



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 2013

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

Frans Fierens

Charlotte Vanpoucke

Sandy Adriaenssens

Elke Trimpeneers

Olav Peeters

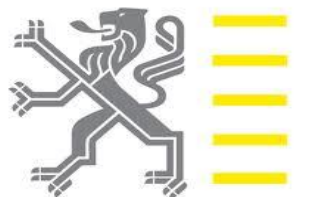
Juliette Dujardin

Thierry de Vos

Philippe Maetz

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, l'Institut Scientifique de Service Public en l'Agence Wallonne de l'Air et du Climat (AWAC) en van Leefmilieu Brussel.



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 Luchtpakket van de Europese Commissie.....	17
2 Periodes met verhoogde luchtverontreiniging (smogepisodes) in 2013.....	18
2.1 Wintersmog.....	19
2.2 Zomersmog.....	20
3 Fijn stof.....	21
3.1 PM ₁₀	22
3.1.1 PM ₁₀ -meetstations.....	22
3.1.2 PM ₁₀ -jaargemiddelde concentratie.....	22
3.1.3 PM ₁₀ -daggemiddelde concentratie.....	27
3.2 PM _{2,5}	34
3.2.1 PM _{2,5} -meetstations.....	34
3.2.2 PM _{2,5} -jaargemiddelde concentratie.....	35
3.2.3 Gemiddelde Blootstellingsindex (GBI).....	40
4 Stationsnaam.....	42
5 Stikstofoxides.....	45
5.1 NO ₂ -meetstations.....	46
5.2 NO ₂ -jaargemiddelde.....	46
5.3 NO ₂ -uurwaarden.....	51
6 Ozon.....	55
6.1 Ozonmeetstations.....	56
6.2 Ozon en bevolking.....	57
6.2.1 NET60.....	57
6.2.2 AOT60.....	61
6.3 Ozon en vegetatie.....	62
6.3.1 AOT40 voor vegetatie.....	63
6.3.2 AOT40 voor bossen.....	66
6.4 O ₃ -jaargemiddelde.....	68
6.5 Evolutie in O ₃ -concentratieklassen.....	72

7	Zwavel dioxide	74
7.1	SO ₂ -meetstations	74
7.2	SO ₂ -uurgemiddelden	74
7.3	SO ₂ -daggemiddelden	77
7.4	SO ₂ -jaargemiddelden	79
	Toekomstperspectief: aanvulling op de RIO-interpolatietechniek	80
	Besluit	81
	Referenties	82
	Bijlage A: Meetstations	84
	x	84
	x	84
	Bijlage B: Jaaroverzicht van luchtkwaliteitspolluenten	87
	Bijlage C: Interpretatie van boxplots	91
	Bijlage D: Onzekerheidskaarten	92
	PM₁₀	93
	PM_{2,5}	95
	NO₂	95
	O₃	97

Lijst van afkortingen en verklarende woordenlijst

PM ₁₀	Particulate Matter ofwel fijn stof met een diameter kleiner dan 10 µm
PM _{2,5}	Particulate Matter ofwel fijn stof met een diameter kleiner dan 2.5 µm
NO _x	Verzamelnaam voor een gasmengsel dat bestaat uit stikstofmonoxide (NO) en stikstofdioxide (NO ₂)
O ₃	Ozon: zeer reactief gas dat gevormd wordt door de inwerking van uv-licht op de aanwezige luchtverontreiniging, voornamelijk op warme zomerdagen
NET60	Number of exceedances above a Threshold of 60 ppb (=120 µg/m ³): aantal dagen waarop de dagelijkse hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentratie hoger dan 120 µg/m ³ was
AOT60	Accumulated Ozon Exposure above a Threshold of 60 ppb (=120 µg/m ³): het verschil tussen de dagelijkse hoogste 8-uurgemiddelde concentratie hoger dan 120 µg/m ³ en 120 µg/m ³ , gesommeerd over een kalenderjaar
AOT40 voor vegetatie	Accumulated Ozon Exposure above a Threshold of 40 ppb (=80 µg/m ³): het verschil tussen het uurgemiddelde boven 80 µg/m ³ en 80 µg/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
AOT40 voor bossen	Accumulated Ozon Exposure above a Threshold of 40 ppb (=80 µg/m ³): het verschil tussen het uurgemiddelde boven 80 µg/m ³ en 80 µg/m ³ voor alle uurwaarden tussen 8 u en 20 u MET in de maanden april-september. Indicator ter bescherming van de bossen
SO ₂	Zwavedioxide: een kleurloos gas met een karakteristieke irriterende geur en smaak bij hoge concentraties
RIO	Interpolatietechniek gebruikt in dit rapport om een ruimtelijk beeld te scheppen van de luchtkwaliteit in België
AOD	Aerosol optische diepte: een maat voor de doorzichtigheid van de atmosfeer ten gevolge de absorptie of verstrooiing van het licht door aerosolen
GBI	Gemiddelde Blootstellingsindex: nationale indicator die wordt berekend als het gemiddelde over drie jaar van gemeten PM _{2,5} concentraties in stedelijke achtergrondstations
MLTD	Middellangetermijndoelstelling
LTD	Langetermijndoelstelling
WGO	Wereldgezondheidsorganisatie
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

- Smog Een toestand met verhoogde luchtverontreiniging. In de winter wordt dat vooral veroorzaakt door fijn stof, in de zomer door ozon.
- BC Black Carbon ofwel roet. Dat is een deel van fijn stof en is vooral afkomstig van dieselauto's en verbranding van biomassa.
- VOC Vluchtige Organische Componenten: een mengeling van gasvormige verbindingen met koolstof en waterstof als belangrijkste elementen. Ze vormen een precursor van ozon.

Samenvatting

Onderstaande tabel toont de verschillende luchtkwaliteitsindicatoren voor België in 2013 en vergelijkt die via een kleurencode met het minimum, maximum en gemiddelde van de voorbije 10 jaar: 2003-2012 (voor $PM_{2,5}$ vergelijking met de periode 2005-2012). De cijfers zijn gebaseerd op de berekeningen met de RIO-interpolatietechniek. De ruimtelijke resolutie van RIO is 4x4 km. De cijfers zijn dus representatief voor gebieden van 4x4 km. Lokaal kunnen de concentraties (of het aantal overschrijdingen) dus hoger of lager zijn.

Tabel 1: Luchtkwaliteitsindicatoren in België, 2013.

Indicator	2013			Europese grens- of streefwaarde	WGO-richtwaarde
	Min.	Gemiddelde	Max.		
PM_{10}					
Jaargemiddelde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	8	20	32	40	20
Aantal dagen > 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0	9	39	Max. 35 dagen	Max. 3 dagen
$PM_{2,5}^*$					
Jaargemiddelde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	7	13	21	25	10
O_3					
Aantal dagen > infodrempel 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	3				
Aantal dagen > alarmdrempel 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2				
Aantal dagen met hoogste 8-uurgem. > 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1	12	25	MLTD: 25 dagen, gemiddeld over 3 jaar, LTD: 0 dagen	0 dagen met hoogste 8-uurgem. > 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Aantal dagen met hoogste 8-uurgem. > 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (gem 2011-2013)	3	11	22	MLTD: 25 dagen, gemiddeld over 3 jaar, LTD: 0 dagen	0 dagen met hoogste 8-uurgem. > 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
AOT60 ($(\mu\text{g}/\text{m}^3)\cdot\text{u}$)	48	1507	2832	5800**	
AOT40 voor vegetatie ($(\mu\text{g}/\text{m}^3)\cdot\text{u}$)	1810	9154	15614	MLTD: 18000, gemiddeld over 5 jaar, LTD: 6000	
AOT40 voor vegetatie ($(\mu\text{g}/\text{m}^3)\cdot\text{u}$) (gemiddelde 2009-2013)	2235	8666	15060	MLTD: 18000, gemiddeld over 5 jaar, LTD: 6000	

AOT40 voor bossen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).u)	3055	19192	26126	Kritiek niveau: 10000** Referentieniveau: 20000**
--	------	-------	-------	--

NO ₂					
Jaargemiddelde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	5	15	42	40	40
19e hoogste uurgemiddelde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	31	57	122	200	hoogste uurgemiddelde: 200

SO ₂					
25e hoogste uurgemiddelde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2	4.7	27	350	
4e hoogste daggemiddelde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1	3.3	22	125	hoogste daggemiddelde: 20

* Vergelijking met periode 2005-2012

**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.

2013 was in vergelijking met de voorbije 10 jaar een gunstig jaar voor de luchtkwaliteit. Enkel voor ozon komen het aantal dagen waarop de alarmdrempel overschreden werd, de streefwaarde ter bescherming van de bevolking en de AOT40 voor vegetatie en voor bossen in de buurt van het 10-jaargemiddelde over de periode 2003-2012. Toch werden in 2013 nog niet alle Europese grens- en streefwaarden nageleefd. Dat wordt ook duidelijk in Tabel 2, waar het percentage van de bevolking weergegeven wordt dat potentieel blootgesteld is aan waarden boven de Europese grens- en streefwaarden enerzijds en boven de richtwaarden van de Wereldgezondheidsorganisatie (WGO) anderzijds.

Voor PM₁₀ werd de Europese jaargrenswaarde overal in België gerespecteerd. Het aantal dagen waarop de daggemiddelde PM₁₀-concentratie hoger was dan 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ligt echter nog steeds boven de 35 toegestane. De jaargemiddelde PM_{2,5}-concentraties bleven in 2013 onder de Europese streefwaarde die sinds 2010 van kracht is. Een toetsing aan de richtwaarden van de WGO geeft een minder positief beeld. Zowat heel de Belgische bevolking werd potentieel blootgesteld aan PM₁₀- en PM_{2,5}-concentraties die hoger zijn dan de WGO-richtwaarden.

In de grote agglomeraties (Brussel en Antwerpen) en het Antwerpse havengebied blijft de naleving van de Europese jaargrens voor NO₂ een probleem. De Europese uurgrenswaarde werd wel overal gerespecteerd.

De ozonstreefwaardes (Middellangetermijndoelstellingen, MLTD 2010) voor de bescherming van de gezondheid en de vegetatie werden gehaald, maar de langetermijndoelstelling (LTD) voor de bescherming van de gezondheid werd wel nog overal overschreden, net als de LTD voor vegetatie op de meeste plaatsen. Ook voor bossen is de situatie niet gunstig: voor praktisch het hele bosbestand werd de kritische waarde overschreden. De referentiewaarde werd in 2013 op 44% van het bosbestand

overschreden. Concluderend kan worden gesteld dat ook in 2013 de concentraties van fijn stof (PM_{2,5} en PM₁₀) en ozon nog steeds de meest problematische zijn door hun effect op de gezondheid.

Tabel 2: Percentage van de bevolking of de vegetatieoppervlakte potentieel blootgesteld aan waarden boven de Europese grens- of streefwaarde of WGO-richtwaarde.

Indicator	Europese grens- of streefwaarde	2013	WGO-richtwaarde	2013
		% blootgestelde bevolking of % van de oppervlakte boven de streefwaarde voor vegetatie (AOT40)		% blootgestelde bevolking

PM₁₀

Jaargemiddelde (µg/m ³)	40	0%	20	84%
Aantal dagen > 50 µg/m ³	max. 35 dagen	0.02%	max. 3 dagen	95%

PM_{2,5}

Jaargemiddelde (µg/m ³)	25	0%	10	97%
-------------------------------------	----	----	----	-----

NO₂

Jaargemiddelde (µg/m ³)	40	1%	40	1%
Uurgemiddelde > 200 µg/m ³	max. 18 uren	0%	0 uren	0%

SO₂

Daggemiddelde > 125 µg/m ³	max. 3 dagen	0%	daggemiddelde > 20 µg/m ³	0%
Uurgemiddelde > 350 µg/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 2011-2013)	MLTD: 25 dagen, gemiddeld over 3 jaar	0%		
AOT60 ((µg/m ³).u)	5800*	0%		
AOT40 voor vegetatie ((µg/m ³).u)	LTD: 6000	84%		

AOT40 voor vegetatie ((µg/m ³).u) (gemiddelde 2009-2013)	MLTD: 18000, gemiddeld over 5 jaar	0%
AOT40 voor bossen ((µg/m ³).u)	Kritiek niveau: 10000*	99%
AOT40 voor bossen ((µg/m ³).u)	Referentieniveau: 20000*	44%

Kleurencode:

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

* niet in richtlijn 2008/50/EG

Inleiding

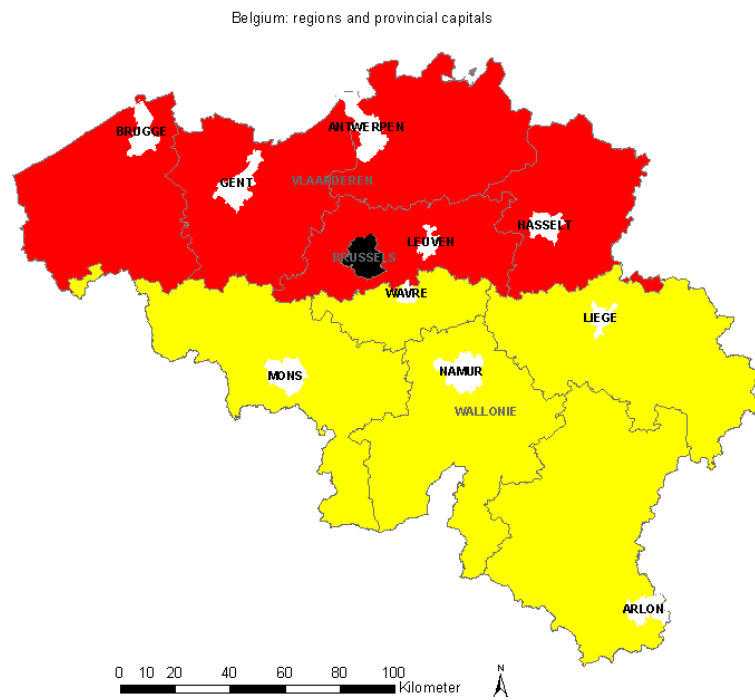
Tot 1994 werden de luchtkwaliteitsmeetnetten in België uitgebaat door het federale Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie (IHE). Ook de beoordeling van de luchtkwaliteit was een federale bevoegdheid. Sinds 1994 zijn het meten en het beoordelen van de luchtkwaliteit bevoegdheden van de drie Belgische 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 2013 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 2013 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 (zie <http://cdr.eionet.europa.eu/be/eu/annualair>). Figuur 1 geeft een overzicht van de gewesten, provincies en de grootste agglomeraties in België. 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 pollutanten PM₁₀, PM_{2,5}, O₃, NO₂ en SO₂ worden besproken aangezien de interpolatietechniek voor die pollutanten ontwikkeld werd. Voor de resultaten van andere pollutanten 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 gridcel waar bijvoorbeeld een NO₂-jaargemiddelde van 41 µg/m³ berekend wordt, worden alle mensen 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/m berekend wordt echter, wordt niemand verondersteld blootgesteld te zijn aan concentraties boven de grenswaarde. De resultaten moeten dus met enige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd.

Figuur 3 toont de bevolkingsdichtheid per RIO-roostercel. Die is hoger in de grote agglomeraties die duidelijk zichtbaar zijn op de kaart.

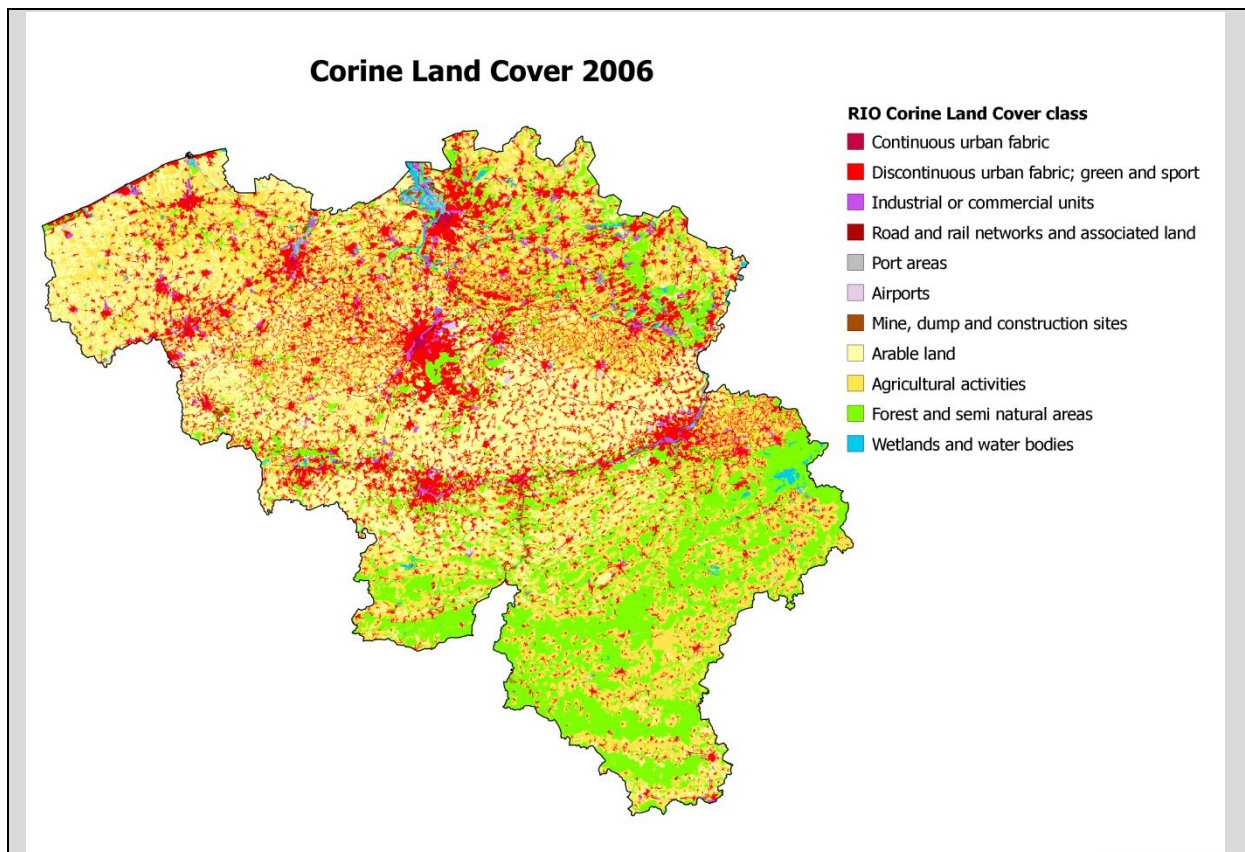


Figuur 1: De verschillende regio's, provincies en de grote agglomeraties in België.

BOX 1: RIO-interpolatietechniek

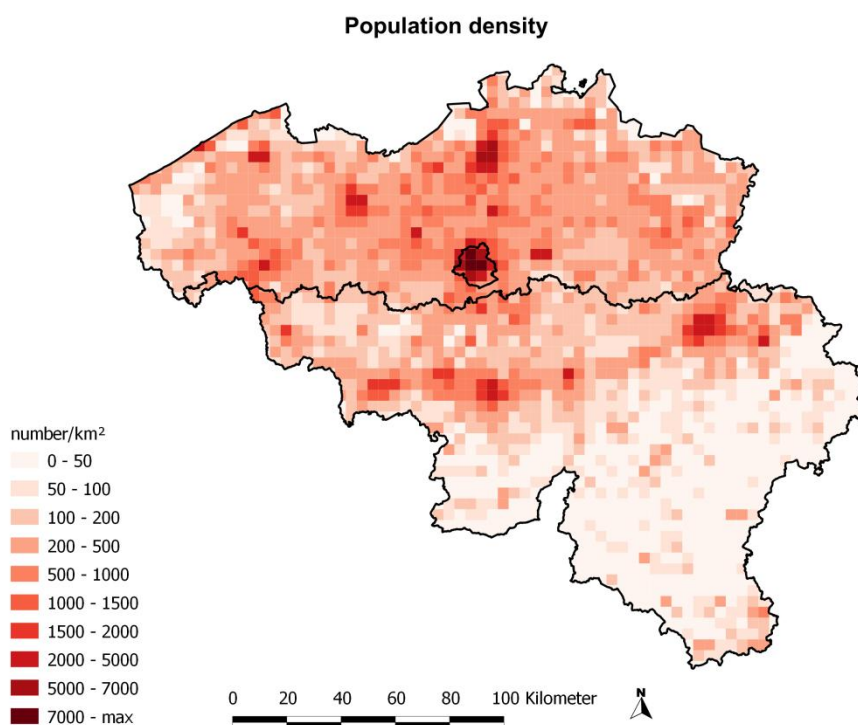
In dit rapport wordt gebruikgemaakt van een ruimtelijke interpolatietechniek van luchtkwaliteitsmetingen, genaamd RIO. Op die manier kan ook de blootstelling van de bevolking worden geschat. Gewone interpolatietechnieken zoals Inverse Distance Weighting (IDW) en Ordinary Kriging (OK) vereisen dat elke 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 2 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 km. Met RIO is het mogelijk om op elk uur voor alle 4x4 km 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 2: Landgebruik in België, ingedeeld in RIO-corine klassen.

De RIO-interpolatietechniek is geoptimaliseerd voor PM_{10} , $PM_{2,5}$, O_3 , SO_2 en NO_2 omdat er voor die pollutanten een duidelijke relatie met de landbedekking (en AOD voor $PM_{2,5}$) kan worden aangetoond.



Figuur 3: Bevolkingsdichtheid per RIO-roostercel (Bron: Bevolkingscijfers Statistics Belgium).

Naast de verschillende indicatoren voor het jaar 2013 wordt voor elke pollutant en elke 4x4 km 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 2013 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-interpolatietechniek, 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 2.4.0 (QuantumGIS Development Team, 2014).

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 (grens- en 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 3 geeft een overzicht van de verschillende grens- en streefwaarden per pollutant en het tijdstip waarop die gerespecteerd moeten worden.

Tabel 4 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.

De richtlijn voorziet ook in de mogelijkheid om in zones of agglomeraties waar het moeilijk is om de vastgestelde grenswaarden tegen de streefdatum te bereiken, de nalevingstermijn voor de grenswaarden met een welbepaalde periode uit te stellen (tot 2011 voor PM_{10} en tot 2015 voor benzeen en NO_2). Daarbij moet een uitvoerig plan worden opgesteld waaruit blijkt dat de naleving tegen het einde van de herziene termijn gegarandeerd wordt. Dat plan moet door de Europese Commissie worden goedgekeurd. In 2009 werd de uitstelaanvraag voor het niet behalen van de daggrenswaarde van $50 \mu g/m^3$ voor PM_{10} in verschillende zones in Vlaanderen, Brussel en Wallonië niet goedgekeurd. Net als verschillende Europese lidstaten (22 van de 27) haalden ook Vlaanderen en Brussel de Europese jaargrenswaarde van $40 \mu g/m^3$ voor stikstofdioxide (NO_2) niet in 2010. Begin 2012 werd in Vlaanderen het Luchtkwaliteitsplan opgemaakt dat een pakket maatregelen bevat om de NO_x uitstoot verder te reduceren waardoor de Europese grenswaarde tegen 2015 zou moeten gerespecteerd worden. Vlaanderen heeft voor de zones in overschrijding – de Antwerpse agglomeratie en de Antwerpse haven – van de Europese Commissie uitstel gekregen voor het behalen van de jaargemiddelde NO_2 -grenswaarde tot 2015. Tot die datum geldt een grenswaarde van $60 \mu g/m^3$ in die zones. Aan het Brussels Hoofdstedelijk Gewest werd geen uitstel verleend. Een overzicht van de uitstelaanvragen en de beslissingen daarover van de Europese Commissie is te vinden op de volgende website: http://ec.europa.eu/environment/air/quality/legislation/time_extensions.htm

Tabel 3: 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
PM ₁₀	vegetatie	jaar	30 µg/m ³		
	mens	1 dag	50 µg/m ³	35	1 januari 2005
PM _{2,5}		mens	jaar	40 µg/m ³	
	Benzeen	mens	jaar	25 µg/m ³	
jaar			20 µg/m ³		1 januari 2020 ⁽¹⁾
CO	mens	jaar	5 µg/m ³		1 januari 2010
		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 4 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 luchtkwaliteitsrichtwaarden van de Wereldgezondheidsorganisatie WGO (World Health Organisation – WHO) zijn strenger dan de grens- en streefwaarden opgelegd door de Europese Unie, zie Tabel 5. De grens- en streefwaarden van de EU zijn opgesteld met als uitgangspunt hoe in de hele EU27 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 richtwaarden 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 5: Overzicht van de richtwaarden 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.

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 MW_{th}). 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? (ihkv internationaal 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 richtwaarden. Momenteel zijn de Europese normen immers minder streng dan de gezondheidsrichtwaarden van de WGO en bieden ze dus onvoldoende bescherming tegen de negatieve impact van luchtvervuiling voor de gezondheid. Vergeleken 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 2013

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, stikstofdioxide en zwaveldioxide 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.

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.

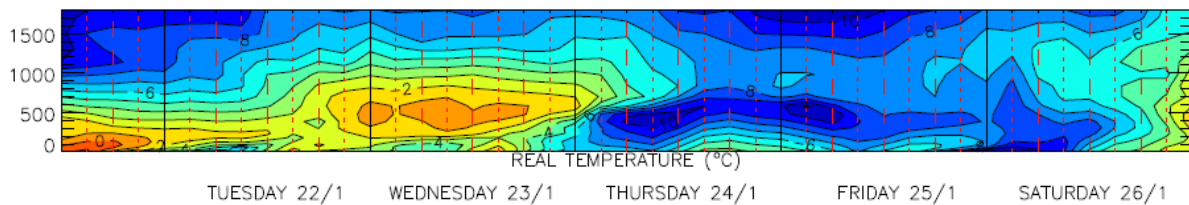
Verhoogde fijnstofconcentraties kunnen ook het gevolg zijn van een plotse toename van secundair fijn stof. In tegenstelling tot het rechtstreeks uitgestoten of primaire fijn stof, wordt secundair fijn stof gevormd door chemische reacties in de atmosfeer. Uit chemische analyses van fijn stof blijkt trouwens 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 meestal echter niet uitsluitend toe te schrijven aan één oorzaak. Hoge concentraties in de lucht zijn bijna 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.

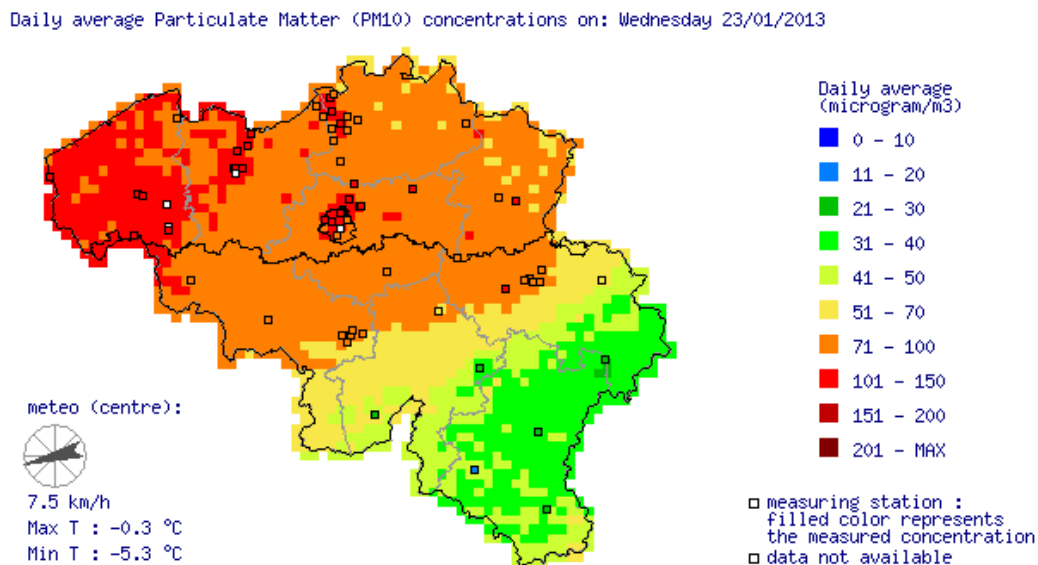
Het overzicht van de daggemiddelde fijnstofconcentraties, de dagelijkse maximale concentraties van ozon, stikstofdioxide en zwaveldioxide in 2013 is te vinden in Bijlage B.

2.1 Wintersmog

Tijdens de winter van 2013 was er één fijnstofsmegepisode. Tussen 22 en 24 januari waren de verdunningsomstandigheden in de lucht zeer ongunstig. Op 23 januari was er een temperatuursinversie op lage hoogte (200-300 m) die aanhield tot de volgende ochtend (Figuur 4). De stabiliteit in de onderste luchtlagen en de lage windsnelheden zorgden voor fijnstofconcentraties tussen 70 en 130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in het gebied boven de Samber- en Maasvallei (Figuur 5). Door de landelijke oostenwind, kan ook import van vervuilde lucht uit Oost-Europa hebben bijgedragen aan de hoge fijnstofconcentraties. In het zuiden van het land lagen de fijnstofconcentraties beduidend lager. Dit komt omdat er minder lokale emissiebronnen zijn in deze regio..



Figuur 4: ECMWF voorspelling voor de temperatuur in functie van de hoogte (y). Op 23 januari is een temperatuursinversie duidelijk zichtbaar.



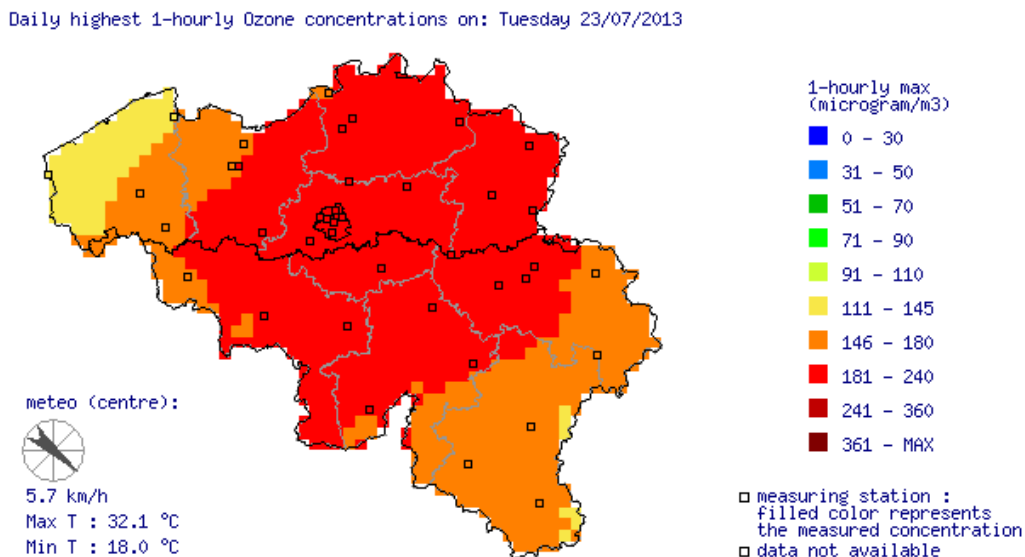
Figuur 5: Daggemiddelde fijnstofconcentratie op 23 januari 2013.

Einde maart, en enkele dagen in april en mei werden eveneens verhoogde fijnstofconcentraties in de omgevingslucht gemeten. De stabiele weersomstandigheden op die dagen (weinig wind, nachtelijke temperatuursinversies,...) zorgden ervoor dat de dagelijks uitgestoten vervuiling door verkeer, huishoudens, industrie en landbouw in de onderste luchtlagen bleef hangen. Windstil en zonnig weer,

een hoge vochtigheidsgraad en relatief zachte temperaturen zijn in deze periode van het jaar de ideale omstandigheden voor de vorming van secundair fijn stof. (Anorganisch) secundair fijn stof ontstaat in de atmosfeer door chemische reacties tussen ammoniak (landbouw) enerzijds en NO_x (verkeer, industrie) en SO₂ (industrie) anderzijds. Hierbij ontstaat ammoniumnitraat- en ammoniumsulfaat aërosol (fijn stof).

2.2 Zomersmog

De zomer van 2013 was normaal qua temperatuur en zonneshijnduur. De maand juli werd wel gekenmerkt door heel warm en zonnig weer met een hittegolf tussen 14 en 27 juli (bron: KMI). De hoogste ozonconcentraties werden dan ook gemeten tijdens de maand juli. Op 19 juni 2013 werd de informatiedrempel van 180 µg/m³ overschreden in het meetstation van Vielsalm. De belangrijkste ozonsmogeperiode van 2013 vond plaats op 22 en 23 juli (zie Figuur 6). Tijdens die periode werd de informatiedrempel op 29 van de 41 meetplaatsen overschreden. Bovendien was er op beide dagen ook een overschrijding van de alarmdrempel van 240 µg/m³. De hoogste waarde werd gemeten op 22 juli in Aarschot (259 µg/m³).



Figuur 6: Hoogste ozonconcentraties op 23 juli 2013.

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, 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

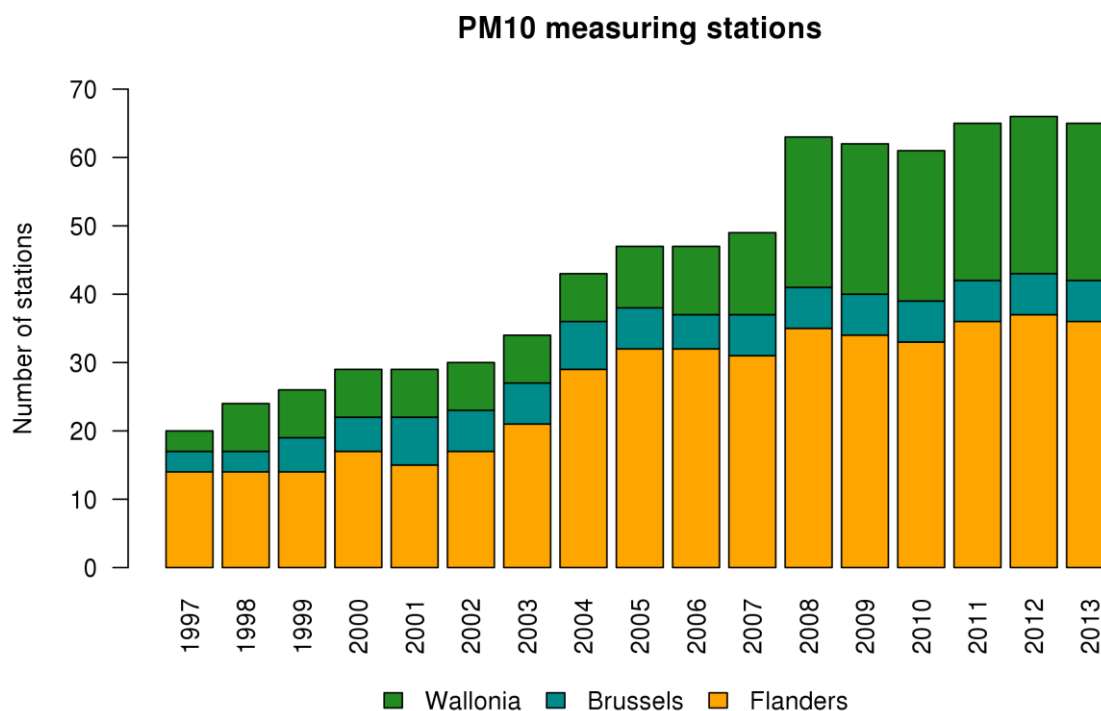
meest toxische component is van de kleinere PM-deeltjes maar een drager is van allerlei chemische toxische substanties. In 2012 werd door het “Agency for Research on Cancer” (IARC), een afdeling van de WGO, dieselroet tot groep 1 van de voor de mens kankerverwekkende stoffen geclassificeerd (WHO, 2012). Groep 1 zijn stoffen die “zeker” kankerverwekkend zijn voor mensen.

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 7 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 65 in 2013. Doordat het aantal meetstations vóór 2004 aanzienlijk lager ligt dan in 2013 is de onzekerheid op de geïnterpoleerde jaargemiddelden groter in die beginjaren. Voor Wallonië geldt dat vanaf 2008.



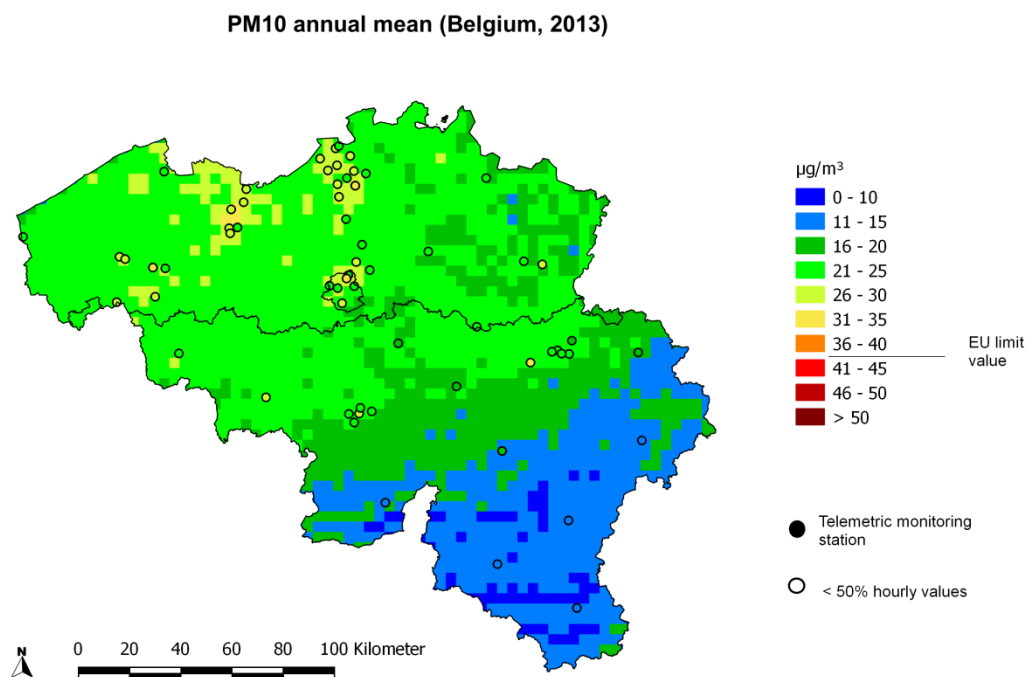
Figuur 7: Evolutie van het aantal PM₁₀-meetstations in België.

3.1.2 PM₁₀-jaargemiddelde concentratie

De Europese grenswaarde waarbij de bevolking tegen de chronische gezondheidseffecten door langdurige blootstelling aan PM₁₀ beschermd is, bedraagt 40 µg/m³ als jaargemiddelde concentratie. In

2013 bedroeg de geïnterpoleerde jaargemiddelde PM₁₀-concentratie over alle RIO-gridcellen in België 19.5 µg/m³. De grenswaarde van 40 µg/m³ werd op geen enkele plaats overschreden (Figuur 8). De hoogste jaargemiddelde PM₁₀-concentraties tussen 26 en 30 µg/m³ worden berekend rond Gent, Antwerpen, Brussel, Brugge en Oostende. In de rest van Vlaanderen, Brussel en het noorden van Wallonië situeren de concentraties zich rond 21-25 µg/m³. De laagste jaargemiddelde PM₁₀-concentraties, tussen 0 en 15 µg/m³, zijn te vinden ten zuiden van Samber en Maas.

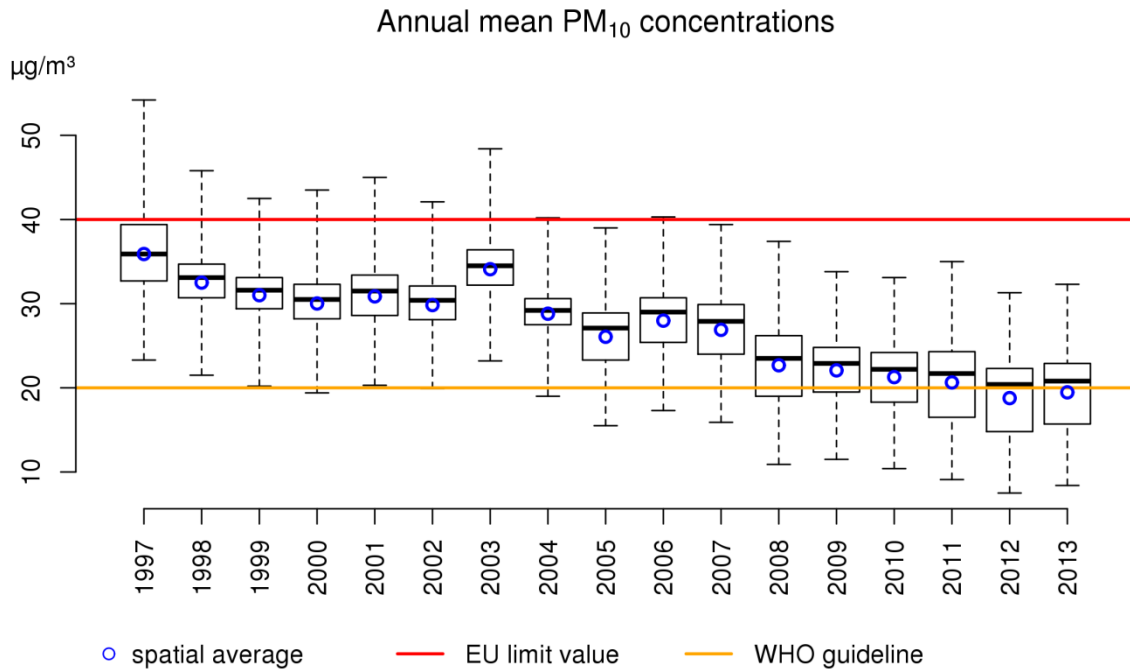
De onzekerheid van de jaargemiddelde concentratiekaart is te vinden in Bijlage D samen met een kaart die de waarschijnlijkheid van het overschrijden van de Europese jaargrenswaarde aangeeft.



Figuur 8: Ruimtelijke spreiding van de jaargemiddelde PM₁₀-concentratie in België in 2013. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek

Figuur 9 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 PM₁₀-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 PM₁₀-concentraties, die de laatste jaren opnieuw stagneert. Sinds 2007 wordt overal aan de Europese grenswaarde voldaan. De WGO-richtwaarde van 20 µg/m³ wordt echter nog altijd op ruim 50% 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.

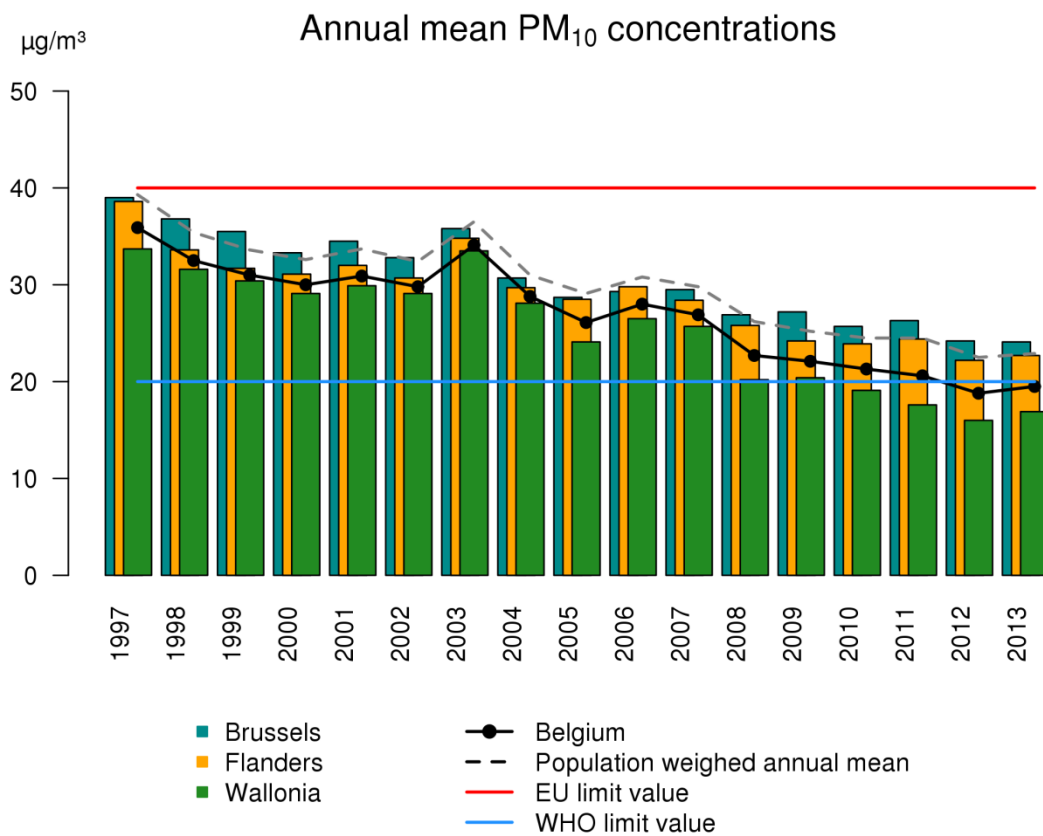


Figuur 9: Boxplot van de jaargemiddelde PM₁₀-concentraties (µg/m³) over de periode 1997-2013 in België. Het ruimtelijke gemiddelde wordt door de blauwe cirkels weergegeven. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

De jaargemiddelde PM₁₀-concentraties in 2013 voor Brussel, Vlaanderen en Wallonië bedragen respectievelijk 24.1, 22.7 en 16.9 µg/m³ (Figuur 10). 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 Belgische jaargemiddelde PM₁₀-concentratie en is voor 2013 ongeveer gelijk aan de jaargemiddelde PM₁₀-concentratie in Vlaanderen (22.9 µg/m³).

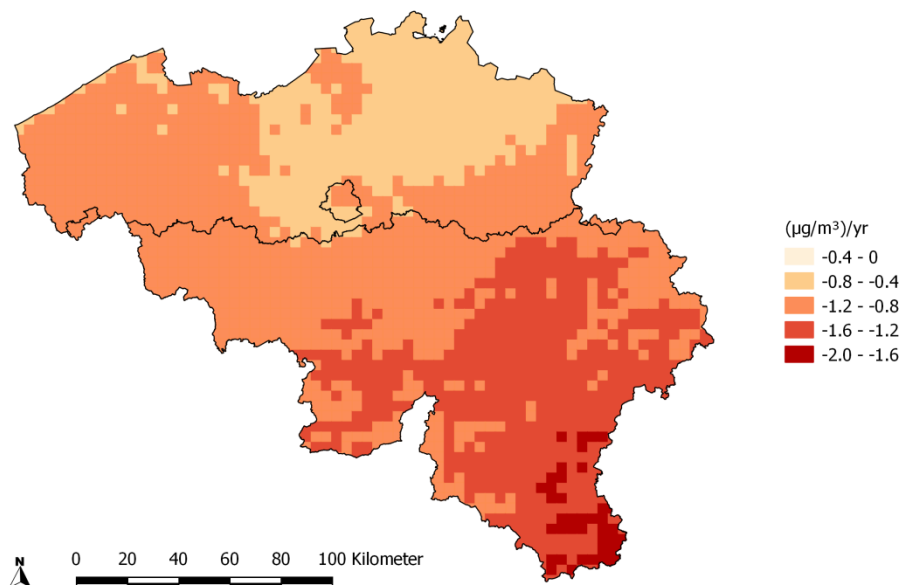
De ruimtelijke trend tussen 2000 en 2013 toont aan dat overal in België de PM₁₀-jaargemiddelde concentraties gedaald zijn in die periode (zie Figuur 11). In Wallonië lijkt die daling iets groter, tussen -1.6 en -2.0 µg/m³/jaar, dan in Vlaanderen, tussen -0.4 en -1.2 µg/m³/jaar. Hierbij moet de kanttekening worden gemaakt (zoals ook vermeld in Nota 2 op p.10) dat er vóór 2008 slechts een beperkt aantal PM₁₀-meetstations operationeel waren in Wallonië, die bovendien voornamelijk in industrieel gebied stonden. 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 ($PM_{cal} = A \times PM_{gemeten} + B$). 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.



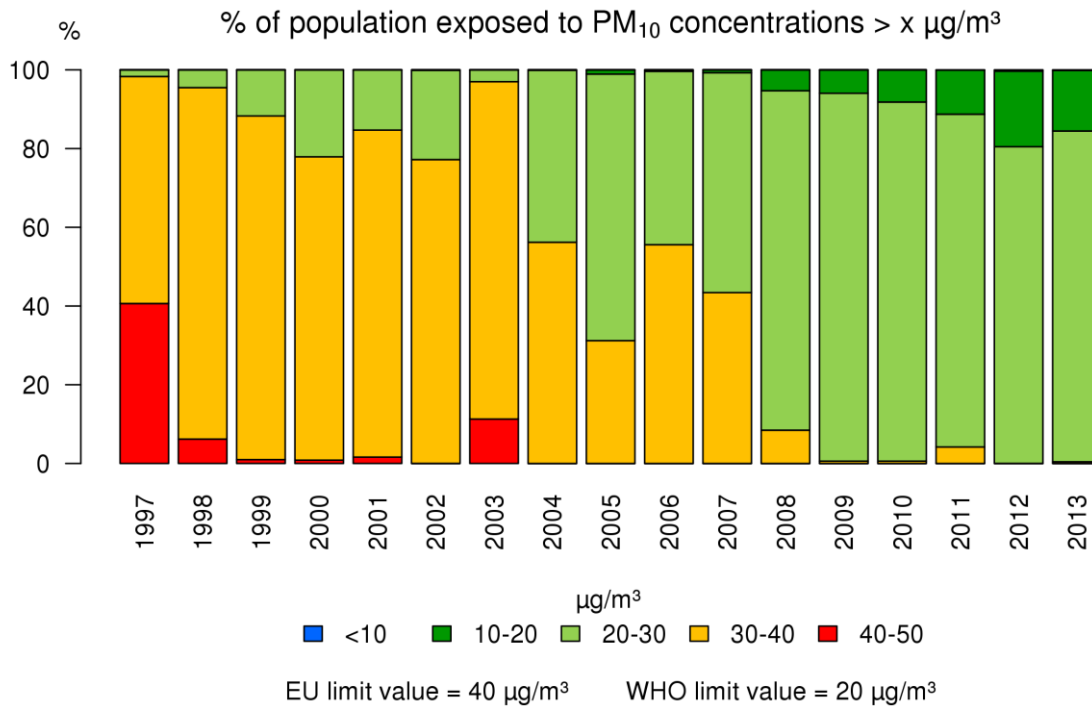
Figuur 10: Evolutie van de ruimtelijk gespreide jaargemiddelde PM₁₀-concentratie in België en de drie gewesten, en het bevolkingsgewogen gemiddelde voor België. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

Trend in PM10 annual mean (Belgium, 2000 - 2013)



Figuur 11: Ruimtelijke trend in jaargemiddelde PM10-concentraties (µg/m³/jaar). Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

In 2013 werd niemand van de Belgische bevolking blootgesteld aan jaargemiddelde concentraties boven de Europese grenswaarde van 40 µg/m³ (Figuur 12). 84% van de bevolking werd echter wel nog blootgesteld aan jaargemiddelde PM₁₀-concentraties boven de WGO-richtlijn van 20 µg/m³. De laatste jaren is er wel een daling van de bevolkingsblootstelling. In 2013 werd 16% van de bevolking blootgesteld aan PM₁₀-concentraties die lager zijn dan de WGO-richtwaarde (< 20 µg/m³), terwijl dat in 2011 nog maar 11% was en in 2006 zelfs 0%.



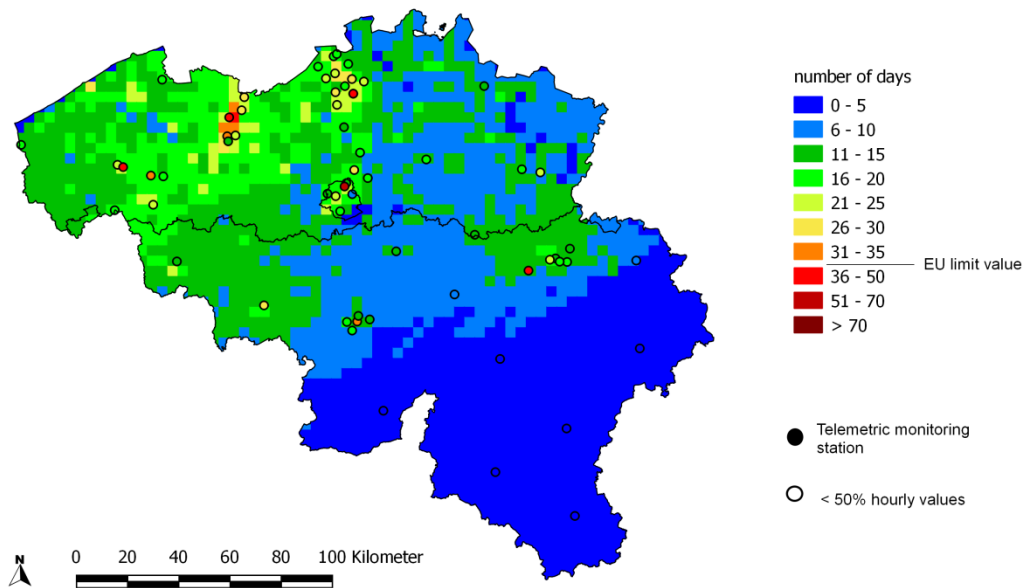
Figuur 12: Evolutie van de blootstelling van de bevolking aan jaargemiddelde PM₁₀-concentraties op basis van de RIO-interpolatietechniek.

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 2013 werd die drempel op verschillende plaatsen overschreden in de Gentse kanaalzone (Figuur 13). Zoals reeds vermeld in de inleiding van dit jaarrapport, kunnen lokaal concentraties gemeten worden die hoger of lager zijn dan deze berekend door de RIO interpolatietechniek voor een 4x4 km² gridcel. Zo werden ook meer dan 35 overschrijdingsdagen gemeten in de meetstations te Roeselare, Antwerpen (Borgerhout straatkant), Evergem en Engis, en zelfs meer dan 50 overschrijdingsdagen in het meetstation te Voorhaven (Haren). Het maximale aantal gemodelleerde overschrijdingsdagen in 2013 bedroeg 39, het minimale 0 en gemiddeld over België werden 9 overschrijdingsdagen berekend. De WGO-luchtkwaliteitsrichtwaarde 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 2013 beter dan 2012 voor 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.

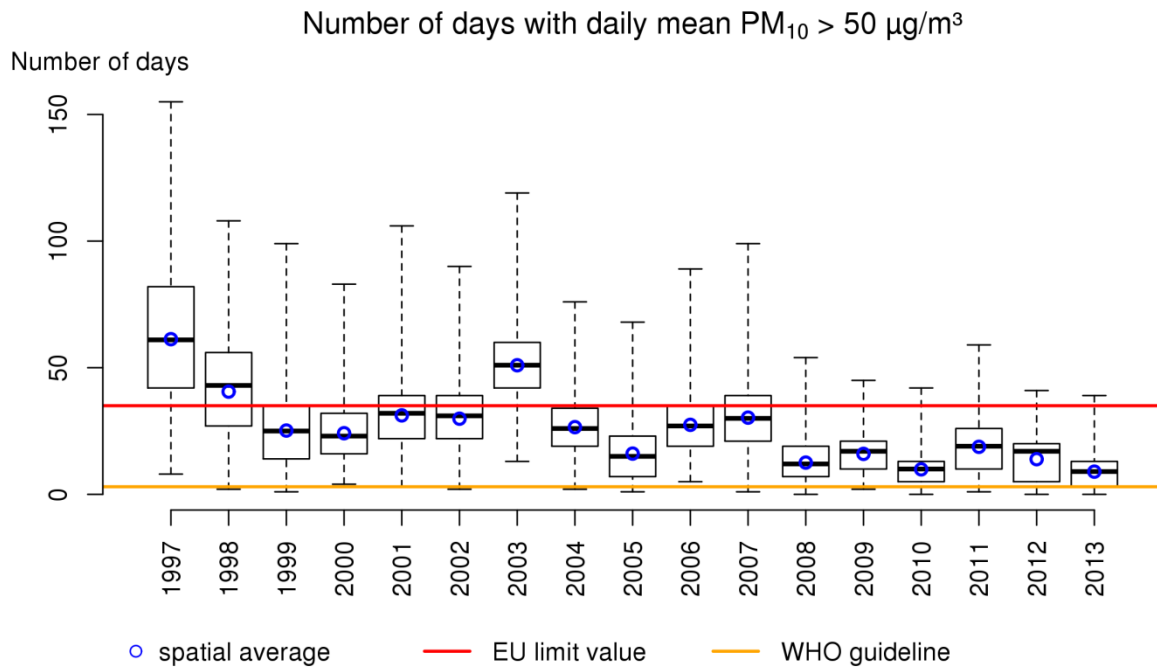
Exceedances of daily mean PM₁₀ > 50 µg/m³ (Belgium, 2013)



Figuur 13: Ruimtelijke spreiding van het aantal dagen in 2013 waarop de daggemiddelde PM₁₀-concentratie van 50 µg/m³ overschreden werd in België. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

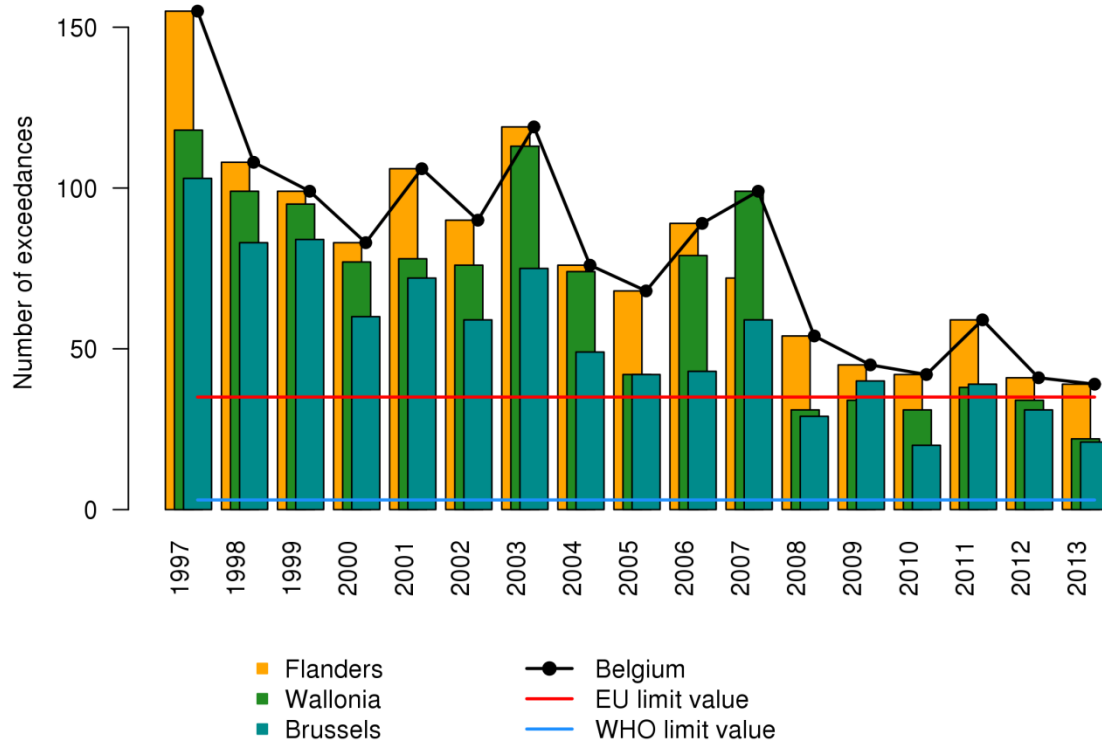
Het maximale aantal dagen waarop de daggemiddelde PM₁₀-concentratie hoger was dan 50 µg/m³ in België was in 2013 met 39 het laagste sinds het begin van de tijdsreeks in 1997 en vergelijkbaar met 2010 en 2012 toen respectievelijk maximaal 42 en 41 overschrijdingsdagen werden berekend (zie Figuur 14). 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. Ook de ruimtelijke variatie in België is afgenomen sinds 1997. De Europese grenswaarde van 35 dagen die al in 2005 moest zijn gehaald, wordt echter in 2013 nog altijd overschreden op verschillende plaatsen in België.. In 2013 werd bijgevolg 95% van de volledige Belgische bevolking blootgesteld aan daggemiddelde PM₁₀-concentraties boven de richtwaarde van de WGO.

De dalende trend in het aantal overschrijdingsdagen sinds 1997 wordt vastgesteld voor de drie gewesten (Figuur 15). Het maximale aantal dagen waarop in het Vlaams, Waals en Brussels Hoofdstedelijk Gewest de daggemiddelde grenswaarde overschreden werd, bedroeg in 2013 respectievelijk 39, 22 en 21.



Figuur 14: 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.

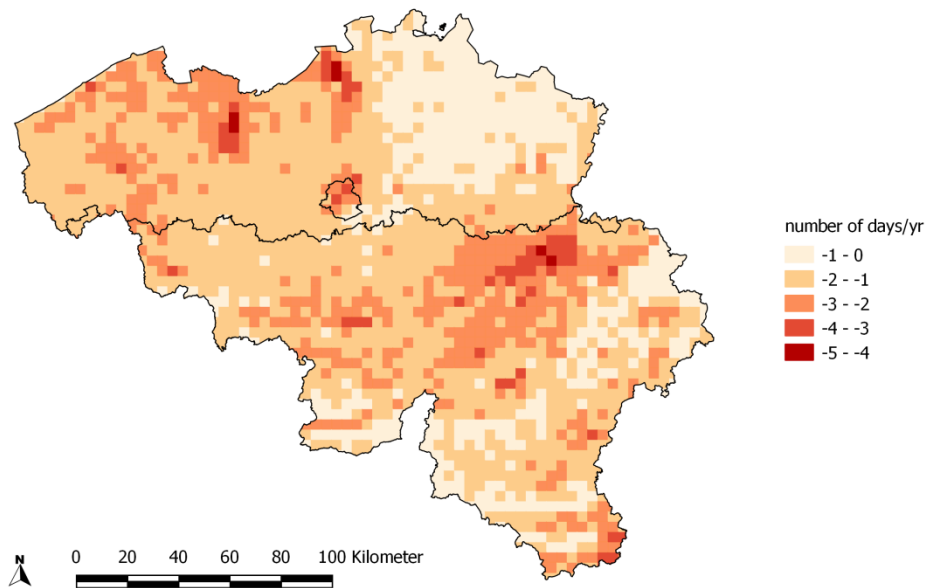
Maximum number of days with daily mean PM₁₀ > 50 µg/m³



Figuur 15: Evolutie van het maximale aantal dagen per jaar waarop de daggemiddelde PM₁₀-concentratie hoger was dan 50 µg/m³ in België en de drie gewesten. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

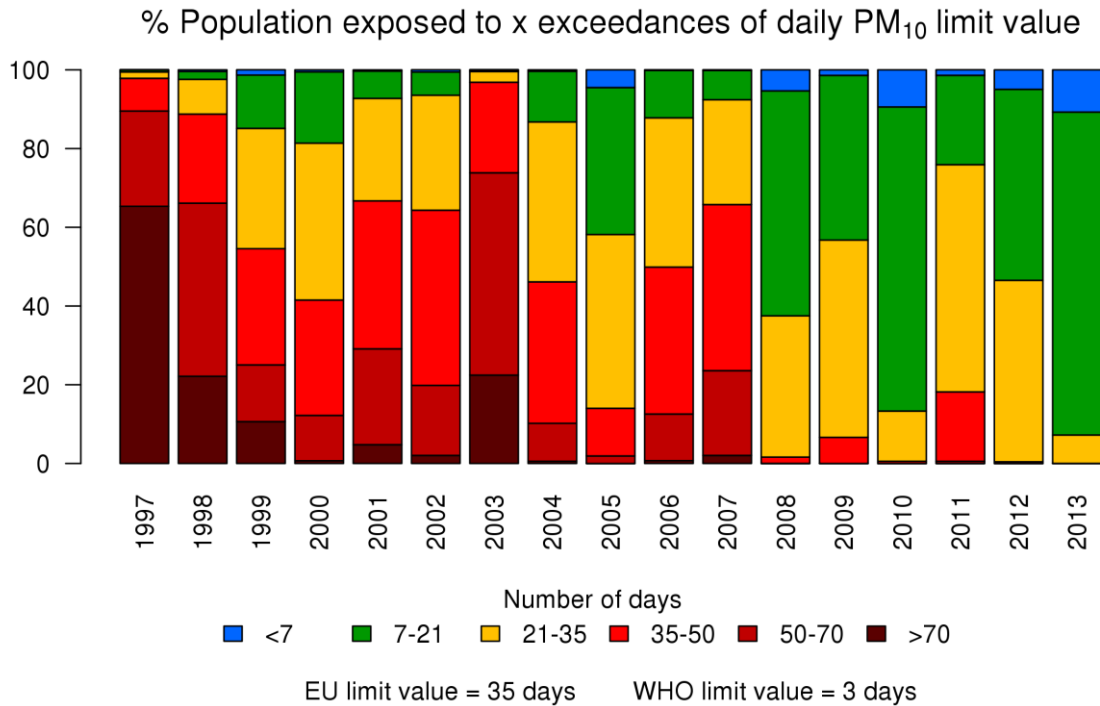
Figuur 16 toont de ruimtelijke verdeling van de trend in het aantal dagen met daggemiddelde PM₁₀-concentraties boven 50 µg/m³ over de periode 2000-2013. De grootste daling (2 tot 5 overschrijdingsdagen per jaar) doet zich voor in de grote agglomeraties Gent, Antwerpen, Brussel, en in de omgeving van Luik.

Trend in exceedances of PM10 daily mean $> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Belgium, 2000 - 2013)



Figuur 16: Ruimtelijke trend van het aantal dagen met daggemiddelde $> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ over de periode 2000-2013 (aantal dagen/jaar). Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

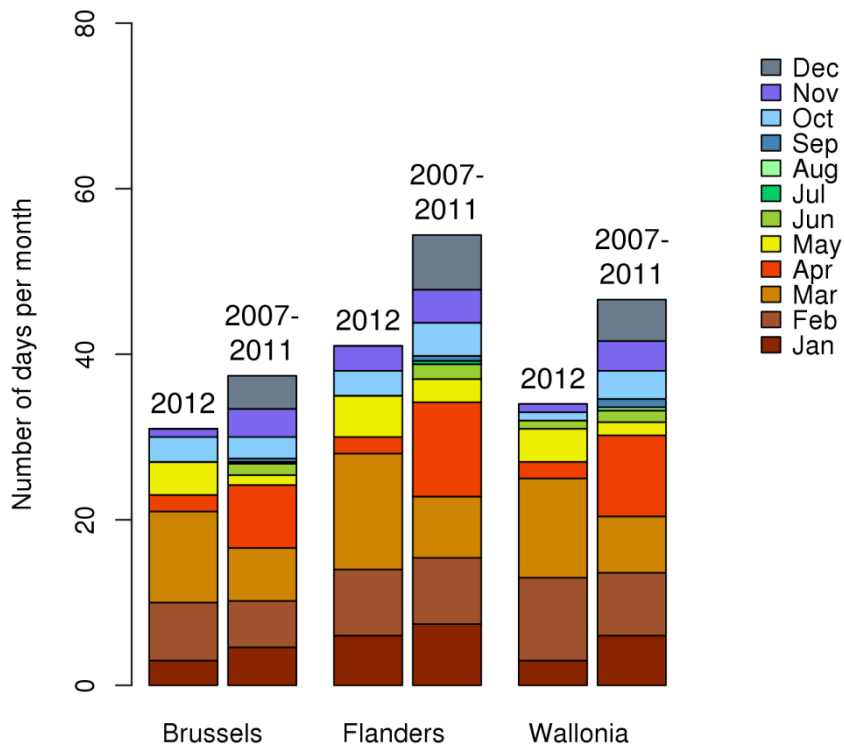
Doordat het aantal overschrijdingsdagen in 2013 beperkt bleef, werd slechts 0.02 % van de Belgische bevolking blootgesteld aan meer dan 35 overschrijdingsdagen (Figuur 17). 2013 scoort daarmee zeer goed en is vergelijkbaar met 2010. Ook hier moet rekening gehouden met de ruimtelijke resolutie van het RIO interpolatiemodel (zie hoger) waardoor de onzekerheid op de blootstellingscijfers hoog is.

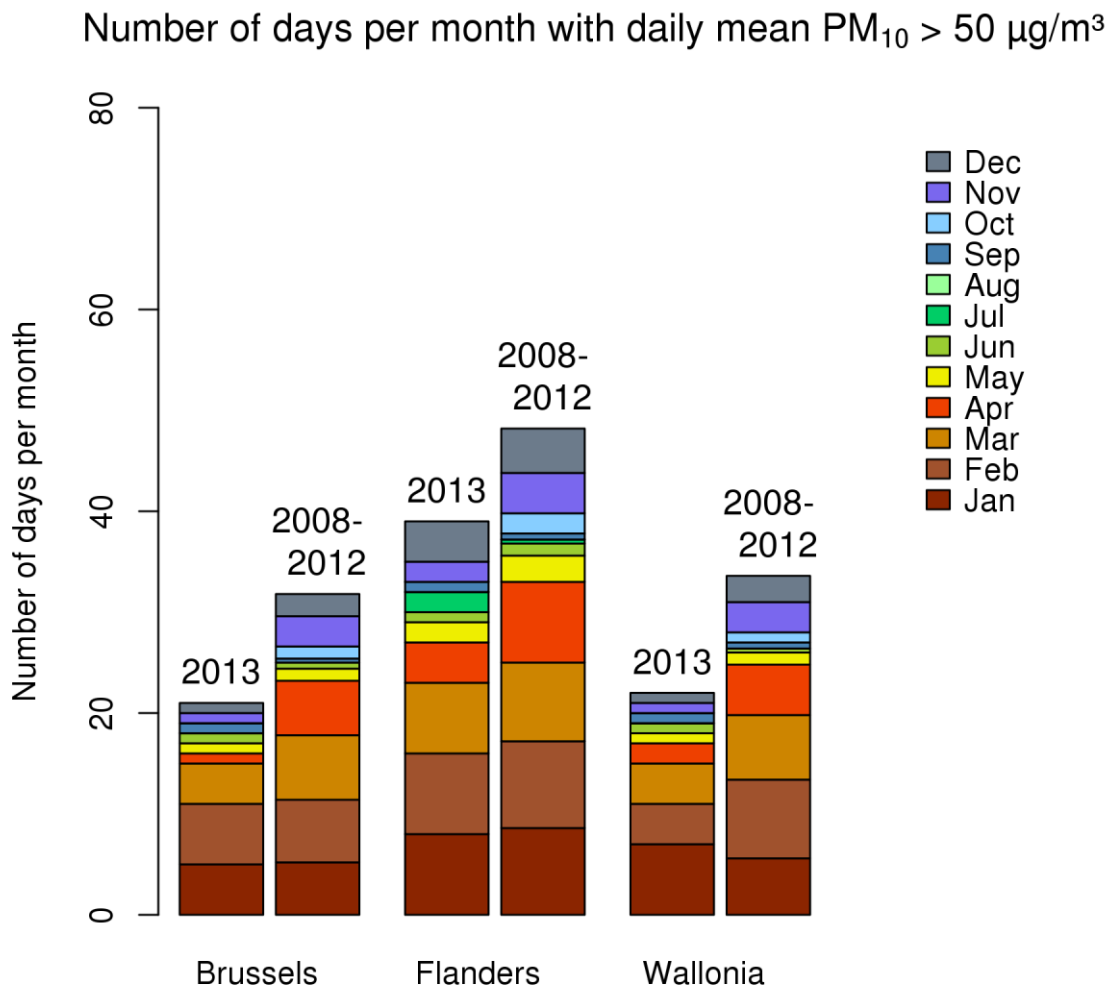


Figuur 17: Evolutie van de bevolkingsblootstelling aan dagen waarbij de daggemiddelde PM₁₀-concentratie hoger was dan 50 µg/m³. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

Figuur 18 geeft aan hoe het maximale aantal overschrijdingsdagen per gewest verdeeld is over de verschillende maanden en dat zowel voor 2013 als uitgemiddeld voor de vijf voorgaande jaren. In 2013 werden vooral overschrijdingen vastgesteld tijdens de eerste 3 maanden van het jaar. Behalve in augustus en oktober was er elke maand minstens 1 overschrijdingsdag in België. De verdeling van het aantal overschrijdingsdagen doorheen het jaar is soortgelijk aan die van de vorige vijf jaren, waar ook de meerderheid van de overschrijdingen vastgesteld werd in de periode van januari tot april. Opvallend is dat er in Vlaanderen ook in juli enkele overschrijdingsdagen voorkwamen in 2013, terwijl dit eerder ongewoon is.

Number of days per month with daily mean PM₁₀ > 50 µg/m³



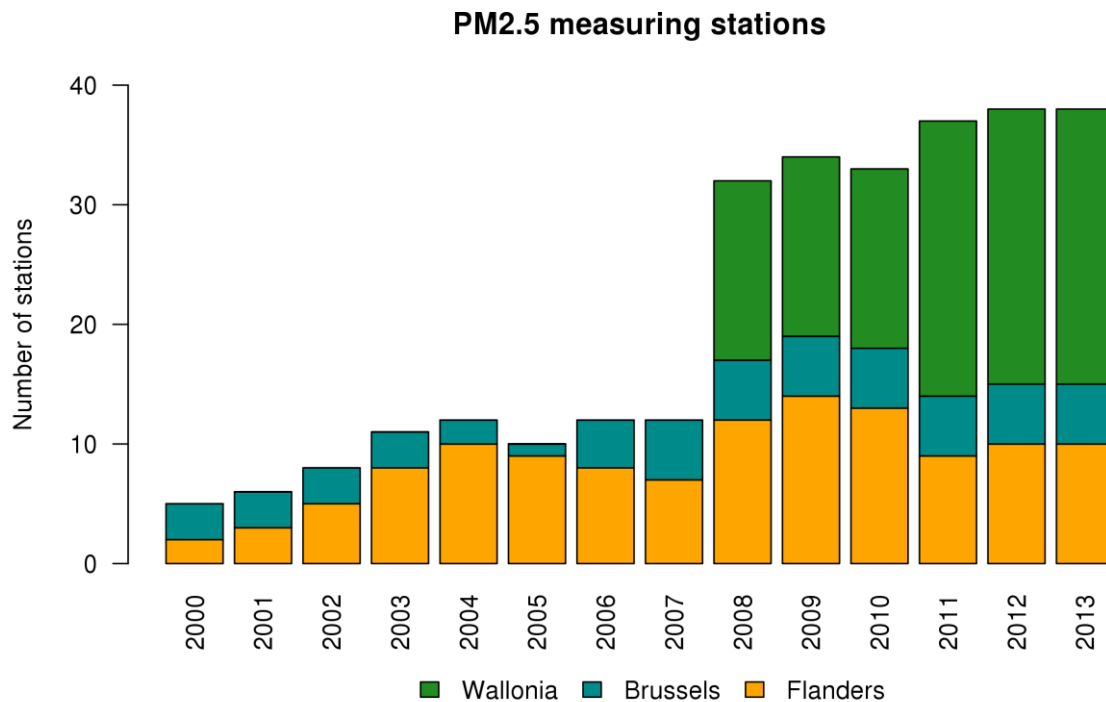


Figuur 18: Hoogste aantal dagen per maand waarop ergens in het Brussels Hoofdstedelijk, het Vlaams en het Waals Gewest de daggemiddelde grenswaarde van 50 µg/m³ overschreden werd in 2013 en de vijf voorgaande jaren. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

3.2 PM_{2,5}

3.2.1 PM_{2,5}-meetstations

Figuur 19 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 38 sinds 2012 ? 2013. Omdat het aantal meetstations voor 2008 aanzienlijk lager ligt dan in 2013 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 19: Evolutie van het aantal PM_{2.5}-meetstations in België.

3.2.2 PM_{2.5}-jaargemiddelde concentratie

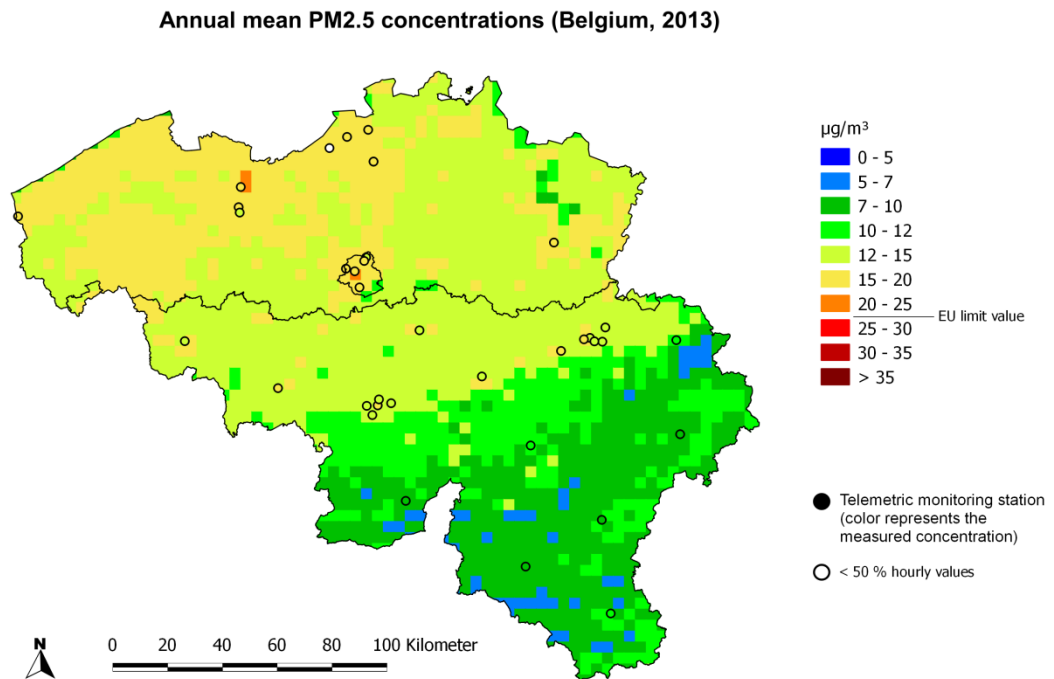
De Europese grenswaarde voor de bescherming van de bevolking tegen langdurige blootstelling aan PM_{2.5} werd vastgelegd op 25 µg/m³ als jaargemiddelde concentratie. De verschillende Europese lidstaten moeten echter pas in 2015 aan die grenswaarde voldoen. Sinds 2010 en tot 2015 geldt de grens van 25 µg/m³ als, niet juridisch bindende, streefwaarde. In 2013 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 13.1 µg/m³. De maximumconcentratie van 20.7 µg/m³ werd berekend in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest. Ook in de Antwerpse havenzone komen concentraties voor hoger dan 20 µg/m³, wat de Europese indicatieve grenswaarde is die de Europese richtlijn 2008/50/EG vooropstelt in 2020. De laagste concentraties, onder de WGO-richtlijn 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.

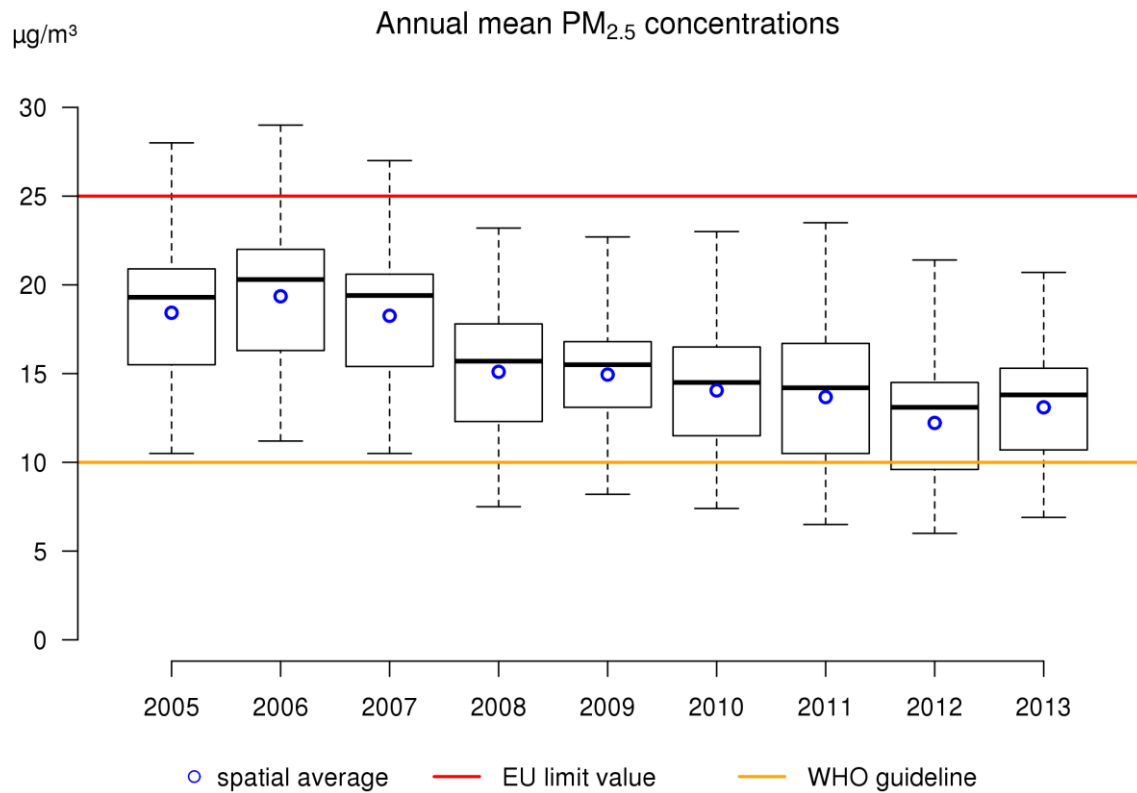
De ruimtelijk gemiddelde jaargemiddelde PM_{2.5}-concentraties, en ook de laagste percentielen, vertonen een licht dalende trend sinds 2006 (Figuur 21). Deze trend wordt echter niet verdergezet in 2013, waar terug een lichte stijging optreedt. Enkel de maximale jaargemiddelde concentratie daalt lichtjes na een stagnatie van de laatste jaren, en ligt onder de Europese grenswaarde van 25 µg/m³. In 2013 worden wel nog in driekwart van België jaargemiddelde PM_{2.5}-concentraties berekend boven de WGO-richtwaarde van 10 µg/m³.

De ruimtelijk jaargemiddelde concentraties in 2013 voor Vlaanderen, Wallonië en Brussel bedroegen respectievelijk 15.3, 11.3 en 17.6 µg/m³. Sinds 2006 dalen de PM_{2.5}-concentraties in alle gewesten, hoewel voor 2013 opnieuw een lichte stijging van ten opzichte van 2012 vastgesteld werd (Figuur 22). Sinds 2007 worden, op basis van de ruimtelijke interpolatie in 4x4 km gridcellen, geen mensen meer blootgesteld aan PM_{2.5}-concentraties boven 25 µg/m³. In 2013 werd ook nog maar 1.8 % van de

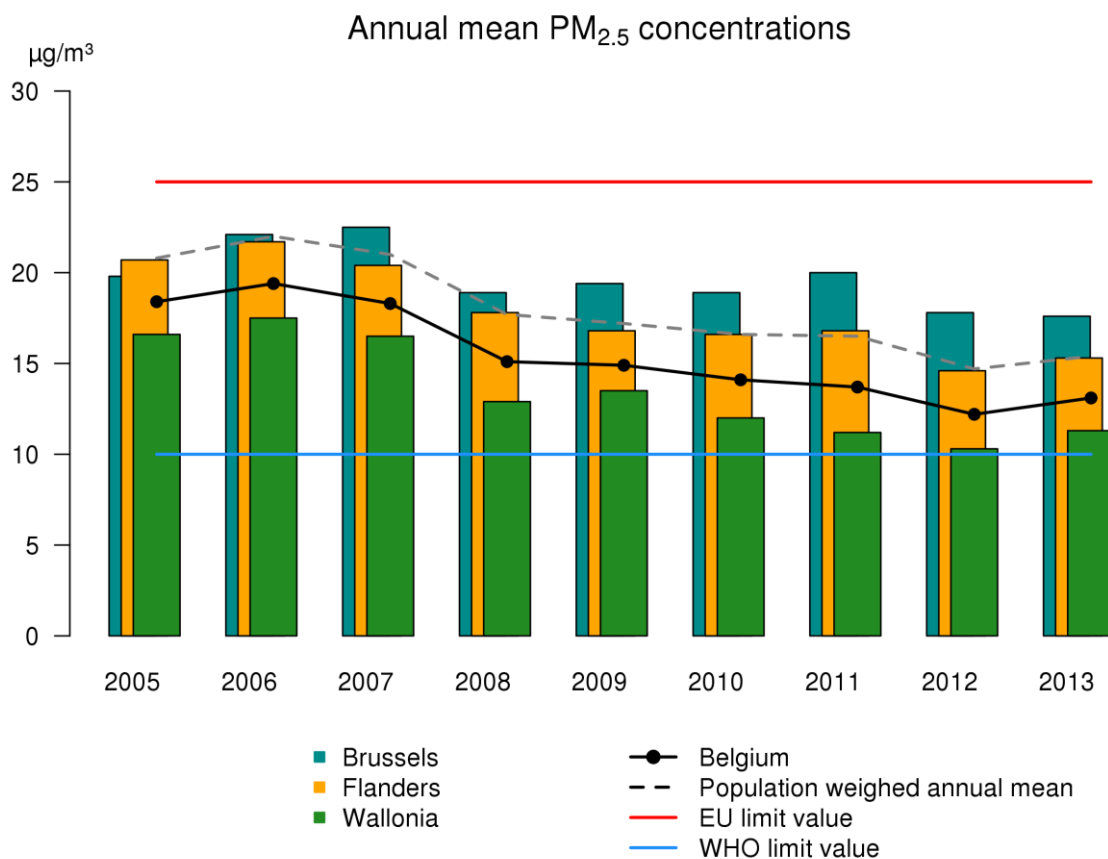
Belgische bevolking blootgesteld aan $PM_{2,5}$ -concentraties tussen 20 en 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, evenveel als in 2012. De bevolkingsblootstelling aan concentraties boven de WGO-richtwaarde van 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ steeg in 2013 echter weer tot 97% (Figuur 23).



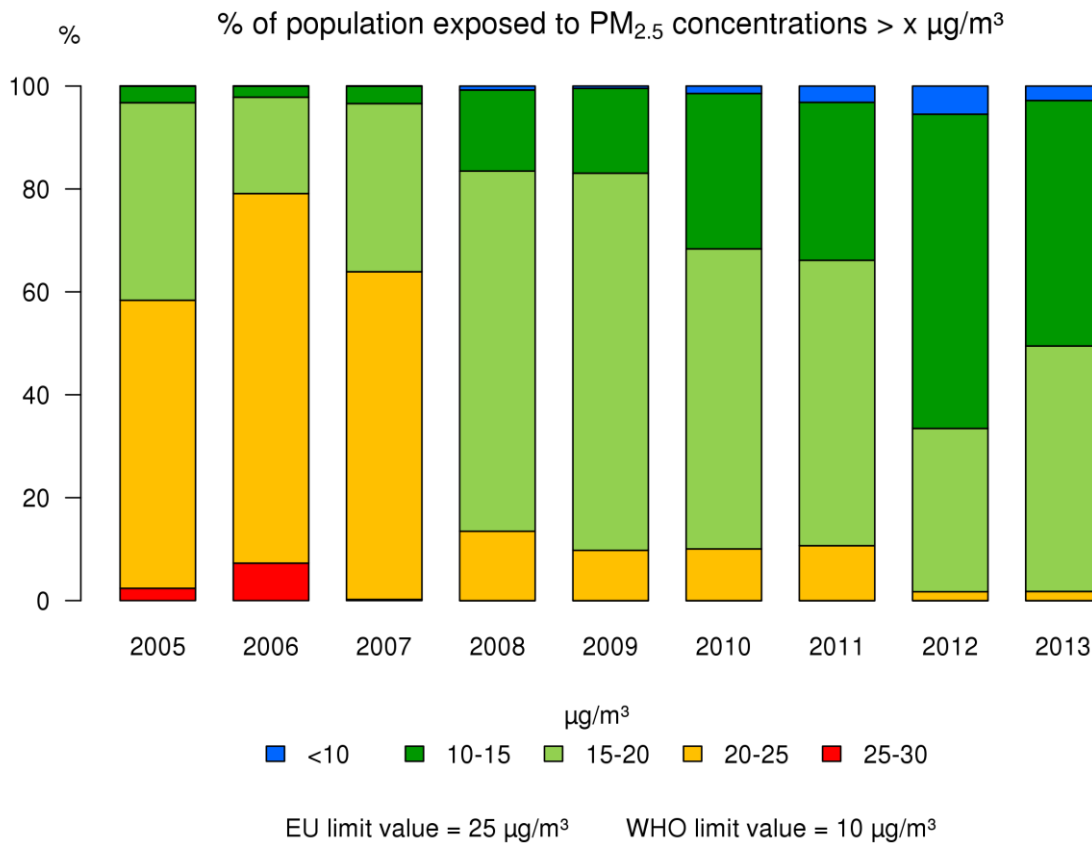
Figuur 20: Ruimtelijke spreiding van de jaargemiddelde $PM_{2,5}$ -concentratie in België in 2013. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.



Figuur 21 Boxplot van de jaargemiddelde PM_{2.5}-concentraties (µg/m³) over de periode 2005-2013. Het ruimtelijke gemiddelde wordt door de blauwe cirkels weergegeven. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

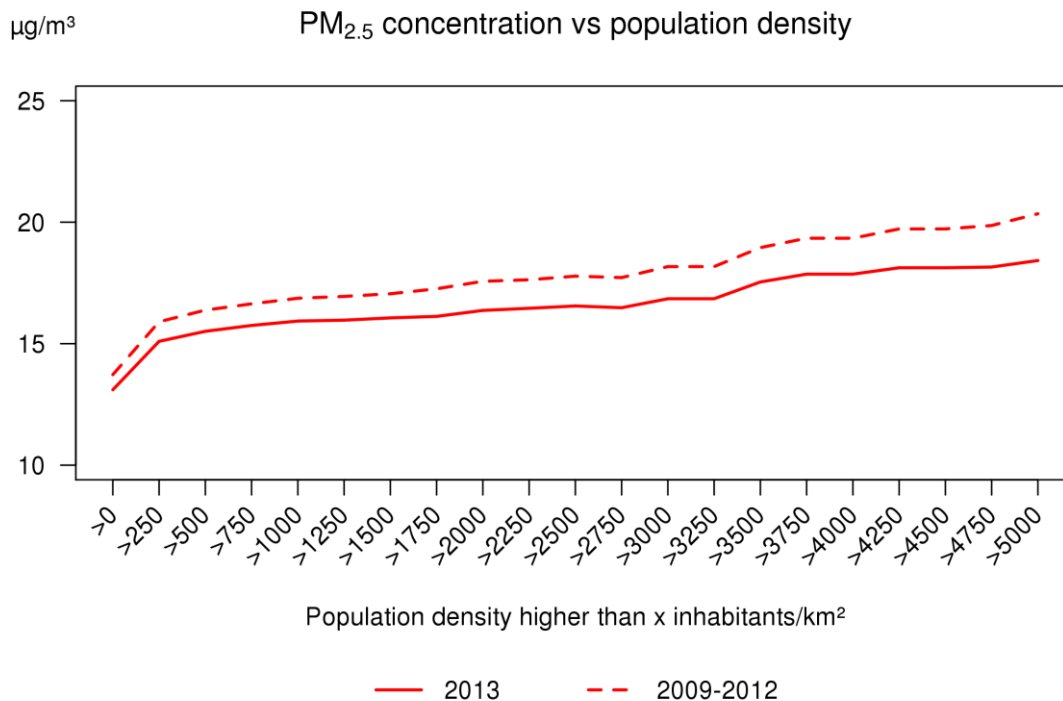


Figuur 22: Evolutie van de ruimtelijk jaargemiddelde PM_{2.5}-concentraties voor de drie gewesten en België, en ook de bevolkingsgewogen jaargemiddelde concentratie voor België. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.



Figuur 23: 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 km-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 24). Uit die relatie blijkt dat mensen die wonen op plaatsen met een hoge bevolkingsdichtheid, blootgesteld worden aan de hoogste jaargemiddelde PM_{2.5}-concentraties. Voor de periode 2009-2012 waren de jaargemiddelde PM_{2.5}-concentraties op plaatsen met meer dan 4750 inwoners/km² gemiddeld hoger dan 20 µg/m³. Voor 2013 ligt de blootstelling aan PM_{2.5} concentraties voor iedereen lager, al is dit voor de bevolking in gebieden met meer dan 4750 inwoners/km² boven 18 µg/m³.



Figuur 24: Relatie tussen de geïnterpoleerde jaargemiddelde $\text{PM}_{2.5}$ -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 $\text{PM}_{2.5}$ 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 $\text{PM}_{2.5}$ -concentraties in stedelijke achtergrondstations. Voor die GBI werd een grenswaarde van $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 6 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 $19.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Op basis van bijlage XIV van de richtlijn 2008/50/EG valt die GBI in de categorie ‘ $18 \rightarrow 22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ’, wat betekent dat België verplicht is om de GBI met 20% te reduceren tegen 2020. Dat zou neerkomen op een GBI van $15.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. 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 2011, 2012 en 2013 bedraagt $17,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (zie Tabel 7).

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

Tabel 6: 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 2010			
	2011	18,97	
	GBI	19,0	

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

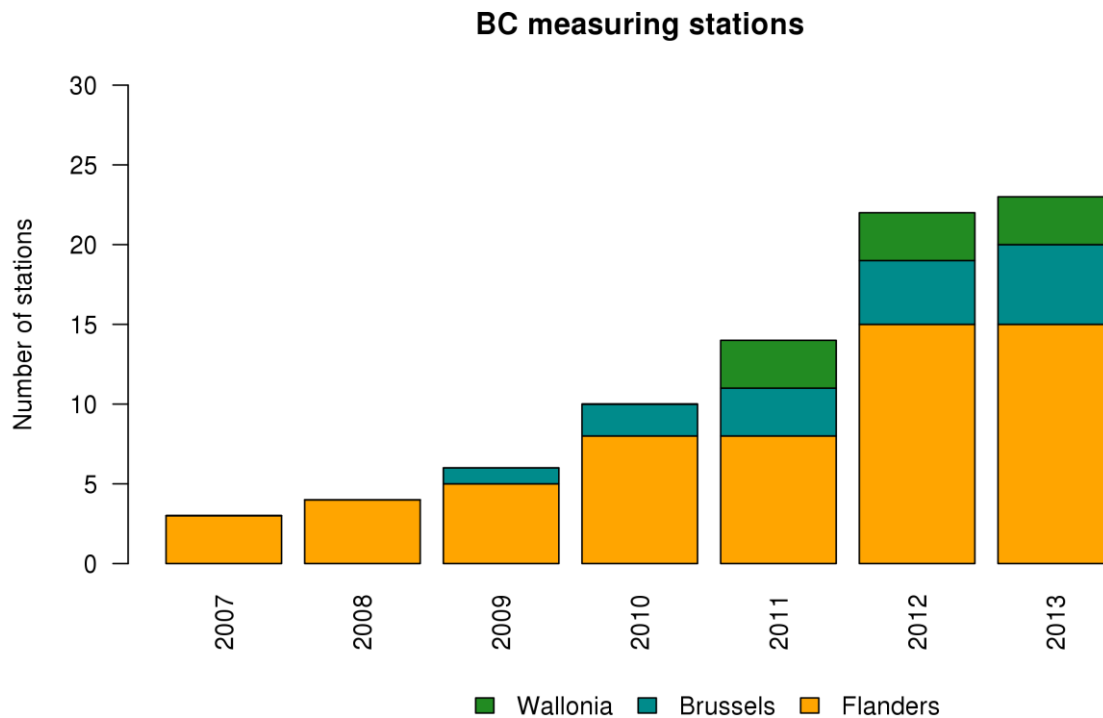
Tabel 7: Overzicht van de PM_{2,5}-concentraties voor 2011, 2012 en 2013 per stedelijk achtergrondstation dat meegenomen werd in de berekening van de gemiddelde blootstellingsindex of GBI.

Stationsnaam	2011	2012	2013
SINT JANS MOLENBEEK	25,05	22,76	20,38
UKKEL	18,77	17,68	19,29
LIEGE	14,66	14,06	14,80
CHARLEROI	14,17	13,35	15,59
BRUGGE	18,64	16,91	16,67
GENT	20,24	17,73	18,87
ANTWERPEN	19,55	16,97	17,83
SCHOTEN	18,96	16,55	16,51
gemiddelde per jaar	18,75	17,00	17,49
gemiddelde 2010 2011			
2012		17,75	
GBI		17,7	

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 25). Het aantal stations nam intussen toe tot 23 in 2013, waarvan 15 in Vlaanderen, 5 in Brussel en 3 in Wallonië.



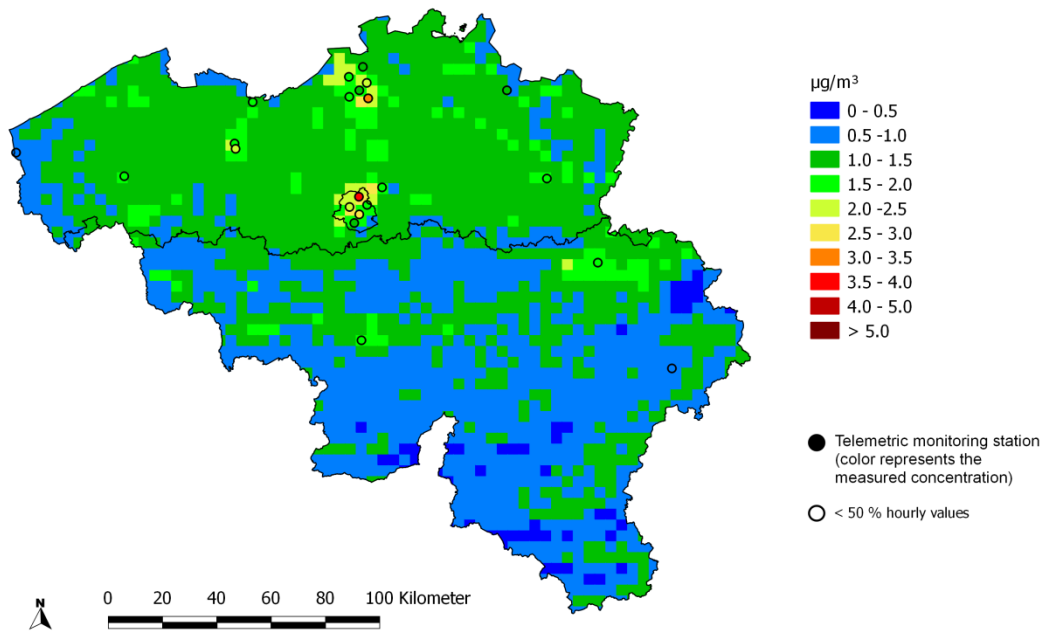
Figuur 25: Evolutie van het aantal BC meetstations in België.

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 lokaties waar biomassa verbrand wordt. Momenteel bestaan geen grens- of streefwaarden waarmee de geïnterpoleerde BC concentraties kunnen vergeleken worden. Figuur 26 toont de ruimtelijke spreiding van de jaargemiddelde BC concentratie voor 2013 over België. Concentraties van BC nemen snel af met de afstand tot de bron. Lokaal kunnen de metingen dus hoger liggen dan wat representatief is voor een 4x4 km² rooster cel. Een kaart met de onzekerheid op de jaargemiddelde BC concentratie is terug te vinden in Annex D.

Door de beperkte tijdreeks, is een evaluatie van de trend nog niet mogelijk.

Annual mean BC concentrations (Belgium, 2013)



Figuur 26: Jaargemiddelde BC concentratie 2013

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.

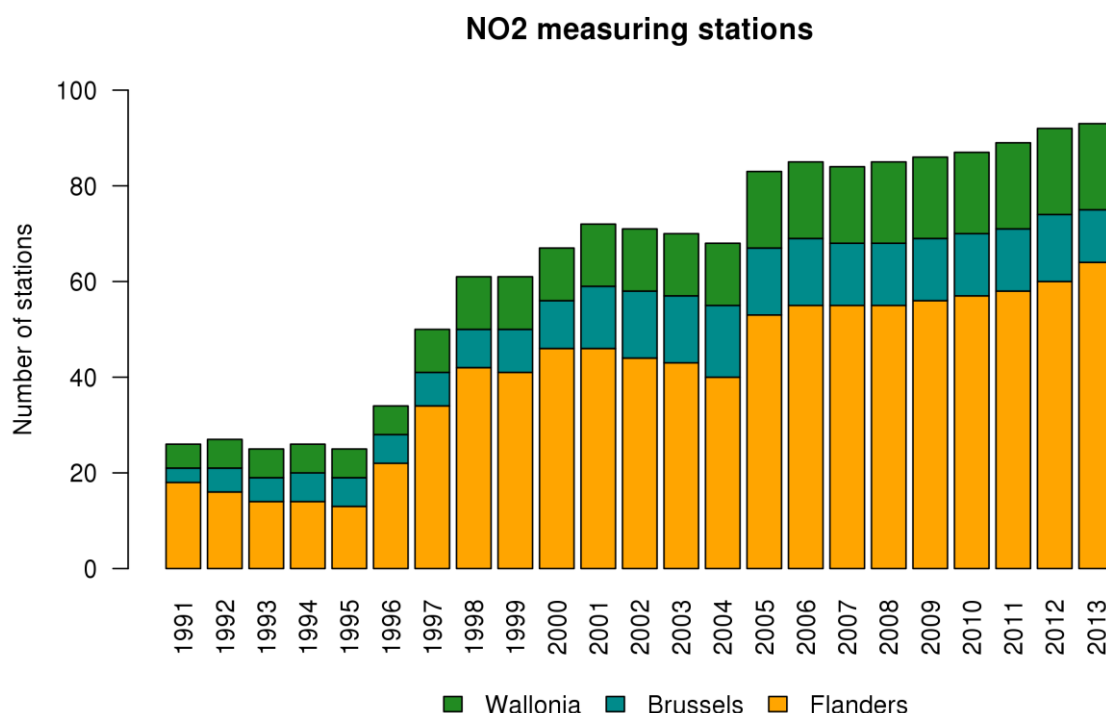
Stikstofoxides spelen ook een belangrijke rol bij de vorming van ozon en aerosolen. Tijdens warme zomerdagen met sterke zonnestraling wordt NO_2 door het uv-licht van de zon gedissocieerd in NO en een vrij zuurstofradicaal (O). Het laatste zal vervolgens reageren met een zuurstofmolecule en zo ozon (O_3) 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 grenswaarden ervoor 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 27 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. Omdat het aantal meetstations voor 1997 aanzienlijk lager lag dan in 2013, is de onzekerheid van de jaargemiddelden groter in die beginjaren.

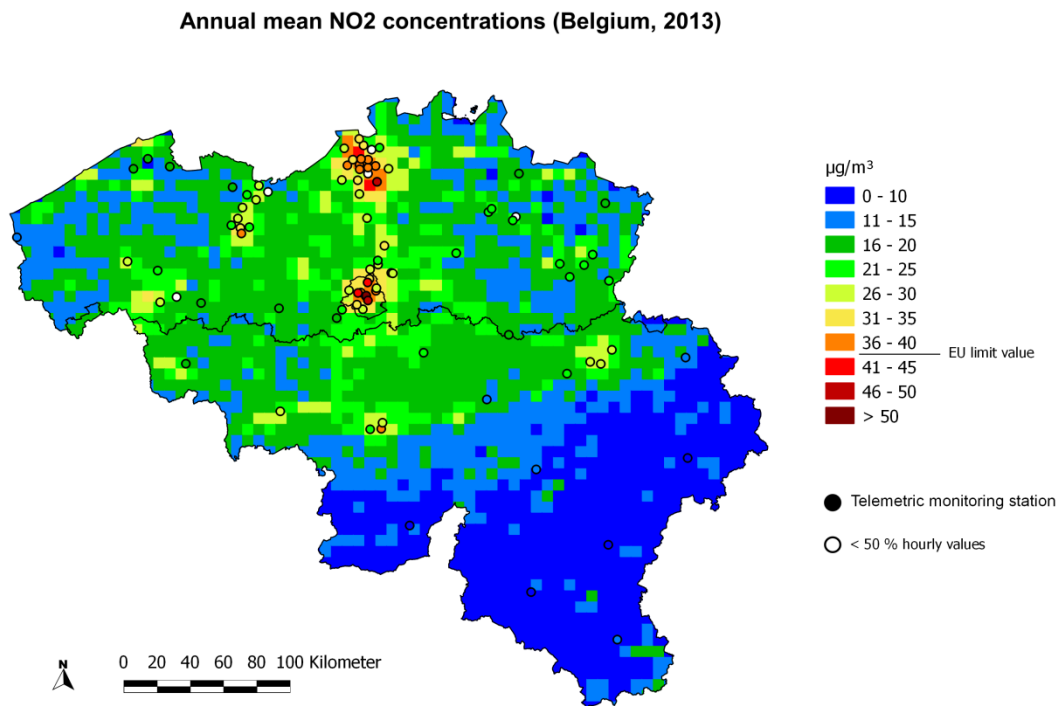


Figuur 27: Evolutie van het aantal NO₂-meetstations in België.

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 hebben uitstel verkregen tot 2015 voor het halen van die grenswaarde (zie ook 1.2). In die twee zones geldt tot dan een grenswaarde van 60 µg/m³ die gebaseerd is 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. Uit Figuur 28 blijkt duidelijk dat de hoogste jaargemiddelden gemeten worden in de stedelijke gebieden. Dat is niet verwonderlijk gezien het sterke verkeersgerelateerde karakter van NO₂. Op verkeersdrukke 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 interpolatiekaartjes. Het hoogste

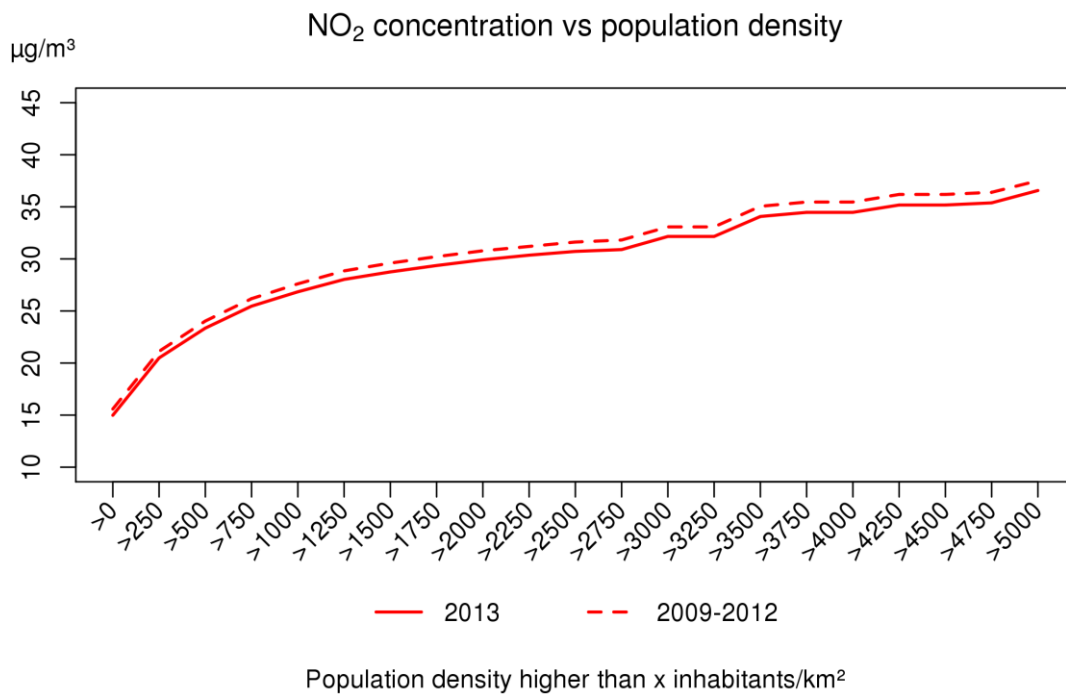
NO₂-jaargemiddelde van alle Belgische gridcellen bedraagt 42 µg/m³. Gemiddeld over Vlaanderen is het jaargemiddelde 18 µg/m³, gemiddeld over Brussel 33 µg/m³ en gemiddeld over Wallonië 12 µg/m³. Het ruimtelijk gemiddelde in België, rekening houdend met het aantal inwoners per gridcel (het bevolkingsgewogen gemiddelde), bedraagt 23 µg/m³. Dat ligt aanzienlijk hoger dan het niet-bevolkingsgewogen gemiddelde over België (15 µg/m³), wat weerspiegelt dat de gridcellen waar de meeste bevolking woont (stedelijke gebieden), ook de gridcellen zijn met hogere NO₂-jaargemiddelde concentraties. Dat wordt ook duidelijk in Figuur 29, waarin de relatie tussen de jaargemiddelde NO₂-concentratie en de geaccumuleerde bevolkingsdichtheid weergegeven wordt. Vanaf een bevolkingsaantal van 3750 inwoners/km² is de jaargemiddelde NO₂-concentratie in 2013 hoger dan 35 µg/m³. Voor de periode 2009-2012 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.



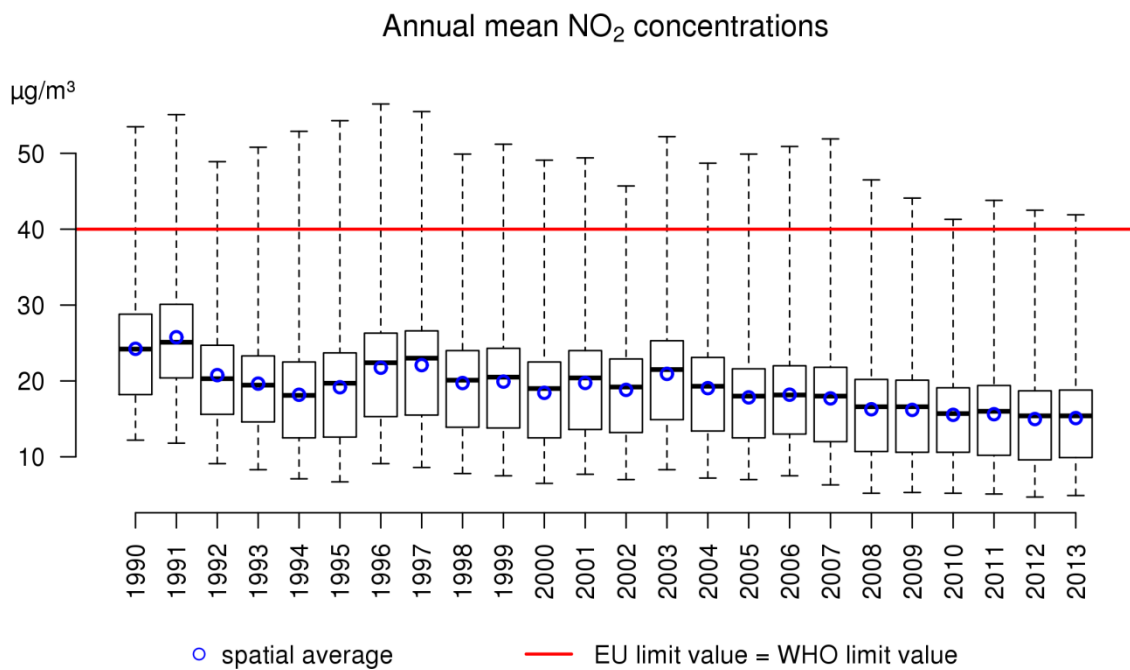
Figuur 28: Ruimtelijke spreiding van het NO₂-jaargemiddelde in 2013. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

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 30. Ook het ruimtelijk gemiddelde over België is weergegeven. Ook daaruit blijkt dat de Europese jaargrenswaarde nog niet overal gerespecteerd wordt.

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.

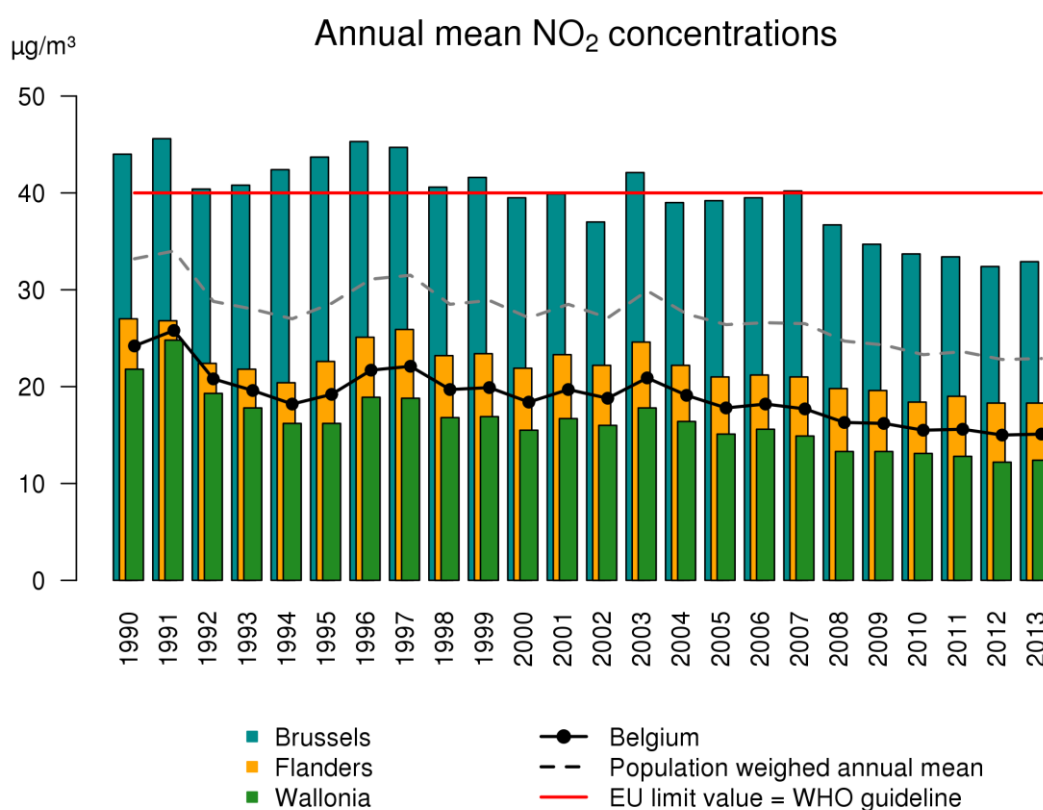


Figuur 29: Relatie tussen de geïnterpoleerde jaargemiddelde NO₂-concentraties en de bevolkingsdichtheid (inwoners/km²) boven een bepaalde waarde. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.



Figuur 30: Boxplots van de jaargemiddelde NO₂-concentraties (µg/m³) voor de periode 1990-2013. Het ruimtelijke gemiddelde wordt door de blauwe cirkels weergegeven. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

Figuur 31 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. Er is geen duidelijke trend waarneembaar in de jaargemiddelde NO₂-concentraties op regionaal of Belgisch niveau, hoewel vanaf 2007 tot 2012 de jaargemiddelde NO₂-concentraties in alle gewesten lichtjes dalen. In 2013 blijft het jaargemiddelde gelijk voor Vlaanderen en Wallonië en stijgt het 1µg/m³ voor Brussel in vergelijking met 2012. In de jaren vóór 1997 is de onzekerheid op het berekende jaargemiddelde groter door het lagere aantal meetstations.

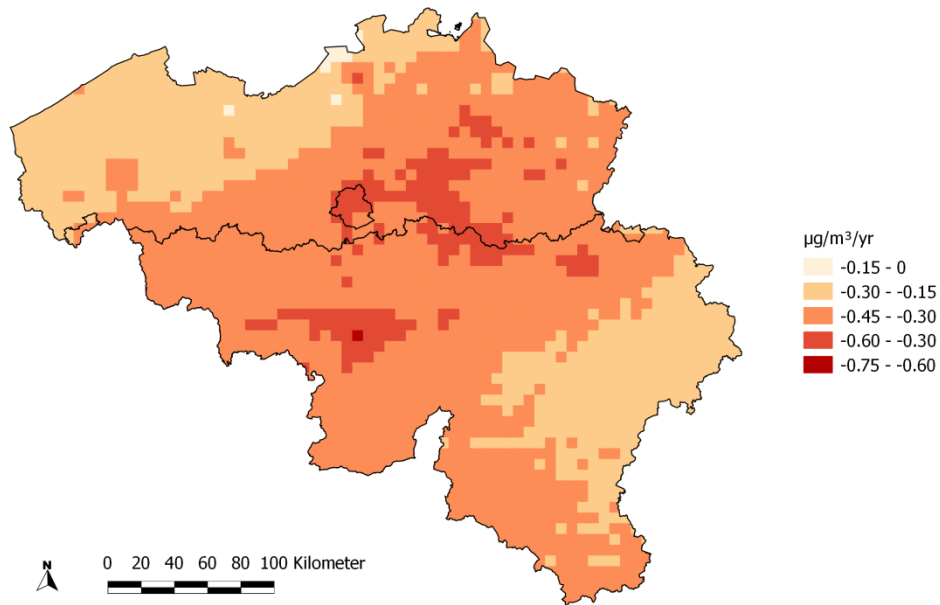


Figuur 31: Evolutie van het NO₂-jaargemiddelde in België op basis van de RIO-interpolatietechniek.

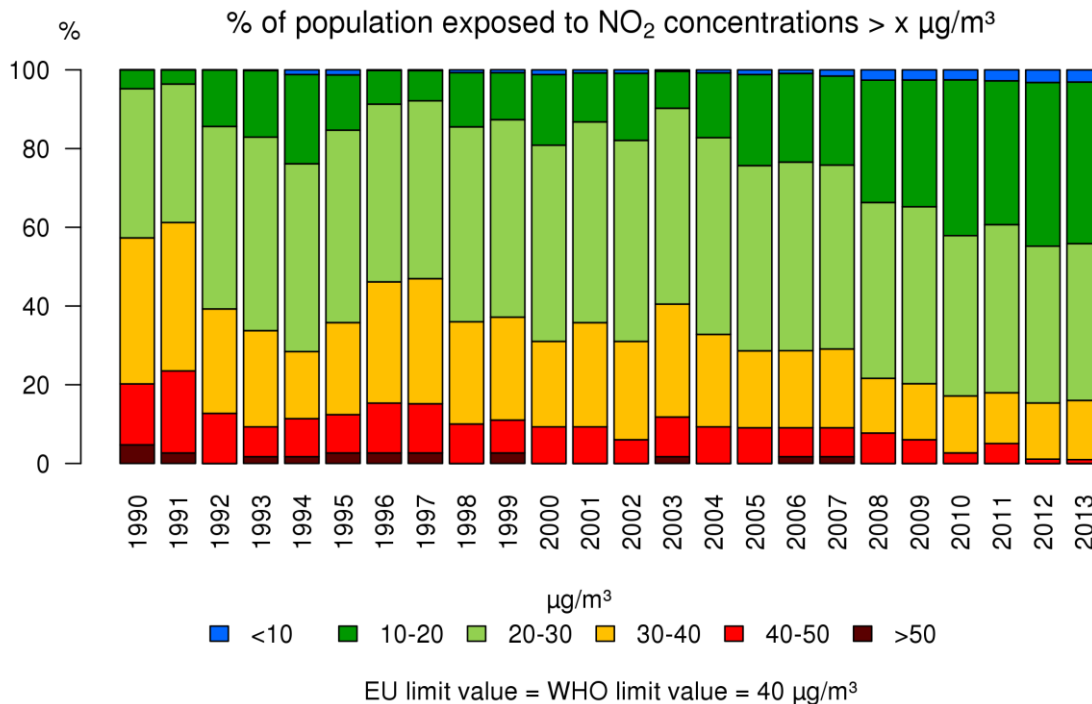
De daling van de jaargemiddelde NO₂-concentraties in België in de periode 1990-2013 is eerder beperkt (Figuur 32). De grootste dalingen – tussen 0.6 en 0.75 µg/m³/jaar – doen zich voor in de regio rond Charleroi, Brussel en het zuidwesten van de provincie Vlaams-Brabant.

Sinds 2003 worden alsmaar meer mensen aan lagere jaargemiddelde NO₂-concentraties blootgesteld (Figuur 33). Vanaf 1998 schommelt het percentage van de Belgische bevolking dat potentieel blootgesteld is aan jaargemiddelde concentraties boven de EU-grenswaarde rond 10%. In 2013 is dat afgenomen tot 1%.

Trend NO2 annual mean concentrations 1990 - 2013



Figuur 32: Trend ($\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{jaar}$) van de jaargemiddelde NO₂-concentraties in de periode 1990-2013. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.



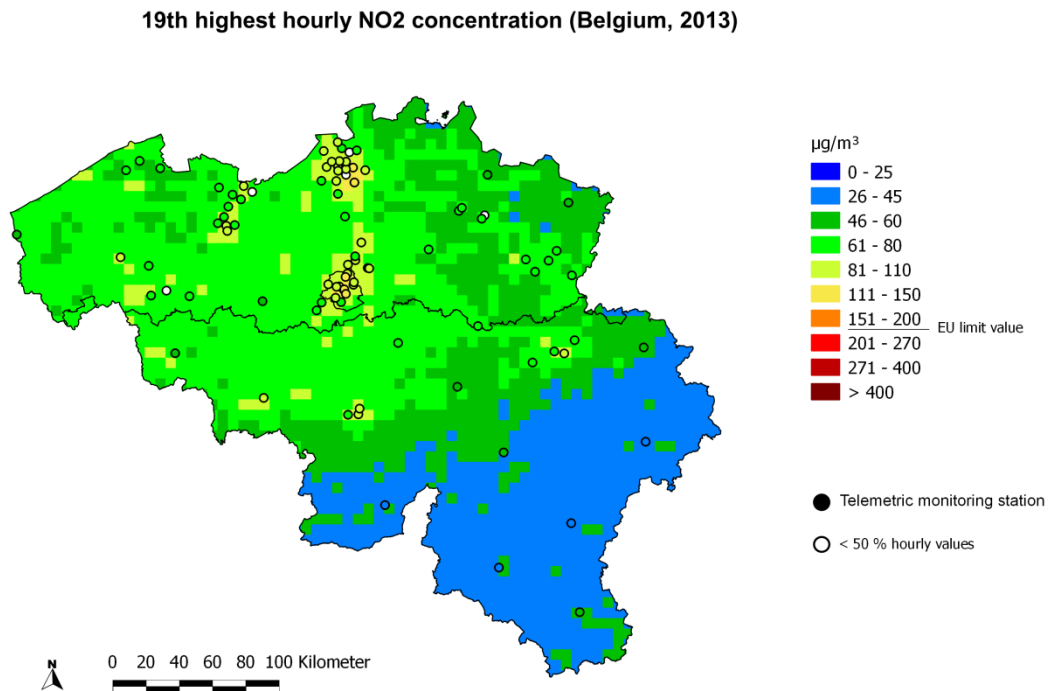
Figuur 33: Percentage van de Belgische bevolking blootgesteld aan jaargemiddelde NO₂-concentraties. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

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 1 000 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 die criteria voldoen, is die grenswaarde niet van toepassing.

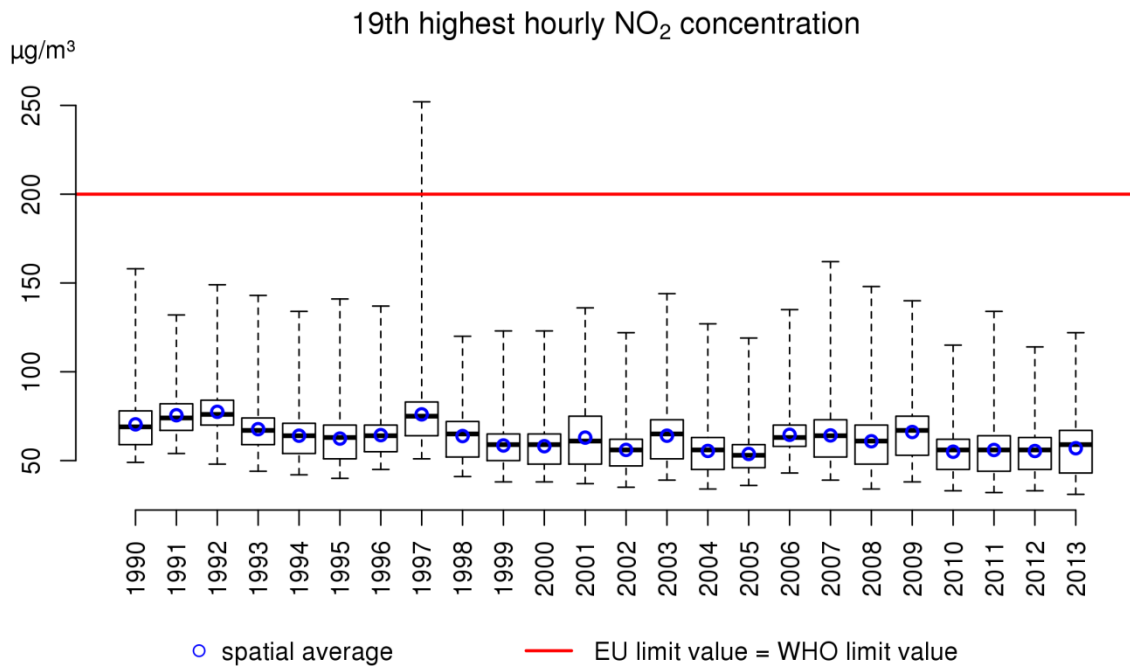
4.3 NO₂-uurwaarden

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 niet zichtbaar. De 19^e hoogste uurwaarde in België in 2013 wordt voorgesteld in Figuur 34 (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 km, bedraagt 122 µg/m³, wat ruim onder de Europese limiet van 200 µg/m³ ligt en doet zich voor in Brussel. De 19^e hoogste NO₂-uurwaarde is gemiddeld in Vlaanderen 66 µg/m³, in Wallonië 49 µg/m³ en in Brussel 101 µg/m³. De hoogste waarden komen enkel voor in de grote agglomeraties zoals Brussel en Antwerpen. De WGO-richtwaarde bedraagt eveneens 200 µg/m³, maar mag geen enkele keer worden overschreden. Ook daaraan wordt overal in België voldaan. De maximale uurgemiddelde NO₂-concentratie, representatief voor een gebied van 4x4 km bedroeg 167 µg/m³.

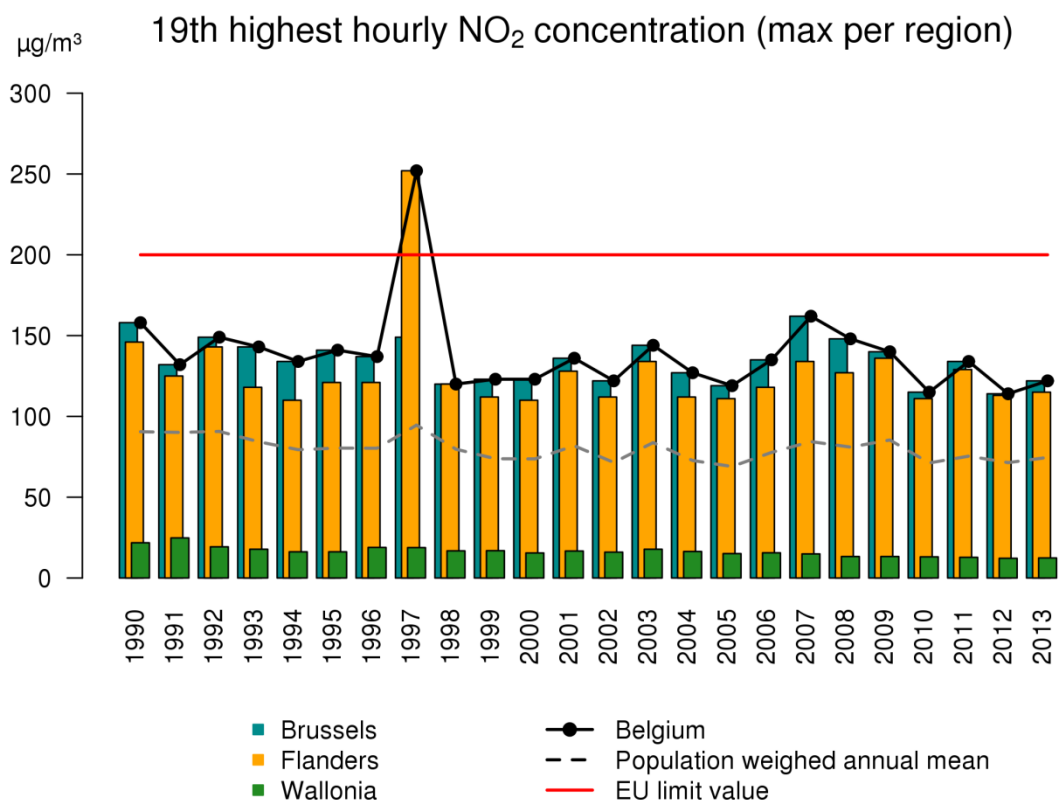
Sinds 1990 is er weinig variatie in het ruimtelijke gemiddelde, minimum en maximum van de 19^{de} hoogste NO₂-uurwaarde (Figuur 35). Dat betekent dat de piekconcentraties van NO₂ nauwelijks of niet afgenomen zijn in de laatste 20 jaar, in zowel het Vlaams, het Brussels Hoofdstedelijk als het Waals Gewest (Figuur 35). Een uitzondering daarop vormt 1997, toen er in januari heel hoge concentraties werden gemeten in de stations van de Belgische Petroleumfederatie in Antwerpen.



Figuur 34: Ruimtelijke spreiding van de 19e hoogste uurgemiddelde NO₂-concentratie in België, 2013. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.



Figuur 35: Boxplot van de 19^{de} hoogste uurgemiddelde NO₂-concentratie (µg/m³) over de periode 1990-2013. Het ruimtelijke gemiddelde wordt door de blauwe cirkels weergegeven. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.



Figuur 36: Evolutie van het maximum van de 19^{de} 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. Ozon is een secundaire pollutant en wordt dus niet rechtstreeks uitgestoten. 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 langdurige fysieke inspanningen leveren buitenshuis, 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 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.

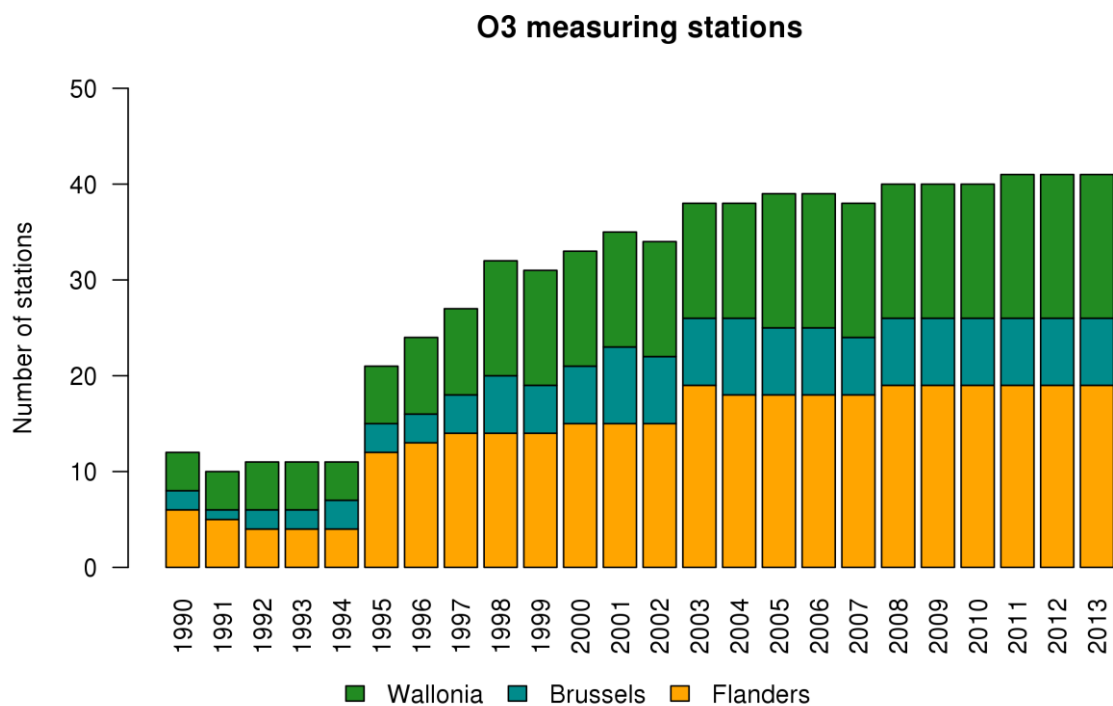
De impact van ozon beperkt zich niet tot de schadelijke effecten voor de volksgezondheid, vegetatie of materialen. Na koolstofdioxide en methaan is ozon het belangrijkste antropogene broeikasgas. Indirect

draagt ozon nog sterker bij tot het broeikaseffect 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 37 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 n'a plus changé depuis (ou quelque chose comme cela ?). Omdat het aantal meetstations voor 1997 aanzienlijk lager lag dan in 2013 is de onzekerheid van de geïnterpoleerde jaargemiddelden groter in die beginjaren.



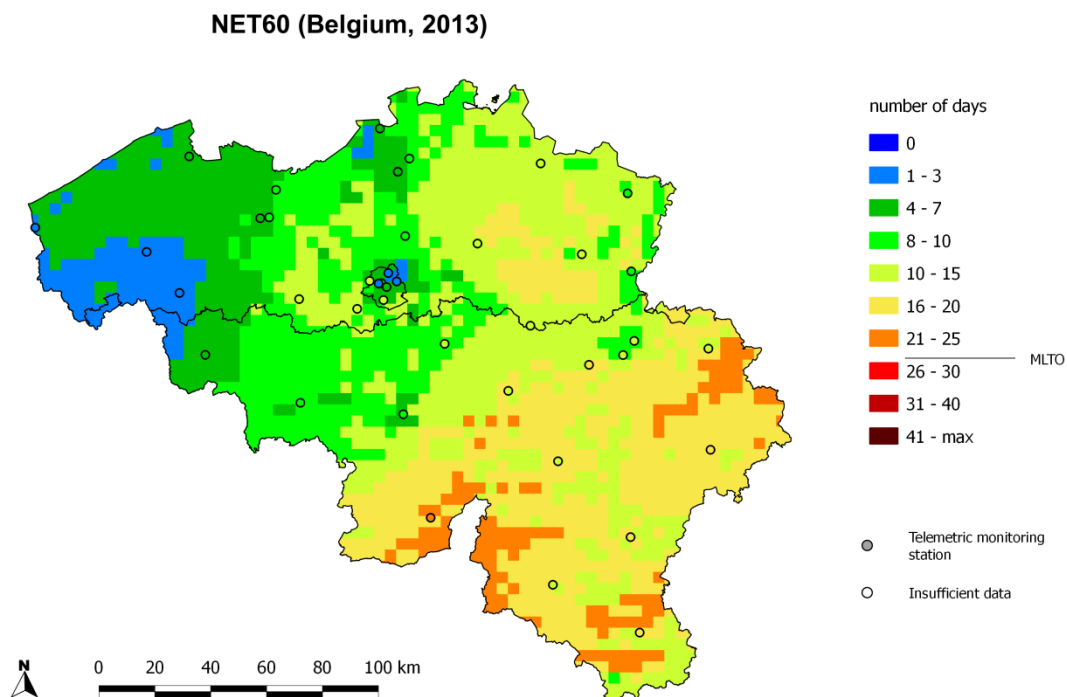
Figuur 37: Evolutie van het aantal O₃-meetstations in België.

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 $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die indicator wordt uitgedrukt als de NET60-indicator⁴.

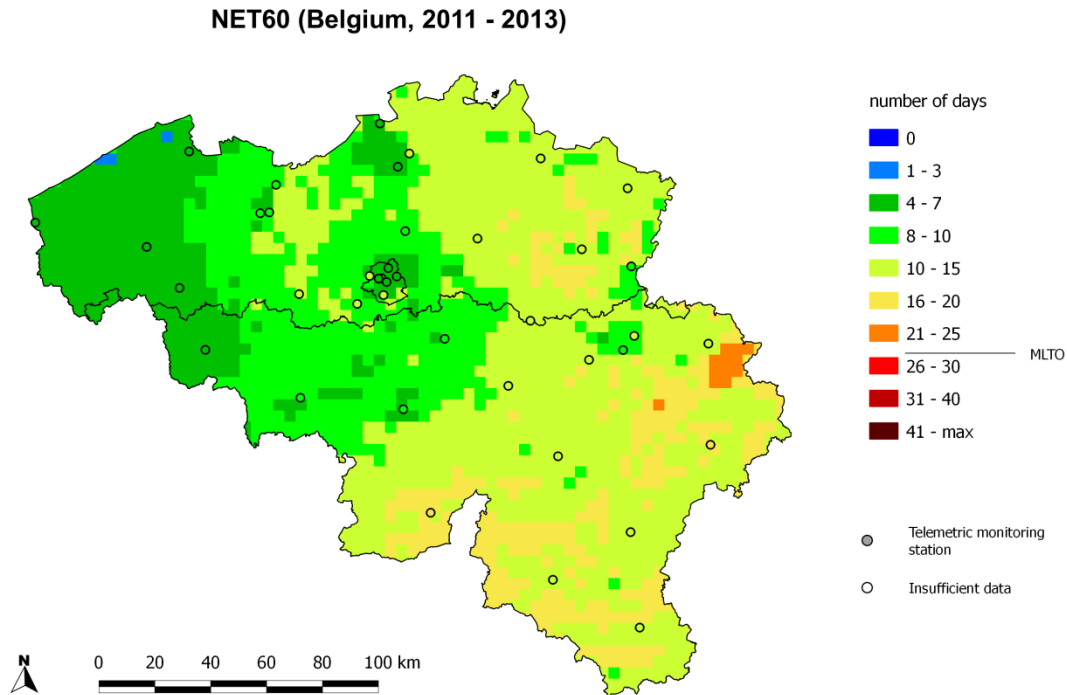
In 2013 is het hoogste aantal dagen met een hoogste 8-uurgemiddeldeconcentratie boven $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dat ergens in België bereikt werd 25 dagen. Dat deed zich voor in de provincies Luik en Luxemburg (zie Figuur 38). Door de relatief gunstige ozonjaren 2011 en 2012, ligt ook het 3-jaargemiddelde waaraan volgens de Europese streefwaarde moet worden getoetst, ruim onder 25 dagen. De langetermijndoelstelling, namelijk geen enkele overschrijdingsdag meer, werd nergens in België bereikt.



Figuur 38: Ruimtelijke spreiding van het aantal dagen met hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentratie $> 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 2013. ‘Insufficient data’ betekent dat de data niet voldoen aan de criteria uit richtlijn

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

2008/50/EG annex VII voor het aggregeren van de meetgegevens. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

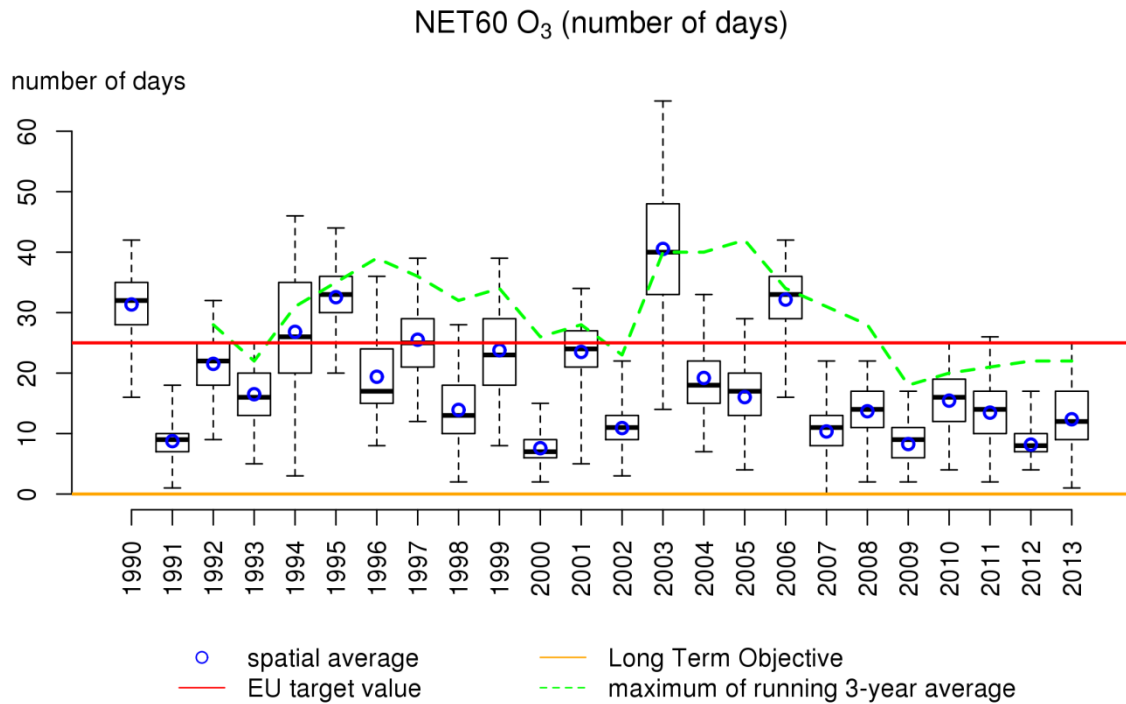


Figuur 39: Ruimtelijke spreiding van aantal dagen met hoogste 8-uurgemiddelde $> 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, gemiddeld over 2011, 2012 en 2013. ‘Insufficient data’ betekent dat de data niet voldoen aan de criteria uit richtlijn 2008/50/EG annex VII voor het aggregeren van de meetgegevens. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

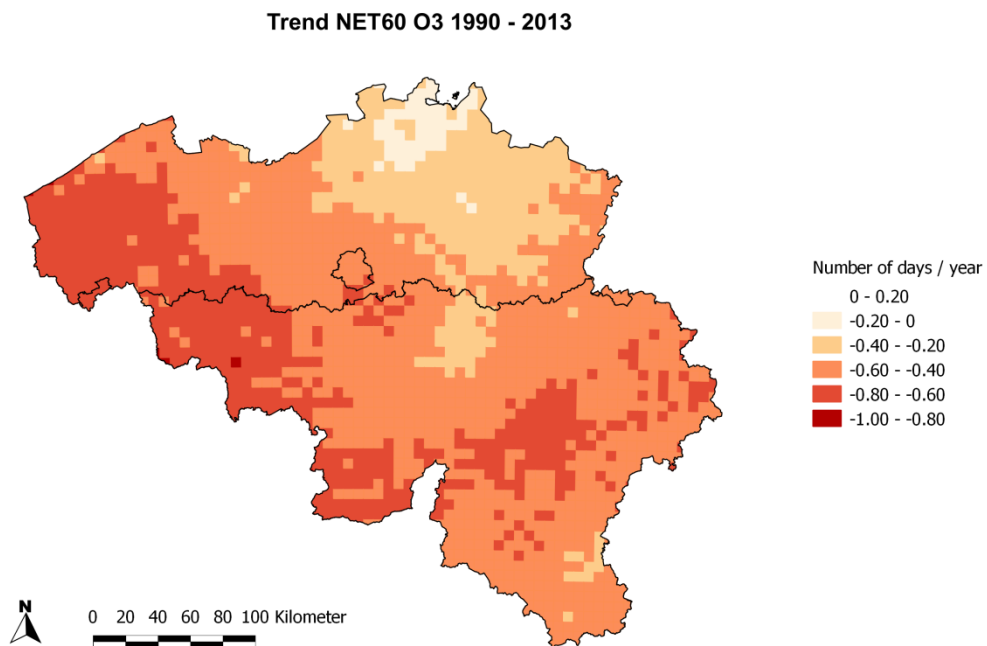
Figuur 38 en Figuur 39 tonen de ruimtelijke spreiding van het aantal overschrijdingsdagen respectievelijk in 2013 en gemiddeld over 2011, 2012 en 2013. Er is een duidelijke oost-westgradiënt zichtbaar. De hoogste waarden zijn voor de Kempen, de Oostkantons en de regio ten zuiden van de Samber- en Maasvallei. Het maximum van 22 dagen gemiddeld over drie jaar is te vinden in het uiterste oosten van het land. De minste overschrijdingsdagen komen voor in de stedelijke omgevingen en West-Vlaanderen. Ruimtelijk gemiddeld over België bedraagt de NET60 (gemiddeld over 2011-2013) 11 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 kwaliteit van de zomer (zie Figuur 40). Er is geen duidelijke trend zichtbaar in het ruimtelijke gemiddelde. Het meest ongunstige ozonjaar sinds 1990 is 2003 met een maximum van 65 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 41 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 1990-2013. In die periode is er een daling van maximaal 1 dag/jaar in het westen van het land tot een stijging met 0,2 dagen/jaar in het noordoosten van het land.

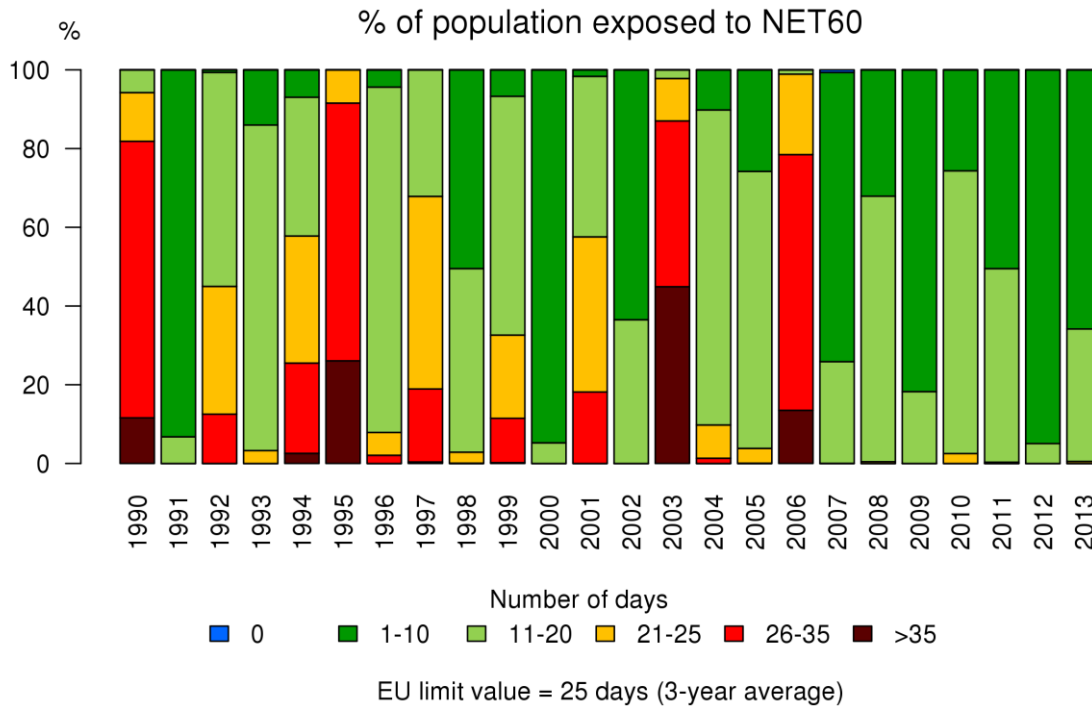


Figuur 40: Boxplots van aantal dagen met hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentraties $> 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in België in de periode 1990-2013. Het ruimtelijke gemiddelde wordt weergegeven door de blauwe cirkels. De groene stippellijn geeft het maximum van het 3-jaargemiddelde aantal overschrijdingsdagen in België weer. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.



Figuur 41: 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 1990-2013. 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 6 jaar gunstige otonjaren waren (zie Figuur 42). De laatste 6 jaar werd niemand blootgesteld aan hoogste 8-ozonconcentraties $> 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ op meer dan 25 dagen. In 2013 werd ongeveer een derde van de bevolking blootgesteld aan meer dan 10 dagen met hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentraties $> 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. 1990, 1995, 2003 en 2006 echter waren zeer ongunstig voor de blootstelling van de bevolking aan hoge ozonconcentraties. In die jaren werd het grootste deel van de bevolking op meer dan 25 dagen blootgesteld aan hoogste 8-uurgemiddelde concentraties $> 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figuur 42: 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. Omdat de WGO-richtwaarde strenger is dan de Europese langetermijndoelstelling en die laatste nergens in België gerespecteerd werd, werd ook de WGO-richtwaarde overal (ruimschoots) overschreden in België.

5.2.2 AOT60

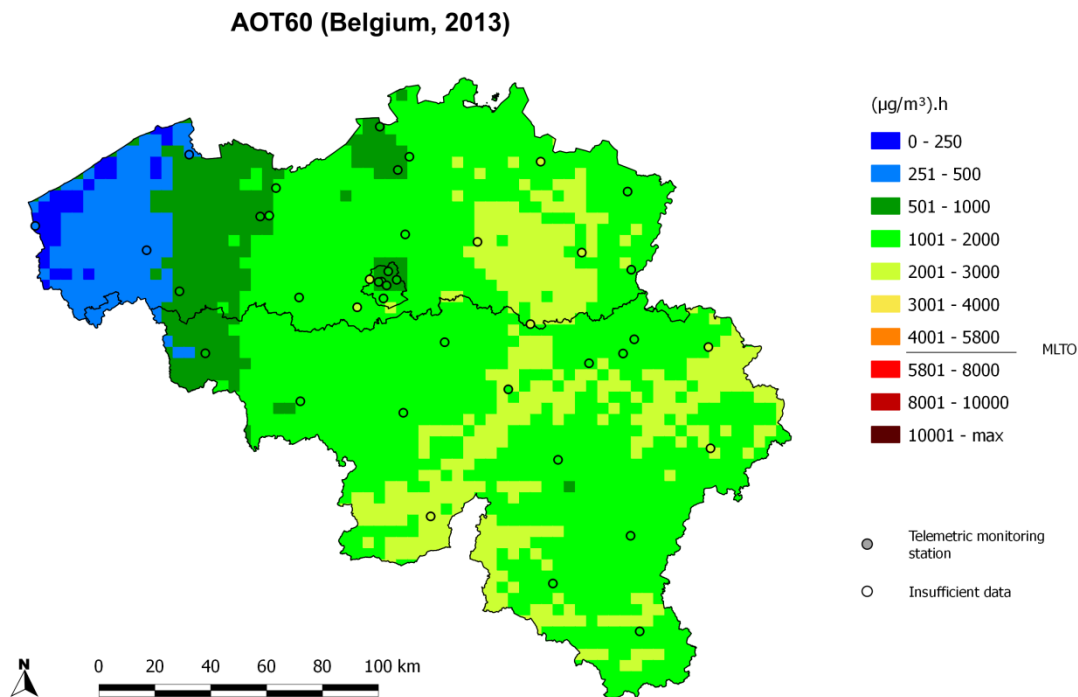
Een andere indicator om de gevolgen van ozon voor de bevolking te schatten is de AOT60⁵. De AOT60 telt het verschil op tussen de concentraties boven 120 µg/m³ en 120µg/m³ van de dagelijkse hoogste 8-uurgemiddelde concentraties. In tegenstelling tot de NET60-indicator, houdt de AOT60 rekening met de grootte en de duur van de overschrijding. In de voorbereiding van de eerste Ozonrichtlijn (2002/3/EG) en van de Nationale Emissieplafondsrichtlijn, werd 5 800 (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 43 toont de ruimtelijke spreiding over België van de ozonoverlast in 2013. Het is duidelijk dat de ozonoverlast in 2013 beperkt was in België. De hoogste waarde is 2 832 (µg/m³).u en werd bereikt in het centrum van het land. Gemiddeld over België was de AOT60 1 507 (µg/m³).u. West-Vlaanderen

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

had de laagste ozonoverlast met een minimumwaarde van 48 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).u. De langetermijndoelstelling van 0 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).u werd echter nergens in België gehaald.

De ruimtelijke spreiding van de trend in ozonoverlast over de periode 1990-2013 vertoont een gelijkaardig patroon als voor de NET60, met een daling tussen 120 en 160 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).h/jaar voor het westen en het zuiden van het land en een daling tussen 0 en 40 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).h/jaar voor het noordoosten.



Figuur 43: Ruimtelijke spreiding van de ozonoverlast (AOT60) in 2013. ‘Insufficient data’ 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.

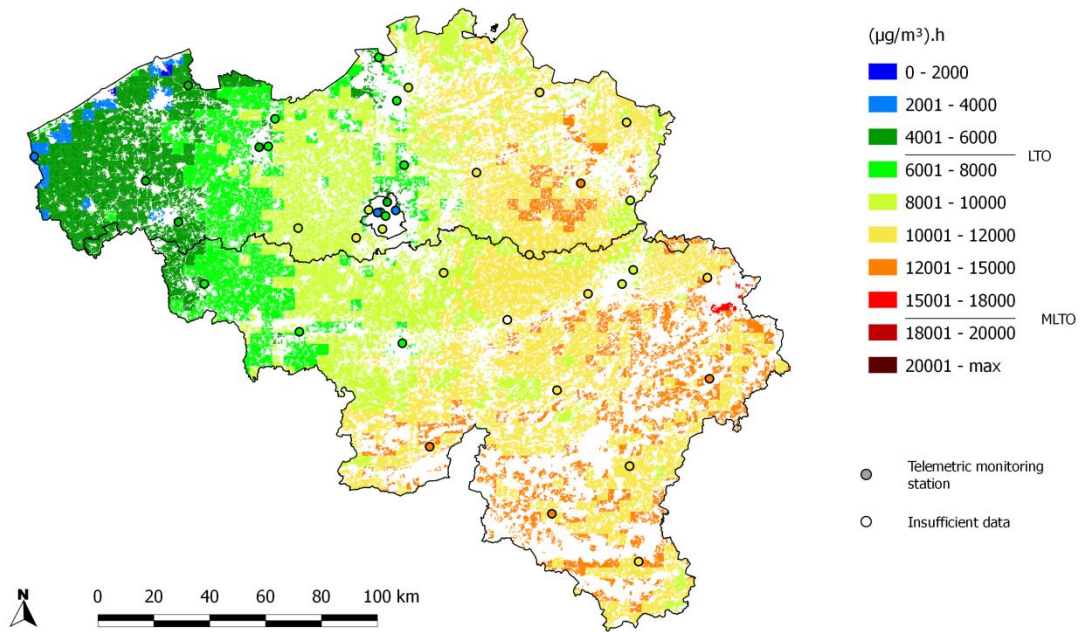
5.3.1 AOT40 voor vegetatie

In 2013 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 9 154 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).u. De maximumwaarde 15 614 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).u werd berekend in het uiterste oosten van het land. De vegetatie in West-Vlaanderen ondervond het minst overlast. 16% van de oppervlakte met vegetatie (excl. bossen) in België lag in 2013 onder de langetermijndoelstelling van 6 000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).u.

Figuur 44 en Figuur 45 tonen de ruimtelijke spreiding van de overlast voor de vegetatie in 2013 en het 5-jaargemiddelde in de periode 2009-2013. Op de kaart 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 is er in het gebied ten zuiden van Samber en Maas en de Hoge Venen. In Vlaanderen ligt de overlast het hoogst in Limburg. In West-Vlaanderen is ozonoverlast voor de vegetatie het laagst. De Europese streefwaarde van 18 000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).u gemiddeld over 5 jaar wordt overal in België gerespecteerd. De hoogste waarde was 15 060 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).u.

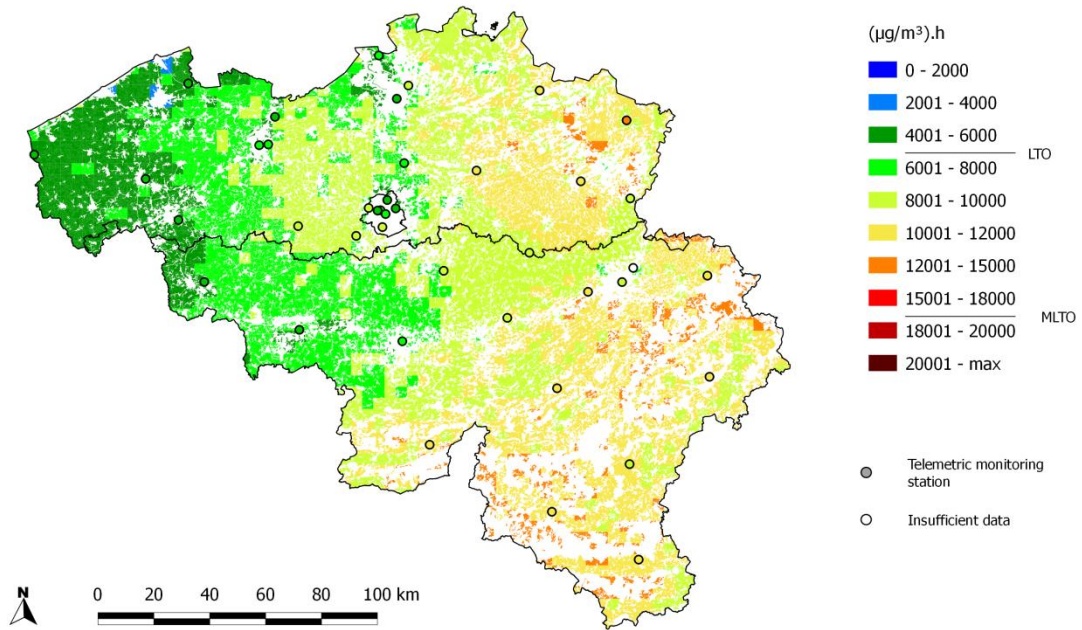
⁶ De AOT40-vegetatie waarde per gridcel wordt gewogen met de fractie van de vegetatie aanwezig in die gridcel. Op die manier wordt meer gewicht gegeven in het gemiddelde aan gridcellen met meer vegetatie.

AOT40 vegetation (Belgium, 2013)

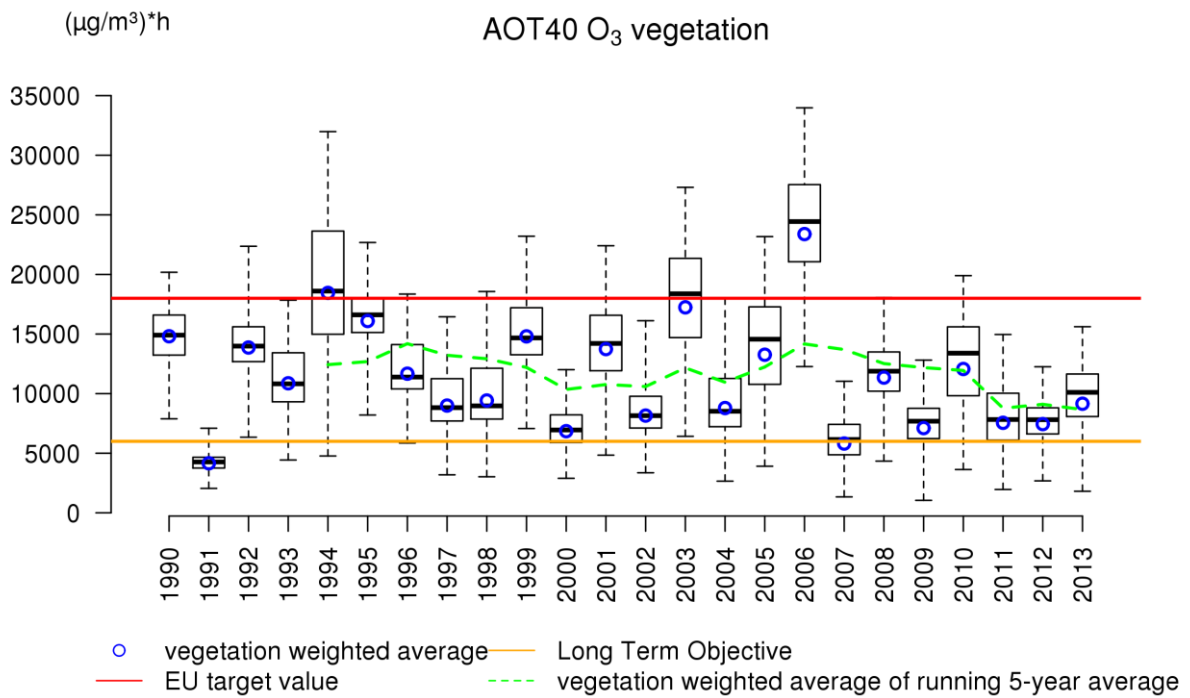


Figuur 44: Ruimtelijke spreiding van de overlast voor de vegetatie (AOT40 voor vegetatie), 2013. 'Insufficient data' betekent dat de data niet voldoen aan de criteria uit richtlijn 2008/50/EG annex VII voor het aggregeren van de meetgegevens. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

AOT40 vegetation (Belgium, 2009 - 2013)



Figuur 45: Ruimtelijke spreiding van de overlast voor de vegetatie (AOT40 voor vegetatie), 5-jaargemiddelde 2009-2013. ‘Insufficient data’ 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 46: Boxplots van de overlast voor de vegetatie (AOT40) in België (1990-2013). 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.

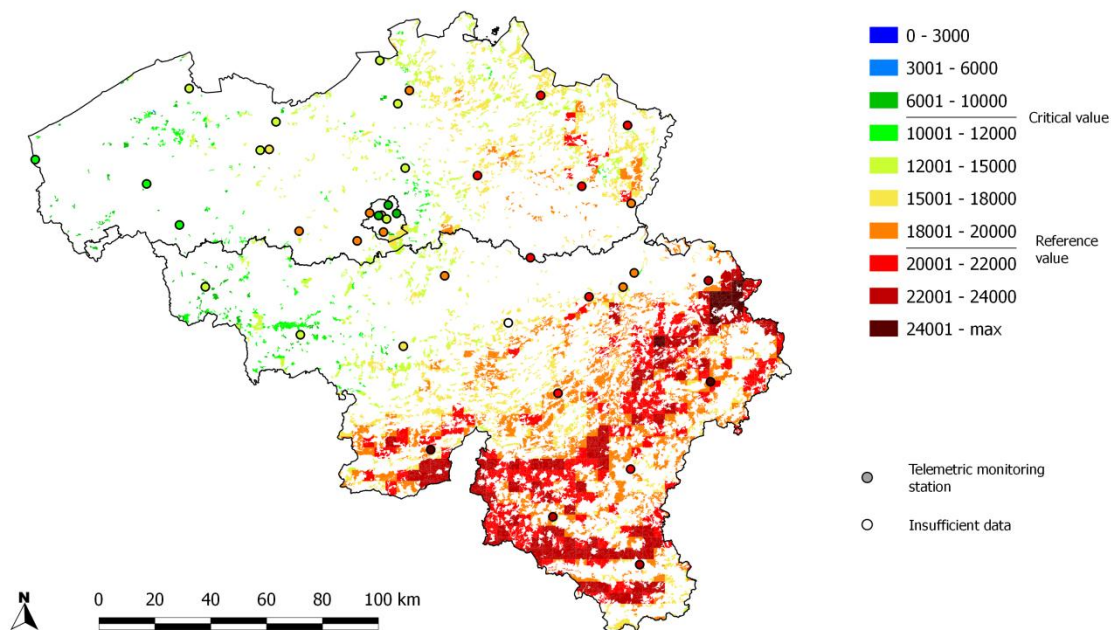
Figuur 46 toont de evolutie van de ozonoverlast voor de vegetatie in België sinds 1990. De jaren 1994 en 2006 springen meteen in het oog als ongunstige ozonjaren voor de vegetatie. De laatste 5 jaren zijn relatief gunstig waarbij de hoogste overlast in België niet boven de Europese streefwaarde van 18 000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).u uitkomt, met uitzondering van 2010. De gemiddelde ozonoverlast voor de vegetatie in België, gemiddeld over 5 jaar, blijft altijd onder de Europese streefwaarde van 18 000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).u. De langetermijndoelstelling van 6 000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).u wordt echter elk jaar ergens in België overschreden.

5.3.2 AOT40 voor bossen

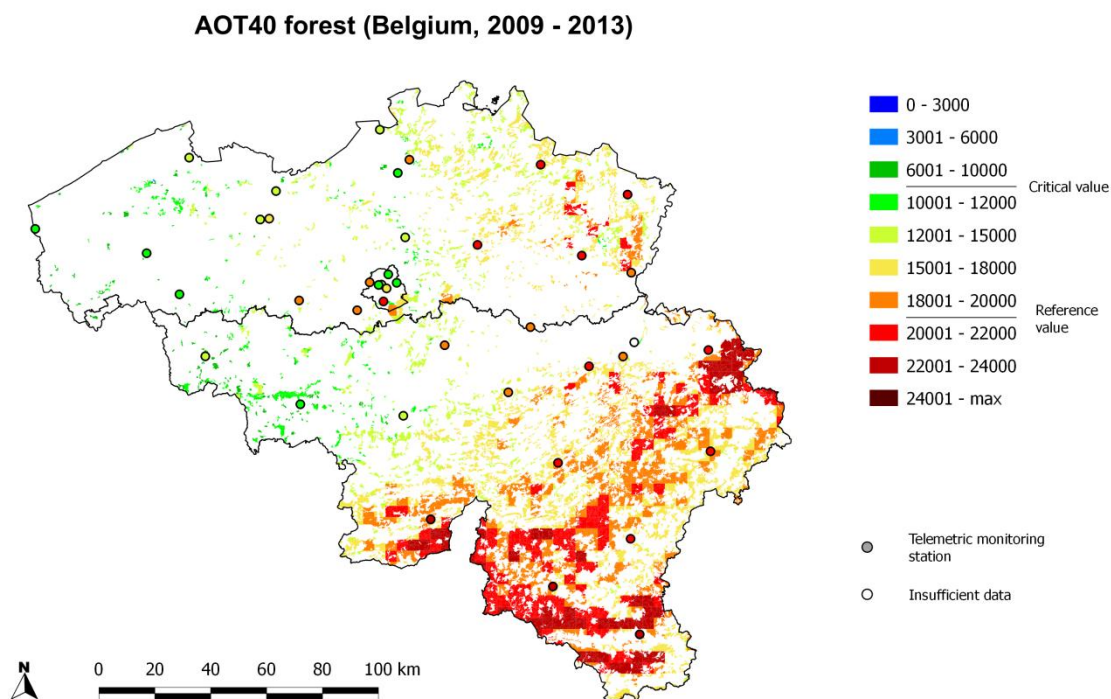
De overlast voor de bossen wordt op dezelfde manier berekend als de overlast voor de vegetatie, met het verschil dat er een langere periode in rekening gebracht wordt, nl. van april tot september. Voor de overlast van de bossen zijn er in de laatste Luchtkwaliteitsrichtlijn geen doelstellingen opgenomen. In de voorafgaande Ozondochterrichtlijn werd wel een referentiewaarde van 20 000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).u vooropgesteld. Die referentiewaarde is strenger dan de streefwaarde van 18 000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).u ter bescherming van de vegetatie. In de laatste Mapping Manual van het UNECE werd ook een kritische waarde van 10 000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).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 zuidelijke deel van het land, waar zich ook de meeste bosbestanden bevinden. Vooral in het gebied ten zuiden van de Samber- en Maasvallei wordt de zwaarste ozonoverlast opgetekend. Het maximum in 2013 bedroeg 26 126 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).u. 44% van de Belgische bossen ondervond een overlast hoger dan de referentiewaarde van 20 000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).u. In praktisch alle bosbestanden (99%) lag de ozonoverlast boven het kritische UNECE-niveau van 10 000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).u.

AOT40 forest (Belgium, 2013)



Figuur 47: Ruimtelijke spreiding van de ozonoverlast voor bossen (AOT40 voor bossen), 2013. 'Insufficient data' 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.

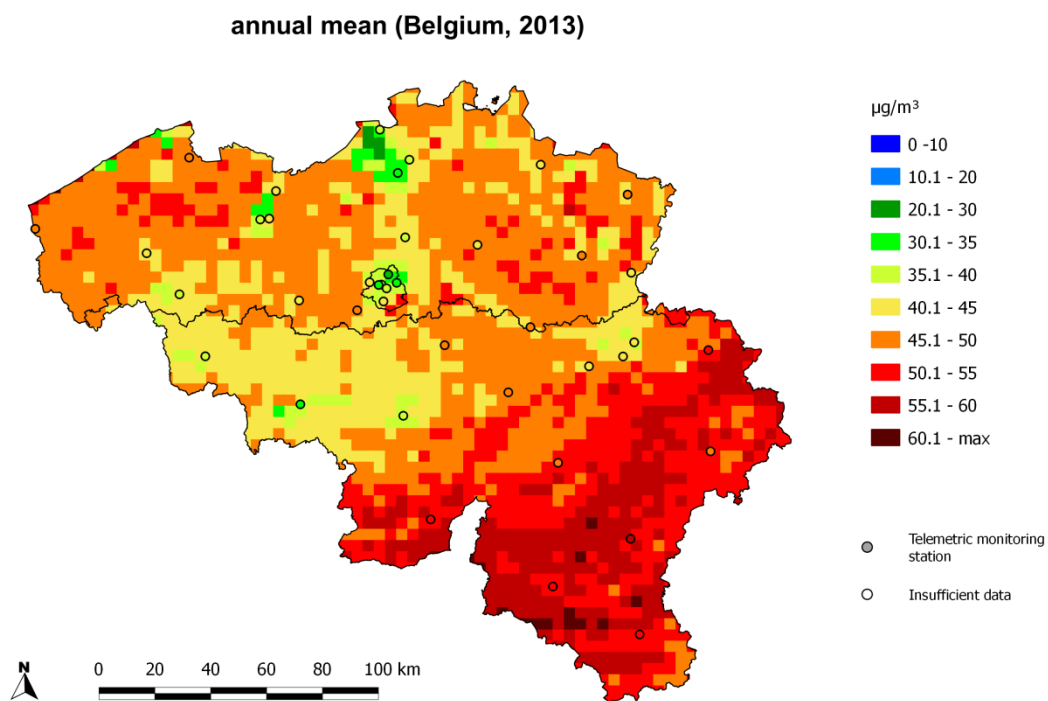


Figuur 48: Ruimtelijke spreiding van de ozonoverlast voor bossen (AOT40 voor bossen), 5-jaargemiddelde 2009 – 2013. ‘Insufficient data’ betekent dat de data niet voldoen aan de criteria uit 2008/50/EG annex VII voor het aggregeren van de meetgegevens. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

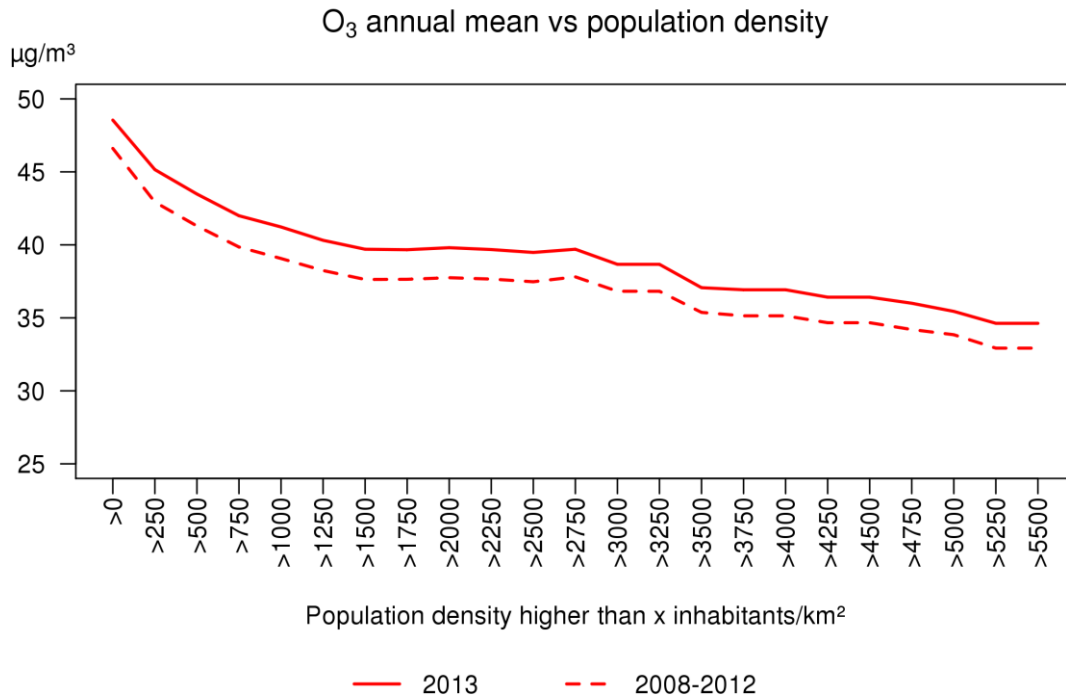
5.4 O₃-jaargemiddelde

De jaargemiddelde ozonconcentratie is een maat voor de achtergrondconcentratie in België. Figuur 49 toont de ruimtelijke spreiding van de jaargemiddelde ozonconcentraties in 2013. 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 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 omgekeerd aan die voor PM of NO₂. In de gridcellen met de hoogste bevolkingsdichtheid zijn de jaargemiddelde ozonconcentraties het laagst. Een vergelijking tussen 2013 en de periode 2008-2012 levert een gelijkaardig verloop met iets hogere jaargemiddeldes voor 2013.

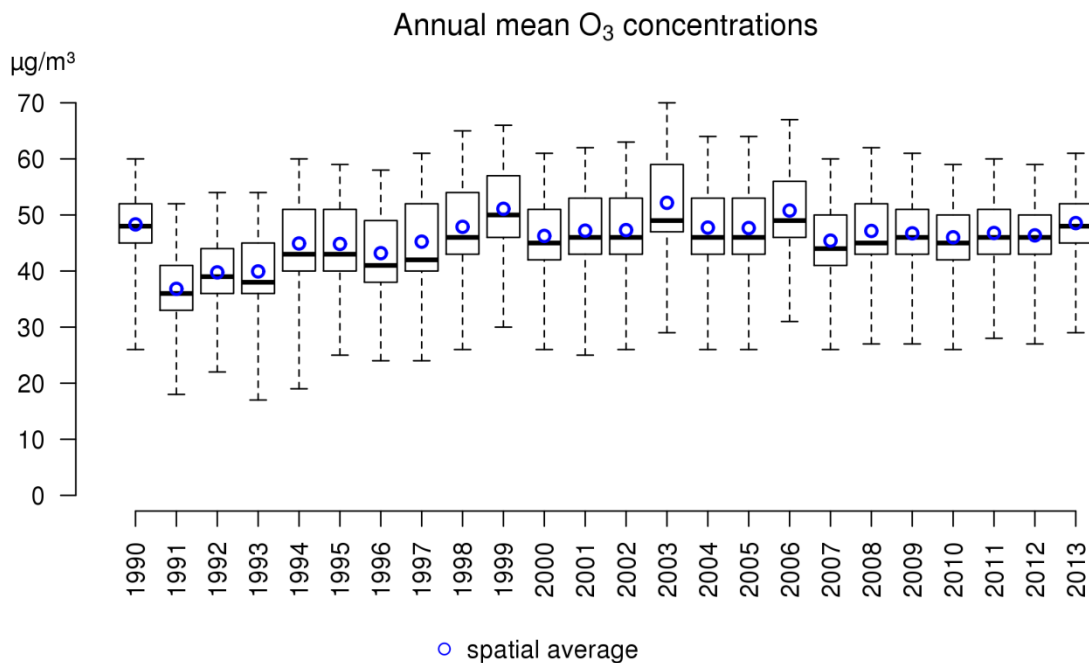
De jaargemiddelde concentraties voor Brussel, Vlaanderen en Wallonië in 2013 bedragen respectievelijk 39 µg/m³, 46 µg/m³ en 50 µg/m³. Het gemiddelde in België is 49 µg/m³. De bevolkingsgewogen jaargemiddelde ozonconcentratie in België ligt tussen het Vlaamse en het Brusselse gemiddelde en bedraagt 44 µg/m³.



Figuur 49: Ruimtelijke spreiding van de O₃-jaargemiddelde concentraties in België, 2013. ‘Insufficient data’ 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.

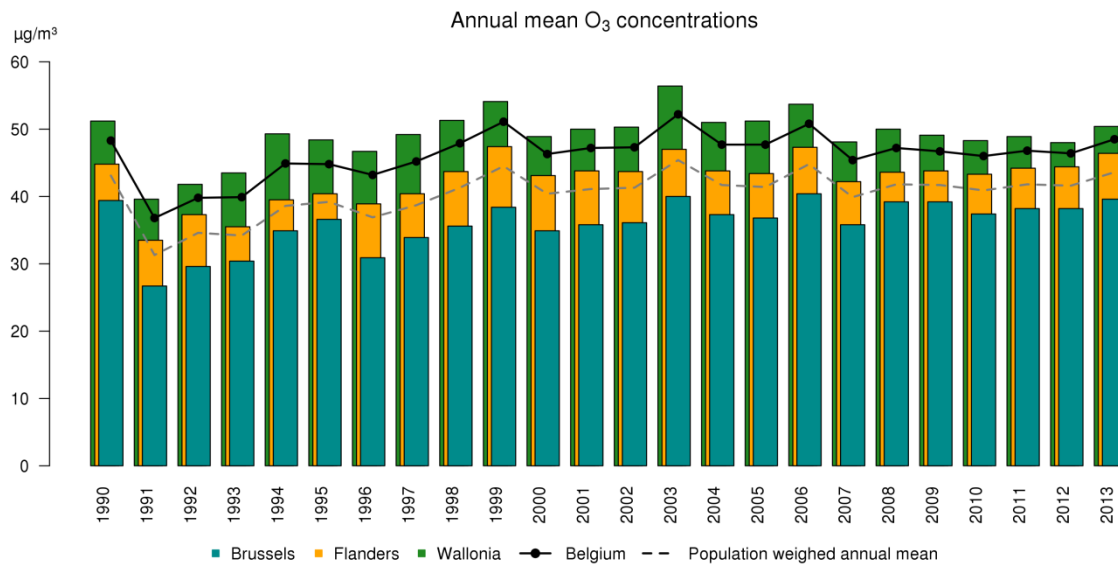


Figuur 50: Relatie tussen de geïnterpoleerde jaargemiddelde O₃-concentraties op basis van de RIO-interpolatietechniek en de bevolkingsdichtheid (inwoners/km²).



Figuur 51: Boxplot van jaargemiddelde O₃-concentraties over de periode 1990-2013. Het ruimtelijk gemiddelde wordt weergegeven door de blauwe cirkels. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

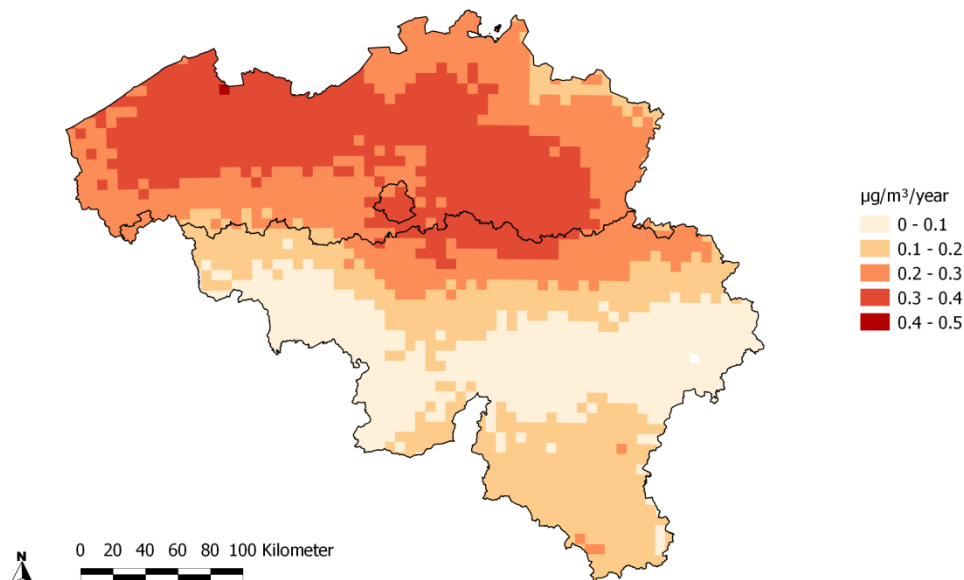
In Figuur 52 wordt de evolutie van de jaargemiddelden getoond voor België en de drie gewesten afzonderlijk. Tussen 1990 en 2000 is er een stijgende trend waarneembaar van de jaargemiddelde ozonconcentraties. Vanaf 2000 blijft het verloop eerder constant met waarden rond 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectievelijk in Brussel, Vlaanderen en Wallonië.



Figuur 52: Evolutie van de jaargemiddelde concentratie in België en de drie gewesten op basis van de RIO-interpolatietechniek.

De ruimtelijke spreiding van de stijging in het O₃-jaargemiddelde over de periode 1990-2013 wordt weergegeven in Figuur 53. De hoogste stijgingen, tussen 0.3 en 0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{jaar}$ doen zich voor in Vlaanderen en Brussel.

Trend O3 annual mean concentrations 1990 - 2013



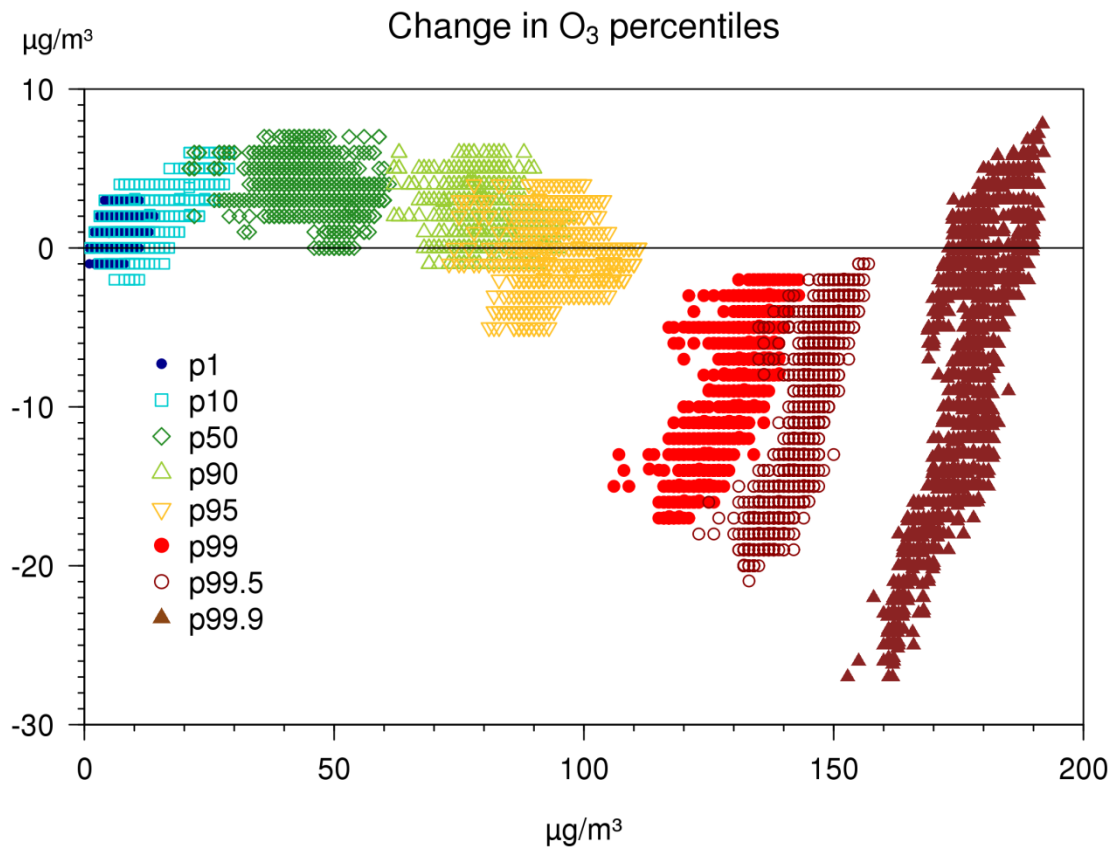
Figuur 53: Ruimtelijke trend in jaargemiddelde O₃-concentratie (µg/m³/jaar) over de periode 1990-2013. De data voor de trendanalyse werden gegenereerd op basis van de RIO-interpolatietechniek.

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. Piekconcentraties van rond en boven 180 µg/m³ worden getoond door het 99,9^{ste} percentiel. De evolutie van beide 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 1990-2001 en 2002-2013. Vervolgens werd het verschil in de percentielen tussen die twee periodes berekend. Figuur 54 toont die verandering in functie van de percentielen in de periode 2002-2013. Daaruit blijkt duidelijk dat de ozonachtergrondconcentraties, weergegeven door het 50^{ste} en 90^{ste} percentiel, lichtjes gestegen zijn in de periode 2002-2013 t.o.v. de periode 1990-2001, met een maximum van 7 µg/m³. De hogere ozonconcentraties echter, weergegeven door het 99^{ste}, 99,5^e en 99,9^{ste} percentiel, zijn op heel wat plaatsen gedaald, tot zelfs -27 µg/m³. Er zijn echter nog een aantal plaatsen in het oosten van het land waarbij er hogere ozonpieken waren in de laatste 12 jaar in vergelijking met de 12 jaar daarvoor. Dit heeft te maken met de vele piekconcentraties in 2003 en 2006. 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 54. Verandering in O₃-percentielen tussen de periode 1990-2001 en 2002-2013 in functie van de percentielwaarden in de periode 2002-2013 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 1 000 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 secundaire component van fijn stof.

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

6.1 SO₂-meetstations

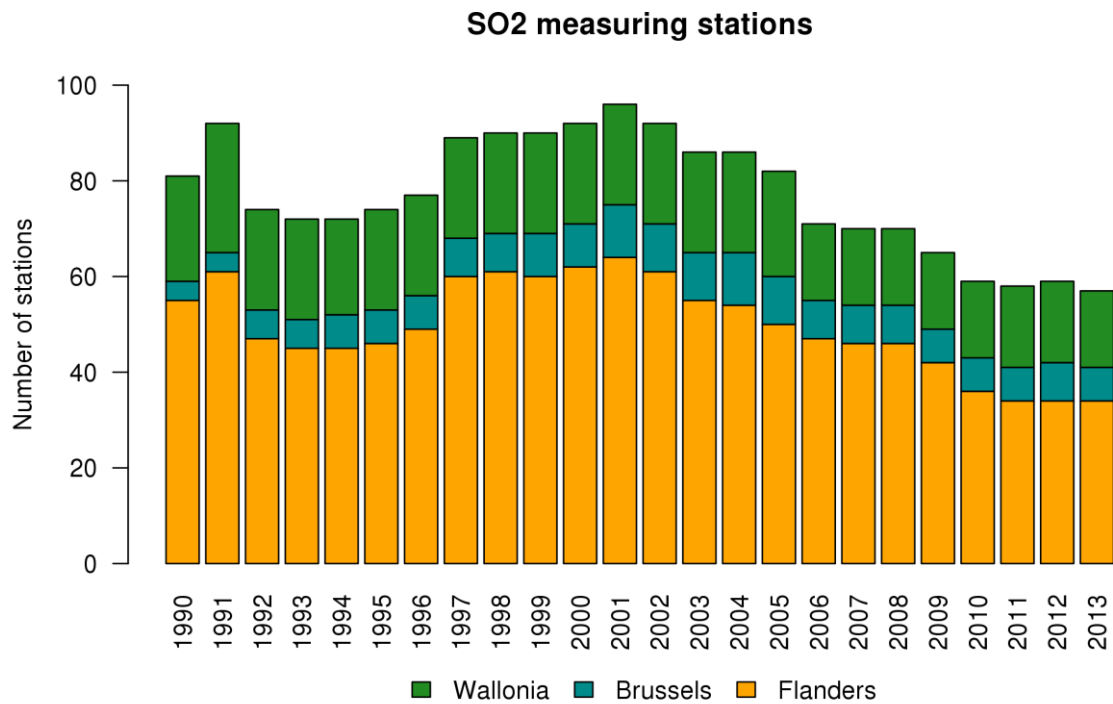
Figuur 55 toont de evolutie van het aantal meetstations waar SO₂ gemeten wordt en die getoond worden op de RIO-interpolatiekaarten in dit rapport. Ze omvat zowel de telemetrische stations als de stations die gebruikt worden in specifieke studies en stations die beheerd worden door de elektriciteitsproducenten en de Belgische Petroleumfederatie in samenwerking met de gewestelijke milieuadministraties. Het aantal SO₂-meetstations is gedaald van 81 in 1990 tot 57 in 2013. In de jaren dat er minder meetstations zijn, hebben de geïnterpoleerde waarden een grotere onzekerheid.

6.2 SO₂-uurgemiddelden

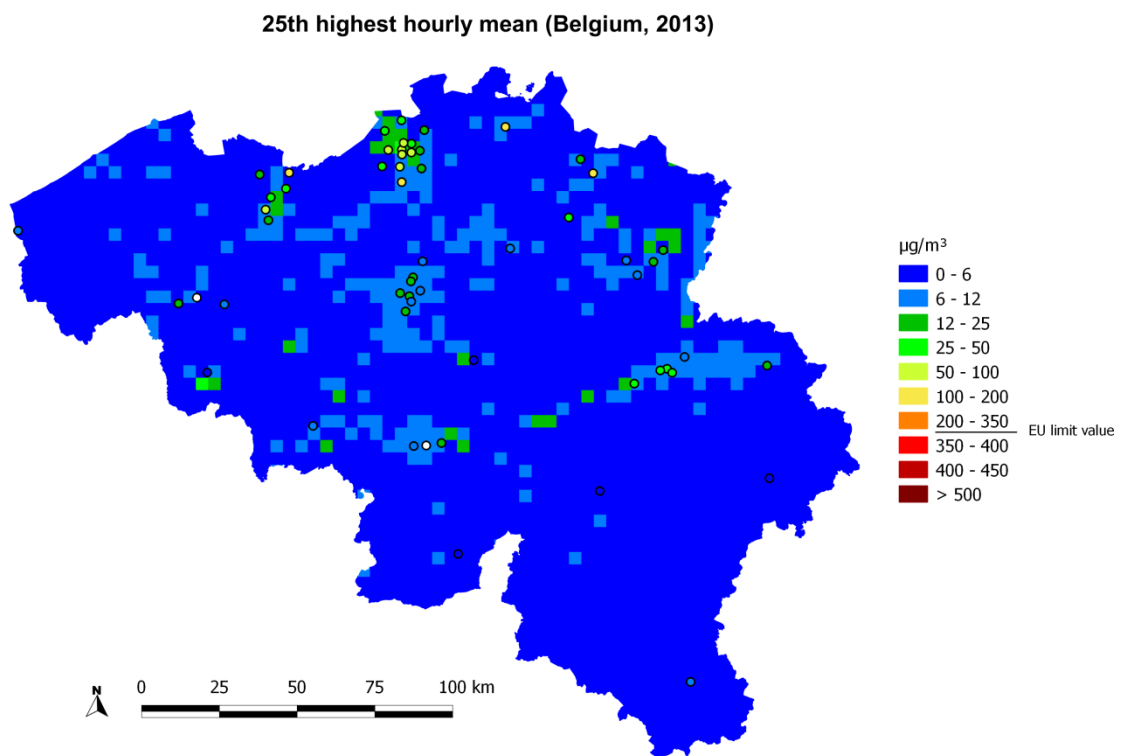
De Europese Luchtkwaliteitsrichtlijn legt een grenswaarde van 350 µg/m³ op voor de uurgemiddelde SO₂-concentratie. Die uurgrenswaarde mag niet vaker dan 24 keer per jaar worden overschreden.

De SO₂-vervuiling heeft een zeer brongericht karakter. Door de resolutie van de RIO-interpolatiemethode zijn lokale overschrijdingen niet zichtbaar. In ieder geval wordt in België de uurgrenswaarde ruimschoots gerespecteerd (Figuur 56, Figuur 57, Figuur 58). 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 2013, representatief voor een gebied van 4x4 km, bedraagt 27 µg/m³, wat ruim onder de Europese grenswaarde van 350 µg/m³ ligt.

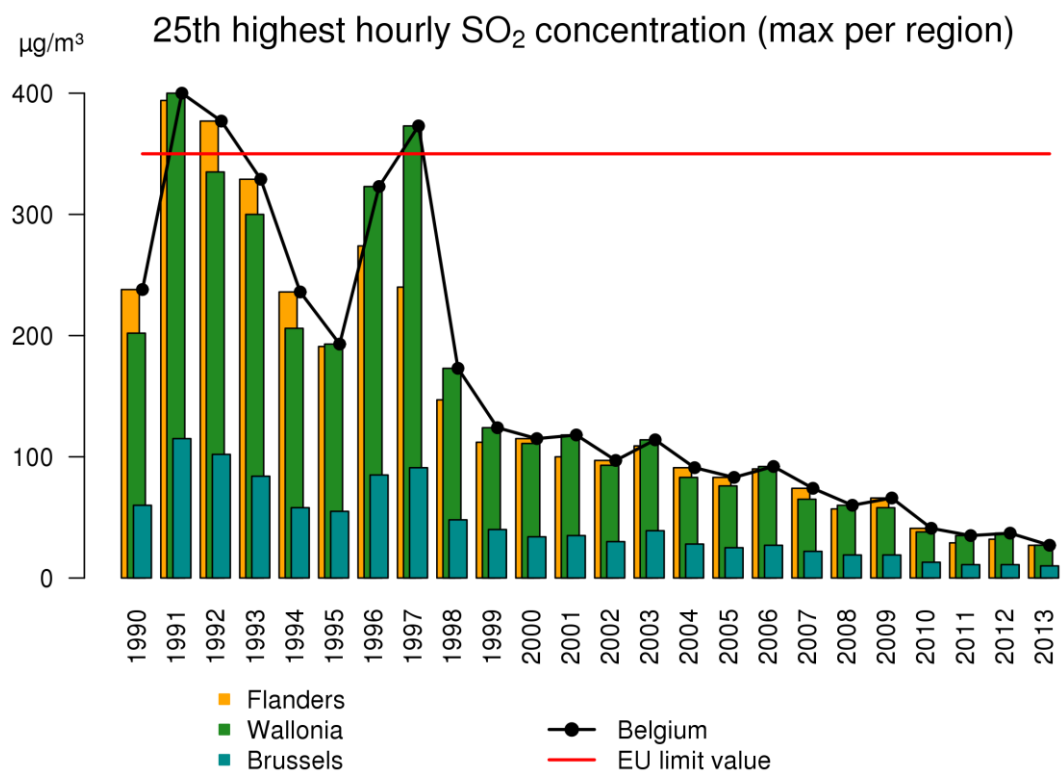
De evolutiegrafiek van de 25^e hoogste uurgemiddelde concentratie geeft duidelijk een dalende trend weer. Sinds 1997 zijn de SO₂-piekconcentraties systematisch en fors gedaald.



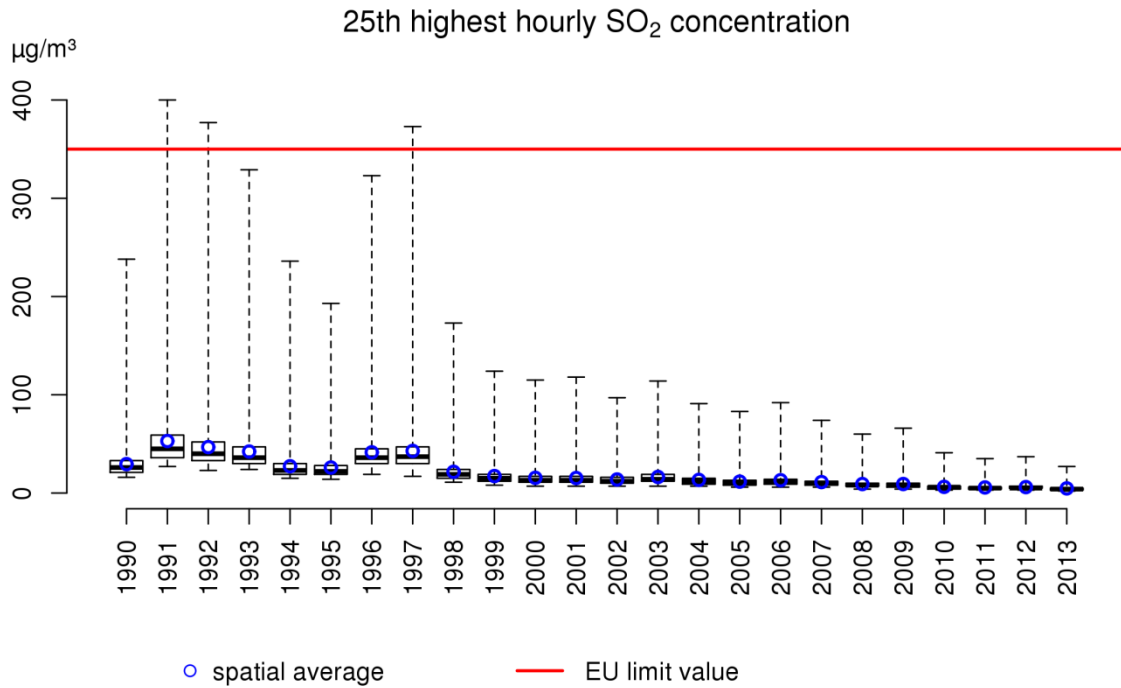
Figuur 55: Evolutie van het aantal SO₂-meetstations in België.



Figuur 56: 25e hoogste uurgemiddelde SO₂-concentratie in 2013. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.



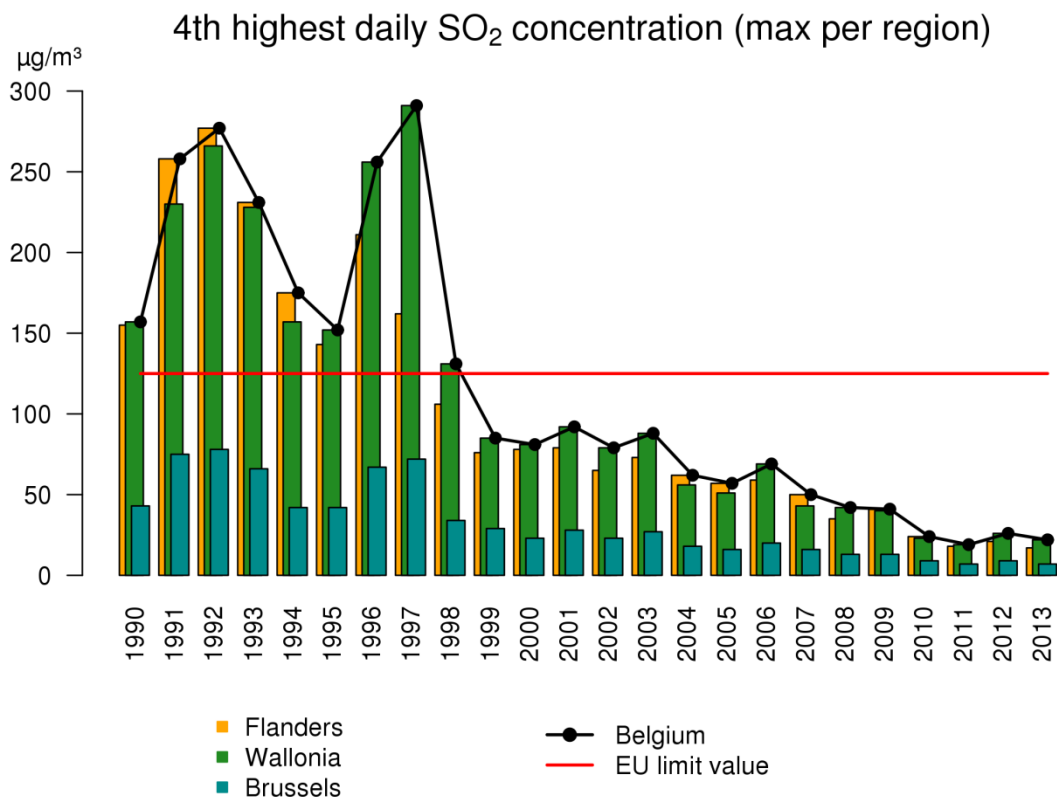
Figuur 57: Evolutie van de maximale 25e hoogste uurgemiddelde SO₂-concentratie per gewest en België op basis van de RIO-interpolatietechniek.



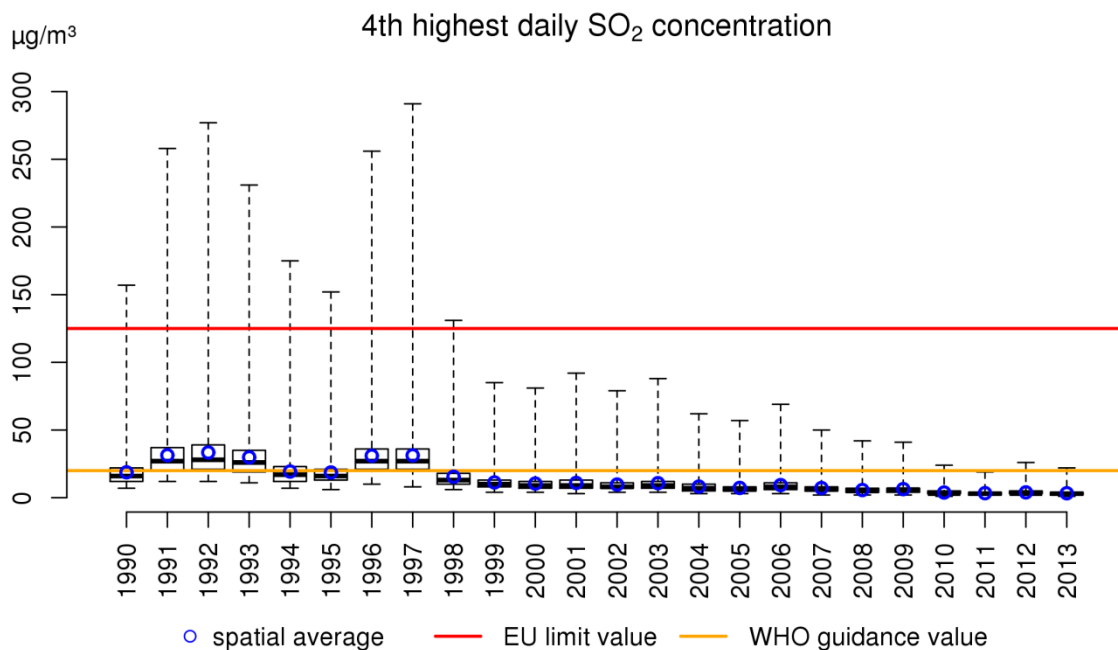
Figuur 58: Boxplot van de 25e hoogste uurgemiddelde SO₂-concentratie over de periode 1990-2013 in België op basis van de RIO-interpolatietechniek.

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 3 maal per jaar worden overschreden. De WGO-richtwaarde is sinds 2006 verstrengd tot 20 µg/m³. De EU-grenswaarde wordt overal ruimschoots gerespecteerd. De WGO-richtwaarde wordt wel soms nog in industriële zones overschreden. Net zoals voor de SO₂-uurgemiddelden, vertoont ook de evolutie van de 4^e hoogste daggemiddelden een continu dalende trend (Figuur 59 en Figuur 60).



Figuur 59: Evolutie van de maximale 4e hoogste daggemiddelde SO₂-concentratie per gewest en in België op basis van de RIO-interpolatietechniek



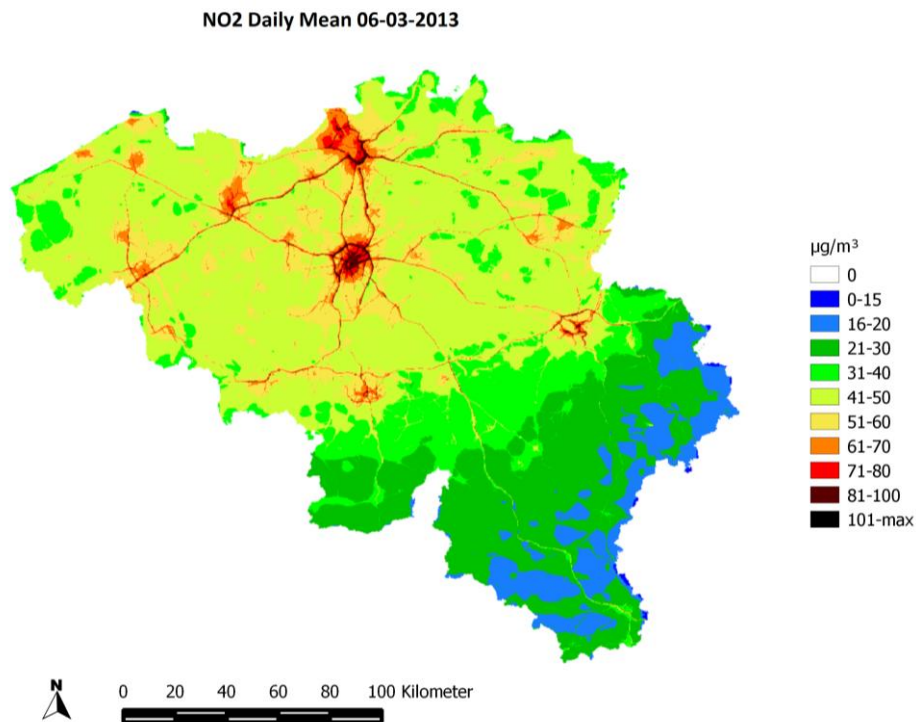
Figuur 60: Boxplot van de 4e hoogste daggemiddelde SO₂-concentratie over de periode 1990-2013 in België op basis van de RIO-interpolatietechniek

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 1 000 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. 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 m) te berekenen. 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. De RIO-IFDM-kaart van België voor de daggemiddelde NO₂-concentraties op 6 maart 2013 is te zien in Figuur 61. 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 61: RIO-IFDM-kaart van België voor de daggemiddelde NO₂-concentraties op 6 maart 2013

Besluit

Dit jaarrapport geeft een overzicht van de ruimtelijke verdeling van de luchtkwaliteit in België in het jaar 2013 voor de vier belangrijkste polluenten PM, NO₂, O₃ en SO₂, en ook een bespreking van de evolutie van de verschillende indicatoren door 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 2013 lager of in de buurt van de gemiddelde waarden van de voorbije 10 jaar. 2013 was een redelijk gunstig jaar voor de luchtkwaliteit in vergelijking met de voorbije 10 jaar, maar was over het algemeen minder gunstig dan 2012. Nog altijd wordt in België een overschrijding van de Europese grenswaarde vastgesteld voor het aantal overschrijdingen van de PM₁₀-daggrenswaarde, het aantal dagen met als hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentratie > 120 µg/m³ (en het geaccumuleerde overschot of AOT60) als langetermijndoelstelling ter bescherming van de volksgezondheid voor ozon, de ozon AOT40 voor vegetatie en bossen en de jaargemiddelde NO₂-concentratie. Wanneer we vergelijken met de strengere en gezondheidsgerelateerde WGO-richtwaarden, blijkt dat er voor praktisch alle polluenten (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 groot deel van de Belgische bevolking blootgesteld wordt aan te hoge concentraties van belangrijke luchtpolluenten. 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. Die heeft een ruimtelijke resolutie van 4x4 km waardoor de resultaten in dit rapport dan ook representatief zijn voor gebieden met een oppervlakte van 4x4 km. In de nabijheid van belangrijke emissiebronnen (verkeerswegen, industriezones, ...) kunnen de concentraties hoger zijn.

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, 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.

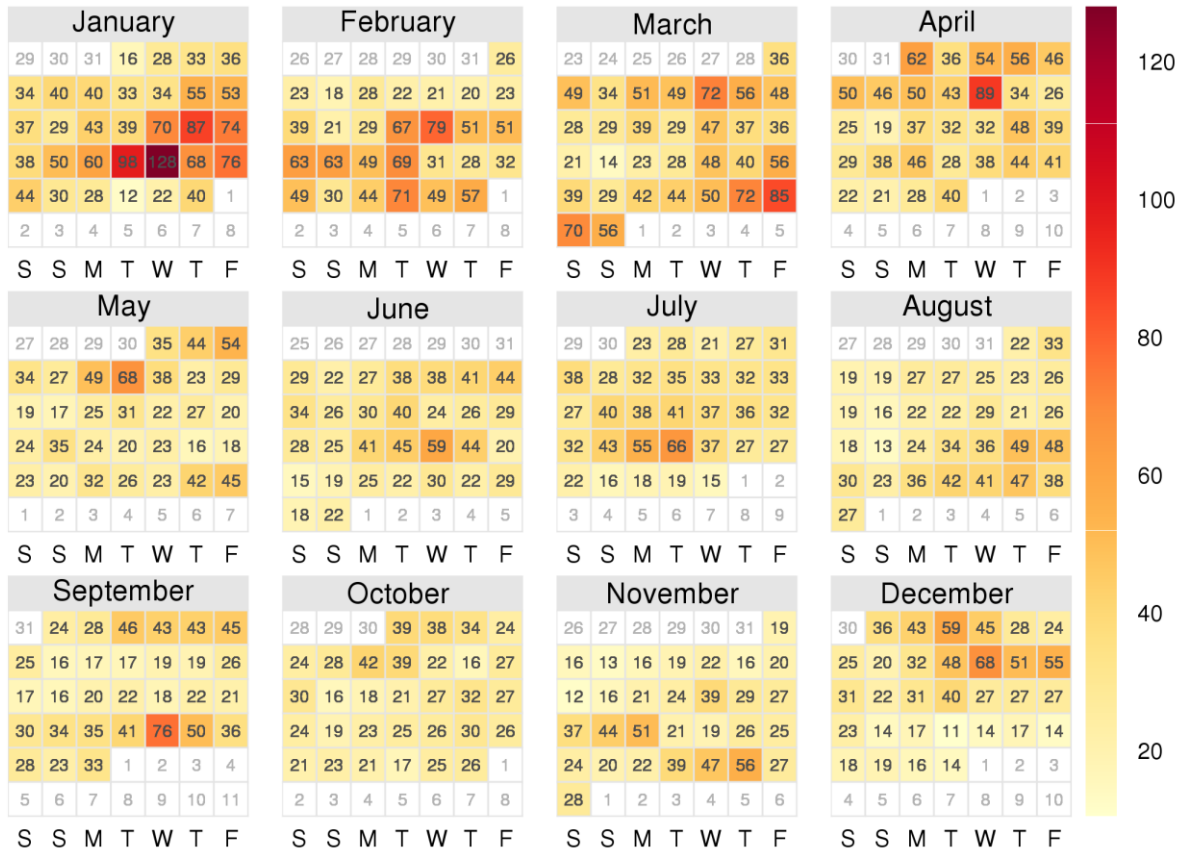
Stationscode	Locatie	PM ₁₀	PM _{2,5}	O ₃	NO ₂	BC	SO ₂
40AB01	ANTWERPEN (BOUDEWIJNSLUIS)	x				x	
40AB02	BERENDRECHT	x					
40AL01	ANTWERPEN- LINKEROEVER	x			x	x	
40AL02	DOEL (ENGELSESTEENWEG)	x					
40AL03	BEVEREN		x				
40AL04	BEVEREN		x				
40AL05	KALLO (SLUIS KALLO)	x					
40BE06	BEERSE						x
40GK06	DIEPENBEEK	x					
40GK09	GENK	x			x		x
40HB23	HOBOKEN	x			x		x
40LD01	LAAKDAL-GEEL				x		
40LD02	LAAKDAL - GEEL				x		
40MN01	MENEN	x					
40OB01	OOSTROZEBEKE	x			x		
40OB02	WIELSBEKE		x				
40RL01	ROESELARE (BRUGSESTEENWEG)	x					
40SA04	HOEVENEN		x		x	x	
40SZ01	STEENOKKERZEEL				x	x	
40SZ02	STEENOKKERZEEL	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
42N016	DESSEL	x		x	x	x	x
42N027	BREE			x	x		
42N035	AARSCHOT	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		
42R010	SINT-STEUVENS-WOLUWE				x		
42R020	VILVOORDE	x			x		x
42R801	ANTWERPEN	x	x	x	x	x	x
42R802	ANTWERPEN	x	x		x	x	
42R811	SCHOTEN	x		x	x		
42R815	ZWIJNDRECHT	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
42R832	RUISBROEK						
42R833	STABROEK		x		x		
42R834	BOOM	x			x		
42R841	MECHELEN	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	x	x				
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	
44N012	MOERKERKE	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		
44R721	WONDELGEM				x		x
44R731	EVERGEM	x	x		x		x
44R740	SINT-KRUIS-WINKEL	x		x	x		x
44R750	ZELZATE	x			x	x	x
45R501	CHARLEROI	x	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				x		x
47E702	ELSEGEM				x		x
47E703	OOSTEEKLO				x		x
47E714	DUDZELE				x		
47E715	ZUIENKERKE				x		
47E716	MARIAKERKE				x		
47E804	MOL				x		
47E811	DIEPENBEEK				x		x
47E812	GENK				x		x
47E813	HAM				x		
47E814	HAM				x		

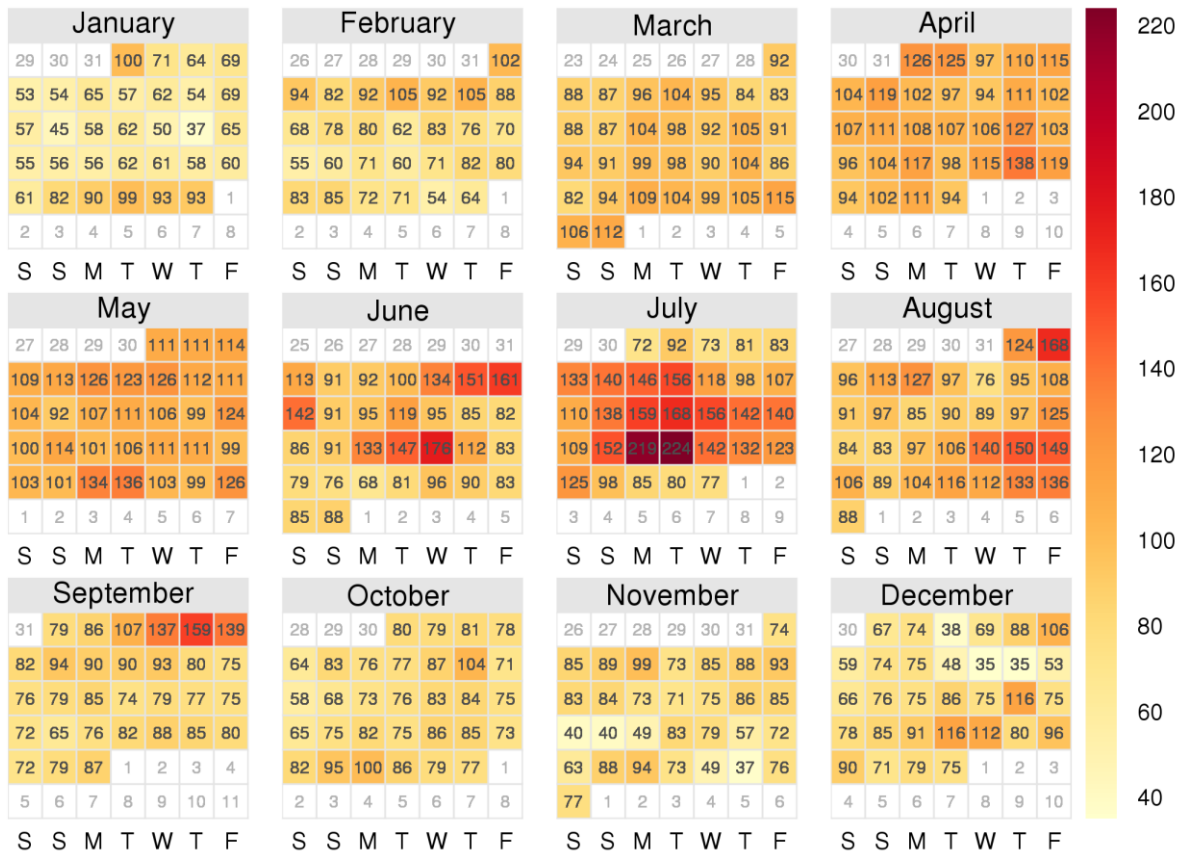
Bijlage B: Jaaroverzicht van luchtkwaliteitspolluenten

Mean daily PM₁₀ concentrations in 2013



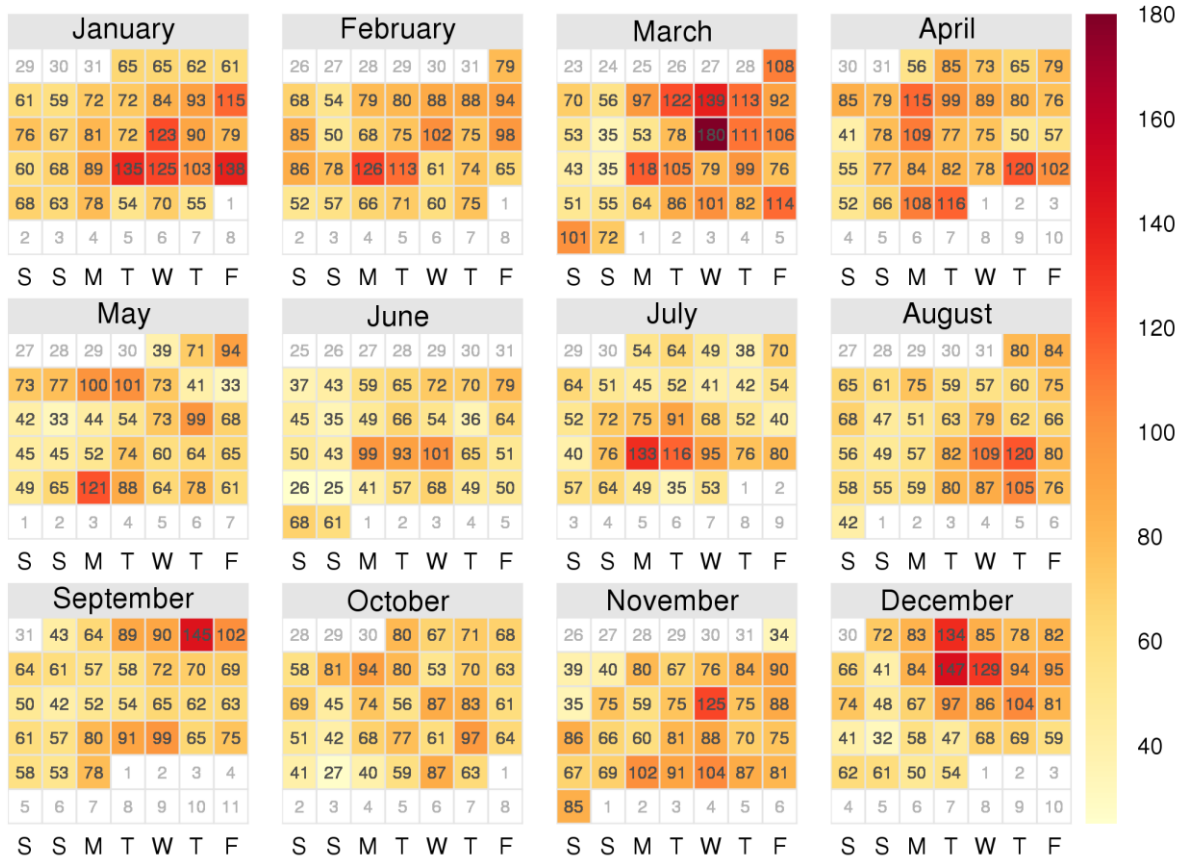
Ruimtelijk maximum van daggemiddelde PM₁₀-concentraties in 2013

Maximum daily O₃ concentrations in 2013



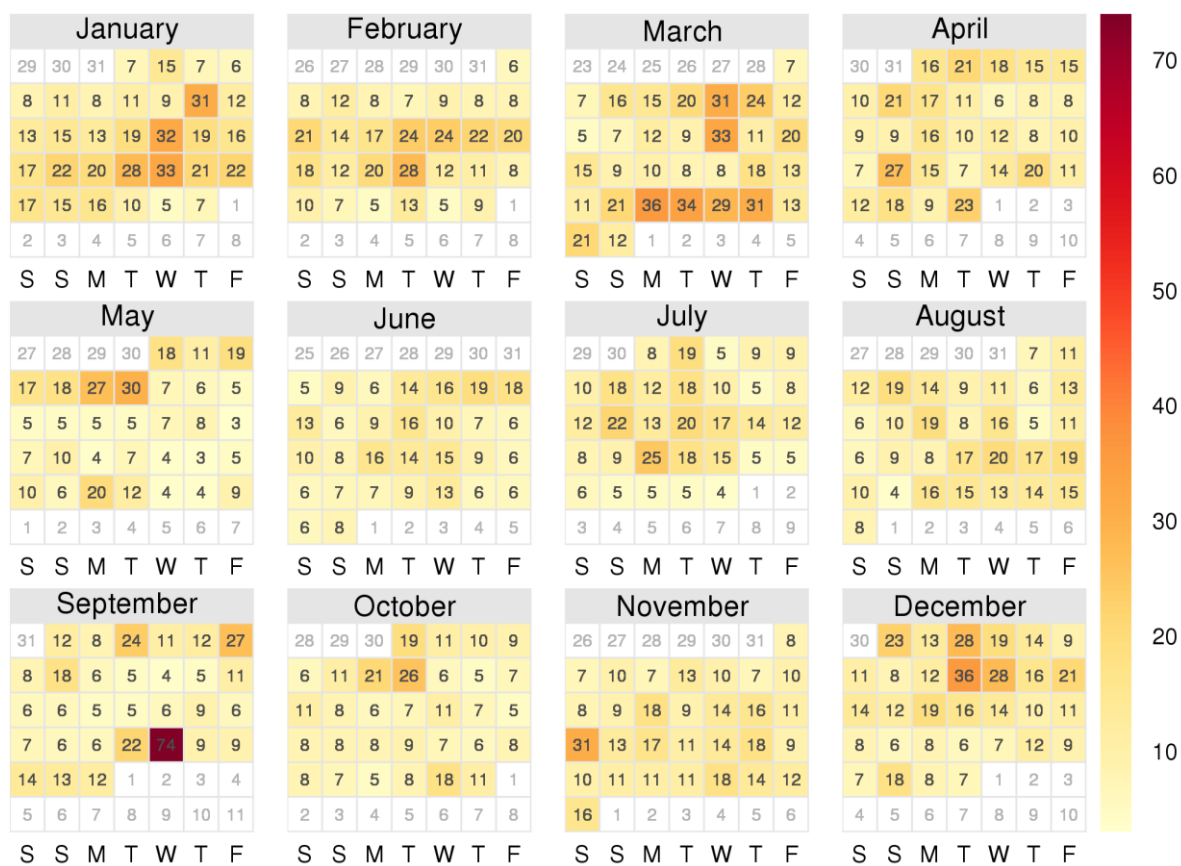
Dagelijkse maximale O₃-concentraties in 2013

Maximum daily NO₂ concentrations in 2013



Dagelijkse maximale NO₂-concentraties in 2013

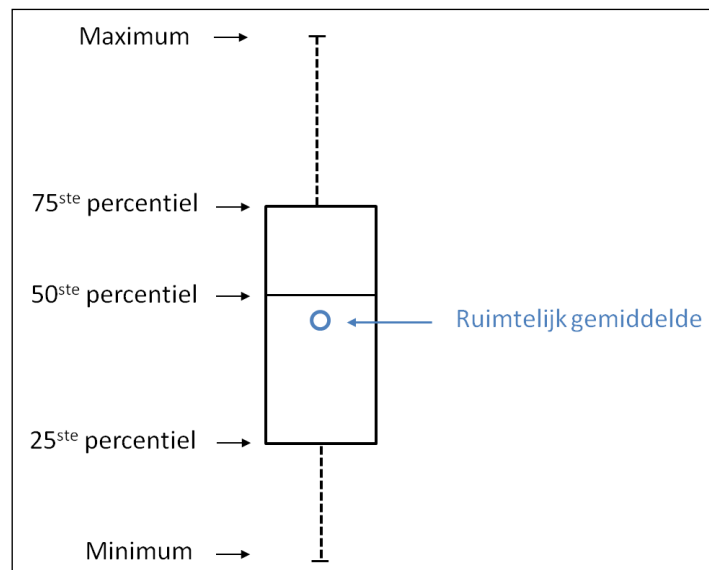
Maximum daily SO₂ concentrations in 2013



Dagelijkse maximale SO₂-concentraties in 2013

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 daggemiddeld 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).

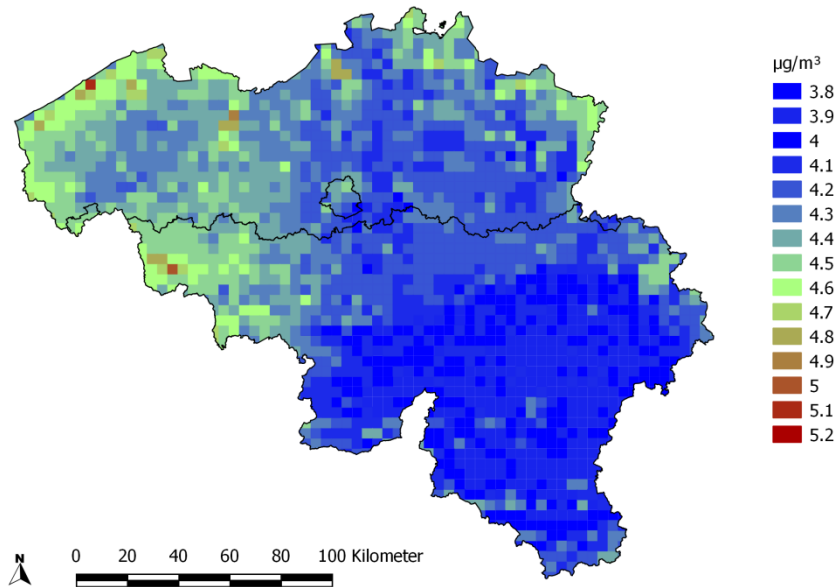
Nadat eerst de onzekerheid van de uur- of daggemiddelde geïnterpoleerde concentraties bepaald is, moet er bij de aggregatie worden rekening gehouden met het volgende.

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').

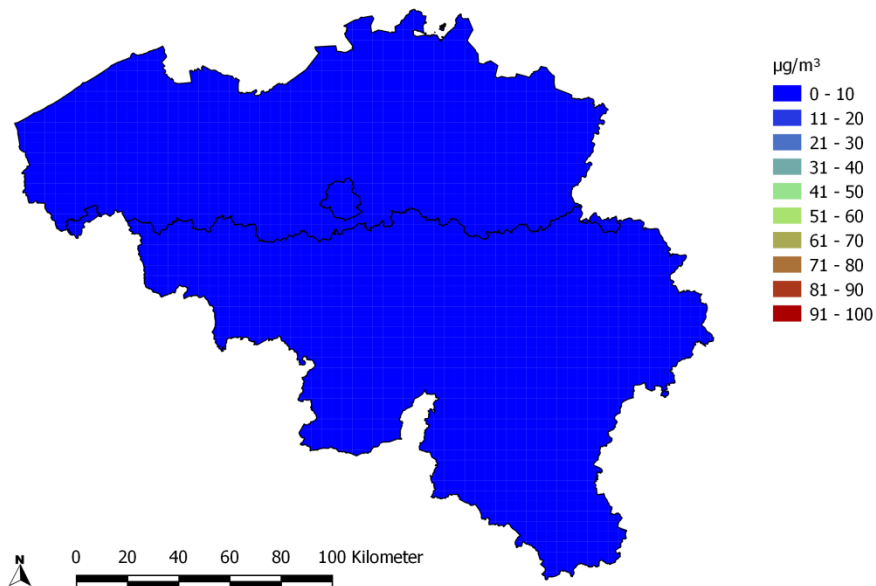
PM₁₀

Error on PM₁₀ annual mean (Belgium, 2013)



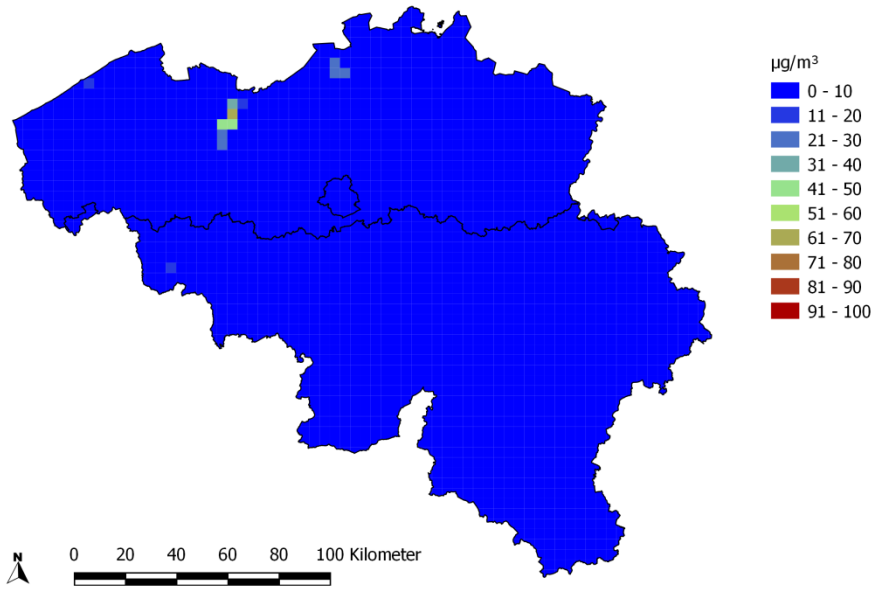
Ruimtelijke spreiding van de absolute fout (µg/m³) op de jaargemiddelde PM₁₀-concentratie.

Probability of exceedance of PM₁₀ annual mean EU limit value (Belgium, 2013)



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

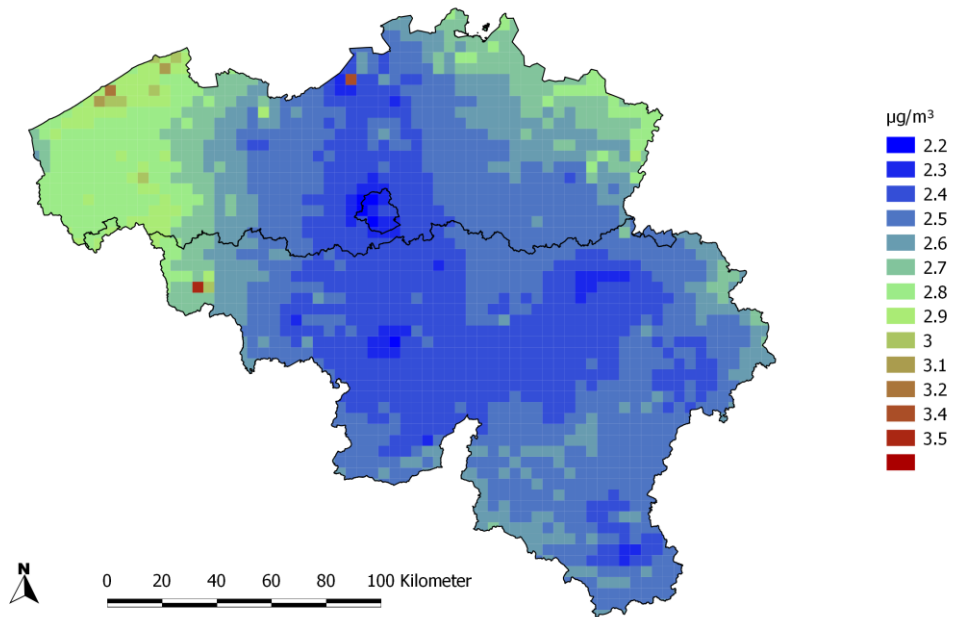
Probability of exceedance of PM10 EU daily limit value (Belgium, 2013)



Waarschijnlijkheid (%) dat de PM₁₀-daggrenswaarde van 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ op meer dan 35 dagen overschreden wordt

PM_{2,5}

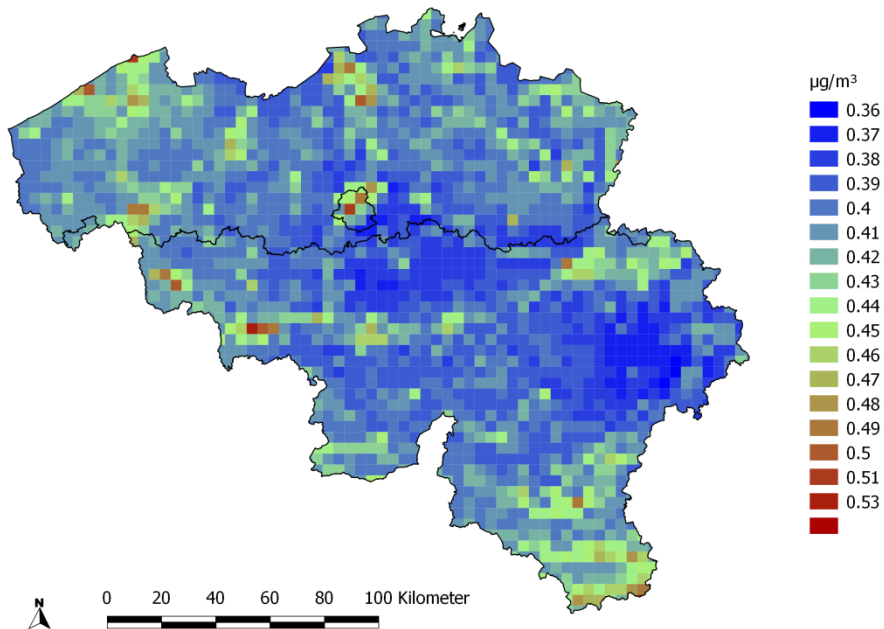
Error on PM_{2.5} annual mean (Belgium, 2013)



Ruimtelijke spreiding van de absolute fout (µg/m³) op de jaargemiddelde PM_{2,5}-concentratie.

BC

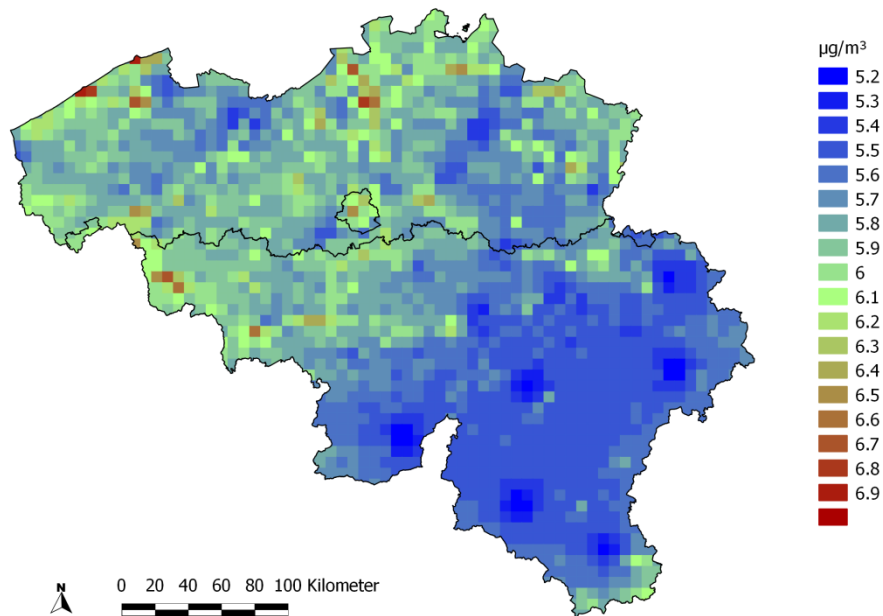
Error on BC annual mean (Belgium, 2013)



Ruimtelijke spreiding van de absolute fout (µg/m³) op de jaargemiddelde BC concentratie.

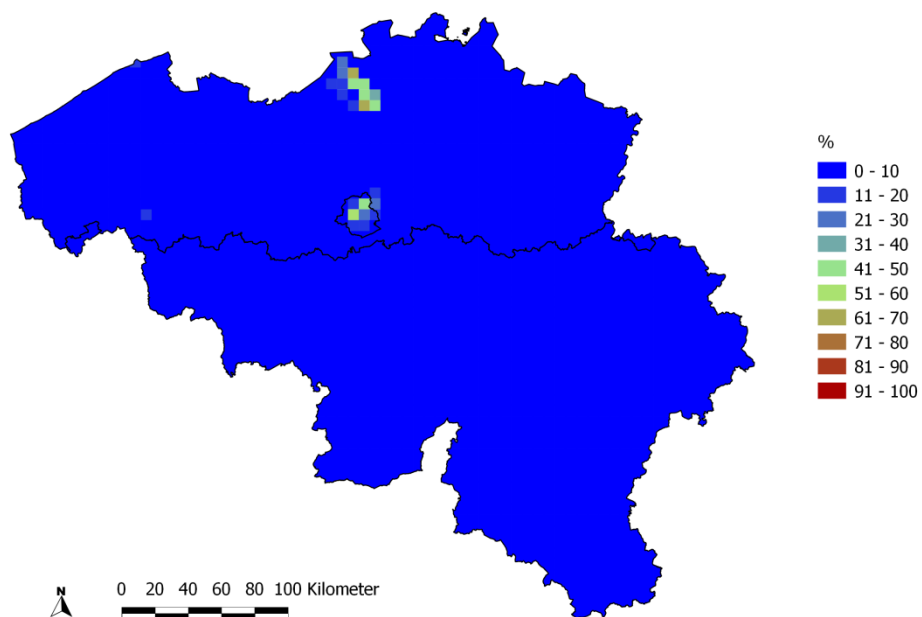
NO₂

Error on NO₂ annual mean (Belgium, 2013)



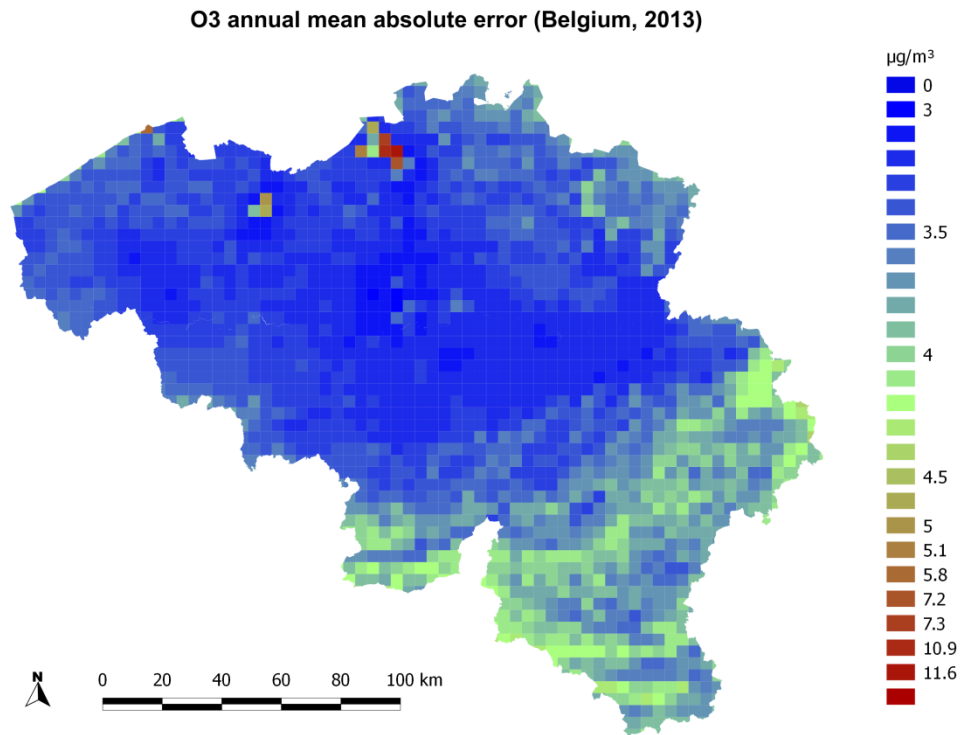
Ruimtelijke spreiding van de absolute fout (µg/m³) op de jaargemiddelde NO₂-concentratie.

Probability of exceedance of NO₂ annual limit value (Belgium, 2013)



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

O₃



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