



Informing you on ambient air quality  
in the Belgian Regions

JAARRAPPORT Luchtkwaliteit in België 2021

# Documentbeschrijving

**Titel**

Jaarrapport luchtkwaliteit in België 2021

**Auteurs**

Dit rapport kwam tot stand door de samenwerking van alle collega's van IRCEL – CELINE Lucht: Frans Fierens, Charlotte Vanpoucke, Elke Trimpeneers, Roman Dumoulin, Philippe Maetz, Virginie Hutsemékers, Christophe Degrave

**Datum**

8 februari 2023

**Contact**

info@irceline.be

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

## Dankwoord

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

# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Samenvatting</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Inleiding</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>Wettelijke bepalingen</b>	<b>13</b>
3.1	Europese regelgeving . . . . .	13
3.2	Wereldgezondheidsorganisatie . . . . .	13
<b>4</b>	<b>Periodes met verhoogde luchtverontreiniging –smogepisodes–</b>	<b>15</b>
4.1	Winter- en lentesmog . . . . .	15
4.2	Zomersmog . . . . .	16
<b>5</b>	<b>Fijn stof</b>	<b>19</b>
5.1	PM <sub>10</sub> . . . . .	20
5.1.1	PM <sub>10</sub> -meetstations . . . . .	20
5.1.2	PM <sub>10</sub> -jaargemiddelde concentratie . . . . .	20
5.1.3	PM <sub>10</sub> -daggemiddelde concentratie . . . . .	21
5.2	PM <sub>2,5</sub> . . . . .	25
5.2.1	PM <sub>2,5</sub> -meetstations . . . . .	25
5.2.2	PM <sub>2,5</sub> -jaargemiddelde concentratie . . . . .	25
5.2.3	Gemiddelde blootstellingsindex . . . . .	26
5.3	Black Carbon (BC) . . . . .	28
5.3.1	BC-meetstations . . . . .	28
5.3.2	BC-jaargemiddelde concentratie . . . . .	28
<b>6</b>	<b>Stikstofdioxiden</b>	<b>30</b>
6.1	NO <sub>2</sub> -meetstations . . . . .	30
6.2	NO <sub>2</sub> -jaargemiddelde . . . . .	30
6.3	NO <sub>2</sub> -uurwaarden . . . . .	32
<b>7</b>	<b>Ozon</b>	<b>36</b>
7.1	Ozonmeetstations . . . . .	36
7.2	Ozon en impact op de gezondheid . . . . .	37
7.2.1	NET60 . . . . .	37
7.2.2	AOT60 . . . . .	38
7.3	Ozon en vegetatie . . . . .	39
7.3.1	AOT40 voor vegetatie . . . . .	39
7.3.2	AOT40 voor bossen . . . . .	40
7.4	O <sub>3</sub> -jaargemiddelde . . . . .	41

7.5	Evolutie in O <sub>3</sub> -concentratieklassen . . . . .	41
<b>8</b>	<b>Zwavel dioxide</b>	<b>47</b>
8.1	SO <sub>2</sub> -meetstations . . . . .	47
8.2	SO <sub>2</sub> -uurgemiddelde . . . . .	47
8.3	SO <sub>2</sub> -daggemiddelden . . . . .	48
8.4	SO <sub>2</sub> -jaargemiddelden . . . . .	48
<b>9</b>	<b>Besluit</b>	<b>51</b>
<b>10</b>	<b>Bijlage A: Meetstations</b>	<b>53</b>
<b>11</b>	<b>Bijlage B: Jaaroverzicht van luchtkwaliteitspolluenten</b>	<b>56</b>
<b>12</b>	<b>Bijlage C: Interpretatie van boxplots</b>	<b>60</b>
<b>13</b>	<b>Bijlage D: Onzekerheidskaarten</b>	<b>61</b>

## Lijst van afkortingen en verklarende woordenlijst

### AOT40 voor vegetatie

Accumulated Ozone Exposure above a Threshold of 40 ppb (= 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ): het verschil tussen het uurgemiddelde boven 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  voor alle uurwaarden tussen 8 u en 20 u MET in de maanden mei, juni en juli (groeiseizoen). Indicator ter bescherming van de gewassen en de (semi-)natuurlijke vegetatie.

### AOT40 voor bossen

Accumulated Ozone Exposure above a Threshold of 40 ppb (= 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ): het verschil tussen het uurgemiddelde boven 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  voor alle uurwaarden tussen 8 u en 20 u MET in de maanden april–september. Indicator ter bescherming van de bossen.

### AOT60

Accumulated Ozone Exposure above a Threshold of 60 ppb (= 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ): het verschil tussen de dagelijkse hoogste 8-uurgemiddelde concentratie hoger dan 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , gesommeerd over een kalenderjaar.

### BC

Black Carbon ofwel roet is een deel van fijn stof en is vooral afkomstig van dieselauto's en verbranding van biomassa.

### GBI

Gemiddelde Blootstellingsindex: nationale indicator die wordt berekend als het gemiddelde over drie jaar van gemeten  $\text{PM}_{2,5}$ -concentraties in stedelijke achtergrondstations.

### LTD

Langetermijndoelstelling

### MLTD

Middellangetermijndoelstelling

### NET60

Number of exceedances above a Threshold of 60 ppb (= 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ): aantal dagen waarop de dagelijkse hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentratie hoger dan 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  was.

### $\text{NO}_x$

Verzamelaam voor een gasmengsel dat bestaat uit stikstofmonoxide (NO) en stikstofdioxide ( $\text{NO}_2$ ).

### $\text{O}_3$

Ozon: zeer reactief gas dat in de troposfeer gevormd wordt door de inwerking van uv-licht op bepaalde verbindingen aanwezig in de lucht, de zogeheten precursoren. Ozon wordt voornamelijk gevormd op warme en zonnige zomerdagen.

### $\text{PM}_{10}$

Particulate Matter ofwel fijn stof met een diameter kleiner dan 10  $\mu\text{m}$ .

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

Particulate Matter ofwel fijn stof met een diameter kleiner dan 2,5  $\mu\text{m}$ .

### RIO

Interpolatietechniek gebruikt in dit rapport om een ruimtelijk beeld te scheppen van de luchtkwaliteit in België.

### Smog

Een toestand met verhoogde luchtverontreiniging. In de winter (of in de lente) vooral veroorzaakt door fijn stof, in de zomer door ozon.

### $\text{SO}_2$

Zwavel dioxide: een kleurloos gas met een karakteristieke irriterende geur en smaak bij hoge concentraties.

Temperatuursinversie

Meteorologisch 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.

UNECE

United Nations Economic Commission for Europe.

VOC

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

WGO

Wereldgezondheidsorganisatie

# 1 Samenvatting

De luchtkwaliteit in het jaar 2021 scoort niet over de hele lijn beter dan 2020. Voor stikstofdioxide en fijn stof zet de stapsgewijze daling van de concentraties, die al enkele jaren tot verschillende decennia plaatsvindt, zich niet duidelijk door in 2021. Voor zwaveldioxide wordt wel een verdere lichte daling geobserveerd en met voorsprong de opvallendste dalingen worden waargenomen voor ozon: enkele indicatoren vertonen de laagste waarden sinds het begin van de metingen. Ontegensprekelijk heeft de COVID-19-pandemie nog een invloed op de concentraties in 2021 zoals dat duidelijk in 2020 het geval was: hoewel de gemodelleerde concentraties voor stikstofdioxide en fijn stof hoger zijn voor 2021 dan 2020, zijn ze wel lager dan in 2019.

Onderstaande tabel 1 toont de verschillende luchtkwaliteitsindicatoren voor België in 2021 en vergelijkt die via een kleurencode met gemiddelden van de 10 voorafgaande jaren: 2011–2020. De cijfers zijn gebaseerd op de berekeningen met de RIO-interpolatietechniek, met een ruimtelijke resolutie van  $4 \times 4 \text{ km}^2$ . De cijfers zijn dus representatief voor gebieden van 4 km op 4 km, waaruit volgt dat de concentraties (of het aantal overschrijdingen) lokaal hoger of lager kunnen zijn. Voor pollutanten die sterk bepaald worden door plaatselijke emissies, zoals  $\text{NO}_2$  door verkeersemissies, kan de beoordeling lokaal sterk verschillen van deze op het  $4 \times 4 \text{ km}^2$  niveau.

Voor fijn stof, stikstofdioxide en zwaveldioxide zijn alle indicatoren beduidend lager dan het gemiddelde van de tien voorafgaande jaren. Zowel de indicatoren voor een lange periode (jaargemiddelden) als die voor korte periodes (uurgemiddelden en overschrijdingen) waren beduidend lager voor het minimum, gemiddelde en maximum van de  $4 \times 4 \text{ km}^2$  gebieden. Enkel het minimum voor het 4<sup>de</sup> hoogste daggemiddelde van  $\text{SO}_2$  blijft stabiel op  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Voor deze pollutanten, fijn stof,  $\text{NO}_2$  en  $\text{SO}_2$ , zijn ook geen overschrijdingen van de Europese grens- of streefwaarde meer waarneembaar op het  $4 \times 4 \text{ km}^2$  niveau. Voor fijn stof en stikstofdioxide worden de WGO-advieswaarden wel in verschillende gebieden overschreden. Ook voor ozon zijn alle indicatoren die enkel gebaseerd zijn op 2021 beduidend lager dan het gemiddelde van de voorafgaande 10 jaar. Enkel de indicatoren die berekend worden op basis van meerdere jaren zijn gelijkaardig aan of beduidend slechter dan het voorbije 10-jaargemiddelde. De middellangetermijndoelstellingen voor ozon voor de bescherming van de gezondheid, de vegetatie en de bossen werden gehaald. De langetermijndoelstellingen voor de ozonblootstelling worden nog steeds overschreden.

Tabel 2 geeft het percentage van de bevolking dat potentieel wordt blootgesteld aan concentraties boven de EU-grenswaarden enerzijds, en de advieswaarden van de Wereldgezondheidsorganisatie (WGO) anderzijds, weer.

Men kan besluiten, op basis van die berekeningen, dat niemand in België werd blootgesteld aan overschrijdingen van de Europese grens- of advieswaarden voor fijn stof, stikstofdioxide of zwaveldioxide. De bevolkingsblootstelling wordt geschat op basis van de RIO-berekeningen van de luchtkwaliteit in de roostercellen van  $4 \times 4 \text{ km}^2$  en het aantal overeenkomstige inwoners in deze roostercellen. Deze relatief lage ruimtelijke resolutie verklaart waarom 0 % van de bevolking werd blootgesteld aan concentraties hoger dan de  $\text{NO}_2$ -grenswaarde van de Europese richtlijn. Vooral voor pollutanten zoals  $\text{NO}_2$  die sterk bepaald worden door de bijdrage van lokale emissiebronnen is dit een onderschatting.

Bij vergelijking van de indicatoren met de advieswaarden opgesteld door de WGO, in plaats van de grenswaarden van de EU, is de situatie minder gunstig: 74,0 % van de Belgische bevolking woont in een gebied waar de jaargemiddelde  $\text{PM}_{10}$ -concentratie de WGO-advieswaarde van  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  overschrijdt, 98,8 % van de Belgische bevolking woont in een gebied waar de jaargemiddelde  $\text{PM}_{2,5}$ -concentratie de WGO-advieswaarde van  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  overschrijdt en 79,7 % in een gebied waar de jaargemiddelde  $\text{NO}_2$ -concentratie de WGO-advieswaarde van  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  overschrijdt.

Voor ozon wordt de langetermijndoelstelling om op geen enkele dag een 8-uurgemiddelde boven  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  te bereiken voor 95,5 % van de bevolking overschreden. De middellangetermijndoelstelling om, gemiddeld over 3 jaar, maximum 25 dagen per jaar een 8-uurgemiddelde boven  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  te bereiken, wordt wel overal behaald.

Concluderend kan gesteld worden dat voor 2021 de ozonindicatoren zeer laag zijn en de concentraties zwaveldioxide verder licht gedaald. De concentraties fijn stof ( $\text{PM}_{10}$  en  $\text{PM}_{2,5}$ ) en stikstofdioxide liggen net boven die van het door COVID-19 geïmpacteerde jaar 2020. Als gemiddelde in de  $4 \times 4 \text{ km}^2$  roostercellen blijven de concentraties fijn stof, stikstofdioxide en zwaveldioxide onder de Europese grens- of streefwaarden. Voor ozon werden de middellangetermijndoelstellingen gehaald. Het merendeel van de

bevolking blijft echter blootgesteld aan concentraties boven de WGO-advieswaarden voor zowel  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ , ozon als  $NO_2$ .



Tabel 1: Luchtkwaliteitsindicatoren voor België, 2021

Indicator	min.	gem.	max.	Europese grens- of streefwaarde	WGO-advieswaarde (2021)
<b>PM<sub>10</sub></b>					
Jaargemiddelde conc. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	7	14	24	40	15
Aantal dagen $>50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0	2	10	Max. 35 dagen	
Aantal dagen $>45 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0	3	16		Max. 3 dagen
<b>PM<sub>2.5</sub></b>					
Jaargemiddelde conc. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	4	9	14	25	5
<b>Ozon</b>					
Aantal dagen $>180 \mu\text{g}/\text{m}^3$		0			
Aantal dagen $>240 \mu\text{g}/\text{m}^3$		0			
Aantal dagen hoogste 8-uurgem. $>120 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0	4	10	MLTD: 25 dagen, LTD: 0 dagen	0 dagen met hoogste 8-uurgem. $>100 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Aantal dagen hoogste 8-uurgem. $>120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (gem. 2019–2021)	5	14	22	MLTD: 25 dagen, LTD: 0 dagen	0 dagen met hoogste 8-uurgem. $>100 \mu\text{g}/\text{m}^3$
AOT60 ( $(\mu\text{g}/\text{m}^3)\cdot\text{u}$ )	0	272	976	5800***	
AOT40 voor vegetatie ( $(\mu\text{g}/\text{m}^3)\cdot\text{u}$ )	1407	6630*	9382	MLTD: 18000, gem. over 5 jaar, LTD: 6000	
AOT40 voor vegetatie ( $(\mu\text{g}/\text{m}^3)\cdot\text{u}$ ) (gem. 2017–2021)	3107	11817*	17216	MLTD: 18000, gem. over 5 jaar, LTD: 6000	
AOT40 voor bossen ( $(\mu\text{g}/\text{m}^3)\cdot\text{u}$ )	1931	11208**	15579	Kritiek niveau: 10000***, referentieniveau: 20000***	
<b>NO<sub>2</sub></b>					
Jaargemiddelde conc. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	3	9	30	40	10
19 <sup>de</sup> hoogste uurgem. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	15	34	88	200	Hoogste uurgem.: 200
<b>SO<sub>2</sub></b>					
25 <sup>ste</sup> hoogste uurgem. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	1	2	16	350	
4 <sup>de</sup> hoogste daggem. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	1	1	9	125	Hoogste daggem.: 40
<b>Overschrijding van de Europese grens- of streefwaarde.</b>					
* Gewogen gemiddelde van de vegetatie-oppervlakte.					
** Gewogen gemiddelde van de bosoppervlakte.					
*** Niet in richtlijn 2008/50/EG.					
	Waarde beduidend lager dan het voorbije 10-jaarsgemiddelde.				
	Waarde vergelijkbaar met het voorbije 10-jaarsgemiddelde.				
	Waarde beduidend hoger dan het voorbije 10-jaarsgemiddelde.				

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

Indicator	Europese grens- of streefwaarde	Bevolking of vegetatie met blootstelling boven de Europese grens- of streefwaarde	WGO-advieswaarde (2021)	bevolking met blootstelling boven de WGO-advieswaarde
<b>PM<sub>10</sub></b>				
Jaargemiddelde	40 µg/m <sup>3</sup>	0 %	15 µg/m <sup>3</sup>	74,0 %
Aantal dagen >50 µg/m <sup>3</sup>	Max. 35 dagen	0 %		
Aantal dagen >45 µg/m <sup>3</sup>			Max. 3 dagen	62,3 %
<b>PM<sub>2.5</sub></b>				
Jaargemiddelde	25 µg/m <sup>3</sup>	0 %	5 µg/m <sup>3</sup>	98,8 %
<b>Ozon</b>				
Aantal dagen met hoogste 8-uurgem. >120 µg/m <sup>3</sup>	LTD: 0 dagen	95,5 %	Hoogste 8-uurgem. >100 µg/m <sup>3</sup>	100 %
Aantal dagen met hoogste 8-uurgem. >120 µg/m <sup>3</sup> (gem. 2019-2021)	MLTD: 25 dagen gem. over 3 jaar	0 %		
AOT60	5800* (µg/m <sup>3</sup> ).u	0 %		
AOT40 voor vegetatie	LTD: 6000 (µg/m <sup>3</sup> ).u	77,4 %		
AOT40 voor vegetatie (gem. 2017-2021)	MLTD: 18000 (µg/m <sup>3</sup> ).u gem. over 5 jaar	0 %		
AOT40 voor bossen	Kritiek niveau: 10000* (µg/m <sup>3</sup> ).u	83,3 %		
AOT40 voor bossen	Referentieniveau: 20000* (µg/m <sup>3</sup> ).u	0 %		
<b>NO<sub>2</sub></b>				
Jaargemiddelde	40 µg/m <sup>3</sup>	0 %	10 µg/m <sup>3</sup>	79,7 %
Uurgem. >200 µg/m <sup>3</sup>	Max. 18 uur	0 %	0 uur	0 %
<b>SO<sub>2</sub></b>				
Daggemiddelde >125 µg/m <sup>3</sup>	Max. 3 dagen	0 %	daggemiddelde >40 µg/m <sup>3</sup>	0 %
Uurgem. >350 µg/m <sup>3</sup>	Max. 24 uur	0 %		
* Niet in richtlijn 2008/50/EG				
	0 %			
	>0 % en ≤ 50%			
	>50 %			

## 2 Inleiding

Dit rapport geeft een overzicht van de luchtkwaliteit in 2021 in België. De luchtkwaliteit wordt bepaald door de combinatie van verschillende vervuulende stoffen die gemeten worden in de meetnetten van de drie gewesten.

### BOX 1: COVID-19-pandemie

De COVID-19-pandemie, veroorzaakt door SARS-CoV-2, en de maatregelen om besmettingen te voorkomen hadden in 2020 en 2021 een grote invloed op de economische en sociale activiteiten. Dit had ontegensprekelijk een weerslag op de emissies van verschillende luchtvervuulende stoffen en de luchtkwaliteit. De grootste impact was er op de NO<sub>2</sub>- en O<sub>3</sub>-concentraties. IRCEL publiceerde een afzonderlijke studie van deze effecten voor het voorjaar van 2020. [6].

In Vlaanderen worden de meetnetten uitgeroepen door de [Vlaamse Milieumaatschappij \(VMM\)](#), in Wallonië door l'[Institut Scientifique de Service Public \(ISSeP\)](#) en het [Agence Wallonne de l'Air et du Climat \(AWAC\)](#) en in Brussel door [Leefmilieu Brussel](#). De meetwaarden worden verzameld door IRCEL en opgeslagen in de intergewestelijke luchtdatabank.

Dit rapport beschrijft de toestand van de luchtkwaliteit in 2021 en de evolutie van de luchtkwaliteit in België de laatste jaren. De pollutanten PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, BC, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> en SO<sub>2</sub> worden besproken. Om de concentraties van deze pollutanten te bepalen op plaatsen waar geen metingen worden uitgevoerd, wordt gebruik gemaakt van een interpolatietechniek: RIO.

### BOX 2: RIO-interpolatietechniek

In dit rapport wordt gebruikgemaakt van een ruimtelijke interpolatietechniek van luchtkwaliteitsmetingen, genaamd RIO [5][7]. De techniek laat toe om de concentraties en de blootstelling van de bevolking te bepalen op plaatsen waar niet gemeten wordt. Gewone interpolatietechnieken 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. RIO werd speciaal ontwikkeld om deze problematiek te omzeilen.

De ruimtelijke resolutie van de RIO-interpolatietechniek is 4x4 km<sup>2</sup>: het grondgebied van België wordt opgedeeld in vlakken van 4 km op 4 km. Dankzij RIO is het mogelijk om voor elke 4x4 km<sup>2</sup> roostercel 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.

De techniek staat toe om de onzekerheid per roostercel van 4x4 km<sup>2</sup> te berekenen voor elke pollutant. Voor deze kaarten en een meer gedetailleerde uitleg rond het bepalen van de modelonzekerheid verwijzen we naar Bijlage D.

De RIO-interpolatietechniek wordt gebruikt om de concentraties te bepalen over het volledige grondgebied, in dit rapport wordt niet ingegaan op de metingen in de verschillende individuele meetstations. Daarvoor verwijzen we naar de jaarlijkse publicaties van de gewesten en de jaarlijkse rapportering van België in het kader van de Europese richtlijn 2008/50/EG. In het voorliggende rapport werd RIO-versie 5.0\_v2020 gebruikt. Voor de resultaten van andere pollutanten zoals o.a. NO, CO, zware metalen verwijzen we eveneens naar de gewestelijke websites en rapporten.

De jaarresultaten gepubliceerd door Vlaanderen, Wallonië en Brussel zijn beschikbaar op de websites: [www.vmm.be](http://www.vmm.be)<sup>1</sup>, [www.wallonaair.be](http://www.wallonaair.be)<sup>2</sup> en [www.environnement.brussels](http://www.environnement.brussels)<sup>3</sup>.

Door de concentratie van een pollutant in een RIO-roostercel te koppelen aan de bevolkingsdichtheid in die roostercel (zie figuur 1) kan ook de blootstelling van de bevolking aan die pollutant berekend worden. Gezien de bevolkingsdichtheid bepaald is op basis van de woonplaatsen en dus geen rekening houdt met verplaatsingen wordt hier steeds 'statische' blootstelling bedoeld.

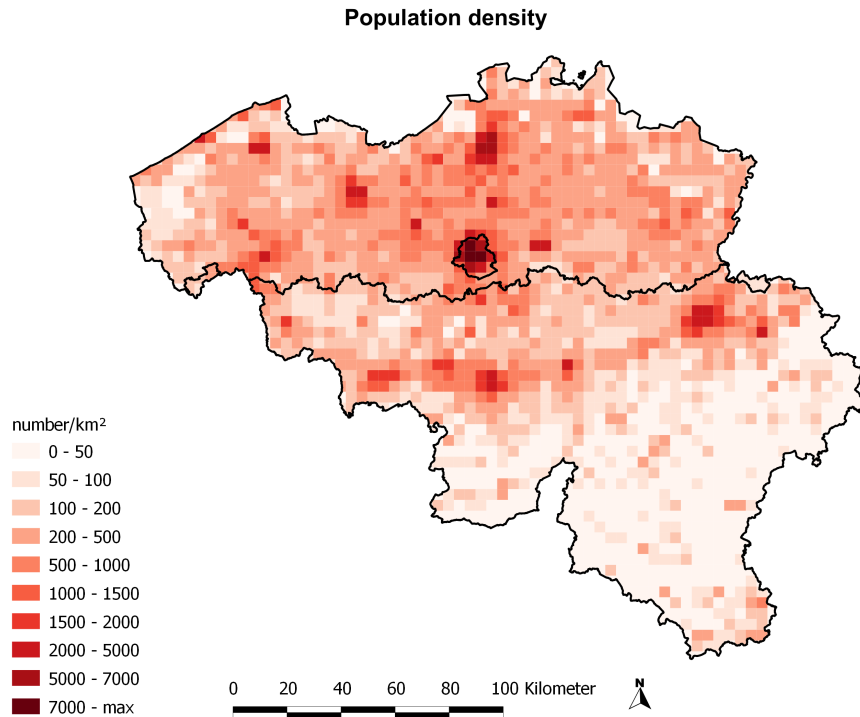
Hoewel de ruimtelijke resolutie van de RIO-interpolatie reeds vrij hoog is, blijven de resultaten uiteraard

<sup>1</sup>Emissies en concentraties luchtverontreinigende stoffen

<sup>2</sup>Rapports annuels des réseaux de surveillance de la qualité de l'air en Wallonie

<sup>3</sup>Rapports annuels de la qualité de l'air en région de Bruxelles-Capitale

een benadering van de werkelijkheid. Binnen één roostercel van  $4 \times 4 \text{ km}^2$  wordt een homogene concentratie verondersteld. De bevolking binnen een roostercel wordt steeds verondersteld aan exact deze concentratie te zijn blootgesteld. Voor visualisaties van de jaargemiddelde concentraties op hoge resolutie verwijzen we naar de RIO-IFDM- of ATMO-Streetkaarten op de website van IRCEL – CELINE: [NO<sub>2</sub>](#), [PM<sub>10</sub>](#), [PM<sub>2.5</sub>](#), [BC](#) en [O<sub>3</sub>](#).



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

De analyses en visualisaties van de trend van de verschillende indicatoren werden uitgevoerd in het statistische softwarepakket R [11] en met behulp van voor R ontwikkelde ‘openair’-pakket [4]. De kaarten in dit jaarrapport werden gemaakt met het geografisch informatiesysteem QGIS [10]. De documentopmaak werd verwezenlijkt met  $\text{\LaTeX}$ .

## 3 Wettelijke bepalingen

### 3.1 Europese regelgeving

De belangrijkste wettelijke basis inzake luchtkwaliteitsnormen is de richtlijn 2008/50/EG van het Europees Parlement en de Raad van 20 mei 2008 betreffende de luchtkwaliteit en schonere lucht voor Europa [3]. Deze richtlijn formuleert een strategie om in Europa de luchtkwaliteit te beoordelen; om de schadelijke gevolgen te voorkomen, te verhinderen of te verminderen; om correcte informatie te verzamelen en te verspreiden; en om de goede luchtkwaliteit in stand te houden en die in andere gevallen te verbeteren.

De richtlijn bevat hiertoe **grenswaarden**, **streefwaarden**, **informatiedrempels** en **alarmdrempels**. De grens- en streefwaarden zijn opgenomen in tabel 1 en 2, de informatie- en alarmdrempels in tabel 3.

- *Grenswaarden* zijn niveaus die binnen een bepaalde termijn moeten worden bereikt en, wanneer ze eenmaal zijn bereikt, niet meer mogen worden overschreden.
- *Streefwaarden* zijn niveaus die ‘voor zover mogelijk’ binnen een vooropgestelde termijn moeten worden bereikt.
- *Informatiedrempels* zijn niveaus waarboven kortstondige blootstelling een gezondheidsrisico inhoudt voor bijzonder kwetsbare bevolkingsgroepen, en voor wie een onmiddellijke en toereikende informatievoorziening noodzakelijk is.
- *Alarmdrempels* zijn niveaus waarboven een kortstondige blootstelling risico’s inhoudt voor de gezondheid van de bevolking als geheel, en bij het bereiken waarvan de lidstaten onmiddellijk stappen dienen te ondernemen.

Tabel 3: Overzicht van de gemiddelde uurlijkse informatie- en alarmdrempels volgens de EU-richtlijn 2008/50/EG.

Polluent	Informatiedrempel	Alarmdrempel
SO <sub>2</sub>		500 µg/m <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>		400 µg/m <sup>3</sup>
O <sub>3</sub>	180 µg/m <sup>3</sup>	240 µg/m <sup>3</sup>

### 3.2 Wereldgezondheidsorganisatie

De Wereldgezondheidsorganisatie – WGO (World Health Organisation – WHO) heeft een eigen reeks luchtkwaliteits**advieswaarden** opgesteld. De WGO-advieswaarden kwantificeren de concentraties waarbij er een belangrijk risico is voor de publieke gezondheid. In september 2021 werden deze waarden geactualiseerd op basis van recentere wetenschappelijke inzichten en daarbij aanzienlijk verstrengd [8]. Deze advieswaarden worden in dit rapport aan figuren en tabellen toegevoegd waar dat relevant is. In tabel 4 worden zowel de huidige als de oude advieswaarden uit 2005 gegeven.

De WGO-advieswaarden zijn strenger dan de grens- en streefwaarden van de EU. Europa houdt niet alleen rekening met gezondheidsredenen maar ook met de economische haalbaarheid om tot die doelstellingen te komen.

Tabel 4: Overzicht van de advieswaarden voor luchtkwaliteit van de Wereldgezondheidsorganisatie

Polluent	Middelingstijd	Toegestaan aantal overschrijdingen	Waarde(2005)	Waarde(2021)
PM <sub>10</sub>	1 dag	3	50 µg/m <sup>3</sup>	45 µg/m <sup>3</sup>
	1 jaar		20 µg/m <sup>3</sup>	15 µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>2.5</sub>	1 dag	3	25 µg/m <sup>3</sup>	15 µg/m <sup>3</sup>
	1 jaar		10 µg/m <sup>3</sup>	5 µg/m <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>	1 uur	0	200 µg/m <sup>3</sup>	200 µg/m <sup>3</sup>
	1 dag	3		25 µg/m <sup>3</sup>
	1 jaar		40 µg/m <sup>3</sup>	10 µg/m <sup>3</sup>
O <sub>3</sub>	8 uur *	0	100 µg/m <sup>3</sup>	100 µg/m <sup>3</sup>
	6 maanden **			60 µg/m <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	10 minuten		500 µg/m <sup>3</sup>	500 µg/m <sup>3</sup>
	1 dag	0	20 µg/m <sup>3</sup>	40 µg/m <sup>3</sup>

\* Hoogste 8-uurgemiddelde van een dag

\*\* Glijdend 6-maandgemiddelde van de hoogste 8-uurgemiddelde van een dag tijdens het piekseizoen

## 4 Periodes met verhoogde luchtverontreiniging –*smogepisodes*–

De concentraties van luchtverontreinigende stoffen in de omgevingslucht variëren van dag tot dag en 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. Daarnaast kunnen pollutanten gevormd of verwijderd worden door verschillende fysicochemische reacties in de atmosfeer, kunnen ze door depositie uit de lucht worden verwijderd of kunnen ze door de wind over een grote afstand verspreid worden. Als de verontreinigende stoffen origineel in het buitenland uitgestoten worden en vervolgens in België terechtkomen, spreken we van import. Bijgevolg zijn, naast de emissies, ook temperatuur, windsnelheid en neerslag belangrijke parameters die de concentratie van een pollutant bepalen.

Wanneer de concentraties van luchtvervuilende stoffen in de lucht te hoog oplopen, ontstaat *smog*. We onderscheiden winter-, zomer- en lentesmog.

Verhoogde luchtvervuiling door fijn stof en stikstofdioxide tijdens de winter (**wintersmog**) komt meestal voor bij stabiele weersomstandigheden met weinig wind en bij de aanwezigheid van een temperatuursinversie. De ‘dispersie’- of verspreidingsomstandigheden van de luchtvervuiling in de atmosfeer zijn dan slecht. Een temperatuursinversie op lage hoogte zorgt ervoor dat de luchtvervuiling (veroorzaakt door emissies en/of import) 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 geleidelijk.

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 dat ‘secundair anorganische ionen’ (bijvoorbeeld ammonium, nitraat, sulfaat) 30–40 % bijdragen tot de totale massa fijn stof [13][14]. Een sleutelcomponent in de vorming van secundair fijn stof is ammoniak. Hoge secundaire fijnstofconcentraties komen dan ook vaak voor in het voorjaar (**lentesmog**), wanneer de landbouwers de stallen schoonmaken en mest uitrijden met hoge ammoniakuitstoot tot gevolg.

Ozonsmogepisodes (**zomersmog**) komen vooral voor op warme en zonnige zomerdagen ( $> 25\text{ °C}$ ) met weinig wind. Zulke meteorologische condities zijn gunstig voor de fotochemische vorming van ozon.

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

### 4.1 Winter- en lentesmog

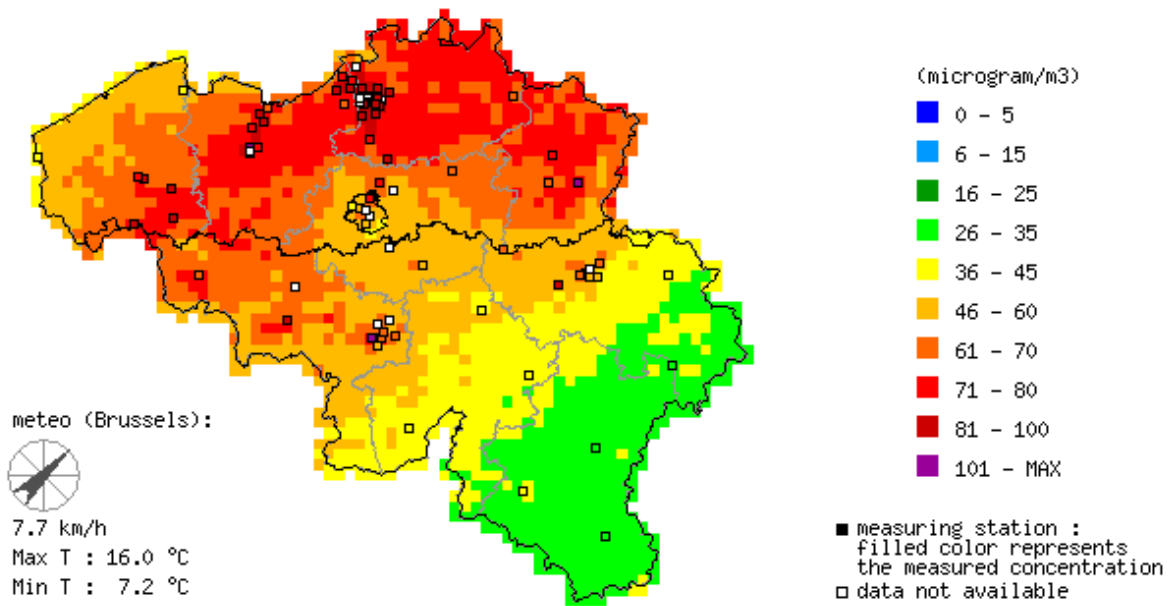
In België is er sinds 2006 het smogalarm dat geactiveerd wordt wanneer de voorspelde daggemiddelde  $\text{PM}_{10}$ -concentraties gedurende twee opeenvolgende dagen de drempel van  $70\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$  overschrijden. Sinds 2016 is dit aangevuld met een informatiedrempel van  $50\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Een informatiebericht wordt verspreid wanneer het gemeten glijdend 24-uurgemiddelde van  $\text{PM}_{10}$ , als gemiddelde in een gewest, hoger is dan  $50\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$  en wordt verwacht dat dit nog minstens 24 uur zo zal blijven. In 2019 werden ook voor  $\text{PM}_{2.5}$  een informatie- en alarmdrempel geïntroduceerd, deze bedragen respectievelijk 35 en  $50\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

In 2021 werd de informatiedrempel tweemaal geactiveerd, enkel de tweede episode hield langer aan dan één dag.

In de eerste episode, van 25 tot 26 februari, werd de informatiedrempel voor  $\text{PM}_{10}$  bereikt in Vlaanderen en Wallonië. Tijdens deze periode werd een lage verhouding van  $\text{PM}_{2.5}$  op  $\text{PM}_{10}$  gemeten en dus een hoog aandeel van de grove fractie van het fijn stof. De belangrijkste verklaring is de impact van een stofwolk afkomstig van de Noord-Afrikaanse Sahara. Het stof werd op grote hoogte over Europa getransporteerd, een deel kwam ook in de onderste luchtlagen van de atmosfeer terecht. De tweede smogepisode vond plaats van 3 tot 5 maart, de informatiedrempel van  $50\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$  werd in elk van de drie gewesten bereikt. Als oorzaak wordt gekeken naar resuspensie van bodemstof, de gunstige weersomstandigheden voor de vorming van secundair anorganisch fijn stof en misschien nog een invloed van de Saharastofwolk.

Zie figuren 2 en 3 voor de ruimtelijke spreiding van de daggemiddelde concentraties op 3 maart 2021. Op

Daily average Particulate Matter (PM10) concentrations on: Wednesday 03/03/2021



Figuur 2: Daggemiddelde PM<sub>10</sub>-concentratie op 3 maart 2021.

figuur 4 wordt de evolutie van het glijdend 24-uurgemiddelde, gemiddeld over alle meetstations in een gewest, tijdens de tweede episode weergegeven.

In tegenstelling tot de *informatiedrempel* werd in 2021 de *alardrempel* niet overschreden.

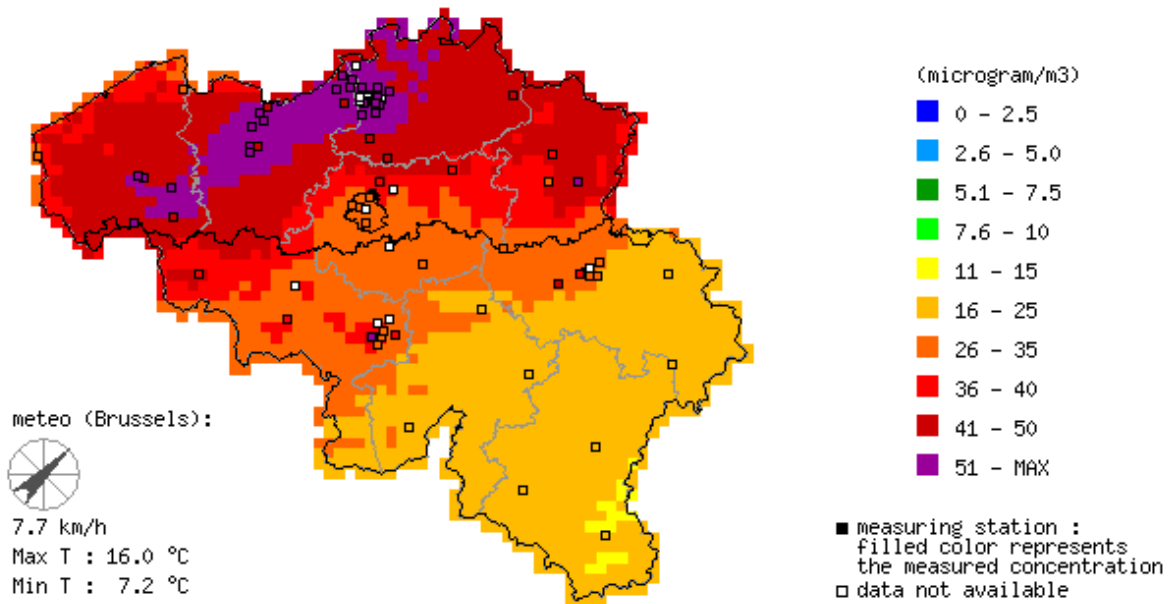
## 4.2 Zomersmog

Het jaar 2021 werd gekenmerkt door een zeer warme en natte maand juni, sombere maanden juli en augustus, en een warm en droog september. Dit had een grote invloed op het optreden van zomersmog: de Europese informatiedrempel van 180 µg/m<sup>3</sup> werd in geen enkel meetstation overschreden. De maximum uurgemiddelde ozonconcentratie, gemeten in 2021, bedraagt 179 µg/m<sup>3</sup>.

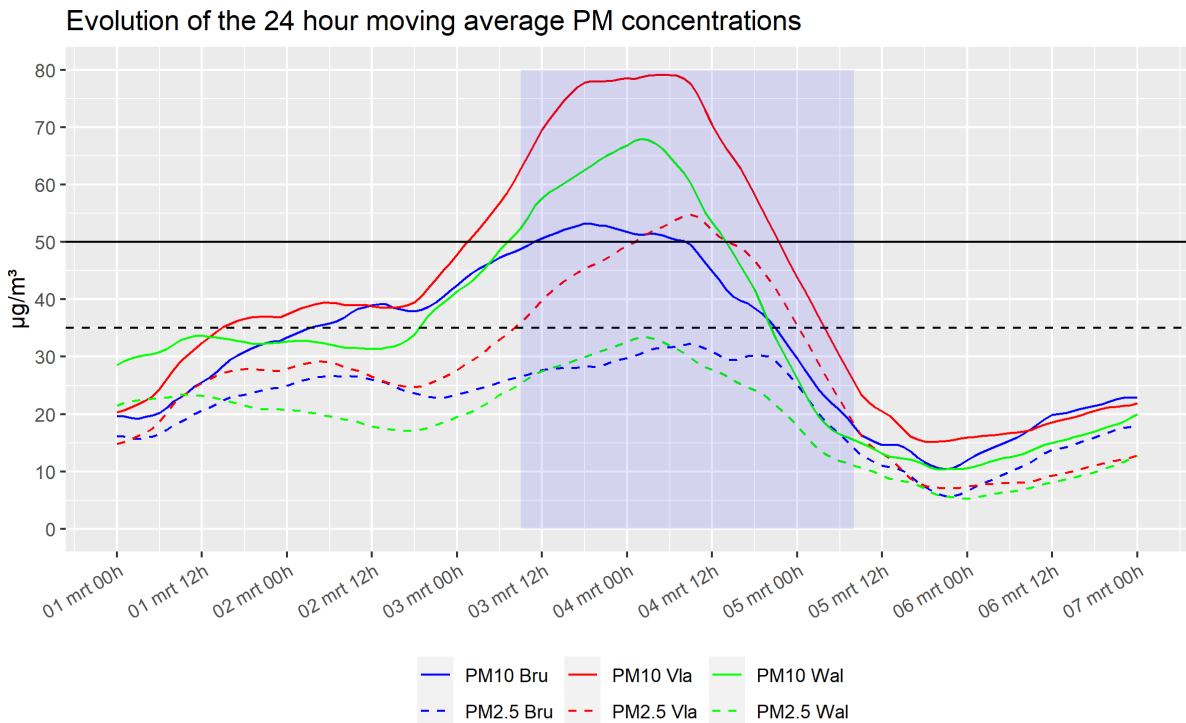
Het is het eerste jaar sinds het begin van de ozonmetingen in 1978 waarin geen enkele ozondag werd waargenomen, het vorige minimum dateert van 2014, toen was er 1 ozondag. In 2020 werden nog 13 ozondagen waargenomen. Tijdens de zeer warme zomers van 2003 en 2006 werden respectievelijk 16 en 22 dagen met overschrijding van de informatiedrempel geregistreerd. In 2003 werd de huidige alardrempel van 240 µg/m<sup>3</sup> op ten minste één meetpunt gedurende 7 dagen overschreden. De smogepisode in augustus 2020 van 8 opeenvolgende ozondagen is de tweede langste sinds 1990. Enkel de reeks van augustus 2003 van 12 opeenvolgende ozondagen is langer.



Daily average Particulate Matter (PM<sub>2.5</sub>) concentrations on: Wednesday 03/03/2021

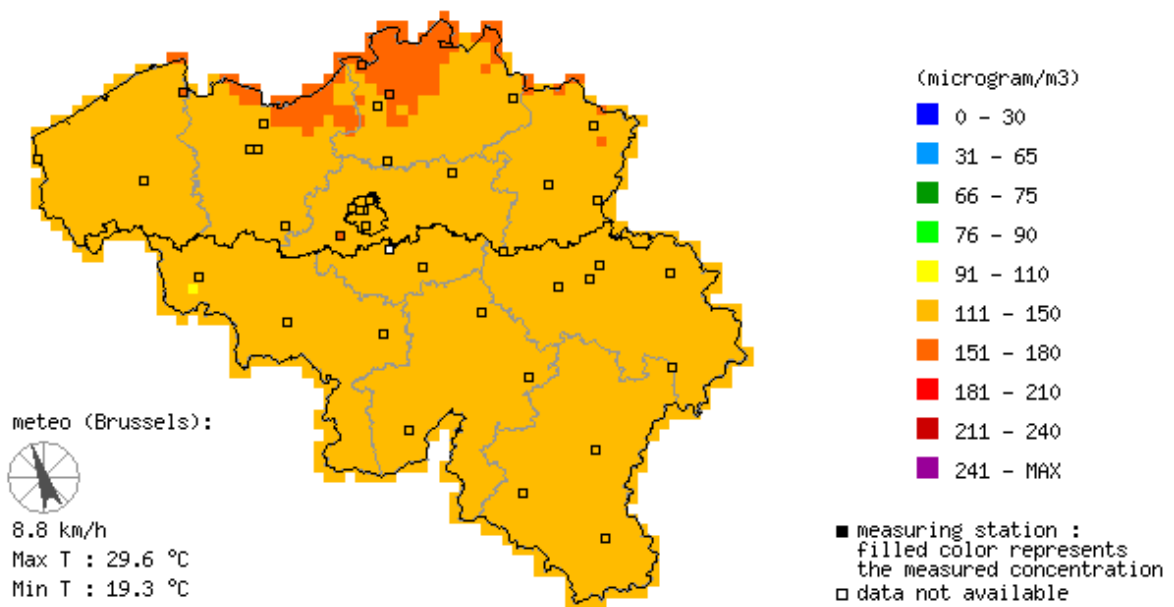


Figuur 3: Daggemiddelde PM<sub>2.5</sub>-concentratie op 3 maart 2021.



Figuur 4: Evolutie van de glijdende 24-uurgemiddelde PM<sub>10</sub>- en PM<sub>2.5</sub>-concentratie gemiddeld over alle meetstations per gewest van 1 maart 2021 tot 7 maart 2021. Deze figuur geeft geen geïnterpoleerde waarden.

Daily highest 1-hourly Ozone concentrations on: Wednesday 16/06/2021



Figuur 5: Hoogste ozonconcentraties op woensdag 16 juni 2021.

## 5 Fijn stof

Fijn stof is een verzamelnaam voor alle vaste en vloeibare deeltjes die in de atmosfeer rondzweven. Om de diverse groep exacter te kunnen bespreken onderscheiden we enkele categorieën:  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  en BC.

PM staat voor *particulate matter* of *partikelmaterie*, de subscripten zijn een aanduiding van de grootte. De fractie  $PM_{10}$  bestaat uit alle deeltjes die dezelfde eigenschappen hebben als een ideale partikel met een diameter van 10 micrometer ( $\mu m$ ) of kleiner. Overeenkomstig wordt met  $PM_{2.5}$  de groep van partikels bedoeld die hetzelfde gedrag in de omgevingslucht vertonen als een ideale partikel met een diameter van 2,5 micrometer of kleiner. Uit deze definitie volgt dat  $PM_{2.5}$  steeds een subgroep van  $PM_{10}$  is, elk fijnstofdeeltje uit de categorie  $PM_{2.5}$  wordt ook tot de categorie  $PM_{10}$  gerekend.

Een derde categorie, BC of black carbon, is op zijn beurt weer onderdeel van  $PM_{2.5}$ . Black carbon wordt typisch gevormd bij onvolledige verbranding en is het voornaamste bestanddeel van roet.

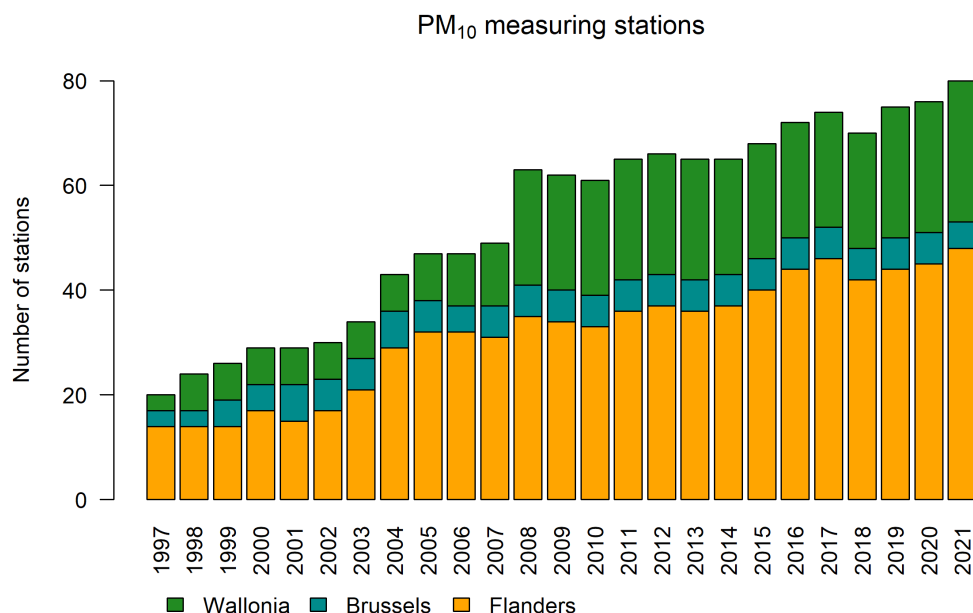
Fijn stof in de atmosfeer kan een natuurlijke oorzaak hebben, zoals zeezoutpartikels en opwaaiend bodemstof, of een menselijke oorzaak, zoals transport, industrie, landbouw en gebouwverwarming. Het fijn stof kan rechtstreeks door al deze bronnen uitgestoten worden, of kan in de atmosfeer zelf gevormd worden: door chemische en fysische reacties worden gasvormige componenten omgezet tot deeltjes. Fijn stof dat rechtstreeks wordt uitgestoten noemen we *primair* fijn stof. Fijn stof dat pas in de atmosfeer is gevormd, wordt aangeduid als *secundair* fijn stof. Primair fijn stof en de *precursoren* die zorgen voor secundair fijn stof, kunnen over grote afstanden getransporteerd, en dus naar of van het buitenland geëxporteerd of geïmporteerd, worden.

De belangrijkste gezondheidseffecten door luchtvervuiling zijn te wijten aan de *chronische* of langetermijnblootstelling aan fijn stof. Volgens de wereldgezondheidsorganisatie (WGO) is er geen drempelwaarde waaronder geen nadelige effecten voorkomen.

## 5.1 PM<sub>10</sub>

### 5.1.1 PM<sub>10</sub>-meetstations

In 2021 werden concentraties van PM<sub>10</sub> gemeten in 80 stations, dat is het hoogste aantal sinds 1997. De toename aan meetstations, zoals te zien in figuur 6 zorgt voor een afname van de onzekerheid op de geïnterpoleerde waarden die besproken worden in dit hoofdstuk.



Figuur 6: Evolutie van het aantal PM<sub>10</sub>-meetstations in België.

### 5.1.2 PM<sub>10</sub>-jaargemiddelde concentratie

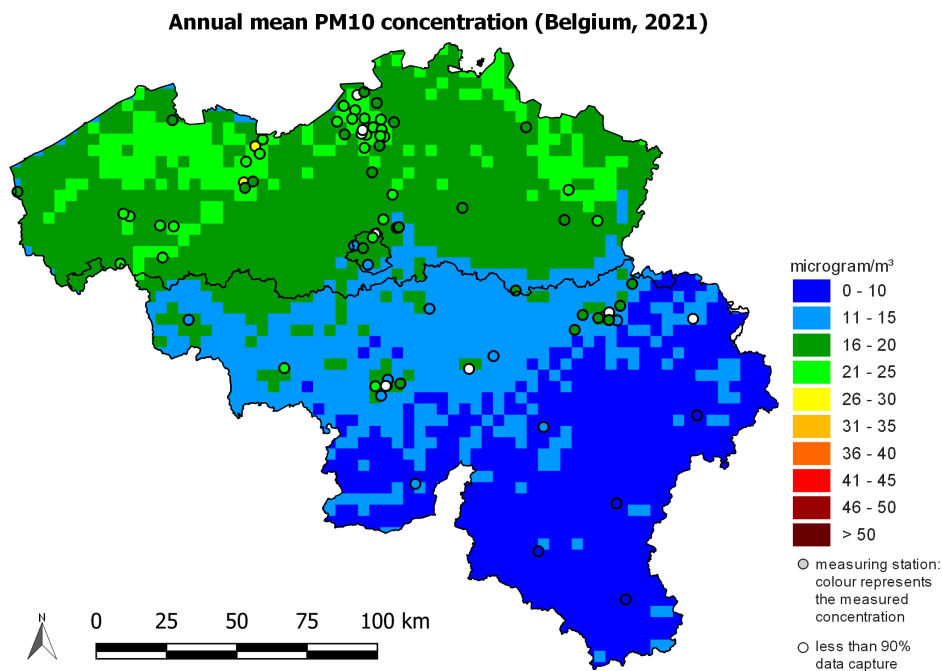
Figuur 7 geeft een kaart van België met de jaargemiddelde concentratie van PM<sub>10</sub> per roostercel. De hoogste concentraties, 20 à 24  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  situeren zich in het noorden van Vlaanderen. In het zuiden van het land zijn de concentraties het laagst met uitzondering van de zones rond Bergen, Charleroi, Namen en Luik. De onzekerheid op deze kaart is te vinden in Bijlage D.

De 2008 waarden uit figuur 7 kunnen ook in een boxplot<sup>4</sup> weergegeven worden. In figuur 8 wordt dit gedaan voor 2021 en alle voorgaande jaren sinds 1997. Op deze manier is de trend van de maximumwaarde, het gemiddelde en de mediaan, en het minimum observeerbaar. De Europese grenswaarde bedraagt 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  als jaargemiddelde concentratie. Het is duidelijk dat ook in 2021 deze grens voor elk van de 4x4 km<sup>2</sup> vlakken niet overschreden werd. De advieswaarde van de WGO bedraagt 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , in 2021 werd deze waarde in 46 % van de RIO-roosterzellen overschreden.

In 2021 bedroeg de jaargemiddelde PM<sub>10</sub>-concentratie over alle RIO-roosterzellen in België 14,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . In het Brussels gewest bedroeg die jaargemiddelde concentratie 16,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , in het Vlaamse 18,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , en in het Waalse 11,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Het bevolkingsgewogen jaargemiddelde voor België is met 17,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  hoger dan het rekenkundig gemiddelde, op plaatsen waar veel mensen wonen zijn de jaargemiddelde concentraties hoger.

In 2021 werd niemand van de Belgische bevolking blootgesteld aan jaargemiddelde concentraties boven de Europese grenswaarde van 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (figuur 9). Ten opzichte van het jaar 2020, met meer maatregelen om SARS-CoV-2-besmettingen te beperken, is er een toename van de blootstelling. Over meerdere jaren kan wel een dalende trend waargenomen worden. In 2021 werd 74 % van de bevolking blootgesteld aan

<sup>4</sup>Voor de interpretatie van boxplots, zie bijlage C



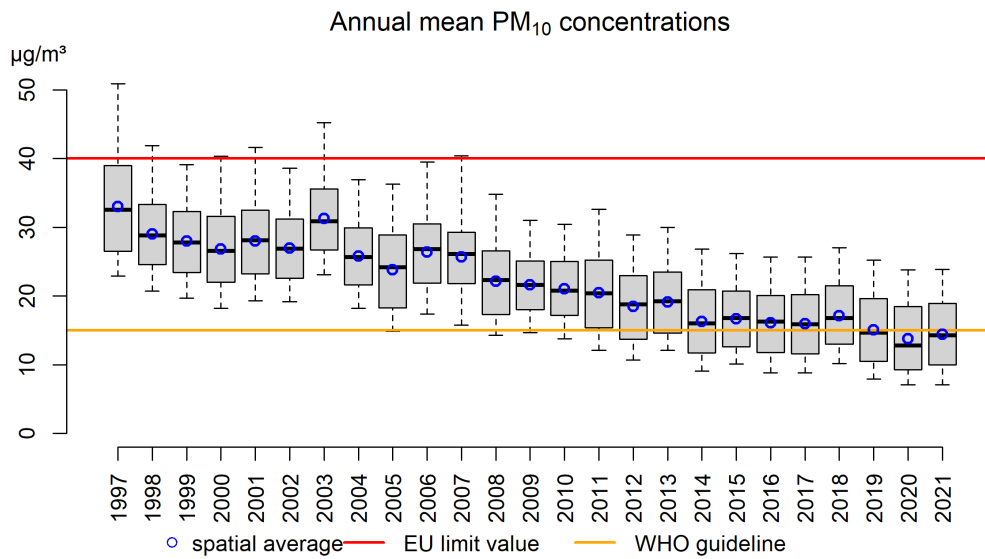
Figuur 7: Ruimtelijke spreiding van de jaargemiddelde PM<sub>10</sub>-concentratie in België in 2021, berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek

PM<sub>10</sub>-concentraties die hoger zijn dan de WGO-advieswaarde (15 µg/m<sup>3</sup>), terwijl dat in 2017 nog 84 %, in 2011 nog 97 % en in 2007 nog 100 % was.

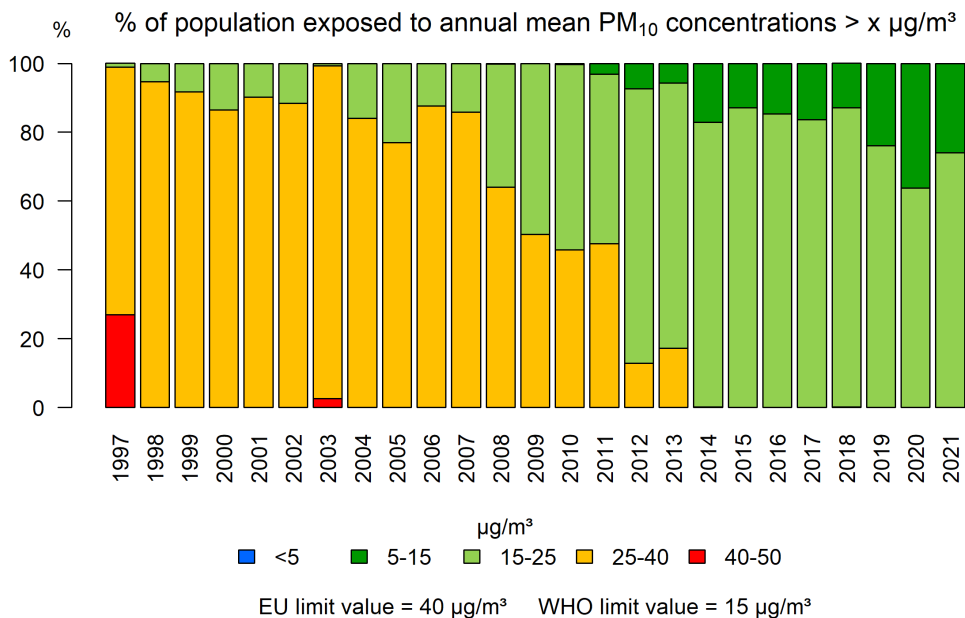
### 5.1.3 PM<sub>10</sub>-daggemiddelde concentratie

De EU-grenswaarde voor de bescherming van de bevolking tegen de kortdurende blootstelling aan PM<sub>10</sub> is een daggemiddelde PM<sub>10</sub>-concentratie van 50 µg/m<sup>3</sup>. Volgens de EU-richtlijn zijn maximum 35 overschrijdingen toegestaan. Figuur 10 toont het aantal dagen, voor elk van de 4x4 km<sup>2</sup> vlakken, waarop de daggemiddelde concentratie deze grens overschreed. De EU-drempel voor het aantal overschrijdingen werd nergens gepasseerd. Het maximum werd berekend op 10 overschrijdingen, dat is het laagste maximum sinds het begin van de metingen in 1997. Fluctuaties tussen verschillende jaren kunnen te wijten zijn aan onder andere meteorologische omstandigheden. Toch is er een dalende trend waarneembaar in het aantal overschrijdingsdagen in België sinds 1997 wat aangeeft dat de vastgestelde daling van de uitstoot van primair fijn stof en fijnstofprecursoren een gunstig effect heeft op het aantal overschrijdingsdagen. Het WGO-luchtkwaliteitsadvies schrijft dan weer een maximum van 3 overschrijdingen van een daggemiddelde PM<sub>10</sub>-concentratie van 45 µg/m<sup>3</sup> voor, figuur 11 toont de evolutie van de overschrijdingen van de WGO-grens.

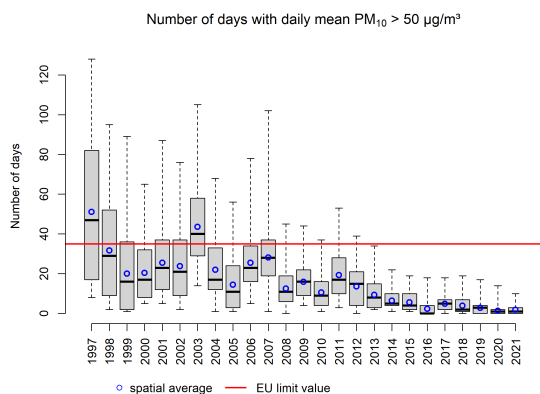
Figuur 12 geeft een kaart van België met het aantal overschrijdingen. Het aantal dagen met een gemiddelde concentratie boven 50 µg/m<sup>3</sup> is het hoogst in de steden Gent en Antwerpen en in de provincie West-Vlaanderen. De WGO-drempel van 3 overschrijdingsdagen werd in 827 (of 39 %) van de roosterzellen overschreden. Gekoppeld aan de bevolkingsdichtheid in de roosterzellen kan ook de blootstelling berekend worden, zie figuur 13 voor overschrijdingen van de EU-grenswaarde en figuur 14 voor overschrijdingen van de WGO-advieswaarde. In 2021 werd 62 % van de bevolking meer dan 3 dagen blootgesteld aan een daggemiddelde concentratie hoger dan 45 µg/m<sup>3</sup>, dat is boven het maximum aantal overschrijdingen dat de WGO adviseert. Dat aandeel neemt de laatste jaren sterk af, in 2017 bedroeg het nog 93 %.



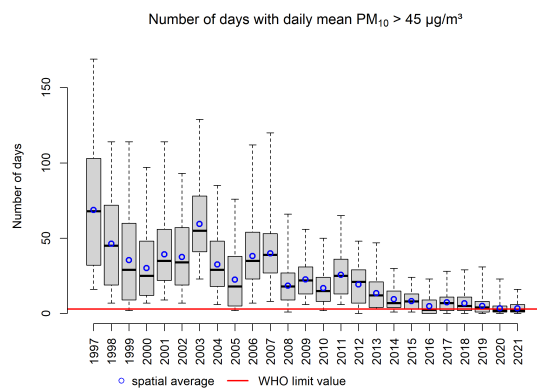
Figuur 8: Boxplot van de jaargemiddelde PM<sub>10</sub>-concentraties (µg/m<sup>3</sup>) over de periode 1997–2021 in België, berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek. Het ruimtelijke gemiddelde wordt door de blauwe cirkels weergegeven.



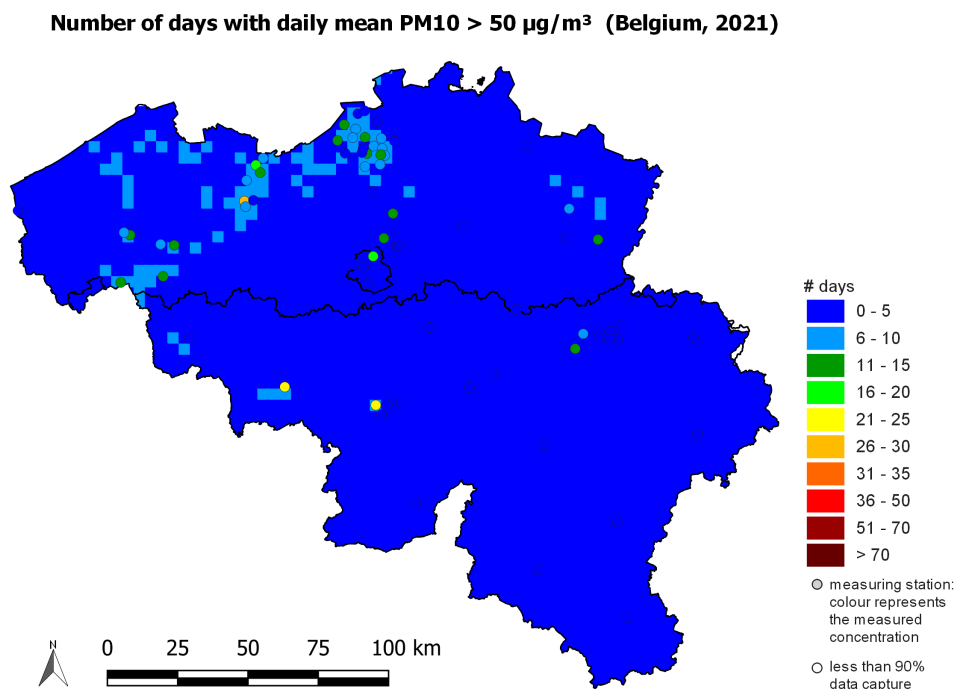
Figuur 9: Evolutie van de blootstelling van de bevolking aan jaargemiddelde PM<sub>10</sub>-concentraties op basis van de RIO-interpolatietechniek.



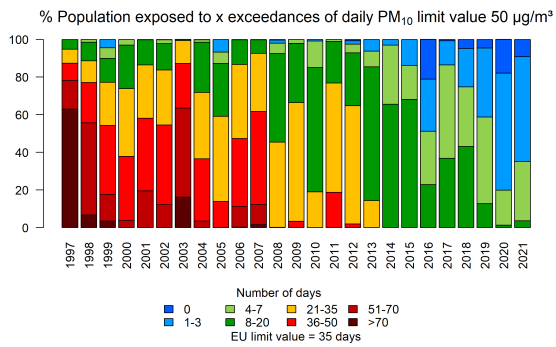
Figuur 10: Boxplot van het aantal dagen per jaar waarop de daggemiddelde PM<sub>10</sub>-concentratie hoger was dan 50 µg/m<sup>3</sup> over de periode 1997–2021, berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek. Het ruimtelijk gemiddelde wordt weergegeven door de blauwe cirkels.



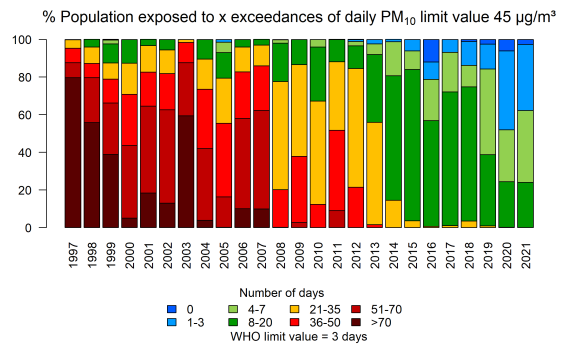
Figuur 11: Boxplot van het aantal dagen per jaar waarop de daggemiddelde PM<sub>10</sub>-concentratie hoger was dan 45 µg/m<sup>3</sup> over de periode 1997–2021, berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek. Het ruimtelijk gemiddelde wordt weergegeven door de blauwe cirkels.



Figuur 12: Ruimtelijke spreiding van het aantal dagen met een daggemiddelde boven 50 µg/m<sup>3</sup> in België in 2021, berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.



Figuur 13: Evolutie van de bevolkingsblootstelling aan dagen waarbij de daggemiddelde PM<sub>10</sub>-concentratie hoger was dan 50 µg/m<sup>3</sup>. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.



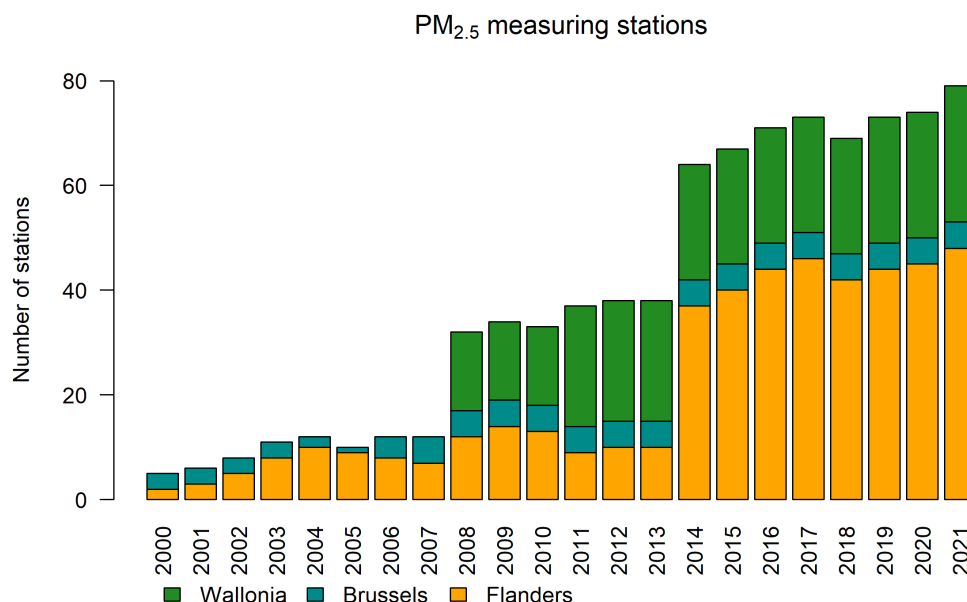
Figuur 14: Evolutie van de bevolkingsblootstelling aan dagen waarbij de daggemiddelde PM<sub>10</sub>-concentratie hoger was dan 45 µg/m<sup>3</sup>. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.



## 5.2 PM<sub>2.5</sub>

### 5.2.1 PM<sub>2.5</sub>-meetstations

In 2021 werden concentraties van PM<sub>2.5</sub> gemeten in 79 stations, dat is het hoogste aantal sinds 2000. De toename aan meetstations, zoals te zien in figuur 15 zorgt voor een afname van de onzekerheid op de geïnterpoleerde waarden die besproken worden in dit hoofdstuk.



Figuur 15: Evolutie van het aantal PM<sub>2.5</sub>-meetstations in België.

### 5.2.2 PM<sub>2.5</sub>-jaargemiddelde concentratie

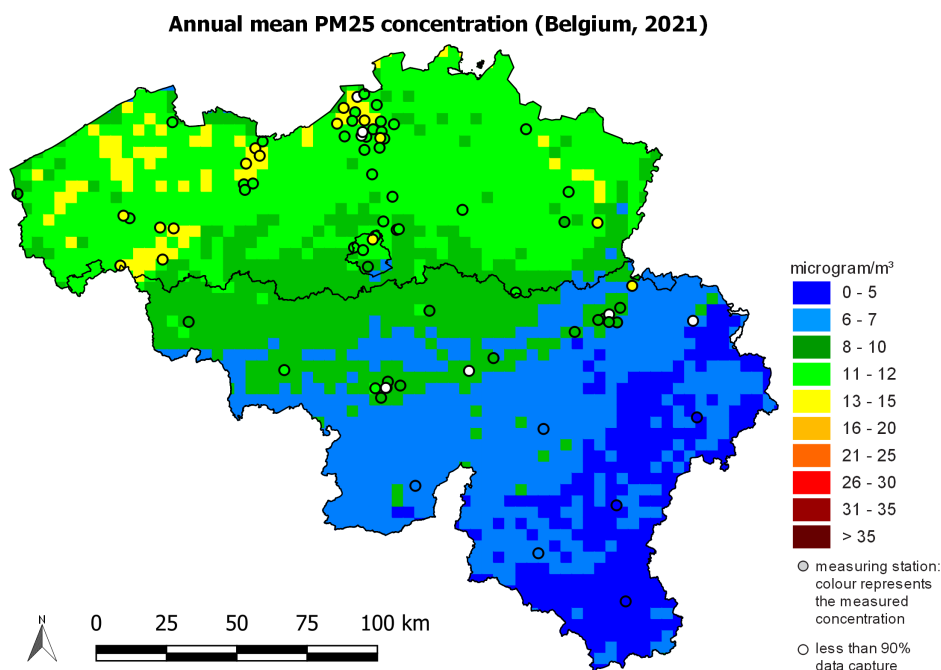
Figuur 16 geeft een kaart van België met de jaargemiddelde concentratie van PM<sub>2.5</sub> per roostercel. De hoogste concentraties, hoger dan 13 µg/m<sup>3</sup>, situeren zich voornamelijk in West-Vlaanderen.

De 2008 waarden uit figuur 16 kunnen ook in een boxplot<sup>5</sup> weergegeven worden. In figuur 17 wordt dit gedaan voor 2021 en alle voorgaande jaren sinds 2005. Op deze manier is de trend van de maximumwaarde, het gemiddelde en de mediaan, en het minimum observeerbaar. De Europese grenswaarde bedraagt 25 µg/m<sup>3</sup> als jaargemiddelde concentratie. Het is duidelijk dat ook in 2021 deze grens voor elk van de 4x4 km<sup>2</sup> vlakken niet overschreden werd. De advieswaarde van de WGO bedraagt 5 µg/m<sup>3</sup>, in 2021 werd deze waarde in 94 % van de RIO-roostercellen overschreden.

In 2021 bedroeg de jaargemiddelde PM<sub>2.5</sub>-concentratie over alle RIO-roostercellen in België 8,6 µg/m<sup>3</sup>. In het Brussels gewest bedroeg die jaargemiddelde concentratie 10,3 µg/m<sup>3</sup>, in het Vlaamse 11,1 µg/m<sup>3</sup>, en in het Waalse 6,6 µg/m<sup>3</sup>. Het bevolkingsgewogen jaargemiddelde voor België is met 10,2 µg/m<sup>3</sup> hoger dan het rekenkundig gemiddelde, op plaatsen waar veel mensen wonen zijn de jaargemiddelde concentraties hoger.

In 2021 werd de Belgische bevolking niet blootgesteld aan jaargemiddelde PM<sub>2.5</sub>-concentraties hoger dan de Europese grenswaarde van 25 µg/m<sup>3</sup>. Echter, de bevolkingsblootstelling aan concentraties boven de WGO-advieswaarde van 5 µg/m<sup>3</sup> bedroeg in 2021 99 % (figuur 18).

<sup>5</sup>Voor de interpretatie van boxplots, zie bijlage C



Figuur 16: Ruimtelijke spreiding van de jaargemiddelde PM<sub>2,5</sub>-concentratie in België in 2021, berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

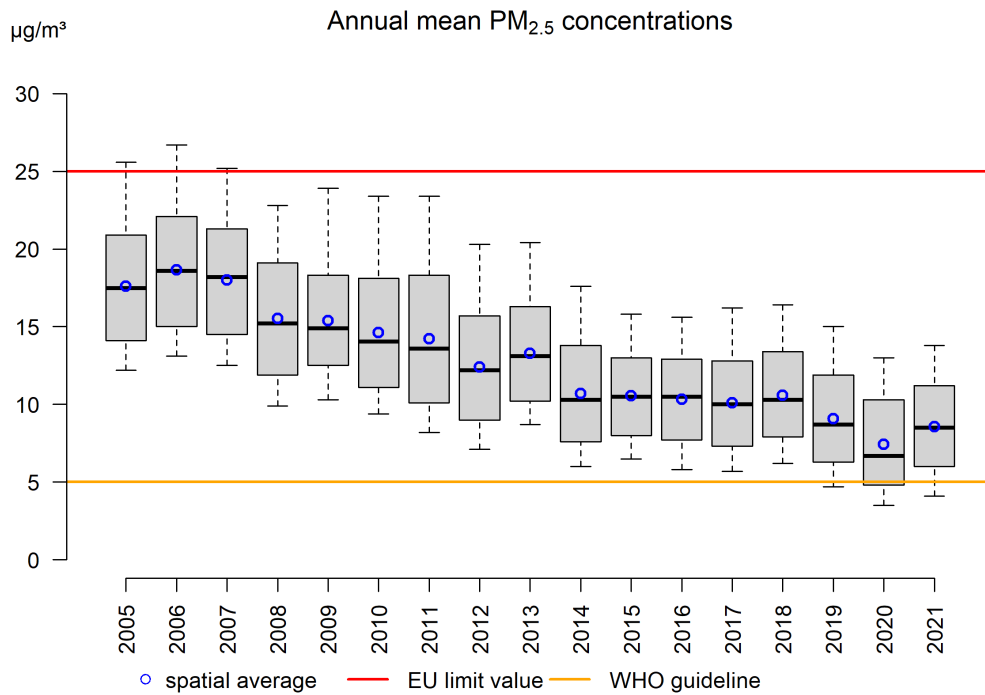
### 5.2.3 Gemiddelde blootstellingsindex

Om de blootstelling van de bevolking aan PM<sub>2,5</sub> te verminderen, is in de Europese richtlijn 2008/50/EG de ‘gemiddelde blootstellingsindex’ (GBI) als aanvullende indicator opgenomen. Die GBI is een nationale streefwaarde en wordt berekend als het gemiddelde over drie jaar van de gemeten PM<sub>2,5</sub>-concentraties in stedelijke achtergrondstations. Tegen 2020 moest de GBI dalen tot 15,2 µg/m<sup>3</sup>, voor 2021 en later werd geen streefwaarde bepaald.

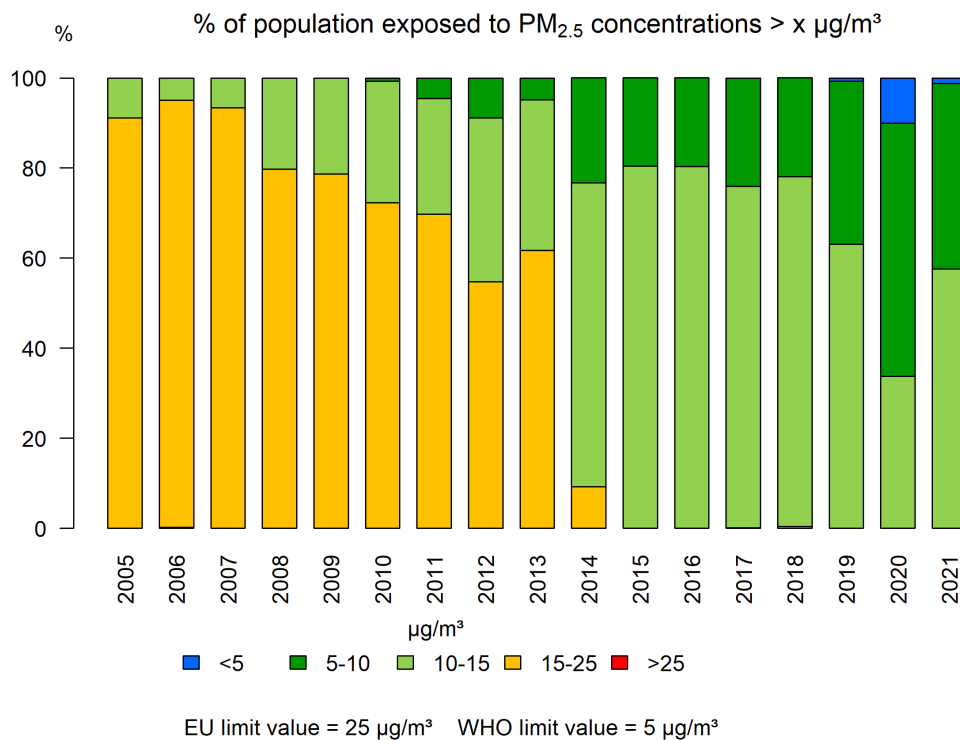
De berekende GBI voor de jaren 2019, 2020 en 2021 bedraagt 10,4 µg/m<sup>3</sup> (zie tabel 5) en ligt dus (ruim) onder de doelstelling voor 2020.

Tabel 5: Overzicht van de PM<sub>2,5</sub>-concentraties voor 2019, 2020 en 2021 per stedelijk achtergrondstation dat meegenomen werd in de berekening van de gemiddelde blootstellingsindex, GBI

Stationsnaam	2019	2020	2021
SINT JANS MOLENBEEK	11,60	9,57	10,62
UKKEL	9,57	8,46	9,73
LIEGE	7,08	5,45	8,48
CHARLEROI	10,42	7,87	9,15
BRUGGE	12,39	10,39	
GENT	13,38	11,37	13,58
ANTWERPEN	12,66	10,83	12,00
SCHOTEN	11,62	10,55	11,71
<b>Gemiddelde</b>	<b>11,09</b>	<b>9,31</b>	<b>10,75</b>
Gemiddelde 2019-2021		10,38	
<b>GBI</b>		<b>10,4</b>	



Figuur 17: Boxplot van de jaargemiddelde PM<sub>2.5</sub>-concentraties (µg/m<sup>3</sup>) over de periode 2005–2021 in België, berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek. Het ruimtelijke gemiddelde wordt door de blauwe cirkels weergegeven.

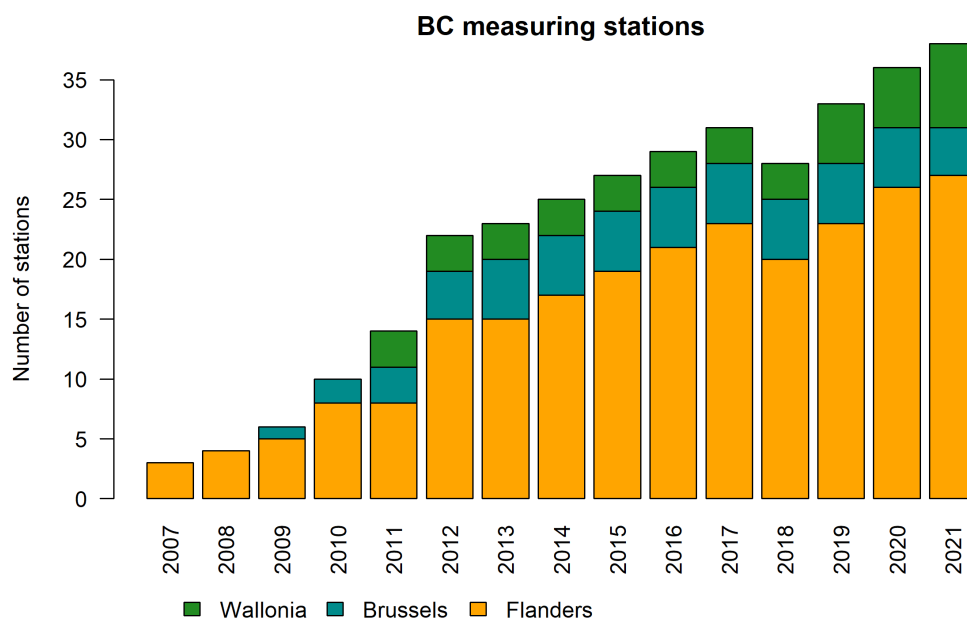


Figuur 18: Evolutie van de blootstelling van de bevolking aan jaargemiddelde PM<sub>2.5</sub>-concentraties op basis van de RIO-interpolatietechniek.

## 5.3 Black Carbon (BC)

### 5.3.1 BC-meetstations

Sinds 2007 wordt er Black Carbon of zwarte koolstof gemeten in het meetnet van Vlaanderen. Brussel begon met BC-metingen in 2009 en Wallonië volgde in 2011 (zie figuur 19). Het aantal stations nam intussen toe tot 38 in 2021, waarvan 27 in Vlaanderen, 4 in Brussel en 7 in Wallonië.



Figuur 19: Evolutie van het aantal BC-meetstations in België.

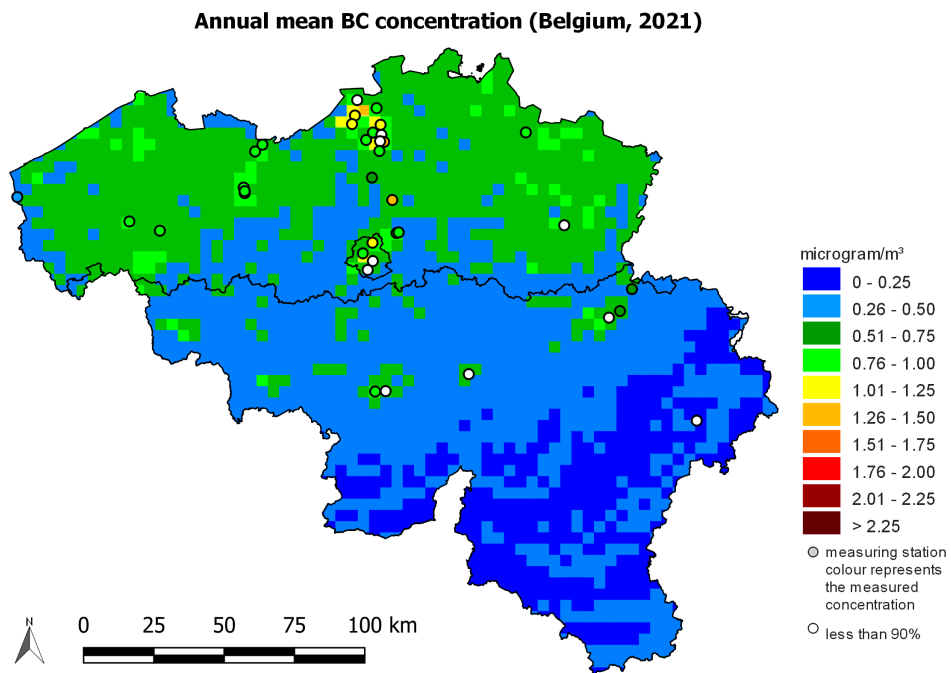
### 5.3.2 BC-jaargemiddelde concentratie

BC is een pollutant gerelateerd aan onvolledige verbranding van fossiele brandstoffen, biobrandstoffen en biomassa. De hoogste concentraties komen dan ook voor in verkeersdrukte regio's en op locaties waar biomassa verbrand wordt. Momenteel bestaan geen grens- of streefwaarden voor BC. Figuur 20 toont de ruimtelijke spreiding van de jaargemiddelde BC-concentraties voor 2021 in België. Hierbij moet rekening gehouden worden dat enerzijds het aantal stations waar BC wordt gemeten momenteel laag is (vooral in Wallonië) en de verspreiding heterogeen en anderzijds dat BC-vervuiling een lokaal karakter heeft. De kaart voorgesteld in figuur 20 is dus louter indicatief.

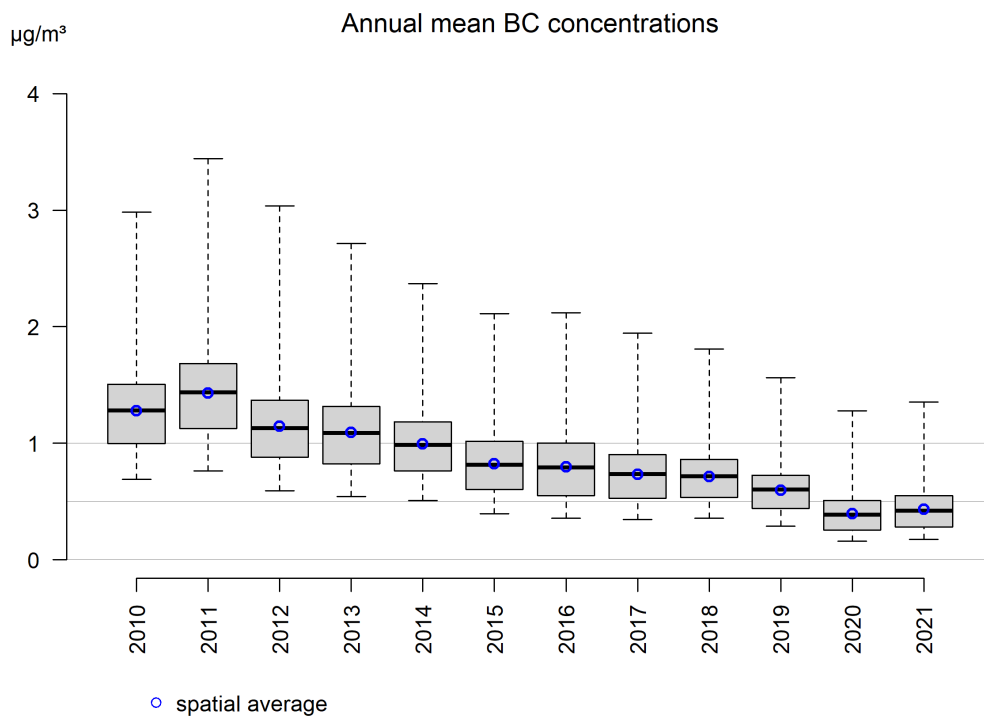
De 2008 waarden uit figuur 20 kunnen ook in een boxplot<sup>6</sup> weergegeven worden. In figuur 21 wordt dit gedaan voor 2021 en alle voorgaande jaren sinds 2010. Op deze manier is de trend van de maximumwaarde, het gemiddelde en de mediaan, en het minimum observeerbaar.

In 2021 bedroeg de jaargemiddelde BC-concentratie over alle RIO-roostercellen in België  $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . In het Brussels gewest bedroeg die jaargemiddelde concentratie  $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , in het Vlaamse  $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en in het Waalse  $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Het bevolkingsgewogen jaargemiddelde ( $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) is hoger dan het rekenkundig gemiddelde, op plaatsen waar veel mensen wonen zijn de jaargemiddelde concentraties hoger.

<sup>6</sup>Voor de interpretatie van boxplots, zie bijlage C



Figuur 20: Ruimtelijke spreiding van de jaargemiddelde BC-concentratie in België in 2021, berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek



Figuur 21: Boxplot van de jaargemiddelde BC-concentraties ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) over de periode 2010–2021 in België, berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek. Het ruimtelijke gemiddelde wordt door de blauwe cirkels weergegeven.

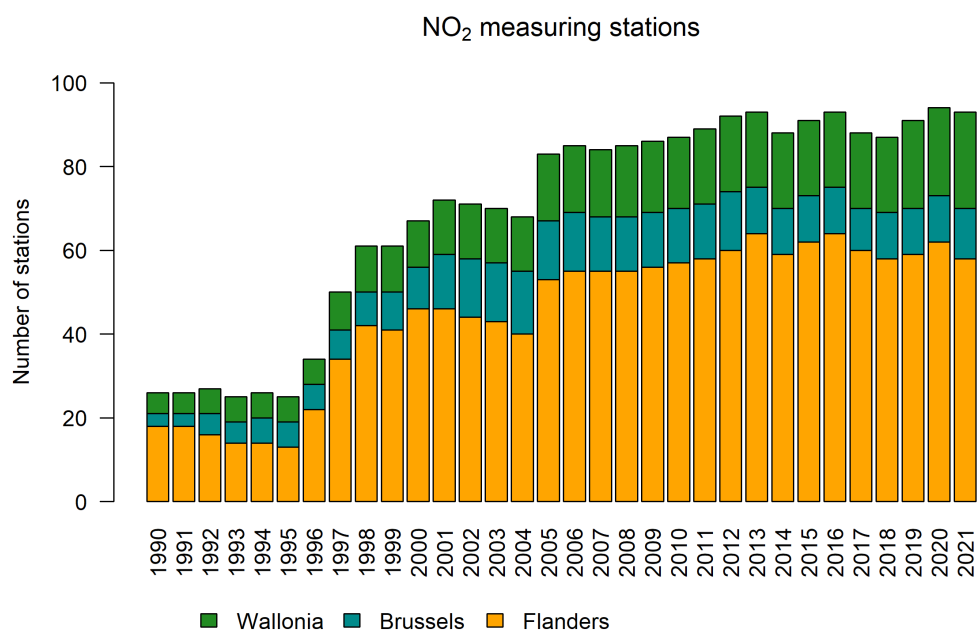
## 6 Stikstofoxides

Stikstofoxides ( $\text{NO}_x$ ) is de verzamelnaam voor een mengsel dat voornamelijk bestaat uit stikstofmonoxide ( $\text{NO}$ ) en stikstofdioxide ( $\text{NO}_2$ ). Stikstofoxides worden grotendeels door menselijke activiteiten uitgestoten tijdens verbrandingsprocessen bij hoge temperaturen waarbij luchtstikstof geoxideerd wordt. De belangrijkste bronnen van  $\text{NO}_x$  zijn (weg)verkeer, energieproductie, industrie (inclusief raffinaderijen) en gebouwenverwarming.  $\text{NO}_x$  wordt voornamelijk uitgestoten in de vorm van  $\text{NO}$  en in mindere mate  $\text{NO}_2$ . De levensduur van  $\text{NO}$  in de lucht is echter zeer kort (enkele minuten). Door fotochemische reacties met onder andere ozon en vluchtige organische stoffen (VOS) wordt  $\text{NO}$  omgezet in het in de atmosfeer langer levende  $\text{NO}_2$  (enkele uren tot dagen).  $\text{NO}_x$  wordt niet alleen door antropogene emissies in de atmosfeer gebracht, maar ook door biochemische processen in de bodem, bij bliksems en bosbranden.

Stikstofoxides zorgen voor verzuring en vermisting van het milieu en spelen een belangrijke rol bij de vorming van ozon en fijn stof. Blootstelling aan zeer hoge  $\text{NO}_2$ -concentraties kan door de toxiciteit van het gas onmiddellijk nadelige gezondheidseffecten veroorzaken. Het effect van langdurige blootstelling aan de huidige  $\text{NO}_2$ -concentraties is moeilijk af te zonderen in epidemiologische studies. Er zijn echter wel duidelijk negatieve gezondheidseffecten verbonden aan verkeersemissies en  $\text{NO}_2$  is sterk gecorreleerd met het mengsel van de verkeersgerelateerde luchtverontreiniging. Om die reden en omdat  $\text{NO}_2$  ook indirect schadelijk is voor mens en milieu hebben de Europese Commissie en de Wereldgezondheidsorganisatie er grenswaarden voor opgesteld.

### 6.1 $\text{NO}_2$ -meetstations

In figuur 22 wordt de evolutie van het aantal meetstations voor  $\text{NO}_2$  weergegeven. In 1990 waren er 26 meetstations, in 2021 93: 12 in het Brussels gewest, 23 in Wallonië en 58 in Vlaanderen. Dankzij de toename van het aantal meetpunten is de onzekerheid op de RIO-interpolatie afgenomen.



Figuur 22: Evolutie van het aantal  $\text{NO}_2$ -meetstations in België.

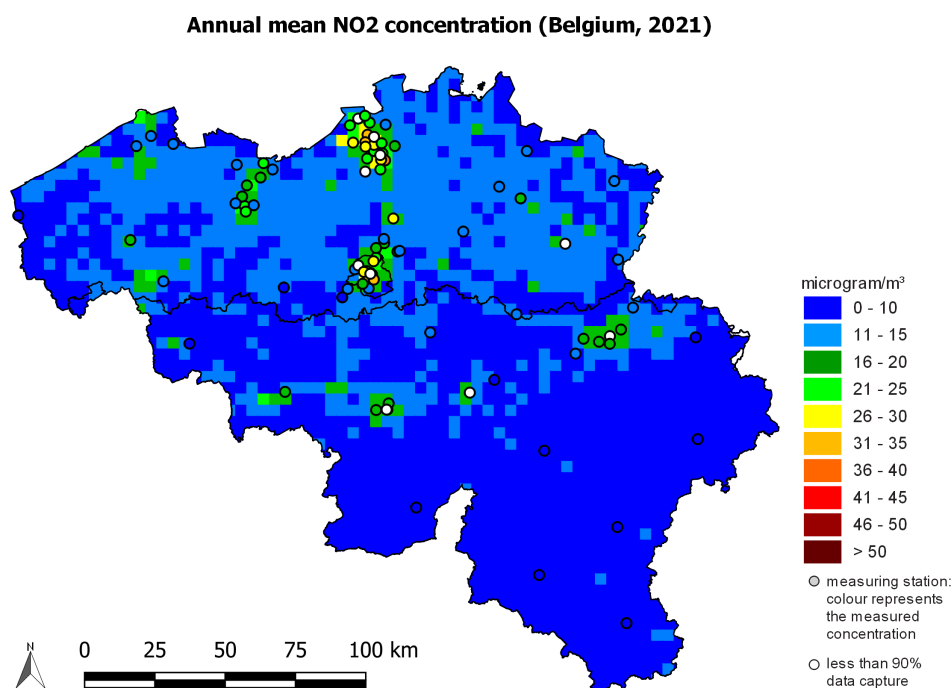
### 6.2 $\text{NO}_2$ -jaargemiddelde

De Europese jaargrenswaarde voor de bescherming van de bevolking bedraagt  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Die grenswaarde geldt vanaf 2010 voor het hele Belgische grondgebied. Uit figuur 23 blijkt duidelijk dat de hoogste jaargemiddelden gemeten worden in de stedelijke gebieden. Dat is niet verwonderlijk gezien het sterke

verkeersgerelateerde karakter van NO<sub>2</sub>.

Door de beperkte ruimtelijke resolutie (4x4 km<sup>2</sup>) van het RIO-interpolatiemodel, zijn lokale overschrijdingen van de NO<sub>2</sub>-grenswaarde niet altijd zichtbaar op de interpolatiekaarten. Het hoogste NO<sub>2</sub>-jaargemiddelde van alle Belgische roostercellen bedraagt 29,8 µg/m<sup>3</sup>. Gemiddeld over Vlaanderen is het jaargemiddelde 11,5 µg/m<sup>3</sup>, gemiddeld over Brussel 18,1 µg/m<sup>3</sup> en gemiddeld over Wallonië 7,2 µg/m<sup>3</sup>. Het ruimtelijk gemiddelde in België, rekening houdend met het aantal inwoners per roostercel (het bevolkingsgewogen gemiddelde), bedraagt 13,9 µg/m<sup>3</sup>. Dat ligt aanzienlijk hoger dan het niet-bevolkingsgewogen gemiddelde over België (9,2 µg/m<sup>3</sup>), wat weerspiegelt dat de roostercellen met de hoogste bevolkingsdichtheid (stedelijke gebieden), ook de roostercellen zijn met hogere NO<sub>2</sub>-jaargemiddelde concentraties. Dat wordt ook duidelijk in figuur 25 waarin de relatie tussen de jaargemiddelde NO<sub>2</sub>-concentratie en de bevolkingsdichtheid weergegeven wordt. Bij een vergelijking van het jaar 2021 met het gemiddelde van de periode 2016–2020 stellen we wel steeds een daling vast, ongeacht de bevolkingsdichtheid in de roostercel. In de roostercellen met een bevolkingsdichtheid van 1000 inwoners per km<sup>2</sup> of hoger is de jaargemiddelde concentratie voor 2021 gemiddeld 15,9 µg/m<sup>3</sup>. Voor het gemiddelde van de jaren 2016–2020 was de gemiddelde jaargemiddelde concentratie over alle roostercellen met een bevolkingsdichtheid vanaf 1000 inwoners per km<sup>2</sup> nog 19,9 µg/m<sup>3</sup>.

De onzekerheid op de berekende jaargemiddelde NO<sub>2</sub>-concentraties is te vinden in Bijlage D.

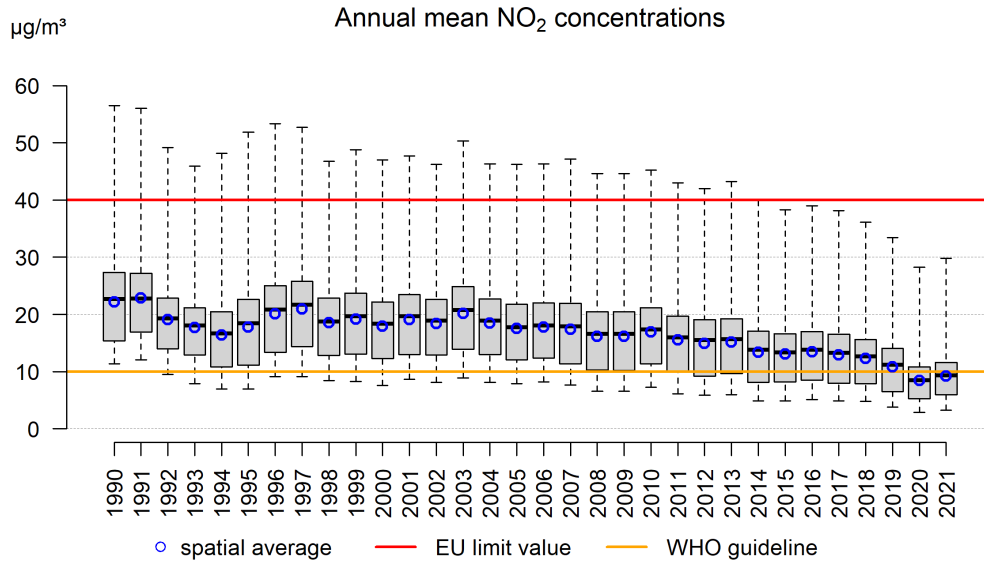


Figuur 23: Ruimtelijke spreiding van de jaargemiddelde NO<sub>2</sub>-concentratie in België in 2021, berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek

De 2098 waarden uit figuur 23 kunnen ook in een boxplot<sup>7</sup> weergegeven worden. In figuur 24 wordt dit gedaan voor 2021 en alle voorgaande jaren sinds 1990. Op deze manier is de trend van de maximumwaarde, het gemiddelde en de mediaan, en het minimum observeerbaar. De Europese grenswaarde bedraagt 40 µg/m<sup>3</sup> als jaargemiddelde concentratie. Het is duidelijk dat ook in 2021 deze grens in geen enkel 4x4 km<sup>2</sup> vlak overschreden werd. De WGO-advieswaarde bedraagt 10 µg/m<sup>3</sup> als jaargemiddelde concentratie, deze grens werd in 43 % van de 4x4 km<sup>2</sup> vlakken overschreden.

De COVID-19-pandemie en de maatregelen om besmettingen te voorkomen hadden in 2020 en 2021 een invloed op de economische en sociale activiteiten in België. Uit een afzonderlijke studie van het effect van de maatregelen op de concentraties van verschillende pollutanten tijdens de *lockdown* van week 12 tot en met week 19 van 2020, bleek dat de noodbepalingen voornamelijk een reducerende impact hadden op

<sup>7</sup>Voor de interpretatie van boxplots, zie bijlage C



Figuur 24: Boxplot van de jaargemiddelde NO<sub>2</sub>-concentraties (µg/m<sup>3</sup>) over de periode 1990–2021 in België, berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek. Het ruimtelijke gemiddelde wordt door de blauwe cirkels weergegeven.

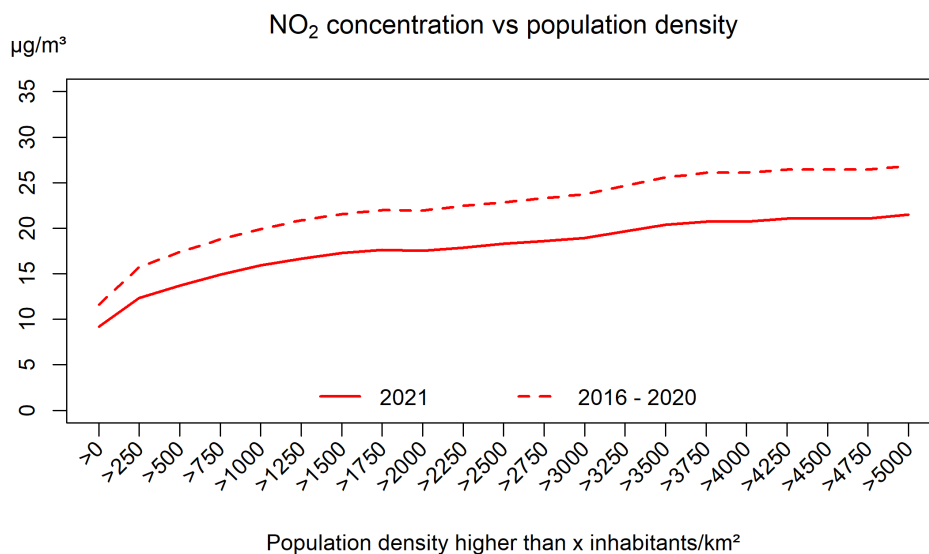
NO<sub>2</sub>-concentraties, zeker in de buurt van gemotoriseerd verkeer [6]. De lage concentraties in figuur 24 in 2020 en 2021 zijn dus zeker ten dele toe te schrijven aan tijdelijke maatregelen. De NO<sub>2</sub>-concentraties zijn in 2021 hoger dan deze van 2020, dat komt overeen met het zwaartepunt van het verbod op niet-essentiële verplaatsingen dat in 2020 lag.

Sinds 2003 worden steeds minder mensen aan hoge jaargemiddelde NO<sub>2</sub>-concentraties blootgesteld (figuur 26). Vanaf 1998 schommelde het percentage van de Belgische bevolking dat blootgesteld was aan jaargemiddelde concentraties boven de EU-grenswaarde rond 7 %. In 2013 was dat afgenomen tot 3 % en sindsdien is er volgens de berekeningen niemand meer blootgesteld aan jaargemiddelde concentraties boven de EU-grenswaarde. De resultaten dienen wel met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd te worden. De blootstelling van de bevolking wordt ingeschat op basis van een ruimtelijke interpolatie van de metingen en de bevolkingsaantallen per roostercel van 4x4 km<sup>2</sup>. Zoals al eerder vermeld is dit een onderschatting. Vooral langs wegen met veel verkeer en in streetcanyons zullen de NO<sub>2</sub>-concentraties hoger zijn dan de waarden berekend met de RIO-interpolatiemethode voor een roostercel van 4x4 km<sup>2</sup>. Het is daarom dat, hoewel figuur 26 geen blootstelling aan verhoogde concentraties (> 40 µg/m<sup>3</sup>) vertoont, er lokaal toch personen kunnen blootgesteld zijn aan concentraties boven 40 µg/m<sup>3</sup>.

### 6.3 NO<sub>2</sub>-uurwaarden

Voor de bescherming van de bevolking tegen NO<sub>2</sub>-piekconcentraties op korte termijn legt de Europese wetgeving een uurgrenswaarde op van 200 µg/m<sup>3</sup>. Die uurgrens mag per jaar maximaal 18 keer (uur) overschreden worden. In België wordt die jaargrenswaarde op het niveau van de RIO-roostercellen ruimschoots gerespecteerd. Het is niet geheel uitgesloten dat zeer lokaal, in verkeersdrukke straten, de 200 µg/m<sup>3</sup> enkele uren per jaar overschreden wordt, maar het is erg onwaarschijnlijk dat dit vaker dan de limiet van 18 uur het geval is. Door de lage resolutie van de RIO-interpolatiemethode zijn lokale overschrijdingen echter niet zichtbaar. De 19<sup>e</sup> hoogste uurwaarde per roostercel in België in 2021 wordt voorgesteld in figuur 27 (dat komt overeen met het 99,8<sup>ste</sup> percentiel van alle uurgemiddelde concentraties in een jaar). Het maximum van de 19<sup>e</sup> hoogste uurwaarde in België in 2021, representatief op 4x4 km<sup>2</sup>, bedraagt 88,4 µg/m<sup>3</sup>, wat ruim onder de Europese limiet van 200 µg/m<sup>3</sup> ligt en werd geobserveerd in Vlaanderen. De WGO-advieswaarde bedraagt eveneens 200 µg/m<sup>3</sup>, maar mag geen enkele keer worden overschreden. Ook daaraan wordt dus overal in België, op het niveau van de RIO-roostercellen, voldaan.

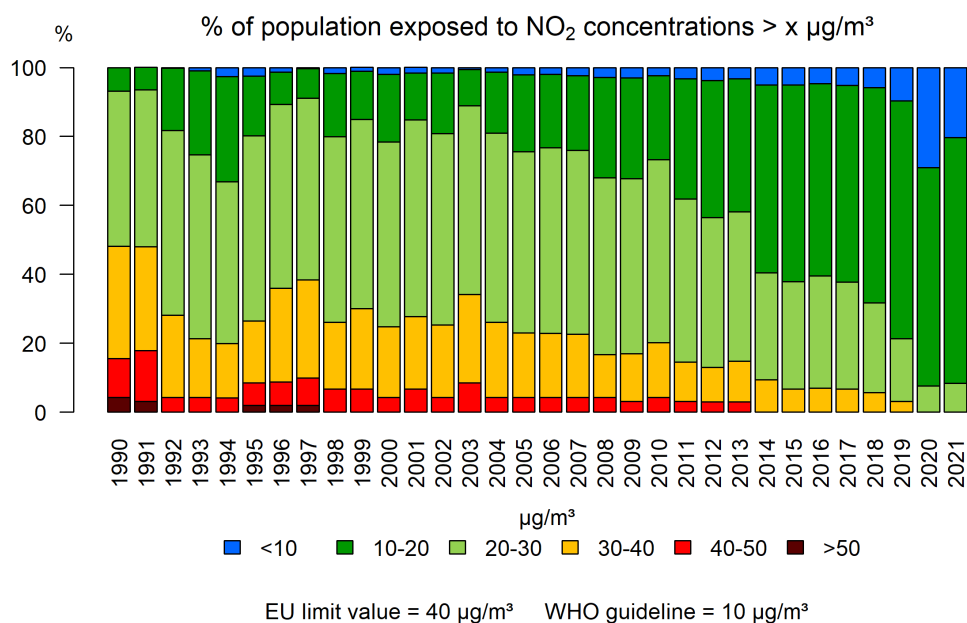




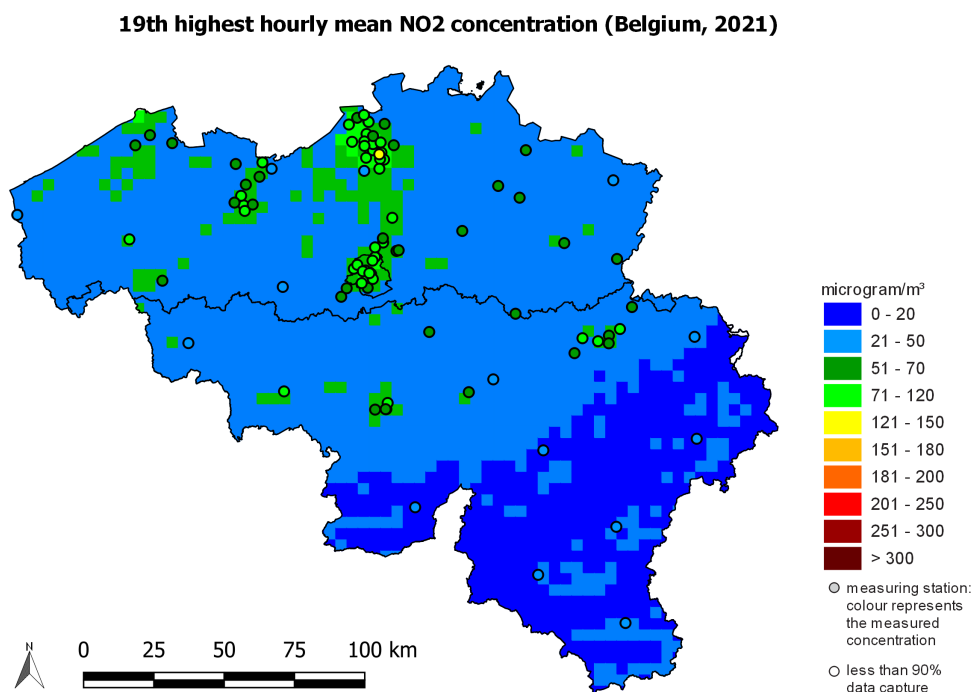
Figuur 25: Relatie tussen de geïnterpoleerde jaargemiddelde NO<sub>2</sub>-concentraties en de bevolkingsdichtheid (inwoners/km<sup>2</sup>) boven een bepaalde waarde. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

De 2098 waarden uit figuur 27 kunnen ook in een boxplot<sup>8</sup> weergegeven worden. In figuur 28 wordt dit gedaan voor 2021 en alle voorgaande jaren sinds 1990. Op deze manier is de trend van de maximumwaarde, het gemiddelde en de mediaan, en het minimum observeerbaar. Van 1990 tot 2009 bleef deze indicator voor piekconcentraties stabiel, het laatste decennium is een dalende trend waarneembaar.

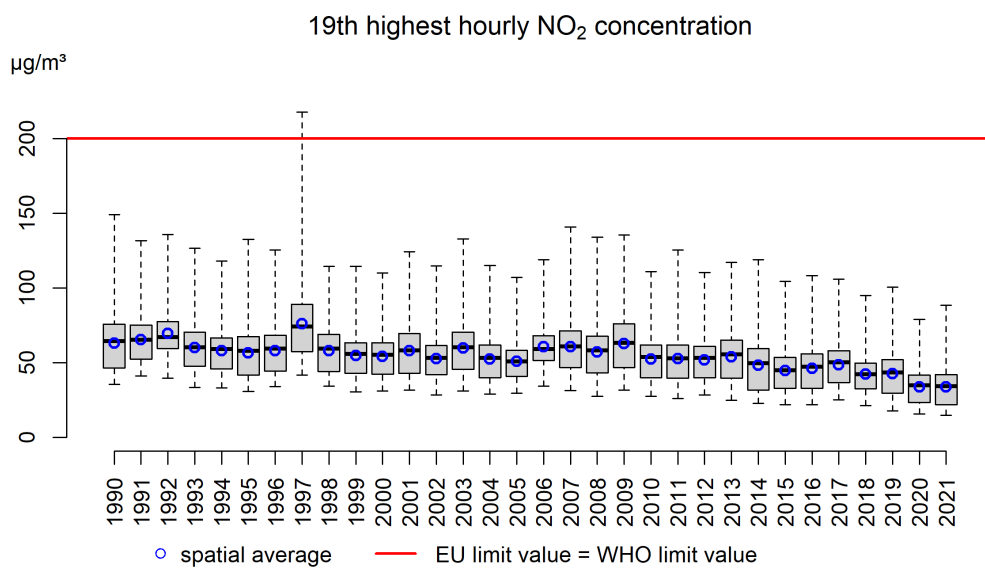
<sup>8</sup>Voor de interpretatie van boxplots, zie bijlage C



Figuur 26: Percentage van de Belgische bevolking blootgesteld aan jaargemiddelde NO<sub>2</sub>-concentraties. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.



Figuur 27: Ruimtelijke spreiding van de 19<sup>de</sup> hoogste uurgemiddelde NO<sub>2</sub>-concentratie in België, 2021. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.



Figuur 28: Boxplot van de 19<sup>de</sup> hoogste uurgemiddelde NO<sub>2</sub>-concentratie over de periode 1990–2021. Het ruimtelijke gemiddelde wordt door de blauwe cirkels weergegeven. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

## 7 Ozon

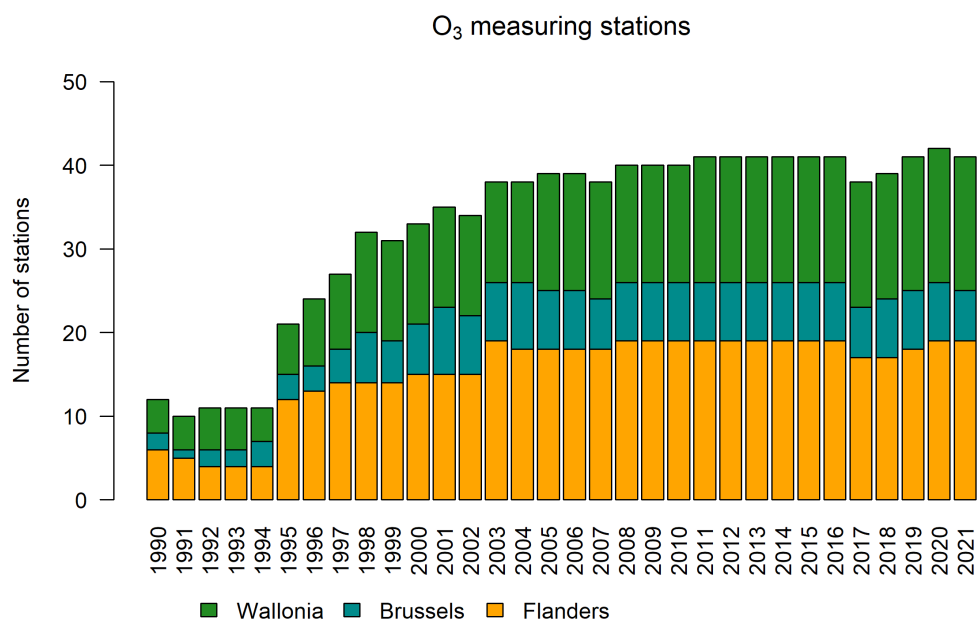
Ozon ( $O_3$ ) is een zeer reactief gas dat gevormd wordt tijdens verschillende fotochemische reacties in de troposfeer, de onderste laag van de atmosfeer. Ozon wordt dus niet rechtstreeks uitgestoten en is daarom een secundaire pollutant. Door inwerking van uv-licht op de aanwezige luchtverontreiniging op warme zomerdagen wordt ozon op leefniveau gevormd. De ozonvoorlopers of *-precursoren* zijn  $NO_x$ , VOC en CO. In België wordt ongeveer de helft van de  $NO_x$  door het verkeer uitgestoten. Naast de ozon die op warme dagen gevormd wordt, is er altijd een globale achtergrondconcentratie aanwezig. De uitstoot van  $NO_x$  (= som van NO en  $NO_2$ ) 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  $NO_x$ -bronnen.

Door zijn sterk oxiderend vermogen kan ozon schadelijke effecten hebben op mensen, dieren, planten en materialen. Bij de mens kan blootstelling aan hoge ozonconcentraties zorgen voor acute gezondheidsklachten zoals irritaties aan de ogen, neus en keel, prikkelende hoest en overgevoeligheid van de longen. Bij vegetatie zorgt vooral de chronische blootstelling aan licht verhoogde ozonconcentraties voor opbrengstvermindering van gewassen en biomassa- en biodiversiteitsafname in bossen.

De impact van ozon beperkt zich niet tot de schadelijke effecten voor de volksgezondheid, vegetatie of materialen. Na koolstofdioxide en methaan is ozon het belangrijkste antropogene broeikasgas. Indirect draagt ozon nog sterker bij tot het broeikas effect doordat de schade aan de vegetatie leidt tot minder opname van  $CO_2$ .

### 7.1 Ozonmeetstations

In 2021 werden ozonconcentraties gemeten in 41 stations. De toename aan meetstations, zoals te zien in figuur 29 zorgt voor een afname van de onzekerheid op de geïnterpoleerde waarden die besproken worden in dit hoofdstuk.



Figuur 29: Evolutie van het aantal ozonmeetstations in België.

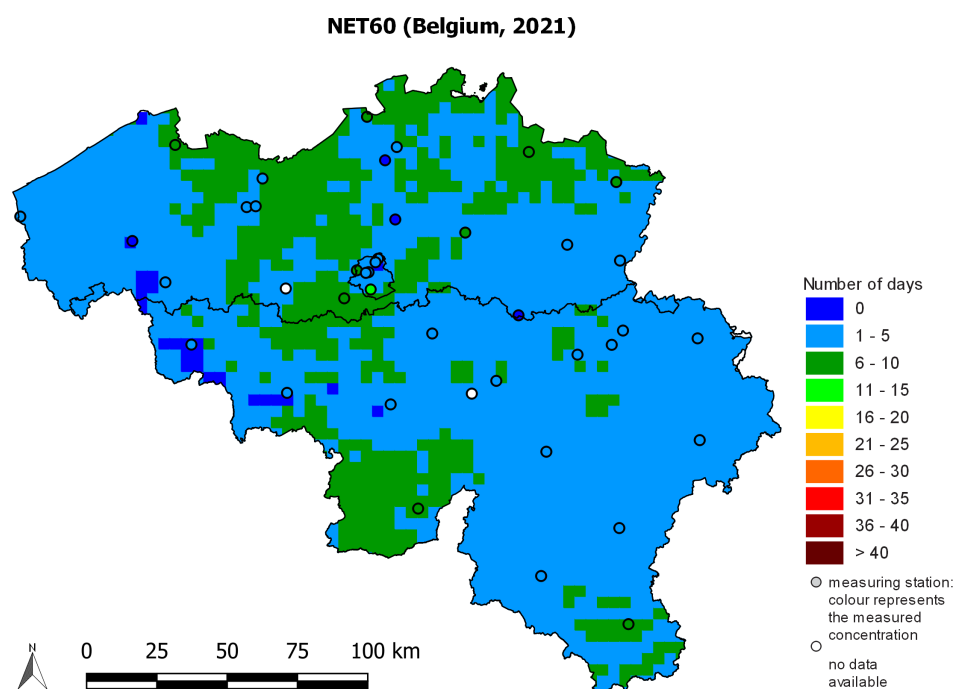
## 7.2 Ozon en impact op de gezondheid

### 7.2.1 NET60

De Europese streefwaarde voor de bescherming van de bevolking is gebaseerd op de dagelijkse hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentratie.

Gemiddeld over 3 jaar, mag die dagelijkse hoogste 8-uurgemiddelde waarde niet meer dan 25 keer per jaar hoger zijn dan  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Die Europese streefwaarde is een middellangetermijndoelstelling (MLTD) en geldt vanaf 2010 (gemiddelde 2010–2012). De langetermijndoelstelling (LTD) is geen enkele dag meer met hoogste 8-uurgemiddelden boven  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Het aantal dagen per jaar waarop het hoogste 8-uurgemiddelde  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  overschrijdt, wordt de NET60-indicator genoemd<sup>9</sup>.

Figuren 30 en 31 tonen de ruimtelijke spreiding van het aantal overschrijdingsdagen respectievelijk in 2021 en gemiddeld over 2019, 2020 en 2021. In 2021 was het aantal overschrijdingsdagen overal laag met een homogene ruimtelijke spreiding tot gevolg. Gemiddeld over drie jaar is wel een duidelijke oost-westgradiënt zichtbaar. De hoogste waarden doen zich voor in het oosten van Vlaanderen en in de omgeving van Luik en centraal in Wallonië. In 2021 is de hoogste NET60-waarde die werd waargenomen in België 10 dagen. Het maximum, gemiddeld over de jaren 2019 tot 2021 bedraagt 22 dagen. Een 3-jaargemiddelde van 25 dagen, waaraan volgens de Europese streefwaarde moet worden getoetst, wordt op geen enkele plaats overschreden. De langetermijndoelstelling, namelijk geen enkele overschrijdingsdag meer, werd in 2021 in 1 % van de roosterzellen bereikt. De minste overschrijdingsdagen komen voor in de stedelijke omgevingen en aan de kust. Het ruimtelijk gemiddelde van de NET60 (gemiddeld over 2019–2021) in België bedraagt 13,5 dagen.

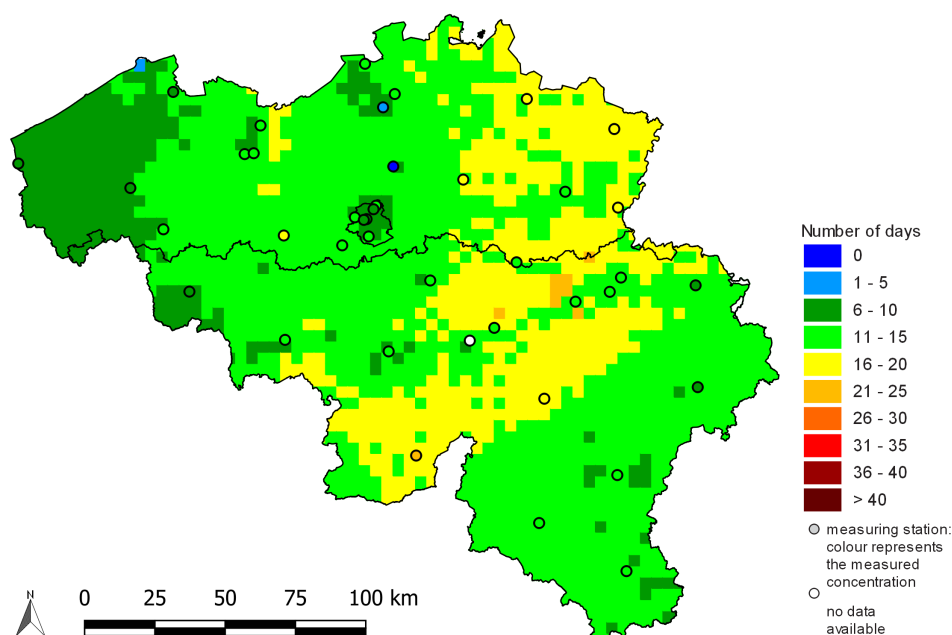


Figuur 30: Ruimtelijke spreiding van het aantal dagen met hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentratie  $> 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in 2021. *No data available* betekent dat de data niet voldoen aan de criteria uit richtlijn 2008/50/EG annex VII. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

De evolutie van het aantal dagen met de hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentratie boven  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  vertoont een sterke variatie van jaar tot jaar, afhankelijk van de weersomstandigheden tijdens de zomer (zie figuur 32). Er is geen duidelijke trend zichtbaar in het ruimtelijke gemiddelde. Het meest ongunstige ozonjaar sinds 1990 was 2003, met een maximum van 60 overschrijdingsdagen in België. Ook 2018

<sup>9</sup>NET60: Number of Exceedances above a Threshold of 60 ppb ( $=120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

### NET60 (Belgium, 2019-2021)



Figuur 31: Ruimtelijke spreiding van het aantal dagen met hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentratie  $>120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , gemiddeld over 2019, 2020 en 2021. *No data available* betekent dat de data niet voldoen aan de criteria uit richtlijn 2008/50/EG annex VII. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

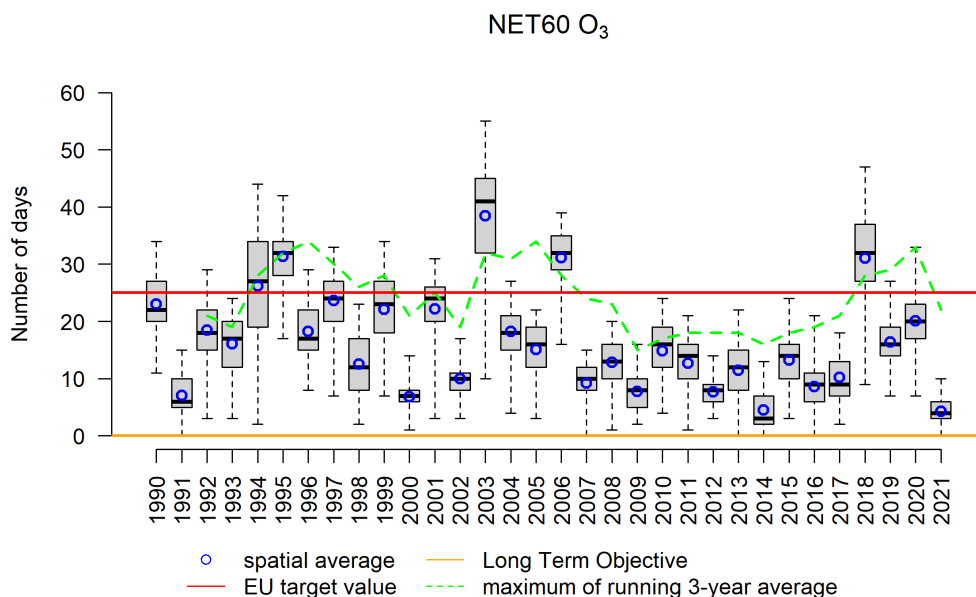
behoorde tot de top 5 van ongunstige ozonjaren sinds 1990. De sombere maanden juli en augustus in 2021 hebben voor een uitzonderlijk beperkt aantal overschrijdingen gezorgd. Het 3-jaargemiddelde valt opnieuw onder de Europese streefwaarde van 25 dagen.

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 het laatste jaar gunstig was. Uit figuur 33 kan afgeleid worden dat de blootstelling van de bevolking in 2021 het laagst was sinds 1990. Zeker ten opzichte van 2018–2020 is de reductie opmerkelijk. In 2021 werd de grens van 25 dagen blootstelling aan hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentraties groter dan  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nergens overschreden. De jaren 1990, 1995, 2003, 2006 en 2018 waren zeer ongunstig voor de blootstelling van de bevolking aan te hoge ozonconcentraties. In die jaren werd het grootste deel van de bevolking (meer dan 80 %) op meer dan 25 dagen blootgesteld aan hoogste 8-uurgemiddelde concentraties  $> 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . De WGO legt de drempel waaronder geen significante gezondheidseffecten optreden op  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentratie van een enkele dag. Deze WGO-advieswaarde werd overal in België overschreden.

#### 7.2.2 AOT60

Een andere indicator om de gevolgen van ozon voor de bevolking te schatten is de AOT60<sup>10</sup>. De AOT60 telt het verschil op tussen  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en de concentraties boven deze drempel van de dagelijkse hoogste 8-uurgemiddelde concentraties. In tegenstelling tot de NET60-indicator, houdt de AOT60 rekening met de grootte en de duur van de overschrijding en men kan de AOT60 dus zien als een soort van *overdosis* aan ozon. In de voorbereiding van de eerste Ozonrichtlijn [2] en van de Nationale Emissieplafondsrichtlijn [1], werd 5800 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).uren vooropgesteld als middellangetermijndoelstelling (MLTD) voor 2010, wat ongeveer overeenkomt met een NET60 gelijk aan 25 dagen. De langetermijndoelstelling is 0 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).uren. De overlastindicator AOT60 werd niet behouden in de huidige Europese luchtkwaliteitsrichtlijn, maar

<sup>10</sup> AOT60: Accumulated Ozone Exposure above a Threshold of 60 ppb ( $=120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) by the maximum daily 8-hour mean.



Figuur 32: Boxplots van aantal dagen met hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentraties  $> 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in België in de periode 1990–2021. 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.

is een betere indicator om de overlast voor de bevolking te kwantificeren omdat ook rekening gehouden wordt met de intensiteit van de overschrijding.

Figuur 34 toont de ruimtelijke spreiding over België van de AOT60 in 2021. Het is duidelijk dat de ozonoverlast in 2021 over het volledige grondgebied laag was. De hoogste waarde,  $976 (\mu\text{g}/\text{m}^3)\cdot\text{u}$ , werd in de provincie Antwerpen bereikt, in 2020 was de hoogste waarde nog  $5208 (\mu\text{g}/\text{m}^3)\cdot\text{u}$ . De langetermijndoelstelling van  $0 (\mu\text{g}/\text{m}^3)\cdot\text{u}$  werd in 1 % van de roosterzellen gehaald.

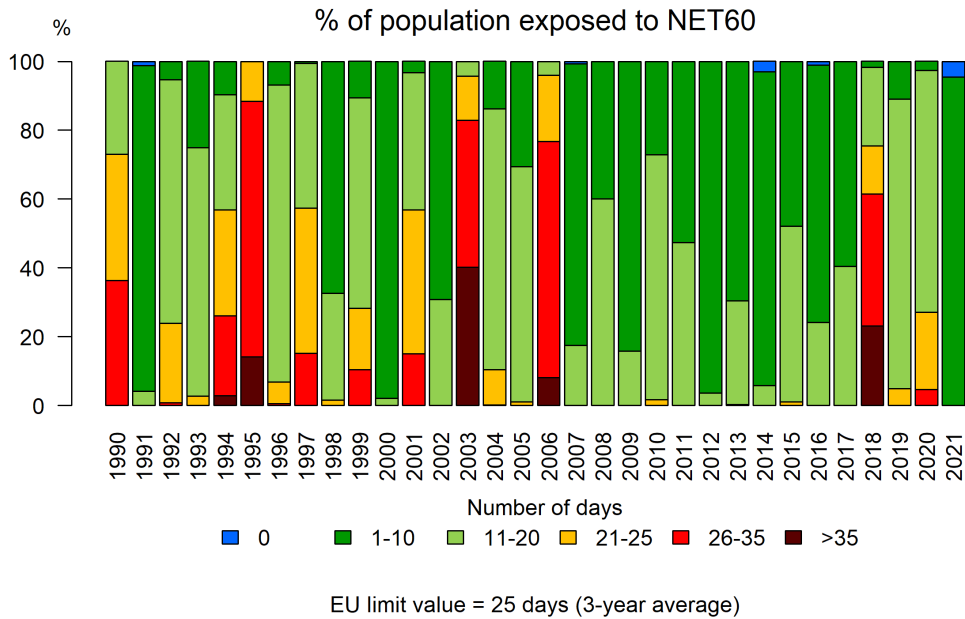
### 7.3 Ozon en vegetatie

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 enzovoort. 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 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.

#### 7.3.1 AOT40 voor vegetatie

In 2021 lag de AOT40 voor vegetatie overal in België onder de Europese streefwaarde van  $18\,000 (\mu\text{g}/\text{m}^3)\cdot\text{u}$ . Het vegetatiegewogen<sup>11</sup> gemiddelde over België bedroeg  $6630 (\mu\text{g}/\text{m}^3)\cdot\text{u}$ . De maximumwaarde  $9382 (\mu\text{g}/\text{m}^3)\cdot\text{u}$  werd berekend voor het noorden van Oost-Vlaanderen. De vegetatie in West-Vlaanderen

<sup>11</sup>De AOT40-vegetatie waarde per roostercel wordt gewogen met de fractie van de vegetatie aanwezig in die roostercel. Op die manier wordt meer gewicht gegeven in het gemiddelde aan roosterzellen met meer vegetatie.



Figuur 33: Evolutie van de blootstelling van de bevolking aan dagen met een hoogste 8-ururgemiddelde  $> 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  op basis van de RIO-interpolatietechniek.

ondervond het minst overlast. 77 % van de oppervlakte met vegetatie (excl. bossen) in België werd in 2021 blootgesteld aan waarden boven de langetermijndoelstelling van  $6000 (\mu\text{g}/\text{m}^3)$ .u. Figuur 35 en figuur 36 tonen de ruimtelijke spreiding van de overlast voor de vegetatie, respectievelijk in 2021 en het 5-jaargemiddelde in de periode 2017–2021. Op de kaarten zijn enkel de gebieden met vegetatie (excl. bossen) aangeduid. De ruimtelijke spreiding is soortgelijk aan die van de overlast voor de bevolking. De hoogste overlast op basis van het 5-jaargemiddelde, wordt aangetroffen in het oosten van het land. De Europese streefwaarde van  $18\,000 (\mu\text{g}/\text{m}^3)$ .u gemiddeld over 5 jaar wordt voor de volledige oppervlakte met vegetatie (excl. bossen) gehaald.

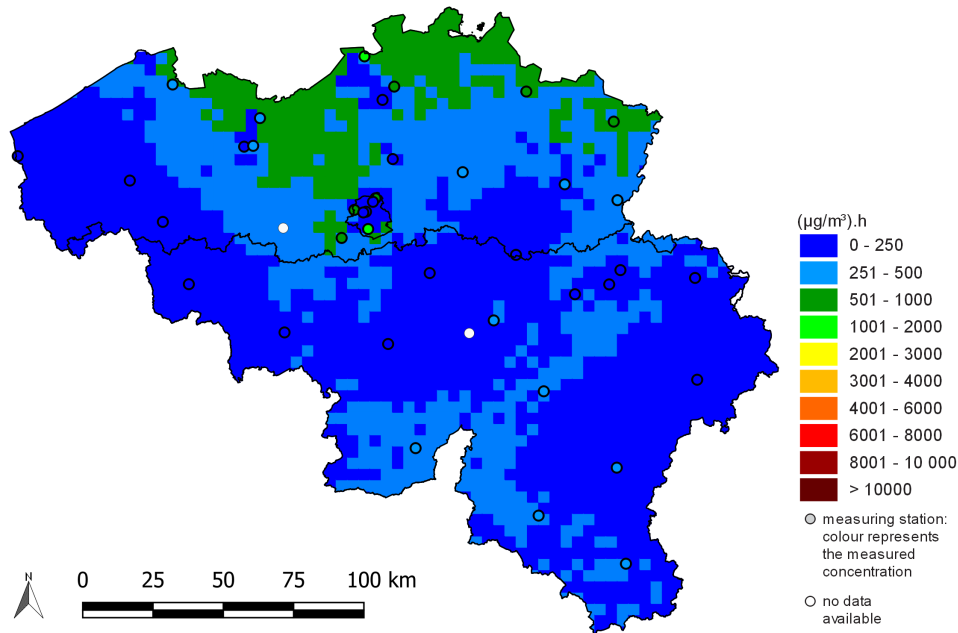
Figuur 37 toont de evolutie van de ozonoverlast voor de vegetatie in België sinds 1990. De jaren 1994, 2003, 2006 en 2018 springen meteen in het oog als ongunstige ozonjaren voor de vegetatie. Gedurende deze jaren wordt de Europese streefwaarde van  $18\,000 (\mu\text{g}/\text{m}^3)$ .u overschreden. Ook de 5-jaargemiddelde AOT40 overschrijdt in minstens één roostercel deze streefwaarde van  $18\,000 (\mu\text{g}/\text{m}^3)$ .u in de jaren 2006, 2018 en 2019. De langetermijndoelstelling van  $6000 (\mu\text{g}/\text{m}^3)$ .u wordt elk jaar in grote delen van België overschreden.

### 7.3.2 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, namelijk van april tot september. Voor de overlast van de bossen zijn er in de Europese luchtkwaliteitsrichtlijn 2008/50/EG 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 te vinden in het oostelijke en zuidelijke deel van het land (figuur 38). Een merendeel van de Belgische bossen (84 %) ondervond een overlast boven het kritische UNECE-niveau van  $10\,000 (\mu\text{g}/\text{m}^3)$ .u. Geen enkel bos ondervond een overlast die de referentiewaarde van  $20\,000 (\mu\text{g}/\text{m}^3)$ .u overschreed.



### AOT60 (Belgium, 2021)



Figuur 34: Ruimtelijke spreiding van de ozonoverlast (AOT60) in 2021. *No data available* betekent dat de data niet voldoen aan de criteria uit richtlijn 2008/50/EG annex VII. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

## 7.4 O<sub>3</sub>-jaargemiddelde

De jaargemiddelde ozonconcentratie is een maat voor de achtergrondconcentratie in België. Figuur 39 toont de ruimtelijke spreiding van de jaargemiddelde ozonconcentraties in 2021. De onzekerheid op deze kaart is te vinden in Bijlage D. Het is duidelijk dat de ozonwaarden over het algemeen hoger liggen in rurale gebieden. Dat komt omdat er in de stedelijke gebieden meer ozon wordt afgebroken door NO als gevolg van de hogere NO<sub>x</sub>-uitstoot. Verder windafwaarts van de NO<sub>x</sub>-emissies wordt minder ozon afgebroken. De relatie tussen de jaargemiddelde ozonconcentraties en de bevolkingsdichtheid is dus omgekeerd aan die voor PM of NO<sub>2</sub>. In de roosterzellen met de hoogste bevolkingsdichtheid zijn de jaargemiddelde ozonconcentraties het laagst. Figuur 40 toont die relatie tussen concentratie en bevolkingsdichtheid voor 2021 en het gemiddelde van de periode 2016–2020. Voor beide relaties is de trend gelijkaardig. De jaargemiddelde concentraties voor Brussel, Vlaanderen en Wallonië in 2021 bedragen respectievelijk 44,1 µg/m<sup>3</sup>, 48,6 µg/m<sup>3</sup> en 50,3 µg/m<sup>3</sup>. Het gemiddelde in België is 49,5 µg/m<sup>3</sup> terwijl de bevolkingsgewogen jaargemiddelde ozonconcentratie 45,9 µg/m<sup>3</sup> bedraagt. Ook hieruit blijkt de omgekeerde evenredigheid tussen bevolkingsdichtheid en ozonconcentratie.

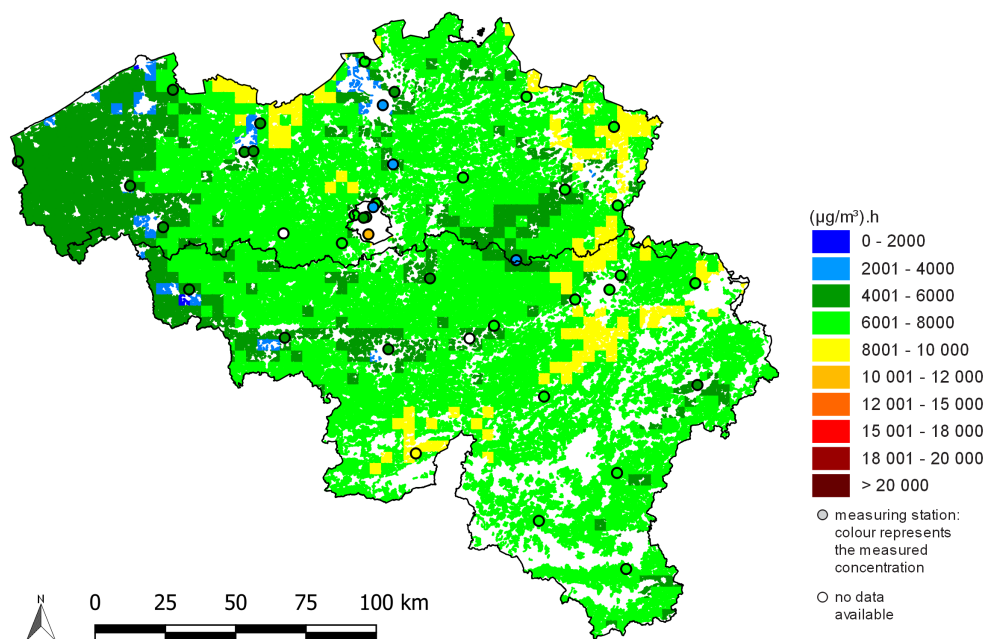
De 2008 waarden uit figuur 39 kunnen ook in een boxplot<sup>12</sup> weergegeven worden. In figuur 41 wordt dit gedaan voor 2021 en alle voorgaande jaren sinds 1997. Op deze manier is de trend van de maximumwaarde, het gemiddelde en de mediaan, en het minimum observeerbaar. Tussen 1990 en 2000 is er een stijgende trend waarneembaar van de jaargemiddelde ozonconcentraties. Tussen 2000 en 2012 blijft het verloop eerder constant met gemiddelde waarden van ongeveer 45 µg/m<sup>3</sup>. Sinds 2013 was opnieuw een stijging waarneembaar, deze trend wordt gebroken door het uitzonderlijk gunstige ozonjaar 2021.

## 7.5 Evolutie in O<sub>3</sub>-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 45–50 µg/m<sup>3</sup>, die

<sup>12</sup>Voor de interpretatie van boxplots, zie bijlage C

### AOT40 vegetation (Belgium, 2021)

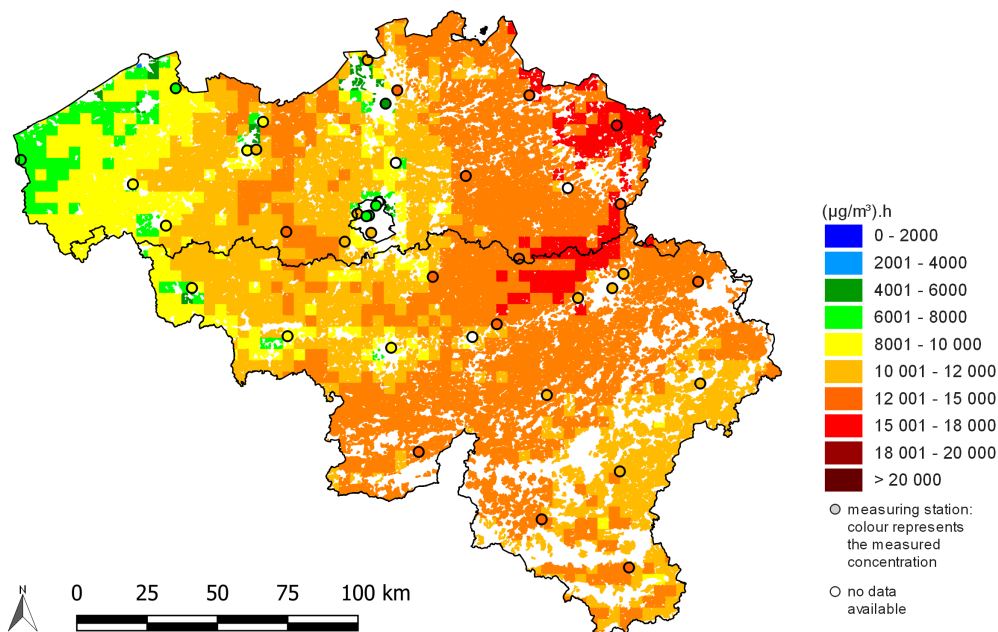


Figuur 35: Ruimtelijke spreiding van de overlast voor de vegetatie (AOT40 voor vegetatie) in 2021. *No data available* betekent dat de data niet voldoen aan de criteria uit richtlijn 2008/50/EG annex VII. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

ongeveer overeenkomen met het 50<sup>ste</sup> percentiel, zijn in België representatief voor de ozonachtergrondconcentratie. Piekconcentraties van rond en boven  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  worden getoond door het 99,9<sup>ste</sup> percentiel. De evolutie van beide percentielen kan heel verschillend zijn.

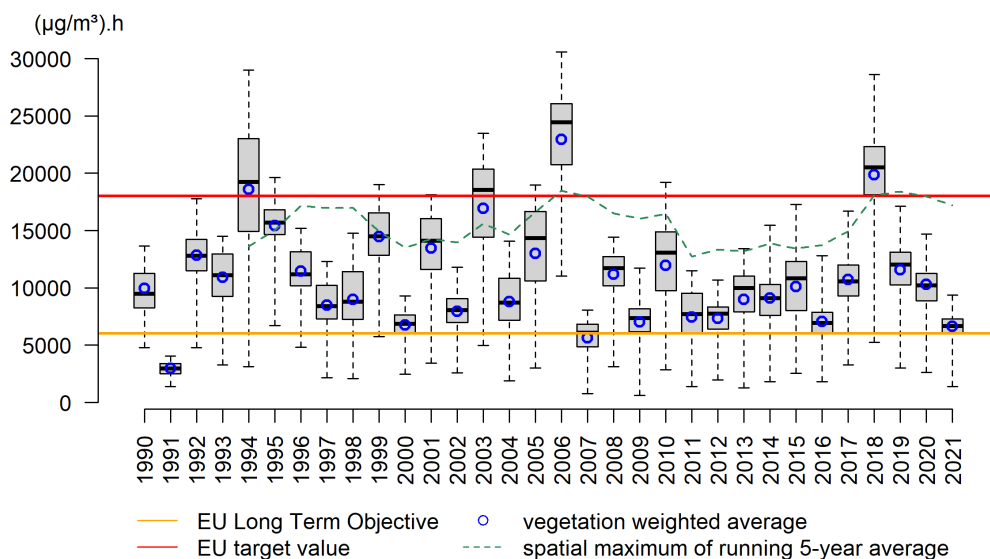
Om de langetermijntrend na te gaan, werd voor elke RIO-rooster cel het 1<sup>ste</sup>, 10<sup>de</sup>, 50<sup>ste</sup>, 90<sup>ste</sup>, 95<sup>ste</sup>, 99<sup>ste</sup> en 99,9<sup>ste</sup> percentiel berekend van alle uurgemiddelde ozonconcentraties voor de periodes 1990–1999 en 2012–2021. Vervolgens werd het verschil in de percentielen tussen die twee periodes berekend. Figuur 42 toont die verandering in functie van de percentielen in de periode 2012–2021. Daaruit blijkt duidelijk dat de ozonconcentraties overeenkomend met het 10<sup>de</sup> tot 90<sup>ste</sup> percentiel, licht gestegen zijn in de periode 2012–2021 ten opzichte van de periode 1990–1999, tot meer dan  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . De ozonpiekconcentraties echter, weergegeven door het 99<sup>ste</sup> en 99,9<sup>ste</sup> percentiel, zijn op heel wat plaatsen gedaald, tot zelfs  $-35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . 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 [12].

### AOT40 vegetation (Belgium, 2017-2021)



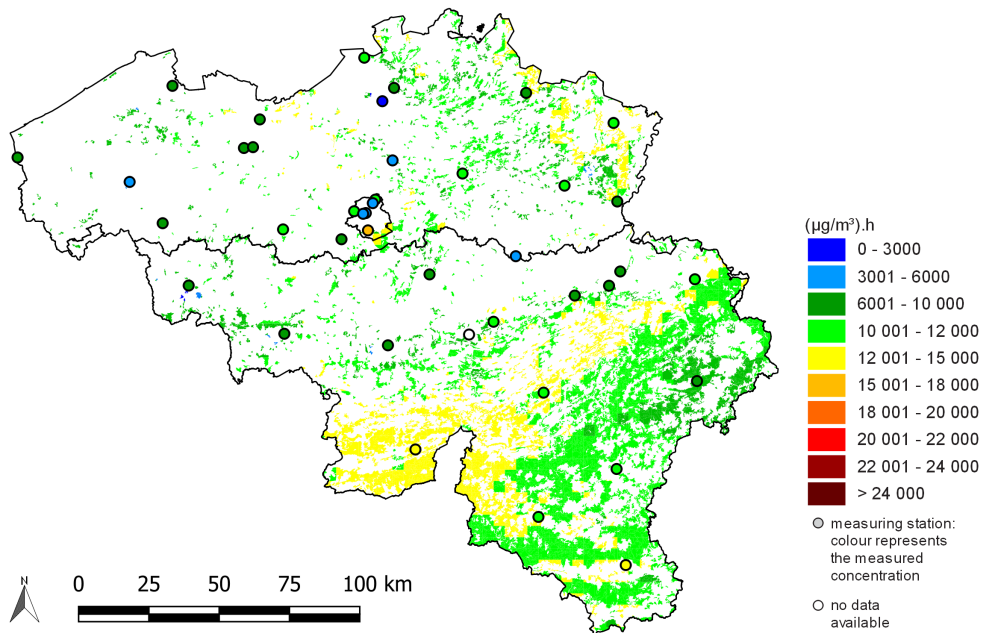
Figuur 36: Ruimtelijke spreiding van de overlast voor de vegetatie (AOT40 voor vegetatie), 5-jaargemiddelde 2017–2021. *No data available* betekent dat de data niet voldoen aan de criteria uit richtlijn 2008/50/EG annex VII. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

### AOT40 O<sub>3</sub> vegetation



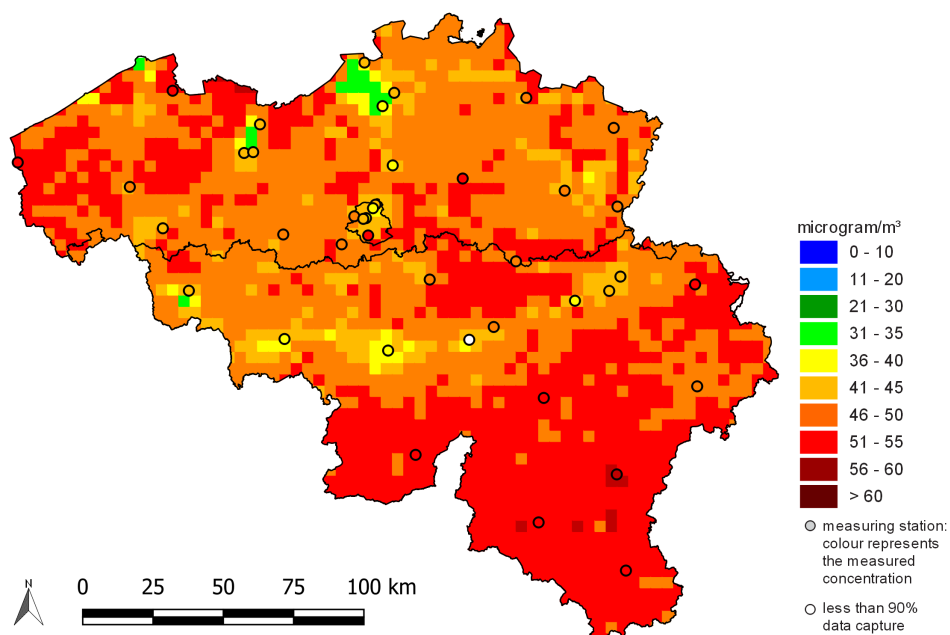
Figuur 37: Boxplots van de overlast voor de vegetatie (AOT40) in België (1990–2021). De vegetatiegewogen gemiddelden voor België worden weergegeven door de blauwe cirkels. De groene stippellijn geeft het vegetatiegewogen gemiddelde weer van de 5-jaargemiddelde AOT40. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

**AOT40 forest (Belgium, 2021)**

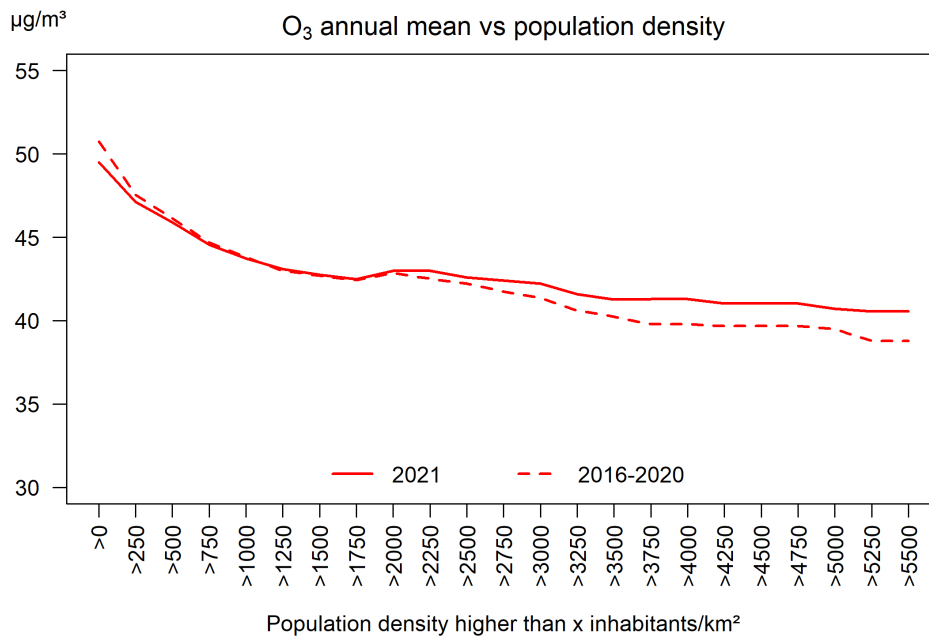


Figuur 38: Ruimtelijke spreiding van de ozonoverlast voor bossen (AOT40 voor bossen), 2021. *No data available* betekent dat de data niet voldoen aan de criteria uit richtlijn 2008/50/EG annex VII voor het aggregeren van de meetgegevens. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

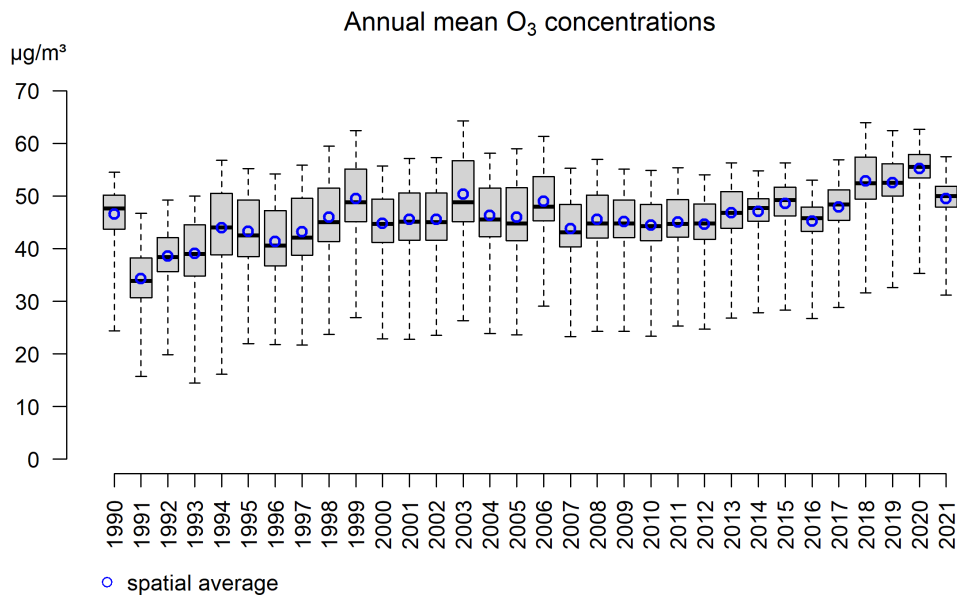
**Annual mean O<sub>3</sub> concentration (Belgium, 2021)**



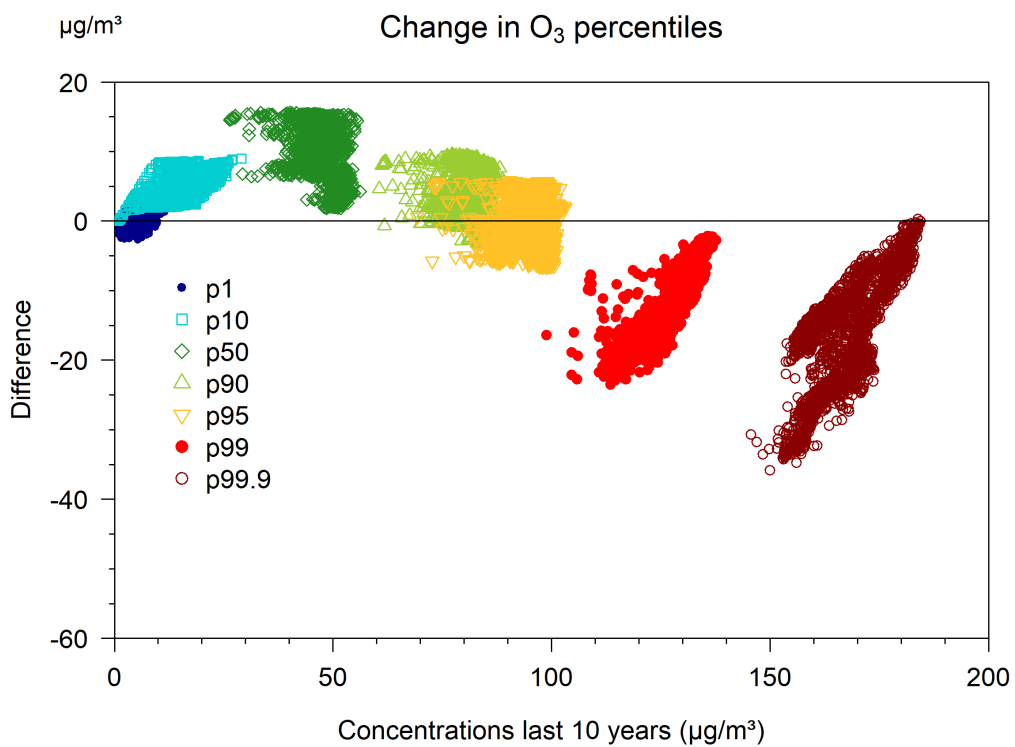
Figuur 39: Ruimtelijke spreiding van de O<sub>3</sub>-jaargemiddelde concentraties in België, 2021. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.



Figuur 40: Relatie tussen de geïnterpoleerde jaargemiddelde O<sub>3</sub>-concentraties op basis van de RIO-interpolatietechniek en de bevolkingsdichtheid (inwoners/ $\text{km}^2$ ).



Figuur 41: Boxplot van jaargemiddelde O<sub>3</sub>-concentraties over de periode 1990–2021. Het ruimtelijk gemiddelde wordt weergegeven door de blauwe cirkels. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.



Figuur 42: Verandering in  $\text{O}_3$ -percentielen tussen de periode 1990–1999 en 2012–2021 in functie van de ozonconcentraties in de periode 2012–2021 voor alle RIO-roostercellen. De data (uurgemiddelde ozonconcentraties) werden gegenereerd op basis van de RIO-interpolatietechniek. De verschillende kleuren geven de verschillende percentielwaarden aan.

## 8 Zwaveldioxide

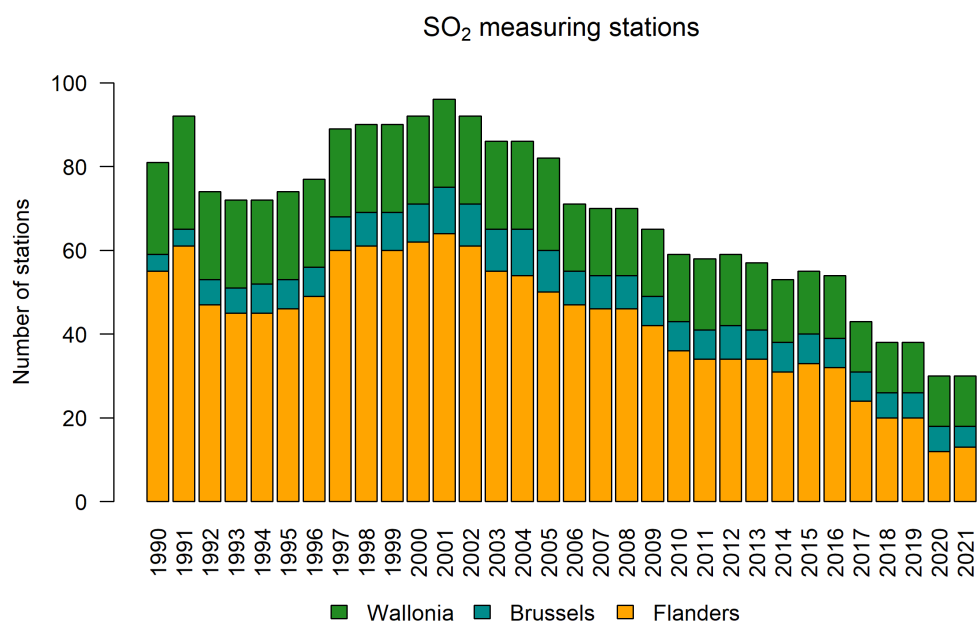
Zwaveldioxide ( $\text{SO}_2$ ) is een kleurloos gas met een karakteristieke irriterende geur en smaak bij hoge concentraties (vanaf  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).  $\text{SO}_2$  wordt voornamelijk in de lucht uitgestoten bij de verbranding van zwavelhoudende fossiele brandstoffen zoals steenkool en aardolie. De belangrijkste bronnen van  $\text{SO}_2$  zijn de industrie en raffinaderijen, gevolgd door de energiesector en gebouwenverwarming. Een natuurlijke bron van  $\text{SO}_2$  zijn vulkaanuitbarstingen.

$\text{SO}_2$  is schadelijk voor de mens en ecosystemen, inademen van  $\text{SO}_2$  kan al bij lage concentraties irritatie van de luchtwegen veroorzaken en kortdurende blootstelling aan hoge concentraties leidt tot een verminderde longfunctie en ademhalingsproblemen, vooral bij astmapatiënten en mensen met longaandoeningen. Daarnaast wordt zwaveldioxide eenvoudig omgezet in zwavelzuur ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) met verzuring van de bodem en het water en aantastingen van de ecosystemen als gevolg [9]. Ten slotte zorgt  $\text{SO}_2$  in belangrijke mate voor de versnelde verwerking van historische gebouwen (en steen in het algemeen) en voor metaalcorrosie.

$\text{SO}_2$  is een component in de vorming van fijn stof en kan over grote afstanden worden getransporteerd en zo ook in meer afgelegen gebieden schade veroorzaken.

### 8.1 $\text{SO}_2$ -meetstations

Figuur 43 toont de evolutie van het aantal meetstations waar  $\text{SO}_2$  gemeten wordt. Het aantal  $\text{SO}_2$ -meetstations is gedaald van 81 in 1990 tot 30 in 2021. In de jaren dat er minder meetstations zijn, hebben de geïnterpoleerde waarden een grotere onzekerheid.



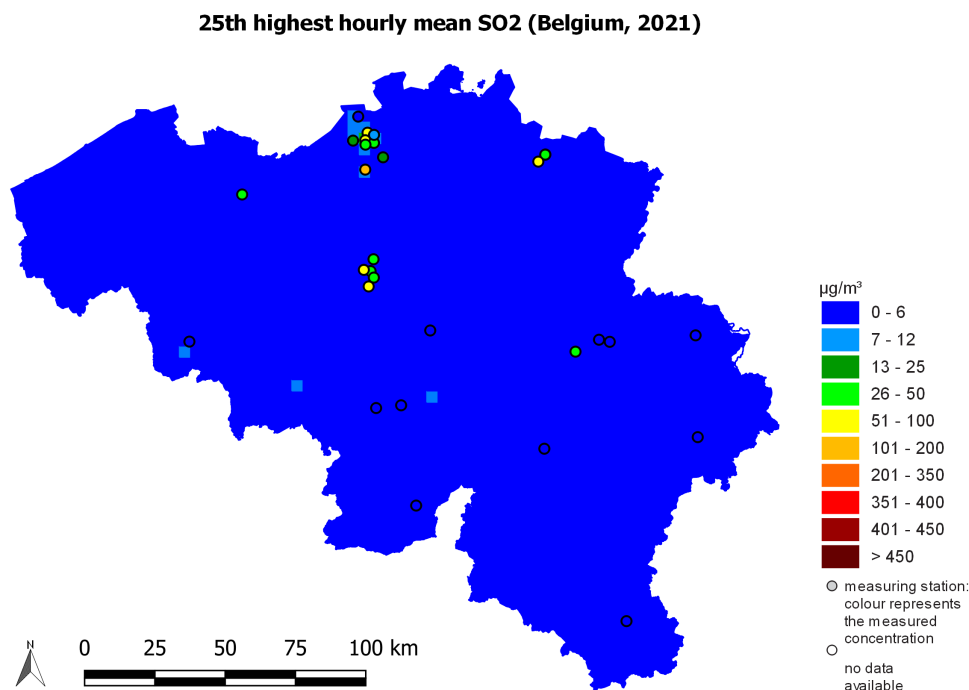
Figuur 43: Evolutie van het aantal  $\text{SO}_2$ -meetstations in België.

### 8.2 $\text{SO}_2$ -uurgemiddelde

De Europese luchtkwaliteitsrichtlijn legt een grenswaarde van  $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$  op voor de uurgemiddelde  $\text{SO}_2$ -concentratie. Die uurgrenswaarde mag niet vaker dan 24 keer per jaar worden overschreden.  $\text{SO}_2$ -vervuiling vertoont een uiterst lokaal karakter, met grote ruimtelijke variaties en is zeer brongericht. Door de resolutie van de RIO-interpolatiemethode zijn lokale overschrijdingen niet noodzakelijk zichtbaar. In ieder geval wordt in België de uurgrenswaarde ruimschoots gerespecteerd op niveau van de roostercellen. Figuur 44 geeft voor elke roostercel de 25<sup>ste</sup> hoogste uurwaarde van 2021, gezien deze nergens hoger is

dan  $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$  is er geen enkele cel waar de uurgrenswaarde vaker dan 24 keer werd overschreden in 2021.

De 2098 waarden uit figuur 44 kunnen ook in een boxplot<sup>13</sup> weergegeven worden. In figuur 45 wordt dit gedaan voor 2021 en alle voorgaande jaren sinds 1990. Op deze manier is de trend van de maximumwaarde, het gemiddelde en de mediaan, en het minimum observeerbaar. Het maximum van de 25<sup>ste</sup> hoogste uurwaarde in België in 2021, representatief voor een gebied van  $4 \times 4 \text{ km}^2$ , bedraagt  $16,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , wat ruim onder de Europese grenswaarde van  $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ligt. De evolutiegrafiek van de 25<sup>ste</sup> hoogste uurgemiddelde concentratie geeft duidelijk een dalende trend weer. Sinds 1990 zijn de  $\text{SO}_2$ -piekconcentraties systematisch en fors gedaald. De laatste jaren zijn de  $\text{SO}_2$ -piekconcentraties gestagneerd en nagenoeg constant.



Figuur 44: Ruimtelijke spreiding van de 25<sup>ste</sup> hoogste uurgemiddelde  $\text{SO}_2$ -concentratie in 2021. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

### 8.3 $\text{SO}_2$ -daggemiddelden

Voor de bescherming van de bevolking tegen de kortetermijneffecten van  $\text{SO}_2$  wordt door de Europese richtlijn ook een grenswaarde voor de daggemiddelde  $\text{SO}_2$ -concentratie opgelegd. Die daggrenswaarde van  $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mag maximaal driemaal per jaar worden overschreden. De WGO-advieswaarde bedraagt  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . De EU-grenswaarde en WGO-advieswaarde worden overal ruimschoots gerespecteerd. Net zoals voor de  $\text{SO}_2$ -uurgemiddelden, vertoont ook de evolutie van de 4<sup>de</sup> hoogste daggemiddelden<sup>14</sup> een continu dalende trend (figuur 46). De laatste jaren zijn deze 4<sup>de</sup> hoogste daggemiddelden nagenoeg constant.

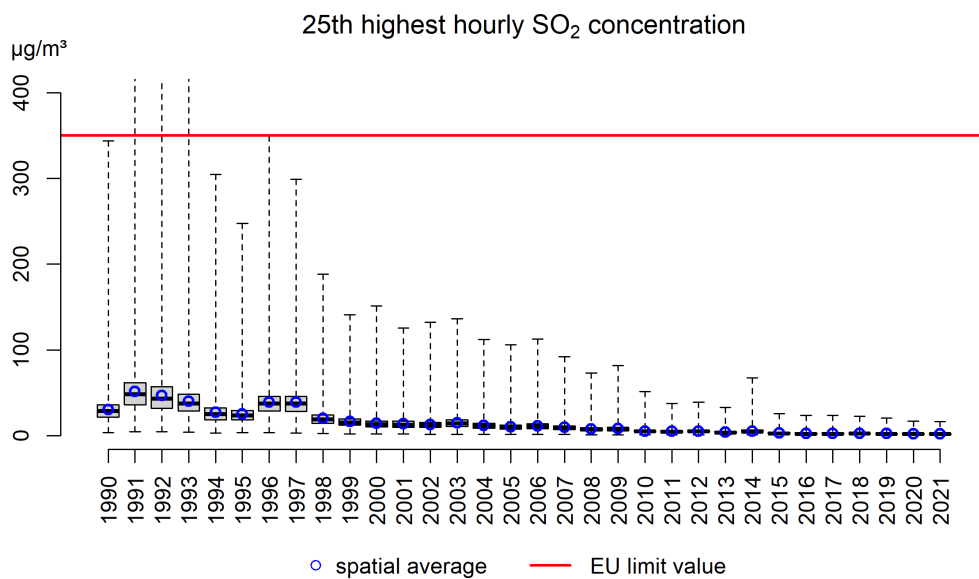
### 8.4 $\text{SO}_2$ -jaargemiddelden

Ter bescherming van de vegetatie en natuurlijke ecosystemen wordt in de Europese richtlijn ook een kritiek niveau opgelegd van  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als jaargemiddelde concentratie en een gemiddelde over het win-

<sup>13</sup>Voor de interpretatie van boxplots, zie bijlage C

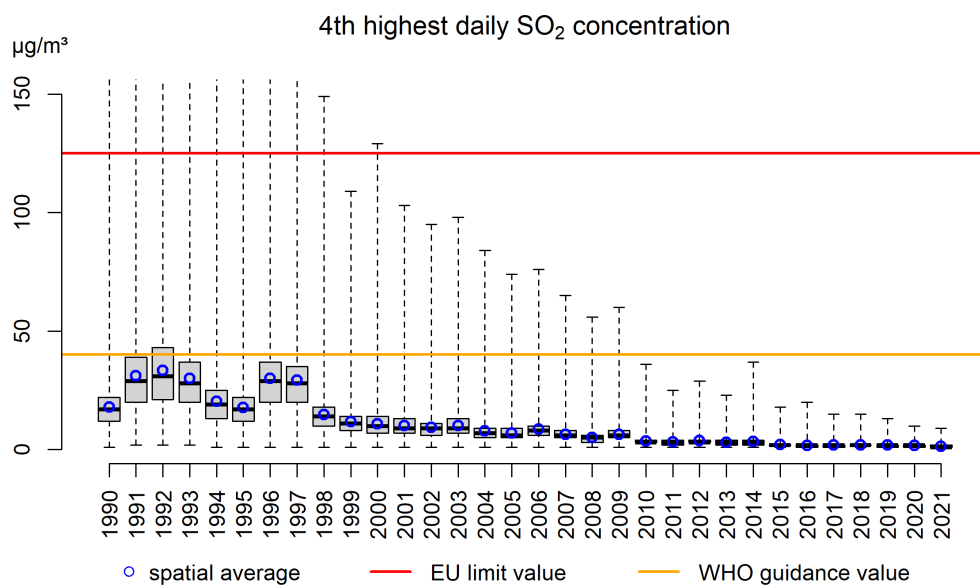
<sup>14</sup>Gezien de grens van  $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$  driemaal per jaar mag overschreden worden, kijken we hier naar de 4<sup>de</sup> hoogste dagwaarde, indien die onder de grens van  $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$  blijft, wordt voldaan aan de richtlijn.





Figuur 45: Boxplot van de 25<sup>ste</sup> hoogste uurgemiddelde SO<sub>2</sub>-concentratie over de periode 1990–2021 in België op basis van de RIO-interpolatietechniek.

terseizoen. Die grenswaarde moet worden gehaald op meetstations die representatief zijn voor een gebied van minimaal 1000 km<sup>2</sup>, 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.



Figuur 46: Boxplot van de 4<sup>de</sup> hoogste daggemiddelde SO<sub>2</sub>-concentratie over de periode 1990–2021 in België op basis van de RIO-interpolatietechniek.

## 9 Besluit

Dit jaarrapport geeft een overzicht van de luchtkwaliteit in België in het jaar 2021, met speciale aandacht voor de ruimtelijke verdeling van de concentraties van de vier belangrijkste polluenten (PM, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> en SO<sub>2</sub>) en een bespreking van de evolutie van de verschillende indicatoren doorheen de tijd. Algemeen geldt dat de concentraties en het aantal overschrijdingen dalen sinds het begin van de metingen, met de jaargemiddelde ozonconcentratie als opvallende uitzondering. Zoals blijkt uit tabel 1 in de samenvatting, liggen het minimum, gemiddelde en maximum van bijna alle indicatoren in 2021 lager dan de gemiddelde waarden van de voorbije 10 jaar. Ook op basis van de jaarreeksen in dit rapport blijkt dat de concentraties van alle polluenten, behalve ozon, op lange termijn dalen. Echter, tussen 2020 en 2021 zet die trend zich niet duidelijk door voor fijn stof en stikstofdioxide. Dit valt zeker deels te verklaren door de sterke impact van de COVID-19-pandemie in 2020.

2021 was een zeer gunstig jaar voor ozonexcessen, voor het eerst sinds 1979 werd geen enkele overschrijding van de Europese informatiedrempel van 1 uur 180 µg/m<sup>3</sup> geregistreerd. Alle middellangetermijndoelstellingen voor ozon werden gerespecteerd. Ook voor fijn stof, stikstofdioxide en zwaveldioxide werden alle Europese grens- of streefwaarden gerespecteerd.

Wanneer we vergelijken met de strengere en gezondheidsgerelateerde WGO-advieswaarden blijkt dat er nog voor alle polluenten, behalve SO<sub>2</sub>, overschrijdingen zijn.

Uit dit jaarrapport kan worden geconcludeerd dat de luchtkwaliteit in België de laatste decennia significant verbeterd is, maar dat het gros van de Belgische bevolking nog altijd blootgesteld wordt aan te veel luchtvervuiling. Dit zorgt voor een blijvende en aanzienlijke impact op de volksgezondheid. Ook de impact op ecosystemen blijft ongunstig. Het is zeker van belang te benadrukken dat de resultaten vermeld in dit rapport gebaseerd zijn op berekeningen met de RIO-interpolatietechniek, met een ruimtelijke resolutie van 4x4 km<sup>2</sup>. De resultaten in dit rapport zijn dan ook representatief voor gebieden met een oppervlakte van 16 km<sup>2</sup>. In de nabijheid van belangrijke emissiebronnen (verkeerswegen, industriezones...) kunnen de concentraties hoger zijn. Lokale gevalstudies moeten worden uitgevoerd teneinde de meer specifieke effecten te onderscheiden. Dit rapport heeft tot doel de luchtkwaliteit op Belgisch niveau in kaart te brengen.

## Referenties

- [1] Directive 2001/81/ec of the european parliament and of the council of 23 october 2001 on national emission ceilings for certain atmospheric pollutants. *OJ*, L 309:0022–0030, 2001.
- [2] Directive 2002/3/ec of the european parliament and of the council of 12 february 2002 relating to ozone in ambient air. *OJ*, L 067:0014–0030, 2002.
- [3] 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. *OJ*, L 152:1–44, 2008.
- [4] D. C. Carslaw and K. Ropkins. *openair — An R package for air quality data analysis*, 2012.
- [5] J. Hooyberghs, C. Mensink, G. Dumont, and F. Fierens. Spatial interpolation of ambient ozone concentrations from sparse monitoring points in belgium. *J. Environ. Monit.*, 8:1129–1135, 2006. doi: 10.1039/B612607N. URL <http://dx.doi.org/10.1039/B612607N>.
- [6] IRCEL. Het effect van de covid-19 maatregelen op de luchtkwaliteit in België een inschatting met een random forest model. pages 1–43, 2020.
- [7] S. Janssen, G. Dumont, F. Fierens, and C. Mensink. Spatial interpolation of air pollution measurements using corine land cover data. *Atmospheric Environment*, 42(20):4884–4903, 2008. ISSN 1352-2310. doi: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.02.043>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231008001829>.
- [8] W. H. Organization. *WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*. World Health Organization, 2021.
- [9] S. Overloop, M. Bossuyt, D. Claeys, J. D’hooghe, A. Elsen, E. R., and W. H. Milieurapport vlaanderen, achtergronddocument 2011 vermessing. pages 1–111, 2011. URL <https://www.milieurapport.be>.
- [10] QGIS Development Team. *QGIS Geographic Information System*. QGIS Association, 2021. URL <https://www.qgis.org>.
- [11] R Core Team. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2021. URL <https://www.R-project.org/>.
- [12] K. Tørseth, W. Aas, K. Breivik, A. Fjæraa, M. Fiebig, A. Hjellbrekke, C. Lund Myhre, S. Solberg, and K. Yttri. Introduction to the european monitoring and evaluation programme (emep) and observed atmospheric composition change during 1972–2009. *ATMOSPHERIC CHEMISTRY AND PHYSICS*, 12:5447–5481, 06 2012. doi: 10.5194/acp-12-5447-2012.
- [13] VMM. Chemkar pm<sub>10</sub>: chemische karakterisatie van fijn stof in vlaanderen, 2006–2007. pages 1–168, 2009.
- [14] VMM. Chemkar pm<sub>10</sub> ‘hotspots’, chemische karakterisatie van fijn stof in vlaanderen, 2008–2009. pages 1–130, 2010.

## 10 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 vinken geven aan welke pollutanten in de meetstations gemeten worden.

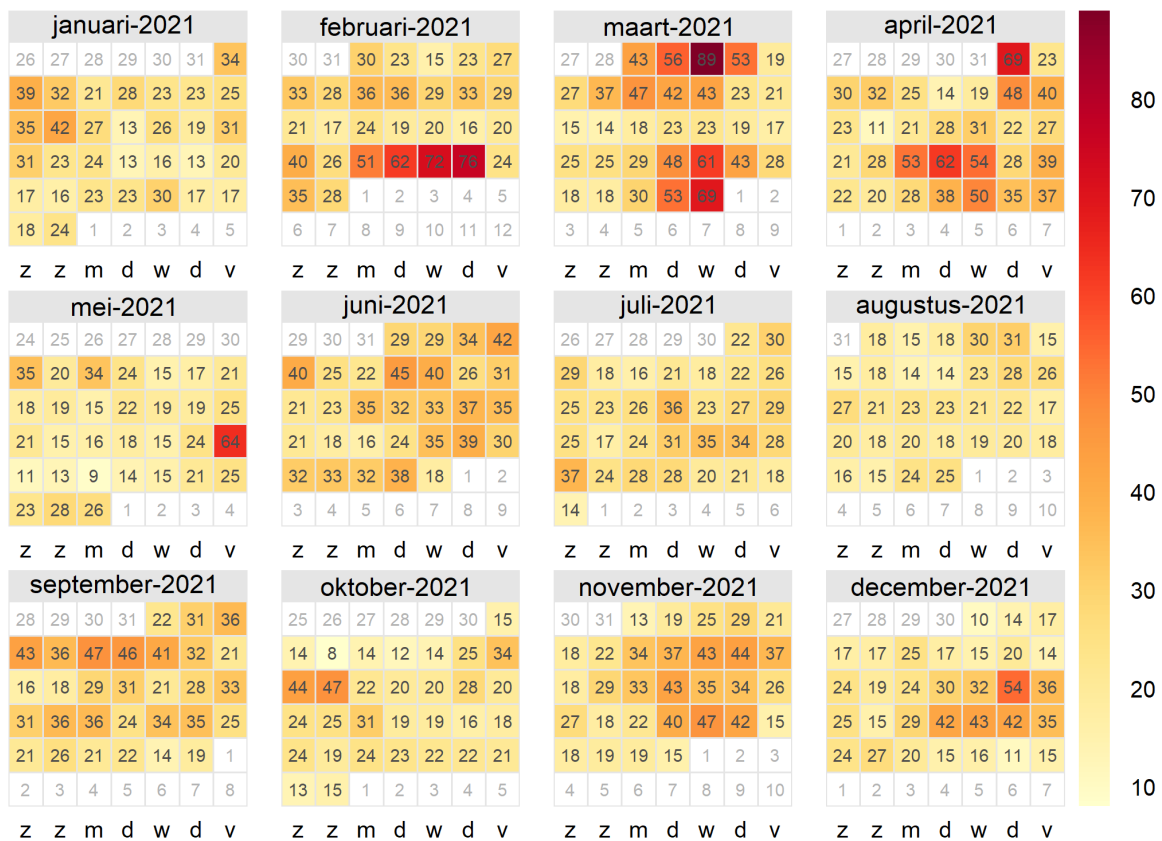
Stationscode	Locatie	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	BC	SO <sub>2</sub>
40AL01	ANTWERPEN-LINKEROEVER	✓	✓		✓	✓	
40AL02	DOEL (ENGELSESTEENWEG)	✓	✓				
40AL03	BEVEREN	✓	✓				
40AL04	BEVEREN	✓	✓			✓	
40AL05	KALLO (SLUIS KALLO)	✓	✓			✓	
40AT44	ORDAMSTRAAT				✓		✓
40AT83	BERENDRECHT	✓	✓		✓	✓	✓
40EG05	EVERGEM (RIEME)	✓	✓			✓	
40GK11	GENK	✓	✓				
40HB23	HOBOKEN	✓	✓		✓		✓
40LD02	LAAKDAL - GEEL				✓		
40LM05	LOMMEL						✓
40LM07	LOMMEL						✓
40MN01	MENEN	✓	✓				
40OB01	OOSTROZEBEKE	✓	✓			✓	
40OB02	WIELSBEKE	✓	✓				
40R822	ANTWERPEN (HAVEN)	✓	✓		✓		✓
40R833	STABROEK				✓		
40R891	ANTWERPEN (HAVEN)				✓		✓
40R892	KALLO (SLUIS KALLO)				✓		✓
40R893	ANTWERPEN (HAVEN)				✓		✓
40R897	ANTWERPEN (HAVEN)				✓		✓
40SA04	HOEVENEN	✓	✓			✓	
40SA08	STABROEK				✓		
40SZ01	STEENOKKERZEEL	✓	✓		✓	✓	
40SZ05	STEENOKKERZEEL	✓	✓		✓	✓	
40WZ02	MOL (WEZEL)						✓
41B001	BRUSSEL (KUNST-WET)				✓		✓
41B004	BRUSSEL (SINT-KATELIJNE)			✓	✓		
41B006	BRUSSEL (EU-PARLEMENT)				✓		
41B008	BRUSSEL (BELLIARD)				✓		
41B011	SINT-AGATHA-BERCHEM	✓	✓	✓	✓		
41CHA1	GANSHOREN (KEIZER-KAREL)				✓		
41MEU1	MUEDON	✓	✓	✓	✓		
41N043	HAREN	✓	✓	✓	✓	✓	✓
41R001	SINT-JANS-MOLENBEEK	✓	✓	✓	✓	✓	✓
41R002	ELSENE				✓	✓	✓
41R012	UKKEL	✓	✓	✓	✓	✓	✓
41REG1	BRUSSEL (REGENTLAAN)				✓		
42HH08	HOUTHALEN-HELCHTEREN	✓	✓				
42M802	ANTWERPEN LUCHTBAL	✓	✓		✓	✓	
42N016	DESSEL	✓	✓	✓	✓	✓	
42N027	BREE			✓	✓		
42N035	AARSCHOT	✓	✓	✓	✓		
42N040	SINT-PIETERS-LEEUEW			✓	✓		
42N046	GELLIK			✓	✓		
42N047	HASSELT	✓	✓	✓	✓	✓	
42N054	LANDEN	✓	✓	✓	✓		
42R020	VILVOORDE	✓	✓		✓		
42R801	ANTWERPEN	✓	✓	✓	✓	✓	✓
42R802	ANTWERPEN	✓	✓		✓	✓	

Stationscode	Locatie	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	BC	SO <sub>2</sub>
42R803	ANTWERPEN	✓	✓		✓	✓	
42R804	BORGERHOUT (RING)	✓	✓		✓	✓	
42R805	ANTWERPEN	✓	✓		✓	✓	
42R806	ANTWERPEN (MAERLANT)				✓		
42R811	SCHOTEN	✓	✓	✓	✓		
42R817	ANTWERPEN	✓	✓		✓	✓	
42R818	ANTWERPEN	✓	✓		✓	✓	
42R820	KAPELLEN				✓		
42R823	BEVEREN-WAAS	✓	✓				
42R830	DOEL				✓		
42R831	BERENDRECHT	✓	✓	✓	✓		
42R834	BOOM	✓	✓			✓	
42R842	MECHELEN (HENDRIK SPEECQVEST)	✓	✓	✓	✓	✓	
42ZD01	ZWIJNDRECHT (BINNENPLEIN)	✓	✓				
42ZD08	ZWIJNDRECHT (NEERSTRAAT)	✓	✓				
43H201	SAINT NICOLAS	✓	✓				
43M204	ANGLEUR	✓	✓				
43N060	HAVINNES	✓	✓	✓	✓		✓
43N063	CORROY LE GRAND	✓	✓	✓	✓		✓
43N066	EUPEN			✓	✓		✓
43N067	MEMBACH	✓	✓				
43N070	MONS	✓	✓	✓	✓		
43N073	VEZIN	✓	✓	✓	✓		
43N085	VIELSALM	✓	✓	✓	✓	✓	✓
43N093	SINSIN	✓	✓	✓	✓		✓
43N100	DOORBES	✓	✓	✓	✓		✓
43N113	SAINT-ODE	✓	✓	✓	✓		
43N121	OFFAGNE	✓	✓	✓	✓		
43N132	HABAY-LA-NEUVE	✓	✓	✓	✓		✓
43R202	LIEGE (AV. M. DESTENAY)	✓	✓		✓	✓	
43R221	LUIK	✓	✓	✓	✓	✓	
43R222	LUIK	✓	✓	✓	✓		✓
43R223	JEMEPEPE	✓	✓		✓		✓
43R240	ENGIS	✓	✓	✓	✓		✓
43R401	NAMUR	✓	✓	✓	✓	✓	
44M705	ROESELARE	✓	✓	✓	✓	✓	
44N012	MOERKERKE	✓	✓	✓	✓		
44N029	HOUTEM	✓	✓	✓	✓	✓	
44N051	IDEGEM			✓	✓		
44N052	ZWEVEGEM	✓	✓	✓	✓		
44R701	GENT	✓	✓	✓	✓	✓	
44R702	GENT	✓	✓		✓	✓	
44R703	GENT					✓	
44R710	DESTELBERGEN	✓	✓	✓	✓		
44R721	WONDELGEM				✓		✓
44R731	EVERGEM	✓	✓		✓		
44R740	SINT-KRUIS-WINKEL	✓	✓	✓	✓		
44R750	ZELZATE	✓	✓		✓	✓	
44RL01	ROESELARE (BRUGSESTEENWEG)	✓	✓				
45R501	CHARLEROI	✓	✓		✓		
45R502	LODELINSART	✓	✓	✓	✓		
45R503	CHARLEROI (PARC)	✓	✓		✓	✓	
45R510	CHATELINEAU	✓	✓				✓
45R511	MARCINELLE	✓	✓				
45R512	MARCHIENNE AU PONT	✓	✓		✓	✓	✓
47E007	SINT-PIETERS-LEEUEW				✓		
47E008	GRIMBERGEN				✓		

Stationscode	Locatie	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	BC	SO <sub>2</sub>
47E009	ZEMST				✓		
47E013	VORST				✓		
47E703	OOST-EEKLO				✓		
47E704	WACHTEBEKE				✓		
47E714	DUDZELE				✓		
47E715	ZUIENKERKE				✓		
47E716	MARIAKERKE				✓		
47E814	HAM (GENEBOSSTRAAT)				✓		
48R215	HERMALLE	✓	✓		✓	✓	
48R235	BIERSET	✓			✓		

## 11 Bijlage B: Jaaroverzicht van luchtkwaliteitspolluenten

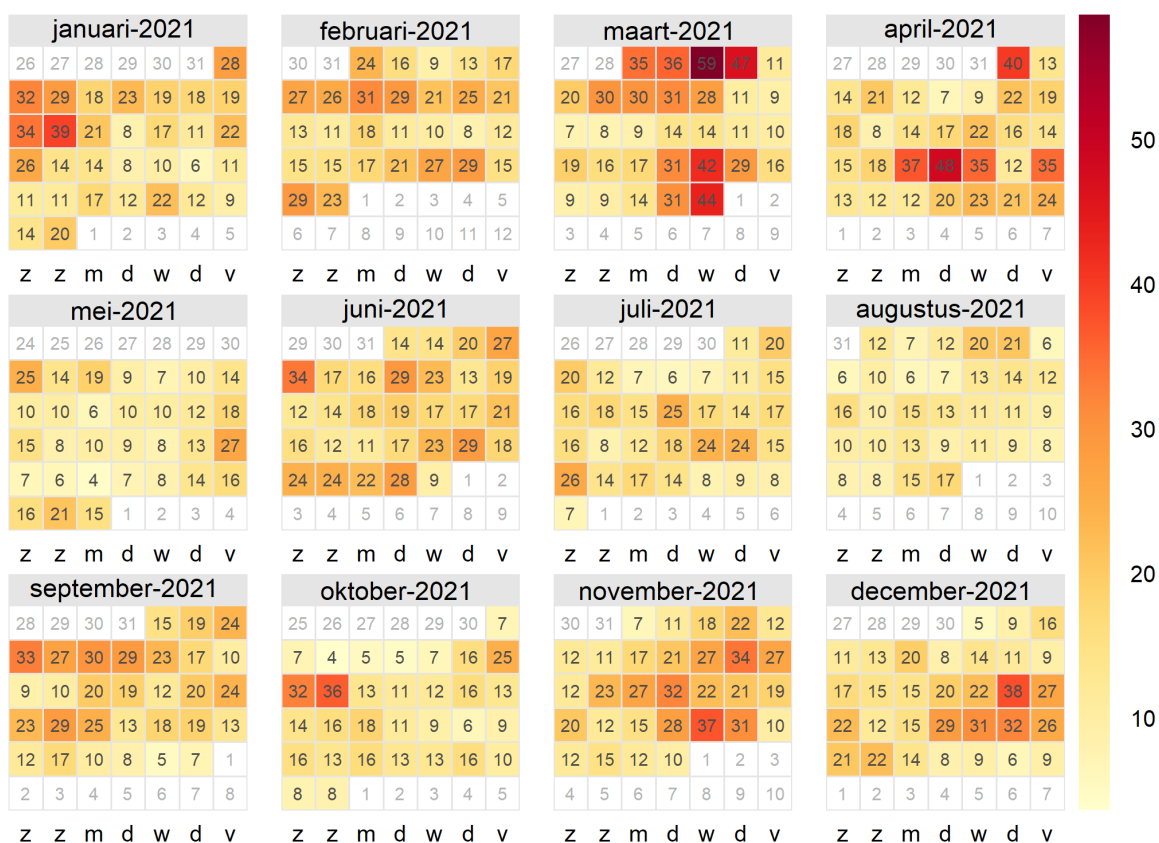
Spatial maximum of the daily mean PM<sub>10</sub> concentrations in 2021



Figuur 47: Ruimtelijk maximum van daggemiddelde PM<sub>10</sub>-concentraties in 2021.

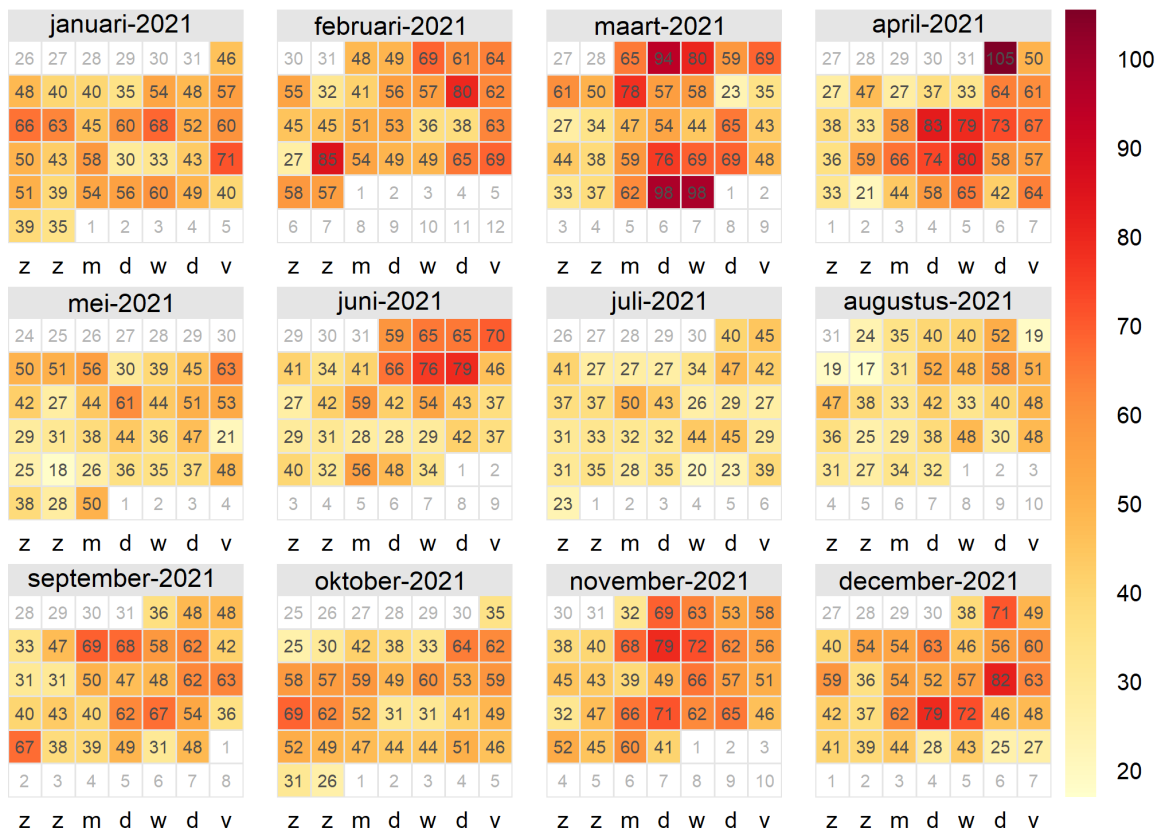


## Spatial maximum of the daily mean PM<sub>2.5</sub> concentrations in 2021



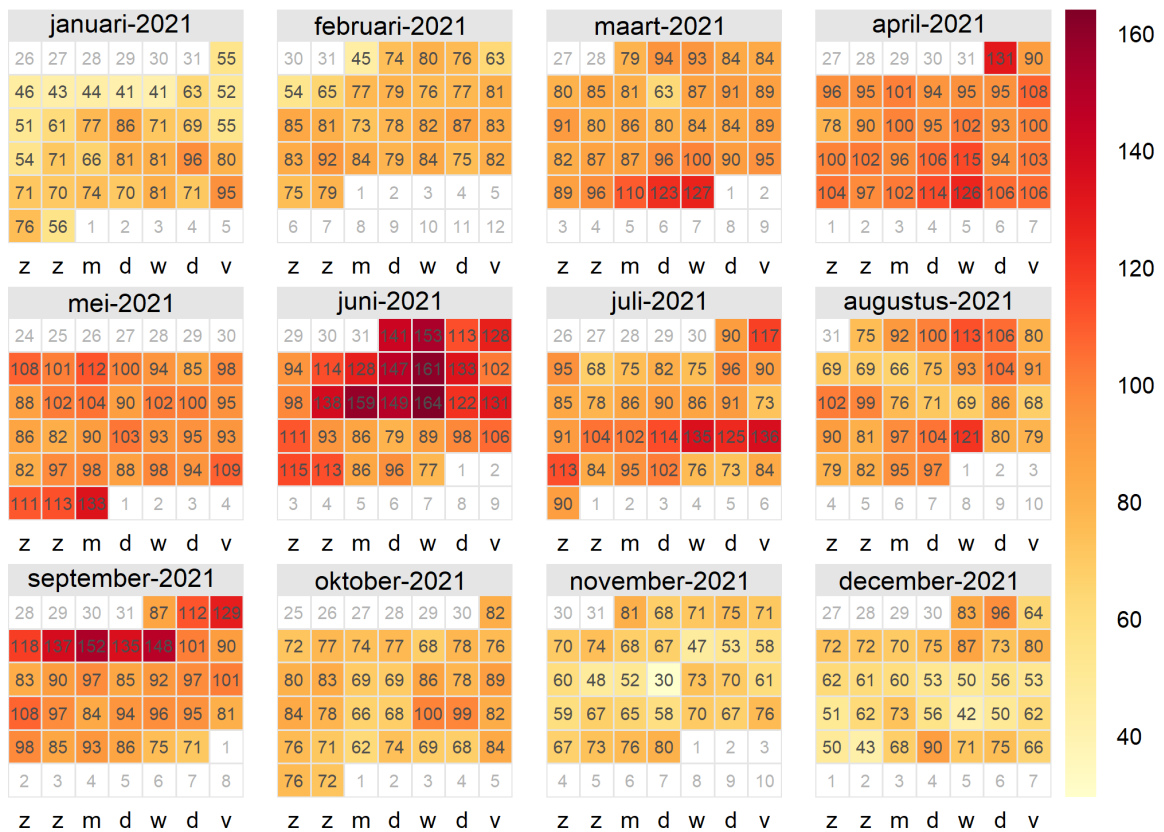
Figuur 48: Ruimtelijk maximum van daggemiddelde PM<sub>2.5</sub>-concentraties in 2021.

## Spatial maximum of the highest hourly NO<sub>2</sub> concentrations per day in 2021



Figuur 49: Ruimtelijk maximum van de maximum NO<sub>2</sub>-uurconcentratie per dag in 2021.

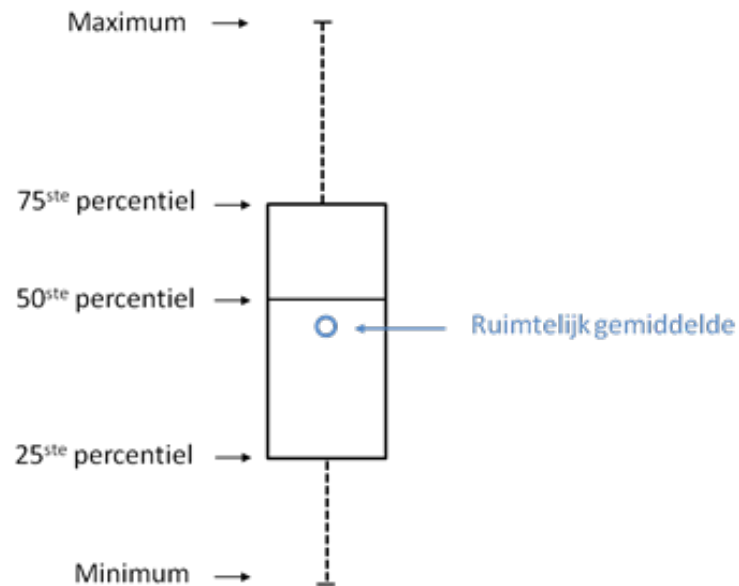
## Spatial maximum of the highest hourly O<sub>3</sub> concentrations per day in 2021



Figuur 50: Ruimtelijk maximum van de maximum O<sub>3</sub>-uurconcentraties per dag in 2021.

## 12 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<sup>ste</sup> en 75<sup>ste</sup> percentiel), de mediaan (het 50<sup>ste</sup> percentiel) en de grootste en de kleinste waarde van de verzameling weer. Het  $x^{\text{ste}}$  percentiel is die waarde waarbij  $x$  % van alle waarden lager is en  $100-x$  % van de waarden hoger.



Figuur 51: Voorstelling van een boxplot.

## 13 Bijlage D: Onzekerheidskaarten

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

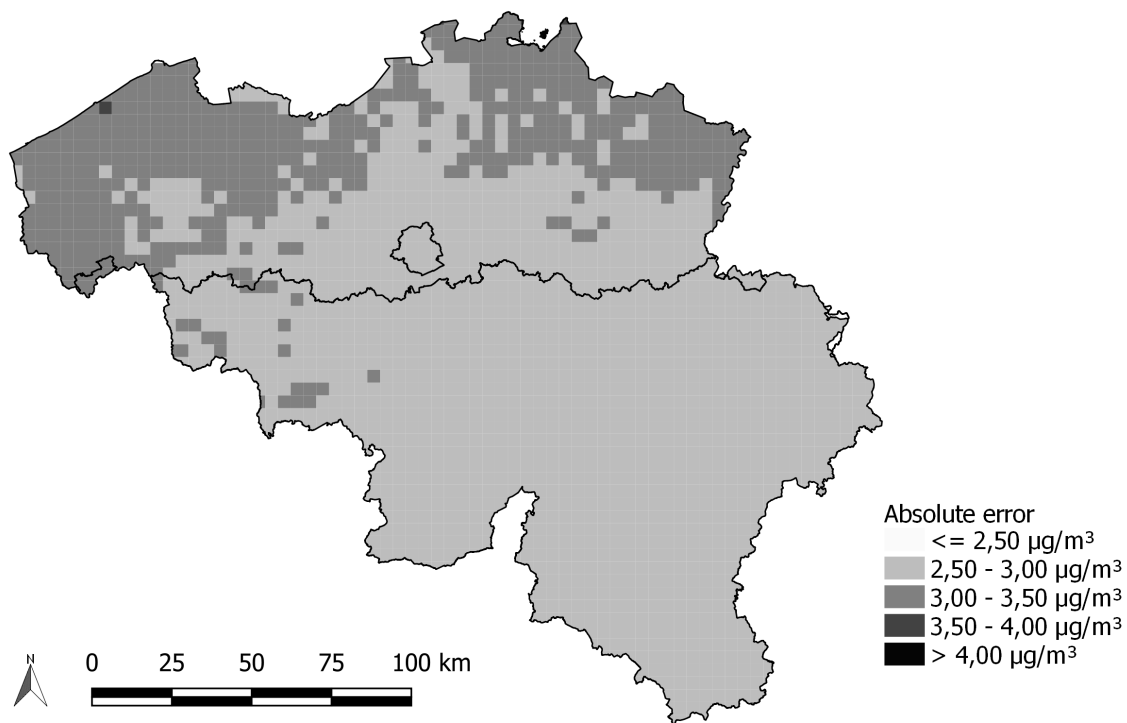
1. Fout op de meetwaarden: die wordt indirect in rekening gebracht omdat het variogram gebruikt in de Kriging (d.i. een onderdeel van de RIO-interpolatietechniek) een 'nugget'-effect vertoont (d.i. bij een afstand 0 tussen meetstations wordt niet dezelfde gemeten concentratie verondersteld).
2. Clustering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

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

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

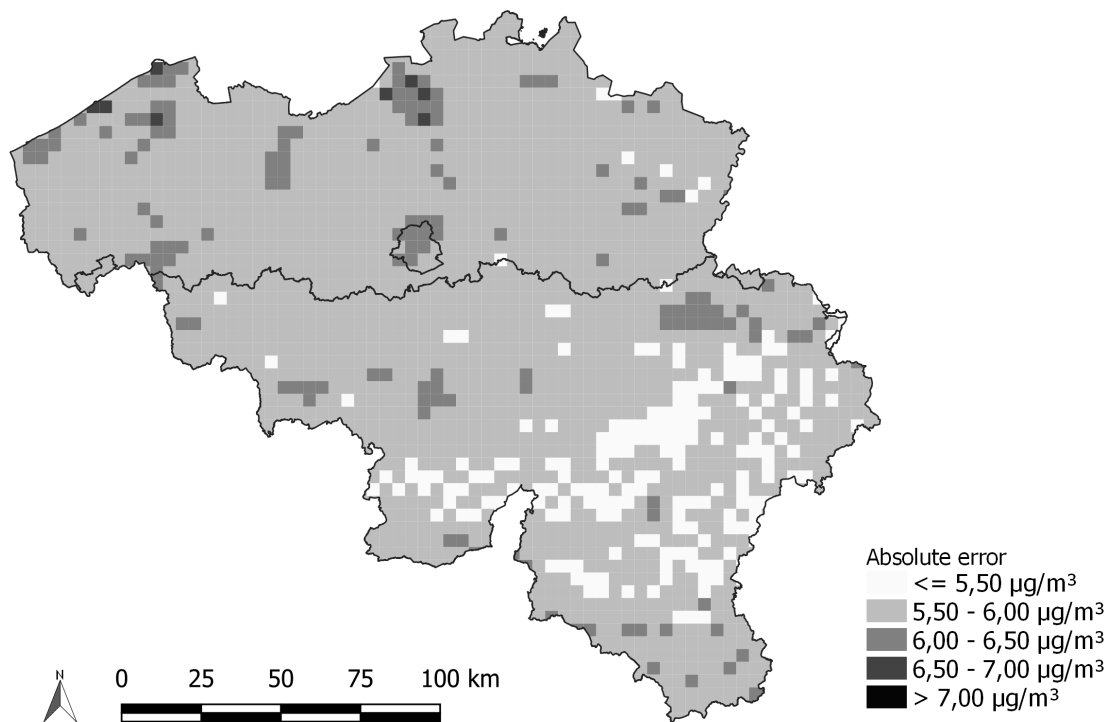
Op basis van bovenstaande bronnen van onzekerheid wordt er een onzekerheid (1 sigma) berekend voor de RIO-geïnterpoleerde concentraties (zie onderstaande kaarten), uitgaande van een normale verdeling van de metingen. Een fout van 1 sigma betekent dat voor een waarde  $x$  en een fout van  $5.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 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').

**Error on PM10 annual mean (Belgium, 2021)**



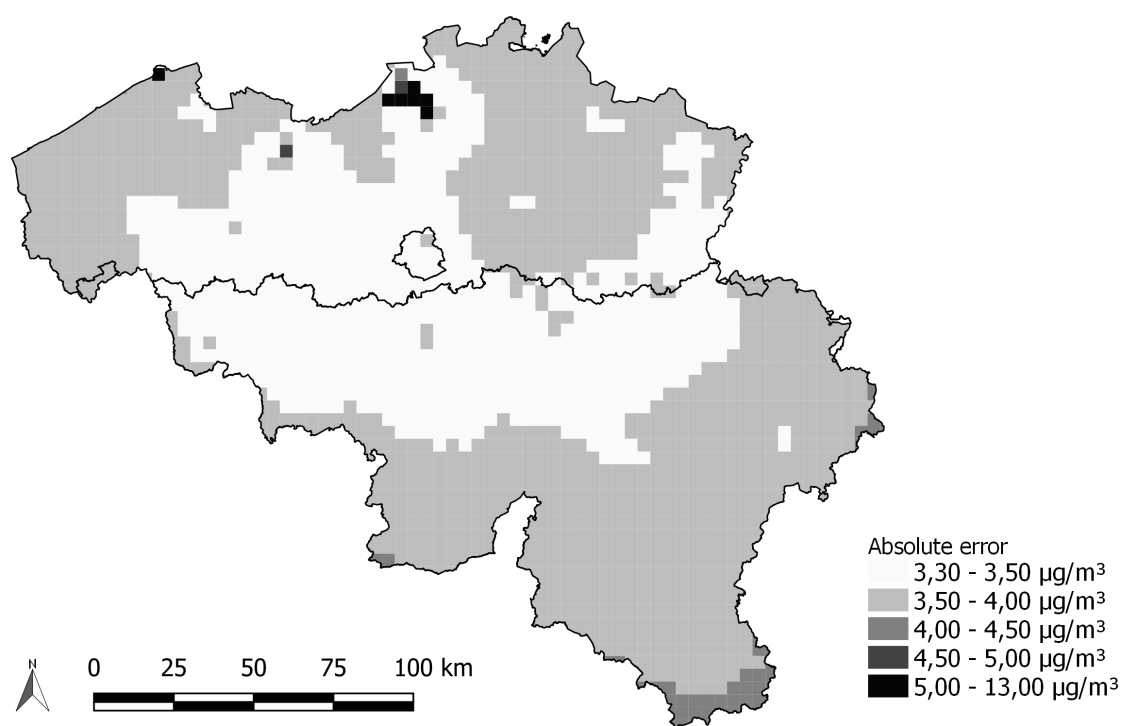
Figuur 52: Ruimtelijke spreiding van de absolute fout ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) op de jaargemiddelde  $\text{PM}_{10}$ -concentraties

**Error on NO2 annual mean (Belgium, 2021)**



Figuur 53: Ruimtelijke spreiding van de absolute fout ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) op de jaargemiddelde  $\text{NO}_2$ -concentraties.

### Error on O<sub>3</sub> annual mean (Belgium, 2021)



Figuur 54: Ruimtelijke spreiding van de absolute fout ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) op de jaargemiddelde O<sub>3</sub>-concentraties.