofemissie door het verkeer nam jaar na jaar af tussen 2000 en 2017, met een uitgesproken daling van 2007 tot 2009. De bijdrage van het verkeer aan de stikstofemissie steeg tot 38 % in 2008 en daalde erna tot 34 % in 2017.



Figuur 2.7: Trend stikstofemissie tussen 2000 en 2017 (ton N/jaar)



#### 2.4.4 Depositie van verzurende stoffen en stikstof in 2018

De VMM bepaalt de depositie van verzurende stoffen en stikstof op basis van metingen en modelberekeningen.

##### Natte en droge depositie hangen deels af van de neerslaghoeveelheid

In 2018 lag de neerslag op de 9 meetplaatsen tussen 561 mm (Bonheiden) en 821 mm (Wingene). In Ukkel registreerde het KMI 650,2 mm neerslag in 2018, of 24 % minder dan de normale waarde (852,4 mm). Het KMI beoordeelde de hoeveelheid neerslag in 2018 als zeer abnormaal laag en de maanden mei en juni als uitzonderlijk droog. Meer informatie over de meteorologie in 2018 kan u raadplegen via [www.vmm.be/data/evaluatie-luchtkwaliteit](http://www.vmm.be/data/evaluatie-luchtkwaliteit).

De natte depositie van verzurende stoffen en stikstof is algemeen hoger als er meer neerslag is, maar het verband is niet lineair. Na een droge periode zal de concentratie in de neerslag vaak hoger zijn omdat er meer pollutanten in de lucht zweven. Dit geldt ook omgekeerd: meer neerslag zal luchtverontreiniging meer uitwassen. Daardoor zal er na een regenbui minder droge depositie zijn.

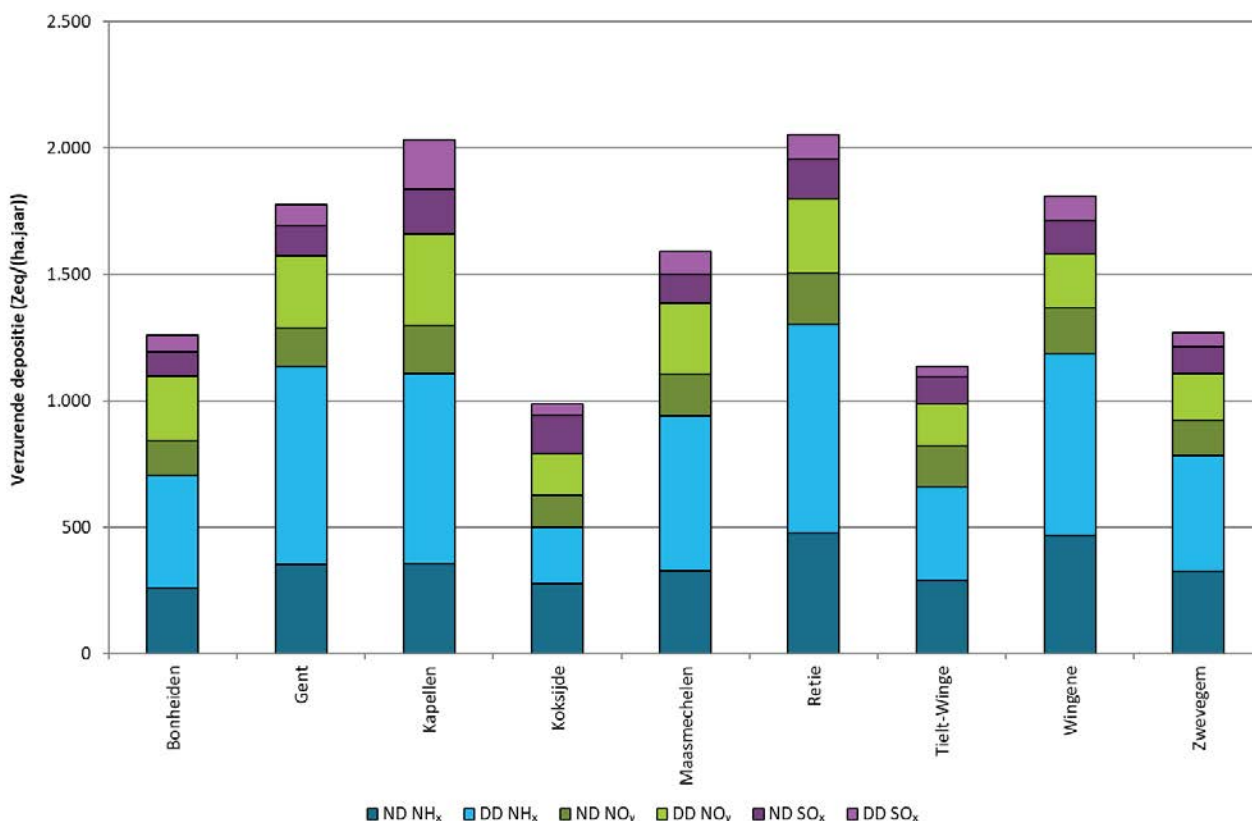
##### Natte en droge depositie variëren tussen meetplaatsen

Figuur 2.8 toont de verzurende depositie per meetplaats in 2018 als de som van de gereduceerde stikstof (NH<sub>x</sub>), geoxideerde stikstof (NO<sub>y</sub>) en zwavel (SO<sub>x</sub>). De donkere kleuren tonen de natte depositie, de lichte kleuren de droge depositie. De verzurende depositie bestaat uit de natte depositie (ND) van ammonium,



nitraat, nitriet en sulfaat en de droge depositie (DD) van voornamelijk  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_x$  en  $\text{SO}_2$ . De figuur toont de natte depositie van nitraat en nitriet samen (ND  $\text{NO}_y$ ) omwille van de beperkte bijdrage van nitriet. De deposities voor de 7 componenten afzonderlijk kan u raadplegen via [www.vmm.be/data/evaluatie-luchtkwaliteit](http://www.vmm.be/data/evaluatie-luchtkwaliteit).

Figuur 2.8: Verzurende depositie in 2018 via natte (ND) en droge depositie (DD) van  $\text{NH}_x$ ,  $\text{NO}_y$  en  $\text{SO}_x$  voor 9 meetplaatsen (Zeq/(ha.jaar))



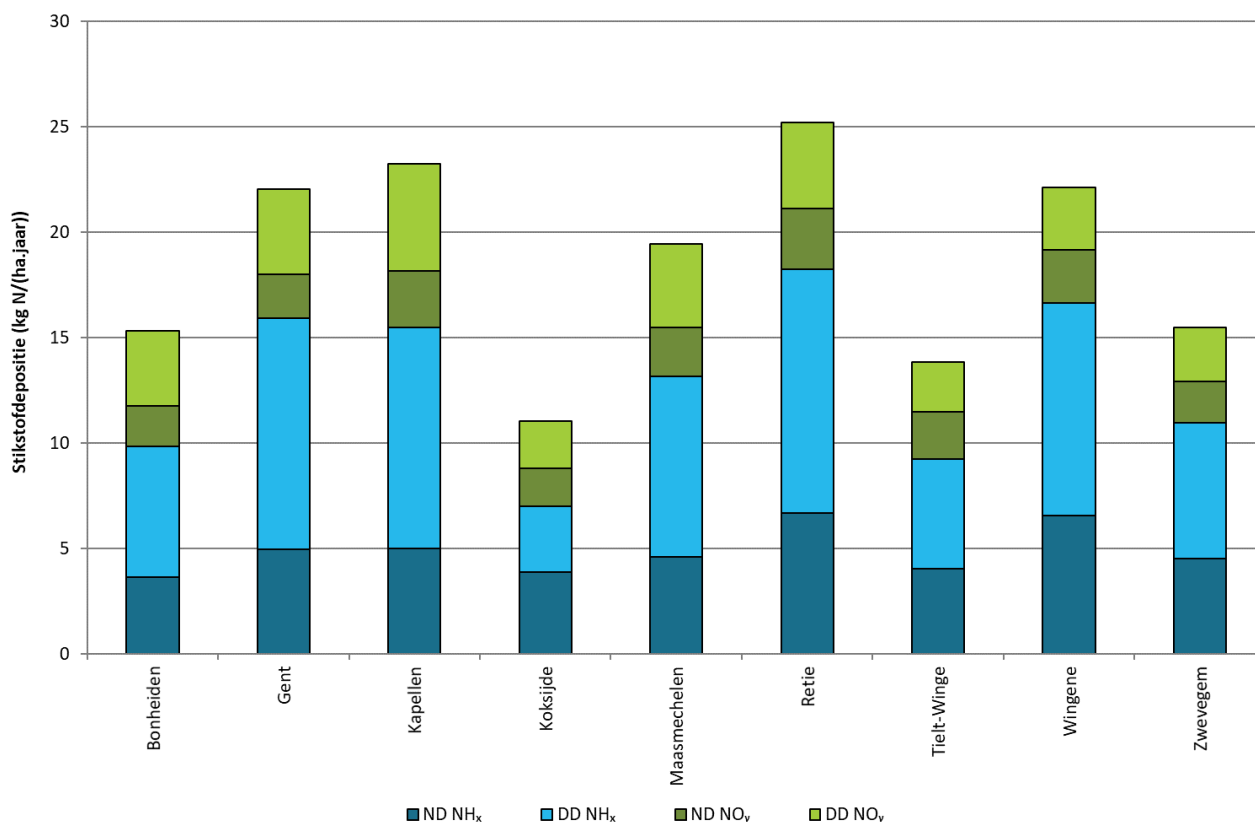
De verzurende depositie was in 2018 het hoogst op de meetplaatsen in Kapellen en Retie en het laagst in Koksijde. De relatieve aanvoer van verzurende stoffen via natte depositie (42 %) was gemiddeld lager dan via droge depositie (58 %), vermoedelijk door de lage hoeveelheid neerslag in 2018. De relatieve bijdrage van natte depositie aan de verzurende depositie varieerde van 35 % in Gent tot 57 % in Koksijde.

De *natte* verzurende depositie was het hoogst op de meetplaats in Retie en het laagst in Bonheiden. De *droge* verzurende depositie was het hoogst in Kapellen en het laagst in Koksijde. De meetplaats Kapellen had de hoogste natte en droge depositie van sulfaat, wat toegeschreven kan worden aan de industrie ten noorden van Antwerpen. Een deel van het sulfaat in regenwater is afkomstig van zeezout dat door opstuivend zeewater in de lucht terechtkomt. Dit verklaart de vrij hoge natte sulfaatdepositie in Koksijde.

Figuur 2.9 toont de stikstofdepositie voor de meetplaatsen in 2018. De stikstofdepositie was het hoogst in Retie en het laagst in Koksijde. De depositie van gereduceerde stikstof ( $\text{NH}_x$ ) was het hoogst in Retie. De depositie van geoxideerde stikstof ( $\text{NO}_y$ ) was het hoogst in Kapellen.



Figuur 2.9: Stikstofdepositie in 2018 via natte (ND) en droge depositie (DD) van NH<sub>x</sub> en NO<sub>y</sub> voor 9 meetplaatsen (kg N/(ha.jaar))



### Hoogste depositie in centrum West-Vlaanderen en noorden van Antwerpen

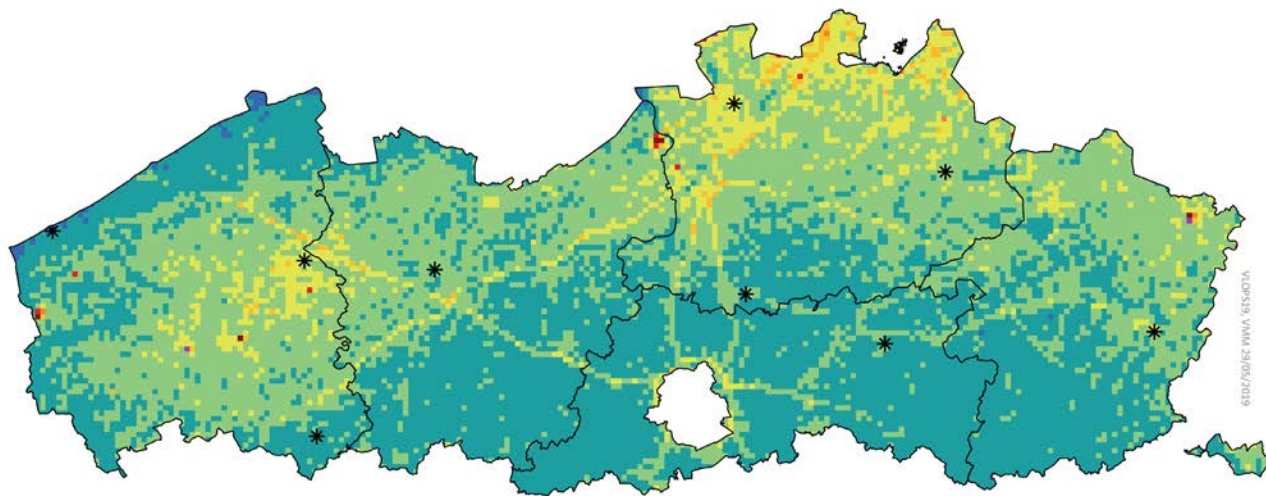
Om de depositie in te schatten op plaatsen waar we niet meten, voerden we berekeningen uit met het atmosferische transport-dispersiemodel VLOPS19. Voor de modelberekeningen in dit rapport wordt gewerkt met emissiedata van 2017 (EMAV 2.0) en meteo-data van 2018. De berekeningsmethode kan een over- of onderschatting geven op bepaalde plaatsen en geeft dus een benaderend beeld van de verspreiding van de depositie.

Figuur 2.10 toont de spreiding van de gemodelleerde verzurende depositie in Vlaanderen. Figuur 2.11 toont de depositie van stikstof. De hoogste depositie kwam voor in het centrum van de provincie West-Vlaanderen, het noorden van de Antwerpen, en voor stikstof ook in het noordoosten van Limburg.

In 2018 bestond de verzurende depositie in Vlaanderen volgens VLOPS19 gemiddeld voor 48 % uit NH<sub>x</sub>, 27 % uit NO<sub>y</sub>, 12 % uit SO<sub>x</sub> en 13 % uit halogeenzuren en organische zuren. De stikstofdepositie bestond gemiddeld voor 59 % uit NH<sub>x</sub>, 32 % uit NO<sub>y</sub> en 9 % uit opgeloste organische stikstof.

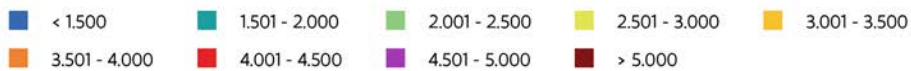


Figuur 2.10: Gemodelleerde verzurende depositie (VLOPS19 met emissies van 2017 (EMAV 2.0) en meteo van 2018, 1 x 1 km<sup>2</sup>)

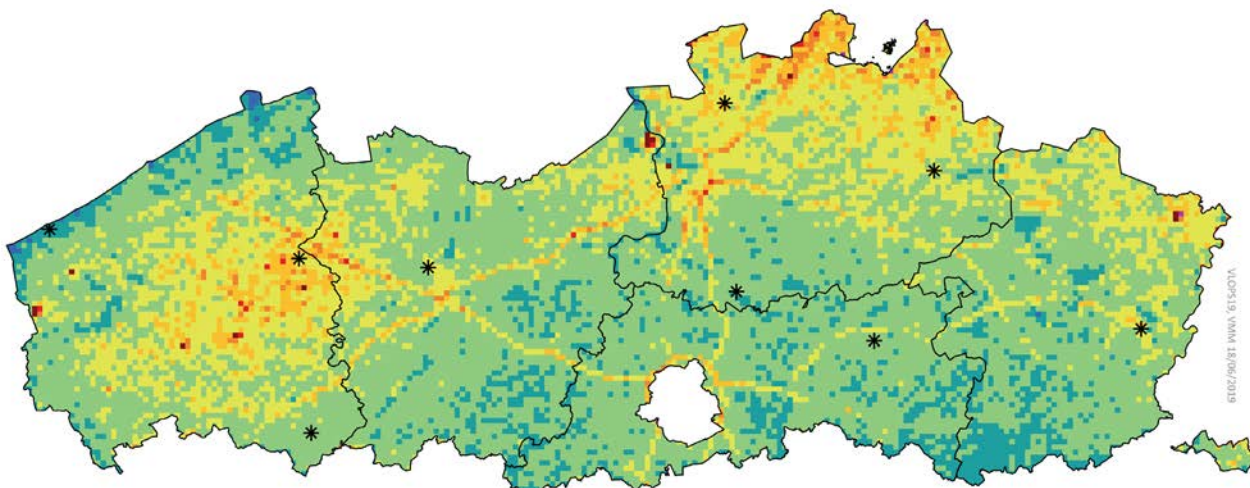


Totale verzurende depositie 2018 berekend met VLOPS (Zeq/(ha.jaar))

\* Meetplaats verzurende en vermistende depositie



Figuur 2.11: Gemodelleerde stikstofdepositie (VLOPS19 met emissies van 2017 (EMAV 2.0) en meteo van 2018, 1 x 1 km<sup>2</sup>)



Totale stikstofdepositie 2018 berekend met VLOPS (kg N/(ha.jaar))

\* Meetplaats verzurende en vermistende depositie



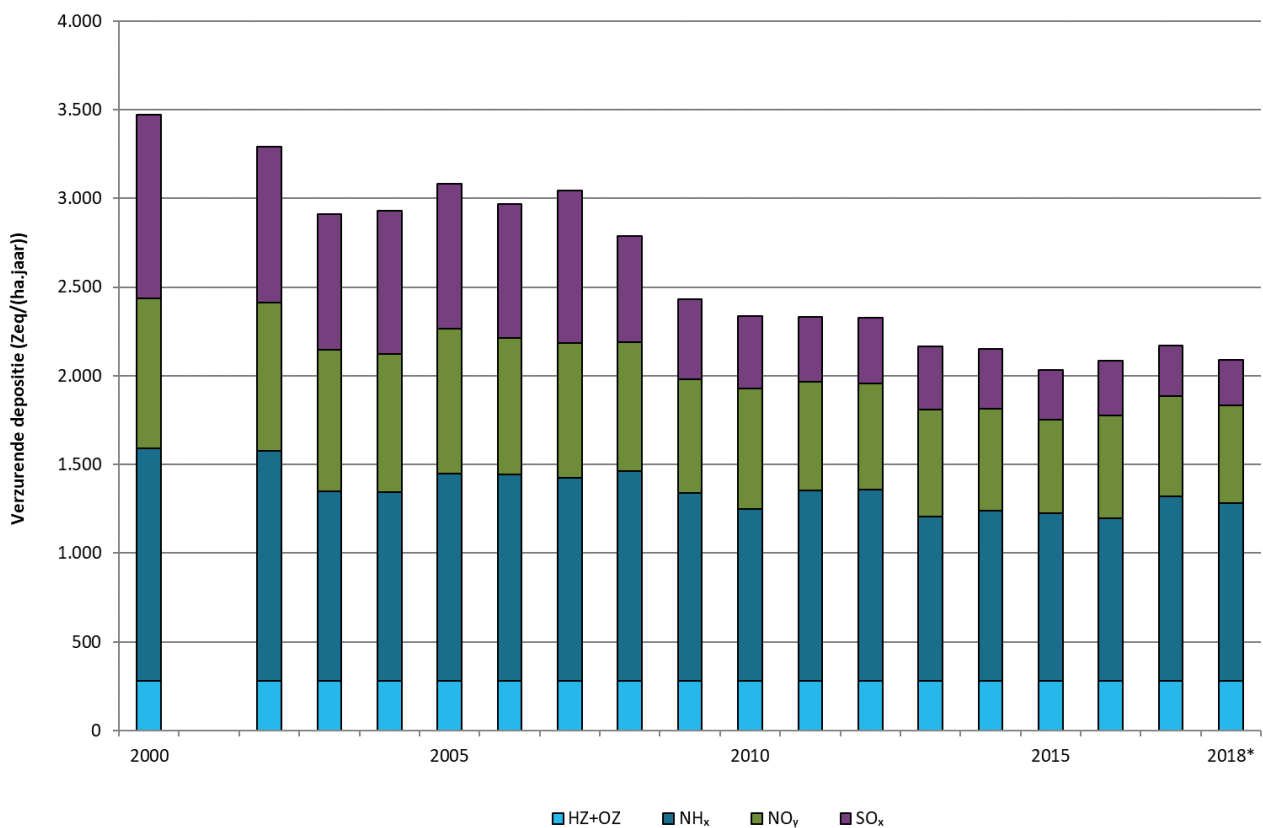


## 2.4.5 Trend verzurende depositie en stikstofdepositie tussen 2000 en 2017

### Verzurende depositie is 40 % gedaald tussen 2000 en 2018

Vooral de depositie van zwavel is zeer sterk afgenomen, namelijk met 75 %. De zwaveldepositie daalde het sterkst tussen 2007 en 2009. Tussen 2000 en 2018 daalde de depositie van  $\text{NH}_x$  met 24 % en de depositie van  $\text{NO}_y$  met 35 %. Voor de berekening van halogeenzuren en organische zuren (HZ+OZ) wordt een constante depositie aangenomen doorheen de tijd. Na 2013 is er weinig verandering in de verzurende depositie, zie Figuur 2.12.

Figuur 2.12: Evolutie van de Vlaamse gemiddelde verzurende depositie van  $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_y$ ,  $\text{NH}_x$  en de som van halogeenzuren en organische zuren (HZ+OZ) tussen 2000 en 2018 berekend met VLOPS19 (Zeq/(ha.jaar))



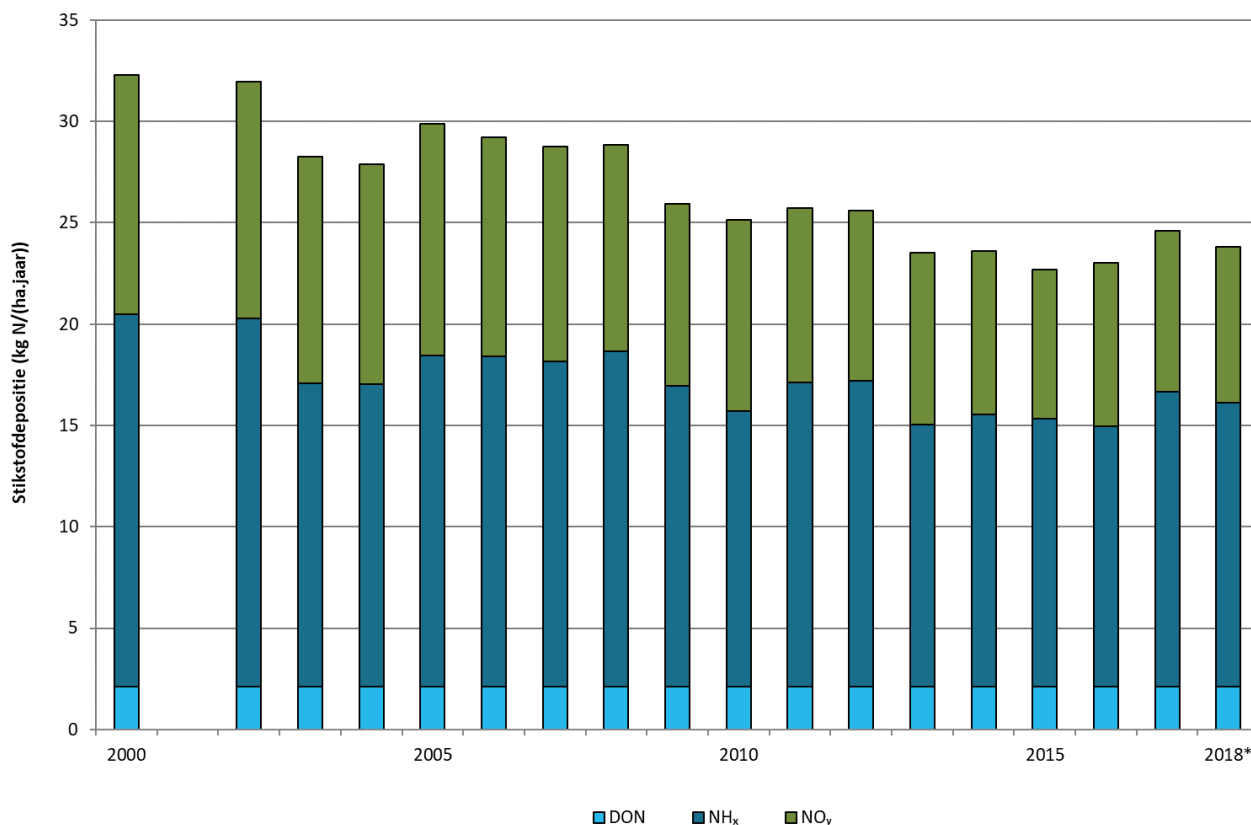
\*: Voorlopige cijfers: de deposities in 2018 werden berekend met emissies van 2017 en meteogegevens van 2018

### Stikstofdepositie is 26 % gedaald tussen 2000 en 2018

De depositie van stikstof daalt dus minder snel dan de verzurende depositie. In 2018 was de depositie van  $\text{NH}_x$  24 % lager dan in 2000 en de depositie van  $\text{NO}_y$  35 % lager. Voor de opgeloste organische stikstof (DON) wordt een constante depositie aangenomen. Vanaf 2013 was de vermistende depositie vrij gelijkaardig, zie Figuur 2.13.



Figuur 2.13: Evolutie van de Vlaamse gemiddelde stikstofdepositie van NO<sub>y</sub>, NH<sub>x</sub> en opgeloste organische stikstof (DON) tussen 2000 en 2018 berekend met VLOPS19 (kg N/(ha.jaar))



\*: Voorlopige cijfers: de deposities in 2018 werden berekend met emissies van 2017 en meteogegevens van 2018

### Ammoniak draagt meer bij aan depositie dan aan emissie van verzurende stoffen en stikstof

De verzurende depositie in Vlaanderen bestond in 2018 voor zowat de helft uit gereduceerde stikstof (48 %). Dit aandeel in de verzurende depositie is kleiner dan het aandeel van NH<sub>3</sub> in de verzurende emissie (40 % in 2017). De uitstoot van NH<sub>3</sub> draagt dus meer bij aan de verzurende depositie dan aan de verzurende emissie. Gereduceerde stikstof droeg in 2018 gemiddeld ook het meest bij aan de depositie van stikstof (59 %), hoewel NH<sub>3</sub> minder dan de helft uitmaakte van de stikstofemissie (48 % in 2017). De reden hiervoor is dat NH<sub>3</sub> sneller dan NO<sub>x</sub> en SO<sub>2</sub> uit de atmosfeer verdwijnt door droge depositie en omzetting naar fijn stof.

Uit het VLOPS-model blijkt dat in 2017 bijna twee derde van de NH<sub>x</sub>-depositie in Vlaanderen veroorzaakt werd door de Vlaamse NH<sub>3</sub>-emissies. Dit in tegenstelling tot de NO<sub>y</sub>- en SO<sub>x</sub>-deposities in Vlaanderen, die voor zo'n twee derde veroorzaakt werden door de emissies van buiten Vlaanderen. De Vlaamse NH<sub>3</sub>-uitstoot leidt dus tot een belangrijke depositie van verzurende stoffen en stikstof in Vlaanderen. De Vlaamse SO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub>-uitstoot wordt over grotere afstanden verspreid en veroorzaakt meer depositie buiten Vlaanderen. Meer gegevens hierover zijn te vinden in het Milieurapport<sup>18</sup>.

<sup>18</sup> VMM - Milieurapport

<https://www.milieurapport.be/milieuthemes/vermesting-verzuring/verzuring/aandeel-doelgroepen-en-import-in-de-potentieel-verzurende-depositie>

### **Bijdrage van NH<sub>3</sub>-emissie aan verzurende depositie stijgt**

Het aandeel van NH<sub>x</sub> in de verzurende depositie nam toe van 38 % in 2000 tot 48 % in 2018, zie Figuur 2.12. Het aandeel van NO<sub>y</sub> schommelde in deze periode tussen 24 en 29 %. Het aandeel van zwavel is meer dan gehalveerd, namelijk van 30 % in 2000 tot 12 % in 2018. Bij de vermestende depositie bleef het belang van NH<sub>x</sub> en NO<sub>y</sub> stabiel in de periode 2000-2018, zie Figuur 2.13. De NH<sub>x</sub>-depositie droeg in deze periode gemiddeld 56 % bij aan de vermestende depositie. Zie in dit verband ook de hoofdstukken 2, 3 en 4 in [Deelrapport II](#) met informatie van de trends per verontreinigende stof.

### 2.4.6 Oppervlakte natuur met overschrijding kritische last

#### **Kritische lasten als schadedrempel voor depositie van verzurende stoffen en stikstof**

Als de depositie hoger is dan de kritische last spreken we van een overschrijding. In 2018 bedroeg de kritische last voor verzuring gemiddeld 2.570 Zeq/(ha.jaar) en voor vermesting gemiddeld 16,1 kg N/(ha.jaar). De waarde hangt af van de bodem en vegetatie en is voor bijvoorbeeld vermesting lager voor heide en bos dan voor soortenrijk grasland. Meer informatie hierover kan u raadplegen via <https://www.vmm.be/data/regelgeving>.

#### **Vegetatie ondervindt nog steeds schade door verzuring en vooral vermesting**

In 2018 werd de kritische last voor verzuring overschreden op 24 % van de oppervlakte natuur, terwijl dit in 2000 nog 79 % was. De oppervlakte natuur in overschrijding voor verzuring is dus sterk gedaald ten opzichte van het jaar 2000. De oppervlakte met overschrijding van de kritische last voor verzuring in 2018 bedroeg 26 % voor bos, 24 % voor soortenrijk grasland en 6 % voor heide (Figuur 2.14-A).

In 2018 was 83 % van de oppervlakte natuur in overschrijding voor vermesting. Dit is een lichte daling ten opzichte van 2000 (95 %). Voor bos en heide was de stikstofdepositie in 2018 overal hoger dan de kritische last (100 % van de oppervlakte in overschrijding). Voor soortenrijk grasland was in 2018 nog 41 % van de oppervlakte in overschrijding (Figuur 2.14-B).

Naast het percentage van de natuuroppervlakte waar de kritische lasten worden overschreden, is ook de grootte van de overschrijding van belang. Met andere woorden, wat is het verschil tussen de depositie en de kritische last? Dit wordt voorgesteld aan de hand van de oppervlaktegewogen overschrijding van de kritische lastwaarden. Gegevens hierover zijn te vinden in het Milieurapport<sup>19</sup>.

---

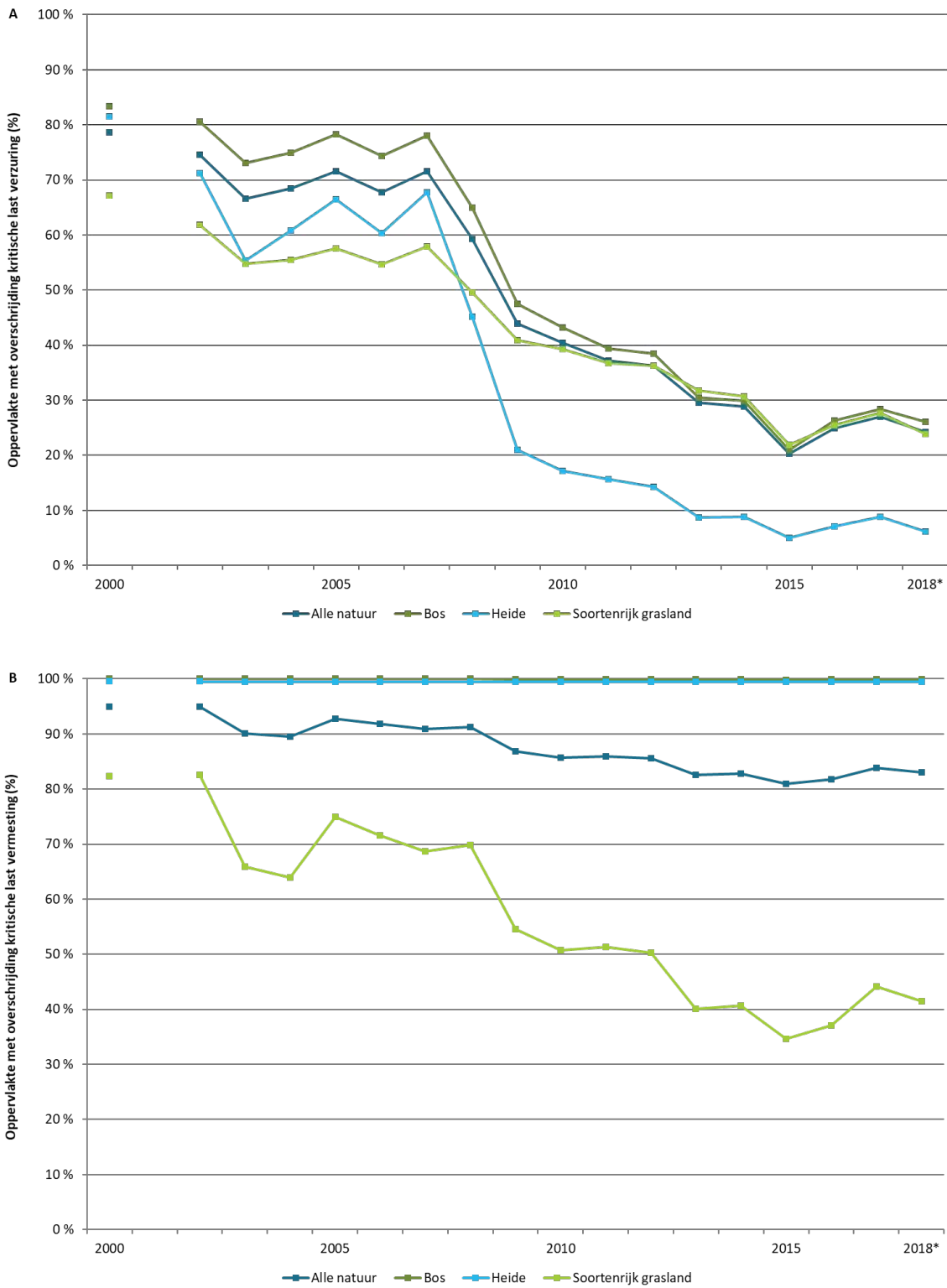
<sup>19</sup> VMM - Milieurapport

<https://www.milieurapport.be/milieuthemas/vermesting-verzuring/verzuring/oppervlakte-natuur-met-overschrijding-van-de-kritische-last-verzuring> en

<https://www.milieurapport.be/milieuthemas/vermesting-verzuring/vermesting/oppervlakte-natuur-met-overschrijding-kritische-last-vermesting>



Figuur 2.14: Oppervlakte natuur met overschrijding van de kritische last voor (A) verzuring en (B) vermesting (%)



\*: Voorlopige cijfers: de deposities in 2018 werden berekend met emissies van 2017 en meteogegevens van 2018

## 2.5 Programmatische aanpak stikstof (PAS)

### 2.5.1 Monitoring PAS

De VMM kreeg opdracht<sup>20</sup> een monitoringsplan op te stellen dat in kaart brengt welke additionele initiatieven nodig zijn om de monitoring van de programmatische aanpak stikstof (PAS) te kunnen garanderen. Het eerste rapport werd eind 2018 gepubliceerd op de VMM-website<sup>21</sup>. Hierin worden de emissies vergeleken met de BAU-prognoses en de bijhorende emissietaakstellingen per sector.

#### Monitoring emissies stikstofoxiden

- voor de sectoren huishoudens, energie en handel en diensten wordt de doelstelling voor 2015 nipt gehaald;
- voor de sectoren transport, landbouw en industrie liggen de emissies van 2015, ondanks een dalende trend, hoger dan de doelstelling voor 2015;
- voor alle sectoren, met uitzondering van handel en diensten, is een duidelijk procentueel dalende trend aanwezig, maar iets minder sterk dan vooropgesteld;
- de vooropgestelde procentuele reductiedaling van 1990 tot en met 2015 wordt enkel voor de sector energie gehaald;
- voor geen enkele sector wordt de doelstelling BAU2020 gehaald.

#### Monitoring emissies ammoniak

- alle sectoren, met uitzondering van de transportsector, halen de doelstelling voor 2015;
- in 2030 komen alle sectoren tegemoet aan de vooropgestelde doelstelling;
- procentueel blijft er een aanhoudende stijgende trend bij de sector huishoudens.

### 2.5.2 Kwaliteitscontrole rekenmodel PAS

In opdracht van de VMM gebeurde in 2016-2018 een kwaliteitscontrole van het rekenmodel dat in het kader van de PAS gebruikt wordt, namelijk het Vlaams Operationeel Prioritaire Stoffen-model (VLOPS) gekoppeld aan het Immissie Frequentie Dispersie Model (IFDM). De studie bestond uit 3 delen en is uitgevoerd door de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO), in samenwerking met het Nederlandse Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). Alle resultaten zijn te vinden in de rapporten op de VMM-website<sup>22</sup>.

#### Controle en gevoeligheidsanalyse van invoergegevens voor het VLOPS-model

Deze deelstudie controleerde de belangrijkste invoergegevens van het VLOPS-model, namelijk de emissies en de kaarten voor landgebruik, ruwheidslengte en achtergrondconcentraties. Er werden ook gevoeligheidsanalyses uitgevoerd.

---

<sup>20</sup> Quinquiesconceptnota van de Vlaamse Regering van 30 november 2016 over de Instandhoudingsdoelstellingen (IHD) en Programmatische Aanpak Stikstof (PAS) – <https://www.vlaanderen.be/en/nbwa-news-message-document/document/09013557801b195a>

<sup>21</sup> <https://www.vmm.be/publicaties/monitoringsplan-vmm-jaarlijkse-rapportering-van-emissies-concentraties-en-modelresultaten-voor-nox-en-nh3-2013-editie-2018>

<sup>22</sup> Kwaliteitscontrole rekenmodel PAS en concentratie- en depositieberekeningen van ammoniak – <https://www.vmm.be/lucht/publicaties-lucht>



**Validatie op basis van automatische ammoniakmetingen met een hoge tijdsresolutie**

In deze deelstudie zijn  $NH_3$ -metingen met automatische monitoren vergeleken met berekende concentraties en als invoer gebruikt voor het modelleren van  $NH_3$ -deposities. Uit een gevoeligheidsanalyse bleek dat de berekende droge depositie vooral beïnvloed wordt door de metedata. De lokaal afgeleide ruwheidslengte bleek goed overeen te komen met de ruwheidslengtekaart. Er is onderzocht wat het effect is van een meer gedetailleerde bepalingwijze van de droge depositiesnelheid. Ten slotte zijn verschillende modelversies voor droge depositie met elkaar vergeleken.

**Validatie op basis van metingen naar de ruimtelijke variatie van ammoniak in natuurgebieden**

In 2017 heeft de VMM  $NH_3$  gemeten op 60 tijdelijke plaatsen in 6 Europees beschermd natuurgebieden (Natura 2000-netwerk van Habitat- en Vogelrichtlijngebieden). In 2018 zijn deze metingen vergeleken met berekeningen van het VLOPS-IFDM-model. Het doel was meer inzicht te krijgen in de lokale variatie van  $NH_3$  in en nabij natuurgebieden en de nauwkeurigheid van het model te beoordelen. Uit de meetresultaten bleek dat de concentratie en ruimtelijke variatie van  $NH_3$  algemeen lager was in natuurgebieden met weinig lokale  $NH_3$ -bronnen. De validatie toonde dat de modelresultaten voor  $NH_3$  beter overeenkomen met de metingen in natuurgebieden waar veel ruimtelijke variatie in  $NH_3$  is gemeten. De koppeling van IFDM aan het VLOPS-model verbeterde de ruimtelijke validatie.

## 2.6 Conclusies

**Ozon heeft een erg negatieve impact op vegetatie**

Voor gewassen werd het kritieke niveau voor de ozonodosis overal in Vlaanderen overschreden in 2018. Ook voor loofbossen werd het kritieke niveau overal in Vlaanderen ruim overschreden.

**Kritieke niveaus voor bescherming van vegetatie gerespecteerd voor  $SO_2$  en  $NO_x$  maar niet voor  $NH_3$** 

De kritieke niveaus voor  $SO_2$  en  $NO_x$  voor de bescherming van de vegetatie werden in 2018 gerespecteerd. Voor  $NH_3$  werd aan het kritieke niveau voor de bescherming van hogere plantensoorten voldaan op 7 van 23 meetplaatsen. Het kritieke niveau voor lagere plantensoorten werd op alle plaatsen overschreden.

**Landbouw is de voornaamste emissiebron van verzurende stoffen en stikstof in 2017**

Voor verzurende emissies is dat 42 %, voor vermestende 49 %. Daarna komen verkeer en industrie. Vooral de uitstoot van  $NO_x$  (45 %) draagt bij aan de verzurende emissie, gevolgd door  $NH_3$  (40 %) en  $SO_2$  (15 %). De vermestende emissie bestond voor 52 % uit  $NO_x$  en 48 % uit  $NH_3$ .

**Verzurende emissie is gehalveerd tussen 2000 en 2017, stikstofemissie daalde met 37 %**

De verzurende emissies daalde vooral door de afname van de uitstoot van  $SO_2$  en  $NO_x$ . De daling was het sterkst vóór 2009. De verzurende en vermestende emissie door de land- en tuinbouw daalde van 2000 tot 2007, maar bleef daarna stabiel.

**Hoogste depositie in centrum West-Vlaanderen en noorden van Antwerpen**

Uit metingen en modelberekeningen blijkt een grote variatie in de depositie binnen Vlaanderen. De depositie van verzurende stoffen en stikstof is het hoogst in regio's met intensieve veeteelt.



**Verzurende depositie daalde met 40 % tussen 2000 en 2018, stikstofdepositie met 26 %**

Sinds 2013 is de depositie van verzurende stoffen en stikstof weinig veranderd. Gereduceerde stikstof draagt sterk bij aan de depositie. De bijdrage van NH<sub>x</sub> aan de verzurende depositie steeg van 38 % in 2000 tot 48 % in 2018. De bijdrage van NH<sub>x</sub> aan de stikstofdepositie was gemiddeld 56 % in deze periode.

**Emissie van NH<sub>3</sub> veroorzaakt relatief meer depositie in Vlaanderen**

Gereduceerde stikstof (NH<sub>x</sub>) draagt meer bij aan de depositie van verzurende stoffen en stikstof dan aan de emissie. Dit komt doordat NH<sub>3</sub> sneller uit de atmosfeer verdwijnt dan NO<sub>x</sub> en SO<sub>2</sub>. De Vlaamse NH<sub>3</sub>-emissie veroorzaakte in 2017 zo'n twee derde van de gereduceerde stikstofdepositie. De NH<sub>3</sub>-uitstoot door Vlaamse bronnen zorgde hiermee gemiddeld voor 48 % van de verzurende depositie en 59 % van de stikstofdepositie in Vlaanderen.

**Lichte stijging in oppervlakte natuur met overschrijding kritische lasten verzuring en vermesting**

De oppervlakte natuur waar de verzurende depositie hoger ligt dan de kritische last, is sterk gedaald tussen 2000 (79 %) en 2018 (24 %). De oppervlakte natuur met overschrijding van de kritische last voor vermesting is veel minder gedaald (van 95 % naar 83 %). We besluiten dat een verdere afname in de uitstoot van stikstof nodig is voor het behoud en herstel van de ecosystemen en biodiversiteit in Vlaanderen.



# Lexicon

## AOT<sub>25°C</sub>

De verkorte aanduiding voor 'Accumulated exposure Over a Threshold', wat voor alle indicatoren zoals ozonconcentraties, temperatuur, ... gebruikt kan worden. Hier heeft het betrekking op de temperatuur. AOT<sub>25°C</sub> is de som van alle temperaturen > 25 °C. Als de temperatuur bijvoorbeeld op uur 1 = 20, uur 2 = 24, uur 3 = 28, uur 4 = 30, uur 5 = 24, dan is de AOT<sub>25</sub> gelijk aan 8, namelijk (28-25) + (30-25). Met andere woorden: hoe hoger de AOT in een zomer, hoe warmer de zomer. Een AOT is bijgevolg nuttiger dan bijvoorbeeld een indicator als 'aantal dagen met temperatuur max > 25 °C'. In dit geval kan je immers 10 dagen hebben met elke dag 26 °C of 10 dagen met elke dag 32 °C.

## Alarmdrempel

Een niveau waarboven een kortstondige blootstelling risico's voor de gezondheid van de mens inhoudt en waarbij de lidstaten onmiddellijk overeenkomstig de betreffende richtlijn maatregelen moeten nemen bij overschrijding van deze waarde.

## Depositie of atmosferische neerslag

De aanvoer van stoffen (gassen en deeltjes) van de atmosfeer naar oppervlakten (bijvoorbeeld bodem, vegetatie, water, gebouwen, ... ). Deze aanvoer gebeurt enerzijds door rechtstreeks contact tussen de verontreinigde lucht en oppervlakten. Dit noemen we droge depositie. Anderzijds kunnen polluenten via neerslag (regen, hagel, mist, sneeuwvlokken, ...) op het oppervlak terecht komen. Dit noemen we natte depositie. De totale depositie is de som van de natte en droge depositie.

## Dioxines

De verkorte aanduiding voor de polychloordibenzo-para-dioxinen (PCDD) en de polychloordibenzofuranen (PCDF) met 4 tot 8 chlooratomen per molecule. Er zijn 17 toxische dioxines waarvan het 2,3,7,8-tetrachloordioxine (2,3,7,8-TCDD) het meest bekende is. De dioxinewaarden die we tonen in dit rapport staan voor de som van de 17 toxische dioxines.

## Emissie

De uitstoot van luchtverontreinigende stoffen door bronnen zoals bijvoorbeeld schoorstenen, uitlaat...

## Ferrometalen

Metaal of legering waarvan het hoofdbestanddeel ijzer, kobalt en/of nikkel is. Ferrometalen zijn vaak magnetisch. Op die manier kunnen ze gescheiden worden van de andere metalen voor afvalverwerking.

## Glijdend gemiddelde

Het glijdend gemiddelde van een tijdreeks visualiseert de algemene trend van een fenomeen met uitvlakking van de piekconcentraties.

Het glijdend jaargemiddelde wordt als volgt berekend:

Voor een tijdreeks  $X_1, X_2, X_3, \dots$  wordt het glijdend gemiddelde van de orde P berekend door de sequentie van de opeenvolgende rekenkundige gemiddelden.





$$\frac{1}{P} \sum_{i=1}^P X_i, \frac{1}{P} \sum_{i=2}^{P+1} X_i, \frac{1}{P} \sum_{i=3}^{P+2} X_i, \dots, \frac{1}{P} \sum_{i=k}^{P+k-1} X_i$$

Als  $X_i$  maandgemiddelden zijn, dan wordt het glijdend gemiddeld van orde 12 – glijdend jaargemiddelde – berekend op basis van opeenvolgende reeksen van 12 data, bijvoorbeeld van januari 2010 tot december 2010, van februari 2010 tot januari 2011, enzovoort. De berekende waarden worden geassocieerd met de laatste maand zoals bijvoorbeeld december 2010, januari 2011, enzovoort.

**Grenswaarde**

Een niveau dat op basis van wetenschappelijke kennis is vastgesteld om schadelijke gevolgen voor de gezondheid van de mens en/of voor het milieu in zijn geheel te voorkomen, te verhinderen of te verminderen en dat binnen een bepaalde termijn moet worden bereikt en, als het eenmaal is bereikt, niet meer mag worden overschreden.

**Immissieniveau**

De concentratie van een bepaalde stof in de omgevingslucht op een bepaalde plaats, als resultante van verschillende bronnen - inclusief natuurlijke - en meteorologische verspreidingskarakteristieken.

**Informatiedrempel**

Een niveau waarboven een kortstondige blootstelling een gezondheidsrisico inhoudt voor bijzonder kwetsbare bevolkingsgroepen en voor wie een onmiddellijke en toereikende informatievoorziening noodzakelijk is.

**Kritiek niveau**

Een luchtconcentratie die op basis van wetenschappelijke kennis wordt vastgesteld, waarboven directe ongunstige gevolgen kunnen optreden voor sommige receptoren, zoals bomen, andere planten of natuurlijke ecosystemen, maar niet voor de mens.

**Kritische last**

De maximaal toelaatbare depositie per eenheid van oppervlakte voor een bepaald ecosysteem zonder dat er – volgens de huidige wetenschappelijke kennis – verandering in de biodiversiteit optreedt op lange termijn.

**Luchtkwaliteitsnormen**

Doelstellingen voor de luchtkwaliteit die wettelijk zijn vastgelegd. Deze concentraties van pollutanten – over een bepaalde periode van bijvoorbeeld 1 uur, 24 uur – mogen normaal gezien niet overschreden worden. Overschrijding van een luchtkwaliteitsnorm vraagt onmiddellijke actie zoals rapportering, reden opzoeken, en dergelijke.

**Mediaan van een reeks metingen**

De middelste waarde als alle waarden die uit de metingen bekomen werden in opklimmende volgorde, van de laagste tot de hoogste, worden gerangschikt. Dit houdt dus in dat er 50 % van de waarden kleiner zijn dan de mediaan en 50 % groter zijn dan de mediaan. Men spreekt dan ook van het 50ste percentiel.



**Non-ferrometalen**

Metaal of legering waarvan het hoofdbestanddeel niet ijzer is (bijvoorbeeld koper, lood, aluminium, zink, brons en messing).

**Overschrijdingsmarge**

Het percentage van de grenswaarde waarmee deze onder de in de betreffende richtlijn vastgelegde voorwaarden kan worden overschreden.

**PAK's**

De verkorte aanduiding voor polycyclische aromatische koolwaterstoffen. Deze klasse van componenten, waarvan de structuur gebaseerd is op gecondenseerde benzeenkernen, behoort tot de groep luchtverontreinigende stoffen met hoge prioriteit omwille van hun kankerverwekkende en mutagene eigenschappen. Ze zijn in hoofdzaak afkomstig van verbrandingsprocessen van fossiele brandstoffen. Belangrijke bronnen zijn onder andere het verkeer, de gebouwenverwarming en de industriële verbrandingsprocessen voor energieproductie. Belangrijke PAK's zijn fluorantheen, pyreen, benzo(a)antraceen, chryseen, benzo(b)fluorantheen, benzo(j)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen, benzo(a)pyreen, dibenzo(a,h)antraceen, benzo(ghi)peryleen en indeno(1,2,3-cd)pyreen.

**PCB's**

De verkorte aanduiding voor polychloorbifenylen. Er bestaan 209 verschillende PCB's waarvan er 12 een dioxineachtige werking vertonen en een toxicologische equivalentiefactor (TEF) bezitten. PCB126 is de meest toxische verbinding waarbij de TEF gelijk is aan 0,1. De PCB-waarden die we tonen in dit rapport staan voor de som van de 12 dioxineachtige PCB's.

**Percentiel P**

Die waarde waarbij P % van het totaal aantal meetwaarden lager zijn en (100-P %) van de waarden hoger zijn. Het 98ste percentiel bijvoorbeeld is die waarde waarbij 98 % van de meetwaarden lager zijn en 2 % van de waarden hoger zijn. De percentielen worden meestal berekend over relatief lange perioden zoals bijvoorbeeld 6 maanden of 1 jaar.

$$X_1 < X_2 < X_3 < \dots < X_k < \dots < X_{(N-1)} < X_N$$

**pg TEQ**

De toxiciteit van dioxinen en PCB's wordt uitgedrukt ten opzichte van 2,3,7,8-tetrachloordioxine, de meest bekende dioxine, in picogram Toxicologische Equivalenten, rekening houdend met toxicologische equivalentiefactoren.

**Picogram**

Een miljoenste van een miljoenste gram, ofwel 10<sup>-12</sup> gram.

**PM<sub>2,5</sub>-fractie**

*Particulate matter* kleiner dan 2,5 µm. Wettelijk gezien gaat het om stofdeeltjes die bemonsterd worden met een PM<sub>2,5</sub> gravimetrische bemonsteraar. Om een toetsing aan de Europese normen die gebaseerd zijn op gravimetrische analyses te kunnen doorvoeren, worden de PM<sub>2,5</sub>-resultaten van de automatische monitoren indien nodig omgerekend met een kalibratieconstante.



**PM<sub>10</sub>-fractie**

*Particulate matter* kleiner dan 10 µm. Om een toetsing aan de Europese normen die gebaseerd zijn op gravimetrische analyses te kunnen doorvoeren, worden de PM<sub>10</sub>-resultaten van de automatische monitoren indien nodig omgerekend met een kalibratieconstante.

**Pollutieroos**

Figuur die de gemiddelde concentratie van een luchtverontreinigende stof toont per windrichting. Elk segment van een pollutieroos wijst in de richting van herkomst van de overeenkomstige wind, zodat de grootste segmenten wijzen in de windrichting met de hoogste concentratie.

**ppb**

*Parts per billion*. Deeltje per miljard; dit is de meeteenheid die de concentratie van polluenten aanduidt in eenheid van volume per eenheid van volume. 1 ppb van een polluent X is gelijk aan 1 volumedeel in een mengsel van 1.10<sup>9</sup> volumedelen, met andere woorden 1 mm<sup>3</sup> van polluent X is aanwezig in 1 m<sup>3</sup> omgevingslucht.

**Precursor**

Polluent waaruit achteraf door atmosferische reacties secundaire polluenten ontstaan.

**Rekenkundig gemiddelde**

Som van de waarden die bij de metingen werden opgetekend, gedeeld door hun aantal.

**Streefwaarde**

Een concentratieniveau van een verontreinigende stof in de lucht dat is vastgesteld om schadelijke effecten voor de gezondheid van de mens en/of voor het milieu in zijn geheel op lange termijn te vermijden, en dat zoveel mogelijk binnen een gegeven periode moet worden bereikt.

**Temperatuursinversie**

Tijdens bepaalde atmosferische omstandigheden is de luchttemperatuur van de hogere luchtlagen hoger dan deze van de onderste luchtlagen. In plaats van af te nemen met de hoogte, zal de temperatuur van de lucht dus eerst toenemen ter hoogte van de thermische inversielaag. De luchtlagen met de grootste dichtheid bevinden zich dan tegen de bodem zodat de verontreinigende stoffen zich niet naar de hogere atmosferische luchtlagen verspreiden, maar zich opstapelen in de lager gelegen luchtlagen.

**Toxische equivalentiefactor (TEF)**

Eenheid waarmee verschillende dioxines en PCB's qua giftigheid met elkaar kunnen vergeleken worden.

**Toxische equivalentie (TEQ)**

Totale toxiciteit van een mengsel van dioxines en PCB's.

**VOS**

De verkorte aanduiding voor vluchtige organische stoffen. Dit zijn organische stoffen van antropogene en biogene bronnen, uitgezonderd methaan, die onder invloed van zonlicht door reactie met stikstofoxiden fotochemische oxidanten kunnen produceren.



### ***x-mean* (virtueel station)**

Tijdens de dataverwerking wordt een imaginaire meetplaats gecreëerd dat voor elk halfuur de gemiddelde waarde aanneemt van de meetresultaten van alle meetplaatsen.

De '*x-mean*' meetplaats is dus als dusdanig geen ruimtelijk gemiddelde halfuurwaarde van een pollutant over Vlaanderen. Het laat wel toe alle statistische grootheden van een bepaalde meetplaats te evalueren ten opzichte van de volledige groep van meetplaatsen die door *x-mean* wordt vertegenwoordigd.

### **Zuurequivalent (Zeq)**

Een Zeq is een eenheid om de verzuringsgraad van verontreinigende stoffen te meten en komt overeen met 1 mol waterstofionen. Eén mol zwaveldioxide kan 2 mol waterstofionen vrijgeven, wat overeenkomt met een verzurend effect van 2 equivalenten. Eén mol stikstofoxiden en ammoniak kunnen elk 1 mol waterstofionen vrijstellen en komen beide overeen met 1 zuurequivalent. Eén zuurequivalent komt dus overeen met 32 gram zwaveldioxide, 46 gram stikstofoxiden of 17 gram ammoniak.

### **$\mu\text{g}/\text{m}^3$**

Microgram per kubieke meter. Meeteenheid die de concentratie van pollutanten aanduidt, uitgedrukt in een miljoenste deel van een gram in een kubieke meter omgevingslucht, dus in eenheid van massa per eenheid van volume. Luchtconcentraties voor gasvormige verontreinigde stoffen worden niet uitgedrukt per volume omgevingslucht, maar worden – volgens 2008/50/EG, Bijlage VI, C – gestandaardiseerd naar een temperatuur van 293 K en een atmosferische druk van 1013 hPa. Dit wordt soms ook aangeduid als  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . Zie ook de tabel hieronder met omrekening van ppb naar  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (in feite van ppbv naar  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ).

### **Omrekeningsfactoren ppb naar $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bij 293 K en 1.013 mbar voor $\text{SO}_2$ , $\text{NO}_2$ , NO en $\text{O}_3$**

<b>polluent</b>	<b>omrekeningsfactor ppb <math>\rightarrow</math> <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>
$\text{SO}_2$	2,66
$\text{NO}_2$	1,91
NO	1,25
$\text{O}_3$	2,00



## Afkortingenlijst

### Meeteenheden

mg/m <sup>3</sup>	10 <sup>-3</sup> gram per kubieke meter
µg/m <sup>3</sup>	10 <sup>-6</sup> gram per kubieke meter
µg/(m <sup>2</sup> .dag)	10 <sup>-6</sup> gram per vierkante meter per dag
ng/m <sup>3</sup>	10 <sup>-9</sup> gram per kubieke meter
pg/m <sup>3</sup>	10 <sup>-12</sup> gram per kubieke meter
pg TEQ/(m <sup>2</sup> .dag)	10 <sup>-12</sup> gram uitgedrukt in toxische equivalent per vierkante meter per dag
kg N/(ha.jaar)	kilogram stikstof per hectare per jaar
ZeQ/(ha.jaar)	zuurequivalent per hectare per jaar

### Afkortingen

3D-ED-XRF	3 dimensionale-energie dispersieve-X-stralen fluorescentie
a.d.	Aerodynamische diameter
AOTxx <sub>ppb</sub>	Accumulated exposure over a Threshold of xx ppb
As	Arseen
ANB	Agentschap Natuur en Bos
AZG	Agentschap Zorg en Gezondheid
B(a)P	Benzo(a)pyreen
Be	Beryllium
Belac	Belgische accreditatie-instelling
Benelux	België, Nederland en Luxemburg
BPF	Belgische Petroleum Federatie
BTEX	Benzeen, toluen, ethylbenzeen en xyleenisomeren
CAMP	Comprehensive Atmospheric Monitoring Program
Cd	Cadmium
CFK	Chloorfluorkoolstof
CH <sub>4</sub>	Methaan
Co	Kobalt
CO	Koolstofmonoxide
CO <sub>2</sub>	Koolstofdioxide
COPD	Chronisch obstructief longlijden
COPERT	Computer Program Emissions Road Transport
Corinair	Core Inventory Air Emissions
Cr	Chroom
Cu	Koper
DD	Droge depositie
DO <sub>3</sub> SE	Deposition of O <sub>3</sub> for stomatal exchange
DON	Dissolved Organic Nitrogen (opgeloste organische stikstof)
EC	Elementair koolstof
EEA	European Environment Agency
EISSA-B	Emission Inventory Support System Air-Buildings

EKG	Departement Omgeving, Afdeling Energie, Klimaat en Groene Economie
EMA	Europees Milieuagentschap
EMAV	EmissieModel Ammoniak Vlaanderen
EMEP	European Monitoring and Evaluation Programme
EMMOL	Emissie Model Luchtvaart
EMMOSS	Emissie Model Spoorverkeer Scheepvaart
EU	Europese Unie
Fe	IJzer
GBI	Gemiddelde blootstellingsindex
GGBI	Gewestelijke gemiddelde blootstellingsindex
H	Waterstof
HCB	Hexachloorbenzeen
Hg	Kwik
HZ	Halogeenzuren
IARC	International Agency for Research on Cancer
IFA	International Fertilizer Association
IFDM	Immissie Frequentie Distributie Model
IFDM-EMIAD	Immission Frequency Distribution Model - Emission, Meteorology, Immission Antwerp Daily
ILVO	Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek
IMJV	Integraal Milieujaarverslag
K	Kalium
KMI	Koninklijk Meteorologisch Instituut van België
LTD	Langetermijndoelstelling
LTO	Landing and take off
MAP	MestActiePlan
MINA-plan	Milieubeleidsplan
MIRA	Milieurapport Vlaanderen
Mn	Mangaan
N	Stikstof
ND	Natte depositie
NEC	National Emissions Ceilings
NET <sub>xx</sub> <sub>ppb</sub>	Number of Exceedances of a Threshold of xx ppb
NH <sub>3</sub>	Ammoniak
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ammonium
NH <sub>x</sub>	Gereduceerd stikstof
Ni	Nikkel
NMVOS	Niet-methaan vluchtige organische stoffen
NO	Stikstofmonoxide
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Nitriet
NO <sub>2</sub>	Stikstofdioxide
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitraat
NO <sub>x</sub>	Stikstofoxiden (NO en NO <sub>2</sub> )
NO <sub>y</sub>	Geoxideerd stikstof
O <sub>3</sub>	Ozon
OC	Organische koolstof
OESO	Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling

////////////////////////////////////



