



Informing you on ambient air quality
in the Belgian Regions

Intergewestelijke Cel voor het Leefmilieu
Cellule Interrégionale de l'Environnement
Belgian Interregional Environment Agency

JAARRAPPORT Luchtkwaliteit in België 2015

Dit rapport kwam tot stand door de samenwerking van alle collega's van IRCEL – CELINE Lucht:

Frans Fierens

Charlotte Vanpoucke

Elke Trimpeneers

Olav Peeters

Stijn Quidé

Thierry de Vos

Philippe Maetz

Virginie Hutsemékers

Dankwoord

Dit rapport is tot stand gekomen dankzij de luchtkwaliteits- en meteorologische data, verzameld in de meetnetten van de drie gewesten. IRCEL dankt dan ook alle medewerkers van de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM), l'Institut Scientifique de Service Public (ISSeP), l'Agence Wallonne de l'Air et du Climat (AWAC) en van Leefmilieu Brussel (IBGE-BIM).

Inhoud

Lijst van afkortingen en verklarende woordenlijst.....	1
Samenvatting.....	3
Inleiding.....	7
1 Europese regelgeving.....	13
1.1 Historisch.....	13
1.2 Europese richtlijn (2008).....	13
1.3 Beleidspakket van de Europese Commissie voor schonere lucht in Europa.....	17
2 Periodes met verhoogde luchtverontreiniging (smogepisodes) in 2015.....	19
2.1 Winter- en lentesmog.....	20
2.2 Zomersmog.....	21
3 Fijn stof.....	23
3.1 PM ₁₀	24
3.1.1 PM ₁₀ -meetstations.....	24
3.1.2 PM ₁₀ -jaargemiddelde concentratie.....	25
3.1.3 PM ₁₀ -daggemiddelde concentratie.....	29
3.2 PM _{2,5}	35
3.2.1 PM _{2,5} -meetstations.....	35
3.2.2 PM _{2,5} -jaargemiddelde concentratie.....	35
3.2.3 Gemiddelde Blootstellingsindex (GBI).....	39
3.3 Black Carbon (BC).....	40
3.3.1 BC meetstations.....	40
3.3.2 BC jaargemiddelde concentratie.....	41
4 Stikstofoxides.....	43
4.1 NO ₂ -meetstations.....	44
4.2 NO ₂ -jaargemiddelde.....	44
4.3 NO ₂ -uurwaarden.....	49
5 Ozon.....	52
5.1 Ozonmeetstations.....	53
5.2 Ozon en bevolking.....	54
5.2.1 NET60.....	54
5.2.2 AOT60.....	58
5.3 Ozon en vegetatie.....	59
5.3.1 AOT40 voor vegetatie.....	60

5.3.2	AOT40 voor bossen.....	62
5.4	O ₃ -jaargemiddelde.....	64
5.5	Evolutie in O ₃ -concentratieklassen.....	68
6	Zwavel dioxide.....	70
6.1	SO ₂ -meetstations.....	70
6.2	SO ₂ -uurgemiddelden.....	71
6.3	SO ₂ -daggemiddelden.....	73
6.4	SO ₂ -jaargemiddelden.....	75
	Toekomstperspectief: aanvulling op de RIO-interpolatietechniek.....	76
	Besluit.....	77
	Referenties.....	78
	Bijlage A: Meetstations.....	80
	Bijlage B: Jaaroverzicht van luchtkwaliteitspolluenten.....	84
	Bijlage C: Interpretatie van boxplots.....	89
	Bijlage D: Onzekerheidskaarten.....	90
	PM ₁₀	91
	PM _{2,5}	94
	BC.....	95
	NO ₂	96
	O ₃	98

Lijst van afkortingen en verklarende woordenlijst

AOD	Aerosol Optische Diepte: een maat voor de doorzichtigheid van de atmosfeer ten gevolge de absorptie of verstrooiing van het licht door aerosolen.
AOT40 voor bossen	Accumulated Ozon Exposure above a Threshold of 40 ppb (=80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$): het verschil tussen het uurgemiddelde boven 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ voor alle uurwaarden tussen 8 u en 20 u MET in de maanden april-september. Indicator ter bescherming van de bossen.
AOT40 voor vegetatie	Accumulated Ozon Exposure above a Threshold of 40 ppb (=80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$): het verschil tussen het uurgemiddelde boven 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ voor alle uurwaarden tussen 8 u en 20 u MET in de maanden mei, juni en juli (groeiseizoen). Indicator ter bescherming van de gewassen en de (semi-)natuurlijke vegetatie.
AOT60	Accumulated Ozon Exposure above a Threshold of 60 ppb (=120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$): het verschil tussen de dagelijkse hoogste 8-uurgemiddelde concentratie hoger dan 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, gesommeerd over een kalenderjaar.
BC	Black Carbon ofwel roet. Dat is een deel van fijn stof en is vooral afkomstig van dieselauto's en verbranding van biomassa.
GBI	Gemiddelde Blootstellingsindex: nationale indicator die wordt berekend als het gemiddelde over drie jaar van gemeten $\text{PM}_{2,5}$ concentraties in stedelijke achtergrondstations.
LTD	Langetermijndoelstelling
MLTD	Middellangetermijndoelstelling
NET60	Number of exceedances above a Threshold of 60 ppb (=120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$): aantal dagen waarop de dagelijkse hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentratie hoger dan 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ was.
NOx	Verzamelnaam voor een gasmengsel dat bestaat uit stikstofmonoxide (NO) en stikstofdioxide (NO_2).
O ₃	Ozon: zeer reactief gas dat in de troposfeer gevormd wordt door de inwerking van uv-licht op bepaalde verbindingen aanwezig in de lucht, de zogeheten precursoren. Ozon wordt voornamelijk gevormd op warme en zonnige zomerdagen.
PM _{2,5}	Particulate Matter ofwel fijn stof met een diameter kleiner dan 2.5 μm .
PM ₁₀	Particulate Matter ofwel fijn stof met een diameter kleiner dan 10 μm .
RIO	Interpolatietechniek gebruikt in dit rapport om een ruimtelijk beeld te scheppen van de luchtkwaliteit in België.
SO ₂	Zwavedioxide: een kleurloos gas met een karakteristieke irriterende geur en smaak bij hoge concentraties.
Smog	Een toestand met verhoogde luchtverontreiniging. In de winter (of in de lente) wordt dat vooral veroorzaakt door fijn stof, in de zomer door ozon.

Temperatuurinversie

Fenomeen waarbij de luchttemperatuur lager is dicht bij de grond dan in de hogere luchtlagen. Dat zorgt ervoor dat de luchtvervuiling niet kan stijgen en aan de grond blijft hangen

VOC Vluchtige Organische Componenten: een mengeling van gasvormige verbindingen met koolstof en waterstof als belangrijkste elementen. Ze vormen een precursor van ozon.

WGO Wereldgezondheidsorganisatie

Samenvatting

Onderstaande tabel toont de verschillende luchtkwaliteitsindicatoren voor België in 2015 en vergelijkt die via een kleurencode met het minimum, maximum en gemiddelde van de voorbije 10 jaar: 2005-2014. De cijfers zijn gebaseerd op de berekeningen met de RIO-interpolatietechniek, met een ruimtelijke resolutie van 4x4 km². De cijfers zijn dus representatief voor gebieden van 4x4 km², waaruit volgt dat de concentraties (of het aantal overschrijdingen) lokaal dus hoger of lager kunnen zijn.

Tabel 1: Luchtkwaliteitsindicatoren in België, 2015.

Indicator	2015			Europese grens- of streefwaarde	WGO-advieswaarde
	Min.	Gem.	Max.		
PM₁₀					
Jaargemiddelde (µg/m ³)	4	15	27	40	20
Aantal dagen > 50 µg/m ³	0	5	21	Max. 35 dagen	Max. 3 dagen
PM_{2.5}					
Jaargemiddelde (µg/m ³)	6	10	16	25	10
O₃					
Aantal dagen > infodrempel 180 µg/m ³	7				
Aantal dagen > alarmdrempel 240 µg/m ³	1				
Aantal dagen met hoogste 8-uurgem. > 120 µg/m ³	4	13	21	MLTD: 25 dagen, gemiddeld over 3 jaar, LTD: 0 dagen	0 dagen met hoogste 8-uurgem. > 100 µg/m ³
Aantal dagen met hoogste 8-uurgem. > 120 µg/m ³ (gem 2013-2015)	2	9	17	MLTD: 25 dagen, gemiddeld over 3 jaar, LTD: 0 dagen	0 dagen met hoogste 8-uurgem. > 100 µg/m ³
AOT60 ((µg/m ³).u)	520	2163	3880	5800**	
AOT40 voor vegetatie ((µg/m ³).u)	3140	9494*	15625	MLTD: 18000, gemiddeld over 5 jaar, LTD: 6000	
AOT40 voor vegetatie ((µg/m ³).u) (gemiddelde 2011-2015)	3233	8086*	13372	MLTD: 18000, gemiddeld over 5 jaar, LTD: 6000	

AOT40 voor bossen (($\mu\text{g}/\text{m}^3$).u)	5175	18397* *	24618	Kritiek niveau: 10000*** Referentieniveau: 20000***	
--	------	-------------	-------	--	--

NO ₂					
Jaargemiddelde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	4	12	37	40	40
19e hoogste uurgemiddelde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	26	44	107	200	hoogste uurgemiddelde: 200

SO ₂					
25e hoogste uurgemiddelde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1	3	22	350	
4e hoogste daggemiddelde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1	2	13	125	hoogste daggemiddelde: 20

* Gewogen gemiddelde van de vegetatie-oppervlakte.

** Gewogen gemiddelde van de bosoppervlakte.

*** Niet in richtlijn 2008/50/EG

Kleurencode:

Waarde beduidend lager dan het voorbije 10-jaargemiddelde
Waarde vergelijkbaar met het voorbije 10-jaargemiddelde
Waarde beduidend hoger dan het voorbije 10-jaargemiddelde

Rode tekstkleur wijst op een overschrijding van de Europese grenswaarde of streefwaarde.

Het jaar 2015 lijkt een gunstig jaar geweest te zijn op vlak van luchtkwaliteit. Voor zowel PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂ als voor SO₂ waren het merendeel van de indicatoren het voorbije jaar significant lager dan het gemiddelde van de laatste tien jaar. Enkel voor ozon zijn de meeste indicatoren in 2015 vergelijkbaar met die van het tienjarig gemiddelde. De chronische blootstelling, het driejarig gemiddelde van het aantal dagen met een hoogste 8-uurgemiddelde hoger dan 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ligt lager dan het tienjarig gemiddelde. Op basis van de RIO-berekeningen werden alle doel- en grenswaarden zoals vooropgesteld door de Europese Unie gerespecteerd in 2015. Dit blijkt duidelijk uit Tabel 2, waar het percentage van de bevolking dat potentieel wordt blootgesteld aan waarden boven de EU-grenswaarden enerzijds, en die van de Wereldgezondheidsorganisatie (WGO) anderzijds, wordt weergegeven. Men kan dus besluiten, op basis van die berekeningen, dat niemand in België werd blootgesteld aan meer dan 35 dagen met PM₁₀-concentraties hoger dan 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, noch aan jaargemiddelde concentraties van NO₂ boven 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. De bevolkingsblootstelling wordt geschat op basis van de RIO-berekeningen die een beeld schetsen van de luchtkwaliteit op een resolutie van 4x4 km² en het aantal overeenkomstige inwoners op deze resolutie. Deze relatief lage resolutie verklaart dat 0% van de bevolking werd blootgesteld aan concentraties hoger dan de grenswaarden van de Europese richtlijnen, ondanks dat dergelijke overschrijdingen wel nog werden gemeten in 2015.

Wat betreft PM₁₀ werd de jaarlijkse Europese grenswaarde in België gerespecteerd. In 2015 bleven de jaargemiddelde concentraties van PM_{2,5} onder de Europese grenswaarde die van kracht is sinds 2010. Bij vergelijking met de advieswaarden opgesteld door de WGO, is de situatie ongunstig: bijna de hele Belgische bevolking werd potentieel blootgesteld aan fijnstofconcentraties, zowel PM₁₀ als PM_{2,5}, boven deze WGO-advieswaarden.

In de grote agglomeraties (Brussel en Antwerpen) overschrijden de gemeten NO_2 -concentraties op jaarbasis lokaal de Europese grenswaarden (zie Error: Reference source not found)). De Europese grenswaarde op uurbasis werd daarentegen in heel België gerespecteerd.

De middellangetermijndoelstellingen voor ozon voor de bescherming van de gezondheid en de vegetatie zijn gehaald, maar de langetermijndoelstelling voor de gezondheid wordt nog steeds bijna overal overschreden, net als deze voor vegetatie. De situatie is niet veel beter voor de bossen, bijna het hele bosbestand (98 %) krijgt een lading ozon boven het kritieke niveau te verwerken. De referentiewaarde van het bosbestand werd in 2015 voor 30 % van het bosbestand overschreden.

Concluderend kan gesteld worden dat in 2015 de concentraties fijn stof (PM_{10} en $\text{PM}_{2,5}$) en ozon nog steeds problematisch zijn voor wat betreft hun impact op de gezondheid.

Tabel 1: Percentage van de bevolking of de vegetatieoppervlakte potentieel blootgesteld aan waarden boven de Europese grens- of streefwaarde of WGO-advieswaarde.

Indicator	Europese grens- of streefwaarde	2015	WGO-advieswaarde	2015
		% blootgestelde bevolking of % van de oppervlakte boven de streefwaarde voor vegetatie (AOT40)		% blootgestelde bevolking

PM_{10}

Jaargemiddelde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	40	0%	20	27%
Aantal dagen $> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	max. 35 dagen	0%	max. 3 dagen	90%

$\text{PM}_{2,5}$

Jaargemiddelde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	25	0%	10	87%
---	----	----	----	-----

NO_2

Jaargemiddelde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	40	0%	40	0%
Uurgemiddelde $> 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	max. 18 uren	0%	0 uren	0%

SO_2

Daggemiddelde $> 125 \mu\text{g}/\text{m}^3$	max. 3 dagen	0%	daggemiddelde $> 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0%
Uurgemiddelde $> 350 \mu\text{g}/\text{m}^3$	max. 24 uren	0%		

O₃

Aantal dagen met hoogste 8-uurgem. > 120 µg/m ³	LTD: 0 dagen	100 %	dagelijks hoogste 8- uurgem > 100 µg/m ³	100%
Aantal dagen met hoogste 8 uurgem. > 120 µg/m ³ (gemiddelde 2013-2015)	MLTD: 25 dagen, gemiddeld over 3 jaar	0%		
AOT60 ((µg/m ³).u)	5800*	0%		
AOT40 voor vegetatie ((µg/m ³).u)	LTD: 6000	90%		
AOT40 voor vegetatie ((µg/m ³).u) (gemiddelde 2011-2015)	MLTD: 18000, gemiddeld over 5 jaar	0%		
AOT40 voor bossen ((µg/m ³).u)	Kritiek niveau: 10000*	98%		
AOT40 voor bossen ((µg/m ³).u)	Referentieniveau: 20000*	30 %		

Kleurencode:

0%	0 % - 50%	> 50%
----	-----------	-------

* niet in richtlijn 2008/50/EG

Inleiding

Tot 1994 werden de luchtkwaliteitsmeetnetten in België uitgebaat door het federale Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie (IHE). Ook de beoordeling van de luchtkwaliteit was een federale bevoegdheid. Sinds 1994 zijn het meten en het beoordelen van de luchtkwaliteit bevoegdheden van de drie Belgische gewesten. De drie gewesten beslisten om toch op een permanente basis te blijven samenwerken en daarvoor werd de Intergewestelijke Cel voor het Leefmilieu (IRCEL) opgericht. IRCEL is onder meer verantwoordelijk voor het informeren van de bevolking, media en beleidsmakers over de luchtkwaliteit. Dat gebeurt door een efficiënte en nauwe samenwerking met de verantwoordelijke instanties in de drie gewesten. In het kader van dat samenwerkingsakkoord moet IRCEL jaarlijks rapporteren over de luchtkwaliteit in de drie gewesten. Dit rapport geeft een overzicht van de toestand van de luchtkwaliteit in 2015 in België.

De concentraties van de verschillende vervuilende stoffen in de lucht worden gemeten in de luchtkwaliteitsmeetnetten van de drie gewesten. In Vlaanderen worden de meetnetten uitgebaat door de Vlaamse Milieumaatschappij (<http://www.vmm.be>), in Wallonië door l'Institut Scientifique de Service Public (<http://www.issep.be>) en het Agence Wallonne de l'Air et du Climat (AWAC) (<http://www.awac.be>) en in Brussel door Leefmilieu Brussel (<http://www.ibgebim.be>). De meetwaarden worden verzameld door IRCEL en opgeslagen in de intergewestelijke luchtdatabank. Daarnaast beschikken de gewesten over een meteorologisch meetnet waarmee ook verschillende meteorologische parameters gemeten worden om de gemeten concentraties van de luchtvervuiling te kunnen duiden. De meteorologische parameters die gemeten worden, zijn temperatuur, windrichting en -snelheid, luchtdruk, neerslag en relatieve vochtigheid.

Dit rapport beschrijft de toestand van de luchtkwaliteit in 2015 en de evolutie van de luchtkwaliteit in België de laatste jaren. In dit rapport wordt niet ingegaan op de metingen in de verschillende individuele meetstations. Daarvoor verwijzen we naar de jaarrapporten luchtkwaliteit van de gewesten en de jaarlijkse rapportering van België in het kader van de Europese richtlijn 2008/50/EG. geeft een overzicht van de gewesten, provincies en de grootste agglomeraties in België.

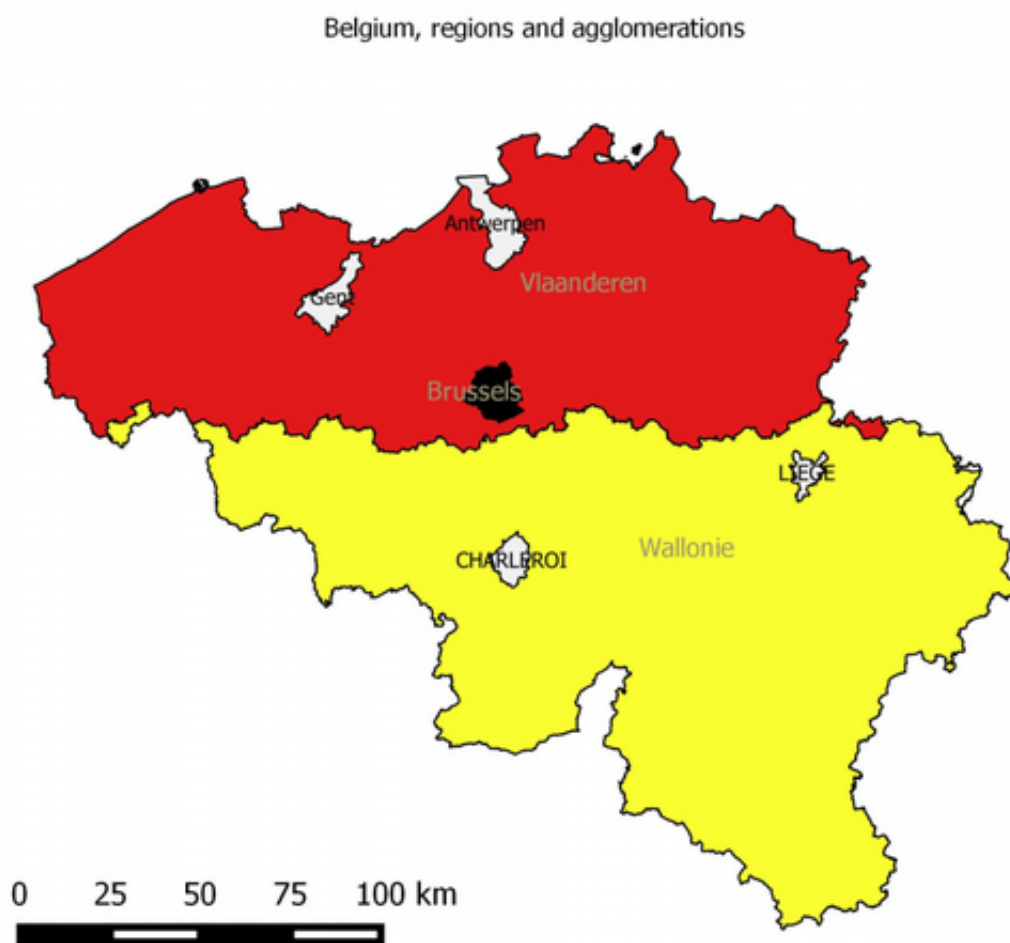
De jaarrapporten gepubliceerd door de gewesten zijn beschikbaar op volgende locaties:

- voor Vlaanderen: <https://www.vmm.be/publicaties/luchtkwaliteit-in-het-vlaamse-gewest-2015>
- voor Wallonië : <http://193.190.182.213/WebAirQuality/RapportAnnuel.aspx>
- voor Brussel: http://document.environnement.brussels/opac_css/

De analyses in dit rapport gebeurden voornamelijk door gebruik te maken van (ruimtelijke) interpolaties van de luchtkwaliteitsmetingen, de zogenaamde RIO-interpolatietechniek (zie Box 1). De polluenten PM₁₀, PM_{2,5}, BC, O₃, NO₂ en SO₂ worden besproken aangezien de interpolatietechniek voor die polluenten ontwikkeld werd. Voor de resultaten van andere polluenten zoals o.a. NO, CO, zware metalen verwijzen we naar de gewestelijke jaarrapporten.

Nota 1: de blootstelling van de bevolking gepresenteerd in dit rapport is een 'statische' blootstelling, berekend op basis van de bevolkingsaantallen per RIO-gridcel. Dat betekent dat de blootstelling geschat wordt aan de hand van de woonplaats van de bevolking. Met verplaatsingen wordt dus geen rekening gehouden. Bovendien impliceert de resolutie van de RIO-interpolatietechniek een onzekerheid over de werkelijk blootgestelde bevolking. In een bepaalde gridcel waar bijvoorbeeld een NO₂-jaargemiddelde van 41 µg/m³ berekend wordt, worden alle mensen in die gridcel verondersteld blootgesteld te zijn aan die concentratie boven de jaargrenswaarde, terwijl in werkelijkheid een deel van de bevolking zal zijn blootgesteld aan lagere of hogere concentraties. In een gridcel waar 40 µg/m³ berekend wordt echter, wordt niemand verondersteld blootgesteld te zijn aan concentraties boven de grenswaarde. De resultaten moeten dus met enige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd.

Figuur 1 toont de bevolkingsdichtheid per RIO-roostercel. Die is hoger in de grote agglomeraties die duidelijk zichtbaar zijn op de kaart.

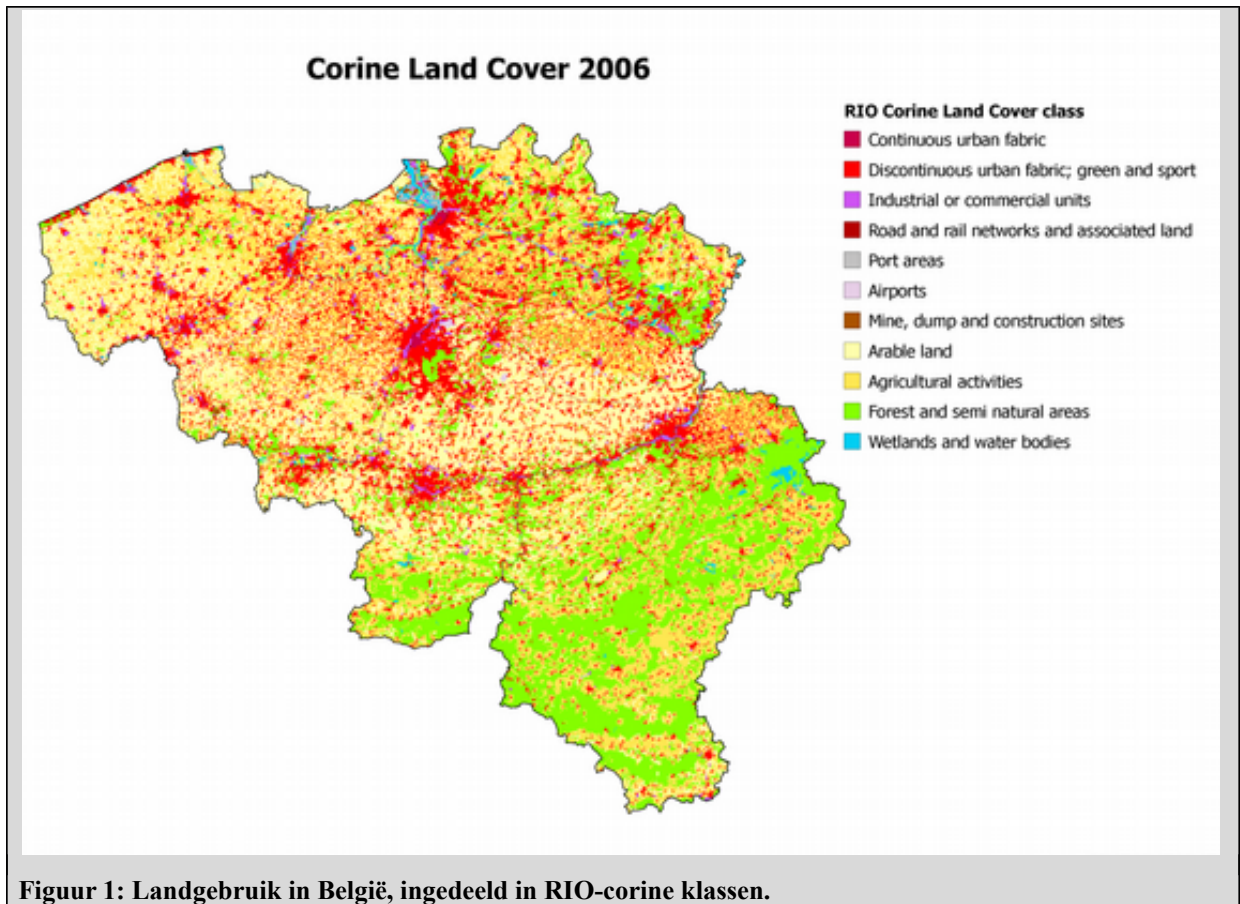


Figuur 1: De verschillende regio's en de grote agglomeraties in België.

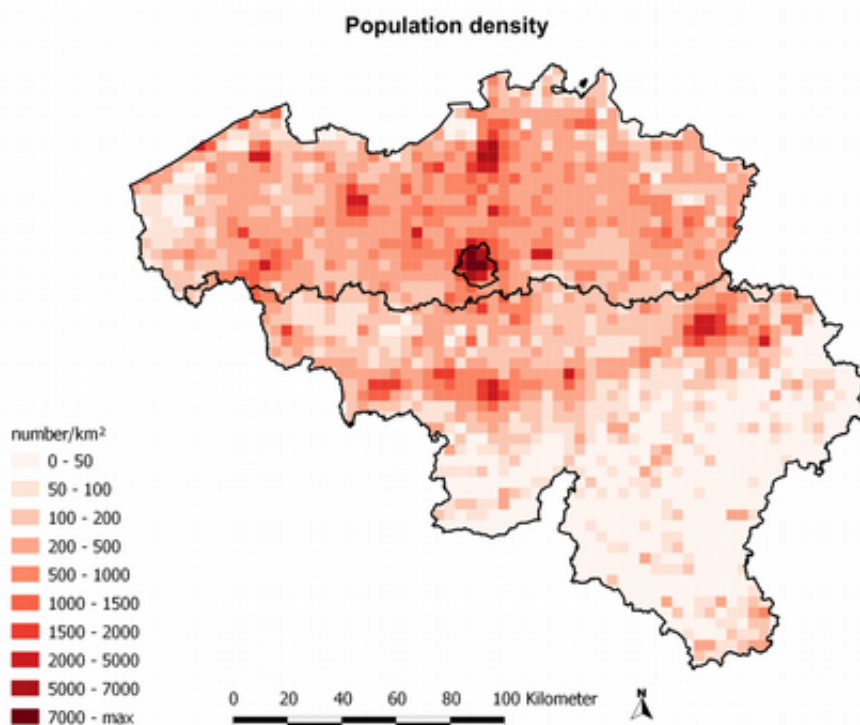
BOX 1: RIO-interpolatietechniek

In dit rapport wordt gebruikgemaakt van een ruimtelijke interpolatietechniek van luchtkwaliteitsmetingen, genaamd RIO. Op die manier kan ook de blootstelling van de bevolking worden geschat. Gewone interpolatietechnieken zoals Inverse Distance Weighting (IDW) en Ordinary Kriging (OK) vereisen dat elke meetplaats representatief is voor eenzelfde ruimtelijk gebied. In de praktijk is dat voor luchtverontreiniging echter niet het geval. Concentraties gemeten dicht bij een verontreinigingsbron zullen veelal slechts representatief zijn voor een beperkt gebied rond die bron, terwijl concentraties die gemeten worden in een landelijke zone over het algemeen voor een grotere oppervlakte representatief zijn. Om daarmee rekening te houden, dus om het lokale karakter van de luchtvervuiling in rekening te brengen, werd de RIO-interpolatietechniek ontwikkeld (Hooybergs et al., 2006; Janssen et al., 2008). RIO is een intelligente interpolatietechniek waarmee de lokale invloed per meetstation eerst verwijderd wordt om zo een ruimtelijke homogene dataset van luchtkwaliteitsmetingen te verzamelen. De zo verkregen meetwaarden kunnen dan wel worden geïnterpoleerd met Ordinary Kriging. Het lokale karakter voor elk van de geïnterpoleerde meetpunten wordt in de laatste stap weer toegevoegd. Het lokale karakter van een meetplaats wordt bepaald door een statistische analyse van lange tijdsreeksen van concentraties in de meetstations en het landgebruik (Corine Land Cover) in de buurt van die meetstations. Uit die analyse blijkt dat er een robuuste correlatie bestaat tussen landgebruik en de concentratieniveaus. De correlatie tussen de concentraties en het landgebruik wordt samengevat in trendfuncties. Omdat het landgebruik voor heel België bekend is, kan het lokale karakter voor elke plaats waar geïnterpoleerd wordt, in rekening worden gebracht. Voor de interpolatie van PM_{2,5} werd voor de bepaling van het lokale karakter naast de landbedekking ook gebruikgemaakt van de aerosol optische diepte (AOD). Figuur 1 toont de Belgische landgebruikskartaar op basis van de Corine Land Cover 2006, geaggregeerd naar de 11 RIO-corine klassen gebruikt in de RIO-interpolatiemethode. Het duidelijk verschillende landgebruik in de drie gewesten wordt ook weerspiegeld in de luchtkwaliteit. De zone ten zuiden van de Samber- en Maasvallei bijvoorbeeld is duidelijk een meer beboste zone, met minder emissiebronnen en dus minder luchtvervuiling.

De ruimtelijke resolutie van de RIO-interpolatietechniek is 4x4 km². Met RIO is het mogelijk om op elk uur voor alle 4x4 km² roostercellen in België de luchtkwaliteit te berekenen. Ontbrekende meetresultaten in meetstations worden ingevuld door de interpolatie van de metingen van de meetplaatsen die wel beschikbaar zijn. Dat is zeer interessant voor overschrijdings- en overlastindicatoren die concentraties over meerdere uren of dagen accumuleren. Indien men die indicatoren wil berekenen per meetstation, dan moet men er immers altijd rekening mee houden dat ontbrekende data kunnen leiden tot onvolledige resultaten waardoor een correctie noodzakelijk is. De RIO-interpolatiemethode is gevalideerd met de 'leaving-one-out' methode. Daarbij wordt een interpolatie gedaan met de metingen van alle behalve één meetstation. De geïnterpoleerde concentraties op de plaats van het weggelaten meetstation kunnen dan worden vergeleken met de meetresultaten gemeten in dat station. RIO werd ook gevalideerd met onafhankelijke metingen, waarbij een lage onzekerheid aangetoond werd (Janssen et al., 2008). Onafhankelijke metingen zijn metingen die nergens in RIO, ook niet bij de bepaling van de trendfuncties, gebruikt worden. Daarnaast wordt ook de onzekerheid per roostercel berekend voor elke pollutant. Voor deze kaarten en een meer gedetailleerde uitleg rond het bepalen van de modelonzekerheid verwijzen we naar Bijlage C.



Figuur 1: Landgebruik in België, ingedeeld in RIO-corine klassen.



Figuur 1: Bevolkingsdichtheid per RIO-roostercel (Bron: Bevolkingscijfers Statistics Belgium).

Naast de verschillende indicatoren voor het jaar 2015 wordt voor elke pollutant en elke 4x4 km² roostercel uit de RIO-interpolatie de trend in luchtconcentraties berekend sinds het begin van de metingen (zie Box 2). Daarbij is het belangrijk om altijd met Nota 2 rekening te houden.

Nota 2: de trend in concentraties of indicatoren afgeleid van concentraties wordt beïnvloed door het verschillende aantal meetstations per jaar of een eventuele verandering van meetmethode. Idealiter gebruikt men bij de bepaling van de trend enkel de metingen van de stations die gedurende de hele periode operationeel waren. Het aantal meetstations is voor de meeste pollutanten echter sterk toegenomen gedurende de afgelopen 20 jaar waardoor de ruimtelijk gemiddelde concentraties en de interpolatiekaarten nu een kleinere onzekerheid hebben. Dat betekent dat de onzekerheid van de waarden in jaren met weinig meetstations groter is dan in jaren met meer stations. De evolutiegrafieken en -kaarten moeten dan ook worden gelezen met dat in het achterhoofd. Per pollutant wordt aan het begin van elk hoofdstuk de evolutie weergegeven van het aantal stations.

BOX 2: Trendanalyse

Om de helling en de statistische significantie (p-waarde) van de trend (in $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{jaar}$) te bepalen, wordt gebruikgemaakt van de niet-parametrische Theil-Senmethode (Theil, 1950; Sen, 1968). In de Theil-Senmethode wordt de helling tussen alle paren van (x,y) punten bepaald. De Theil-Senschatting van de helling is dan de mediaan van al die hellingen. Bij een niet-parametrische methode, in tegenstelling tot de krachtigere parametrische statistische testen, is het niet vereist dat de data normaal verdeeld zijn en dat aan de voorwaarde van homoscedasticiteit, nl. de gelijkheid van variantie van de luchtkwaliteitsdata over de verschillende jaren, voldaan is. Er kunnen nog altijd nauwkeurige betrouwbaarheidsintervallen worden berekend. Bovendien is de methode ook resistent tegen ‘outliers’ ofwel uitschieters. Dat zijn waarnemingen die relatief ver van de andere waarnemingen verwijderd liggen. De schatting van de trendparameters wordt dan vervolgens nog robuuster gemaakt door ‘bootstrap-resampling’. Dat houdt in dat de originele dataset x aantal keer opnieuw gegenereerd wordt op basis van een vooraf opgestelde verdeling en dat ook de trendanalyseparameters x aantal keer opnieuw berekend worden.

In hoofdstuk 1 wordt de Europese regelgeving over luchtkwaliteit toegelicht met een overzicht van de na te leven Europese grens- en streefwaarden. Daarna volgt een overzicht van de smogepisodes in 2015 en de mogelijke verklaringen, zoals de meteorologische omstandigheden, voor het plaatsvinden van die episodes. Vervolgens geven we per luchtvervuilingscomponent een beschrijving van de pollutant, bespreken we de toetsing aan de Europese grens- en streefwaarden en andere relevante indicatoren en gaan we de langetermijntrend na. Alle kaarten en grafieken gepubliceerd in dit rapport zijn gemaakt op basis van de resultaten van de RIO-interpolatie techniek, tenzij anders vermeld.

De tabel in Bijlage A geeft de meetstations uit de drie regionale meetnetwerken weer die gebruikt worden in de ruimtelijke interpolatiekaarten, samen met de pollutanten die er gemeten worden. In Bijlage C wordt de ruimtelijke spreiding van de onzekerheid van de geïnterpoleerde concentraties weergegeven voor elke pollutant.

De berekening van de verschillende indicatoren, en ook de trendanalyses, werden uitgevoerd met behulp van het ‘openair’-pakket (Carslaw en Ropkins, 2012), ontwikkeld voor het statistische softwareprogramma R (R Core Team, 2012). Alle kaarten in dit jaarrapport werden gemaakt met QuantumGIS (QuantumGIS Development Team, 2015).

1 Europese regelgeving

In het volgende hoofdstuk worden de belangrijkste kenmerken van de Europese regelgeving besproken. Die regelgeving bevat eisen voor het meetnetwerk in elk land, en ook grens- en streefwaarden voor de verschillende polluenten.

1.1 Historisch

Op 21 november 1996 werd de richtlijn 96/62/EG van de Raad van 27 september 1996 betreffende de beoordeling en het beheer van de luchtkwaliteit gepubliceerd. Die richtlijn vormt een mijlpaal op het gebied van regelgeving voor de luchtkwaliteit in de Europese Unie (EU 1996). De nieuwe Kaderrichtlijn verving de vroegere binnen de Europese Unie te hanteren richtlijnen voor SO₂ en zwevende deeltjes (80/779/EEG), voor Pb (82/884/EEG), voor NO₂ (85/203/EEG) en voor O₃ (92/72/EEG).

Samen met een aantal dochterrichtlijnen vormde ze de basis voor een nieuw kwaliteitsbeleid lucht binnen de Europese Unie. De Kaderrichtlijn had als doel de grondbeginselen van een gemeenschappelijke strategie te formuleren, terwijl de dochterrichtlijnen voor een 13-tal polluenten luchtkwaliteitsnormen (wettelijk bindende grens- en niet-bindende streefwaarden, en in een aantal gevallen alarmdrempels) vastlegden. De gemeenschappelijke strategie in de Kaderrichtlijn was erop gericht om enerzijds de luchtkwaliteit op een gemeenschappelijke manier te beoordelen en de bevolking daarover in te lichten met vastgelegde meetmethodes en criteria, en anderzijds doelstellingen voor de luchtkwaliteit vast te stellen opdat schadelijke effecten voor de menselijke gezondheid en het milieu konden worden voorkomen, verhinderd of verminderd. In de dochterrichtlijnen werden die luchtkwaliteitsdoelstellingen per polluent geformuleerd in de vorm van grens- en streefwaarden, en ook met een datum waarop concentratieniveaus beneden die grenswaarden moeten worden bereikt. In een overgangsfase wordt een overschrijdingsmarge voor de grenswaarde ingesteld. De lidstaten zijn verplicht om actieplannen uit te werken bij overschrijdingen van de grenswaarden. De richtlijnen beschreven ook per polluent criteria en meetmethodes voor de bewaking van de luchtkwaliteit, en bij welke informatie- en alarmdrempels de bevolking moet worden geïnformeerd. Die drempels zijn gedefinieerd voor stoffen waaraan kortstondige blootstelling boven de drempelwaarde risico's kan inhouden voor de volksgezondheid. Er bestaan alarmdrempels voor NO₂, SO₂ en O₃.

1.2 Europese richtlijn (2008)

In mei 2008 werden de Kaderrichtlijn 96/62/EG, de eerste drie dochterrichtlijnen en een richtlijn rond het uitwisselen van gegevens vervangen door de nieuwe EU-richtlijn 2008/50/EG. De grens- en streefwaarden, en informatie- en alarmdrempels werden behouden, behalve de tweede fase van de PM₁₀-grenswaarde die geschrapt werd. Aanvullend werden, gebaseerd op recente gezondheidsonderzoeken naar de schadelijke effecten van PM_{2,5}, voor die polluent eveneens meetverplichtingen en grens- en streefwaarden vastgelegd. Op basis van PM_{2,5}-metingen in stedelijke achtergrondlocaties wordt een gemiddelde blootstellingsindex (GBI) berekend voor het referentiejaar 2010, gebaseerd op de gemiddelde concentratie in 2008, 2009 en 2010. Die blootstellingsindex bepaalt naar welk reductiepercentage een lidstaat moet streven tegen 2020. Er werd ook in extra flexibiliteit voorzien voor het niet in rekening brengen van natuurlijke bronnen bij de beoordeling van de

kwaliteitsdoelstellingen en er werd in een uitstel­mogelijkheid voorzien voor het halen van de grenswaarden van NO₂, PM₁₀ en benzeen.

Voor fijn stof mogen overschrijdingen die geheel of gedeeltelijk te wijten zijn aan natuurlijke bronnen geheel of gedeeltelijk buiten beschouwing worden gelaten. De bijdrage van het strooien van winterzand en -zout mag eveneens worden afgetrokken. Tabel 1 geeft een overzicht van de verschillende grens- en streefwaarden per pollutent en het tijdstip waarop die gerespecteerd moeten worden.

geeft de informatie- en alar­mdrempels weer waarbij de bevolking moet worden geïnformeerd of gealarmeerd.

Ook de criteria voor het aggregeren van gegevens en het berekenen van statistische parameters zijn grotendeels overgenomen uit de oude kaderrichtlijnen. Uitzondering daarop is de berekening van 24-uurswaarden; daarvoor moet volgens de nieuwe richtlijn minstens 75% van de uurgemiddelden beschikbaar zijn.

Tabel 1: Overzicht van Europese grens- en streefwaarden voor de verschillende polluenten volgens de EU-richtlijn 2008/50/EG.

Stof	Bescherming van	Middelingstijd	Waarde	Maximum toegestaan aantal overschrijdingen	Datum waarop de waarde bereikt moet worden
Grenswaarden					
SO ₂	mens	1 uur	350 µg/m ³	24	1 januari 2005
		1 dag	125 µg/m ³	3	1 januari 2005
NO ₂	vegetatie	jaar en winter	20 µg/m ³		
	mens	1 uur	200 µg/m ³	18	1 januari 2010
		jaar	40 µg/m ³		1 januari 2010
	vegetatie	jaar	30 µg/m ³		
PM ₁₀	mens	1 dag	50 µg/m ³	35	1 januari 2005
		jaar	40 µg/m ³		1 januari 2005
PM _{2,5}	mens	jaar	25 µg/m ³		1 januari 2015
		jaar	20 µg/m ³		1 januari 2020 ⁽¹⁾
Benzeen	mens	jaar	5 µg/m ³		1 januari 2010
CO	mens	dagelijkse hoogste 8 uur ⁽²⁾	10 mg/m ³		1 januari 2005
Pb	mens	jaar	0.5 µg/m ³		1 januari 2005 ⁽³⁾
Streefwaarden					
O ₃	mens	dagelijkse hoogste 8 uur	120 µg/m ³	MLTD: 25 ⁽⁴⁾ LTD: 0	1 januari 2010
	vegetatie	AOT40: 8u-20u CET in mei - juli	MLTD: 18000 (µg/m ³)·u ⁽⁴⁾ LTD: 6000(µg/m ³)·u		
PM _{2,5}	mens	jaar	25 µg/m ³		1 januari 2010

(1) Indicatieve grenswaarde die zal worden herzien door de Europese Commissie in 2013 op basis van verworven kennis rond gezondheid en milieueffecten, technische mogelijkheden en ervaring met de streefwaarden in de verschillende lidstaten.

(2) De dagelijkse hoogste 8-uur gemiddelde concentratie wordt geselecteerd op basis van het glijdend 8-uur gemiddelde, wat berekend wordt op basis van uurlijkse data en elk uur aangepast wordt. Elk berekend 8-uur gemiddelde wordt toegekend aan de dag waarop het eindigt.

(3) In de onmiddellijke nabijheid van specifieke industriële bronnen die gelegen zijn op sites die vervuild zijn door decennia durende industriële activiteiten moet de grenswaarde bereikt worden tegen 1 januari 2010. Tot dat tijdstip gold in die gebieden een grenswaarde van 1 µg/m³.

(4) MLTD: middellangetermijndoelstelling (2010). LTD: langetermijndoelstelling. De MLTD wordt berekend gemiddeld over drie (bescherming van de mens) of vijf jaar (bescherming van vegetatie). Indien niet voldoende opeenvolgende jaargemiddelden beschikbaar zijn, is de minimumvereiste om overeenstemming met de streefwaarden te bepalen geldige data van één of drie opeenvolgende jaren voor respectievelijk de bescherming van mens en vegetatie.

Tabel 1 Overzicht van de gemiddelde uurlijkse informatie- en alarmdrempels volgens de EU-richtlijn 2008/50/EG.

Polluent	Informatiedrempel	Alarmdrempel
(*) SO ₂		500 µg/m ³
(*) NO ₂		400 µg/m ³
(**) O ₃	180 µg/m ³	240 µg/m ³

(*) *Meting gedurende drie opeenvolgende uren op plaatsen die representatief zijn voor de luchtkwaliteit boven minimaal 100 km² of boven een volledige zone of agglomeratie indien die een kleinere oppervlakte beslaat.*

(**) *Voor de toepassing van kortetermijnmaatregelen moet gedurende drie opeenvolgende uren een overschrijding van de drempelwaarde worden gemeten of voorspeld.*

De luchtkwaliteitsadvieswaarden van de Wereldgezondheidsorganisatie WGO (World Health Organisation – WHO) zijn strenger dan de grens- en streefwaarden opgelegd door de Europese Unie, zie Tabel 1. De grens- en streefwaarden van de EU zijn opgesteld met als uitgangspunt hoe in de hele EU op de meest kostenefficiënte manier de best mogelijke luchtkwaliteit kan worden verwezenlijkt die maximale bescherming biedt aan de bevolking. Europa houdt dus niet alleen rekening met gezondheidsredenen maar ook met de economische haalbaarheid om tot die doelstellingen te komen. De advieswaarden die de WGO voorstelt, zijn een aanvaardbare en haalbare doelstelling om gezondheidseffecten te minimaliseren binnen de lokale mogelijkheden en beperkingen, en de publieke gezondheidsprioriteiten. Voor bijvoorbeeld fijn stof stelt de WGO dat er geen ondergrens is waaronder geen schadelijke effecten voor de gezondheid voorkomen.

Tabel 1: Overzicht van de advieswaarden voor luchtkwaliteit van de Wereldgezondheidsorganisatie.

Polluent	Middelingstijd	Maximum toegestaan aantal overschrijdingen	Waarde
PM ₁₀	1 dag	3	50 µg/m ³
	jaar		20 µg/m ³
PM _{2,5}	1 dag	3	25 µg/m ³
	jaar		10 µg/m ³
NO ₂	1 uur	0	200 µg/m ³
	jaar		40 µg/m ³
O ₃	8 uur	0	100 µg/m ³
SO ₂	10 minuten		500 µg/m ³
	1 dag	0	20 µg/m ³

Bron: WHO, 2006

1.3 Beleidspakket van de Europese Commissie voor schonere lucht in Europa

Op 18 december 2013 publiceerde de Europese Commissie haar beleidspakket voor schonere lucht in Europa. Dit pakket is het resultaat van een uitgebreid overleg met verschillende belangengroepen, experts en internationale organisaties. Het Europese "clean air package" omvat enerzijds een

herziening van de ‘Thematic Strategy on Air Pollution and Clean Air for Europe (CAFE)’ uit 2005, waarin de Commissie aangeeft welk doel inzake luchtkwaliteit ze wil nastreven, en anderzijds voorstellen voor herziening van de richtlijn rond emissiereducties (NEC-richtlijn) en een nieuwe richtlijn om de emissies van middelgrote stookinstallaties te beperken (MCP-richtlijn).

Het huidige beleid op Europees en nationaal niveau heeft tot nu toe niet de verwachte resultaten opgeleverd. Daarvoor zijn verschillende redenen. In het verkeer is bijvoorbeeld het transportvolume toegenomen waardoor de emissiereducties door een schoner wagenpark deels worden teniet gedaan, is er een kloof tussen vastgelegde emissienormen per voertuigtype en reële emissies en verloopt de geplande vernieuwing van het wagenpark trager dan verwacht (EU, 2011). In heel Europa zijn er nog verschillende luchtkwaliteitszones waarin één of meerdere van de huidige Europese luchtkwaliteitsnormen overschreden worden. Omdat de nadelige impact van luchtverontreiniging voor gezondheid en milieu onmiskenbaar is (WHO(2013)) en zelfs na de implementatie van het huidige beleid er nog steeds negatieve gevolgen zullen zijn, heeft de Commissie doelstellingen gemaakt op drie termijnen.

Op de korte termijn is het streefdoel om tegen 2020 alle huidige Europese normen na te leven in heel Europa. Hiervoor biedt de Commissie financiële ondersteuning voor het uitwerken en implementeren van luchtkwaliteitsplannen. Zo komt er een nieuwe test voor voertuigen waardoor het verschil tussen de vastgelegde emissienormen (EURO standaarden, *LNE Euronormen voor voertuigen*) en de reële emissies (“real driving emissions”) zou moeten verkleinen. Dieselwagens stoten in realistische rijomstandigheden immers meer NO_x uit dan in gestandaardiseerde omstandigheden waarbij elk voertuig een bepaalde rijcyclus op een testbank aflegt.

Meer recent, volgend op het “dieselgate”-schandaal, heeft de Commissie zowel tijdelijke, nl. tot 2020-2021, als vervolgens definitieve conformiteitsfactoren vastgelegd, van respectievelijk 2,1 en 1,5 voor de metingen van de NO₂-uitstoot onder reële rijomstandigheden (2016/646/EC). De facto betekent dit een kleine vermindering van de NO_x-uitstoot in 2020.

Op de middellange termijn is het doel om het aantal vroegtijdige overlijdens door fijn stof (PM_{2,5}) en ozon en de oppervlakte aan ecosystemen met overschrijding van de kritische lasten voor eutrofiëring te verminderen met respectievelijk 52% en 35% in 2030 ten opzichte van 2005. Hiervoor moeten in eerste instantie de achtergrondconcentraties dalen door in te zetten op een daling van de emissies via de herziening van de nationale emissieplafonds richtlijn (NEC, 2001/81/EC) en het invoeren van een nieuwe emissierichtlijn voor middelgrote stookinstallaties (1-50 MWh). In het huidige voorstel voor een nieuwe NEC-richtlijn, waarover momenteel nog onderhandeld wordt, worden relatieve reductiedoelstellingen ten opzichte van 2005 opgenomen en komen er naast de emissieplafonds voor NO_x, SO_x, NMVOC en NH₃ ook emissieplafonds voor methaan (CH₄) en PM_{2,5}. Voor 2020 zijn de doelstellingen overgenomen uit het Göteborgprotocol dat werd herzien in 2012. (in het kader van het internationale LRTAP-verdrag). Tegen 2030 gelden er strengere emissiereductiedoelstellingen.

Op de lange termijn (tegen 2050) is het de bedoeling om de Europese normen bij te stellen in functie van de WGO advieswaarden. Momenteel zijn de Europese normen immers minder streng dan de gezondheidsadvieswaarden van de WGO en bieden ze dus onvoldoende bescherming tegen de negatieve impact van luchtvervuiling voor de gezondheid. Vergelijken met een scenario zonder nieuwe wetgeving, zal het pakket voor schone lucht tegen 2030 naar verwachting 58 000 voortijdige sterfgevallen in de EU voorkomen en zal de oppervlakte beschermde ecosystemen gevoelig toenemen.

Meer info over het pakket voor schonere lucht in Europa: http://ec.europa.eu/environment/air/clean_air_policy.htm

2 Periodes met verhoogde luchtverontreiniging (smogepisodes) in 2015

De concentraties van luchtverontreinigende stoffen in de omgevingslucht variëren van dag tot dag (zelfs van uur tot uur). Dat heeft verschillende oorzaken. In de eerste plaats zijn de concentraties afhankelijk van de vervuiling die uitgestoten wordt door menselijke en natuurlijke bronnen. Belangrijke bronnen van vervuiling zijn onder meer de industrie, het verkeer, de landbouw en de huishoudens. Die emissies worden lokaal uitgestoten, maar kunnen ook een lange afstand in de atmosfeer afleggen. Zo komt het dat de concentraties soms kunnen toenemen door de aanvoer van vervuiling uit het buitenland. Polluenten kunnen worden gevormd of verwijderd door verschillende fysicochemische reacties in de atmosfeer en kunnen door depositie uit de lucht worden verwijderd. Een zeer belangrijke factor die de concentratieniveaus in de lucht bepaalt, is het weer. Parameters zoals druk, temperatuur, windrichting en -snelheid, turbulentie, ... hebben allemaal invloed op de processen die zich in de atmosfeer voordoen of op de mate waarin luchtvervuiling kan worden verdund.

Wanneer de concentraties in de lucht te hoog oplopen, ontstaat er smog. De belangrijkste stoffen die smog kunnen veroorzaken, zijn fijn stof, ozon, stikstofdioxide en zwaveldioxide.

Verhoogde luchtvervuiling door fijn stof en stikstofdioxide tijdens de winter (wintersmog) komt meestal voor bij stabiele weersomstandigheden met weinig wind en bij de aanwezigheid van een temperatuursinversie. De 'dispersie-' of verspreidingsomstandigheden van de luchtvervuiling in de atmosfeer zijn dan slecht. Een temperatuursinversie op lage hoogte zorgt ervoor dat de luchtvervuiling als het ware aan de grond blijft hangen, 'gevangen' onder de warmere luchtlaag erboven. Wanneer een dergelijke situatie meerdere dagen aanhoudt, kan de luchtvervuiling zich opstapelen en stijgen de concentraties van luchtverontreinigende stoffen gradueel.

Ozonsmogepisodes (zomersmog) komen vooral voor op warme zomerdagen (>25 °C) met weinig bewolking en weinig wind. Zulke meteorologische condities zijn gunstig voor de natuurlijke, fotochemische vorming van ozon.

Smogperiodes kunnen ook het gevolg zijn van de aanvoer van luchtvervuiling uit nabijgelegen regio's. Dat gaat meestal gepaard met landelijke luchtstromingen waarbij de luchtvervuiling zich ophoopt tijdens het transport over lange afstand.

Verhoogde fijnstofconcentraties kunnen ook het gevolg zijn van een plotse toename van secundair fijn stof. In tegenstelling tot het rechtstreeks uitgestoten of primaire fijn stof, wordt secundair fijn stof gevormd door chemische reacties in de atmosfeer. Uit chemische analyses van fijn stof blijkt trouwens dat 'secundair anorganische' zouten 30-40% bijdragen tot de totale massa fijn stof (VMM, 2009; 2010). Een sleutelcomponent in de vorming van secundair fijn stof is ammoniak. Hoge secundaire fijnstofconcentraties komen dan ook vaak voor in het voorjaar, wanneer de landbouwers de stallen schoonmaken en mest uitrijden met hoge ammoniakuitstoot tot gevolg.

Een smogepisode is echter niet uitsluitend toe te schrijven aan één oorzaak. Hoge concentraties in de lucht zijn altijd het gevolg van een combinatie van bovenstaande factoren (uitstoot, meteorologische omstandigheden, import, secundaire reacties) waarbij de ene factor meer of minder doorweegt dan de andere, afhankelijk van de situatie.

Het overzicht van de daggemiddelde fijnstofconcentraties, de dagelijkse maximale concentraties van ozon, stikstofdioxide en zwaveldioxide in 2015 is te vinden in Bijlage B.

2.1 Winter- en lentesmog

België kreeg te maken met een periode van verhoogde fijnstofconcentraties tussen 17 en 20 maart 2015 (met een tijdelijke daling op 19 maart). Het gaat hier dus niet echt over typische “wintersmog”, maar over een situatie die ontstaat in het voorjaar, op kalme dagen, wanneer het weer lente wordt. Kenmerkend voor deze episodes met “lentesmog”, is de grote ruimtelijke omvang waarmee ze zich voordoen. De concentraties aan fijn stof waren niet enkel verhoogd in België, maar ook in Nederland, het oosten van Engeland en het noorden van Frankrijk, waar erg hoge concentraties werden gemeten. Een meteorologische situatie met hoge luchtdruk, koude en vochtige nachten, weinig wind en relatief zachte temperaturen is ideaal voor de vorming van secundair fijn stof.

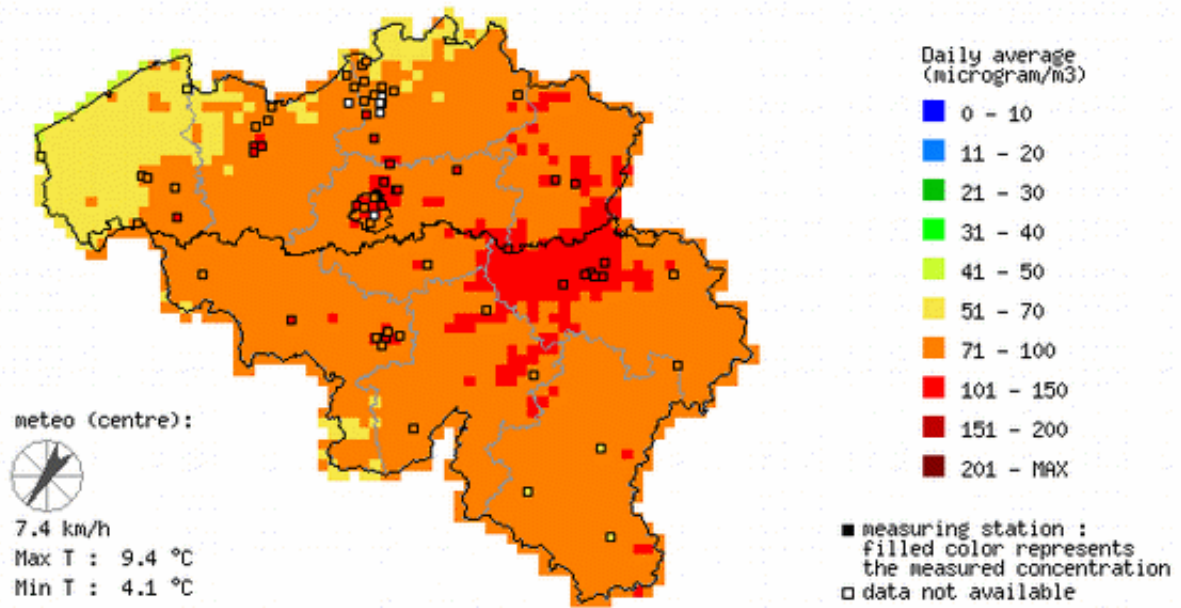
Bovenop de ongunstige atmosferische omstandigheden voor dispersie, speelt de uitstoot van ammoniak even goed een belangrijke rol in de vorming van fijn stof in die periode van het jaar. Ammoniak wordt vrijgesteld door landbouwers wanneer ze hun akkers bemesten. Deze stof kan reageren met stikstofoxiden, vooral afkomstig van het verkeer, om ammoniumnitraat te vormen. In mindere mate kan het ook ammoniumsulfaat vormen door reactie met SO₂ die wordt uitgestoten door de industrie. Ammoniumnitraat is de belangrijkste component van secundair (mineraal) fijn stof. Fijn stof bestaat dus uit enerzijds de primaire fractie, afkomstig van directe uitstoting (bijvoorbeeld dieselroet) en een secundaire fractie die niet rechtstreeks uitgestoten wordt, maar gevormd wordt door complexe fysicochemische reacties in de atmosfeer. Metingen van de samenstelling van fijn stof hebben aangetoond dat deze secundaire fractie tot 60% van de totale massa fijn stof kan uitmaken.

De bijdrage van het secundaire fijn stof is niet eenvoudig te voorspellen, vooral omdat de periode waarin het voorkomt varieert van jaar tot jaar en niet op voorhand gekend is. Voorspellingsmodellen hebben deze gegevens nodig, net zoals verdere meteorologische parameters om uiteindelijk een geloofwaardige voorspelling van de luchtkwaliteit te verkrijgen. Lentesmog voorspellen is bijgevolg niet eenvoudig.

De hoogste fijnstofconcentraties tijdens de smogepisode van 17-20 maart 2015 werden waargenomen op 20 maart en varieerden tussen 52 en 119 µg/m³. PM_{2,5}, de fractie waarin de meeste secundaire mineralen gevormd worden, vertegenwoordigde meer dan 85% van het gemeten fijn stof.

Tijdens de gehele periode van 17 tot 20 maart werd het smogalarm niet geactiveerd, aangezien de activeringsnorm (een overschrijding door het daggemiddelde van de grens van 70 µg/m³ gedurende twee opeenvolgende dagen), niet werd bereikt.

Daily average Particulate Matter (PM10) concentrations on: Friday 20/03/2015

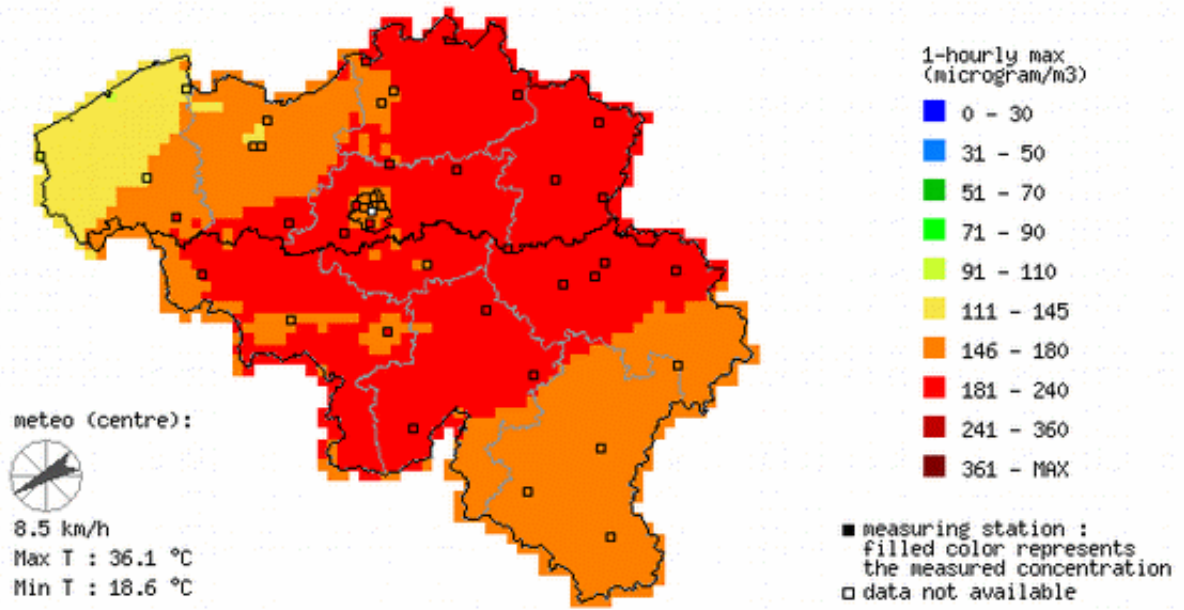


Figuur 2: Daggemiddelde fijnstofconcentratie op 20 maart 2015.

2.2 Zomersmog

De zomer van 2015 kan als normaal beschouwd worden wat betreft de temperaturen en de hoeveelheid zonneshijn. De Europese informatiedrempel van 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ werd overschreden in minstens een meetstation tijdens 7 dagen tussen eind juni en midden augustus. De alarmdrempel van 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ werd in die periode gedurende 1 dag overschreden. De hoogste ozonconcentraties werden waargenomen tussen 30 juni en 4 juli, met een maximum op 2 juli. Die dag werd de alarmdrempel overschreden in 5 meetstations, met een maximum van 263 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gemeten in Walshoutem. Het grootste aantal overschrijdingen werd waargenomen op 3 juli, toen de informatiedrempel werd bereikt in 24 stations en overal in België, uitgezonderd de kust, verhoogde ozonconcentraties werden geregistreerd (zie Figuur 3). Overschrijdingen van de informatiedrempel werden ook waargenomen op 11 juli en 13 augustus.

Daily highest 1-hourly Ozone concentrations on: Friday 03/07/2015



Figuur 3: Hoogste ozonconcentraties op 3 juli 2015.

3 Fijn stof

Zwevend ofwel fijn stof omvat alle vaste en vloeibare deeltjes die in de atmosfeer rondzweven. Ze kunnen er van enkele uren tot maanden verblijven in functie van hun eigenschappen (onder meer deeltjesgrootte) en van de meteorologische omstandigheden. Een gas met daarin rondzwevende deeltjes is een aerosol. Het gedrag van deeltjes in een aerosol wordt bepaald door de eigenschappen van de deeltjes (afmetingen, vorm, dichtheid) en die van het gas (snelheid, turbulentie, samenstelling). Om het gedrag van deeltjes te kunnen beschrijven, is het begrip aerodynamische diameter ingevoerd. Die wordt bepaald door de afmetingen van de deeltjes, maar daarnaast ook door hun vorm en dichtheid. De aerodynamische diameter wordt gedefinieerd als de diameter van een sferisch deeltje dat in de omgevingslucht hetzelfde gedrag vertoont als het beschouwde deeltje. Hierbij wordt verondersteld dat het sferisch deeltje dezelfde dichtheid heeft als water. PM_{10} is de deeltjesfractie met een aerodynamische diameter kleiner dan 10 micrometer (μm), $PM_{2,5}$ die met een diameter kleiner dan 2.5 μm .

De deeltjes kunnen in de atmosfeer terechtkomen door een natuurlijke oorzaak (natuurlijk aerosol) of door menselijke activiteiten (antropogeen aerosol). In beide gevallen kunnen ze ingedeeld worden volgens hun vormingswijze in primaire en secundaire deeltjes. Primaire deeltjes worden rechtstreeks uitgestoten in de atmosfeer of worden gevormd door mechanische verkleining van grover materiaal (bijvoorbeeld zware metalen bij metaalverwerking). De belangrijkste door mensen veroorzaakte uitstoot komt van transport, industrie, landbouw en gebouwenverwarming. Belangrijke natuurlijke bronnen van primair fijn stof zijn zeezoutaerosol en opwaaiend bodemstof. Secundaire deeltjes ontstaan in de atmosfeer door oxidatie en transformatie uit gasvormige componenten zoals NH_3 , SO_2 , NO_x of uit organische verbindingen zoals vluchtige organische stoffen (VOS).

De samenstelling van secundaire deeltjes is zeer complex. Ze worden gevormd uit de gasfase en bij condensatie, waarbij de stoffen met de laagste dampspanning vlugger condenseren dan die met een hogere dampspanning. De fijne deeltjes kunnen daardoor een complexe, gelaagde samenstelling hebben. Dat wordt versterkt doordat het beschikbare oppervlak van alle stof in de atmosfeer hoofdzakelijk geleverd wordt door de kleine deeltjes. Stoffen die gasvormig geëmitteerd worden (ook dioxines), zullen daarom bijna uitsluitend op de kleine deeltjes worden afgezet. Zware metalen uit smelterijen en verkeer, poly-aromatische koolwaterstoffen (PAK), dioxine en roet bevinden zich daarom in de fijne fractie.

Epidemiologische studies tonen aan dat de belangrijkste gezondheidseffecten door luchtvervuiling te wijten zijn aan fijn stof en in mindere mate aan ozon. Inademing van fijn stof veroorzaakt irritatie of schade aan het longweefsel. Fijn stof kan zowel korte- als langetermijneffecten hebben. Volgens de Wereldgezondheidsorganisatie (WGO) is er geen veilige drempelwaarde waaronder geen nadelige effecten voorkomen. Bij een korte blootstelling aan fijn stof worden bestaande gezondheidsproblemen zoals luchtweginfecties en astma ernstiger, maar de gezondheidseffecten van langetermijn- of chronische blootstelling zijn aanzienlijk groter. Chronische blootstelling verhoogt het risico van cardiovasculaire aandoeningen en longziekten, en ook longkanker. Geschat wordt dat de gemiddelde levensduur van de Belgische bevolking met circa negen tot tien maanden verkort wordt door de blootstelling aan de huidige $PM_{2,5}$ -concentraties (Amann et al, 2005). In Vlaanderen neemt fijn stof ongeveer driekwart van de verloren gezonde levensjaren als gevolg van milieufactoren voor zijn rekening (MIRA, 2012). De sterkste link met gezondheidseffecten wordt gevonden voor de $PM_{2,5}$ -fractie, maar er werden ook effecten aangetoond voor de fijnere UFP-fractie (UltraFine Particles; fijn stof kleiner dan 0.1 μm) en de grovere 2.5-10 μm -fractie (Brunekreef et al, 2005). Fijn stof bevat

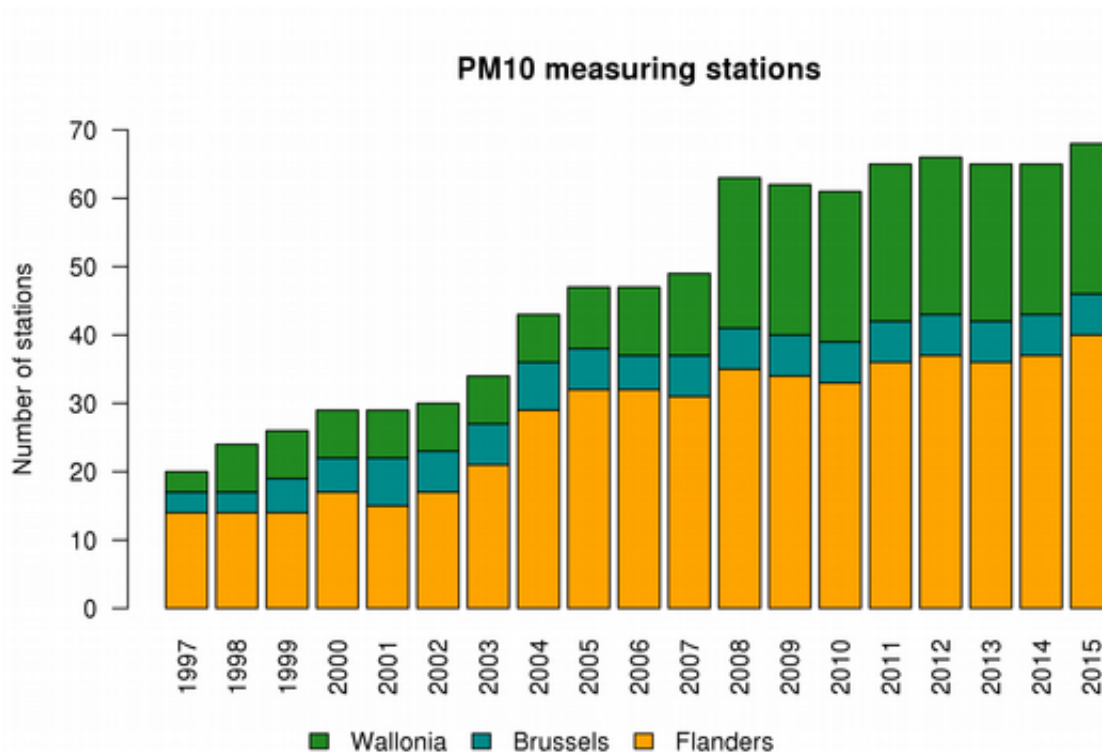
Black Carbon (BC of ook dieselroet) en ander verbrandingsgerelateerd materiaal, wat op zich niet de meest toxische component is van de kleinere PM-deeltjes maar een drager is van allerlei chemische toxische substanties. In 2012 werd door het “Agency for Research on Cancer” (IARC), een afdeling van de WGO, dieselroet tot groep 1 van de voor de mens kankerverwekkende stoffen geïdentificeerd (WHO, 2012). Groep 1 zijn stoffen die “zeker” kankerverwekkend zijn voor mensen. In 2013 werd luchtvervuiling eveneens als kankerverwekkend voor de mens (groep 1) geïdentificeerd (WHO, 2013).

Daarnaast heeft fijn stof ook negatieve effecten op ecosystemen. Het draagt bij tot de degradatie van behandelde oppervlakken die daardoor sneller moeten worden gereinigd (het zogenaamde ‘soiling’ effect) en heeft afhankelijk van de samenstelling een corrosief effect op materiaal en cultureel erfgoed. Fijn stof heeft zowel een afkoelend (sulfaataerosolen) als opwarmend (Black Carbon) effect, en speelt dus ook een belangrijke rol in de klimaatveranderingsproblematiek.

3.1 PM₁₀

3.1.1 PM₁₀-meetstations

Figuur 4 toont de evolutie van het aantal meetstations waar PM₁₀ gemeten wordt. De stations omvatten zowel de telemetrische stations als de stations die gebruikt worden in specifieke studies. Het aantal PM₁₀-meetstations in België is gestegen van 20 in 1997 tot 68 in 2015. Doordat het aantal meetstations vóór 2004 aanzienlijk lager ligt dan in 2015 is de onzekerheid op de geïnterpoleerde jaargemiddelden groter in die beginjaren. Voor Wallonië geldt dat vanaf 2008.

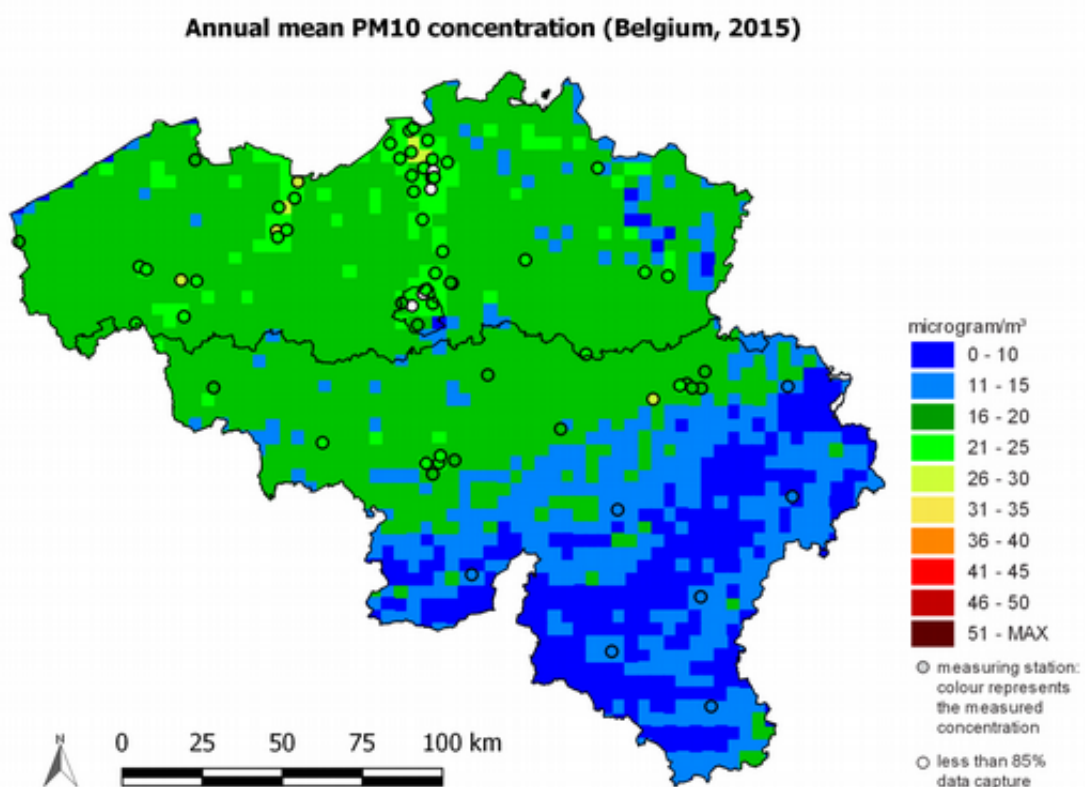


Figuur 4: Evolutie van het aantal PM₁₀-meetstations in België.

3.1.2 PM_{10} -jaargemiddelde concentratie

De Europese grenswaarde bedraagt $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als jaargemiddelde concentratie. In 2015 bedroeg de geïnterpoleerde jaargemiddelde PM_{10} -concentratie over alle RIO-gridcellen in België $15,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De grenswaarde van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ werd op geen enkele plaats overschreden (Figuur 5). De hoogste jaargemiddelde PM_{10} -concentraties, tot $26,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ worden berekend rond Gent en Antwerpen. In de rest van Vlaanderen, Brussel en het noorden van Wallonië situeren de concentraties zich rond $16\text{-}20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De laagste jaargemiddelde PM_{10} -concentraties, onder $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, zijn te vinden ten zuiden van Samber en Maas.

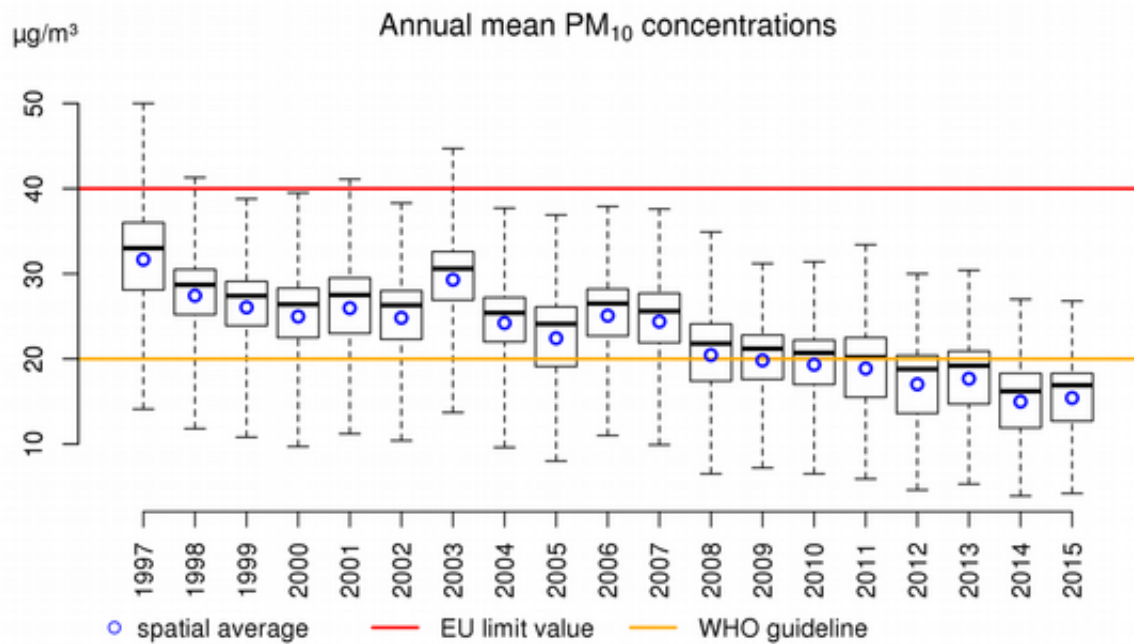
De onzekerheid van de jaargemiddelde concentratiekaart is te vinden in Bijlage D, samen met een kaart die de waarschijnlijkheid van het overschrijden van de Europese jaargrenswaarde aangeeft.



Figuur 5: Ruimtelijke spreiding van de jaargemiddelde PM_{10} -concentratie in België in 2015. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek

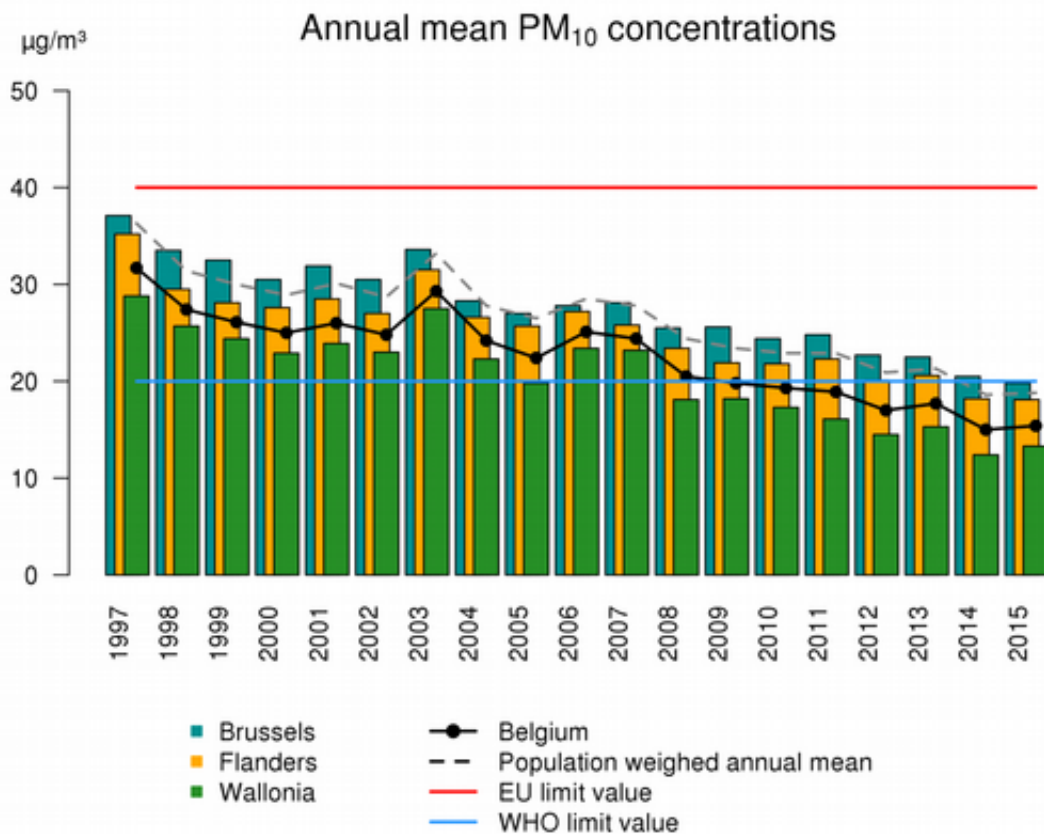
Figuur 6 geeft met boxplots de evolutie weer van het minimum, het 25^e percentiel (P25)¹, het 50^e percentiel (P50), het 75^e percentiel (P75) en de maximale jaargemiddelde PM_{10} -concentratie in België (zie ook Bijlage C voor meer uitleg rond interpretatie van boxplots). Ook het ruimtelijk gemiddelde over België is weergegeven. Voor al die parameters is de evolutie gelijklopend. De spreiding blijft over de hele periode ongeveer gelijk. Vanaf 2003 wordt een dalende trend waargenomen van de jaargemiddelde PM_{10} -concentraties.. Sinds 2007 wordt overal aan de Europese grenswaarde voldaan. De WGO-advieswaarde van $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wordt in 2015 op 8% van de oppervlakte in België overschreden.

¹ P25 of het 25^e percentiel is de waarde waarbij 25% van alle waarden lager is, 75% van de waarden is hoger.



Figuur 6: Boxplot van de jaargemiddelde PM₁₀-concentraties (µg/m³) over de periode 1997-2015 in België. Het ruimtelijke gemiddelde wordt door de blauwe cirkels weergegeven. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

De jaargemiddelde PM₁₀-concentraties in 2015 voor Brussel, Vlaanderen en Wallonië bedragen respectievelijk 19,8, 18,1 en 13,3 µg/m³ (Figuur 7). De bevolkingsgewogen concentratie, waarin bij de berekening van het ruimtelijke gemiddelde meer ‘gewicht’ gegeven wordt aan gridcellen met een hogere bevolkingsdichtheid, ligt altijd hoger dan de (niet-gewogen) Belgische jaargemiddelde PM₁₀-concentratie en ligt voor 2015 tussen de jaargemiddelde PM₁₀-concentraties in Vlaanderen en Brussel (18,8 µg/m³).

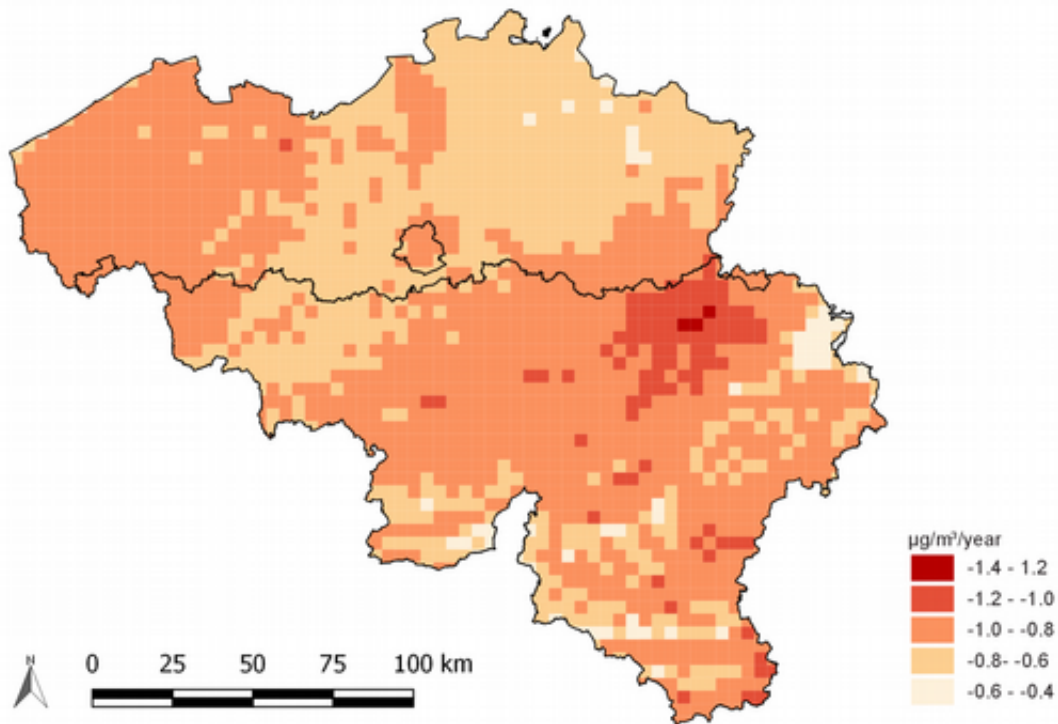


Figuur 7: Evolutie van de ruimtelijk gespreide jaargemiddelde PM₁₀-concentratie in België en de drie gewesten, en het bevolkingsgewogen gemiddelde voor België. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

De ruimtelijke trend tussen 2000 en 2015 toont aan dat overal in België de PM₁₀-jaargemiddelde concentraties gedaald zijn in die periode (zie Figuur 8). In Wallonië lijkt die daling iets groter, tussen -1,2 en -0,8 µg/m³/jaar, dan in Vlaanderen, tussen -1,0 en -0,6 µg/m³/jaar. Hierbij moet de kanttekening worden gemaakt (zoals ook vermeld in Nota 2) dat er vóór 2008 slechts een beperkt aantal PM₁₀-meetstations operationeel was in Wallonië, dat bovendien voornamelijk in industrieel gebied stond. Dat kan voor een overschatting van de PM₁₀-concentraties over het Waals Gewest in het begin van de periode zorgen, waardoor de daling vermoedelijk groter lijkt dan ze in werkelijkheid is.

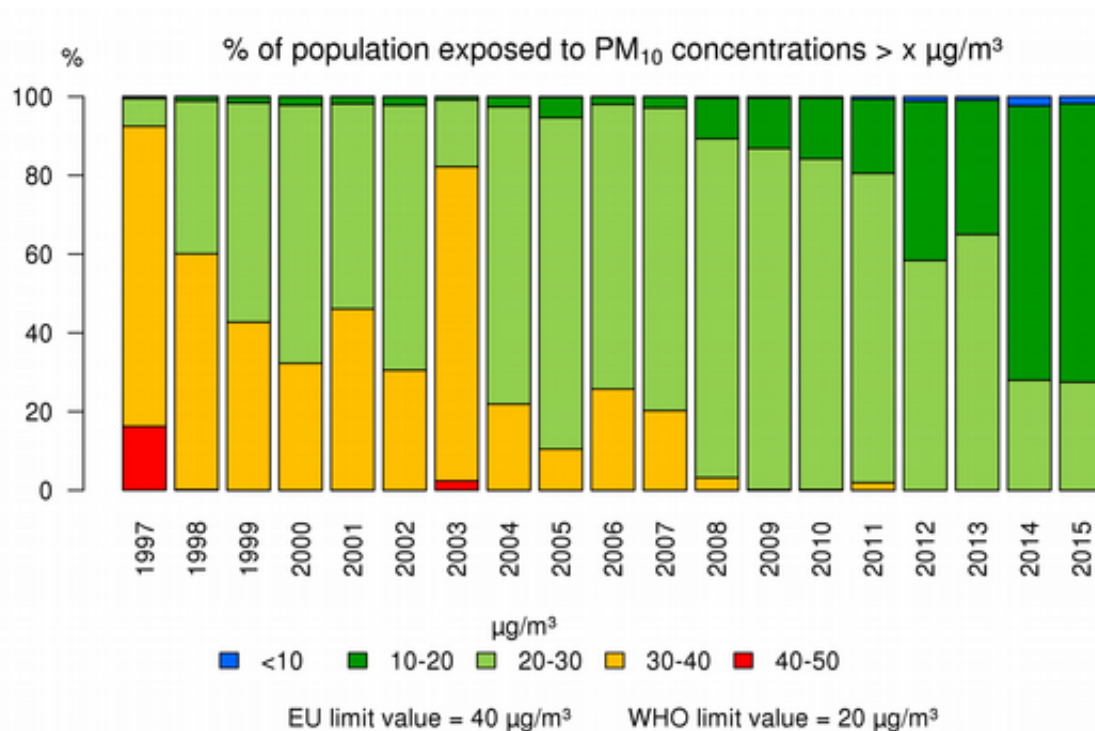
Verder moet worden vermeld dat er voor het meten van fijn stof een Europese referentiemethode bestaat. Indien er andere meettechnieken dan die Europese referentiemethode voor fijn stof gebruikt worden, dan moet er een equivalentie met die Europese referentiemethode worden aangetoond. Indien nodig moet er een kalibratie worden uitgevoerd ($PM_{ca1} = A \times PM_{gemeten} + B$). Die kalibratie is afhankelijk van de gebruikte meetmethode en kan evolueren in de tijd. Alle gebruikte meetresultaten voor de RIO-interpolatietechniek zijn gekalibreerde meetresultaten waarvoor dus equivalentie met de Europese referentiemethode aangetoond is.

Trend PM10 annual mean concentration (Belgium, 2000-2015)



Figuur 8: Ruimtelijke trend in jaargemiddelde PM10-concentraties ($\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{jaar}$). Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

In 2015 werd niemand van de Belgische bevolking blootgesteld aan jaargemiddelde concentraties boven de Europese grenswaarde van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Figuur 9). 27 % van de bevolking werd echter wel nog blootgesteld aan jaargemiddelde PM_{10} -concentraties boven de WGO-advieswaarde van $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De dalende trend van de bevolkingsblootstelling die de laatste jaren geobserveerd wordt, blijft behouden. In 2015 werd 73 % van de bevolking blootgesteld aan PM_{10} -concentraties die lager zijn dan de WGO-advieswaarde ($< 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$), terwijl dat in 2011 nog maar 19 % was en in 2006 zelfs maar 2 %.



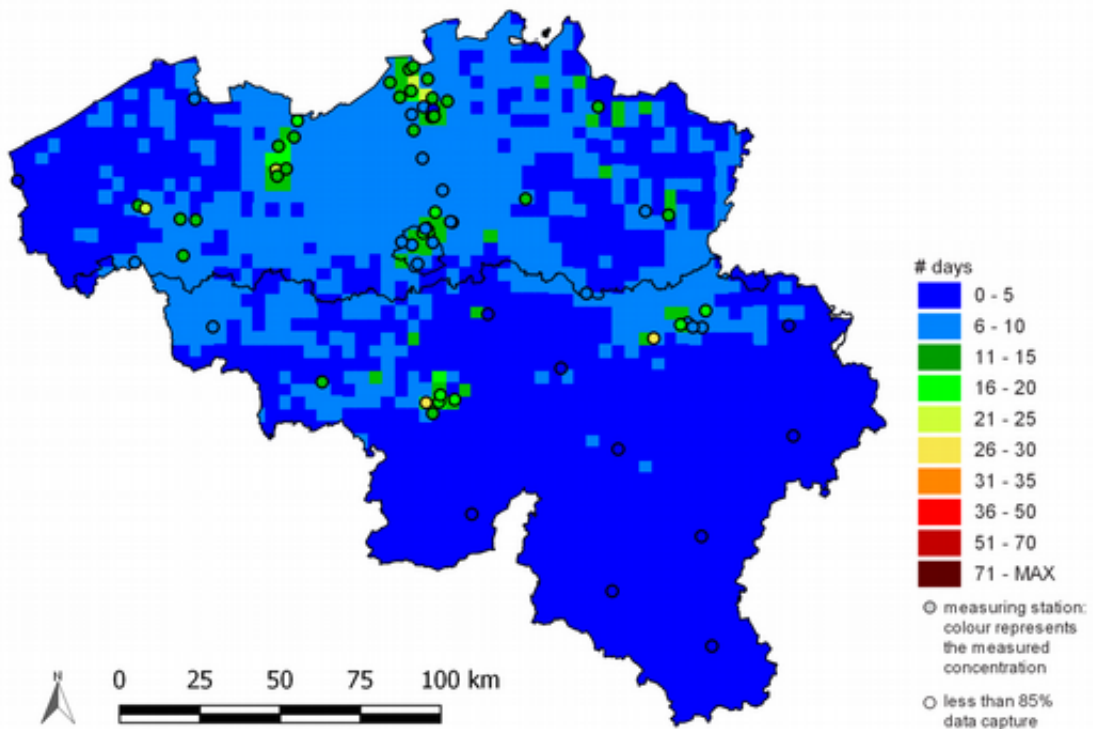
Figuur 9: Evolutie van de blootstelling van de bevolking aan jaargemiddelde PM₁₀-concentraties op basis van de RIO-interpolatietechniek.

3.1.3 PM₁₀-daggemiddelde concentratie

De EU-grenswaarde voor de bescherming van de bevolking tegen de kortdurende blootstelling aan PM₁₀ is een daggemiddelde PM₁₀-concentratie van 50 µg/m³ die niet meer dan 35 keer per jaar mag worden overschreden. In 2015 werd die drempel nergens overschreden (Figuur 10). De WGO-luchtkwaliteitsadvieswaarde voor kortdurende blootstelling, nl. hoogstens 3 dagen waarop de daggemiddelde PM₁₀-concentratie hoger is dan 50 µg/m³, werd enkel ten zuiden van Samber en Maas gehaald. Globaal genomen was 2015 het beste jaar sinds het begin van de metingen in 1997 wat betreft het aantal overschrijdingen van de PM₁₀ daggrenswaarde.

Een kaart met de berekende waarschijnlijkheid van overschrijdingen van de Europese daggrenswaarde is te vinden in Bijlage D.

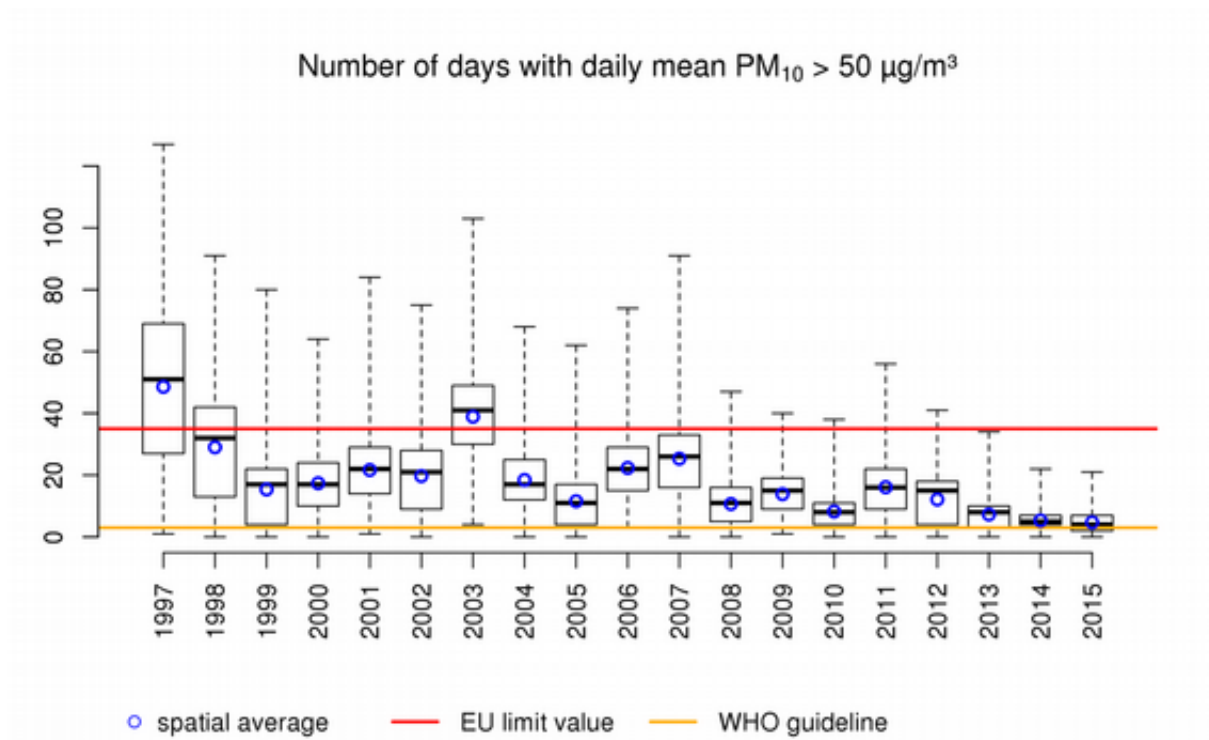
Number of days with daily mean PM₁₀ > 50 µg/m³ (Belgium, 2015)



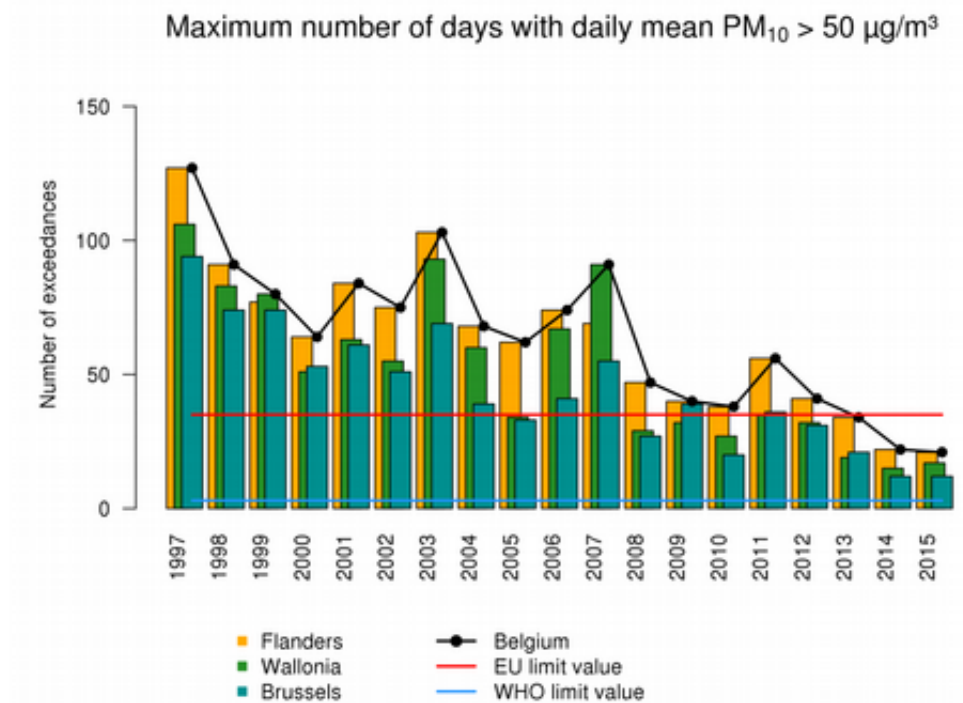
Figuur 10: Ruimtelijke spreiding van het aantal dagen in 2015 waarop de daggemiddelde PM₁₀-concentratie van 50 µg/m³ overschreden werd in België. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

Het maximale aantal overschrijdingsdagen (dagen waarop in België de daggemiddelde PM₁₀-concentratie hoger is dan 50 µg/m³ (op een resolutie van 4x4 km²)) was, met 21 dagen, in 2015 het laagste sinds het begin van de tijdsreeks in 1997 (Figuur 11). Fluctuaties tussen verschillende jaren kunnen te wijten zijn aan meteorologische omstandigheden. Toch is er een dalende trend waarneembaar in het aantal overschrijdingsdagen in België sinds 1997, die aangeeft dat ook de vastgestelde daling van de uitstoot van primair fijn stof en fijnstofprecursoren een gunstig effect heeft op het aantal overschrijdingsdagen.

De dalende trend in het aantal overschrijdingsdagen sinds 1997 wordt vastgesteld voor de drie gewesten (Figuur 12). Het maximale aantal dagen waarop in het Vlaams, Waals en Brussels Hoofdstedelijk Gewest de daggemiddelde grenswaarde overschreden werd, bedroeg in 2015 respectievelijk 21, 17 en 12.

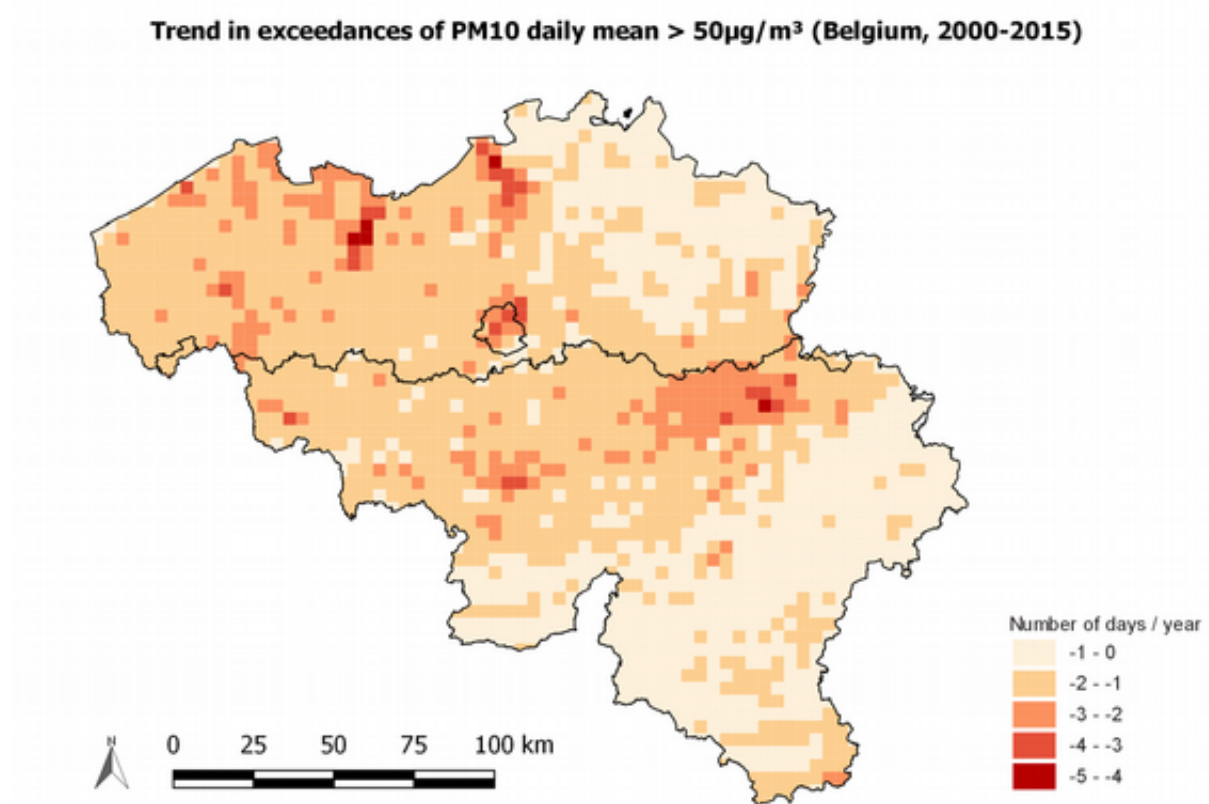


Figuur 11: Boxplot van het aantal dagen per jaar waarop de daggemiddelde PM_{10} -concentraties hoger was dan $50 \mu g/m^3$. Het ruimtelijk gemiddelde wordt weergegeven door de blauwe cirkels. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.



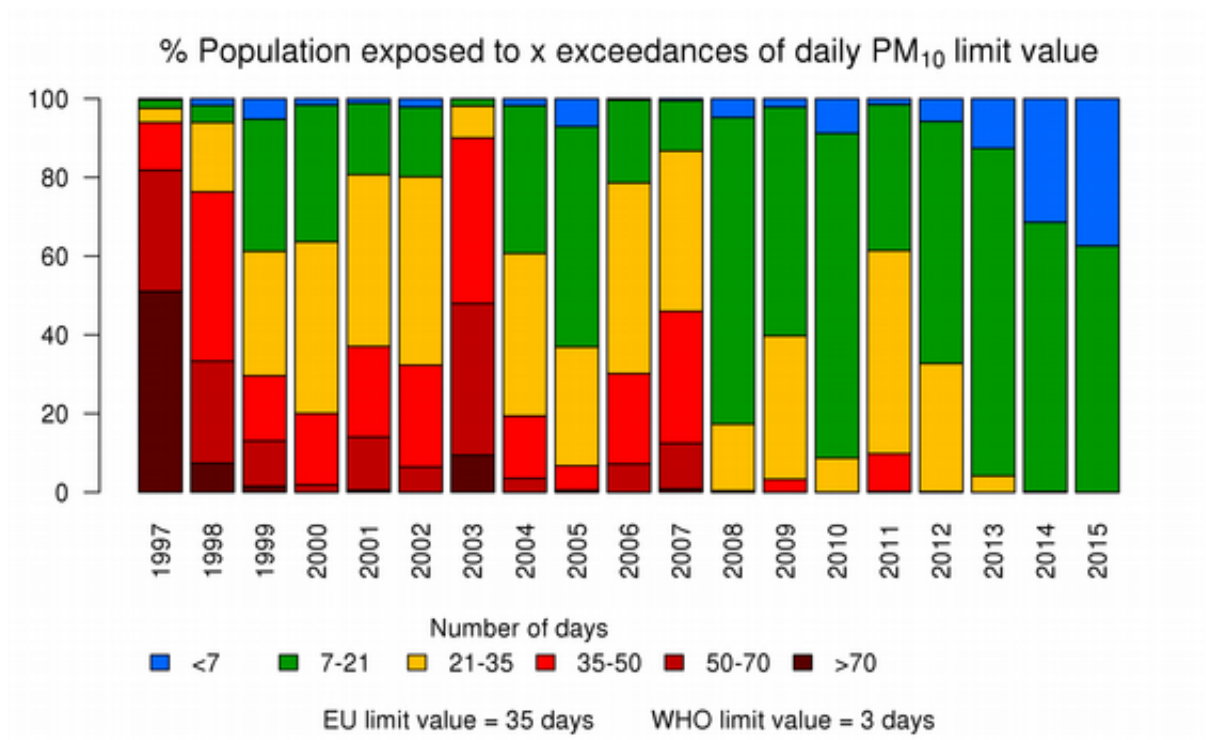
Figuur 12: Evolutie van het maximale aantal dagen per jaar waarop de daggemiddelde PM_{10} -concentratie hoger was dan $50 \mu g/m^3$ in België en de drie gewesten. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

Figuur 13 toont de ruimtelijke verdeling van de trend in het aantal dagen met daggemiddelde PM₁₀-concentraties boven 50 µg/m³ over de periode 2000-2015.



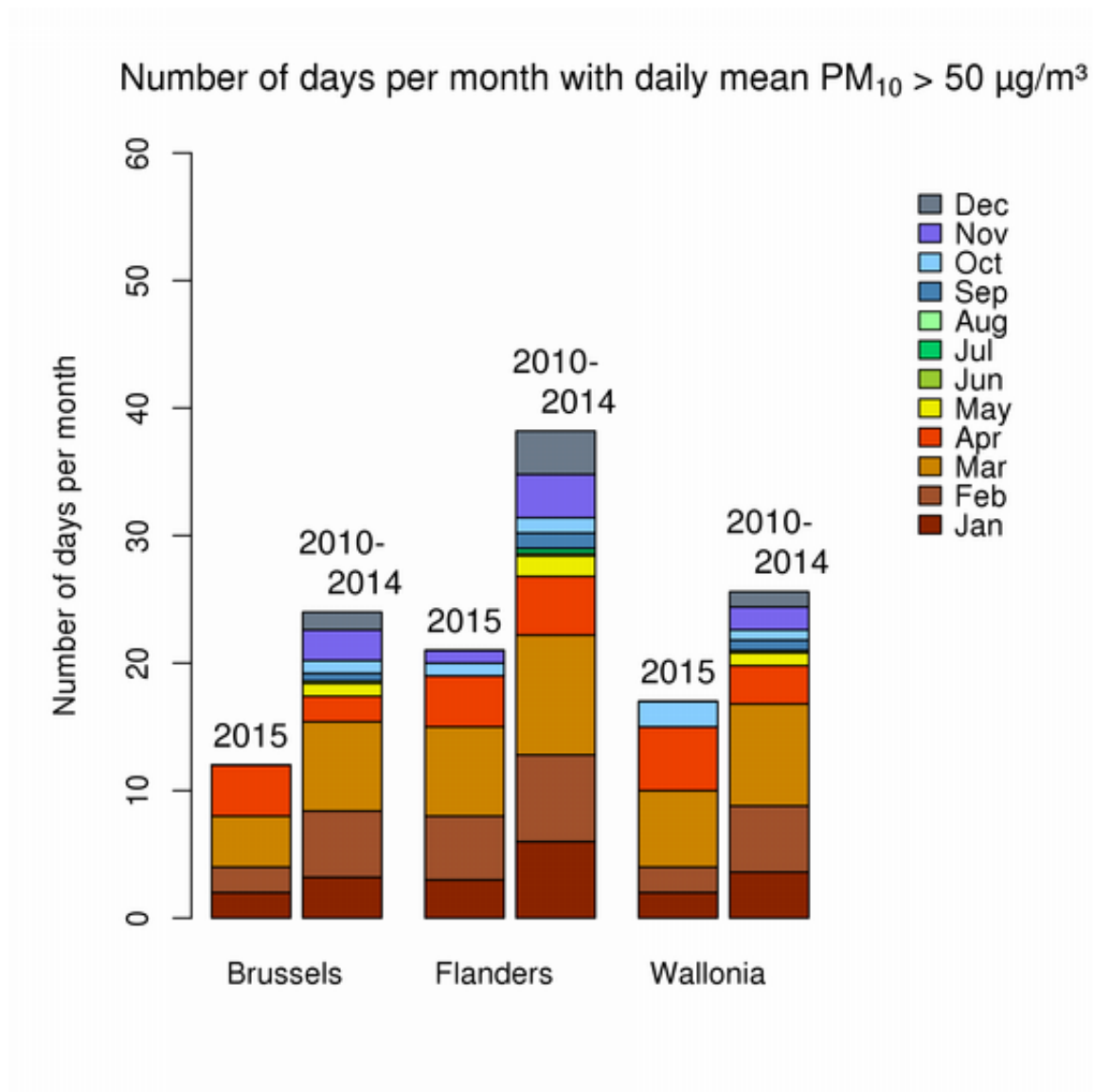
Figuur 13 Ruimtelijke trend van het aantal dagen met daggemiddelde > 50 µg/m³ over de periode 2000-2015 (aantal dagen/jaar). Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

Het jaar 2015 is, sinds het begin van de metingen, een van de betere jaren op vlak van luchtkwaliteit. Bijgevolg werd niemand in België blootgesteld aan meer dan 35 overschrijdingsdagen (Figuur 14). 37% van de bevolking werd blootgesteld aan minder dan 7 overschrijdingsdagen, terwijl 63% met tussen 7 en 21 overschrijdingsdagen te maken kreeg. Desondanks wordt 90% van de bevolking nog steeds blootgesteld aan meer dan 3 overschrijdingsdagen, wat de streefwaarde van de WGO is. Ook hier is het belangrijk rekening te houden met de ruimtelijke resolutie van de RIO-interpolatietechniek.



Figuur 14: Evolutie van de bevolkingsblootstelling aan dagen waarbij de daggemiddelde PM₁₀-concentratie hoger was dan 50 µg/m³. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

Figuur 15 geeft aan hoe het maximale aantal overschrijdingsdagen per gewest verdeeld is over de verschillende maanden en dat zowel voor 2015 als uitgemiddeld voor de vijf voorgaande jaren. In 2015 werden vooral overschrijdingen vastgesteld tussen januari en april..

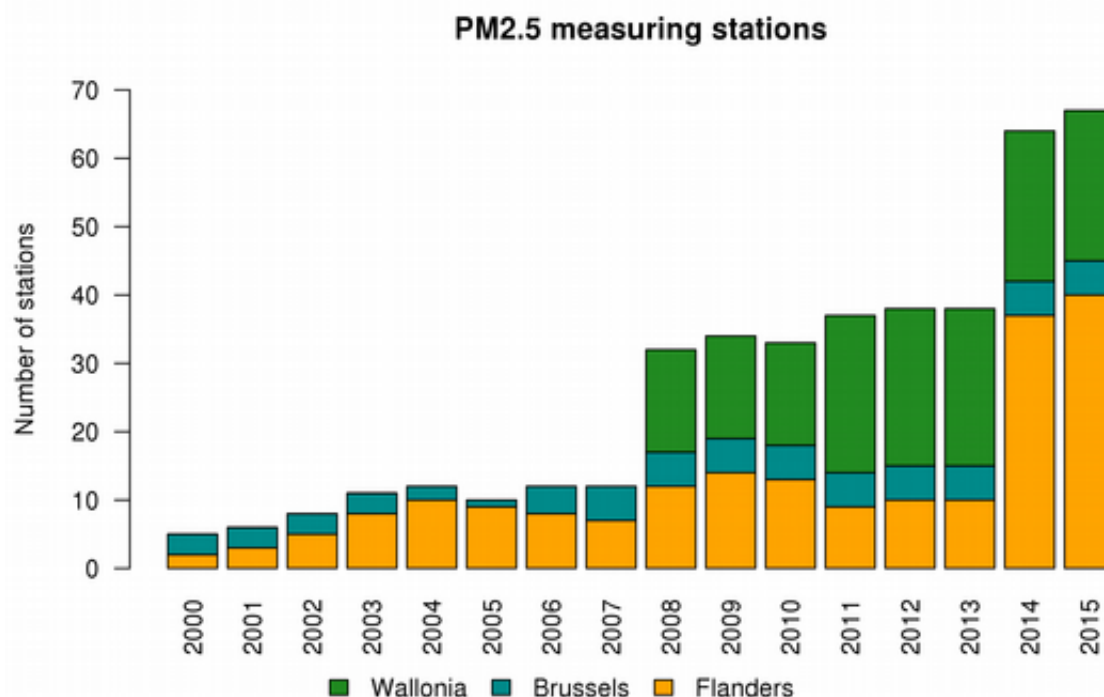


Figuur 15: Hoogste aantal dagen per maand waarop ergens in het Brussels Hoofdstedelijk, het Vlaams en het Waals Gewest de daggemiddelde grenswaarde van 50 µg/m³ overschreden werd in 2015 en de vijf voorgaande jaren. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

3.2 PM_{2,5}

3.2.1 PM_{2,5}-meetstations

Figuur 16 toont de evolutie van het aantal meetstations waar PM_{2,5} gemeten wordt. De stations omvatten zowel de telemetrische stations als de stations die gebruikt worden in specifieke studies. Het aantal PM_{2,5} meetstations is gevoelig gestegen van 5 in 2000 tot 67 in 2015. Omdat het aantal meetstations voor 2008 aanzienlijk lager lag, is de onzekerheid van de jaargemiddelden groter in die beginjaren. Dat is zeker voor Wallonië het geval aangezien er voor 2008 geen PM_{2,5} gemeten werd.



Figuur 16: Evolutie van het aantal PM_{2,5}-meetstations in België.

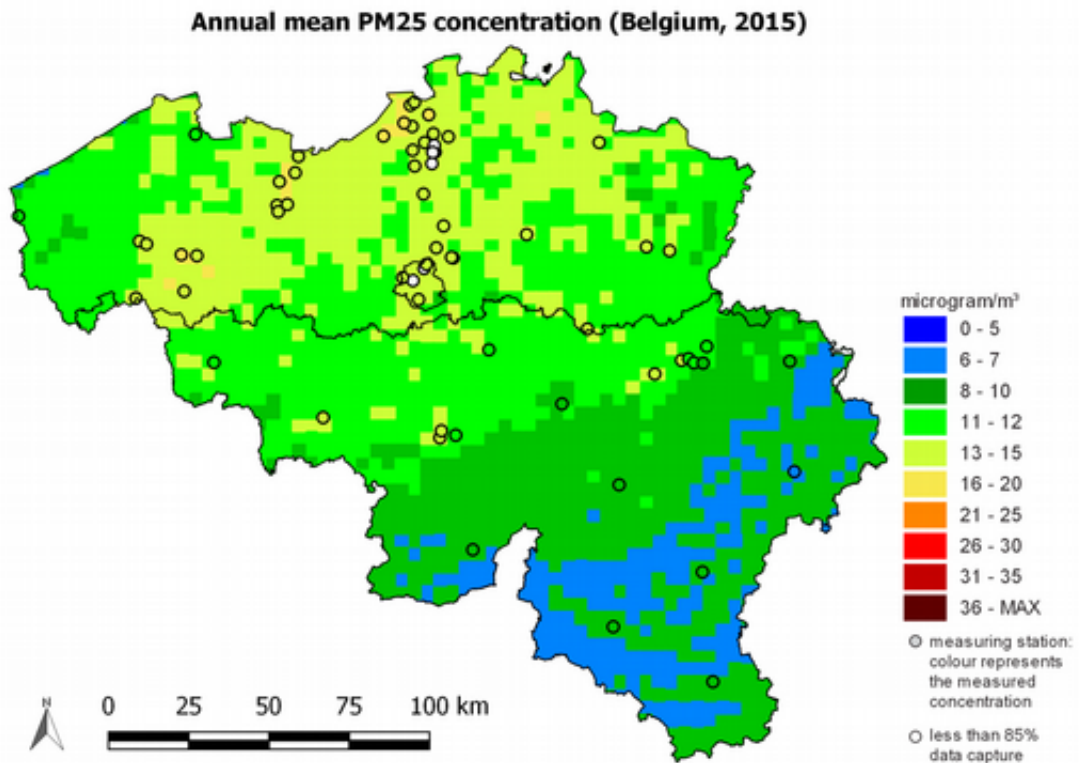
3.2.2 PM_{2,5}-jaargemiddelde concentratie

De Europese grenswaarde voor de bescherming van de bevolking tegen langdurige blootstelling aan PM_{2,5} werd vastgelegd op 25 µg/m³ als jaargemiddelde concentratie en is van kracht sinds 2015. In 2015 was de jaargemiddelde PM_{2,5}-concentratie overal in België lager dan 25 µg/m³. De ruimtelijk gemiddelde PM_{2,5}-concentratie over België bedroeg 10,3 µg/m³. De maximumconcentratie van 16,2 µg/m³ werd waargenomen in Vlaanderen. De laagste concentraties, onder de WGO-advieswaarde van 10 µg/m³, zijn te vinden ten zuiden van de Samber- en Maasvallei.

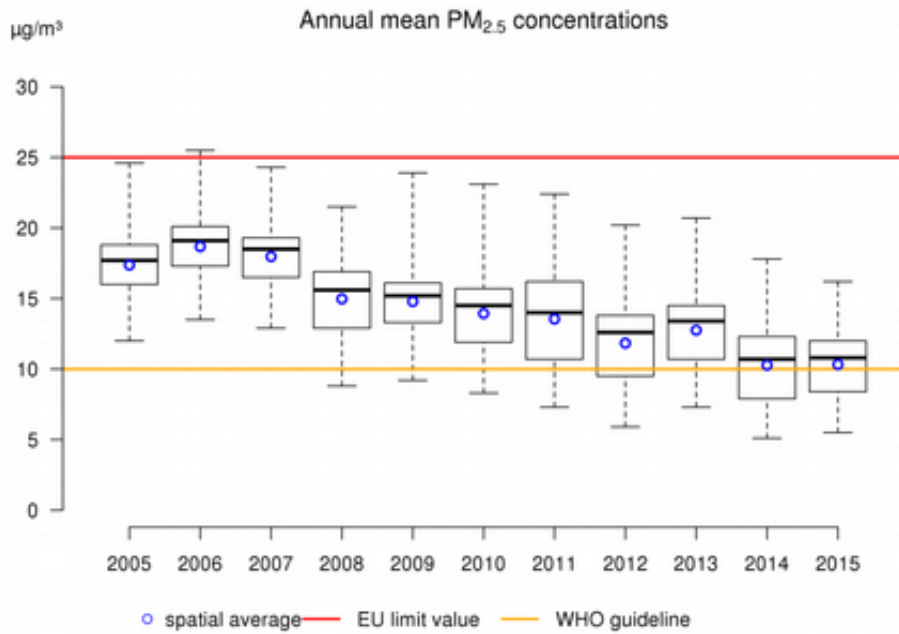
De onzekerheid op de berekende jaargemiddelde PM_{2,5}-kaart is te vinden in Bijlage D.

De ruimtelijk gemiddelde jaargemiddelde PM_{2,5}-concentraties, en ook de laagste percentielen, vertonen een licht dalende trend tussen 2006 en 2014 (Figuur 18). De waarden van 2015 vallen te vergelijken met die van 2014, uitgezonderd het maximum, dat daalt. De ruimtelijk jaargemiddelde concentraties in 2015 bedroegen 12 µg/m³ voor Vlaanderen, 8,9 µg/m³ in Wallonië en 13,6 µg/m³ in Brussel. Sinds 2006 dalen de PM_{2,5}-concentraties in alle gewesten, met een stabilisatie vanaf 2014 (Figuur 19). In 2015 werd de Belgische bevolking niet blootgesteld aan PM_{2,5}-concentraties hoger dan

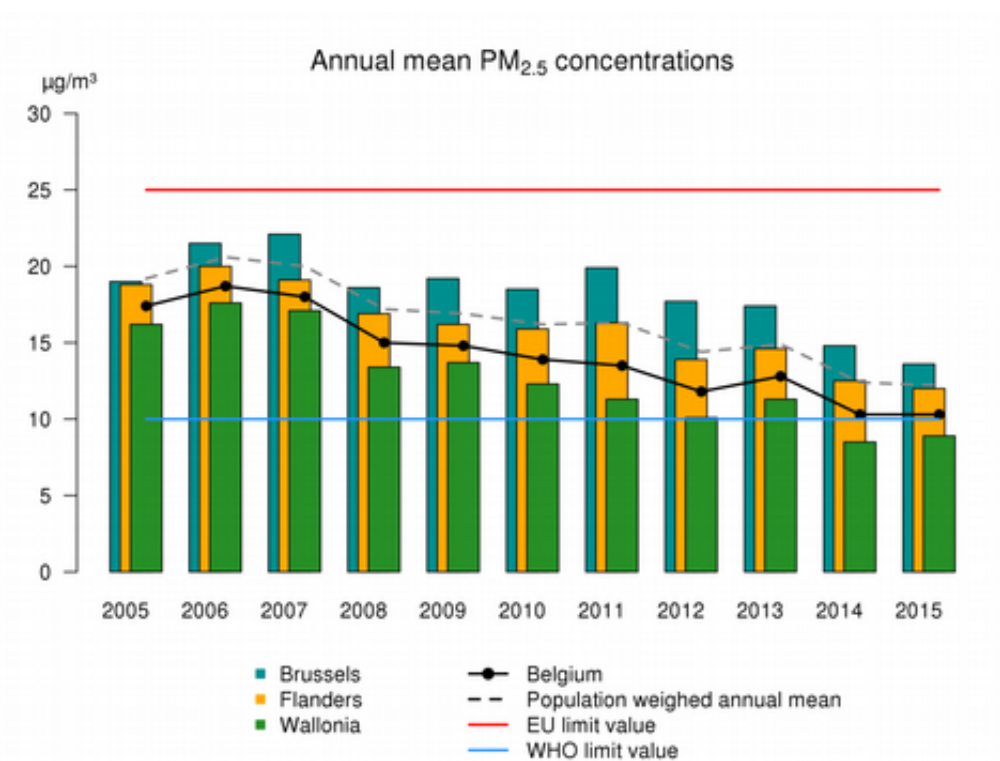
20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. De bevolkingsblootstelling aan concentraties boven de WGO-advieswaarde van 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ echter, bedroeg in 2015, een stijging ten opzichte van 2014 (Figuur 20).



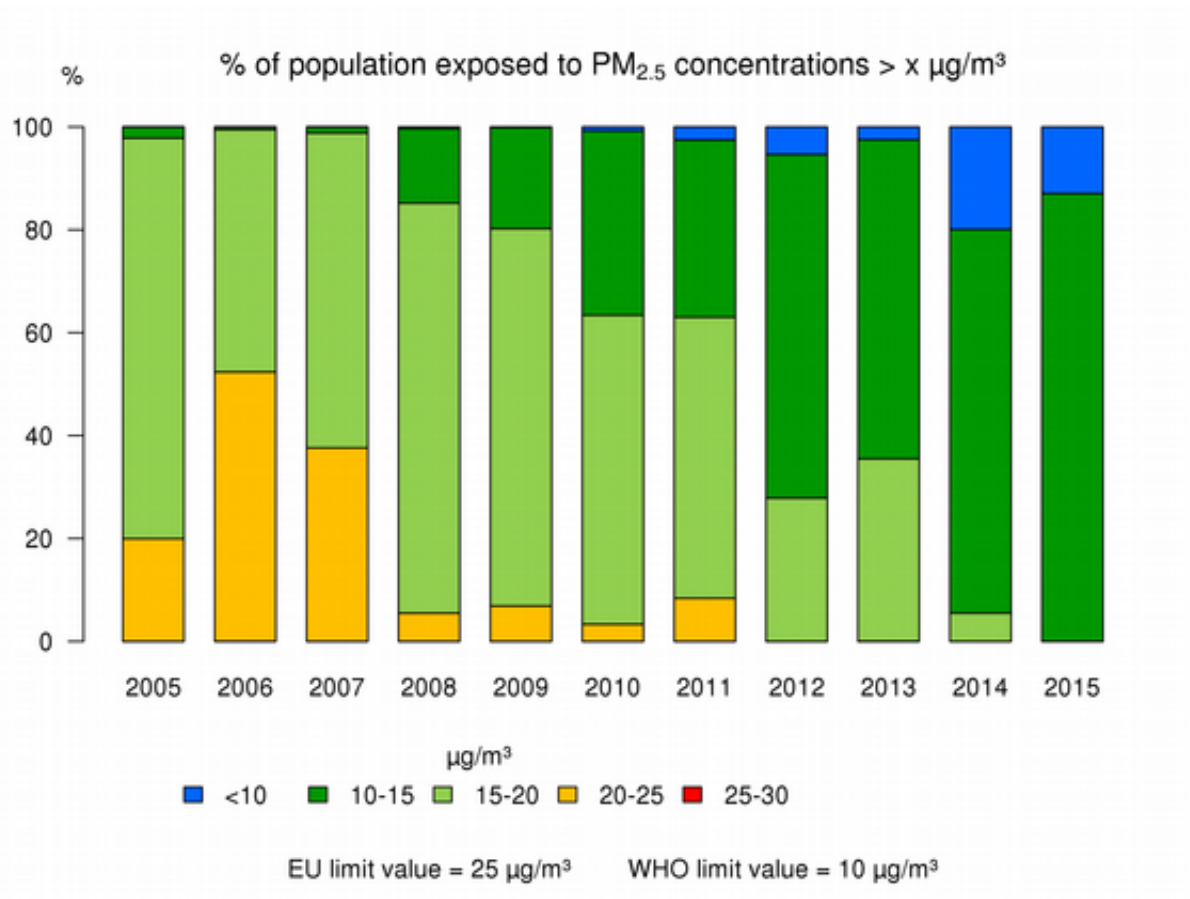
Figuur 17: Ruimtelijke spreiding van de jaargemiddelde PM_{2,5}-concentratie in België in 2015. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.



Figuur 18: Boxplot van de jaargemiddelde PM_{2.5}-concentraties (µg/m³) over de periode 2005-2015. Het ruimtelijke gemiddelde wordt door de blauwe cirkels weergegeven. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

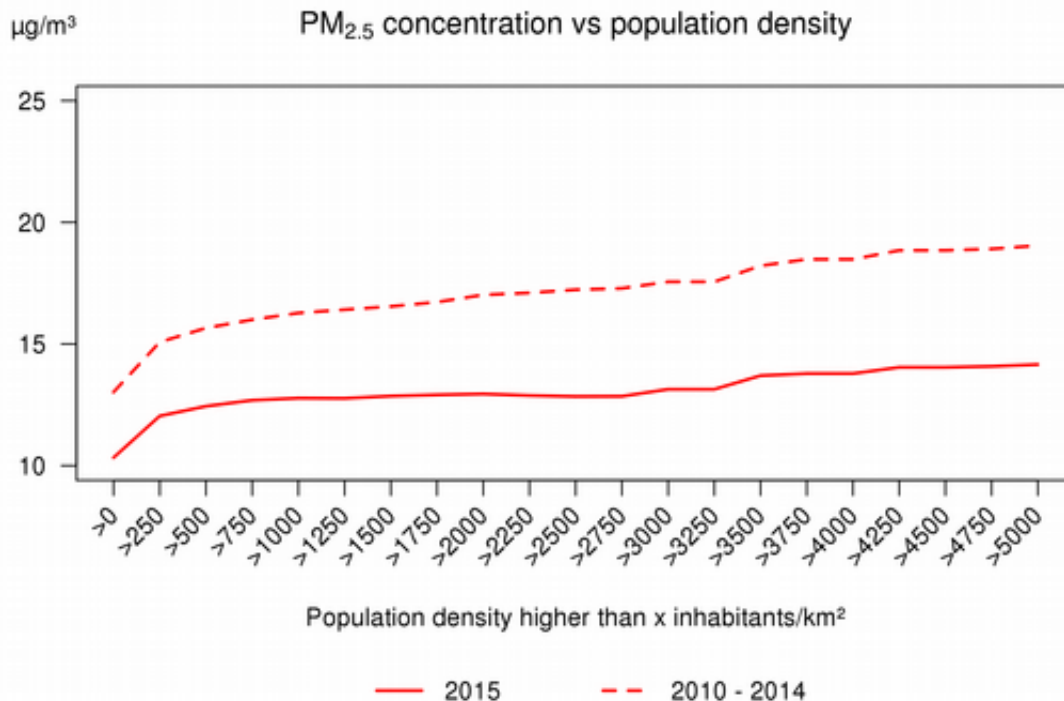


Figuur 19: Evolutie van de ruimtelijk jaargemiddelde PM_{2.5}-concentraties voor de drie gewesten en België, en ook de bevolkingsgewogen jaargemiddelde concentratie voor België. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.



Figuur 20: Evolutie van de blootstelling van de bevolking aan jaargemiddelde PM_{2.5}-concentraties op basis van de RIO-interpolatietechniek.

Op basis van de PM_{2.5}-concentraties in de 4x4 km²-gridcellen en het bekende bevolkingsaantal per gridcel kan een relatie opgesteld worden tussen de PM_{2.5}-concentratie en de bevolkingsdichtheid (aantal inwoners per km²) boven een bepaalde waarde (Figuur 21). Uit die relatie blijkt dat mensen die wonen op plaatsen met een hoge bevolkingsdichtheid blootgesteld worden aan de hoogste jaargemiddelde PM_{2.5}-concentraties.



Figuur 21: Relatie tussen de geïnterpoleerde jaargemiddelde PM_{2.5}-concentraties en de bevolkingsdichtheid (inwoners/km²) boven een bepaalde waarde. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

3.2.3 Gemiddelde Blootstellingsindex (GBI)

Om de blootstelling van de bevolking aan PM_{2.5} te verminderen, is in de Europese richtlijn 2008/50/EG de ‘gemiddelde blootstellingsindex’ (GBI) als aanvullende bepaling opgenomen. Die GBI is een nationale streefwaarde en wordt berekend als het gemiddelde over drie jaar van de gemeten PM_{2.5}-concentraties in stedelijke achtergrondstations. Voor die GBI werd een grenswaarde van 20 µg/m³ tegen 2015 vastgelegd samen met een reductiepercentage tegen 2020. Dat reductiepercentage² wordt voor België bepaald door de GBI die berekend werd op basis van de jaren 2009, 2010 en 2011 en moet worden gehaald in 2020 op basis van de GBI voor de jaren 2018, 2019 en 2020.

Voor de berekening van de GBI worden enkel stations in rekening gebracht die aan de gegevenskwaliteitsdoelstellingen voldaan hebben, d.w.z. waarvoor minimaal 85% gevalideerde data beschikbaar zijn. Tabel 1 geeft een overzicht van de stedelijke achtergrondmeetstations die door de drie gewesten vastgelegd werden voor de berekening van de GBI samen met de uiteindelijk berekende (nationale) GBI. Voor België resulteert dat in een GBI van 19,0 µg/m³. Op basis van bijlage XIV van de richtlijn 2008/50/EG valt die GBI in de categorie ‘= 18 - 22 µg/m³’, wat betekent dat België verplicht is om de GBI met 20% te reduceren tegen 2020. Dat zou neerkomen op een GBI van 15,2 µg/m³. De uiteindelijke toetsing zal gebeuren op basis van de metingen (in dezelfde stedelijke achtergrondmeetplaatsen) in de periode 2018, 2019 en 2020.

De berekende GBI voor de jaren 2013, 2014 en 2015 bedraagt 15,4 µg/m³ (zie Tabel 1) en ligt dus dicht bij de doelstelling voor 2020.

²Op basis van bijlage XIV van de Europese richtlijn betreffende de luchtkwaliteit en schonere lucht voor Europa 2008/50/EC.

Tabel 1: Overzicht van de PM_{2,5}-concentraties voor 2009, 2010 en 2011 per stedelijk achtergrondstation dat meegenomen werd in de berekening van de gemiddelde blootstellingsindex of GBI.

Stationsnaam	2009	2010	2011
SINT JANS MOLENBEEK	21,81	22,44	25,05
UKKEL	18,63	18,45	18,77
LIEGE	16,41	14,54	14,66
CHARLEROI	16,45	*	14,17
BRUGGE	*	18,91	18,64
GENT	19,95	20,75	20,24
ANTWERPEN	20,16	20,16	19,55
SCHOTEN	19,20	19,27	18,96
Gemiddelde per jaar	18,94	19,22	18,75
Gemiddelde 2009 -2011		18,97	
GBI		19,0	

**voldoen niet aan de gegevenskwaliteitsdoelstellingen waarbij minimaal 90% gevalideerde data beschikbaar moet zijn.*

Tabel 1: Overzicht van de PM_{2,5}-concentraties voor 2013, 2014 en 2015 per stedelijk achtergrondstation dat meegenomen werd in de berekening van de gemiddelde blootstellingsindex of GBI.

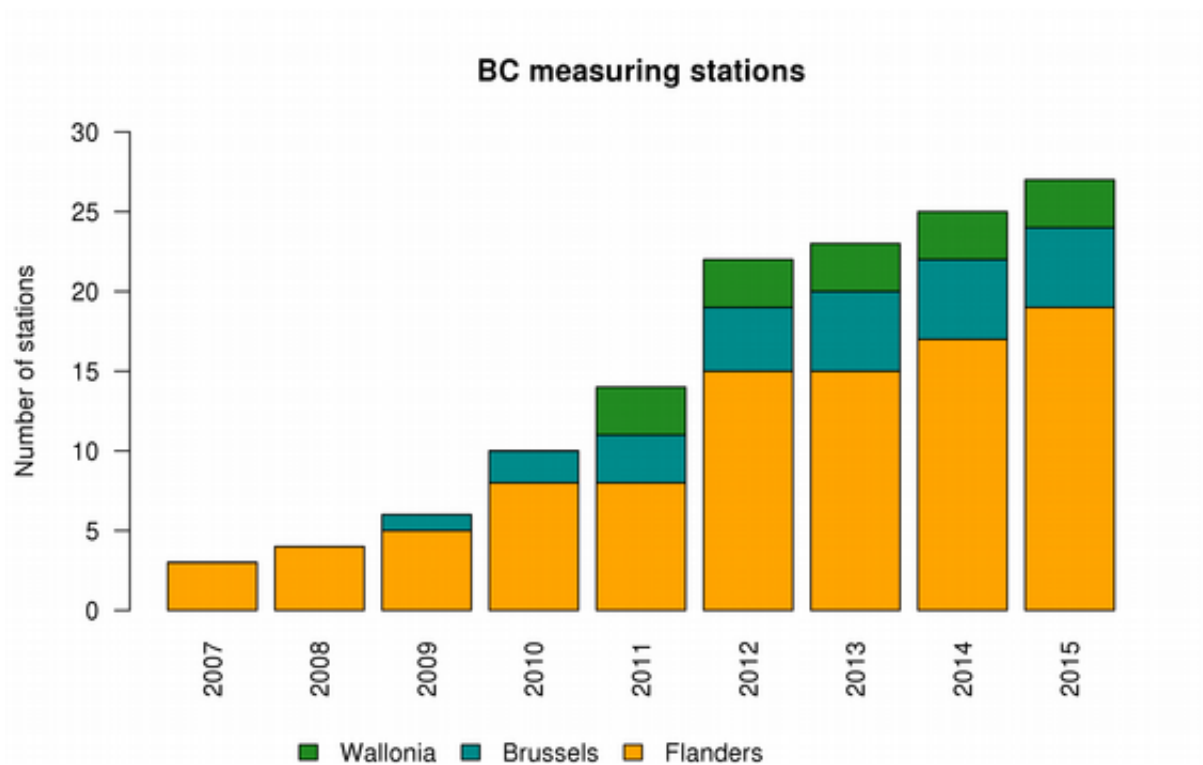
Stationsnaam	2013	2014	2015
SINT-JANS-MOLENBEEK	20,38	16,67	*
UKKEL	19,29	17,00	14,42
LUIK	14,80	10,92	10,30
CHARLEROI	15,59	11,79	12,84
BRUGGE	16,67	15,19	12,94
GENT	18,87	15,70	14,64
ANTWERPEN	17,83	16,06	14,81
SCHOTEN	16,51	14,56	13,72
Gemiddelde per jaar	17,49	14,74	14,11
Gemiddelde 2013 - 2015		15,45	
GBI		15,40	

**voldoen niet aan de gegevenskwaliteitsdoelstellingen waarbij minimaal 90 % gevalideerde data beschikbaar moet zijn.*

3.3 Black Carbon (BC)

3.3.1 BC meetstations

Sinds 2007 wordt er Black Carbon of zwarte koolstof gemeten in het telemetrisch meetnet van Vlaanderen. Brussel begon met BC metingen in 2009 en Wallonië volgde in 2011 (zie Figuur 22). Het aantal stations nam intussen toe tot 27 in 2015, waarvan 19 in Vlaanderen, 5 in Brussel en 3 in Wallonië.



Figuur 22: Evolutie van het aantal BC meetstations in België.

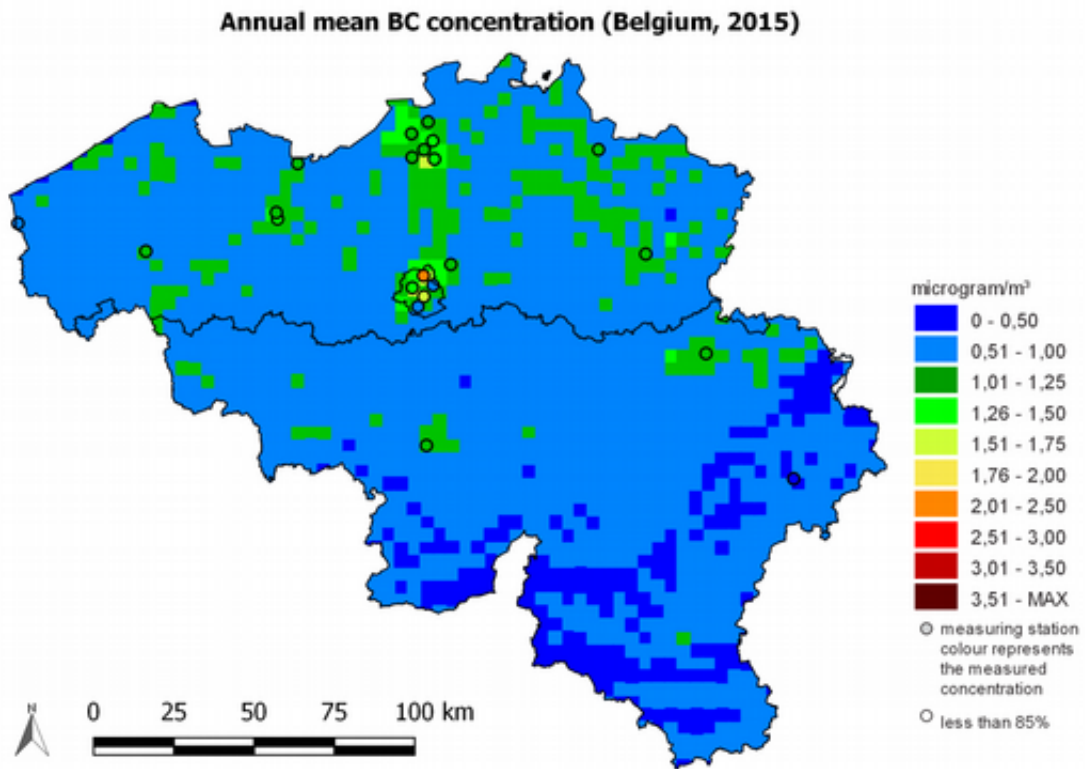
3.3.2 BC jaargemiddelde concentratie

BC is een pollutant gerelateerd aan onvolledige verbranding van fossiele brandstoffen, biobrandstoffen en biomassa. De hoogste concentraties komen dan ook voor in verkeersdrukke regio's en op locaties waar biomassa verbrand wordt. Momenteel bestaan geen grens- of streefwaarden waarmee de geïnterpoleerde BC concentraties kunnen vergeleken worden.

Figuur 23 toont de ruimtelijke spreiding van de jaargemiddelde BC concentratie voor 2015 over België. Hierbij moet wel onthouden worden dat enerzijds het aantal stations waar BC wordt gemeten momenteel vrij klein is om het hele Belgische grondgebied te bestrijken (vooral in Wallonië) en de stations bovendien erg heterogeen verspreid zijn, en anderzijds de concentratie van BC snel afneemt met de afstand tot de bron. De kaart voorgesteld in Figuur 23 is dus louter indicatief.

Een kaart met de onzekerheid op de jaargemiddelde BC concentratie is terug te vinden in Annex D.

Door de beperkte tijdreeks (de metingen startten pas in 2007), is een evaluatie van de trend nog niet mogelijk.



Figuur 23: Ruimtelijke spreiding van de jaargemiddelde BC-concentratie in België in 2015. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

4 Stikstofoxides

Stikstofoxides (NO_x) is de verzamelnaam voor een mengsel dat voornamelijk bestaat uit stikstofmonoxide (NO) en stikstofdioxide (NO_2). Stikstofoxides worden grotendeels door menselijke activiteiten uitgestoten tijdens verbrandingsprocessen bij hoge temperaturen waarbij luchtstikstof geoxideerd wordt. De belangrijkste bronnen van NO_x zijn (weg)verkeer, energieproductie en industrie (inclusief raffinaderijen) en gebouwenverwarming. In België is ongeveer de helft van de NO_x -emissie afkomstig van het wegtransport. NO_2 is dan ook een goede 'proxy' voor het complexe mengsel van verkeersgerelateerde luchtverontreiniging. NO_x wordt voornamelijk uitgestoten in de vorm van NO en in mindere mate NO_2 (behalve bij dieselwagens, daar kan de verhouding NO_2/NO_x oplopen tot 60%) (Grice et al., 2009). De levensduur van NO is echter zeer kort (enkele minuten). Door fotochemische reacties met onder andere ozon en vluchtige organische stoffen (VOS) wordt NO omgezet in het in de atmosfeer langer levende NO_2 (enkele uren tot dagen). NO_x wordt niet alleen door antropogene emissies in de atmosfeer gebracht, maar ook door biochemische processen in de bodem, bij bliksems en bosbranden.

Stikstofoxides spelen ook een belangrijke rol bij de vorming van ozon. Tijdens warme zomerdagen met sterke zonnestraling wordt NO_2 door het uv-licht van de zon gedissocieerd in NO en een vrij zuurstofradicaal (O). Het laatste zal vervolgens reageren met een zuurstofmolecule en zo ozon (O_3) vormen. Ozon is een zeer reactief gas met schadelijke gevolgen voor de bevolking en de ecosystemen.

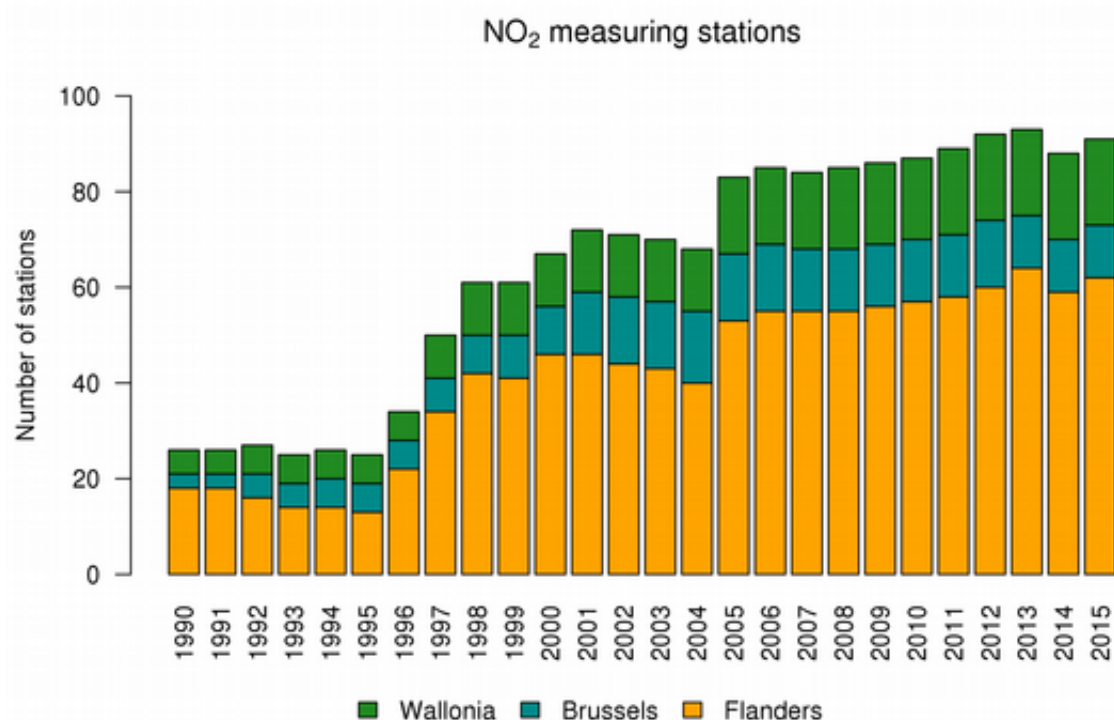
Ook in de vorming van aerosolen spelen stikstofoxides een rol. Door chemische reacties in de atmosfeer is NO_x verantwoordelijk voor de vorming van nitraationen (NO_3^-), die een secundaire component zijn van fijn stof. Door de langere levensduur van NO_2 kan die pollutant over grote afstanden worden getransporteerd en zo ook in meer afgelegen gebieden, met minder of geen bronnen van luchtverontreiniging, schade veroorzaken.

Stikstofoxides zorgen ook voor verzuring en vermisting van het milieu (MIRA, 2011; MIRA, 2006). NO_2 wordt in de atmosfeer omgezet tot salpeterzuur (HNO_3). Droge of natte depositie van onder andere salpeterzuur veroorzaakt verzuring van de bodem en het water, met aantastingen van de ecosystemen tot gevolg. Verzuring wordt omschreven als de gezamenlijke effecten van luchtverontreinigende stoffen die door de atmosfeer aangevoerd worden en waaruit zuren (zoals HNO_3) kunnen worden gevormd (MIRA, 2006). Met vermisting (of eutrofiëring) wordt de ophoping of 'aanrijking' van de bodem of het grondwater bedoeld met nutriënten (waaronder N). Hoge nutriëntconcentraties hebben een versturende werking op ecosystemen (MIRA, 2011).

Blootstelling aan zeer hoge NO_2 -concentraties kan door de toxiciteit van het gas onmiddellijk nadelige gezondheidseffecten veroorzaken. Het effect van langdurige blootstelling aan de huidige NO_2 -concentraties is moeilijk af te zonderen in epidemiologische studies. Er zijn echter wel duidelijk negatieve gezondheidseffecten verbonden aan verkeersemissies en NO_2 is sterk gecorreleerd met het mengsel van de verkeersgerelateerde luchtverontreiniging. Om die reden en omdat NO_2 ook indirect schadelijk is voor mens en milieu hebben de Europese Commissie en de Wereldgezondheidsorganisatie er grenswaarden voor opgesteld. Op basis van de REVIHAAP studie (WHO, 2013) blijkt dat er meer en meer aanwijzingen zijn dat NO_2 ook afzonderlijk, voornamelijk bij kortetermijnblootstelling, schadelijk is. Voor de chronische, langetermijnblootstelling zijn de conclusies minder éénduidig.

4.1 NO₂-meetstations

Figuur 24 toont de evolutie van het aantal meetstations waar NO₂ gemeten wordt en die getoond worden op de RIO-interpolatiekaarten in dit rapport. Ze omvat zowel de telemetrische stations als de stations uit specifieke studies en stations die beheerd worden door de elektriciteitsproducenten en de Belgische Petroleumfederatie in samenwerking met de gewestelijke milieuadministraties. Het aantal NO₂-meetstations is gestegen van 26 in 1990 tot 93 in 2013. In 2015 waren dit er 91. Omdat het aantal meetstations voor 1997 aanzienlijk lager lag dan in 2015, is de onzekerheid van de jaargemiddelden groter in die beginjaren.



Figuur 24: Evolutie van het aantal NO₂-meetstations in België.

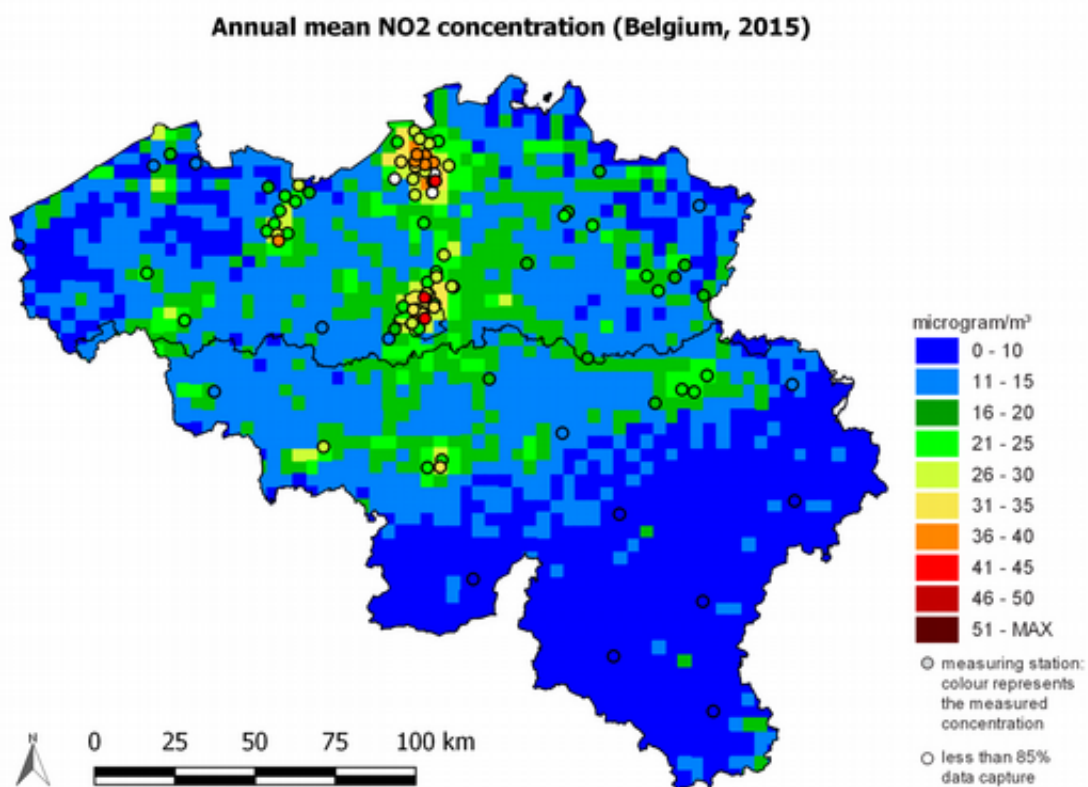
4.2 NO₂-jaargemiddelde

De Europese jaargrenswaarde voor de bescherming van de bevolking bedraagt 40 µg/m³. Die grenswaarde geldt vanaf 2010. Enkel de zones Antwerpen Haven en Antwerpen Agglomeratie hadden uitstel verkregen tot 1/1/2015 voor het halen van die grenswaarde. In die twee zones gold tot dan een grenswaarde van 60 µg/m³, gebaseerd op de grenswaarde van 40 µg/m³ met een tolerantie van 50%. Om dat uitstel te verkrijgen, werd een uitvoerig plan opgesteld waaruit blijkt dat de grenswaarde van 40 µg/m³ met bijkomende maatregelen zal kunnen worden nageleefd vanaf 2015. Vanaf 2015 geldt de grenswaarde van 40 µg/m³ voor het hele Belgische grondgebied.

Uit Error: Reference source not found blijkt duidelijk dat de hoogste jaargemiddelden gemeten worden in de stedelijke gebieden. Dat is niet verwonderlijk gezien het sterke verkeersgerelateerde karakter van NO₂. Op verkeersdrukte plaatsen in Antwerpen en Brussel worden jaargemiddelden boven 40 µg/m³ gemeten. Door de beperkte ruimtelijke resolutie (4x4 km²) van het RIO-interpolatiemodel, zijn lokale overschrijdingen van de NO₂-grenswaarde niet altijd zichtbaar op de interpolatiekaarten.

Het hoogste NO₂-jaargemiddelde van alle Belgische gridcellen bedraagt 37,2 µg/m³. Gemiddeld over Vlaanderen is het jaargemiddelde 14 µg/m³, gemiddeld over Brussel 28 µg/m³ en gemiddeld over Wallonië 10 µg/m³. Het ruimtelijk gemiddelde in België, rekening houdend met het aantal inwoners per gridcel (het bevolkingsgewogen gemiddelde), bedraagt 19 µg/m³. Dat ligt aanzienlijk hoger dan het niet-bevolkingsgewogen gemiddelde over België (12 µg/m³), wat weerspiegelt dat de gridcellen waar de meeste bevolking is (stedelijke gebieden), ook de gridcellen zijn met hogere NO₂-jaargemiddelde concentraties. Dat wordt ook duidelijk in Error: Reference source not found, waarin de relatie tussen de jaargemiddelde NO₂-concentratie en de geaccumuleerde bevolkingsdichtheid weergegeven wordt. Vanaf een bevolkingsaantal van 4750 inwoners/km² is de jaargemiddelde NO₂-concentratie in 2015 hoger dan 30 µg/m³. Voor de periode 2009-2014 lag dat nog iets hoger.

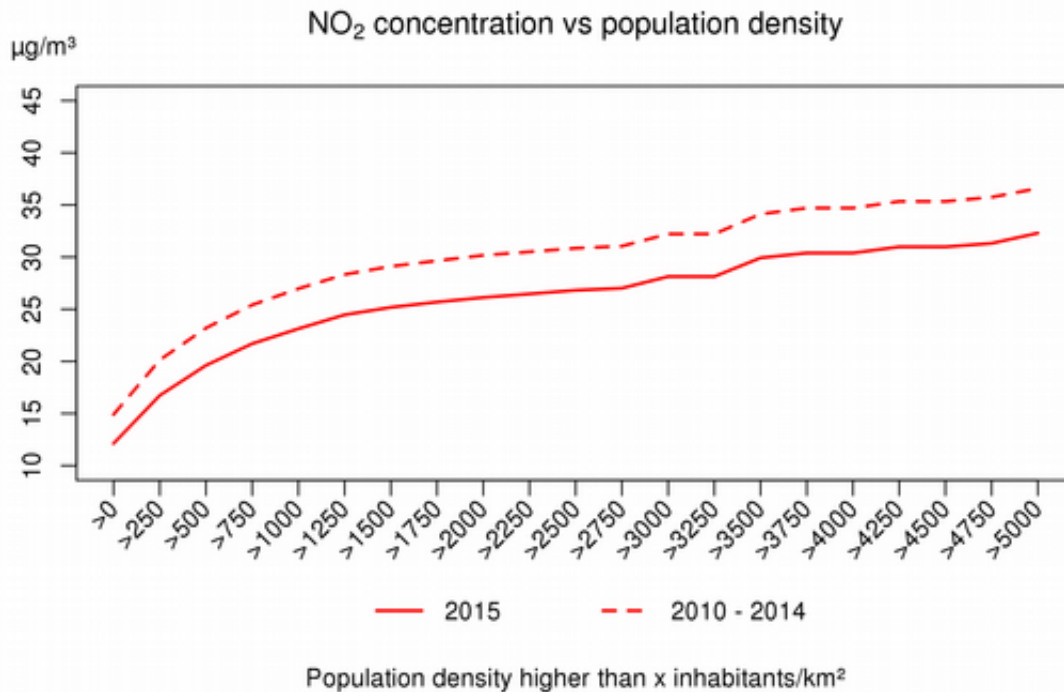
De onzekerheid op de berekende jaargemiddelde NO₂-concentraties is te vinden in Bijlage D, net zoals de waarschijnlijkheid van het overschrijden van de jaargrenswaarde.



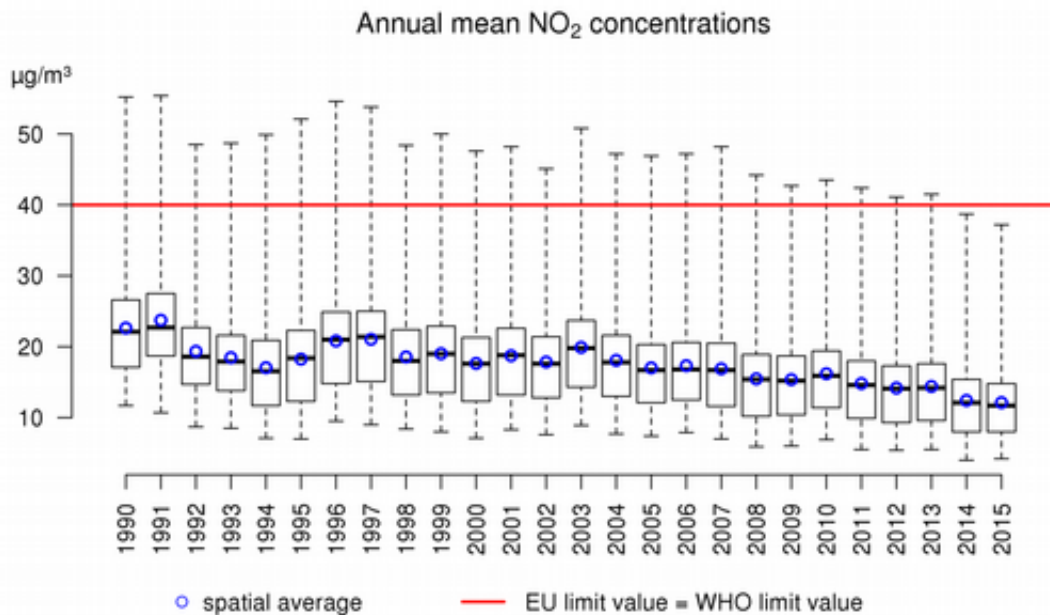
Figuur 25: Ruimtelijke spreiding van het NO₂-jaargemiddelde in 2015. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

De evolutie van het minimale, het 25^e percentiel (P25)³, het 50^e percentiel (P50), het 75^e percentiel (P75) en het maximale NO₂-jaargemiddelde in België wordt weergegeven in **Figuur 27**Error: Reference source not found. Ook het ruimtelijk gemiddelde over België is weergegeven.

³ P25 of het 25^e percentiel is de waarde waarbij 25% van alle waarden lager is dan P25, 75% van de waarden is hoger.



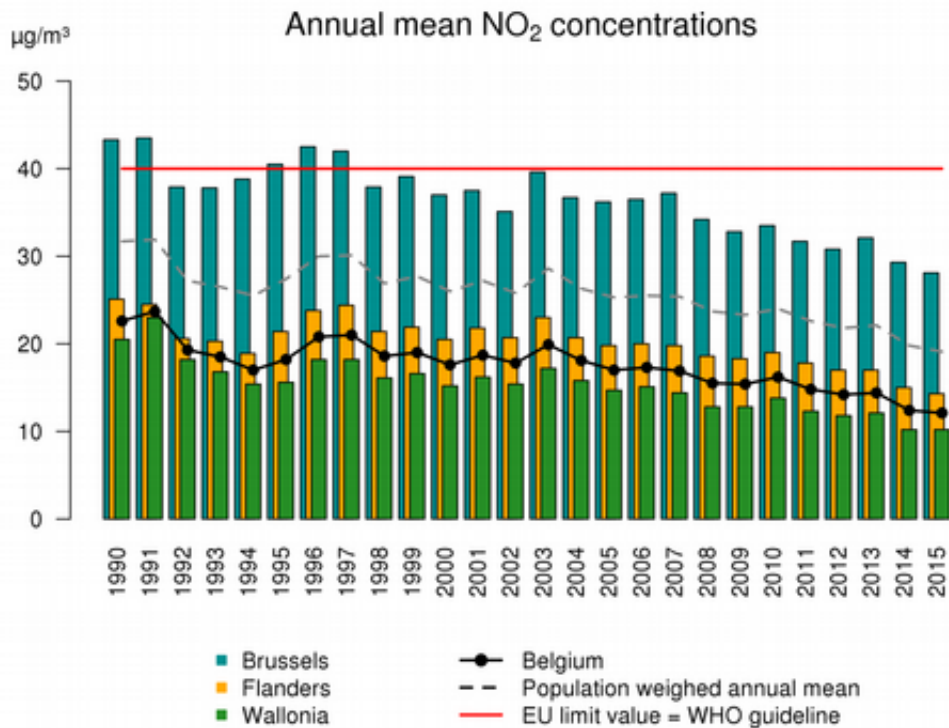
Figuur 26: Relatie tussen de geïnterpoleerde jaargemiddelde NO₂-concentraties en de bevolkingsdichtheid (inwoners/km²) boven een bepaalde waarde. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.



Figuur 27: Boxplots van de jaargemiddelde NO₂-concentraties (µg/m³) voor de periode 1990-2015. Het ruimtelijke gemiddelde wordt door de blauwe cirkels weergegeven. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

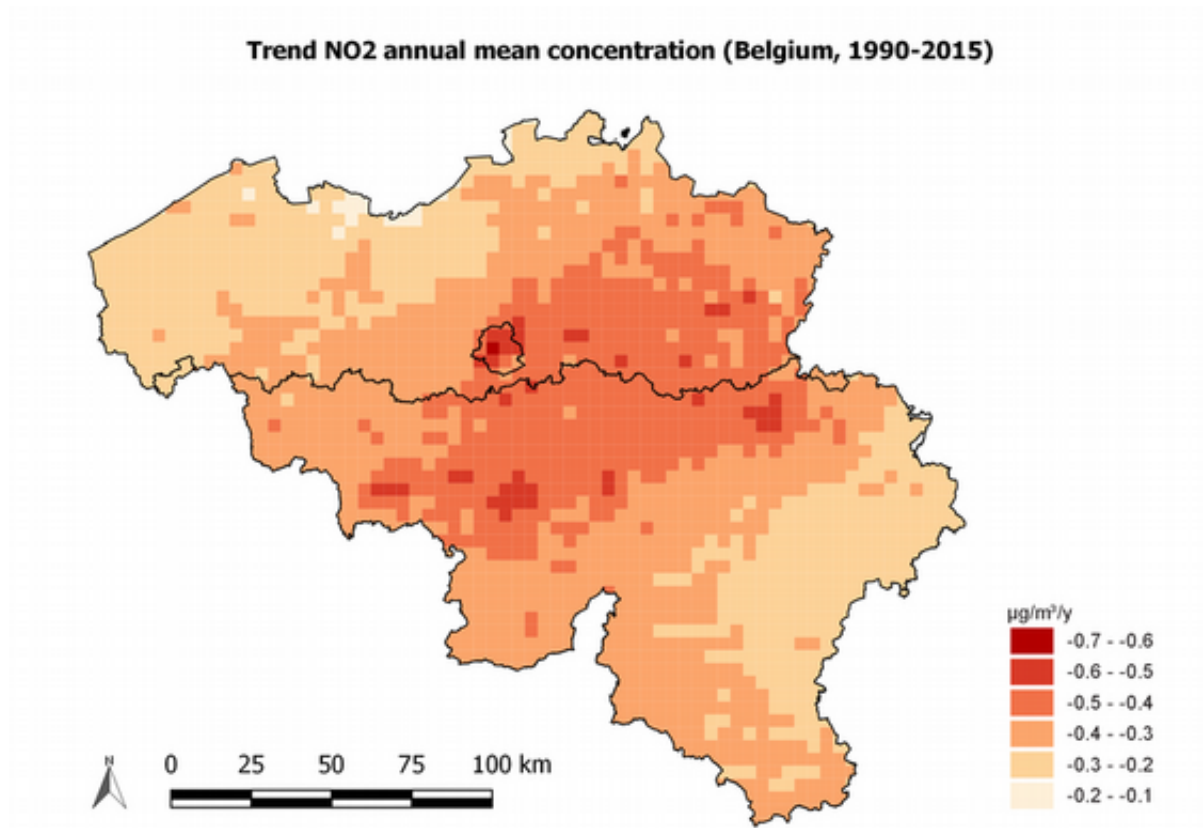
Figuur 1 geeft de evolutie weer van de jaargemiddelde NO₂-concentraties in België en per gewest. Ook hier komen de hogere jaargemiddelden in het stedelijke Brussel duidelijk naar voren. Vanaf 2007

dalen de jaargemiddelde NO₂-concentraties lichtjes in alle gewesten. In de jaren vóór 1997 is de onzekerheid op het berekende jaargemiddelde groter door het lagere aantal meetstations.



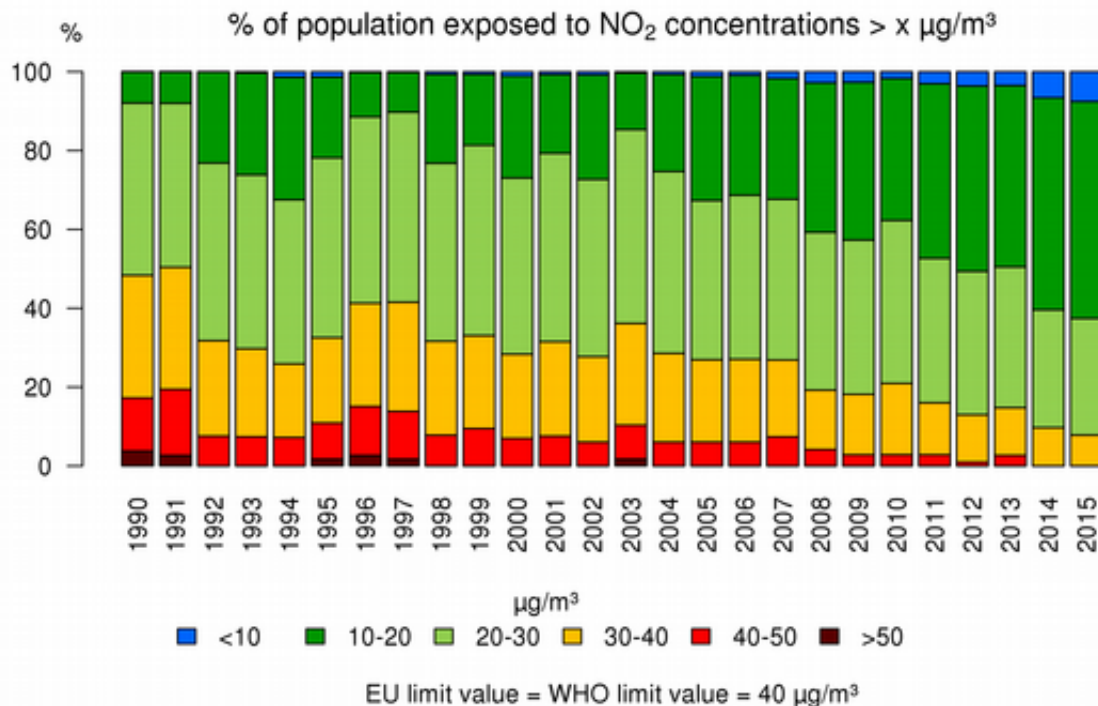
Figuur 1: Evolutie van het NO₂-jaargemiddelde in België op basis van de RIO-interpolatietechniek.

De daling van de jaargemiddelde NO₂-concentraties in België in de periode 1990-2015 is eerder beperkt (Figuur 28). De grootste dalingen – tussen -0,7 en -0,5 µg/m³/jaar – doen zich voor in het centrum van het land.



Figuur 28: Trend ($\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{jaar}$) van de jaargemiddelde NO₂-concentraties in de periode 1990-2015. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

Sinds 2003 worden meer mensen aan steeds lagere jaargemiddelde NO₂-concentraties blootgesteld (Figuur 29). Vanaf 1998 schommelt het percentage van de Belgische bevolking dat potentieel blootgesteld is aan jaargemiddelde concentraties boven de EU-grenswaarde rond 10%. In 2013 was dat afgenomen tot 3% en in 2014 en 2015 is er volgens de berekeningen niemand meer blootgesteld aan jaargemiddelde concentraties boven de EU-grenswaarde. De resultaten dienen wel met enige voorzichtigheid geïnterpreteerd te worden. De blootstelling van de bevolking wordt ingeschat op basis van een ruimtelijke interpolatie van de metingen en de bevolkingsaantallen per gridcel van 4x4 km². Zoals al eerder vermeld, kunnen plaatselijk hogere of lagere concentraties gemeten worden dan de waarden berekend met de RIO-interpolatiemethode voor een gridcel van 4x4 km². Het is daarom dat, hoewel Figuur 32 geen blootstelling aan verhoogde concentraties ($> 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) vertoont, er lokaal en vooral in de nabijheid van meetpunten waar overschrijdingen zijn waargenomen, delen van de bevolking blootgesteld zijn geweest aan concentraties boven 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figuur 29: Percentage van de Belgische bevolking blootgesteld aan jaargemiddelde NO₂-concentraties. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

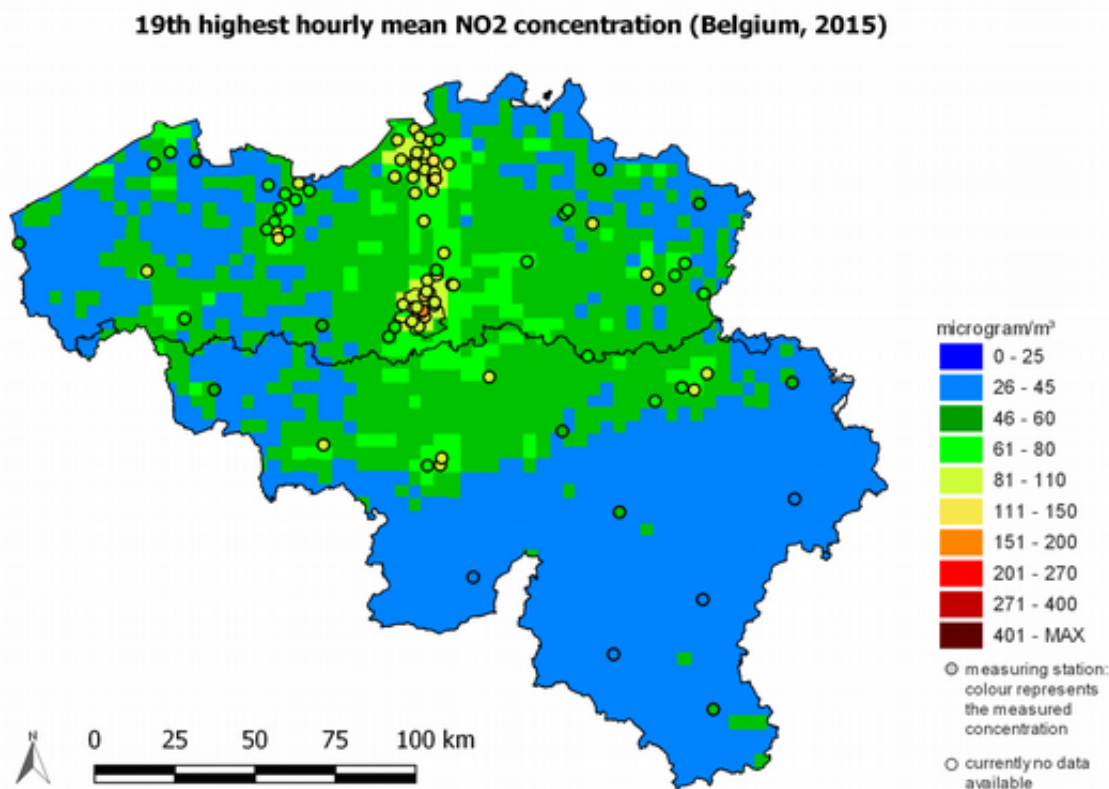
Ter bescherming van de vegetatie en natuurlijke ecosystemen wordt in de Europese richtlijn ook een kritiek niveau opgelegd van 30 µg/m³ jaargemiddeld. Die grenswaarde moet worden gehaald op meetstations die representatief zijn voor een gebied van minimaal 1000 km², en die gelegen zijn op ten minste 20 km van een agglomeratie en op ten minste 5 km van een drukke weg, bebouwing, industrie, ... Omdat België geen locaties heeft die aan al die criteria voldoen, is deze richtlijn niet van toepassing, maar in de stations die ze het dichtste benaderen zijn er gedurende de laatste 5 jaar geen overschrijdingen van deze norm waargenomen.

4.3 NO₂-uurwaarden

Voor de bescherming van de bevolking tegen NO₂-piekconcentraties op korte termijn legt de Europese wetgeving een uurgrenswaarde op van 200 µg/m³. Die uurgrens mag per jaar maximaal 18 keer (uren) overschreden worden. In België wordt die uurgrenswaarde ruimschoots gerespecteerd. Zeer lokaal, in verkeersdrukke straten, kan het gebeuren dat de 200 µg/m³ enkele keren per jaar overschreden wordt, maar in elk meetstation blijft dat onder de limiet van 18 uren. Door de resolutie van de RIO-interpolatiemethode zijn lokale overschrijdingen echter niet zichtbaar. De 19^e hoogste uurwaarde in België in 2015 wordt voorgesteld in Figuur 30 (dat komt overeen met het 99.8^{ste} percentiel van alle uurgemiddelde concentraties in een jaar). Het maximum van de 19^e hoogste uurwaarde in België, representatief op 4x4 km², bedraagt 107 µg/m³, wat ruim onder de Europese limiet van 200 µg/m³ ligt en werd geobserveerd in Brussel. De 19^e hoogste NO₂-uurwaarde is gemiddeld in Vlaanderen 50 µg/m³, in Wallonië 40 µg/m³ en in Brussel 85 µg/m³. De hoogste waarden komen, zoals te verwachten, voor in de grote agglomeraties zoals Brussel en Antwerpen.

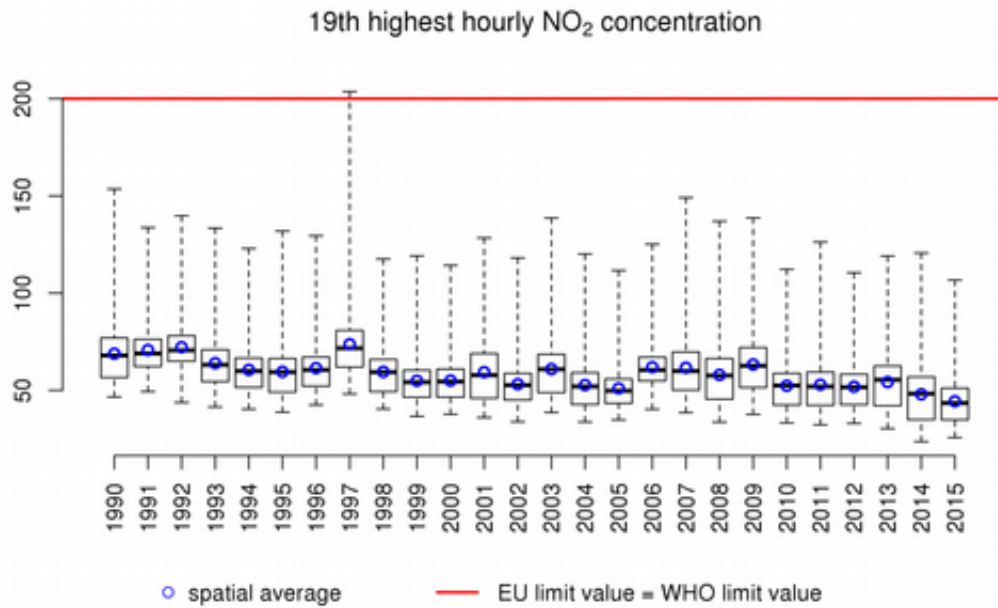
De WGO-advieswaarde bedraagt eveneens $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, maar mag geen enkele keer worden overschreden. Ook daaraan wordt dus overal in België voldaan.

De hoogste uurgemiddelde NO_2 -concentratie in België in 2015, representatief voor een gebied van $4 \times 4 \text{ km}^2$, bedroeg $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

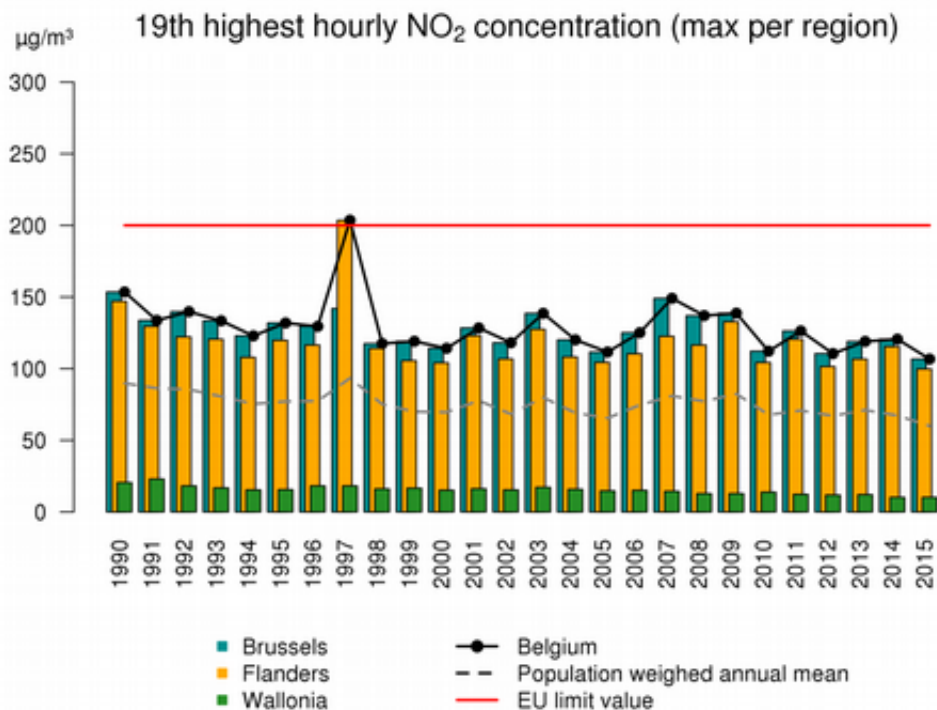


Figuur 30: Ruimtelijke spreiding van de 19e hoogste uurgemiddelde NO_2 -concentratie in België, 2015. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

Sinds 1990 is er weinig variatie in het ruimtelijke gemiddelde, minimum en maximum van de 19^{de} hoogste NO_2 -uurwaarde (Figuur 31). Dat betekent dat de piekconcentraties van NO_2 nauwelijks of niet afgenomen zijn in de laatste 20 jaar, zowel in het Vlaams, het Brussels Hoofdstedelijk als het Waals Gewest (Figuur 32). Een uitzondering daarop vormt 1997, toen er in januari heel hoge concentraties werden gemeten in de stations van de Belgische Petroleumfederatie in Antwerpen.



Figuur 31: Boxplot van de 19^{de} hoogste uurgemiddelde NO₂-concentratie (µg/m³) over de periode 1990-2015. Het ruimtelijke gemiddelde wordt door de blauwe cirkels weergegeven. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.



Figuur 32: Evolutie van het maximum van de 19de hoogste NO₂-uurwaarde in de drie gewesten en België op basis van de RIO-interpolatietechniek.

5 Ozon

Ozon (O_3) is een zeer reactief gas dat gevormd wordt tijdens verschillende fotochemische reacties in de atmosfeer (troposfeer). Ozon wordt dus niet rechtstreeks uitgestoten en is een secundaire pollutant. Door inwerking van uv-licht op de aanwezige luchtverontreiniging op warme zomerdagen wordt ozon op leefniveau gevormd. De ozonvoorlopers of ozonprecursoren zijn NO_x , VOC en CO. In België wordt ongeveer de helft van de NO_x door het verkeer uitgestoten. Andere belangrijke bronnen van NO_x zijn de gebouwenverwarming en de industrie. VOC worden vooral uitgestoten door het verkeer en door gebruik van solventen (verven, schoonmaakproducten, ...) in de industrie maar ook in de huishoudens. Naast de ozon die op warme dagen geproduceerd wordt, is er altijd een globale achtergrondconcentratie aanwezig.

De uitstoot van NO_x (= $NO + NO_2$) heeft een dubbel effect op ozon. Enerzijds zorgt NO ervoor dat O_3 afgebroken wordt waarbij NO_2 ontstaat, anderzijds zorgt NO_2 weer voor de vorming van O_3 . In de atmosfeer stelt er zich altijd een chemisch evenwicht in tussen die pollutanten. NO is kortlevend in de atmosfeer, waardoor er dus vooral ozon afgebroken wordt op plaatsen waar veel NO uitgestoten wordt. Tijdens die reactie wordt NO_2 gevormd, dat een langere levensduur in de atmosfeer heeft. Die ozonvormende stof kan dus over langere afstanden getransporteerd worden, om dan ozon te vormen op verderafgelegen plaatsen. Dat is de reden waarom de ozonconcentraties over het algemeen hoger zijn in landelijke gebieden dan in een stedelijke omgeving met veel bronnen van NO_x .

Door zijn sterk oxiderend vermogen kan ozon schadelijke effecten veroorzaken bij mensen, dieren, planten en materialen. Blootstelling aan hoge ozonconcentraties kan zorgen voor acute gezondheidsklachten zoals irritaties aan de ogen, neus en keel, prikkelende hoest en overgevoeligheid van de longen. Iedereen (ook gezonde mensen!) die in de buitenlucht inspanningen levert, ondervindt bij hoge ozonwaarden een longfunctievermindering en loopt het risico van ontstekingsreacties aan de luchtwegen. Het effect van ozon is zeer verschillend per persoon en ook mensen zonder luchtwegaandoeningen kunnen extra gevoelig reageren op ozon. Die gevoelige groep, mensen met longproblemen en mensen die buitenshuis langdurige fysieke inspanningen leveren, kunnen het meest hinder ondervinden, maar door de al verminderde longwerking lopen mensen met longaandoeningen het meeste risico. De gezondheidsklachten kunnen worden vermeden of verminderd door niet te sporten of geen zware fysieke inspanningen te doen in de buitenlucht tussen 12 u en 22 u of door binnen te blijven. Binnenshuis liggen de ozonconcentraties namelijk gemiddeld de helft lager dan in de buitenlucht.

Het effect van langdurige blootstelling aan lage ozonconcentraties is minder bekend. Een studie heeft wel het oorzakelijk verband aangetoond tussen de chronische blootstelling aan ozonverontreiniging en sterfte door longaandoeningen (Jerret et al, 2009).

Ozon brengt ook schade toe aan planten. Zichtbare effecten zijn spikkels of verbleking van het blad. Onzichtbare effecten zijn verminderde weerstand en aantasting van de cellen. Daardoor gaat er meer energie naar het herstellen van plantweefsel, ten nadele van de groei. Voor gewassen leidt dat tot opbrengstvermindering, voor bossen tot minder biomassa-productie en een vermindering van de biodiversiteit. Chronische blootstelling aan lagere ozonconcentraties heeft een grotere impact op vegetatie dan acute blootstelling aan hoge concentraties. Langdurige blootstelling aan ozon zorgt ook voor de verwerking van materialen zoals rubber en kunststoffen.

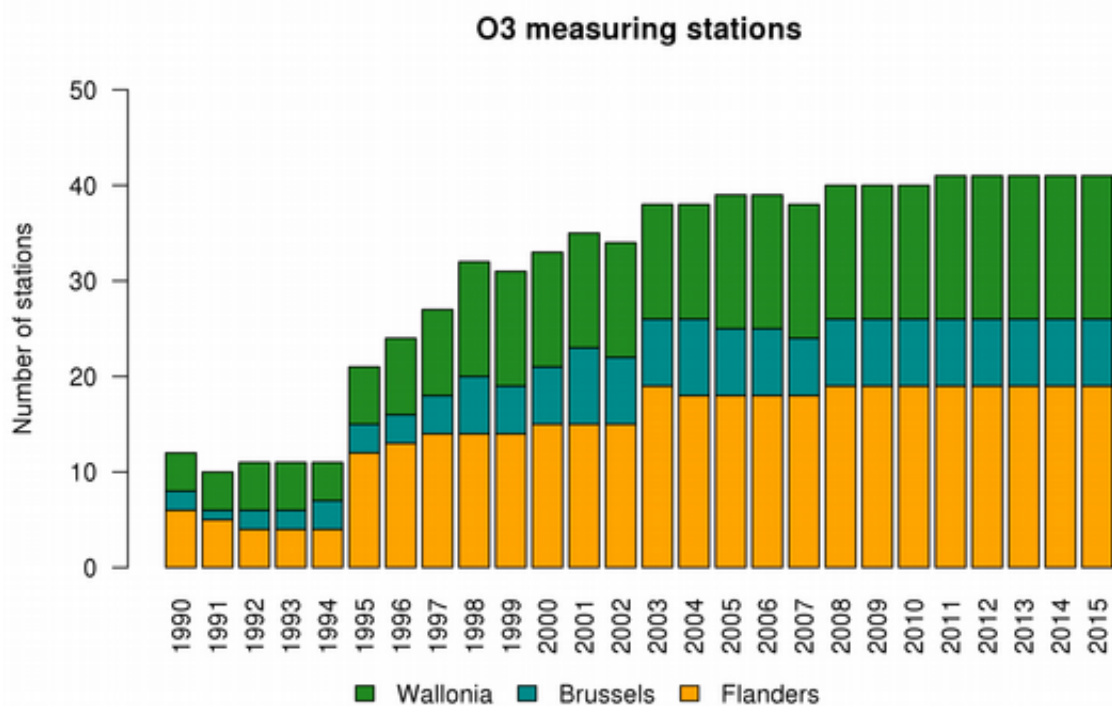
De impact van ozon beperkt zich niet tot de schadelijke effecten voor de volksgezondheid, vegetatie of materialen. Na koolstofdioxide en methaan is ozon het belangrijkste antropogene broeikasgas. Indirect

draagt ozon nog sterker bij tot het broeikas effect doordat de schade aan de vegetatie leidt tot minder opname van CO₂.

De ozonproblematiek is een mondiale problematiek en vereist een globale aanpak. Kortetermijnmaatregelen zoals snelheidsbeperkingen tijdens ozonsmog hebben in onze regio geen effect omdat een daling van de NO_x-emissies in eerste instantie leidt tot een afname van de ozonafbraak met net hogere ozonconcentraties tot gevolg. Om een effectieve daling van de ozonconcentraties te realiseren, zijn duurzame maatregelen nodig op Europese en zelfs mondiale schaal die de emissies van VOC, NO_x en methaan drastisch naar beneden halen (strengere emissienormen, schonere brandstoffen, minder verkeer, ...)

5.1 Ozonmeetstations

Figuur 33 toont de evolutie van het aantal meetstations waar ozon gemeten wordt. De stations omvatten zowel de telemetrische stations als de stations die gebruikt worden in specifieke studies. Het aantal ozonmeetstations is gestegen van 12 in 1990 tot 41 in 2011 en is sindsdien niet meer gewijzigd. Omdat het aantal meetstations voor 1997 aanzienlijk lager lag dan in 2015 is de onzekerheid van de geïnterpoleerde jaargemiddelden groter in die beginjaren.



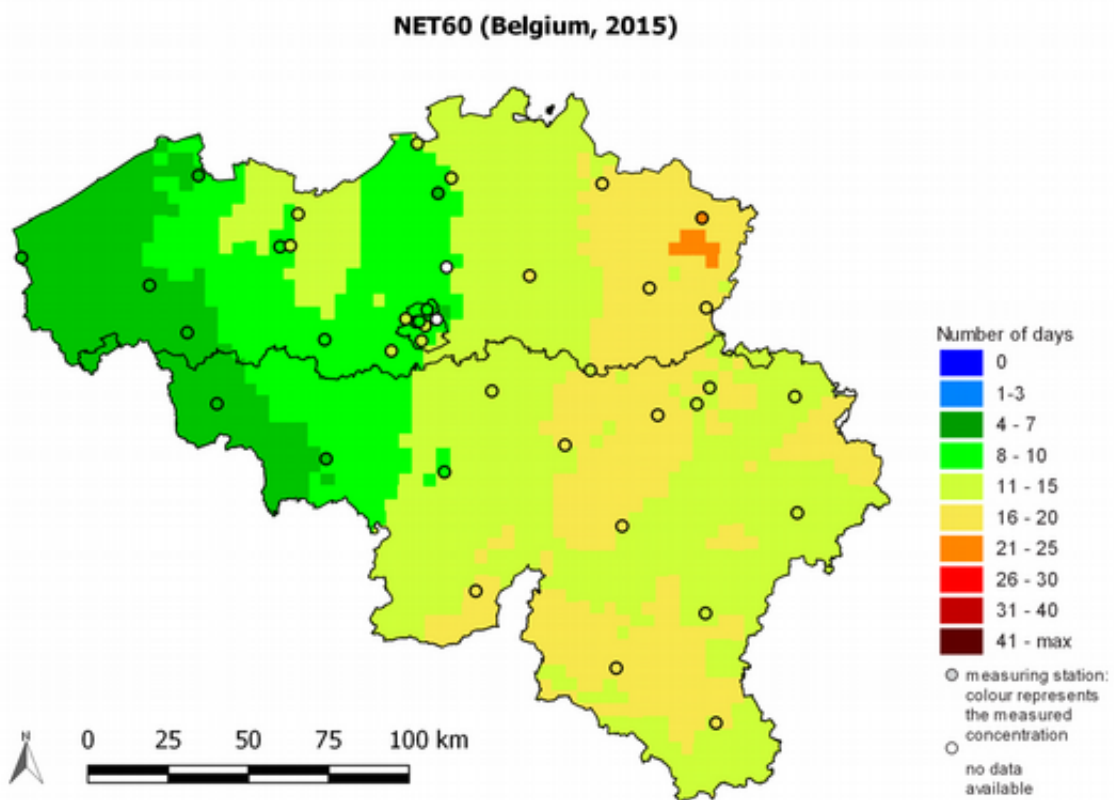
Figuur 33: Evolutie van het aantal O₃-meetstations in België.

5.2 Ozon en bevolking

5.2.1 NET60

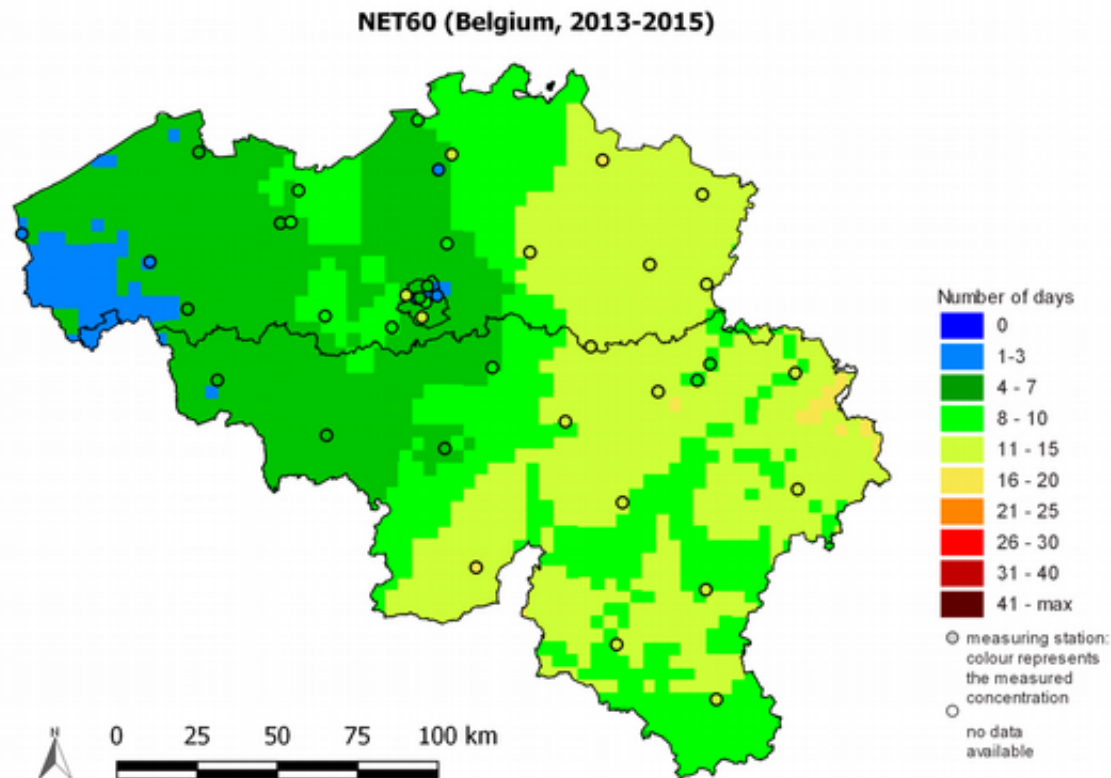
De Europese streefwaarde voor de bescherming van de bevolking is gebaseerd op de dagelijkse hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentratie. Gemiddeld over 3 jaar, mag die dagelijkse hoogste 8-uurgemiddelde waarde niet meer dan 25 keer per jaar hoger zijn dan $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Europese streefwaarde is een middellangetermijndoelstelling (MLTD) en geldt vanaf 2010 (gemiddelde 2010-2012). De langetermijndoelstelling (LTD) is geen enkele dag meer met hoogste 8-uurgemiddelden boven $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Het aantal dagen per jaar waarop het hoogste 8-uurgemiddelde $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ overschrijdt, wordt de NET60-indicator genoemd⁴.

In 2015 is de hoogste NET60-waarde die werd waargenomen in België 21 dagen. Dat deed zich voor in het noord-oosten van België, in Vlaanderen. (zie Figuur 34). Door de relatief gunstige ozonjaren 2013 en 2014 (jaren waarin geen enkele overschrijding van NET60 werd geregistreerd), ligt ook het 3-jaargemiddelde, waaraan volgens de Europese streefwaarde moet worden getoetst, onder 25 dagen (Figuur 35). De langetermijndoelstelling, namelijk geen enkele overschrijdingsdag meer, werd daarentegen nergens in België bereikt.



Figuur 34: Ruimtelijke spreiding van het aantal dagen met hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentratie $> 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in 2015. ‘No data available’ betekent dat de data niet voldoen aan de criteria uit richtlijn 2008/50/EG annex VII voor het aggregeren van de meetgegevens. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

⁴NET60: Number of Exceedances above a Treshold of 60 ppb ($=120\mu\text{g}/\text{m}^3$).

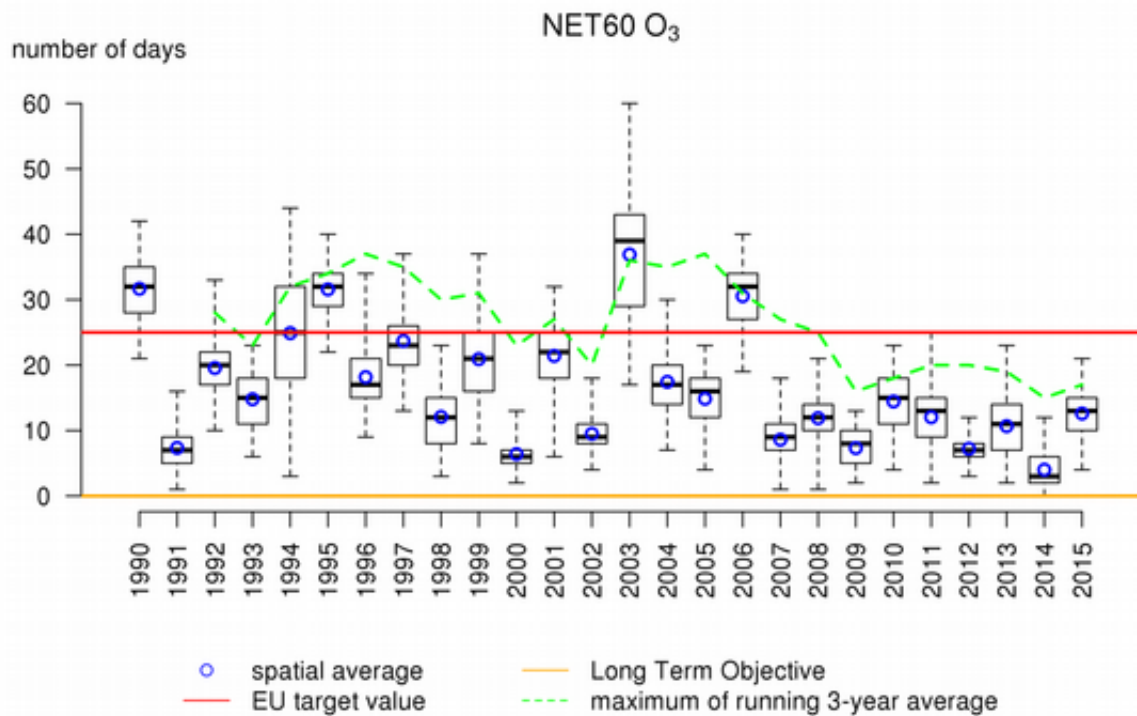


Figuur 35: Ruimtelijke spreiding van aantal dagen met hoogste 8-uurgemiddelde $> 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, gemiddeld over 2013, 2014 en 2015. ‘No data available’ betekent dat de data niet voldoen aan de criteria uit richtlijn 2008/50/EG annex VII voor het aggregeren van de meetgegevens. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

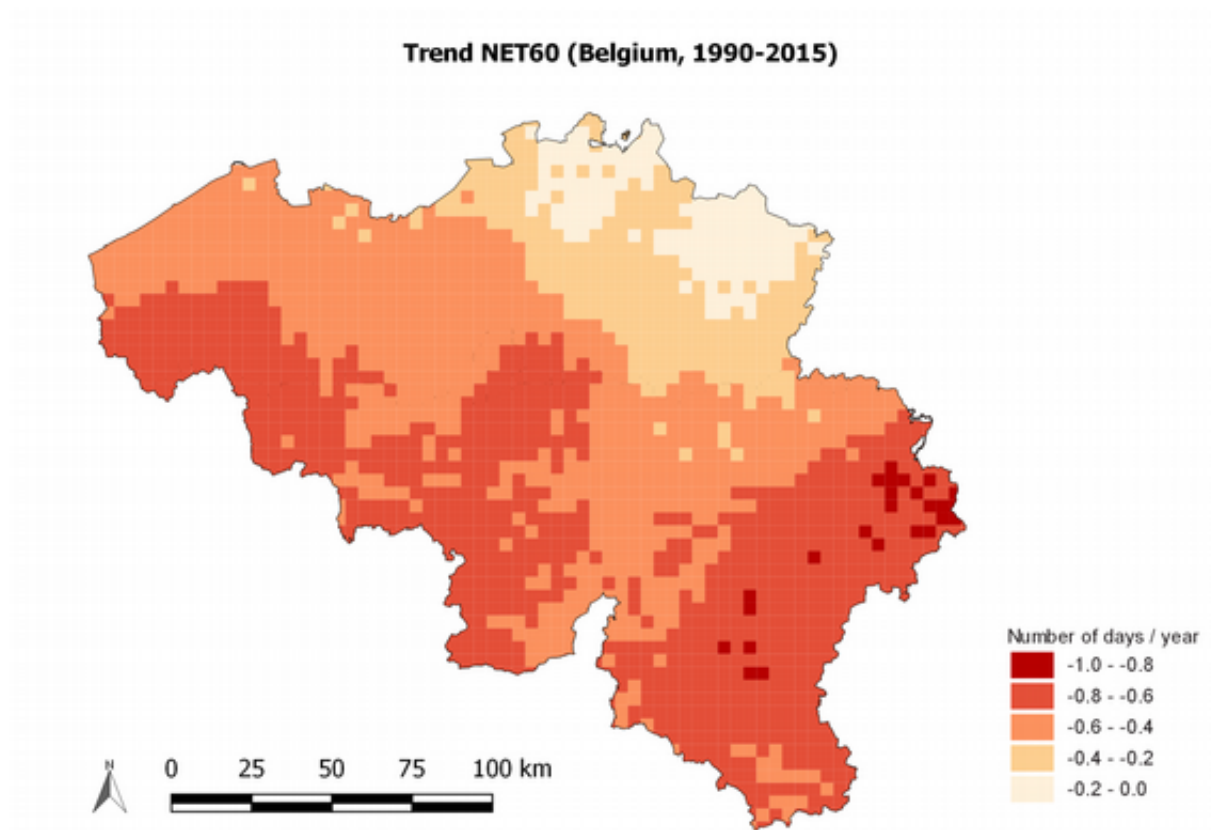
Figuur 34 en Figuur 35 tonen de ruimtelijke spreiding van het aantal overschrijdingsdagen respectievelijk in 2015 en gemiddeld over 2013, 2014 en 2015. Er is een duidelijke oost-westgradiënt zichtbaar. De hoogste waarden zijn voor de Kempen, de Oostkantons en de regio ten zuiden van de Samber- en Maasvallei. Het maximum van 17 dagen per jaar, gemiddeld over drie jaar, vond plaats in het uiterste oosten van België. De minste overschrijdingsdagen komen voor in de stedelijke omgevingen en West-Vlaanderen. Ten slotte bedraagt het ruimtelijk gemiddelde van de NET60 (gemiddeld over 2013-2015) in België 9 dagen.

De evolutie van het aantal dagen met de hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentratie boven $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vertoont een sterke variatie van jaar tot jaar, afhankelijk van de weersomstandigheden tijdens de zomer (zie Figuur 36). Er is geen duidelijke trend zichtbaar in het ruimtelijke gemiddelde. Het meest ongunstige ozonjaar sinds 1990 was 2003, met een maximum van 60 overschrijdingsdagen in België. Sinds 2007 hebben we relatief gunstige ozonjaren, waardoor het 3-jaargemiddelde de laatste jaren onder de Europese streefwaarde van 25 dagen ligt.

Figuur 37 stelt geografisch de trend voor van het aantal dagen met de hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentratie $> 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in de periode 1990-2015. In die periode is er een daling van maximaal 1 dag/jaar, lokaal in het westen van het land, en met 0,2 dagen/jaar in het noordoosten van het land.

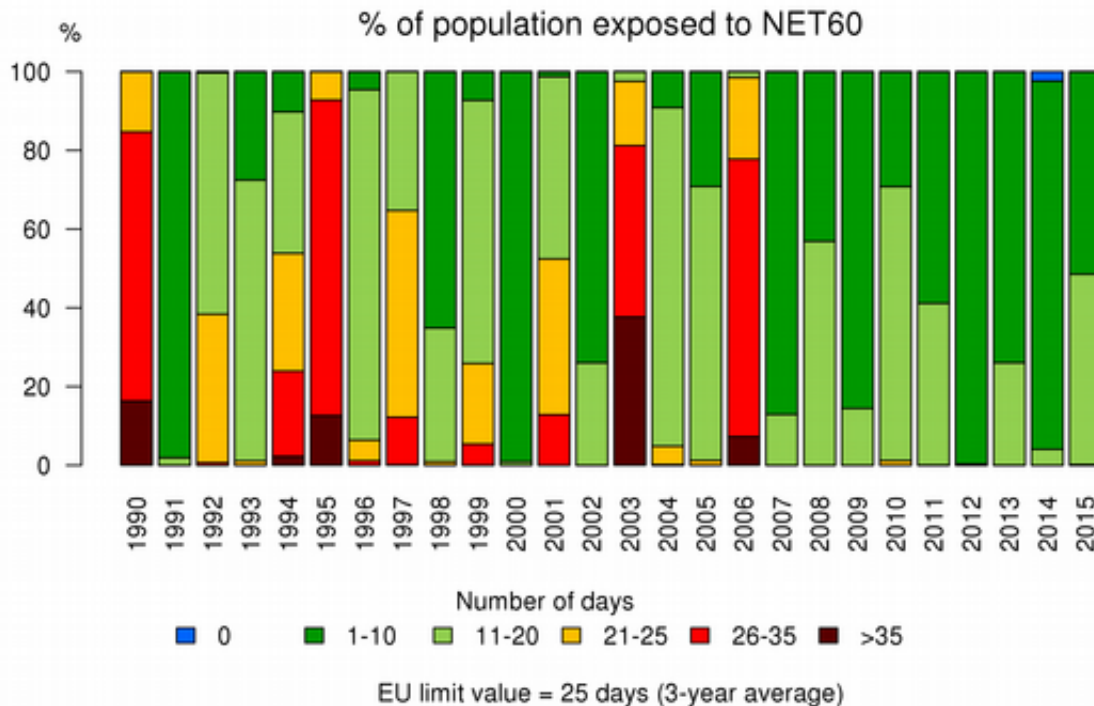


Figuur 36: Boxplots van aantal dagen met hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentraties > 120 µg/m³ in België in de periode 1990-2015. Het ruimtelijke gemiddelde wordt weergegeven door de blauwe cirkels. De groene stippellijn geeft het maximum van het 3-jaargemiddelde aantal overschrijdingsdagen in België weer. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.



Figuur 37: Trend (aantal dagen/jaar) van het aantal dagen met de hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentratie boven $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (NET60) in de periode 1990-2015. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

Uit de evolutie van het percentage van de bevolking dat blootgesteld wordt aan dagelijkse hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentraties boven $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ is het duidelijk dat de laatste 9 jaar gunstige ozonjaren waren (zie Figuur 38). Tijdens deze periode werd niemand blootgesteld aan hoogste 8u-ozonconcentraties groter dan $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ op meer dan 25 dagen. 51 % van de bevolking werd in 2015 op hoogstens 10 dagen blootgesteld aan hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentraties $> 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De jaren 1990, 1995, 2003 en 2006 waren echter zeer ongunstig voor de blootstelling van de bevolking aan hoge ozonconcentraties. In die jaren werd het grootste deel van de bevolking (meer dan 80%) op meer dan 25 dagen blootgesteld aan hoogste 8-uurgemiddelde concentraties $> 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figuur 38: Evolutie van blootstelling van de bevolking op aantal dagen met hoogste 8-uurgemiddelde > 120 µg/m³ op basis van de RIO-interpolatietechniek.

De WGO legt de drempel waaronder geen significante gezondheidseffecten optreden op 100 µg/m³ als hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentratie van een dag. Aangezien de WGO-advieswaarde strenger is dan de Europese langetermijndoelstelling en die laatste nergens in België gerespecteerd werd in 2015, werd ook de WGO-advieswaarde overall overschreden in België.

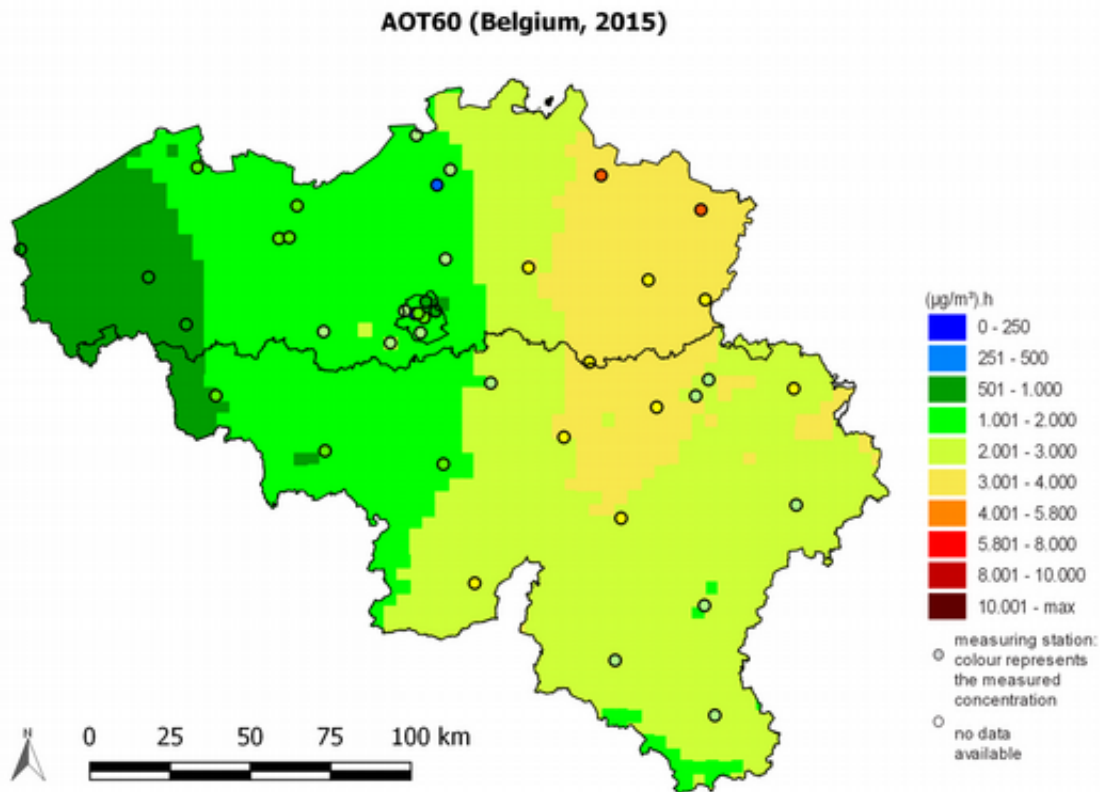
5.2.2 AOT60

Een andere indicator om de gevolgen van ozon voor de bevolking te schatten is de AOT60⁵. De AOT60 telt het verschil op tussen 120 µg/m³ en de concentraties boven deze drempel van de dagelijkse hoogste 8-uurgemiddelde concentraties. In tegenstelling tot de NET60-indicator, houdt de AOT60 rekening met de grootte en de duur van de overschrijding en men kan de AOT60 dus zien als een soort van “overdosis” aan ozon. In de voorbereiding van de eerste Ozonrichtlijn (2002/3/EG) en van de Nationale Emissieplafondsrichtlijn, werd 5800 (µg/m³).uren vooropgesteld als middellangetermijndoelstelling (MLTD) voor 2010, wat ongeveer overeenkomt met een NET60 gelijk aan 25 dagen. De langetermijndoelstelling is 0 (µg/m³).uren. De overlastindicator AOT60 werd niet behouden in de huidige Europese Luchtkwaliteitsrichtlijn, maar is een betere indicator om de overlast voor de bevolking te kwantificeren. Die indicator werd ook behouden in het Vlaamse MINA 4-plan (2011-2015) ter verduidelijking bij de plandoelstellingen.

Figuur 39 toont de ruimtelijke spreiding over België van de AOT60 in 2015. Het is duidelijk dat de ozonoverlast in 2015 beperkt was in België. De hoogste waarde is 3880 (µg/m³).u en werd bereikt in

⁵AOT60: Accumulated Ozone Exposure above a Threshold of 60 ppb (=120µg/m³) by the maximum daily 8-hour mean.

Limburg. Gemiddeld over België was de AOT60 2163 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).u. De langetermijndoelstelling van 0 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).u werd in 2015 nergens in België gehaald.



Figuur 39: Ruimtelijke spreiding van de ozonoverlast (AOT60) in 2015. ‘No data available’ betekent dat de data niet voldoen aan de criteria uit richtlijn 2008/50/EG annex VII voor het aggregeren van de meetgegevens. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

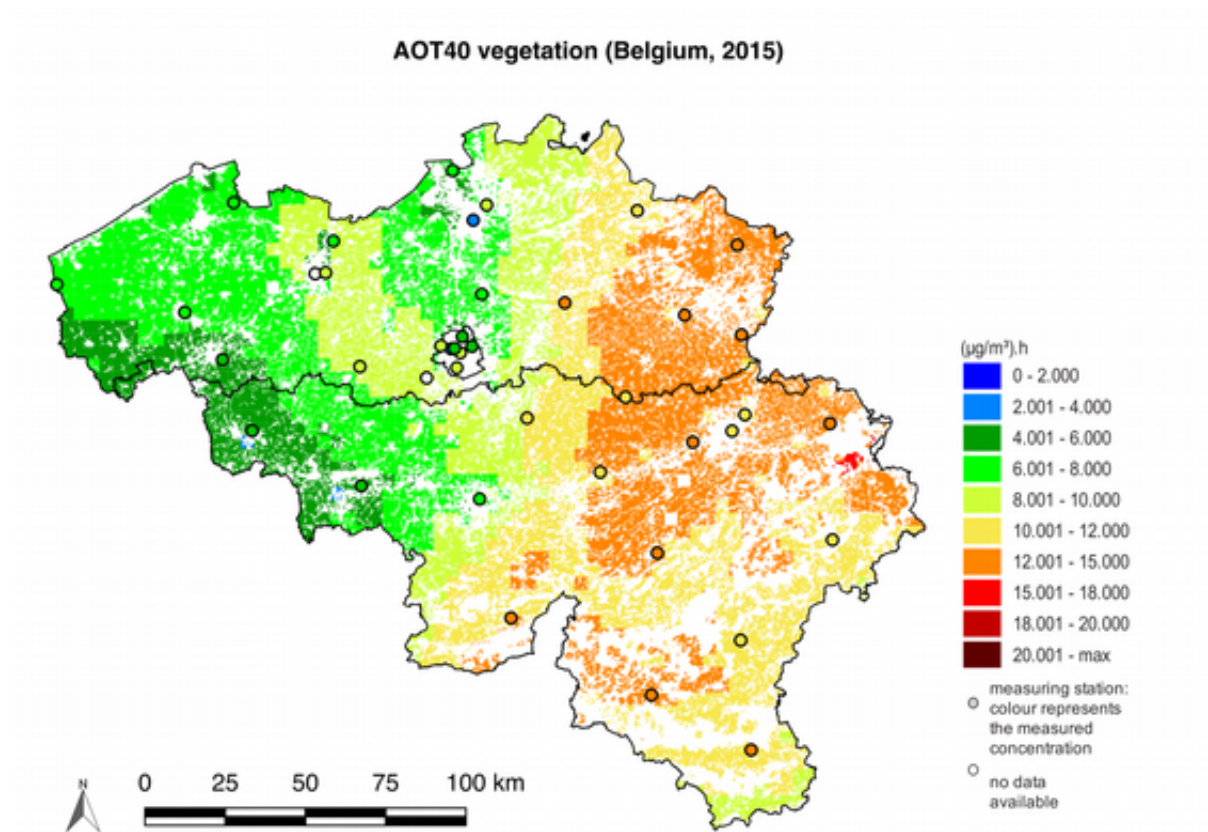
5.3 Ozon en vegetatie

Voor vegetatie is de blootstelling aan ozon op langere termijn belangrijker dan acute blootstelling. Het kwantificeren van de mogelijke schade aan planten door ozonverontreiniging is moeilijk. Ozon brengt immers voornamelijk schade toe wanneer het wordt opgenomen door de plant. De ozonconcentraties in de lucht zijn echter geen directe maat voor de opname van ozon in de plant. Veel andere parameters spelen daarbij een rol: de vochtigheidsgraad, de bodemtoestand, de groeifase van de plant, ... De Europese Unie heeft ter bescherming van de vegetatie een overlastindicator gedefinieerd. De AOT40 voor vegetatie telt alle overschotten boven $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ op van alle uurwaarden tussen 8 u en 20 u MET (Midden Europese Tijd = Universele Tijd (UT) + 1) in de maanden mei, juni, juli (= groeiseizoen). Die indicator is bedoeld ter bescherming van de gewassen en (semi-) natuurlijke vegetatie. Aanvullend is er ook de overlastindicator ter bescherming van de bossen. De AOT40 voor bossen wordt op dezelfde manier berekend, maar loopt over de periode april-september. Die indicatoren kwantificeren enkel de blootstelling aan ozon en dus niet de daadwerkelijke ozonopname (en dus schade) van de vegetatie.

5.3.1 AOT40 voor vegetatie

In 2015 lag de AOT40 voor vegetatie ruim onder de Europese streefwaarde van 18 000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).u. Het vegetatiegewogen⁶ gemiddelde over België bedroeg 9494 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).u. De maximumwaarde 15 625 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).u werd berekend in het oosten van het land. De vegetatie in West-Vlaanderen en Henegouwen ondervond het minst overlast. Slechts 10% van de oppervlakte met vegetatie (excl. bossen) in België werd in 2015 blootgesteld aan waarden onder de langetermijndoelstelling van 6000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).u.

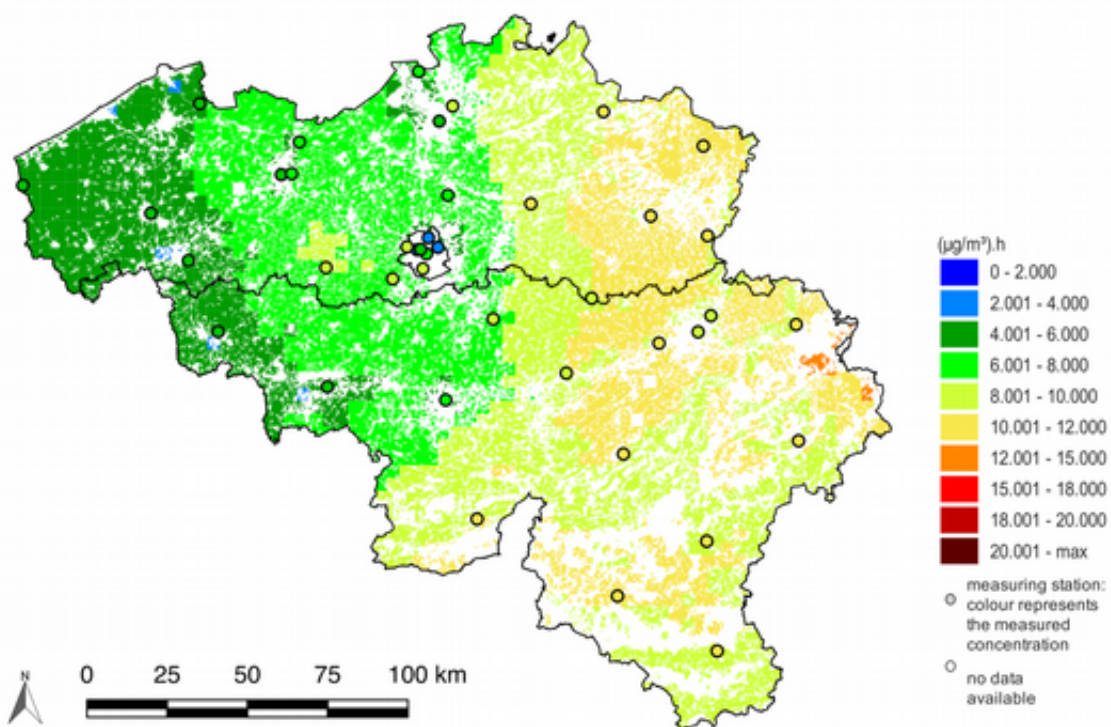
Figuur 1 en Figuur 1 tonen de ruimtelijke spreiding van de overlast voor de vegetatie, respectievelijk in 2015 en het 5-jaargemiddelde in de periode 2011-2015. Op de kaarten zijn enkel de gebieden met vegetatie (exclusief bossen) aangeduid. De ruimtelijke spreiding is soortgelijk aan die van de overlast voor de bevolking. De hoogste overlast op basis van het 5-jaargemiddelde (13 372 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).u), wordt aangetroffen in in het oosten van het land. De Europese streefwaarde van 18 000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).u gemiddeld over 5 jaar wordt overal in België gerespecteerd.



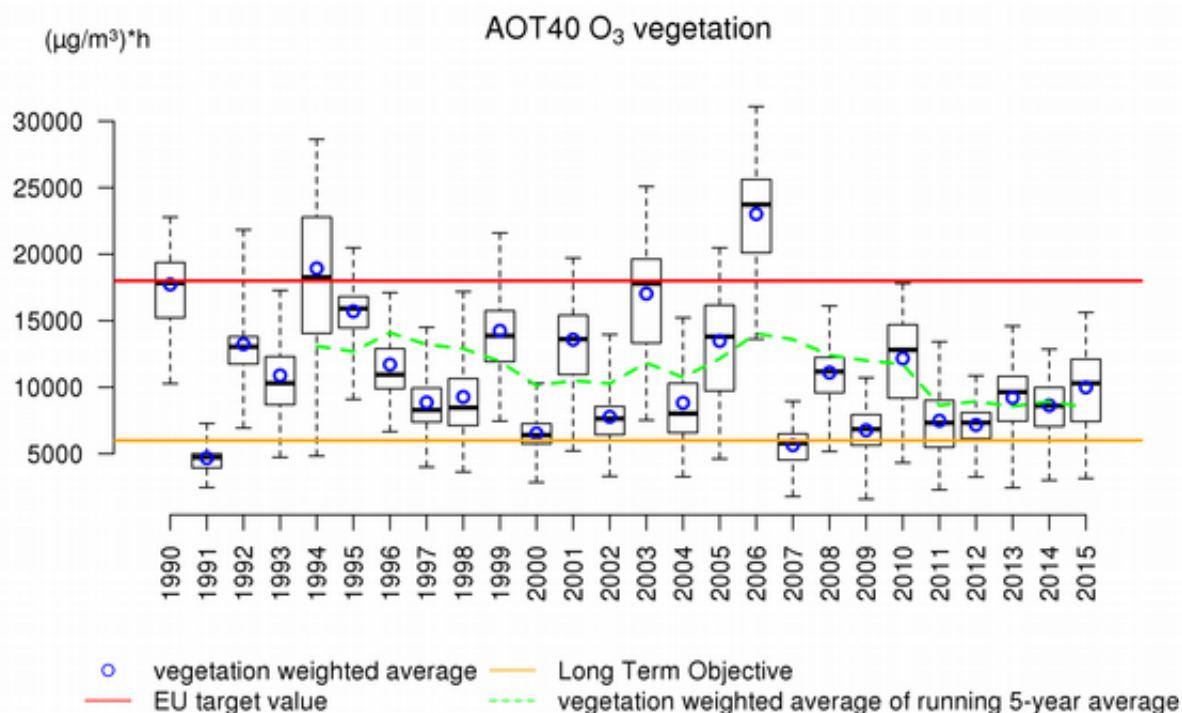
Figuur 1: Ruimtelijke spreiding van de overlast voor de vegetatie (AOT40 voor vegetatie) in 2015. ‘No data available’ betekent dat de data niet voldoen aan de criteria uit richtlijn 2008/50/EG annex VII voor het aggregeren van de meetgegevens. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

⁶De AOT40-vegetatie waarde per gridcel wordt gewogen met de fractie van de vegetatie aanwezig in die gridcel. Op die manier wordt meer gewicht gegeven in het gemiddelde aan gridcellen met meer vegetatie.

AOT40 vegetation (Belgium, 2011-2015)



Figuur 1: Ruimtelijke spreiding van de overlast voor de vegetatie (AOT40 voor vegetatie), 5-jaargemiddelde 2011-2015. 'No data available' betekent dat de data niet voldoen aan de criteria uit richtlijn 2008/50/EG annex VII voor het aggregeren van de meetgegevens. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.



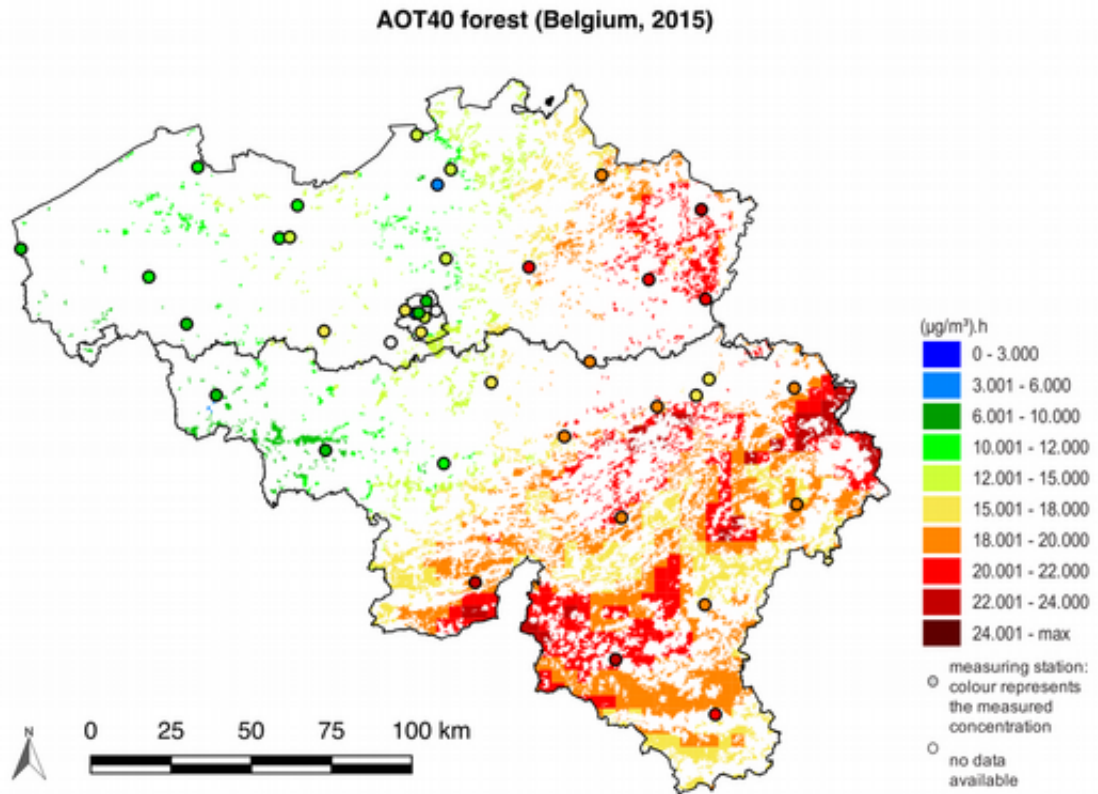
Figuur 1: Boxplots van de overlast voor de vegetatie (AOT40) in België (1990-2015). De vegetatiegewogen gemiddelden voor België worden weergegeven door de blauwe cirkels. De groene stippellijn geeft het vegetatiegewogen gemiddelde weer van de 5-jaargemiddelde AOT40. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

Figuur 1 toont de evolutie van de ozonoverlast voor de vegetatie in België sinds 1990. De jaren 1994 en 2006 springen meteen in het oog als ongunstige ozonjaren voor de vegetatie. De laatste 5 jaren zijn relatief gunstig waarbij de hoogste overlast in België niet boven de Europese streefwaarde van 18 000 (µg/m³).u uitkomt. De gemiddelde ozonoverlast voor de vegetatie in België, gemiddeld over 5 jaar, blijft altijd onder de Europese streefwaarde van 18 000 (µg/m³).u. De langetermijndoelstelling van 6000 (µg/m³).u wordt echter elk jaar ergens in België overschreden.

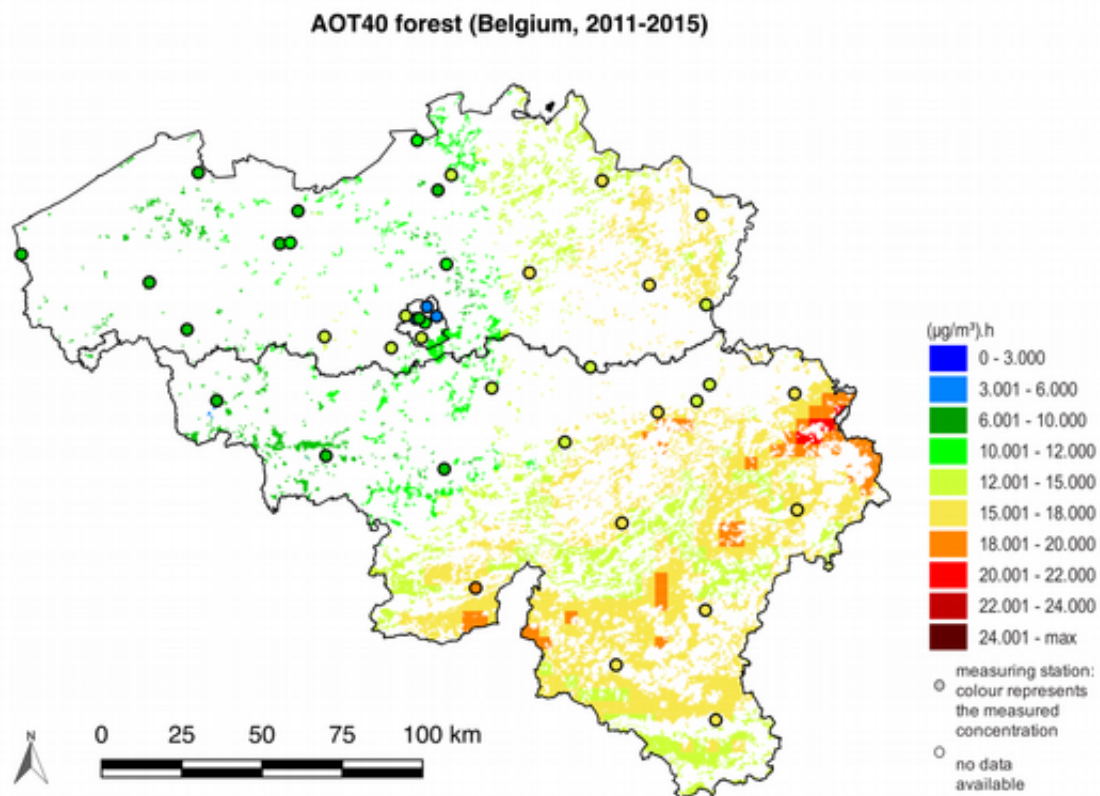
5.3.2 AOT40 voor bossen

De overlast voor de bossen wordt op dezelfde manier berekend als de overlast voor de vegetatie, met het verschil dat er een langere periode in rekening gebracht wordt, nl. van april tot september. Voor de overlast van de bossen zijn er in de laatste Luchtkwaliteitsrichtlijn geen doelstellingen opgenomen. In de voorafgaande Ozondochterrichtlijn werd wel een referentiewaarde van 20 000 (µg/m³).u vooropgesteld. Die referentiewaarde is strenger dan de streefwaarde van 18 000 (µg/m³).u ter bescherming van de vegetatie. In de laatste Mapping Manual van het UNECE werd ook een kritische waarde van 10 000 (µg/m³).u gehanteerd. Dat is een niveau waarboven directe ongunstige effecten kunnen worden vastgesteld.

De grootste overlast voor bossen was net zoals voor de andere ozonindicatoren te vinden in het oostelijke deel van het land (Figuur 1). Het maximum in 2015 bedroeg 24 618 (µg/m³).u. 30% van de Belgische bossen ondervond een overlast hoger dan de referentiewaarde van 20 000 (µg/m³).u. In 98% van de bosbestanden lag de ozonoverlast boven het kritische UNECE-niveau van 10 000 (µg/m³).u.



Figuur 1: Ruimtelijke spreiding van de ozonoverlast voor bossen (AOT40 voor bossen), 2015. ‘No data available’ betekent dat de data niet voldoen aan de criteria uit richtlijn 2008/50/EG annex VII voor het aggregeren van de meetgegevens. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

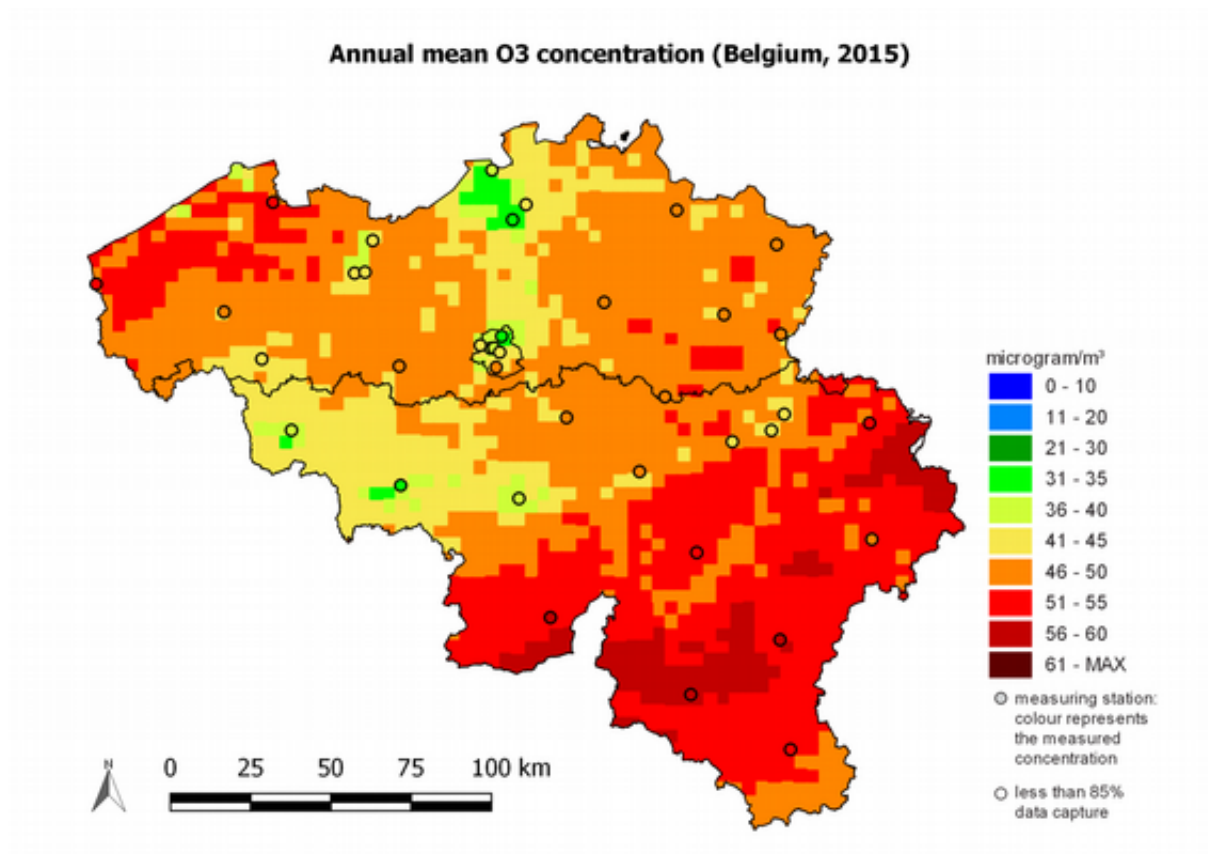


Figuur 1: Ruimtelijke spreiding van de ozonoverlast voor bossen (AOT40 voor bossen), 5-jaargemiddelde 2011 – 2015. ‘No data available’ betekent dat de data niet voldoen aan de criteria uit 2008/50/EG annex VII voor het aggregeren van de meetgegevens. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

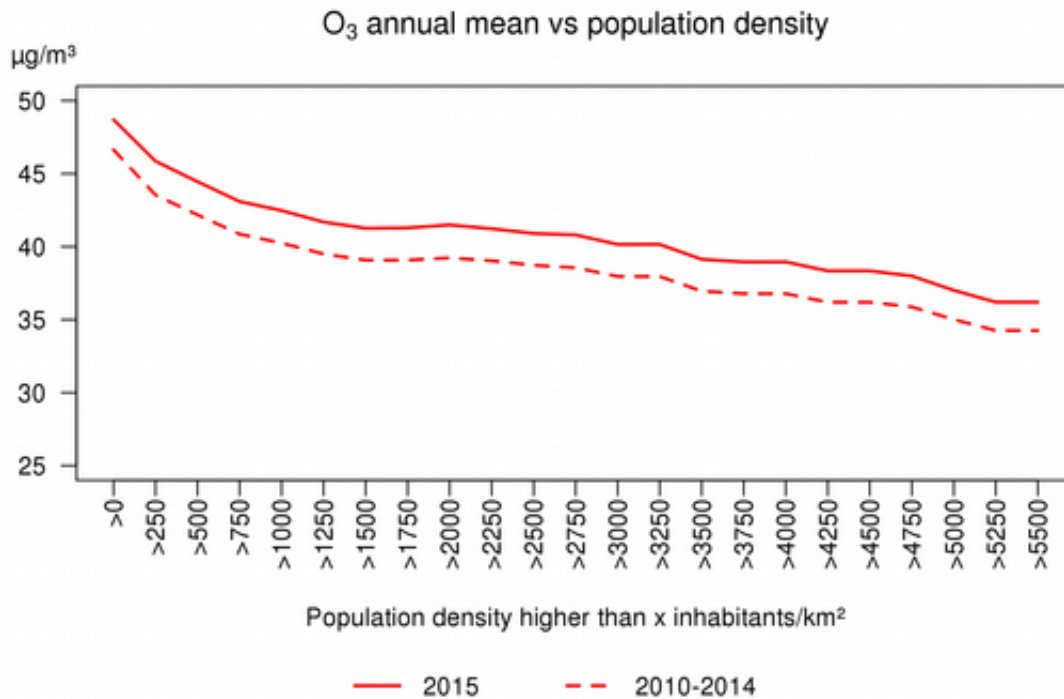
5.4 O₃-jaargemiddelde

De jaargemiddelde ozonconcentratie is een maat voor de achtergrondconcentratie in België. Figuur 1 toont de ruimtelijke spreiding van de jaargemiddelde ozonconcentraties in 2015. Voor de onzekerheid op de kaart verwijzen we naar Bijlage D. Het is duidelijk dat de ozonwaarden over het algemeen hoger liggen in het landelijke Wallonië dan in Vlaanderen en het stedelijke Brussel. Dat komt omdat er in de laatste twee regio's meer ozon wordt afgebroken door NO als gevolg van de hogere NO_x-uitstoot. Verder windafwaarts van de NO_x-emissies wordt dan weer minder ozon afgebroken. De relatie tussen de jaargemiddelde ozonconcentraties en de bevolkingsdichtheid is dus omgekeerd aan die voor PM of NO₂. In de gridcellen met de hoogste bevolkingsdichtheid zijn de jaargemiddelde ozonconcentraties het laagst. Een vergelijking tussen 2015 en de periode 2010-2014 levert een gelijkaardig verloop met iets hogere jaargemiddeldes voor 2015.

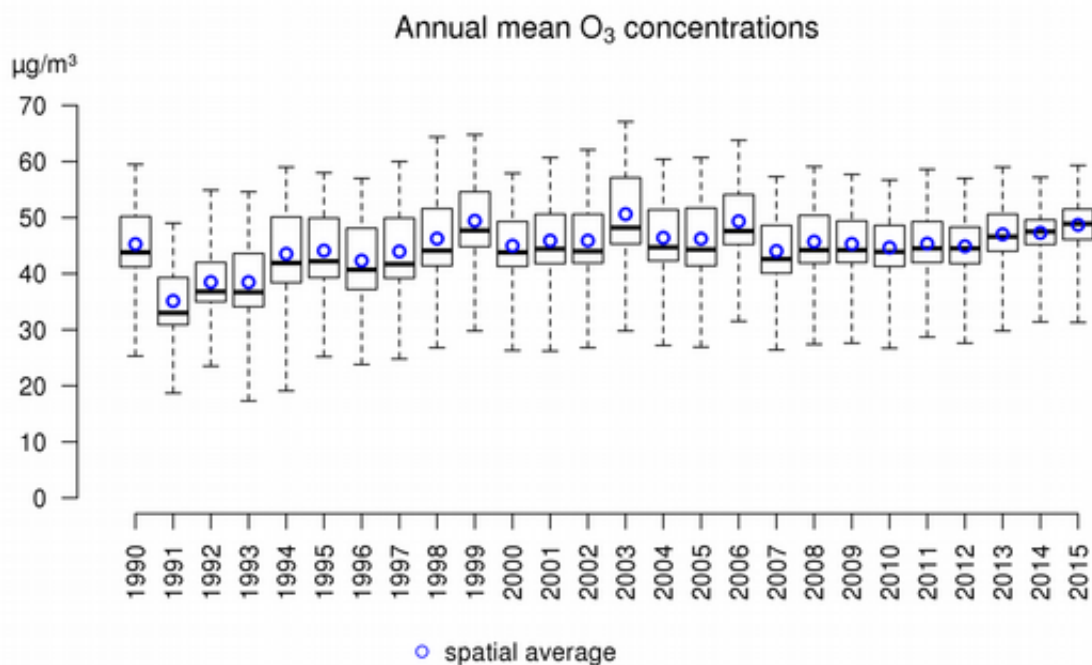
De jaargemiddelde concentraties voor Brussel, Vlaanderen en Wallonië in 2015 bedragen respectievelijk 40,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 47,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Het gemiddelde in België is 48,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. De bevolkingsgewogen jaargemiddelde ozonconcentratie in België ligt tussen het Vlaamse en het Brusselse gemiddelde en bedraagt 44,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figuur 1: Ruimtelijke spreiding van de O₃-jaargemiddelde concentraties in België, 2015. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

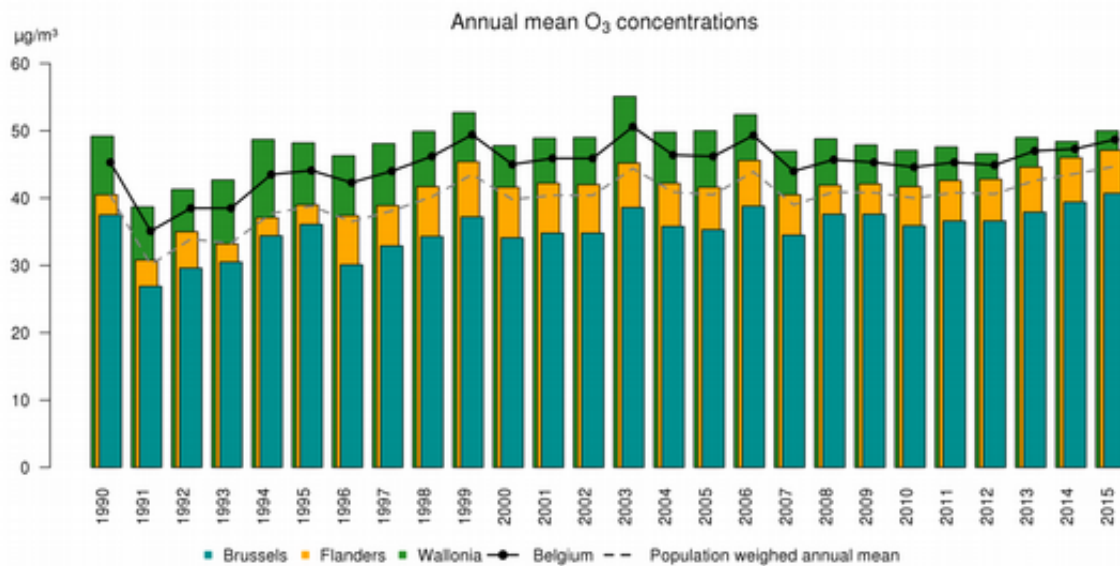


Figuur 40: Relatie tussen de geïnterpoleerde jaargemiddelde O₃-concentraties op basis van de RIO-interpolatietechniek en de bevolkingsdichtheid (inwoners/km²).



Figuur 1: Boxplot van jaargemiddelde O₃-concentraties over de periode 1990-2015. Het ruimtelijk gemiddelde wordt weergegeven door de blauwe cirkels. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

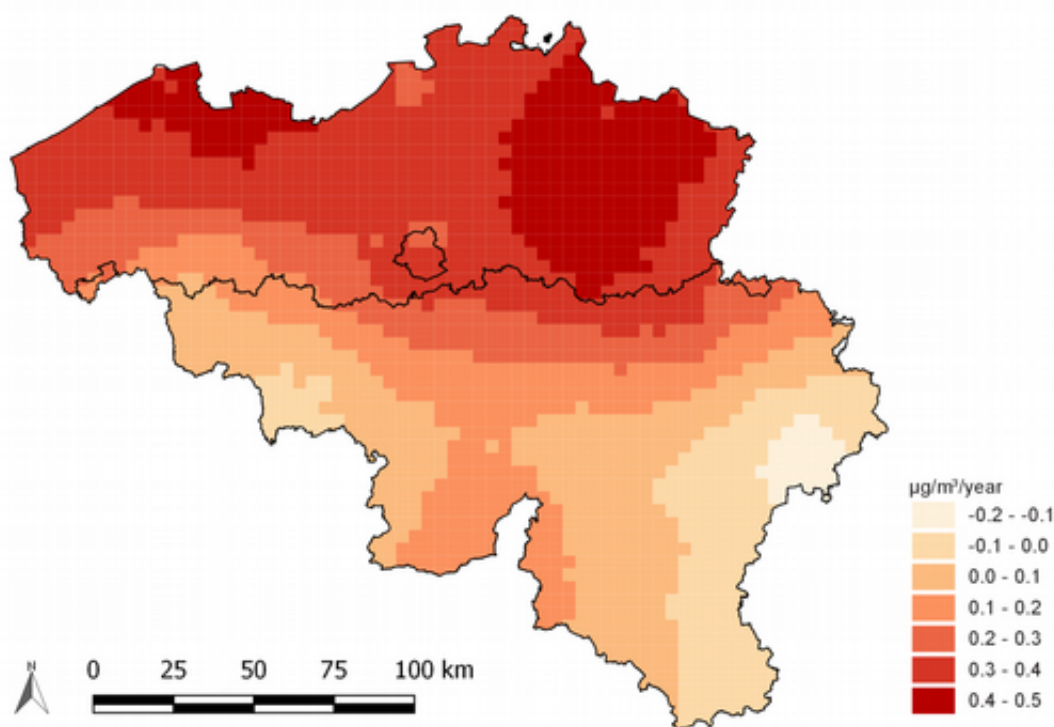
In Figuur 1 wordt de evolutie van de jaargemiddelden getoond voor België en de drie gewesten afzonderlijk. Tussen 1990 en 2000 is er een stijgende trend waarneembaar van de jaargemiddelde ozonconcentraties. Vanaf 2000 blijft het verloop eerder constant met waarden rond 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectievelijk in Brussel, Vlaanderen en Wallonië.



Figuur 1: Evolutie van de jaargemiddelde ozonconcentratie in België en de drie gewesten op basis van de RIO-interpolatietechniek.

De ruimtelijke spreiding van de stijging in het O_3 -jaargemiddelde over de periode 1990-2015 wordt weergegeven in Figuur 1. De hoogste stijgingen, tussen 0,2 en 0,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ /jaar doen zich voor in Vlaanderen.

Trend O₃ annual mean concentrations (Belgium, 1990-2015)

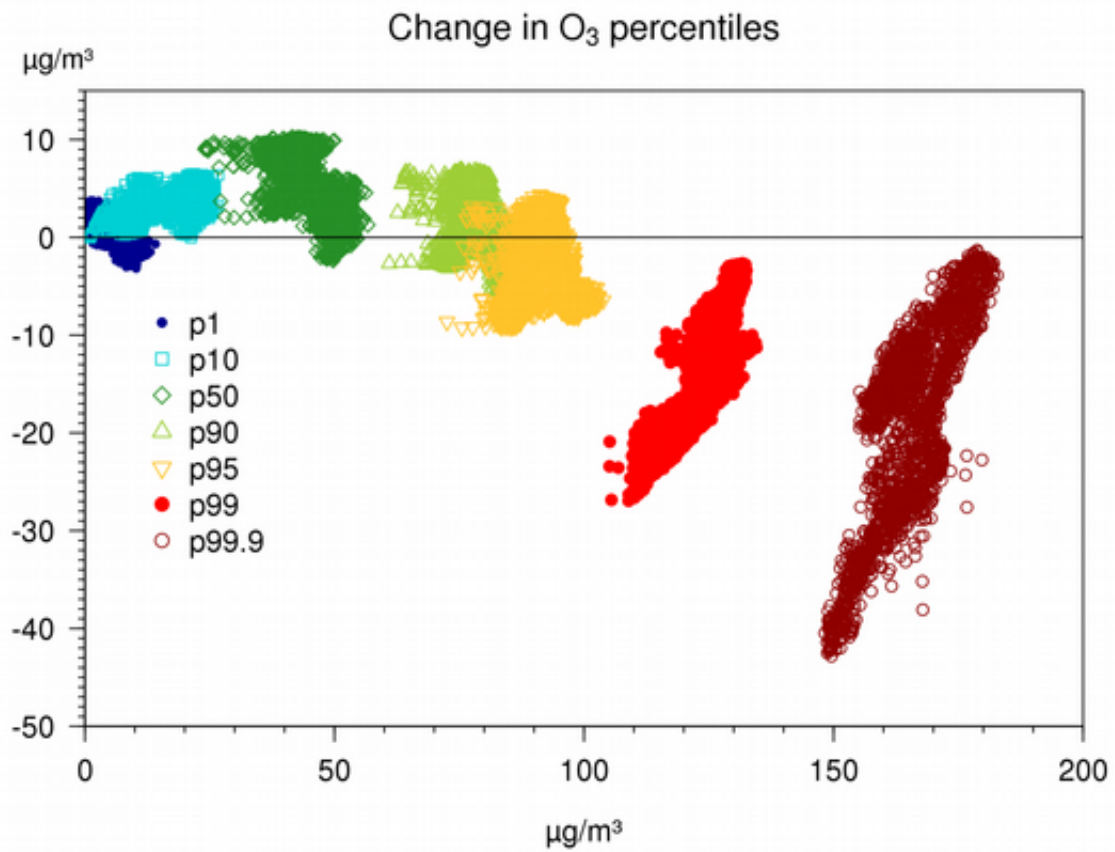


Figuur 1: Ruimtelijke trend in jaargemiddelde O₃-concentratie (µg/m³/jaar) over de periode 1990-2015. De data voor de trendanalyse werden gegenereerd op basis van de RIO-interpolatietechniek.

5.5 Evolutie in O₃-concentratieklassen

Om de langetermijntrend van de ozonconcentraties na te gaan, is het belangrijk een onderscheid te maken in de verschillende concentratieklassen of percentielwaarden. Concentratieklassen rond 40-50 µg/m³, die ongeveer overeenkomen met het 50^{ste} percentiel, zijn in België representatief voor de ozonachtergrondconcentratie. Piekkoncentraties van rond en boven 180 µg/m³ worden getoond door het 99,9^{ste} percentiel. De evolutie van beide percentielen kan heel verschillend zijn.

Om de langetermijntrend na te gaan, werd voor elke RIO-gridcel het 1^{ste}, 10^{de}, 50^{ste}, 90^{ste}, 95^{ste}, 99^{ste} en 99,9^{ste} percentiel berekend van alle uurgemiddelde ozonconcentraties voor de periodes 1990-1999 en 2006-2015. Vervolgens werd het verschil in de percentielen tussen die twee periodes berekend. Figuur 1 toont die verandering in functie van de percentielen in de periode 2006-2015. Daaruit blijkt duidelijk dat de ozonachtergrondconcentraties, weergegeven door het 50^{ste} en 90^{ste} percentiel, lichtjes gestegen zijn in de periode 2006-2015 t.o.v. de periode 1990-1999, met een maximum van 10 µg/m³. De hogere ozonconcentraties echter, weergegeven door het 99^{ste} en 99,9^{ste} percentiel, zijn op heel wat plaatsen gedaald, tot zelfs -40 µg/m³. De trend, een stijging van de lagere percentielen en een daling van de hogere, is vergelijkbaar met de geobserveerde trends in het netwerk van het Europese Monitorings- en Evaluatieprogramma (EMEP; Torseth et al., 2012).



Figuur 1: Verandering in O₃-percentielen tussen de periode 1990-1999 en 2006-2015 in functie van de percentielwaarden in de periode 2006-2015 voor alle RIO-gridcellen. De data (uurgemiddelde ozonconcentraties) werden gegenereerd op basis van de RIO-interpolatietechniek. De verschillende kleuren geven de verschillende percentielwaarden aan.

6 Zwaveldioxide

Zwaveldioxide (SO₂) is een kleurloos gas met een karakteristieke irriterende geur en smaak bij hoge concentraties (vanaf 1000 µg/m³). SO₂ wordt voornamelijk in de lucht uitgestoten bij de verbranding van zwavelhoudende fossiele brandstoffen zoals steenkool en aardolie. De belangrijkste bronnen van SO₂ zijn de industrie en raffinaderijen, gevolgd door gebouwenverwarming en verkeer. Een natuurlijke bron van SO₂ zijn vulkaanuitbarstingen.

SO₂ is schadelijk voor mens, dier en plant. Inademing van SO₂-concentraties kan al bij lage concentraties irritatie van de luchtwegen veroorzaken. Kortdurende blootstelling aan hoge concentraties leidt tot een verminderde longfunctie en ademhalingsproblemen, vooral bij astmapatiënten en mensen met longaandoeningen.

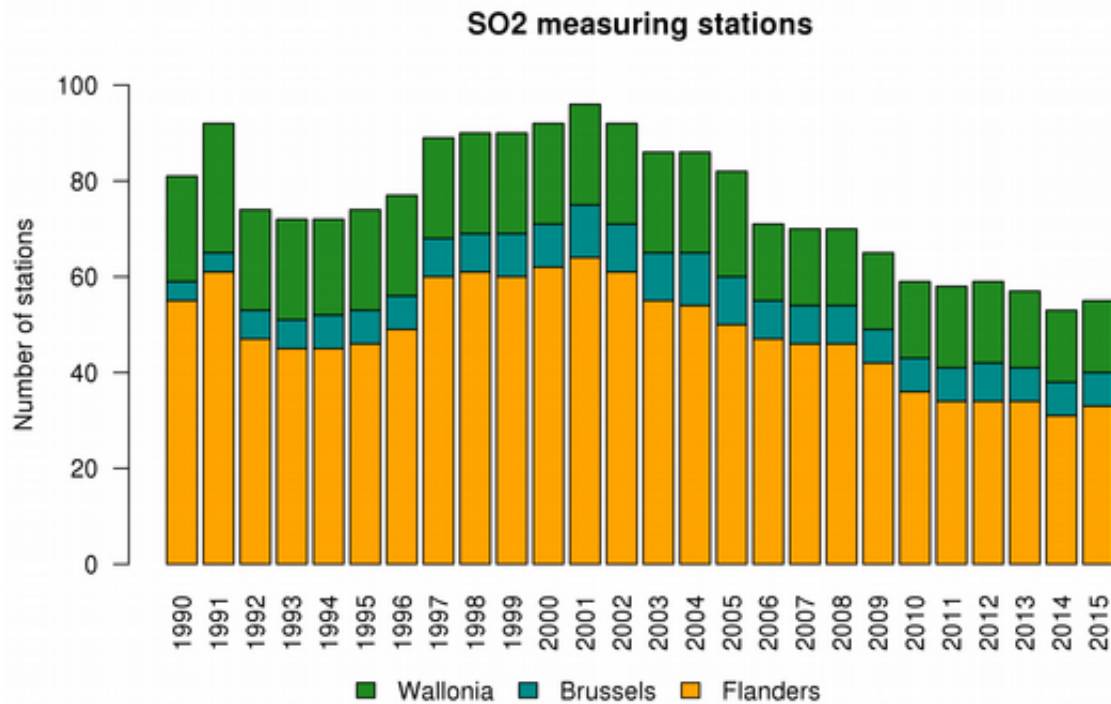
SO₂ is zeer wateroplosbaar en daarbij wordt er gemakkelijk zwavelzuur (H₂SO₄) gevormd. Droge of natte depositie van dat zwavelzuur veroorzaakt verzuring van de bodem en het water, met aantastingen van de ecosystemen als gevolg (MIRA, 2006). Daarnaast zorgt SO₂ in belangrijke mate voor de versnelde verwerking van historische gebouwen (en steen in het algemeen) en voor metaalcorrosie.

SO₂ is tevens een voorloper voor de vorming van aerosolen. Door chemische reacties in de atmosfeer is SO₂ verantwoordelijk voor de vorming van sulfaationen (SO₄²⁻), een component van secundair fijn stof.

SO₂ kan over grote afstanden worden getransporteerd en zo ook in meer afgelegen gebieden schade veroorzaken.

6.1 SO₂-meetstations

Figuur 1 toont de evolutie van het aantal meetstations waar SO₂ gemeten wordt en die getoond worden op de RIO-interpolatiekaarten in dit rapport. Ze omvat zowel de telemetrische stations als de stations die gebruikt worden in specifieke studies en stations die beheerd worden door de elektriciteitsproducenten en de Belgische Petroleumfederatie in samenwerking met de gewestelijke milieuadministraties. Het aantal SO₂-meetstations is gedaald van 81 in 1990 tot 53 in 2014 en bedraagt 55 in 2015. In de jaren dat er minder meetstations zijn, hebben de geïnterpoleerde waarden een grotere onzekerheid.



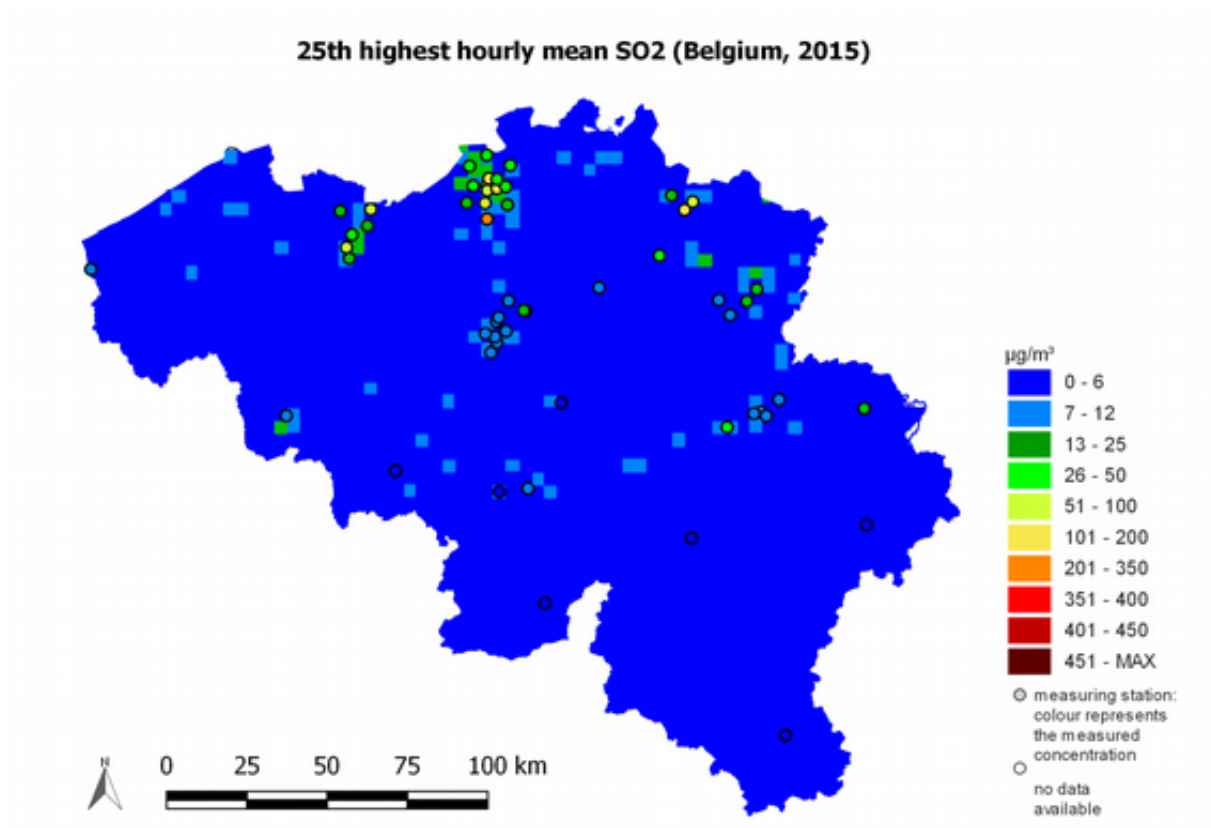
Figuur 1: Evolutie van het aantal SO₂-meetstations in België.

6.2 SO₂-uurgemiddelden

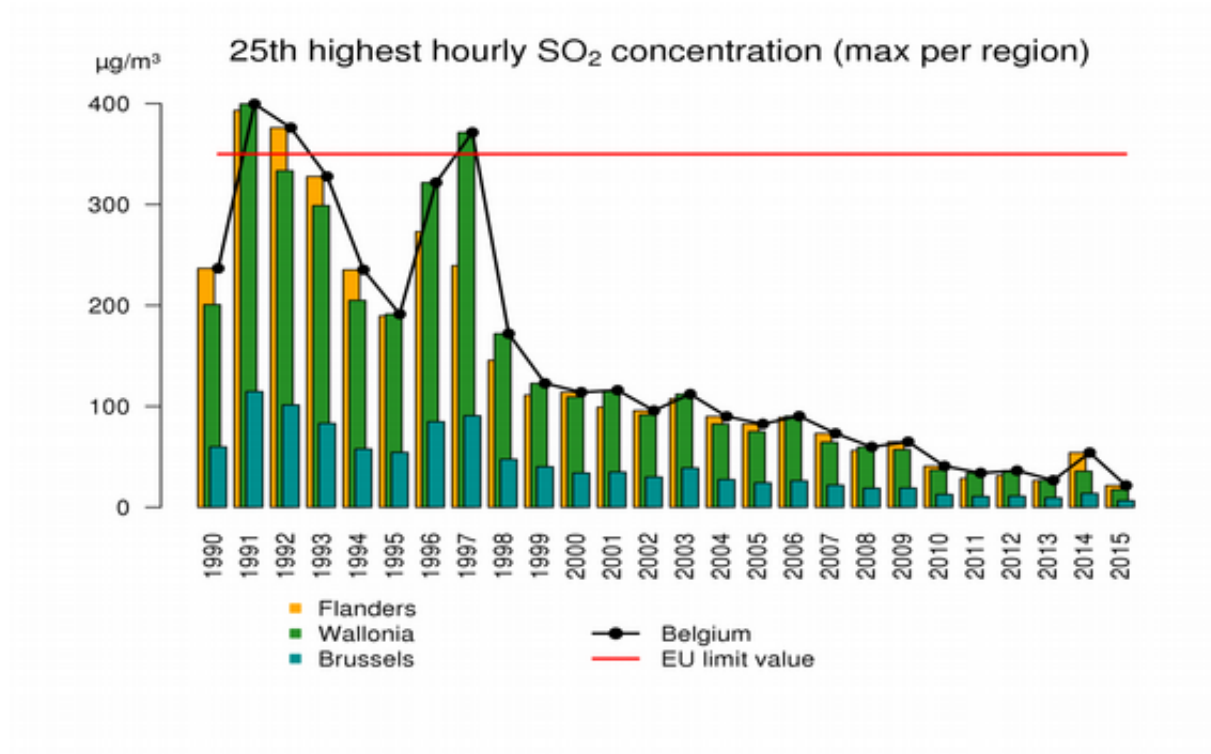
De Europese Luchtkwaliteitsrichtlijn legt een grenswaarde van 350 µg/m³ op voor de uurgemiddelde SO₂-concentratie. Die uurgrenswaarde mag niet vaker dan 24 keer per jaar worden overschreden.

De SO₂-vervuiling vertoont een uiterst lokaal karakter, met grote ruimtelijke variaties en is zeer brongericht. Door de resolutie van de RIO-interpolatiemethode zijn lokale overschrijdingen niet noodzakelijk zichtbaar. In ieder geval wordt in België de uurgrenswaarde ruimschoots gerespecteerd (Figuur 1, Figuur 1, Figuur 1). De hoogste waarden komen voor in de buurt van SO₂-bronnen (in industriële gebieden). Het maximum van de 25^e hoogste uurwaarde in België in 2015, representatief voor een gebied van 4x4 km², bedraagt 21,6 µg/m³, wat ruim onder de Europese grenswaarde van 350 µg/m³ ligt.

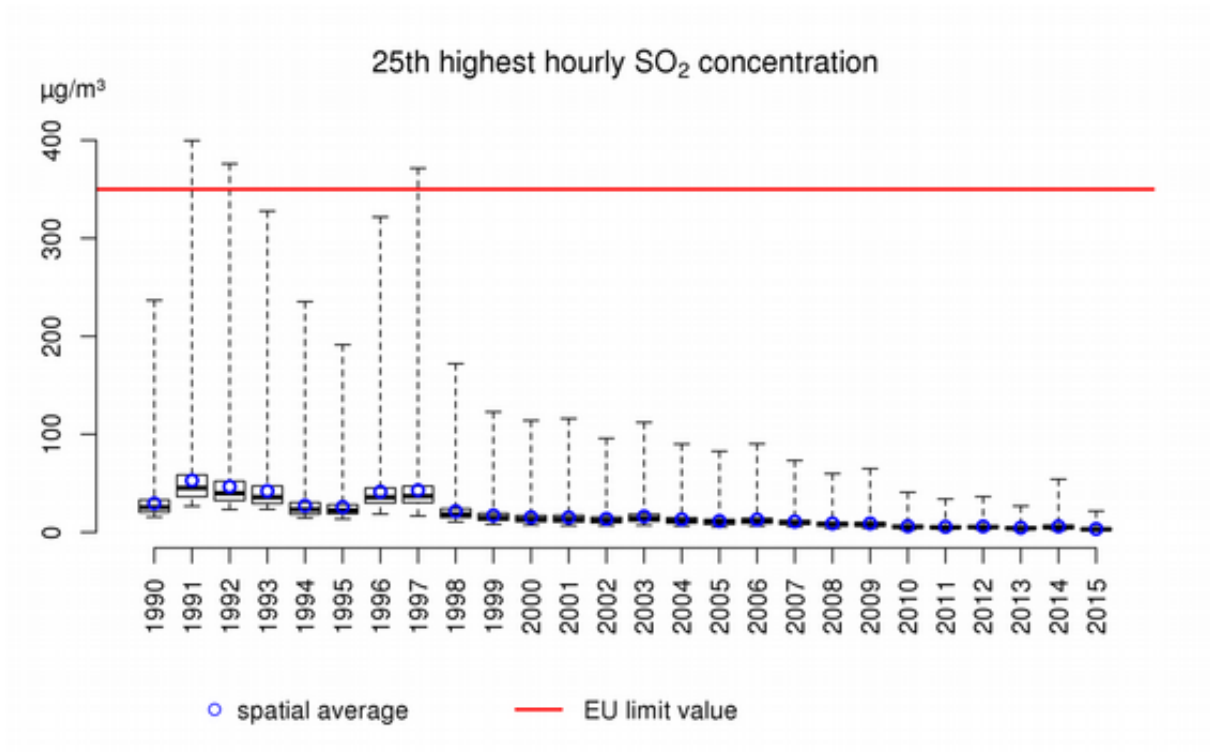
De evolutiegrafiek van de 25^e hoogste uurgemiddelde concentratie geeft duidelijk een dalende trend weer. Sinds 1997 zijn de SO₂-piekconcentraties systematisch en fors gedaald. Na een lichte stijging in 2014, zijn de concentraties in 2015 weer gedaald tot op het niveau van 2013.



Figuur 1: 25e hoogste uurgemiddelde SO₂-concentratie in 2015. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.



Figuur 1: Evolutie van de maximale 25e hoogste uurgemiddelde SO₂-concentratie per gewest en voor België op basis van de RIO-interpolatietechniek.

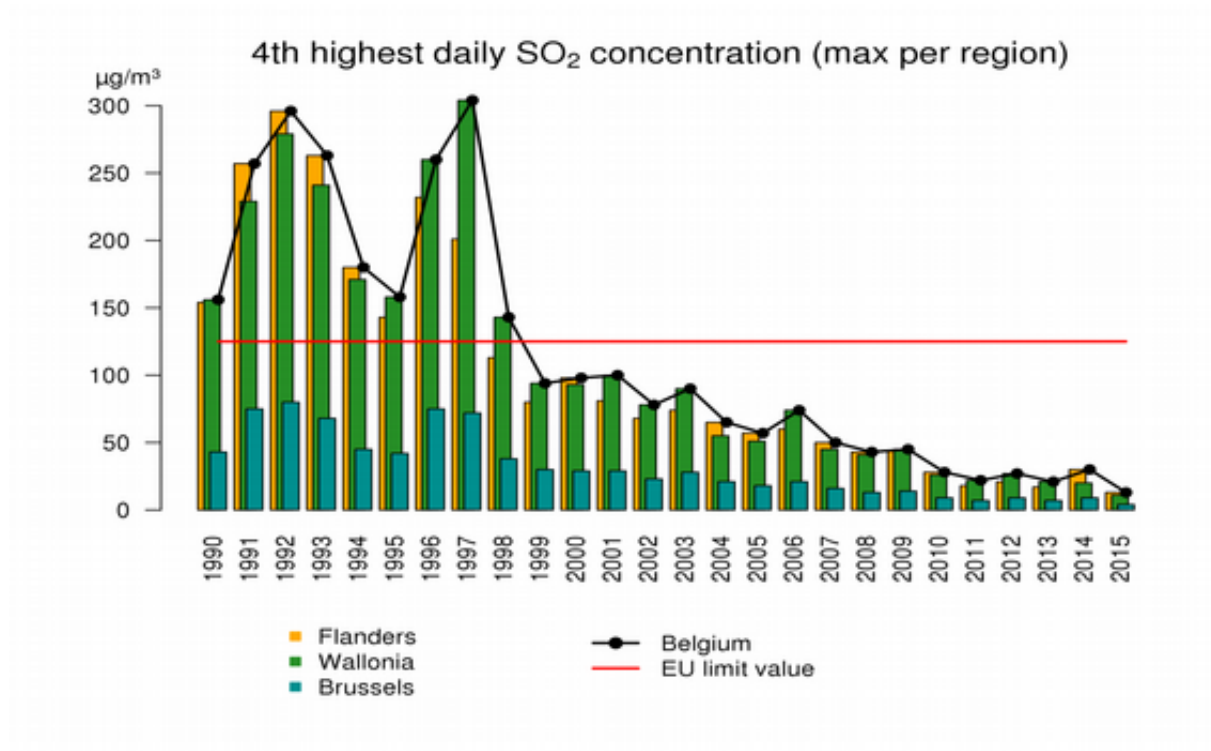


Figuur 1: Boxplot van de 25e hoogste uurgemiddelde SO₂-concentratie over de periode 1990-2015 in België op basis van de RIO-interpolatietechniek.

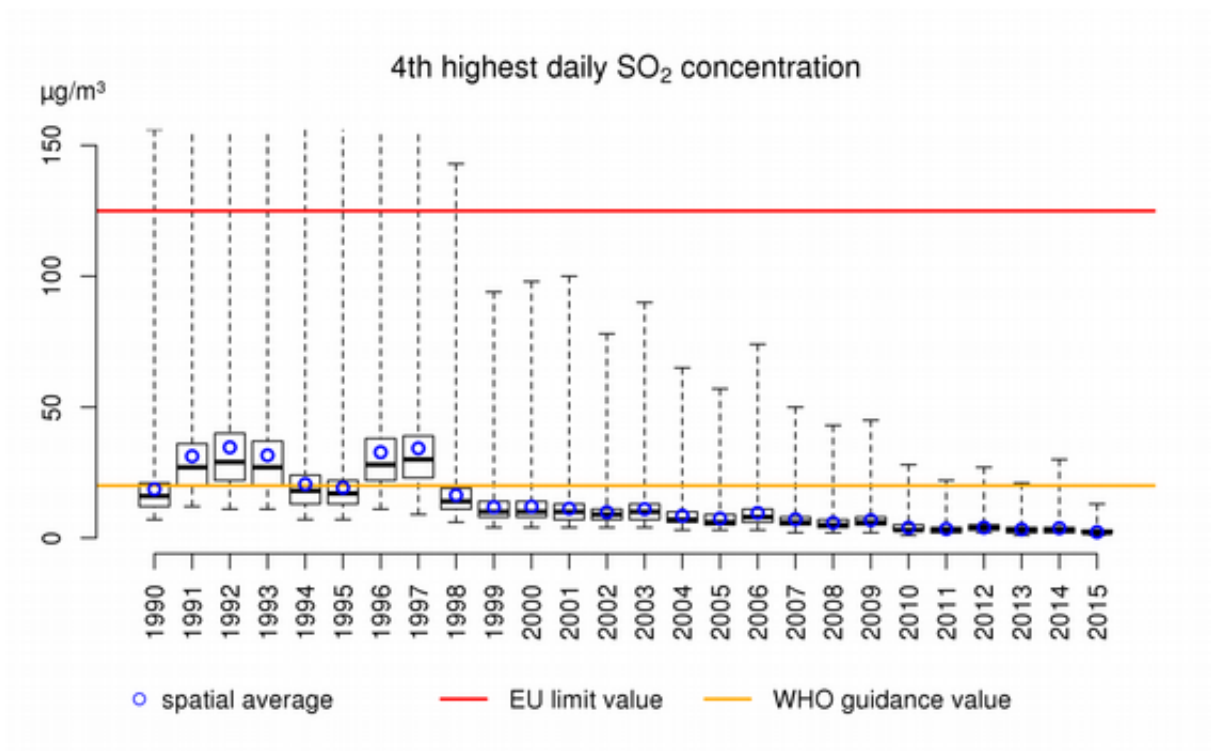
6.3 SO₂-daggemiddelden

Voor de bescherming van de bevolking tegen de kortetermijneffecten van SO₂ wordt door de Europese richtlijn ook een grenswaarde voor de daggemiddelde SO₂-concentratie opgelegd. Die daggrenswaarde van 125 µg/m³ mag maximaal driemaal per jaar worden overschreden. De WGO-advieswaarde is sinds 2006 verstrengd tot 20 µg/m³. De EU-grenswaarde wordt overal ruimschoots gerespecteerd. De WGO-advieswaarde werd wel soms nog in industriële zones overschreden gedurende de laatste jaren, maar dit was niet meer het geval in 2015.

Net zoals voor de SO₂-uurgemiddelden, vertoont ook de evolutie van de 4^e hoogste daggemiddelden een continu dalende trend (Figuur 1 en Figuur 41Error: Reference source not found) tot 2015, met uitzondering van het jaar 2014, wanneer er een lichte stijging werd waargenomen.



Figuur 1: Evolutie van de maximale 4e hoogste daggemiddelde SO₂-concentratie per gewest en in België op basis van de RIO-interpolatietechniek



Figuur 41: Boxplot van de 4e hoogste daggemiddelde SO₂-concentratie over de periode 1990-2015 in België op basis van de RIO-interpolatietechniek

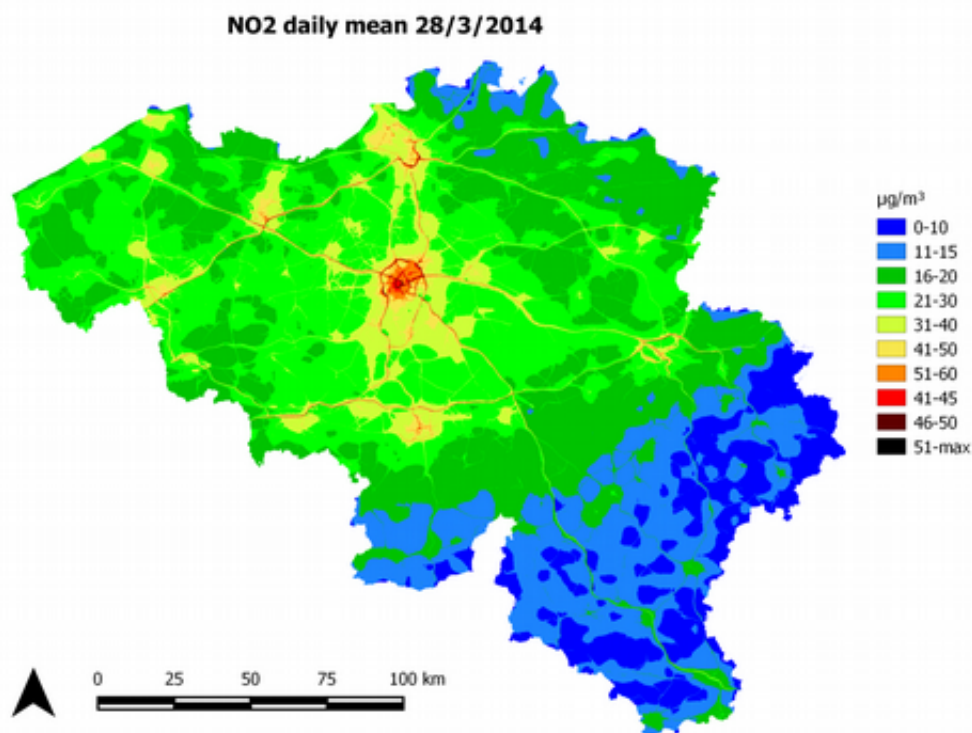
6.4 SO₂-jaargemiddelden

Ter bescherming van de vegetatie en natuurlijke ecosystemen wordt in de Europese richtlijn ook een kritiek niveau opgelegd van 20 µg/m³ als jaargemiddelde concentratie en een gemiddelde over het winterseizoen. Die grenswaarde moet worden gehaald op meetstations die representatief zijn voor een gebied van minimaal 1000 km², en gelegen zijn op ten minste 20 km van een agglomeratie en op ten minste 5 km van een drukke weg, bebouwing, industrie, ... Omdat België geen locaties heeft die aan die criteria voldoen, is die grenswaarde niet van toepassing.

Toekomstperspectief: aanvulling op de RIO-interpolatietechniek

Om de ruimtelijke resolutie te verhogen, heeft IRCEL in het kader van het EU project Atmosys gewerkt aan de installatie van het RIO-IFDM-model (Lefebvre et al., 2013; <http://atmosys.eu/atmosys/faces/services-annual-maps.jsp>), een combinatie van de huidige RIO-interpolatietechniek met het IFDM-model. IFDM is een ‘bigaussiaans’ pluimmodel dat vertrekt van emissiebronnen en aan de hand van meteorologische parameters de verspreiding van de emissies modelleert in open en vlakke omgevingen (IFDM houdt geen rekening met geografisch reliëf of nabije hoge gebouwen). Met het IFDM-model worden de emissies van alle belangrijke snel- en gewestwegen, en industriële puntbronnen gebruikt om concentraties met een veel hogere resolutie (tot 10 x10 m²) te berekenen. Merk op dat deze resolutie overeenstemt met de maximale resolutie van het onderliggende rooster, op basis waarvan het model de concentraties berekend. In de praktijk ligt de resolutie van het model eerder in de grootteorde van honderd meter tot een kilometer. De emissies die niet worden meegenomen in het IFDM-model (bv. van landbouw, huishoudens,...) worden wel in rekening gebracht via de koppeling met RIO, dat als achtergrond wordt gebruikt. Een voorbeeld van een RIO-IFDM-kaart van België voor de daggemiddelde NO₂-concentraties op 28 maart 2014 is te zien in Figuur 1.

Dergelijke modellen zullen in de toekomst toelaten om ook de luchtkwaliteit en de blootstelling van de bevolking op te volgen met een hogere ruimtelijke nauwkeurigheid.



Figuur 1: RIO-IFDM-kaart van België voor de daggemiddelde NO₂-concentraties op 28 maart 2014

Besluit

Dit jaarrapport geeft een overzicht van de luchtkwaliteit in België in het jaar 2015, met speciale aandacht voor de ruimtelijke verdeling van de concentraties van de vier belangrijkste polluenten (PM, NO₂, O₃ en SO₂), en ook een bespreking van de evolutie van de verschillende indicatoren doorheen de tijd. Voor alle indicatoren geldt dat ze afnemen sinds het begin van de metingen. Zoals blijkt uit Tabel 1 en 2 in de samenvatting, liggen het minimum, gemiddelde en maximum van bijna alle indicatoren in 2015 lager of in de buurt van de gemiddelde waarden van de voorbij 10 jaar. 2015 was een gunstig jaar voor de luchtkwaliteit in vergelijking met de voorbije 10 jaar.

Desondanks wordt in België nog steeds een overschrijding van de Europese grenswaarde vastgesteld voor het aantal dagen met een hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentratie > 120 µg/m³ (en het geaccumuleerde overschot of AOT60), hetzij de langetermijndoelstelling ter bescherming van de volksgezondheid voor ozon, en voor de ozon AOT40 voor vegetatie en bossen. Wanneer we vergelijken met de strengere en gezondheidsgerelateerde WGO-advieswaarden, blijkt dat er nog voor praktisch alle polluenten, behalve voor NO₂ en SO₂ (en bijbehorende indicatoren), overschrijdingen zijn.

Uit dit jaarrapport kan dus worden geconcludeerd dat de luchtkwaliteit in België de laatste decennia significant verbeterd is, maar dat nog altijd een deel van de Belgische bevolking blootgesteld wordt aan te hoge concentraties van luchtpolluenten met een gezondheidsimpact. Het is in die zin zeker van belang te benadrukken dat de resultaten vermeld in dit rapport gebaseerd zijn op berekeningen met de RIO-interpolatietechniek, met een ruimtelijke resolutie van 4x4 km². Daardoor zijn de resultaten in dit rapport dan ook representatief voor gebieden met een oppervlakte van 4x4 km². In de nabijheid van belangrijke emissiebronnen (verkeerswegen, industriezones, ...) kunnen de concentraties hoger zijn. Lokale gevalstudies moeten worden uitgevoerd teneinde de meer specifieke effecten te onderscheiden, maar dat valt buiten het kader van dit rapport, dat tot doel heeft een overzicht van de problematiek te geven en de luchtkwaliteit in kaart te brengen.

Referenties

- Amann M., Bertok I., Cabala R., Cofala J., Heyes C., Gyarmas F., Klimont Z., Schöpp W. & Wagner F. (2005) A final set of scenarios for the Clean Air For Europe (CAFE) programme. Studie in opdracht van de Europese Commissie. Final Report, International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Austria.
- Brunekreef B. & Forsberg B. (2005) Epidemiological evidence of effects of coarse airborne particles on health. *European Respiratory Journal* 26: 309-318.
- Buekers J., Torfs R., Deutsch F., Lefebvre W. & Bossuyt M. (2012) Inschatting ziektelast en externe kosten veroorzaakt door verschillende milieufactoren in Vlaanderen, studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA, MIRA/2012/06, VITO, 2012/MRG/R/187.
- David C. & Ropkins K. (2012) Openair: Open-source tools for the analysis of air pollution data. R package version 0.6-0.
- EU (1996) Directive 96/62/EC on ambient air quality assessment and management.
- EU (2001) Directive 2001/81/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2001 on national emission ceilings for certain atmospheric pollutants.
- EU (2008) Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe.
- EU (2011) Uitvoeringsbesluit 2011/850/EU van de commissie houdende uitvoeringsbepalingen van Richtlijnen 2004/107/EG en 2008/50/EG van het Europees Parlement en de Raad met betrekking tot de onderlinge uitwisseling van informatie en de verslaglegging over de luchtkwaliteit.
- Grice S., Stedman J., Kent A., Hobson M., Norris J., Abott J. & Cooke S. (2009) Recent trends and projections of primary NO₂ emissions in Europe. *Atmospheric Environment* 43: 2154-2167.
- Hooyberghs J., Mensink C., Dumont G. & Fierens F. (2006) Spatial interpolation of ambient ozone concentrations from sparse monitoring points in Belgium. *Journal of Environmental Monitoring* 8: 1129-1135.
- Janssen S., Dumont G., Fierens F. & Mensink C (2008) Spatial interpolation of air pollution measurements using CORINE land cover data. *Atmospheric Environment* 42: 4884-4903.
- Jerret M., Burnett R.T., Pope A., Ito K., Thurston G, Krewski D, Shi Y., Calle E. & Thun M. (2009) Long-term ozone exposure and mortality. *New England Journal of Medicine* 360-11: 1085-1095.
- Lefebvre W., Degrawe G., Beckx C., Vanhuelel M., Kochan B., Bellemans T., Janssens D., Wets G., Janssen S., de Vlioger I., Int Panis L. & Dhondt S. (2013) Presentation and evaluation of an integrated model chain to respond to traffic and health –related policy questions. *Environmental Modelling and Software* 40: 160-170.
- LNE (2012) Luchtkwaliteitsplan in het kader van de uitstelaanvraag voor de normen van NO₂, Joke Schauvliege, Vlaams minister van Leefmilieu, Natuur en Cultuur, <http://www.lne.be/themas/luchtverontreiniging/bijlage1-luchtkwaliteitsplan-v5.pdf>
- LNE (Euronormen voor voertuigen), <http://www.lne.be/themas/milieu-en-mobiliteit/milieuvriendelijke-voertuigen/ecoscore-en-euronormen/euronormen-voor-voertuigen>

- MIRA (2006) Milieu Vlaanderen, Achtergronddocument 2006 Verzuring, Van Avermaet P., Van Hooste H. & Overloop S.. Vlaamse Milieumaatschappij, <http://www.milieurapport.be>
- MIRA (2011) Milieurapport Vlaanderen, Achtergronddocument 2011 Vermesting. Overloop S., Bossuyt M., Claeys D., D'hooghe J., Elsen A., Eppinger R. & Wustenberghs H., Vlaamse Milieumaatschappij, www.milieurapport.be
- Quantum GIS Development Team (2012) Quantum GIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>
- R Core Team (2012) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>
- Sen P.K. (1986) Estimates of regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association* 63 (324).
- Theil H. (1950) A rank invariant method of linear and polynomial regression analysis. *Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie Wetenschappen, Series A- Mathematical Sciences* 53: 386-392, 521-525, 1397-1412.
- Torseth K., Aas W., Breivik K., Fjaeraa A.M., Fiebig M., Hjellbrekke A.G., Lund Myhre C., Solberg S. & Yttri K.E. (2012) Introduction to the European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP) and observed atmospheric composition change during 1972-2009. *Atmospheric Chemistry and Physics* 12, 5447-5481.
- VMM (2009) Chemkar PM₁₀: Chemische karakterisatie van fijn stof in Vlaanderen, 2006-2007
- VMM (2010) Chemkar PM₁₀ 'hotspots': Chemische karakterisatie van fijn stof in Vlaanderen, 2008-2009
- WHO (2006) *Air quality guidelines — global update 2005*, World Health Organization Regional Office for Europe, Copenhagen.
- WHO (2012), http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2012/pdfs/pr213_E.pdf
- WHO (2013), Review of evidence on health aspects of air pollution (REVIHAAP): <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2013/review-of-evidence-on-health-aspects-of-air-pollution-revihaap-project-final-technical-report>

Bijlage A: Meetstations

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de meetstations waarvan de metingen te zien zijn op de geografische kaarten in dit rapport. De vetgedrukte kruisjes geven per pollutant aan welke stations gebruikt zijn in de berekeningen met de RIO-interpolatietechniek.

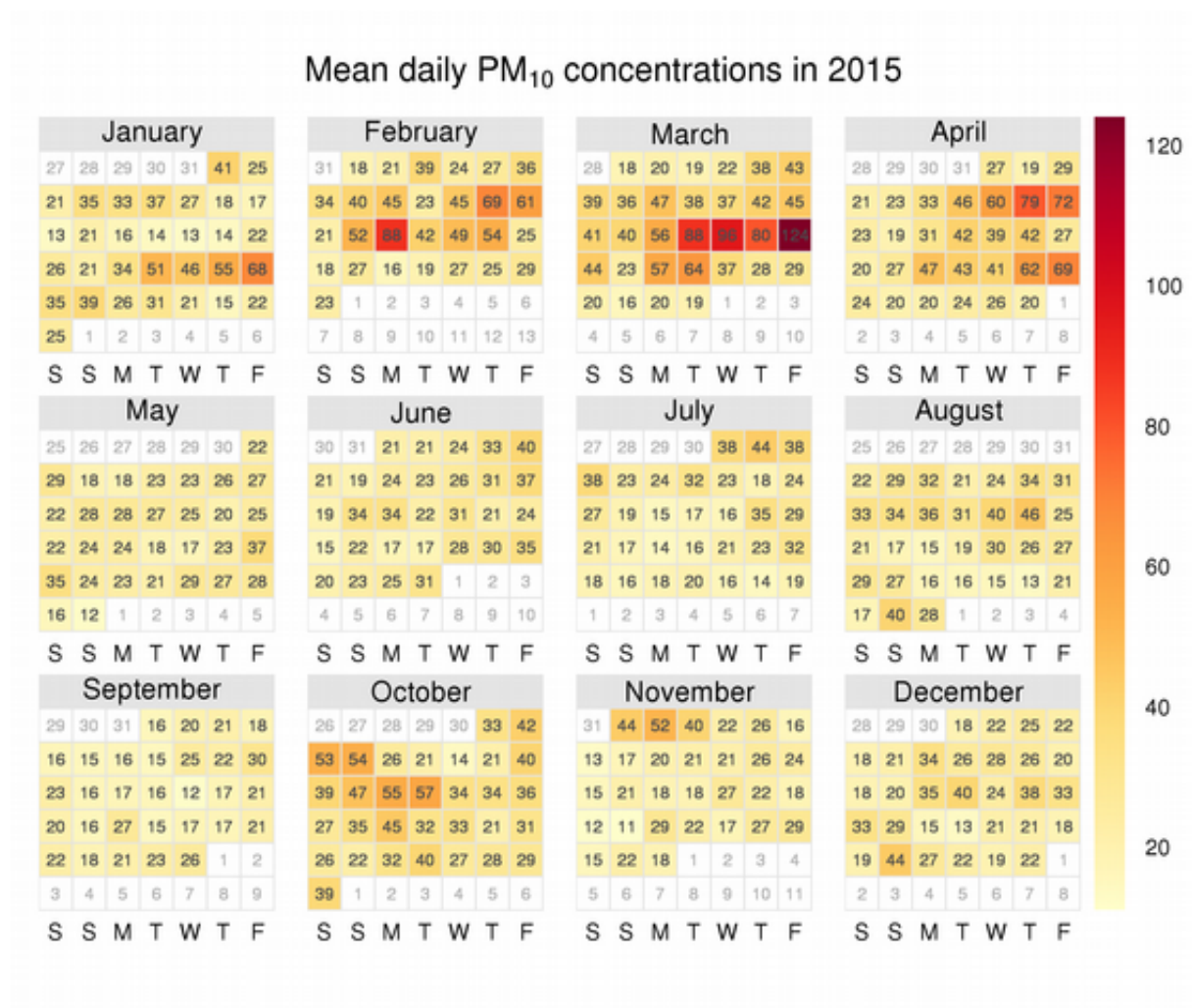
Stations- code	Locatie	PM ₁₀	PM _{2,5}	O ₃	NO ₂	BC	SO ₂
40AB01	ANTWERPEN (BOUDEWIJNSLUIS)	X	X			X	
40AB02	BERENDRECHT	X	X				
40AL01	ANTWERPEN- LINKEROEVER	X	X		X	X	
40AL02	DOEL (ENGELSESTEENWEG)	X					
40AL03	BEVEREN		X				
40AL04	BEVEREN		X				
40AL05	KALLO (SLUIS KALLO)	X					
40BE06	BEERSE						
40GK06	DIEPENBEEK	X	X				
40GK09	GENK				X		X
40HB23	HOBOKEN	X	X		X		X
40LD01	LAAKDAL-GEEL				X		
40LD02	LAAKDAL - GEEL				X		
40LM05	LOMMEL						X
40MN01	MENEN	X	X				
40OB01	OOSTROZEBEKE	X	X				
40OB02	WIELSBEKE	X	X				
40R833	STABROEK				X		
40RL01	ROESELARE (BRUGSESTEENWEG)	X	X				
40SA04	HOEVENEN	X	X		X	X	
40SZ01	STEENOKKERZEEL	X	X		X	X	X
40SZ02	STEENOKKERZEEL	X	X		X	X	X
40TS21	TESSENDERLO						X
40WZ02	MOL (WEZEL)						X
41B004	BRUSSEL (SINT- KATELIJNE)			X	X		
41B005	BRUSSEL						
41B006	BRUSSEL (EU- PARLEMENT)			X	X		
41B008	BRUSSEL (BELLIARD)				X		X

41B011	SINT-AGATHA-BERCHEM	X	X	X	X		
41MEU1	SINT-LAMBRECHTS- WOLUWE	X	X		X		X
41N043	HAREN	X	X	X	X	X	X
41R001	SINT-JANS-MOLENBEEK	X	X	X	X	X	X
41R002	ELSENE				X	X	X
41R012	UKKEL	X	X	X	X	X	X
41WOL1	SINT-LAMBRECHTS- WOLUWE	X		X	X	X	X
42M802	ANTWERPEN LUCHTBAL	X	X		X	X	X
42N016	DESSEL	X	X	X	X	X	X
42N027	BREE			X	X		
42N035	AARSCHOT	X	X	X	X		X
42N040	SINT-PIETERS-LEEUEW			X	X		
42N045	HASSELT	X	X	X	X	X	X
42N046	GELLIK			X	X		
42N054	LANDEN	X	X	X	X		
42R010	SINT-STEVENS-WOLUWE				X		
42R020	VILVOORDE	X	X		X		X
42R801	ANTWERPEN	X	X	X	X	X	X
42R802	ANTWERPEN	X	X		X	X	
42R803	ANTWERPEN	X	X		X	X	
42R805	ANTWERPEN	X	X		X	X	
42R811	SCHOTEN	X	X	X	X		
42R815	ZWIJNDRECHT	X	X		X	X	X
42R817	ANTWERPEN	X	X		X	X	
42R820	KAPELLEN				X		X
42R821	BEVEREN-WAAS				X		X
42R822	ANTWERPEN				X		X
42R830	DOEL				X		X
42R831	BERENDRECHT	X	X	X	X		X
42R832	RUISBROEK						
42R833	STABROEK						
42R834	BOOM	X	X		X		
42R841	MECHELEN	X	X	X	X		
42R891	ANTWERPEN				X		X
42R892	KALLO				X		X
42R893	ANTWERPEN				X		X
42R894	ANTWERPEN				X		X
42R897	ANTWERPEN				X		X
43H201	SAINT NICOLAS	X	X				X
43M204	ANGLEUR	X	X				
43N060	HAVINNES	X	X	X	X		X
43N063	CORROY LE GRAND	X	X	X	X		X
43N066	EUPEN			X	X		X

43N067	MEMBACH	X	X				
43N070	MONS	X	X	X	X		X
43N073	VEZIN	X	X	X	X		
43N085	VIELSALM	X	X	X	X	X	X
43N093	SINSIN	X	X	X	X		X
43N100	DOURBES	X	X	X	X		X
43N113	SAINT-ODE	X	X	X	X		
43N121	OFFAGNE	X	X	X	X		
43N132	HABAY-LA-NEUVE	X	X	X	X		X
43R201	LUIK						
43R221	LUIK	X	X	X	X	X	X
43R222	LUIK	X	X	X	X		X
43R223	JEMEPPE	X	X		X		X
43R240	ENGIS	X	X	X	X		X
44M702	ERTVELDE				X		
44M705	ROESELARE	X	X	X	X	X	
44N012	MOERKERKE	X	X	X	X		
44N029	HOUTEM	X	X	X	X	X	X
44N051	IDEGEM			X	X		
44N052	ZWEVEGEM	X	X	X	X		
44R701	GENT	X	X	X	X	X	X
44R702	GENT	X	X		X	X	
44R710	DESTELBERGEN	X	X	X	X		
44R721	WONDELGEM				X		X
44R731	EVERGEM	X	X		X		X
44R740	SINT-KRUIS-WINKEL	X	X	X	X		X
44R750	ZELZATE	X	X		X	X	X
45R501	CHARLEROI	X	X		X		
45R502	LODELINSART	X	X	X	X		
45R510	CHATELINEAU	X	X				X
45R511	MARCINELLE	X	X				
45R512	MARCHIENNE AU PONT	X	X		X	X	X
47E007	SINT-PIETERS-LEEUV				X		
47E008	GRIMBERGEN				X		
47E009	ZEMST				X		
47E013	VORST				X		
47E701	VICHTE						
47E702	ELSEGEM						
47E703	OOSTEEKLO				X		X
47E704	WACHTEBEKE				X		
47E714	DUDZELE				X		
47E715	ZUIENKERKE				X		
47E716	MARIAKERKE				X		
47E804	MOL						

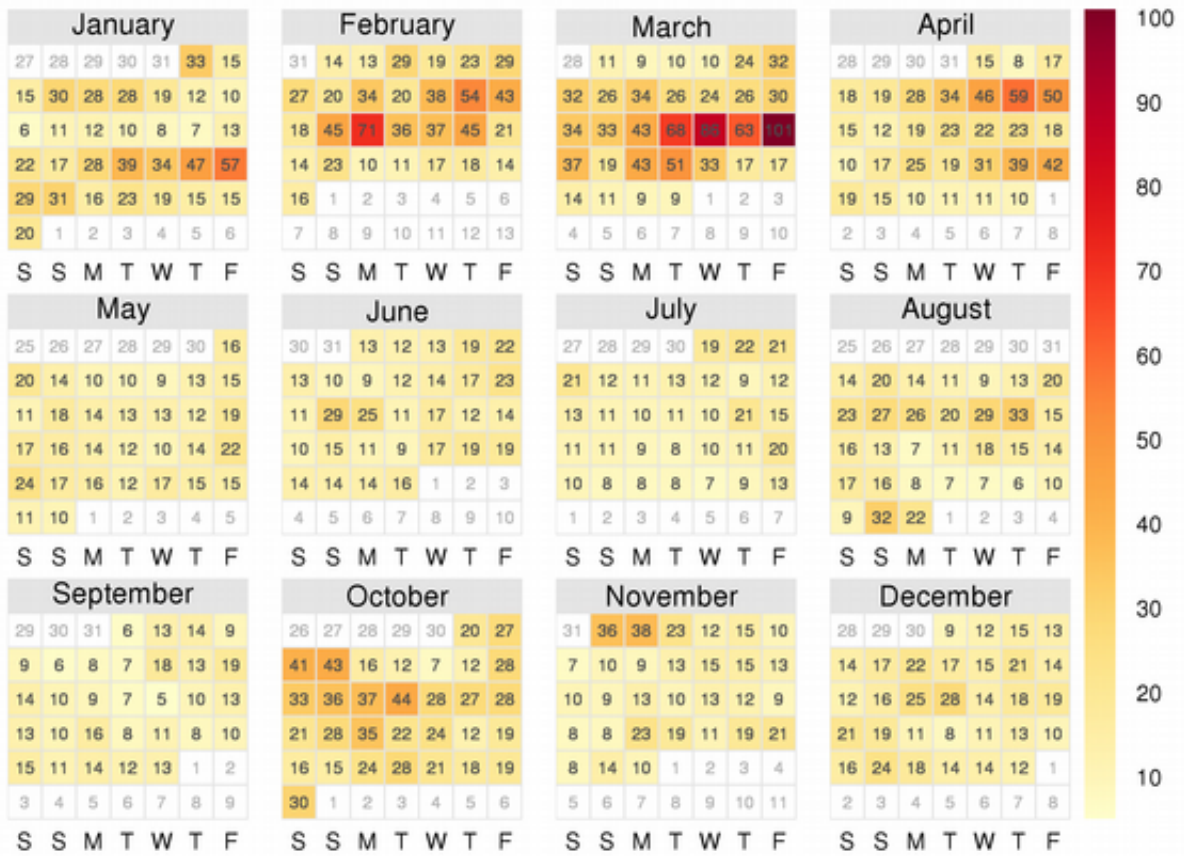
47E811	DIEPENBEEK				X		X
47E812	GENK				X		X
47E813	HAM						
47E814	HAM				X		

Bijlage B: Jaaroverzicht van luchtkwaliteitspolluenten



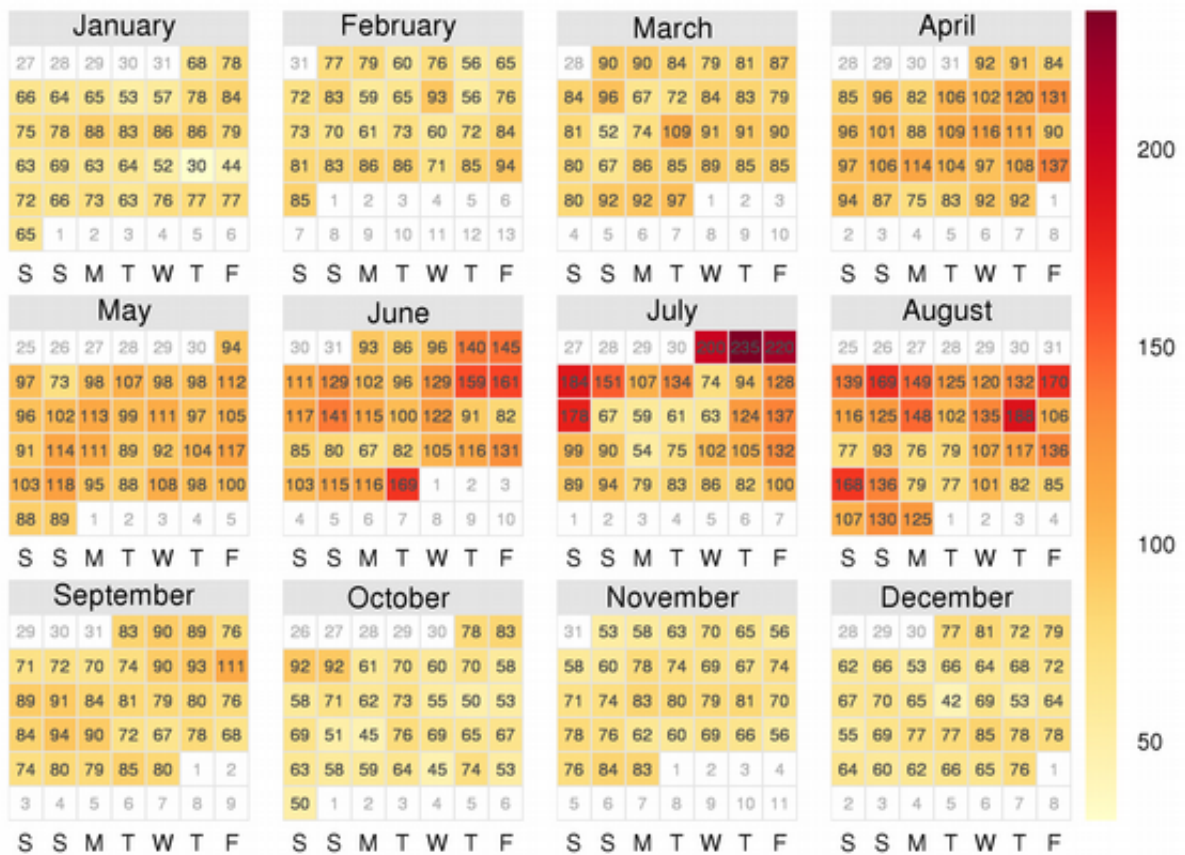
Ruimtelijk maximum van daggemiddelde PM₁₀-concentraties in 2015

Mean daily PM_{2.5} concentrations in 2015



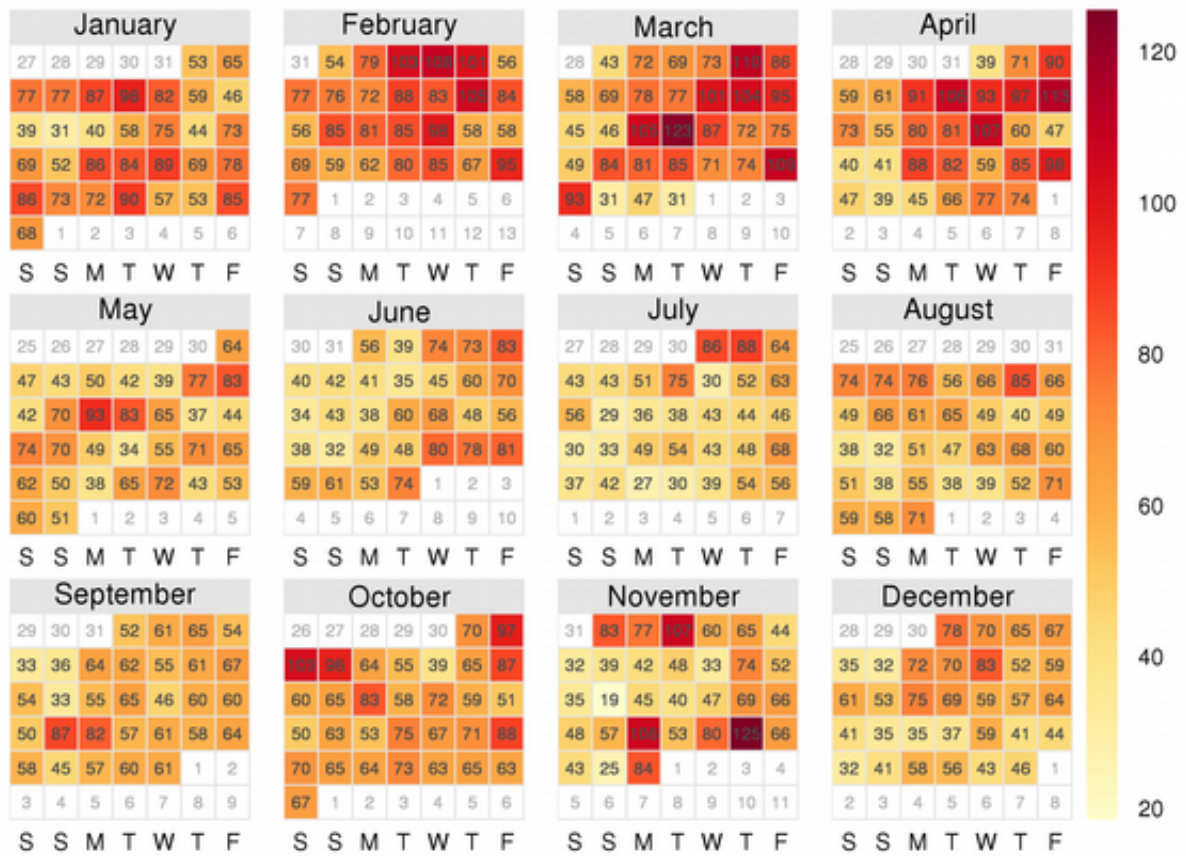
Ruimtelijk maximum van daggemiddelde PM_{2.5}-concentraties in 2015

Maximum daily O₃ concentrations in 2015



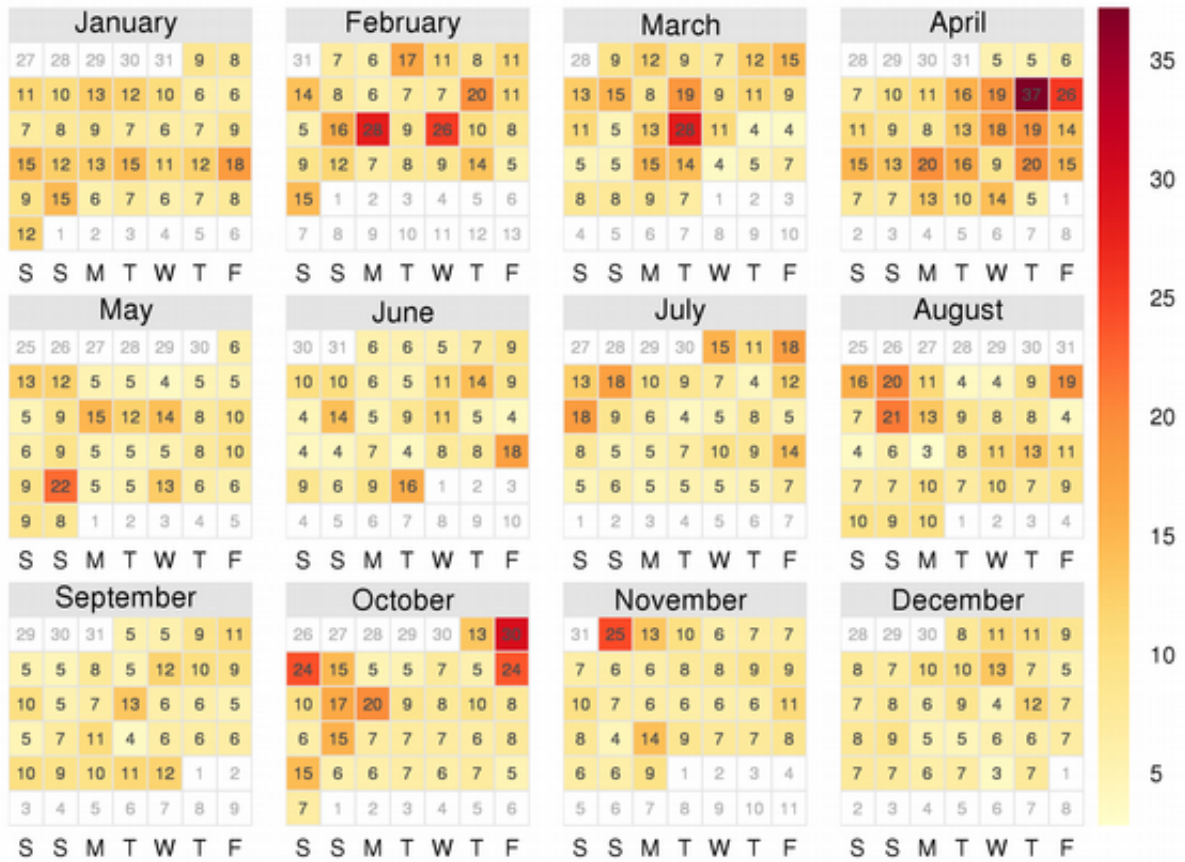
Dagelijkse maximale O₃-concentraties in 2015

Maximum daily NO₂ concentrations in 2015



Dagelijkse maximale NO₂-concentraties in 2015

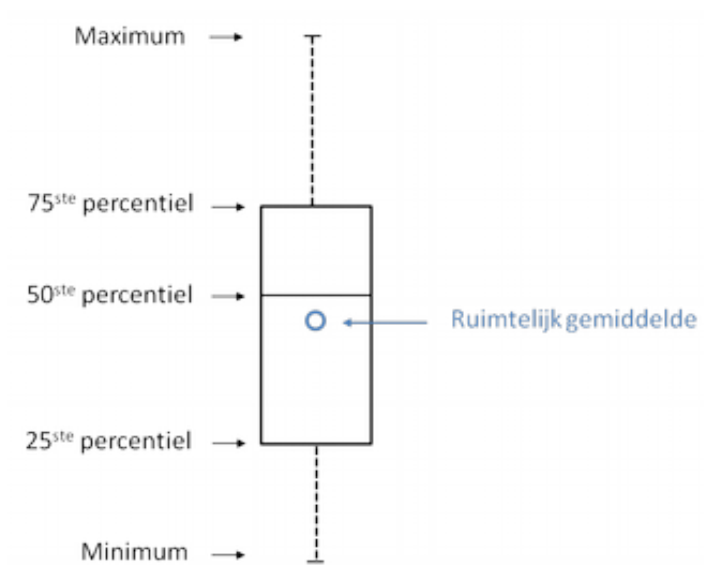
Maximum daily SO₂ concentrations in 2015



Dagelijkse maximale SO₂-concentraties in 2015

Bijlage C: Interpretatie van boxplots

Een boxplot is een grafische voorstelling waarmee snel een overzicht kan worden verkregen van de verdeling van een verzameling gegevens. Het geeft de kwartielen (ofwel het 25^{ste} en 75^{ste} percentiel), de mediaan (het 50^{ste} percentiel) en de grootste en de kleinste waarde van de verzameling weer. Het x-te percentiel is die waarde waarbij x% van alle waarden lager is dan het x-te percentiel en 100-x% van de waarden hoger.



Voorstelling van een boxplot

Bijlage D: Onzekerheidskaarten

De RIO-geïnterpoleerde waarde is geen absoluut juiste waarde maar is onderhevig aan een bepaalde onzekerheid. Naast de onzekerheid van de uur- of daggemiddelde, geïnterpoleerde concentraties, zorgt ook de aggregatie ervan tot jaargemiddelden of dagoverschrijdingen voor onzekerheid.

In de RIO-interpolatietechniek draagt een aantal aspecten bij tot de onzekerheid van de geïnterpoleerde concentraties.

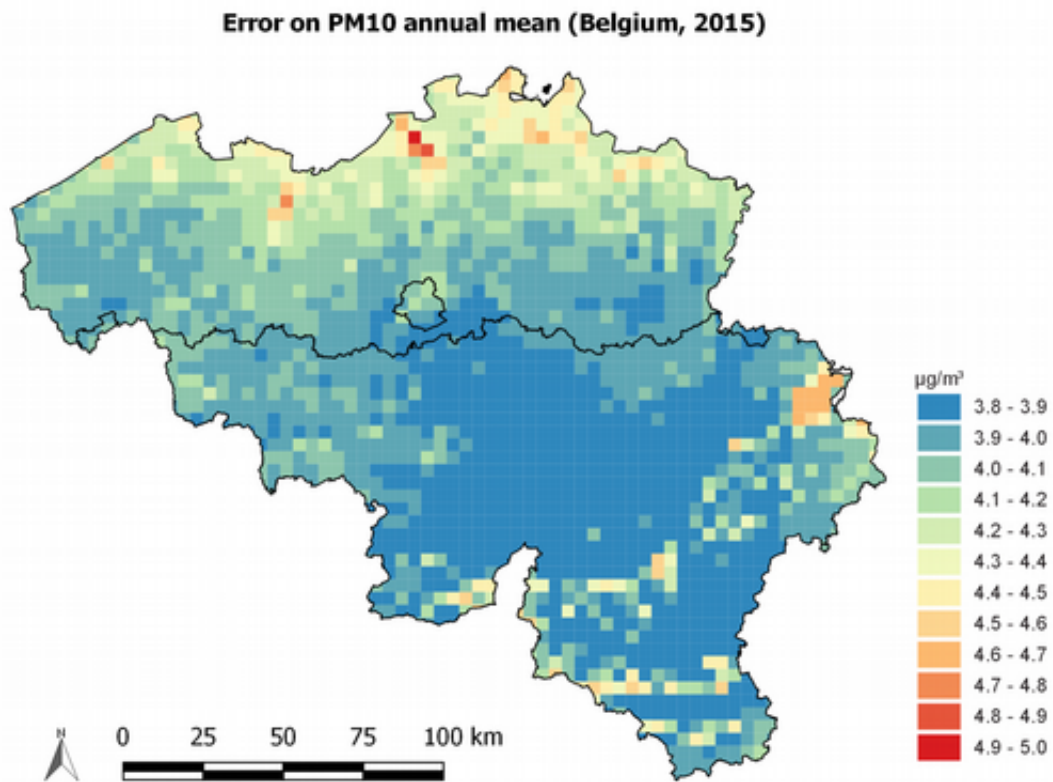
1. Fout op de meetwaarden: die wordt indirect in rekening gebracht omdat het variogram gebruikt in de Kriging (d.i. een onderdeel van de RIO-interpolatietechniek) een ‘nugget’-effect vertoont (d.i. bij een afstand 0 tussen meetstations wordt niet dezelfde gemeten concentratie verondersteld).
2. Clustering van meetstations: meer stations dicht bij elkaar geven een kleinere interpolatieonzekerheid.
3. Afstand tot de meetstations: op een plaats die verder gelegen is van meetstations is er een grotere interpolatieonzekerheid.
4. Variatie van de metingen zelf: als de metingen voor dicht bij elkaar gelegen meetplaatsen een grote variatie vertonen, dan is de interpolatieonzekerheid ook groter.
5. Fout door re- en detrending (zowel voor trendgemiddelden als standaardafwijking).

Nadat eerst de onzekerheid van de uur- of daggemiddelde geïnterpoleerde concentraties bepaald is, moet er bij de aggregatie worden rekening gehouden met het volgende.

1. Autocorrelatie omdat er globaal gezien minder informatie ter beschikking is, omdat bv. de concentraties van vandaag afhankelijk zijn van die van gisteren.
2. Covariantie tussen de verschillende gridcellen die altijd een vast ruimtelijk patroon vertonen door de tijd.

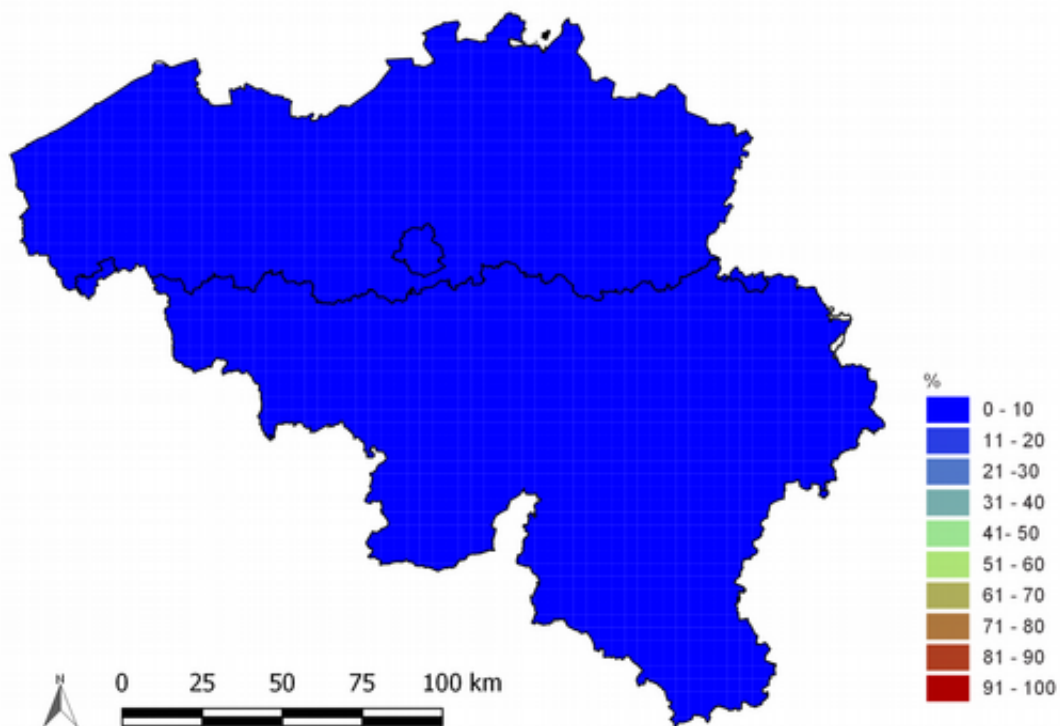
Op basis van bovenstaande bronnen van onzekerheid wordt er een onzekerheid (1 sigma) berekend voor de RIO-geïnterpoleerde concentraties (zie onderstaande kaarten), uitgaande van een normale verdeling van de metingen. Een fout van 1 sigma betekent dat voor een waarde x en een fout van $5.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, er 68% kans is dat de werkelijke waarde tussen $(x - 5.0)$ en $(x + 5.0) \mu\text{g}/\text{m}^3$ ligt. Op basis van de geïnterpoleerde concentratie, de berekende onzekerheid en de grenswaarde kan dan een overschrijdingskans van de Europese grenswaarden worden berekend (‘Probability of exceedance’).

PM₁₀



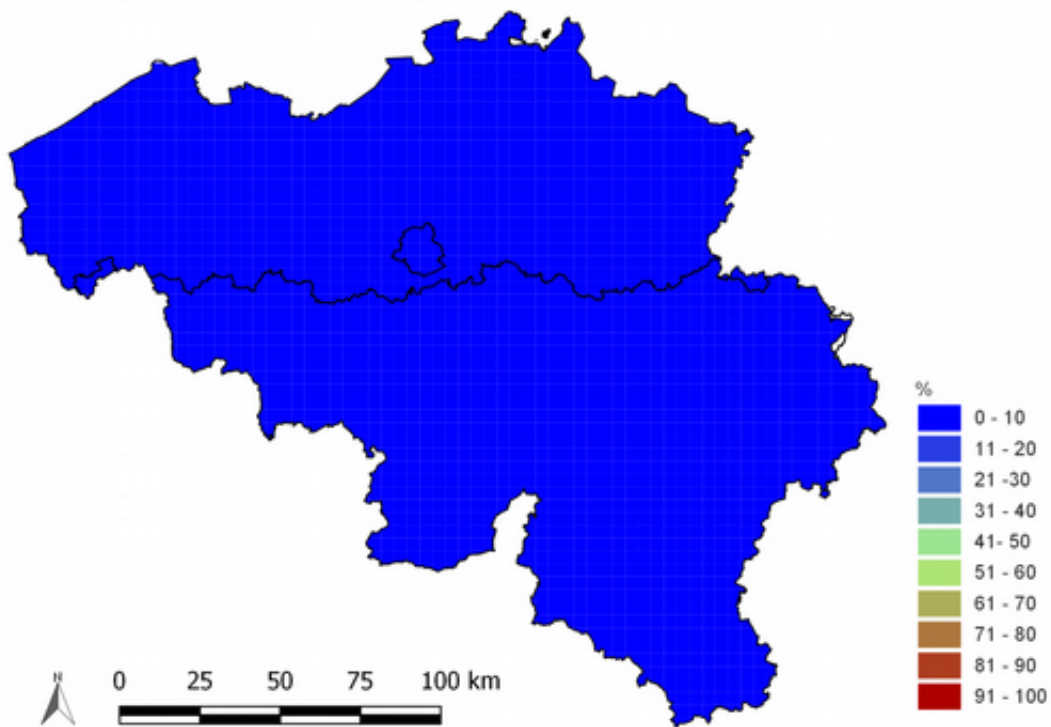
Ruimtelijke spreiding van de absolute fout ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) op de jaargemiddelde PM₁₀-concentratie.

Probability of exceedance of PM10 annual mean value (Belgium, 2015)



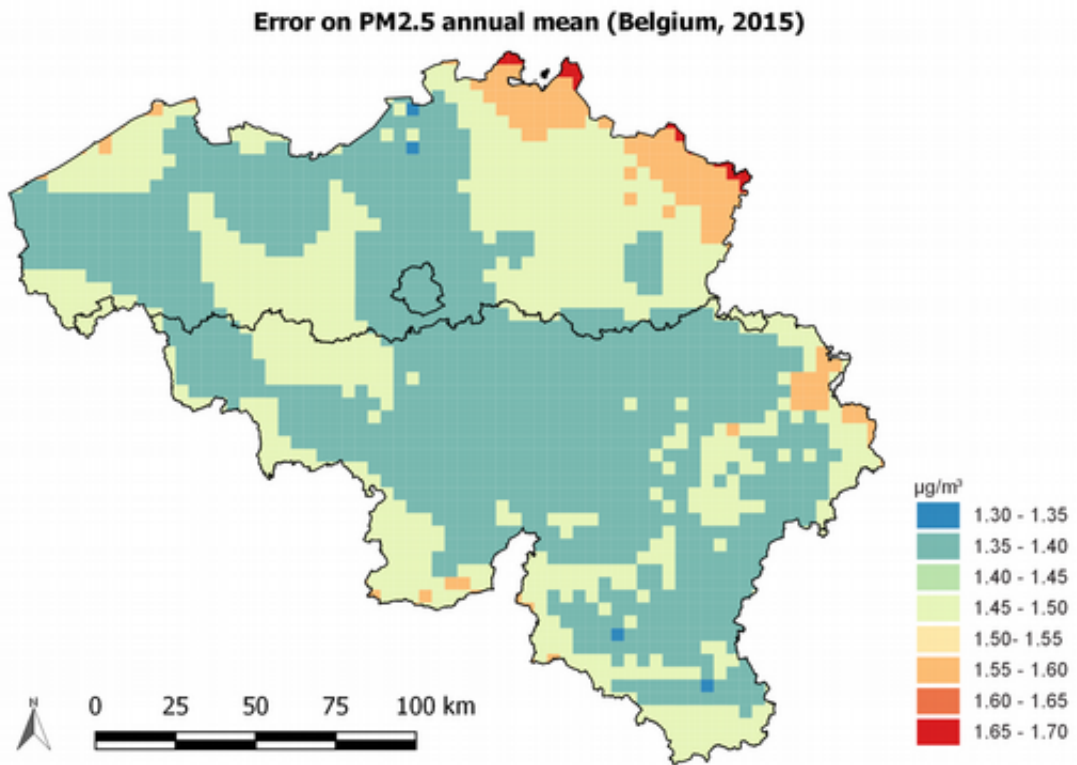
Waarschijnlijkheid (%) dat de jaargemiddelde PM₁₀-concentratie de Europese grenswaarde van 40 µg/m³ overschrijdt.

Probability of exceedance of PM10 daily limit value (Belgium, 2015)



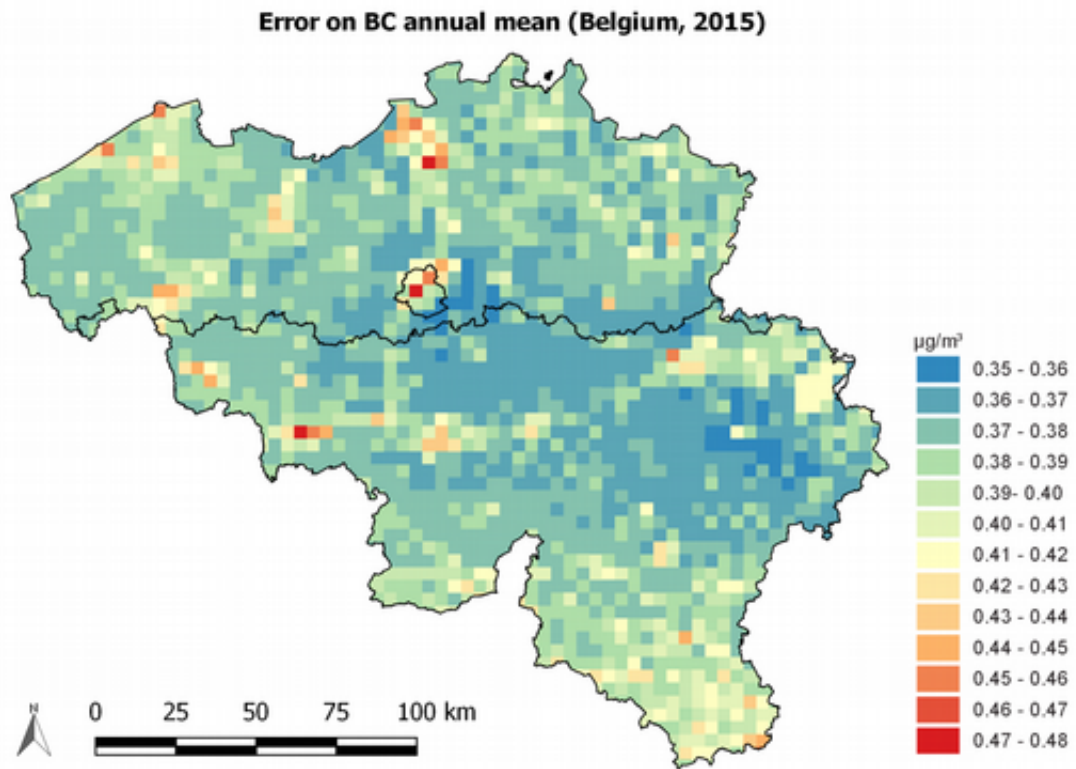
Waarschijnlijkheid (%) dat de PM₁₀-daggrenswaarde van 50 µg/m³ op meer dan 35 dagen overschreden wordt

PM_{2.5}



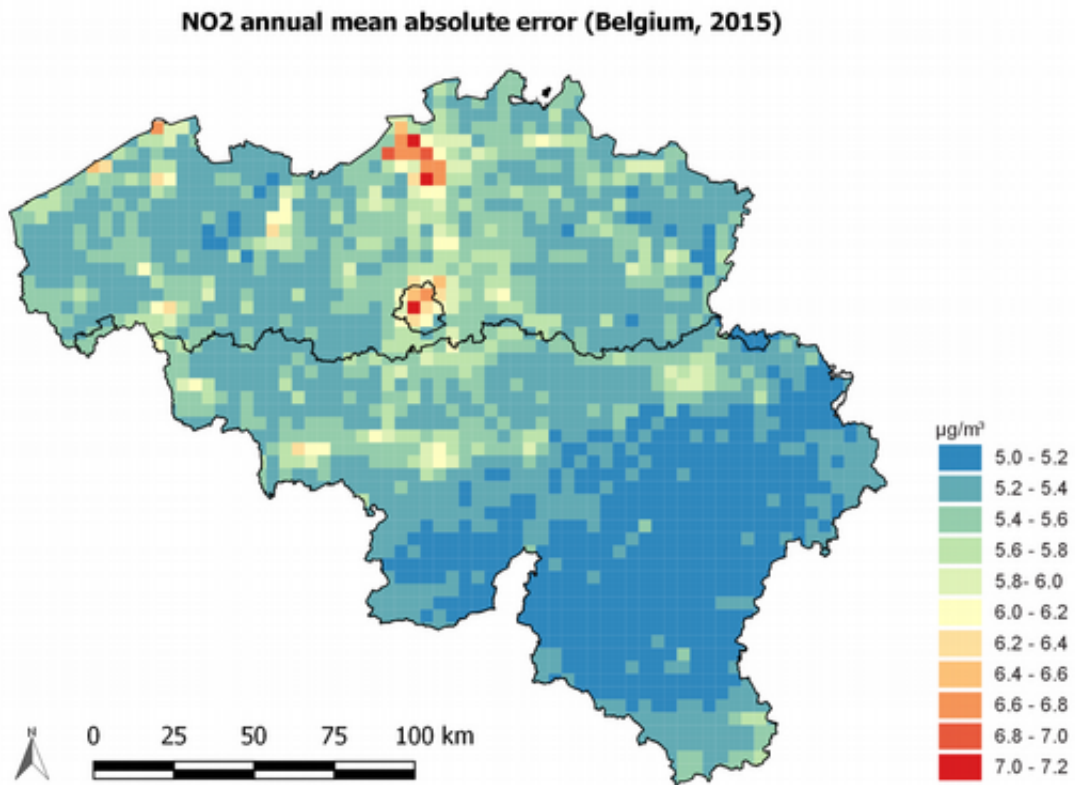
Ruimtelijke spreiding van de absolute fout ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) op de jaargemiddelde PM_{2.5}-concentratie.

BC



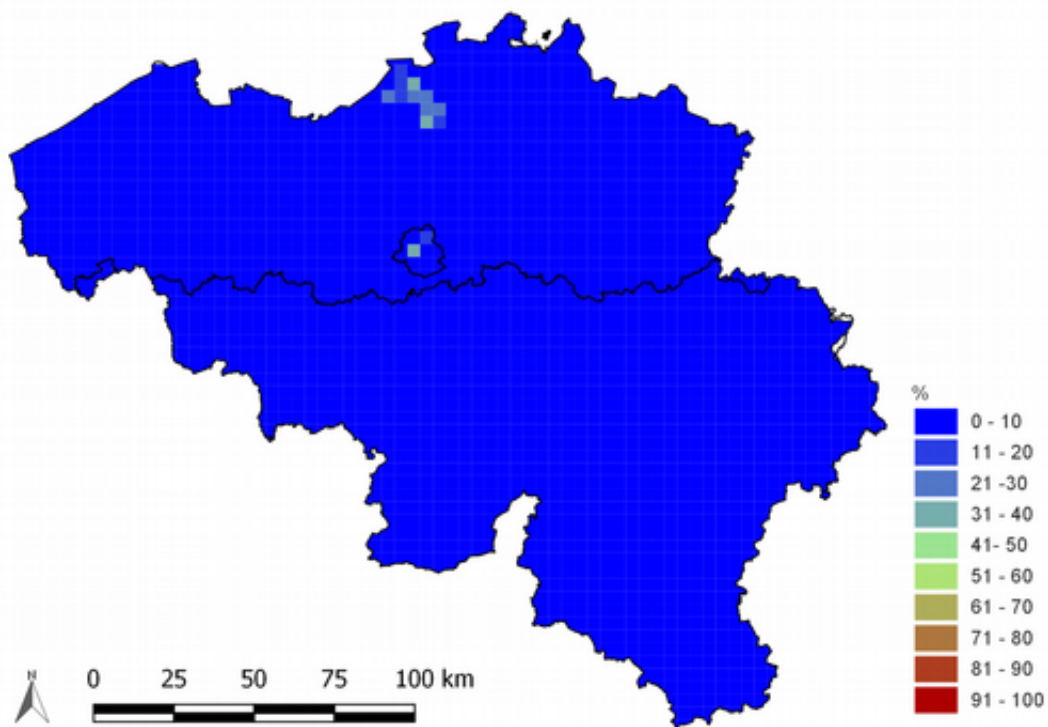
Ruimtelijke spreiding van de absolute fout ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) op de jaargemiddelde BC concentratie.

NO₂



Ruimtelijke spreiding van de absolute fout ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) op de jaargemiddelde NO₂-concentratie.

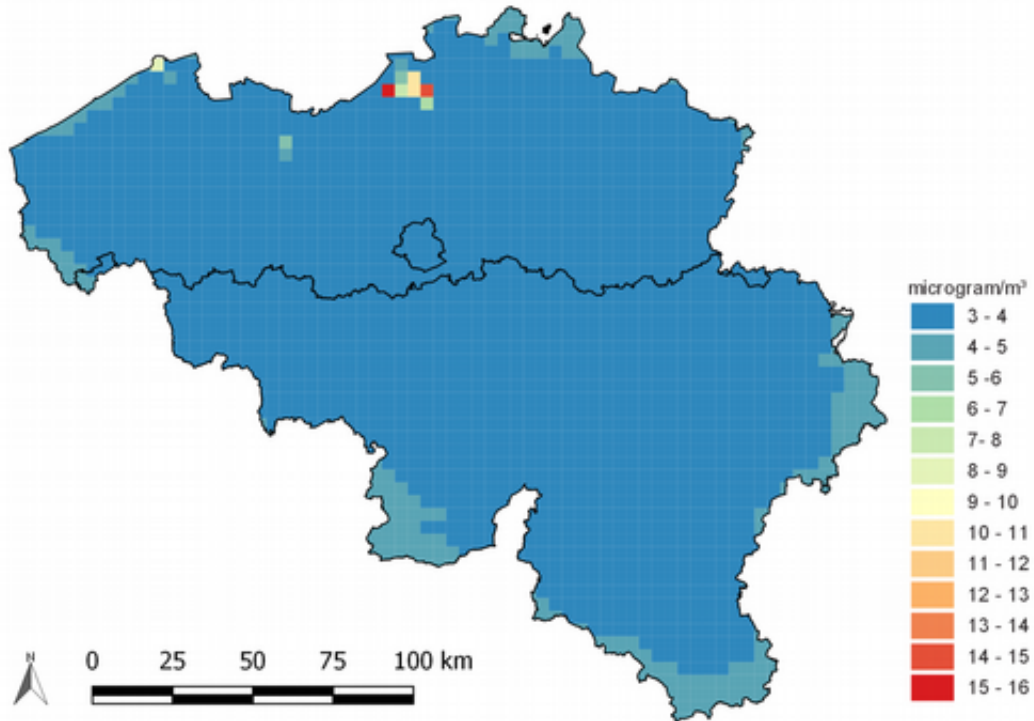
Probability of exceedance of NO₂ annual mean value (Belgium, 2015)



Waarschijnlijkheid (%) dat de jaargemiddelde NO₂-concentratie de Europese grenswaarde van 40 µg/m³ overschrijdt.

O₃

O₃ annual mean absolute error (Belgium, 2015)



Ruimtelijke spreiding van de absolute fout ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) op de jaargemiddelde O₃-concentratie.