



Informing you on ambient air quality
in the Belgian Regions

JAARRAPPORT Luchtkwaliteit in België 2020

Documentbeschrijving

Titel

Jaarrapport luchtkwaliteit in België 2020

Auteurs

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

Datum

7 maart 2022

Contact

info@irceline.be

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

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Samenvatting | 7 |
| 2 | Inleiding | 11 |
| 3 | Wettelijke bepalingen | 13 |
| 3.1 | Europese regelgeving | 13 |
| 3.2 | Wereldgezondheidsorganisatie | 13 |
| 4 | Periodes met verhoogde luchtverontreiniging –smogepisodes– | 15 |
| 4.1 | Winter- en lentesmog | 15 |
| 4.2 | Zomersmog | 16 |
| 5 | Fijn stof | 19 |
| 5.1 | PM ₁₀ | 20 |
| 5.1.1 | PM ₁₀ -meetstations | 20 |
| 5.1.2 | PM ₁₀ -jaargemiddelde concentratie | 20 |
| 5.1.3 | PM ₁₀ -daggemiddelde concentratie | 21 |
| 5.2 | PM _{2,5} | 25 |
| 5.2.1 | PM _{2,5} -meetstations | 25 |
| 5.2.2 | PM _{2,5} -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 |
| 6 | Stikstofdioxiden | 30 |
| 6.1 | NO ₂ -meetstations | 30 |
| 6.2 | NO ₂ -jaargemiddelde | 30 |
| 6.3 | NO ₂ -uurwaarden | 32 |
| 7 | Ozon | 36 |
| 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 ₃ -jaargemiddelde | 41 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 7.5 | Evolutie in O ₃ -concentratieklassen | 42 |
| 8 | Zwavel dioxide | 47 |
| 8.1 | SO ₂ -meetstations | 47 |
| 8.2 | SO ₂ -uurgemiddelde | 47 |
| 8.3 | SO ₂ -daggemiddelden | 48 |
| 8.4 | SO ₂ -jaargemiddelden | 48 |
| 9 | Besluit | 51 |
| 10 | Bijlage A: Meetstations | 53 |
| 11 | Bijlage B: Jaaroverzicht van luchtkwaliteitspolluenten | 56 |
| 12 | Bijlage C: Interpretatie van boxplots | 60 |
| 13 | Bijlage D: Onzekerheidskaarten | 61 |

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.

NO_x

Verzamelaam voor een gasmengsel dat bestaat uit stikstofmonoxide (NO) en stikstofdioxide (NO_2).

O_3

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

PM_{10}

Particulate Matter ofwel fijn stof met een diameter kleiner dan 10 μm .

$\text{PM}_{2.5}$

Particulate Matter ofwel fijn stof met een diameter kleiner dan 2,5 μm .

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.

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

Globaal scoort het jaar 2020 beter op het vlak van luchtkwaliteit dan 2019. Voor fijn stof, stikstofdioxide en zwaveldioxide zijn de gemodelleerde concentraties zelfs de laagste sinds het begin van de metingen. De stapsgewijze daling die, afhankelijk van de pollutant, al enkele jaren tot verschillende decennia plaatsvindt, zet zich door. De uitzondering op deze gunstige trend is ozon: voor 2020 zijn de gemodelleerde concentraties opnieuw hoger dan in 2019. Ook op langere termijn wordt voor ozon een stijgende trend waargenomen. Ontegensprekelijk had de COVID-19-pandemie een invloed op de evolutie van de concentraties tussen 2019 en 2020.

Onderstaande tabel 1 toont de verschillende luchtkwaliteitsindicatoren voor België in 2020 en vergelijkt die via een kleurencode met gemiddelden van de 10 voorafgaande jaren: 2010–2019. De cijfers zijn gebaseerd op de berekeningen met de RIO-interpolatietechniek, met een ruimtelijke resolutie van 4x4 km². De cijfers zijn dus representatief voor gebieden van 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 NO₂ door verkeersemissies, kan de beoordeling lokaal sterk verschillen van deze op het 4x4 km² 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 4x4 km² gebieden. Enkel het minimum voor het 4^{de} hoogste daggemiddelde van SO₂ blijft stabiel op 1 µg/m³. Voor deze pollutanten, fijn stof, NO₂ en SO₂, zijn ook geen overschrijdingen van de Europese grens- of streefwaarde meer waarneembaar op het 4x4 km² niveau. Voor fijn stof worden de WGO-advieswaarden wel in verschillende gebieden overschreden. Voor ozon zijn de indicatoren vergelijkbaar met tot beduidend slechter dan het gemiddelde van de voorafgaande 10 jaar. De middellangetermijndoelstellingen voor ozon voor de bescherming van de gezondheid en de bossen werden opnieuw niet gehaald. Ook de langetermijndoelstelling voor de ozonblootstelling van vegetatie wordt 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 4x4 km² 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 NO₂-grenswaarde van de Europese richtlijn. Vooral voor pollutanten zoals NO₂ 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: 11,5 % van de Belgische bevolking woont in een gebied waar de jaargemiddelde PM₁₀-concentratie de WGO-advieswaarde van 20 µg/m³ overschrijdt, 33,8 % van de Belgische bevolking woont in een gebied waar de jaargemiddelde PM_{2,5}-concentratie de WGO-advieswaarde van 10 µg/m³ overschrijdt.

Voor ozon wordt de langetermijndoelstelling om op geen enkele dag een 8-uurgemiddelde boven 120 µg/m³ te bereiken op geen enkele plaats behaald, 100 % van de bevolking wordt hieraan blootgesteld. Ook de middellangetermijndoelstelling om, gemiddelde over 3 jaar, maximum 25 dagen per jaar een 8-uurgemiddelde boven 120 µg/m³ te bereiken, wordt niet overal behaald: 18,5 % van de bevolking wordt hier vaker aan blootgesteld.

Concluderend kan gesteld worden dat in 2020 de concentraties fijn stof (PM₁₀ en PM_{2,5}), stikstofdioxide en zwaveldioxide verder dalen en als gemiddelde in de 4x4 km² roostercellen onder de Europese grens- of streefwaarden blijven. Voor fijn stof blijven echter belangrijke delen van de bevolking blootgesteld aan overschrijdingen van de WGO-advieswaarden, waardoor er een belangrijke impact op de volksgezondheid blijft. De ozonconcentraties in 2020 waren opnieuw hoog, er is een toenemende trend van de jaargemiddelde concentraties. De gehele Belgische bevolking werd meerdere dagen blootgesteld aan 8-uurgemiddelden boven 120 µg/m³. In 2020 was er ook een belangrijke negatieve impact op de vegetatie

en bossen door te hoge ozonconcentraties.

Tabel 1: Luchtkwaliteitsindicatoren voor België, 2020

| Indicator | min. | gem. | max. | Europese grens- of streefwaarde | WGO-advieswaarde (2005)† |
|---|------|---------|-------|--|---|
| PM₁₀ | | | | | |
| Jaargemiddelde conc. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | 7 | 14 | 24 | 40 | 20 |
| Aantal dagen $>50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ | 0 | 1 | 14 | Max. 35 dagen | Max. 3 dagen |
| PM_{2.5} | | | | | |
| Jaargemiddelde conc. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | 4 | 7 | 13 | 25 | 10 |
| Ozon | | | | | |
| Aantal dagen $>180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ | 13 | | | | |
| Aantal dagen $>240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ | 1 | | | | |
| Aantal dagen hoogste 8-uurgem. $>120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ | 7 | 20 | 33 | MLTD: 25 dagen, gem. over 3 jaar, 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. 2018–2020) | 8 | 22 | 33 | MLTD: 25 dagen, gem. over 3 jaar, LTD: 0 dagen | 0 dagen met hoogste 8-uurgem. $>100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| AOT60 ($(\mu\text{g}/\text{m}^3)\cdot\text{u}$) | 1080 | 3062 | 5208 | 5800*** | |
| AOT40 voor vegetatie ($(\mu\text{g}/\text{m}^3)\cdot\text{u}$) | 2619 | 10284* | 14681 | MLTD: 18000, gem. over 5 jaar, LTD: 6000 | |
| AOT40 voor vegetatie ($(\mu\text{g}/\text{m}^3)\cdot\text{u}$) (gem. 2016–2020) | 3192 | 11899* | 17956 | MLTD: 18000, gem. over 5 jaar, LTD: 6000 | |
| AOT40 voor bossen ($(\mu\text{g}/\text{m}^3)\cdot\text{u}$) | 7393 | 24212** | 32630 | Kritiek niveau: 10000***, referentieniveau: 20000*** | |
| NO₂ | | | | | |
| Jaargemiddelde conc. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | 3 | 8 | 28 | 40 | 40 |
| 19 ^{de} hoogste uurgem. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | 16 | 34 | 79 | 200 | Hoogste uurgem.: 200 |
| SO₂ | | | | | |
| 25 ^{ste} hoogste uurgem. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | 1 | 2 | 17 | 350 | |
| 4 ^{de} hoogste daggem. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | 1 | 2 | 10 | 125 | Hoogste daggem.: 20 |

Overschrijding van de Europese grens- of streefwaarde.

† Voor de meest recente waarden, zie 3.2

* 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 (2005)† | bevolking met blootstelling boven de WGO-advieswaarde |
|--|---|---|--|---|
| PM₁₀ | | | | |
| Jaargemiddelde | 40 µg/m ³ | 0 % | 20 µg/m ³ | 11,5 % |
| Aantal dagen >50 µg/m ³ | Max. 35 dagen | 0 % | Max. 3 dagen | 19,9 % |
| PM_{2.5} | | | | |
| Jaargemiddelde | 25 µg/m ³ | 0 % | 10 µg/m ³ | 33,8 % |
| Ozon | | | | |
| Aantal dagen met hoogste 8-uurgem. >120 µg/m ³ | LTD: 0 dagen | 100 % | Hoogste 8-uurgem. >100 µg/m ³ | 100 % |
| Aantal dagen met hoogste 8-uurgem. >120 µg/m ³ (gem. 2018-2020) | MLTD: 25 dagen gem. over 3 jaar | 18,5 % | | |
| AOT60 | 5800* (µg/m ³).u | 0 % | | |
| AOT40 voor vegetatie | LTD: 6000 (µg/m ³).u | 99,4 % | | |
| AOT40 voor vegetatie (gem. 2016-2020) | MLTD: 18000 (µg/m ³).u gem. over 5 jaar | 0 % | | |
| AOT40 voor bossen | Kritiek niveau: 10000* (µg/m ³).u | 100 % | | |
| AOT40 voor bossen | Referentieniveau: 20000* (µg/m ³).u | 98,0 % | | |
| NO₂ | | | | |
| Jaargemiddelde | 40 µg/m ³ | 0 % | 40 µg/m ³ | 0 % |
| Uurgem. >200 µg/m ³ | Max. 18 uur | 0 % | 0 uur | 0 % |
| SO₂ | | | | |
| Daggemiddelde >125 µg/m ³ | Max. 3 dagen | 0 % | daggemiddelde >20 µg/m ³ | 0 % |
| Uurgem. >350 µg/m ³ | Max. 24 uur | 0 % | | |

* Niet in richtlijn 2008/50/EG

† Voor de meest recente waarden, zie 3.2

| | |
|---|---------------|
|  | 0 % |
|  | >0 % en ≤ 50% |
|  | >50 % |

2 Inleiding

Dit rapport geeft een overzicht van de luchtkwaliteit in 2020 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 een grote invloed op de economische en sociale activiteiten. Dit had ontegensprekelijk een weerslag op de emissies en concentraties van vooral NO₂ en O₃. IRCEL publiceerde een afzonderlijke studie van deze effecten [7].

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 2020 en de evolutie van de luchtkwaliteit in België de laatste jaren. De pollutanten PM₁₀, PM_{2.5}, BC, O₃, NO₂ en SO₂ 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 [6][8]. 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 km²: het grondgebied van België wordt opgedeeld in vlakken van 4 km op 4 km. Dankzij RIO is het mogelijk om voor elke 4x4 km² 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 km² te berekenen voor elke pollutant. Voor deze kaarten en een meer gedetailleerde uitleg rond het bepalen van de modelonzekerheid verwijzen we naar Bijlage D.

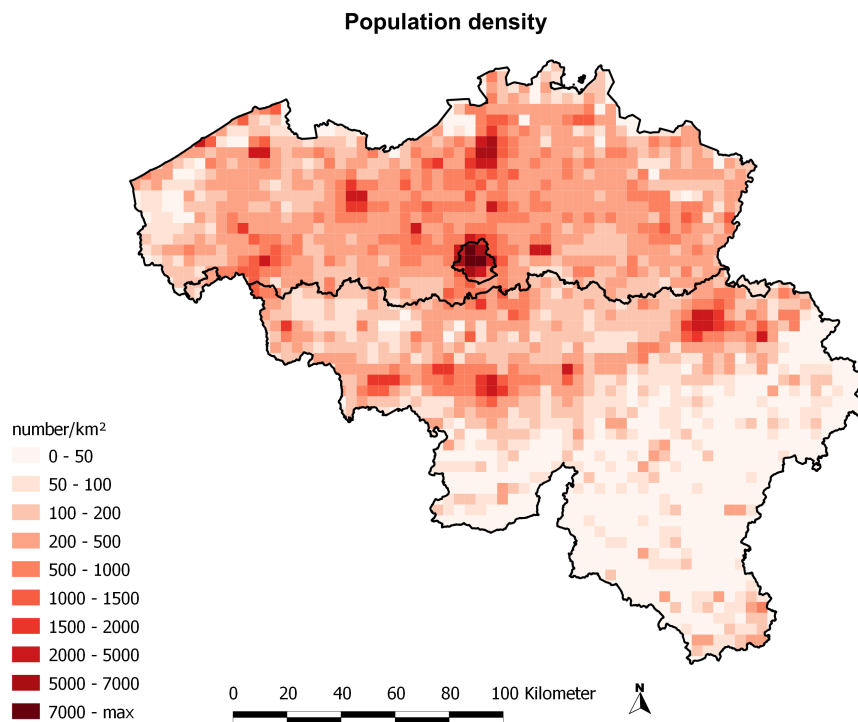
De RIO-interpolatietechniek wordt gebruikt om de concentraties te bepalen over het volledige grondgebied, in dit rapport wordt niet ingegaan op de metingen in de verschillende individuele meetstations. Daarvoor verwijzen we naar de jaarlijkse publicaties van de gewesten en de jaarlijkse rapportering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

De jaarresultaten gepubliceerd door Vlaanderen en Wallonië zijn beschikbaar op de websites: [Indicatoren luchtverontreinigende stoffen](#) en [Rapports annuels des réseaux de surveillance de la qualité de l'air en Wallonie](#).

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 een benadering van de werkelijkheid. Binnen één roostercel van 4x4 km² 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_2 , PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, BC en O_3 .



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

De analyse en visualisatie 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 \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 ₂ | | 500 µg/m ³ |
| NO ₂ | | 400 µg/m ³ |
| O ₃ | 180 µg/m ³ | 240 µg/m ³ |

3.2 Wereldgezondheidsorganisatie

De Wereldgezondheidsorganisatie WGO (World Health Organisation – WHO) heeft een eigen reeks luchtkwaliteits**advieswaarden** opgesteld [5]. Deze zijn strenger dan de grens- en streefwaarden van de EU.

De advieswaarden die in dit rapport zijn opgenomen dateren van 2005. In september 2021 heeft de WGO nieuwe –strengere– advieswaarden gepubliceerd. De analyses en figuren in dit rapport werden opgesteld voor de geactualiseerde waarden bekend werden.

Europa houdt niet alleen rekening met gezondheidsredenen maar ook met de economische haalbaarheid om tot die doelstellingen te komen. De advieswaarden van de WGO kwantificeren de concentraties waarbij er een belangrijk risico is voor de publieke gezondheid. Deze advieswaarden worden in dit rapport aan figuren en tabellen toegevoegd waar dat relevant is.

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

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

* 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. Om die reden 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) 35–45 % 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

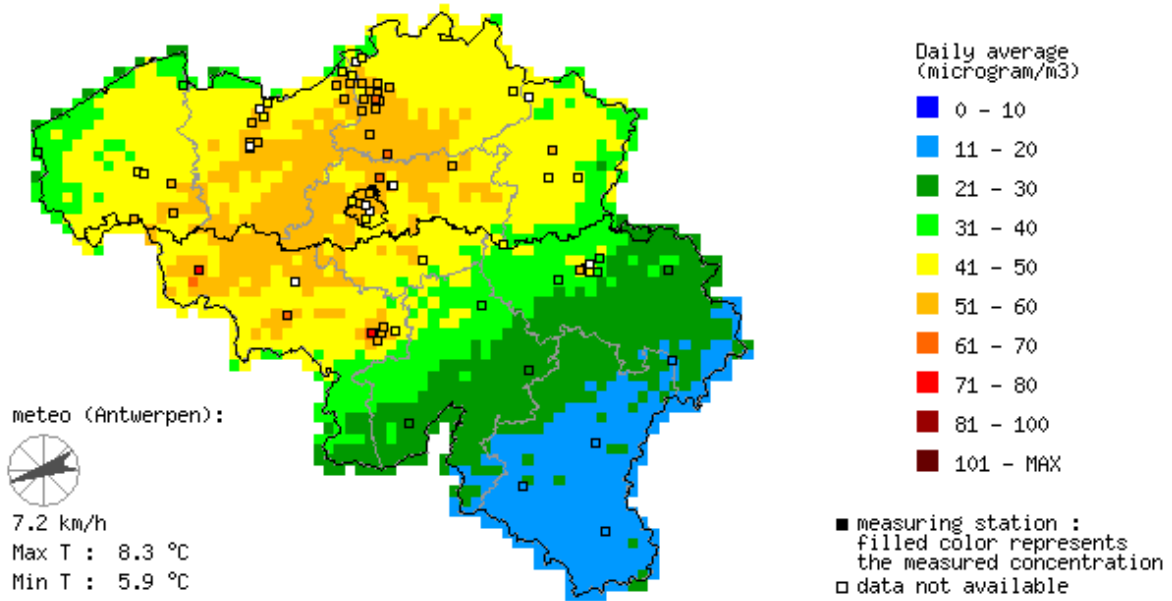
In België is er sinds 2006 het smogalarm dat geactiveerd wordt wanneer de voorspelde daggemiddelde PM_{10} -concentraties gedurende twee opeenvolgende dagen de drempel van $70\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ overschrijden. Sinds 2016 is dit aangevuld met een informatiedrempel van $50\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$. Een informatiebericht wordt verspreid wanneer het gemeten glijdend 24-uurgemiddelde van 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 2020 werd de informatiedrempel driemaal geactiveerd, enkel de derde episode hield langer aan dan één dag.

In de eerste episode, van 23/01 tot 24/01, werd de informatiedrempel voor $\text{PM}_{2.5}$ bereikt in Vlaanderen. Deze episode was te wijten aan algemene emissies van wegverkeer, gebouwenverwarming, de industrie en de landbouw in combinatie met slechte dispersieomstandigheden.

De tweede smogepisode vond plaats van 9 tot 10 april en betrof een overschrijding van de PM_{10} -informatiedrempel in Vlaanderen. Als oorzaak wordt gekeken naar de ‘gunstige’ weersomstandigheden voor de vorming van secundair anorganisch stof uit stikstofoxiden (wegverkeer) en ammoniak (landbouw). De derde episode werd afgekondigd op 27 november wanneer in Vlaanderen de informatiedrempel voor zowel $\text{PM}_{2.5}$ als PM_{10} overschreden werden, en werd opgeheven op 1 december. Slechte dispersieomstandigheden lagen hier aan de basis. Zie figuren 2 en 3 voor de ruimtelijke spreiding van de daggemiddelde concentraties op 27 november 2020. Op figuur 4 wordt de evolutie van het glijdend 24-uurgemiddelde,

Daily average Particulate Matter (PM₁₀) concentrations on: Friday 27/11/2020



Figuur 2: Daggemiddelde PM₁₀-concentratie op 27 november 2020.

gemiddeld over alle meetstations in een gewest, tijdens de derde episode weergegeven.

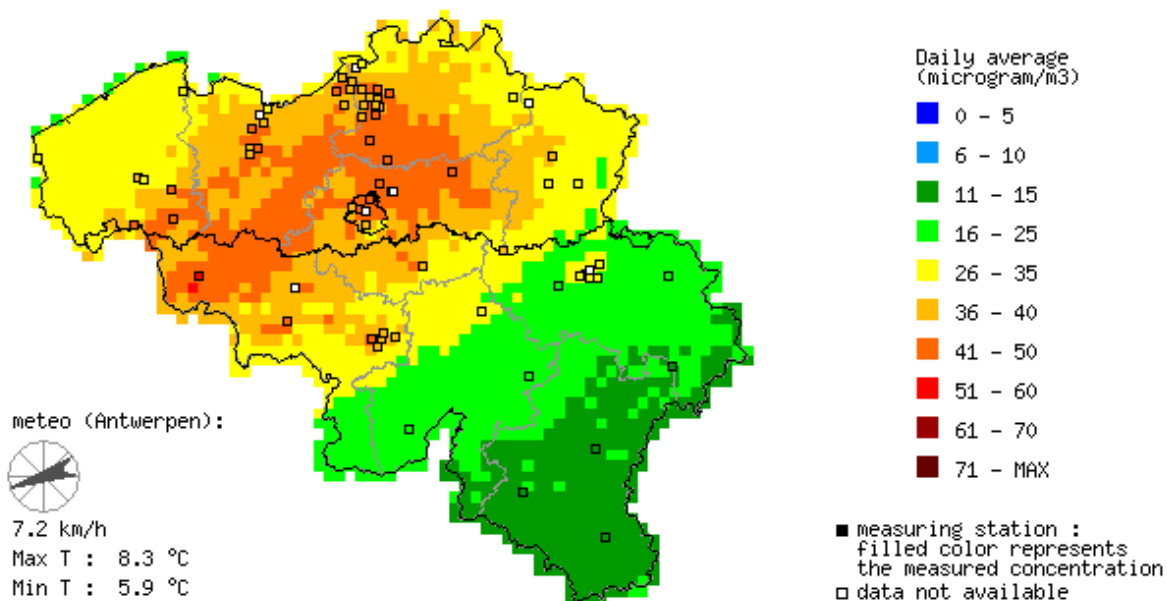
In tegenstelling tot de *informatiedrempel* werd in 2020 de *alardrempel* niet overschreden.

4.2 Zomersmog

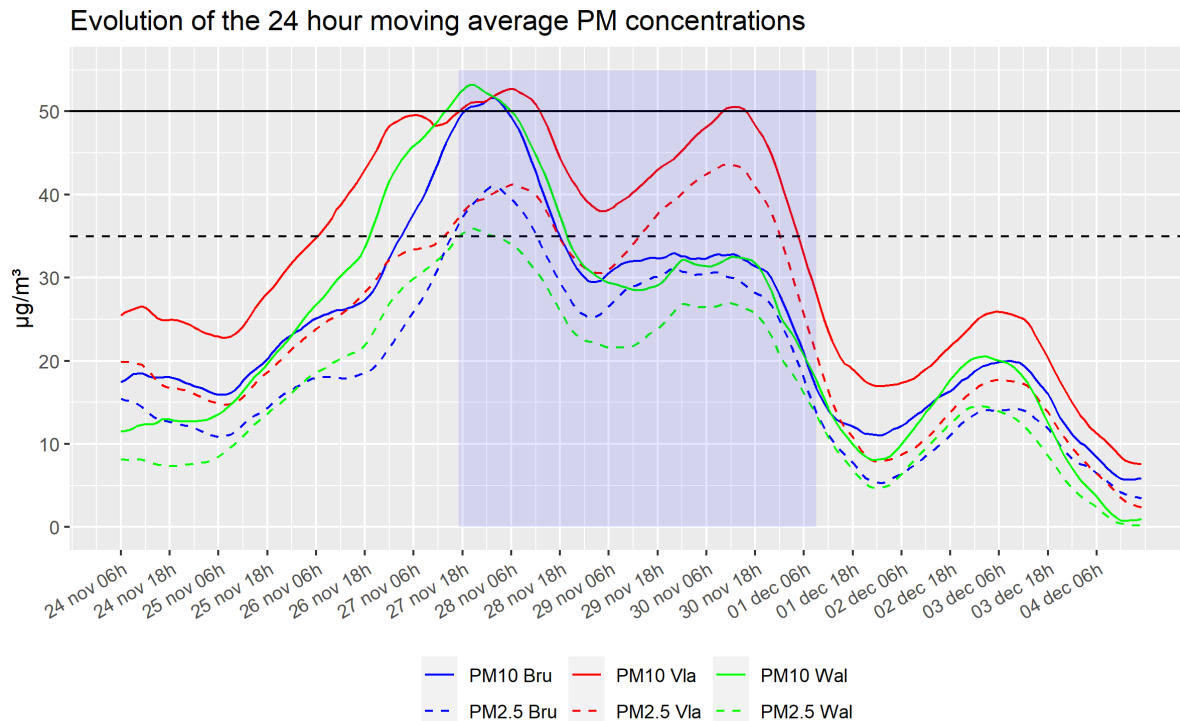
De zomer van 2020 was uitzonderlijk warm en zonnig, er waren 13 ozondagen, i.e. dagen waarop in ten minste één meetpunt in België de Europese informatiedrempel voor ozon van 180 µg/m³ wordt overschreden. De overschrijdingsdagen werden waargenomen in juni (3), juli (1), augustus (8) en september (1). De overschrijdingen in augustus vonden plaats op opeenvolgende dagen van donderdag 6 tot en met donderdag 13 augustus. De alardrempel van 240 µg/m³ werd op 11 augustus in 2 meetstations overschreden. Op die dag werd 44 % van de bevolking blootgesteld aan uurgemiddelden die de EU-informatiedrempel overschreden, zie figuur 5.

In 2019 werden nog 9 ozondagen waargenomen, met één overschrijding van de alardrempel. In 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/m³ 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_{2.5}) concentrations on: Friday 27/11/2020

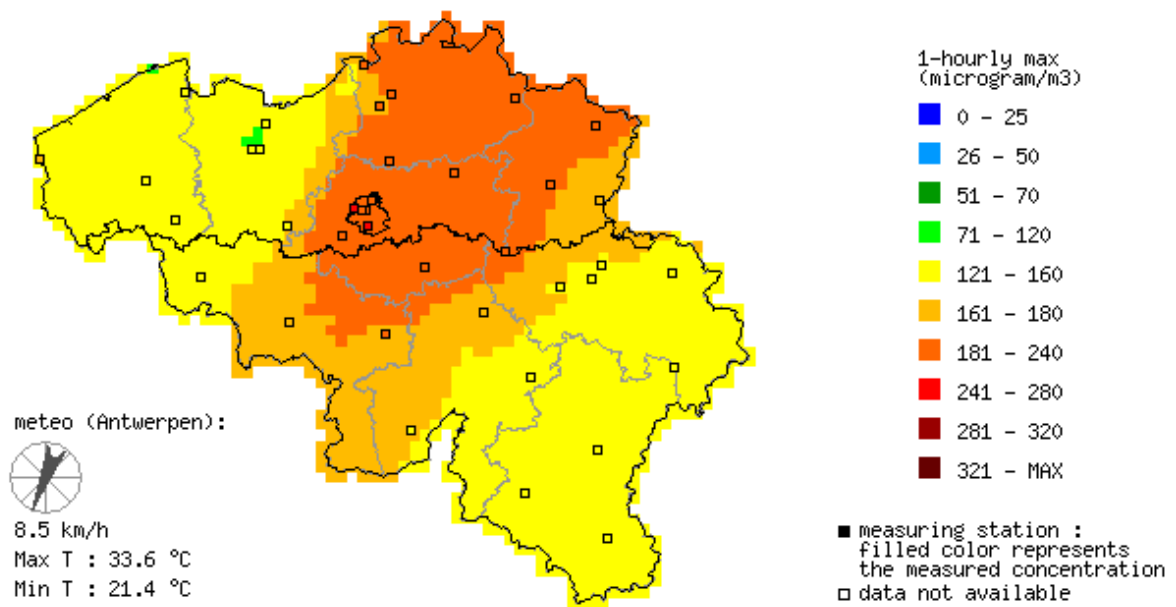


Figuur 3: Daggemiddelde PM_{2.5}-concentratie op 27 november 2020.



Figuur 4: Evolutie van de glijdende 24-uurgemiddelde PM₁₀- en PM_{2.5}-concentratie gemiddeld over alle meetstations per gewest van 24 november 2020 tot 4 december 2020. Deze figuur geeft geen geïnterpoleerde waarden.

Daily highest 1-hourly Ozone concentrations on: Tuesday 11/08/2020



Figuur 5: Hoogste ozonconcentraties op dinsdag 11 augustus 2020

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 (μm) 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 fijn stofdeeltje 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.

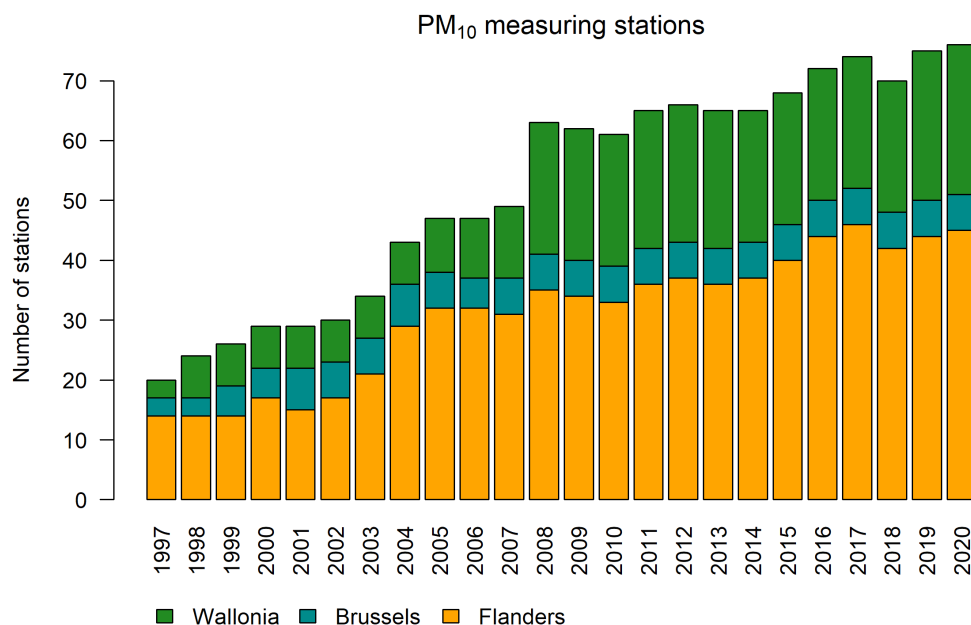
Fijn stof in de atmosfeer kan een natuurlijke oorzaak hebben, zoals zeezoutpartikels en opwaaiend bodemstof, of een menselijke oorzaak, zoals transport, industrie, landbouw en gebouwverwarming. Het fijn stof kan rechtstreeks door al deze bronnen uitgestoten worden, of kan in de atmosfeer zelf gevormd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

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

5.1 PM₁₀

5.1.1 PM₁₀-meetstations

In 2020 werden concentraties van PM₁₀ gemeten in 76 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 PM₁₀-meetstations in België.

5.1.2 PM₁₀-jaargemiddelde concentratie

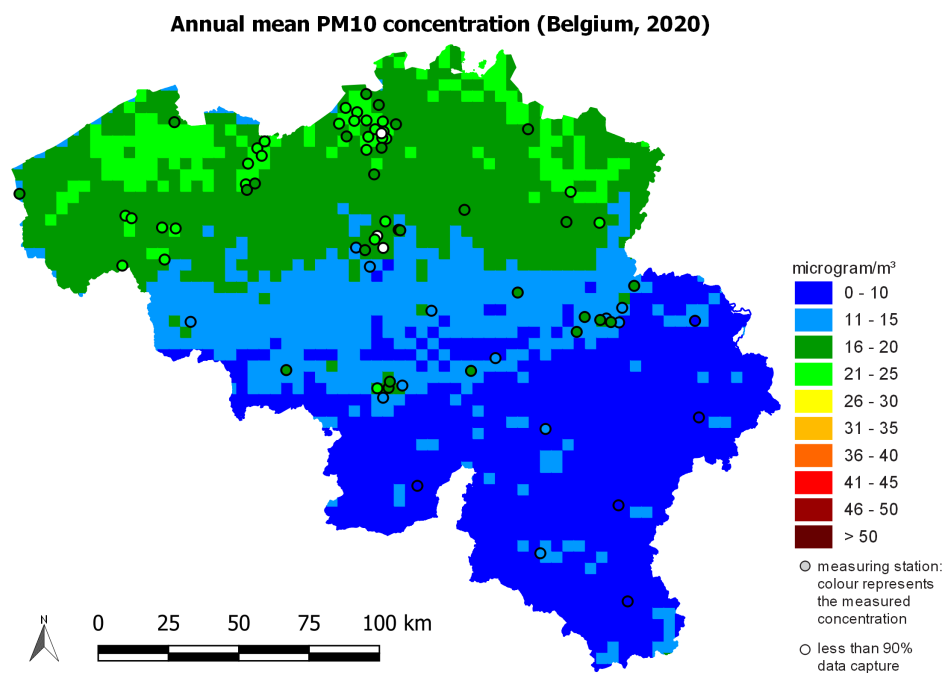
Figuur 7 geeft een kaart van België met de jaargemiddelde concentratie van PM₁₀ per roostercel. De hoogste concentraties, 21 à 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ situeren zich in het noorden van Vlaanderen. De concentraties zijn het laagst ten zuiden van Samber en Maas. De onzekerheid op deze kaart is te vinden in Bijlage D.

De 2008 waarden uit figuur 7 kunnen ook in een boxplot¹ weergegeven worden. In figuur 8 wordt dit gedaan voor 2020 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 2020 deze grens voor elk van de 4x4 km² vlakken niet overschreden werd. De advieswaarde van de WGO bedraagt 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, in 2020 werd deze waarde in 12 % van de RIO-roosterzellen overschreden.

In 2020 bedroeg de jaargemiddelde PM₁₀-concentratie over alle RIO-roosterzellen in België 13,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. In het Brussels gewest bedroeg die jaargemiddelde concentratie 15,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, in het Vlaamse 18,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en in het Waalse 10,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Het bevolkingsgewogen jaargemiddelde voor België is met 16,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ hoger dan het rekenkundig gemiddelde, op plaatsen waar veel mensen wonen zijn de jaargemiddelde concentraties hoger.

In 2020 werd niemand van de Belgische bevolking blootgesteld aan jaargemiddelde concentraties boven de Europese grenswaarde van 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (figuur 9). De dalende trend van de bevolkingsblootstelling die de laatste jaren geobserveerd werd, wordt voor 2020, na een kleine stijging in 2018, weer verdergezet. In 2020 werd 11,5 % van de bevolking blootgesteld aan PM₁₀-concentraties die hoger zijn dan de WGO-advieswaarde (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), terwijl dat in 2017 nog 40 %, in 2011 nog 81 % en in 2006 nog 99 % was.

¹Voor de interpretatie van boxplots, zie bijlage C

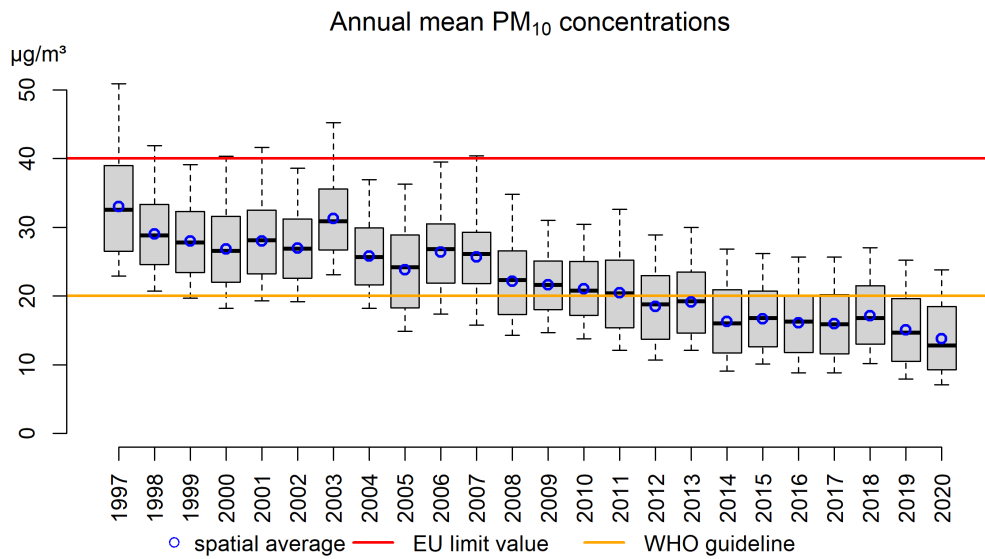


Figuur 7: Ruimtelijke spreiding van de jaargemiddelde PM₁₀-concentratie in België in 2020, berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek

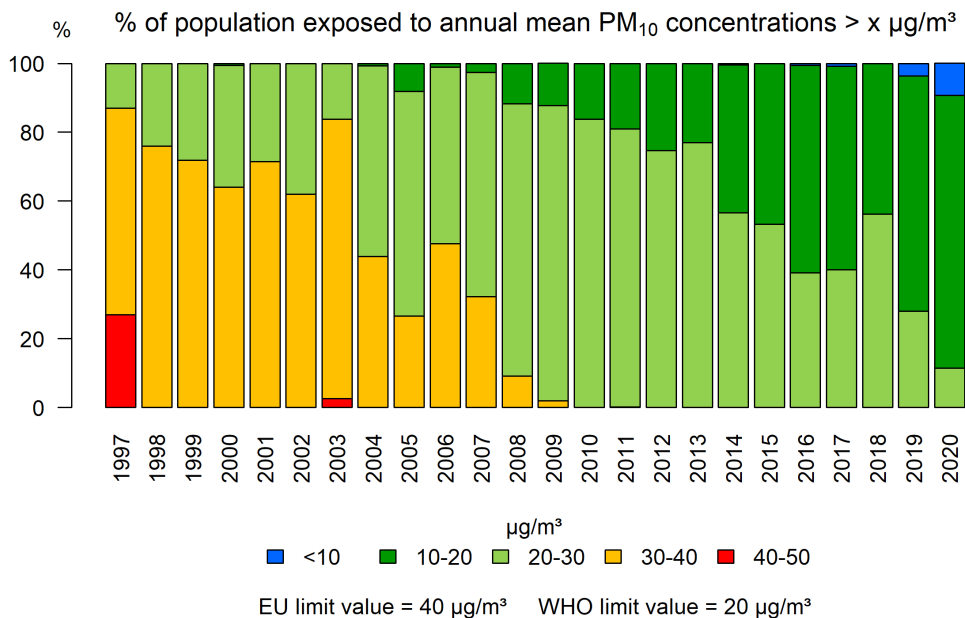
5.1.3 PM₁₀-daggemiddelde concentratie

De EU-grenswaarde voor de bescherming van de bevolking tegen de kortdurende blootstelling aan PM₁₀ is een daggemiddelde PM₁₀-concentratie van 50 µg/m³. Figuur 10 toont het aantal dagen, voor elk van de 4x4 km² vlakken, waarop de daggemiddelde concentratie deze grens overschreed. Volgens de EU-richtlijn zijn maximum 35 overschrijdingen toegestaan, het WGO-luchtqualiteitsadvies schrijft een maximum van 3 overschrijdingsdagen voor. De EU-drempel voor het aantal overschrijdingen werd nergens gepasseerd. Het maximum werd berekend op 14 overschrijdingen, dat is het laagste maximum sinds het begin van de metingen in 1997. Fluctuaties tussen verschillende jaren kunnen te wijten zijn aan o.a. 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.

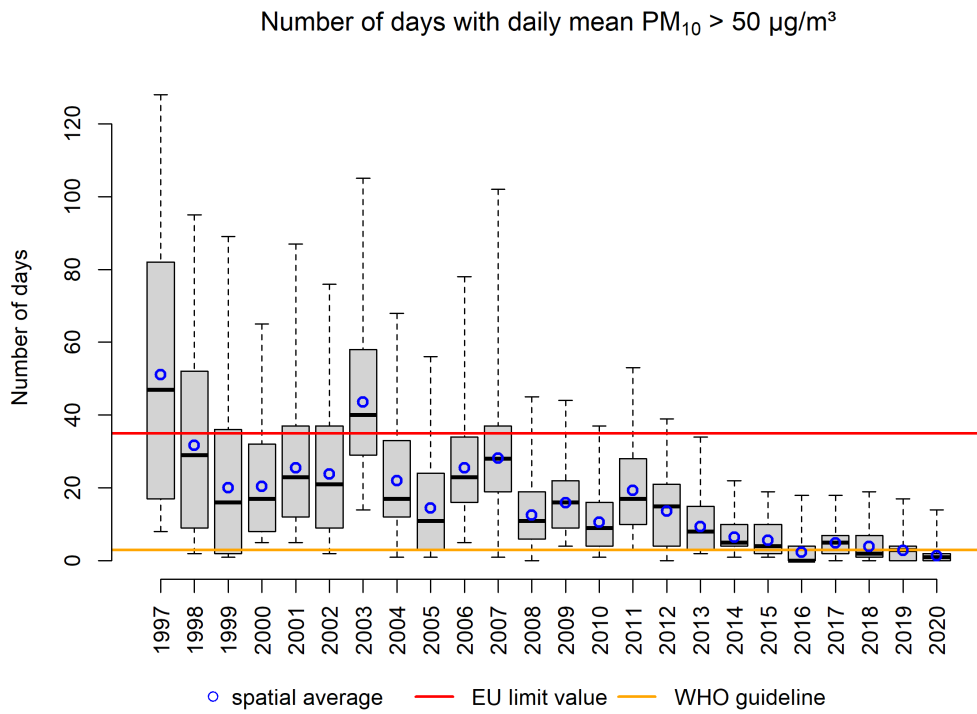
Figuur 11 geeft een kaart van België met het aantal overschrijdingen. Het aantal dagen met een gemiddelde concentratie boven 50 µg/m³ is het hoogst in de steden Gent en Antwerpen en in de provincie West-Vlaanderen. De WGO-drempel van 3 overschrijdingsdagen werd in 229 (of 11 %) van de roosterzellen overschreden. Gekoppeld aan de bevolkingsdichtheid in de roosterzellen kan ook de blootstelling berekend worden, zie figuur 12. In 2020 werd 19,9 % van de bevolking meer dan 3 dagen blootgesteld aan een daggemiddelde concentratie hoger dan 50 µg/m³, dat is boven het maximum aantal overschrijdingen dat de WGO adviseert. Dat aandeel neemt de laatste jaren sterk af, in 2017 bedroeg het nog 86,4 %.



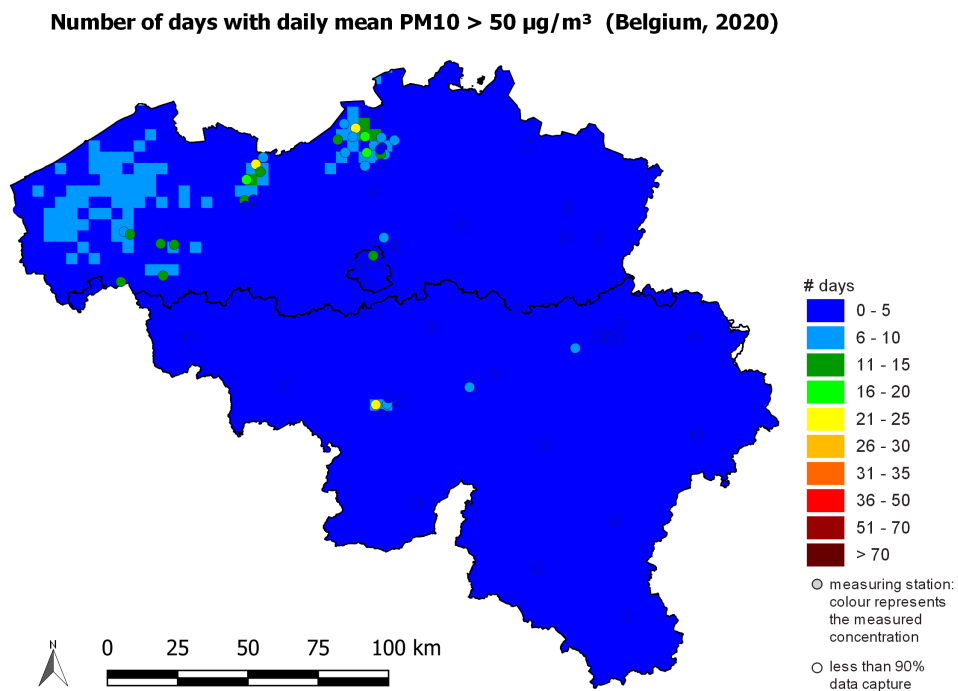
Figuur 8: Boxplot van de jaargemiddelde PM_{10} -concentraties ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) over de periode 1997–2020 in België, berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek. Het ruimtelijke gemiddelde wordt door de blauwe cirkels weergegeven.



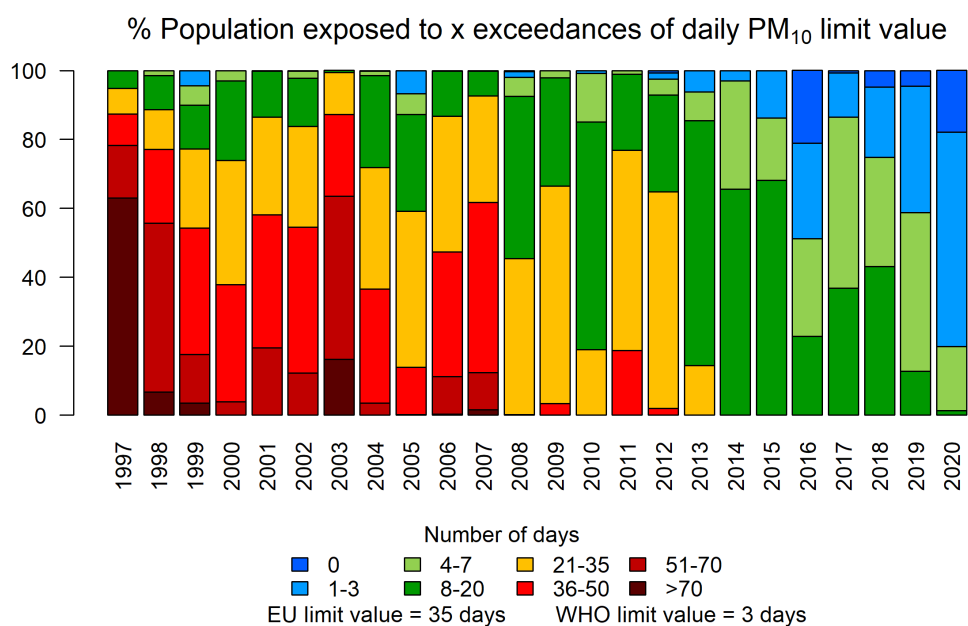
Figuur 9: Evolutie van de blootstelling van de bevolking aan jaargemiddelde PM_{10} -concentraties op basis van de RIO-interpolatietechniek.



Figuur 10: Boxplot van het aantal dagen per jaar waarop de daggemiddelde PM₁₀-concentratie hoger was dan 50 µg/m³ over de periode 1997–2020, berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek. Het ruimtelijk gemiddelde wordt weergegeven door de blauwe cirkels.



Figuur 11: Ruimtelijke spreiding van het aantal dagen met een daggemiddelde boven 50 µg/m³ in België in 2020, berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

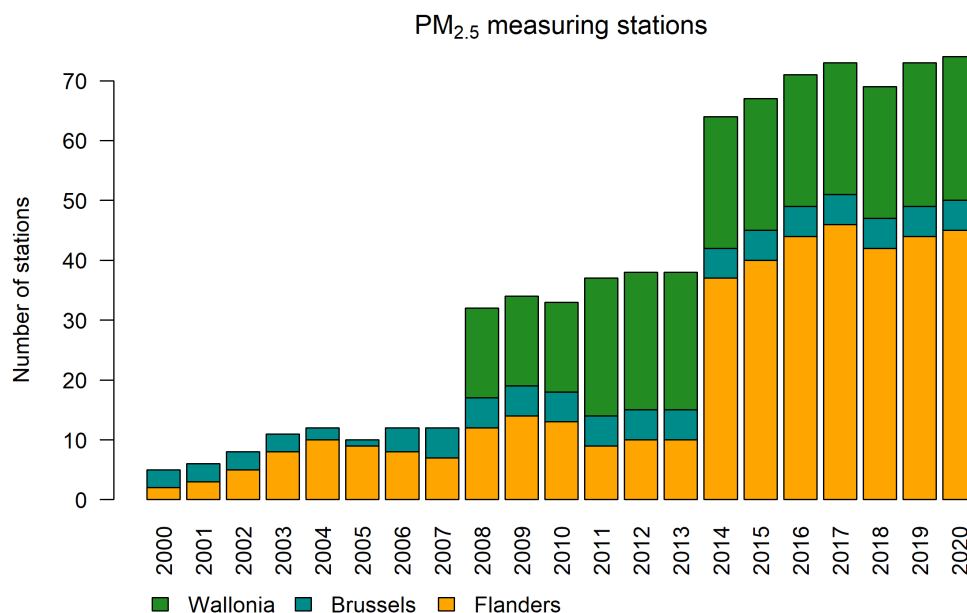


Figuur 12: Evolutie van de bevolkingsblootstelling aan dagen waarbij de daggemiddelde PM₁₀-concentratie hoger was dan 50 µg/m³. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

5.2 PM_{2.5}

5.2.1 PM_{2.5}-meetstations

In 2020 werden concentraties van PM_{2.5} gemeten in 74 stations, dat is het hoogste aantal sinds 2000. De toename aan meetstations, zoals te zien in figuur 13 zorgt voor een afname van de onzekerheid op de geïnterpoleerde waarden die besproken worden in dit hoofdstuk.



Figuur 13: Evolutie van het aantal PM_{2.5}-meetstations in België.

5.2.2 PM_{2.5}-jaargemiddelde concentratie

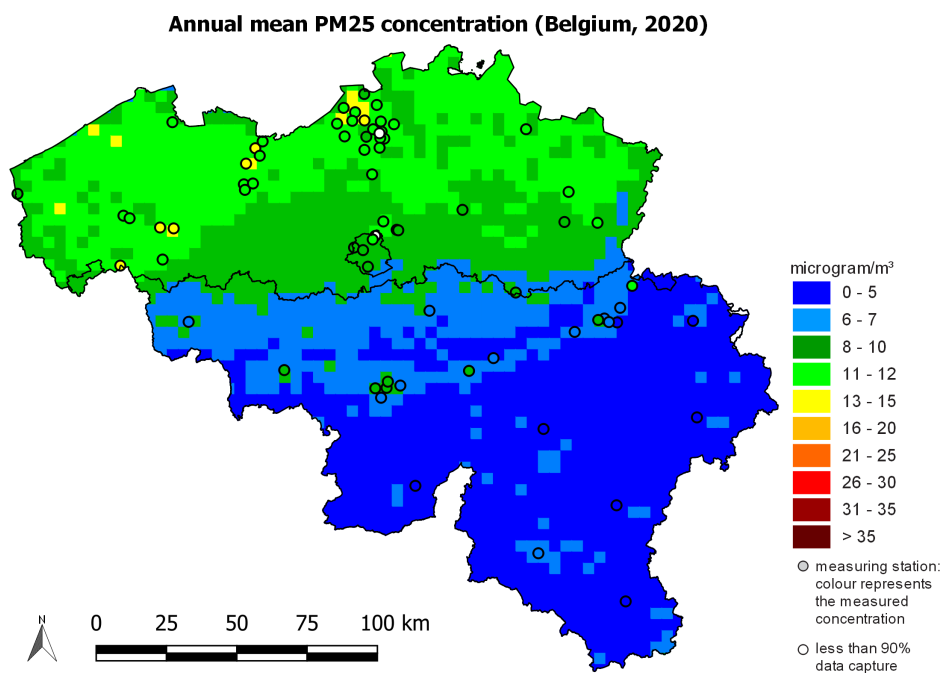
Figuur 14 geeft een kaart van België met de jaargemiddelde concentratie van PM_{2.5} per roostercel. De hoogste concentraties, hoger dan 10 µg/m³, situeren zich in het noorden van Vlaanderen.

De 2008 waarden uit figuur 14 kunnen ook in een boxplot² weergegeven worden. In figuur 15 wordt dit gedaan voor 2020 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/m³ als jaargemiddelde concentratie. Het is duidelijk dat ook in 2020 deze grens voor elk van de 4x4 km² vlakken niet overschreden werd. De advieswaarde van de WGO bedraagt 10 µg/m³, in 2020 werd deze waarde in 28 % van de RIO-roosterzellen overschreden.

In 2020 bedroeg de jaargemiddelde PM_{2.5}-concentratie over alle RIO-roosterzellen in België 7,4 µg/m³. In het Brussels gewest bedroeg die jaargemiddelde concentratie 8,9 µg/m³, in het Vlaamse 10,2 µg/m³, en in het Waalse 5,2 µg/m³. Het bevolkingsgewogen jaargemiddelde voor België is met 9,0 µg/m³ hoger dan het rekenkundig gemiddelde, op plaatsen waar veel mensen wonen zijn de jaargemiddelde concentraties hoger.

In 2020 werd de Belgische bevolking niet blootgesteld aan jaargemiddelde PM_{2.5}-concentraties hoger dan de Europese grenswaarde van 25 µg/m³. Echter, de bevolkingsblootstelling aan concentraties boven de WGO-advieswaarde van 10 µg/m³ bedroeg in 2020 33,8 % (figuur 16).

²Voor de interpretatie van boxplots, zie bijlage C



Figuur 14: Ruimtelijke spreiding van de jaargemiddelde PM_{2,5}-concentratie in België in 2020, berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

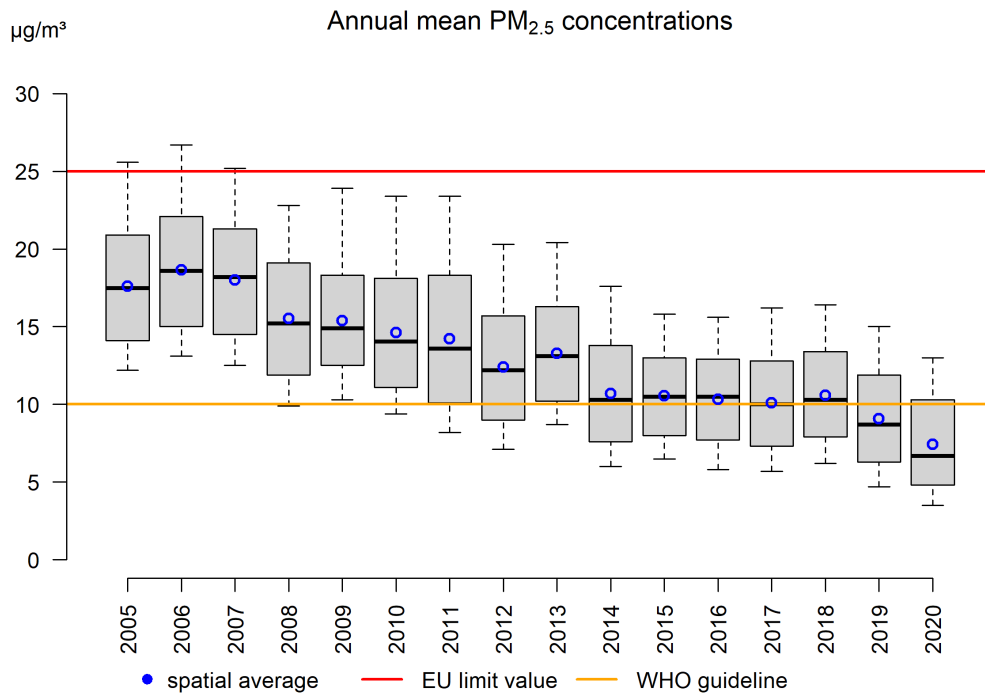
5.2.3 Gemiddelde blootstellingsindex

Om de blootstelling van de bevolking aan PM_{2,5} te verminderen, is in de Europese richtlijn 2008/50/EG de ‘gemiddelde blootstellingsindex’ (GBI) als aanvullende indicator opgenomen. Die GBI is een nationale streefwaarde en wordt berekend als het gemiddelde over drie jaar van de gemeten PM_{2,5}-concentraties in stedelijke achtergrondstations. Tegen 2020 moet de GBI dalen tot 15,2 µg/m³.

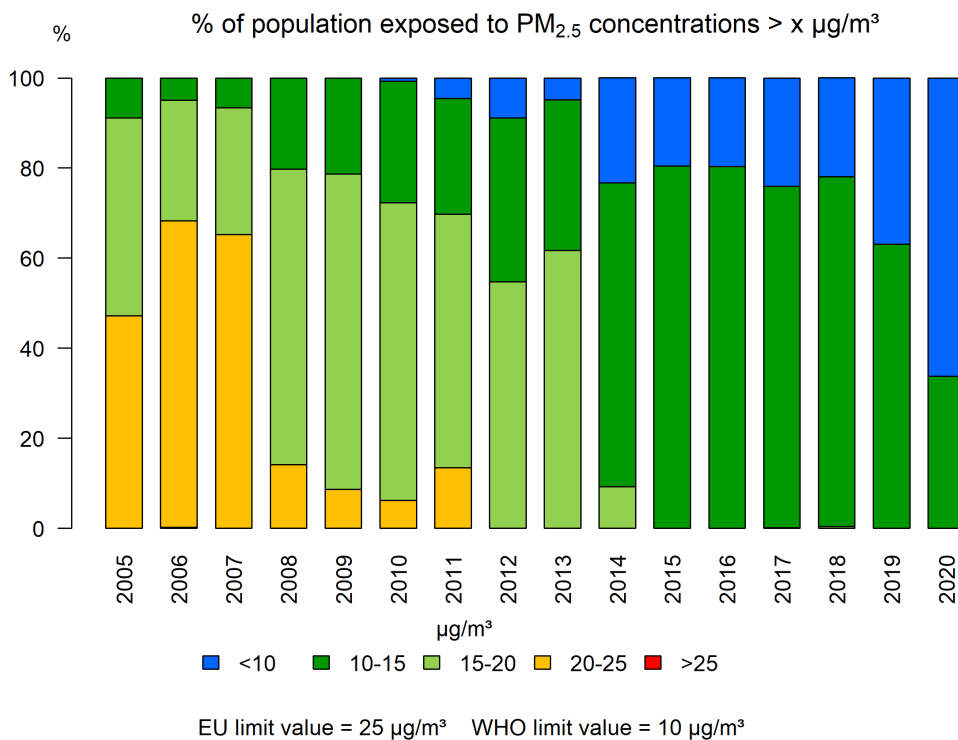
De berekende GBI voor de jaren 2018, 2019 en 2020 bedraagt 11,1 µg/m³ (zie tabel 5) en ligt dus (ruim) onder de doelstelling voor 2020.

Tabel 5: Overzicht van de PM_{2,5}-concentraties voor 2018, 2019 en 2020 per stedelijk achtergrondstation dat meegenomen werd in de berekening van de gemiddelde blootstellingsindex, GBI

| Stationsnaam | 2018 | 2019 | 2020 |
|----------------------|--------------|--------------|-------------|
| SINT JANS MOLENBEEK | 13,47 | 11,60 | 9,57 |
| UKKEL | 11,25 | 9,57 | 8,46 |
| LIEGE | 10,44 | 7,08 | 5,45 |
| CHARLEROI | 12,36 | 10,42 | 7,87 |
| BRUGGE | 13,29 | 12,39 | 10,39 |
| GENT | 15,54 | 13,38 | 11,37 |
| ANTWERPEN | 13,75 | 12,66 | 10,83 |
| SCHOTEN | 13,27 | 11,62 | 10,55 |
| Gemiddelde | 12,92 | 11,09 | 9,31 |
| Gemiddelde 2018-2020 | | 11,11 | |
| GBI | | 11,1 | |



Figuur 15: Boxplot van de jaargemiddelde PM_{2.5}-concentraties (µg/m³) over de periode 2005–2020 in België, berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek. Het ruimtelijke gemiddelde wordt door de blauwe cirkels weergegeven.

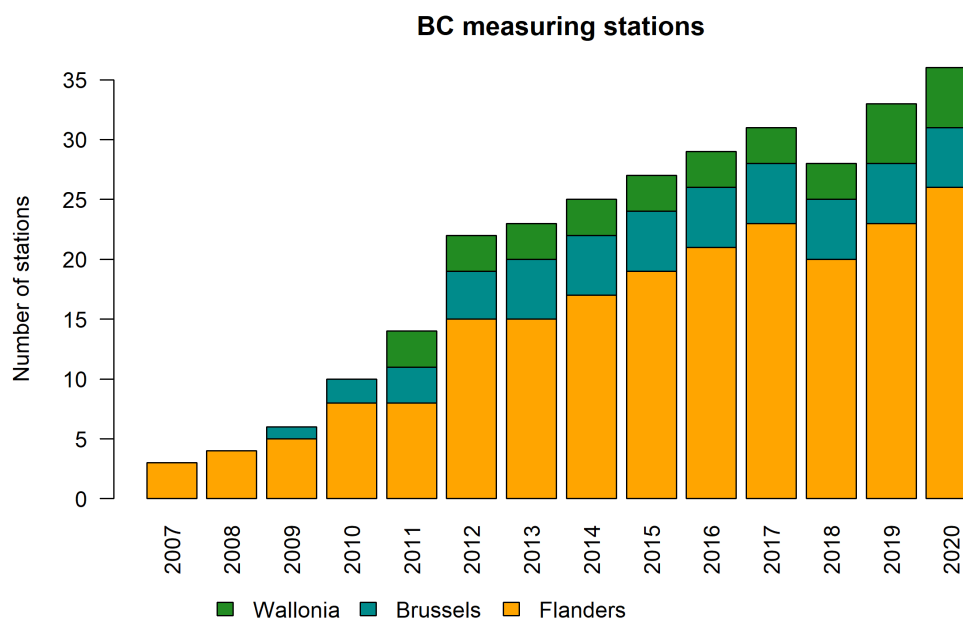


Figuur 16: Evolutie van de blootstelling van de bevolking aan jaargemiddelde PM_{2.5}-concentraties op basis van de RIO-interpolatietechniek.

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 17). Het aantal stations nam intussen toe tot 36 in 2020, waarvan 26 in Vlaanderen, 5 in Brussel en 5 in Wallonië.



Figuur 17: Evolutie van het aantal BC-meetstations in België.

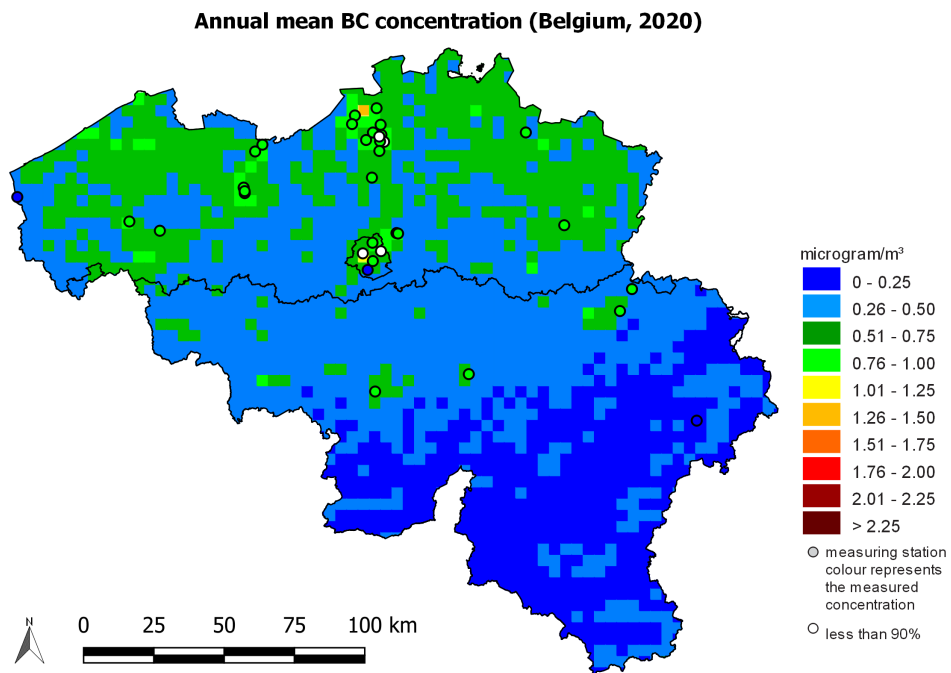
5.3.2 BC-jaargemiddelde concentratie

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 18 toont de ruimtelijke spreiding van de jaargemiddelde BC-concentraties voor 2020 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 18 is dus louter indicatief.

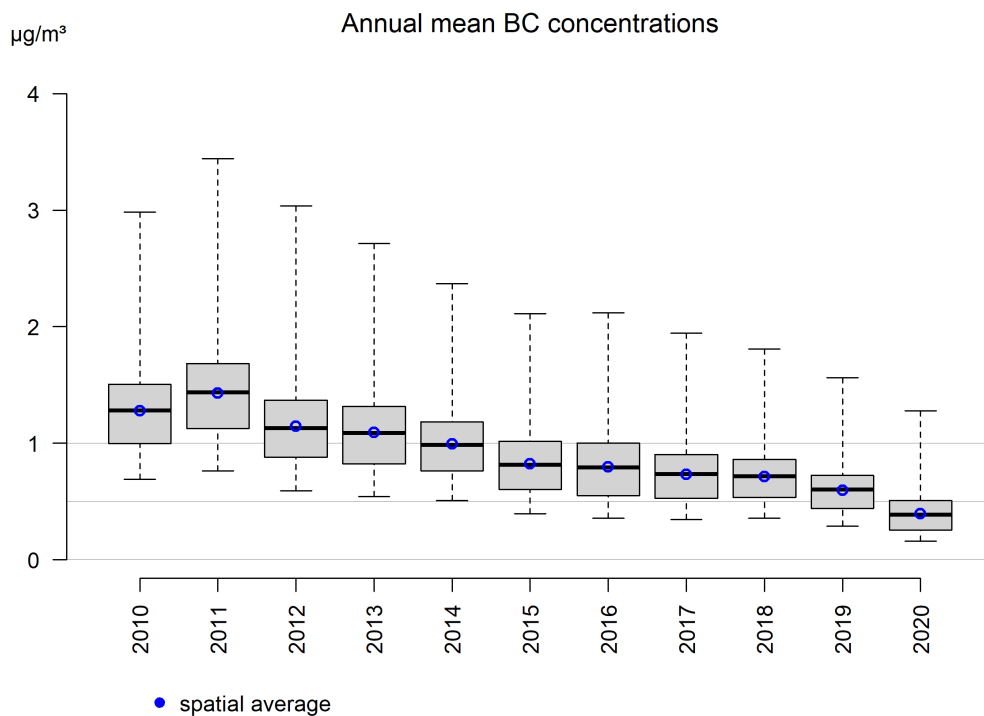
De 2008 waarden uit figuur 18 kunnen ook in een boxplot³ weergegeven worden. In figuur 19 wordt dit gedaan voor 2020 en alle voorgaande jaren sinds 2010. Op deze manier is de trend van de maximumwaarde, het gemiddelde en de mediaan, en het minimum observeerbaar.

In 2020 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 $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 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.

³Voor de interpretatie van boxplots, zie bijlage C



Figuur 18: Ruimtelijke spreiding van de jaargemiddelde BC-concentratie in België in 2020, berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek



Figuur 19: Boxplot van de jaargemiddelde BC-concentraties ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) over de periode 2010–2020 in België, berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek. Het ruimtelijke gemiddelde wordt door de blauwe cirkels weergegeven.

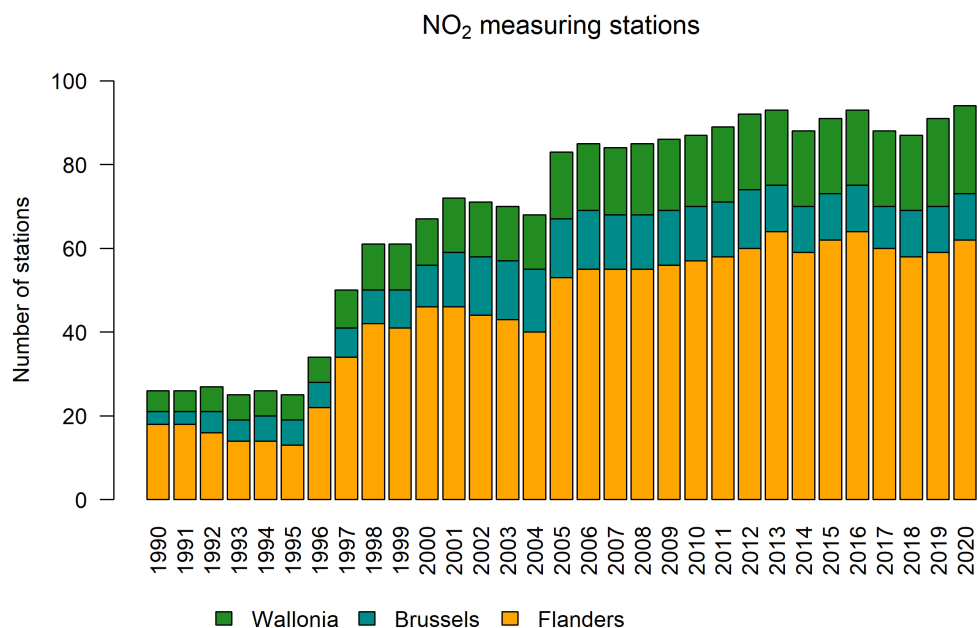
6 Stikstofoxides

‘Stikstofoxides’ (NO_x) is de verzamelnaam voor een mengsel dat voornamelijk bestaat uit stikstofmonoxide (NO) en stikstofdioxide (NO_2). Stikstofoxides worden grotendeels door menselijke activiteiten uitgestoten tijdens verbrandingsprocessen bij hoge temperaturen waarbij luchtstikstof geoxideerd wordt. De belangrijkste bronnen van NO_x zijn (weg)verkeer, energieproductie, industrie (inclusief raffinaderijen) en gebouwenverwarming. NO_x wordt voornamelijk uitgestoten in de vorm van NO en in mindere mate NO_2 . De levensduur van NO in de lucht is echter zeer kort (enkele minuten). Door fotochemische reacties met onder andere ozon en vluchtige organische stoffen (VOS) wordt NO omgezet in het in de atmosfeer langer levende NO_2 (enkele uren tot dagen). NO_x wordt niet alleen door antropogene emissies in de atmosfeer gebracht, maar ook door biochemische processen in de bodem, bij bliksems en bosbranden.

Stikstofoxides 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 NO_2 -concentraties kan door de toxiciteit van het gas onmiddellijk nadelige gezondheidseffecten veroorzaken. Het effect van langdurige blootstelling aan de huidige NO_2 -concentraties is moeilijk af te zonderen in epidemiologische studies. Er zijn echter wel duidelijk negatieve gezondheidseffecten verbonden aan verkeersemissies en NO_2 is sterk gecorreleerd met het mengsel van de verkeersgerelateerde luchtverontreiniging. Om die reden en omdat NO_2 ook indirect schadelijk is voor mens en milieu hebben de Europese Commissie en de Wereldgezondheidsorganisatie er grenswaarden voor opgesteld.

6.1 NO_2 -meetstations

In figuur 20 wordt de evolutie van het aantal meetstations voor NO_2 weergegeven. In 1990 waren er 26 meetstations, in 2020 94: 11 in het Brussels gewest, 21 in Wallonië en 62 in Vlaanderen. Dankzij de toename van het aantal meetpunten is de onzekerheid op de RIO-interpolatie afgenomen.



Figuur 20: Evolutie van het aantal NO_2 -meetstations in België.

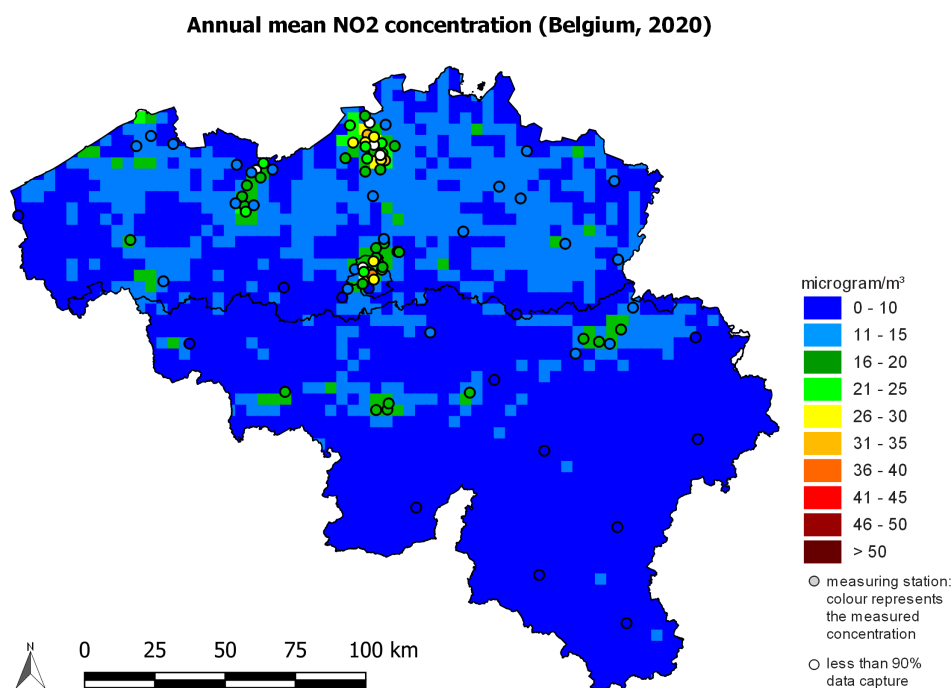
6.2 NO_2 -jaargemiddelde

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 21 blijkt duidelijk dat de hoogste jaargemiddelden gemeten worden in de stedelijke gebieden. Dat is niet verwonderlijk gezien het sterke

verkeersgerelateerde karakter van NO₂.

Door de beperkte ruimtelijke resolutie (4x4 km²) van het RIO-interpolatiemodel, zijn lokale overschrijdingen van de NO₂-grenswaarde niet altijd zichtbaar op de interpolatiekaarten. Het hoogste NO₂-jaargemiddelde van alle Belgische roostercellen bedraagt 28,3 µg/m³. Gemiddeld over Vlaanderen is het jaargemiddelde 10,8 µg/m³, gemiddeld over Brussel 16,8 µg/m³ en gemiddeld over Wallonië 6,5 µg/m³. Het ruimtelijk gemiddelde in België, rekening houdend met het aantal inwoners per roostercel (het bevolkingsgewogen gemiddelde), bedraagt 13,0 µg/m³. Dat ligt aanzienlijk hoger dan het niet-bevolkingsgewogen gemiddelde over België (8,4 µg/m³), wat weerspiegelt dat de roostercellen met de hoogste bevolkingsdichtheid (stedelijke gebieden), ook de roostercellen zijn met hogere NO₂-jaargemiddelde concentraties. Dat wordt ook duidelijk in figuur 23 waarin de relatie tussen de jaargemiddelde NO₂-concentratie en de bevolkingsdichtheid weergegeven wordt. Bij een vergelijking van het jaar 2020 met het gemiddelde van de periode 2015–2019 stellen we steeds een daling vast, ongeacht de bevolkingsdichtheid in de roostercel. In de roostercellen met een bevolkingsdichtheid van 1000 inwoners per km² of hoger is de jaargemiddelde concentratie voor 2020 gemiddeld 14,8 µg/m³. Voor het gemiddelde van de jaren 2015–2019 was de gemiddelde jaargemiddelde concentratie over alle roostercellen met een bevolkingsdichtheid vanaf 1000 inwoners per km² nog 21,4 µg/m³.

De onzekerheid op de berekende jaargemiddelde NO₂-concentraties is te vinden in Bijlage D.

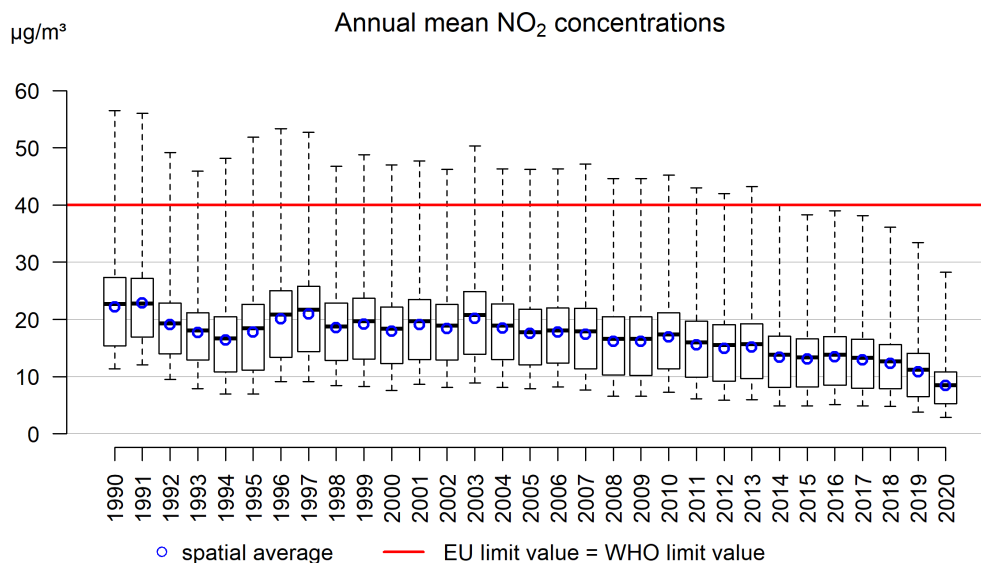


Figuur 21: Ruimtelijke spreiding van de jaargemiddelde NO₂-concentratie in België in 2020, berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek

De 2098 waarden uit figuur 21 kunnen ook in een boxplot⁴ weergegeven worden. In figuur 22 wordt dit gedaan voor 2020 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 en de WGO-advieswaarde bedragen beide 40 µg/m³ als jaargemiddelde concentratie. Het is duidelijk dat ook in 2020 deze grens voor elk van de 4x4 km² vlakken niet overschreden werd.

De COVID-19-pandemie en de maatregelen om besmettingen te voorkomen hadden in 2020 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 NO₂-concentraties, zeker in de buurt van gemotoriseerd verkeer [7]. De lage concentraties in figuur 21

⁴Voor de interpretatie van boxplots, zie bijlage C



Figuur 22: Boxplot van de jaargemiddelde NO₂-concentraties (µg/m³) over de periode 1990–2020 in België, berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek. Het ruimtelijke gemiddelde wordt door de blauwe cirkels weergegeven.

en de afname in figuur 22 zijn dus zeker ten dele toe te schrijven aan tijdelijke maatregelen.

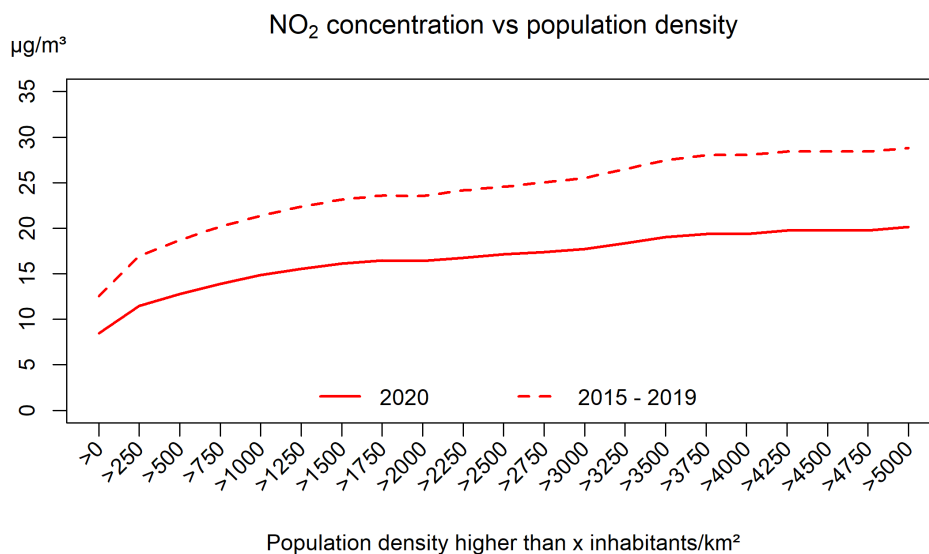
Sinds 2003 worden steeds minder mensen aan hoge jaargemiddelde NO₂-concentraties blootgesteld (figuur 24). Vanaf 1998 schommelde het percentage van de Belgische bevolking dat blootgesteld was aan jaargemiddelde concentraties boven de EU-grenswaarde rond 7 %. In 2013 was dat afgenomen tot 3 % en sindsdien 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 km². Zoals al eerder vermeld is dit een onderschatting. Vooral langs wegen met veel verkeer en in streetcanyons zullen de NO₂-concentraties hoger zijn dan de waarden berekend met de RIO-interpolatiemethode voor een roostercel van 4x4 km². Het is daarom dat, hoewel figuur 24 geen blootstelling aan verhoogde concentraties (> 40 µg/m³) vertoont, er lokaal toch personen kunnen blootgesteld zijn aan concentraties boven 40 µg/m³.

6.3 NO₂-uurwaarden

Voor de bescherming van de bevolking tegen NO₂-piekconcentraties op korte termijn legt de Europese wetgeving een uurgrenswaarde op van 200 µg/m³. Die uurgrens mag per jaar maximaal 18 keer (uur) overschreden worden. In België wordt die jaargrenswaarde op het niveau van de RIO-roosterzellen ruimschoots gerespecteerd. Het is niet geheel uitgesloten dat zeer lokaal, in verkeersdrukke straten, de 200 µg/m³ enkele uren per jaar overschreden wordt, maar het is erg onwaarschijnlijk dat dit meer 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^e hoogste uurwaarde in België in 2020 wordt voorgesteld in figuur 25 (dat komt overeen met het 99,8^{ste} percentiel van alle uurgemiddelde concentraties in een jaar). Het maximum van de 19^e hoogste uurwaarde in België, representatief op 4x4 km², bedraagt 79,1 µg/m³, wat ruim onder de Europese limiet van 200 µg/m³ ligt en werd geobserveerd in Vlaanderen. De WGO-advieswaarde bedraagt eveneens 200 µg/m³, maar mag geen enkele keer worden overschreden. Ook daaraan wordt dus overal in België, op het niveau van de RIO-roosterzellen, voldaan.

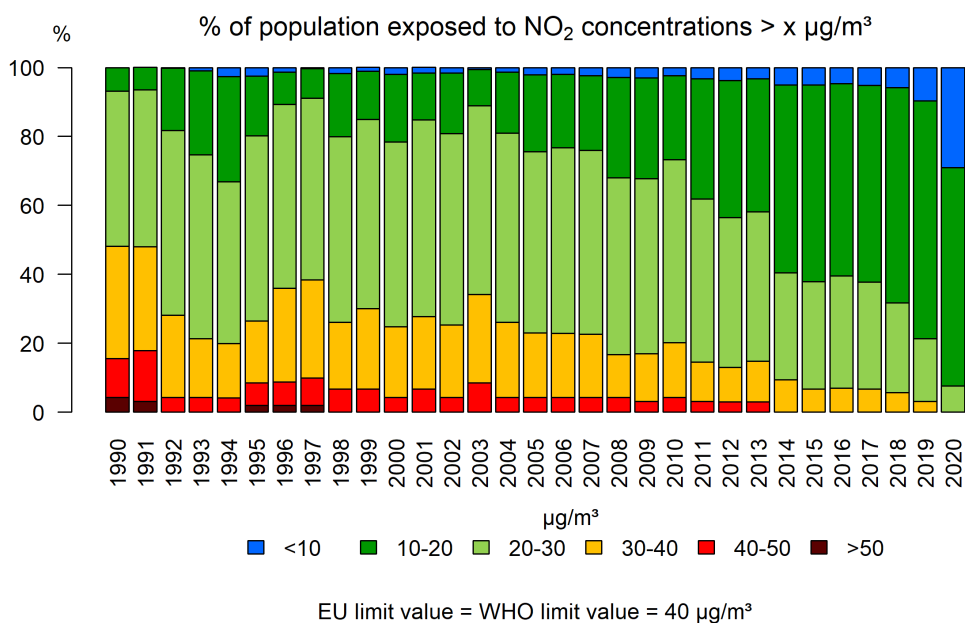
De 2008 waarden uit figuur 25 kunnen ook in een boxplot⁵ weergegeven worden. In figuur 26 wordt dit

⁵Voor de interpretatie van boxplots, zie bijlage C

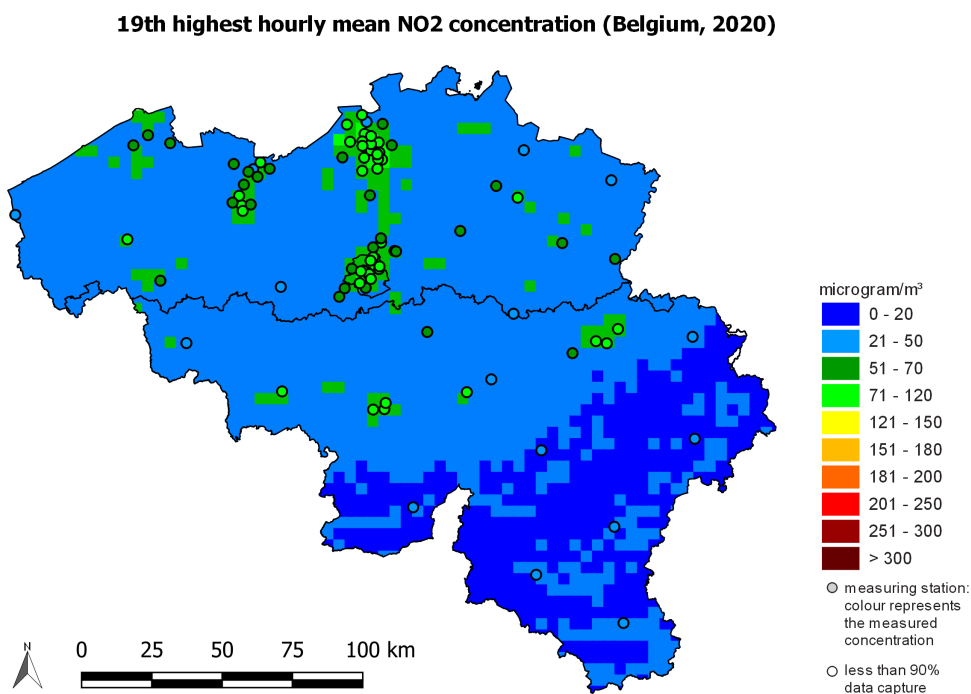


Figuur 23: Relatie tussen de geïnterpoleerde jaargemiddelde NO₂-concentraties en de bevolkingsdichtheid (inwoners/km²) boven een bepaalde waarde. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

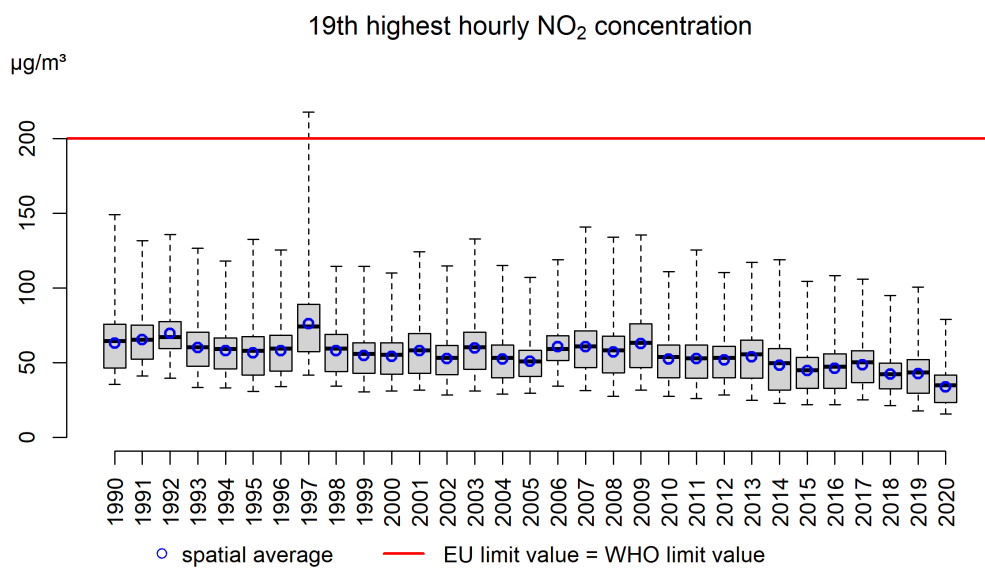
gedaan voor 2020 en alle voorgaande jaren sinds 1990. Op deze manier is de trend van de maximumwaarde, het gemiddelde en de mediaan, en het minimum observeerbaar. Van 1990 tot 2009 bleef deze indicator voor piekconcentraties stabiel, het laatste decenium is een dalende trend waarneembaar.



Figuur 24: Percentage van de Belgische bevolking blootgesteld aan jaargemiddelde NO₂-concentraties. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.



Figuur 25: Ruimtelijke spreiding van de 19^{de} hoogste uurgemiddelde NO₂-concentratie in België, 2020. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.



Figuur 26: Boxplot van de 19^{de} hoogste uurgemiddelde NO₂-concentratie over de periode 1990–2020. Het ruimtelijke gemiddelde wordt door de blauwe cirkels weergegeven. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

7 Ozon

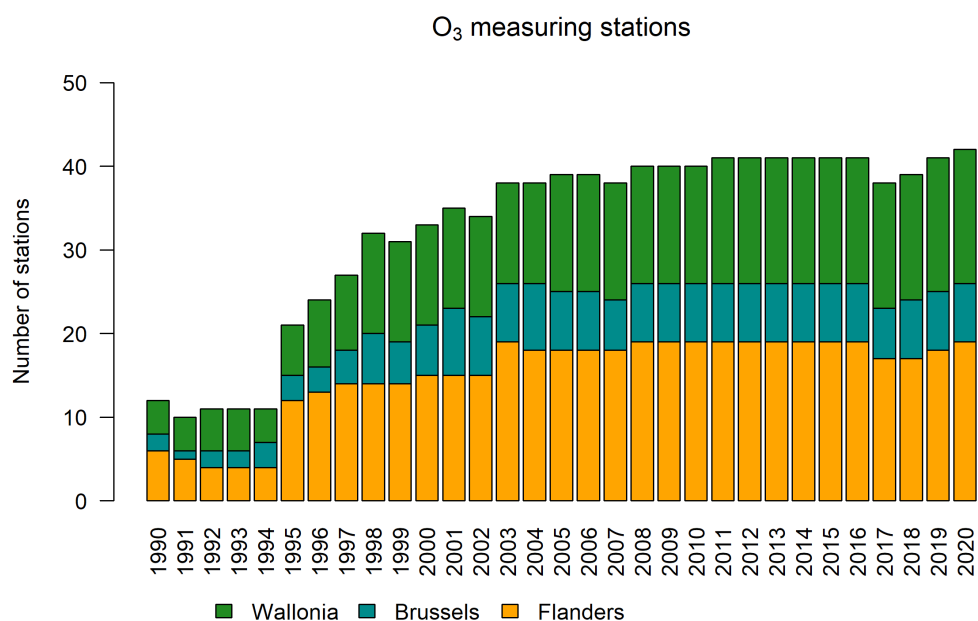
Ozon (O_3) is een zeer reactief gas dat gevormd wordt tijdens verschillende fotochemische reacties in de troposfeer, de onderste laag van de atmosfeer. Ozon wordt dus niet rechtstreeks uitgestoten en is daarom een secundaire pollutant. Door inwerking van uv-licht op de aanwezige luchtverontreiniging 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 $NO + NO_2$) 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_2 -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 2020 werden ozonconcentraties gemeten in 42 stations, dat is het hoogste aantal sinds de start van de metingen. De toename aan meetstations, zoals te zien in figuur 27 zorgt voor een afname van de onzekerheid op de geïnterpoleerde waarden die besproken worden in dit hoofdstuk.



Figuur 27: Evolutie van het aantal ozonmeetstations in België.

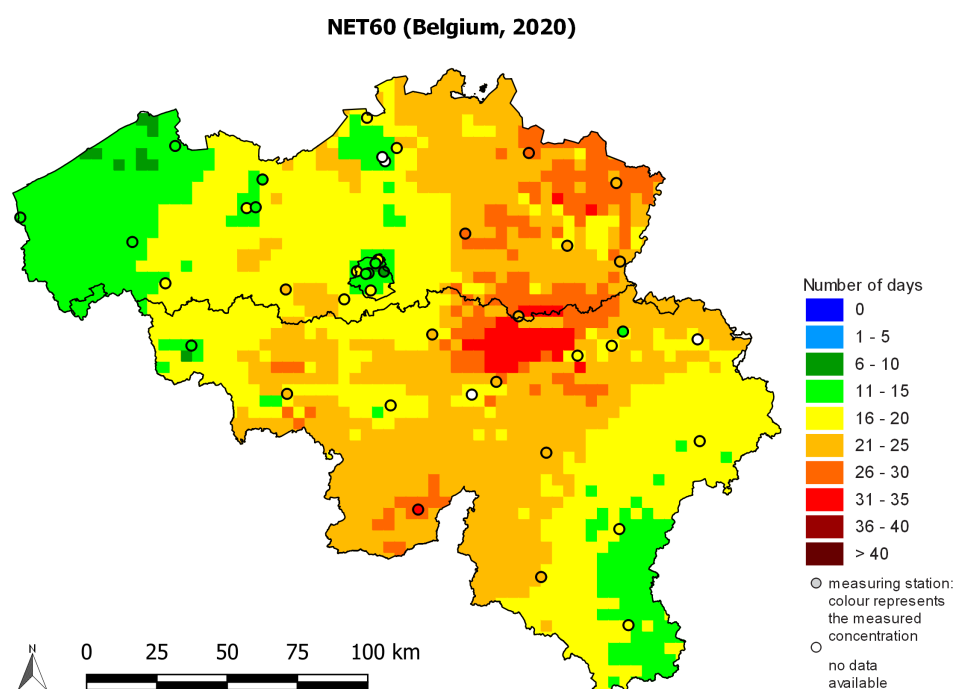
7.2 Ozon en impact op de gezondheid

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 genoemd⁶.

Figuren 28 en 29 tonen de ruimtelijke spreiding van het aantal overschrijdingsdagen respectievelijk in 2020 en gemiddeld over 2018, 2019 en 2020. Er is 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 2020 is de hoogste NET60-waarde die werd waargenomen in België 33 dagen. Het maximum, gemiddeld over de jaren 2018 tot 2020 bedraagt eveneens 33 dagen. Een 3-jaargemiddelde onder 25 dagen, waaraan volgens de Europese streefwaarde moet worden getoetst, wordt op verschillende plaatsen overschreden. De langetermijndoelstelling, namelijk geen enkele overschrijdingsdag meer, werd nergens in België bereikt. De minste overschrijdingsdagen komen voor in de stedelijke omgevingen en aan de kust. Het ruimtelijk gemiddelde van de NET60 (gemiddeld over 2018–2020) in België bedraagt 22,5 dagen.

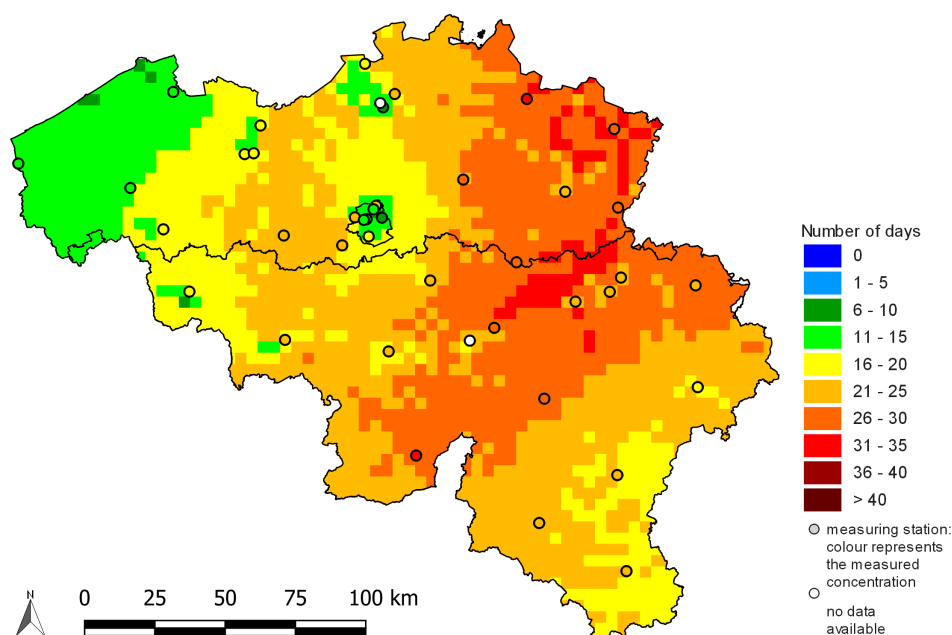


Figuur 28: Ruimtelijke spreiding van het aantal dagen met hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentratie $> 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in 2020. *No data available* betekent dat de data niet voldoen aan de criteria uit richtlijn 2008/50/EG annex VII. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

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 30). 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 behoorde tot de top 5 van ongunstige ozonjaren sinds 1990, waardoor het 3-jaargemiddelde de Europese streefwaarde van 25 dagen nog steeds overschrijdt.

⁶NET60: Number of Exceedances above a Threshold of 60 ppb ($=120 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

NET60 (Belgium, 2018-2020)



Figuur 29: Ruimtelijke spreiding van het aantal dagen met hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentratie $>120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, gemiddeld over 2018, 2019 en 2020. *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.

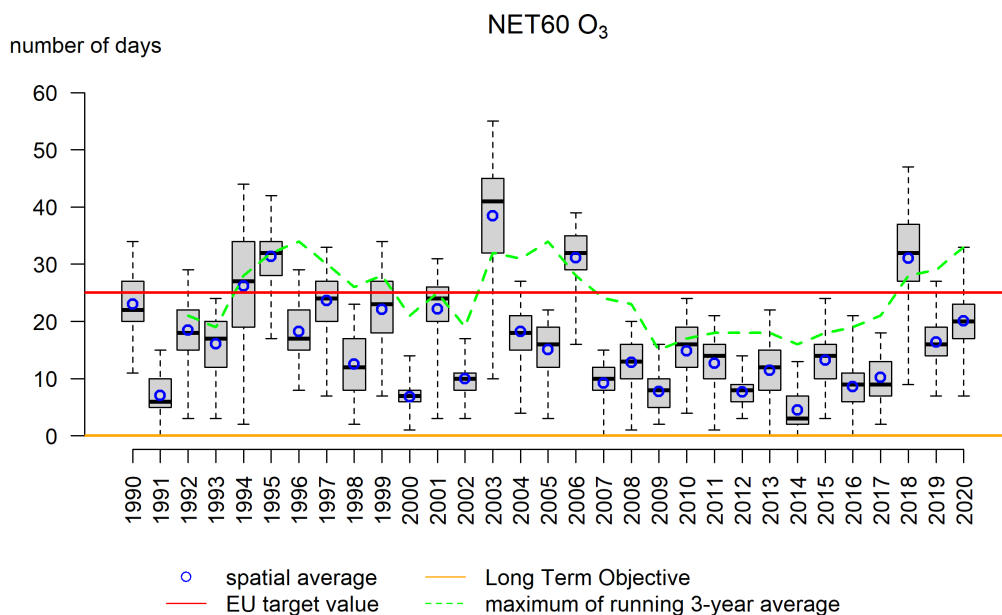
Uit de evolutie van het percentage van de bevolking dat blootgesteld wordt aan dagelijkse hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentraties boven $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ is het duidelijk dat de laatste drie jaar ongunstig waren. Ten opzichte van 2007–2017 werden in 2020 grotere delen van de bevolking vaker aan hoge ozonconcentraties blootgesteld (zie figuur 31). In 2020 werd de grens van 25 dagen blootstelling aan hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentraties groter dan $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor 4,6 % van de bevolking overschreden. De jaren 1990, 1995, 2003 en 2006 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. Aangezien de WGO-advieswaarde strenger is dan de Europese langetermijndoelstelling en die laatste nergens in België gerespecteerd werd in 2020, werd ook de WGO-advieswaarde overal overschreden in België.

7.2.2 AOT60

Een andere indicator om de gevolgen van ozon voor de bevolking te schatten is de AOT60⁷. 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 $5800 (\mu\text{g}/\text{m}^3)\cdot\text{uren}$ vooropgesteld als middellangetermijndoelstelling (MLTD) voor 2010, wat ongeveer overeenkomt met een NET60 gelijk aan 25 dagen. De langetermijndoelstelling is $0 (\mu\text{g}/\text{m}^3)\cdot\text{uren}$. De overlastindicator AOT60 werd niet behouden in de huidige Europese luchtkwaliteitsrichtlijn, maar is een betere indicator om de overlast voor de bevolking te kwantificeren omdat ook rekening gehouden wordt met de intensiteit van de overschrijding.

Figuur 32 toont de ruimtelijke spreiding over België van de AOT60 in 2020. Het is duidelijk dat de

⁷AOT60: Accumulated Ozone Exposure above a Threshold of 60 ppb ($=120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) by the maximum daily 8-hour mean.



Figuur 30: Boxplots van aantal dagen met hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentraties $> 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in België in de periode 1990–2020. 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.

ozonoverlast in 2020 zich vooral in de provincies Oost-Vlaanderen, Antwerpen en Limburg voordeed. De hoogste waarde, $5208 (\mu\text{g}/\text{m}^3)\cdot\text{u}$, werd in Limburg bereikt. De langetermijndoelstelling van $0 (\mu\text{g}/\text{m}^3)\cdot\text{u}$ werd in 2020 nergens in België gehaald.

7.3 Ozon en vegetatie

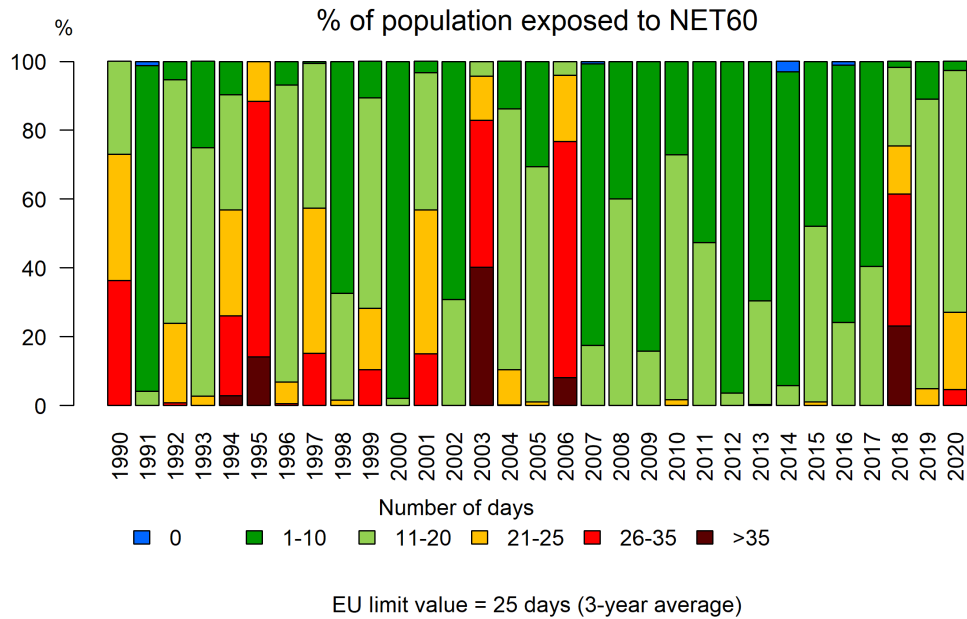
Voor vegetatie is de blootstelling aan ozon op langere termijn belangrijker dan acute blootstelling. Het kwantificeren van de mogelijke schade aan planten door ozonverontreiniging is moeilijk. Ozon brengt immers voornamelijk schade toe wanneer het wordt opgenomen door de plant. De ozonconcentraties in 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 2020 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 vegetatiegewogen⁸ gemiddelde over België bedroeg $10\,284 (\mu\text{g}/\text{m}^3)\cdot\text{u}$. De maximumwaarde $14\,681 (\mu\text{g}/\text{m}^3)\cdot\text{u}$ werd berekend voor het oosten van het land. De vegetatie in West-Vlaanderen ondervond het minst overlast. 99 % van de oppervlakte met vegetatie (excl. bossen) in België werd in 2020 blootgesteld aan waarden boven de langetermijndoelstelling van $6000 (\mu\text{g}/\text{m}^3)\cdot\text{u}$.

Figuur 33 en figuur 34 tonen de ruimtelijke spreiding van de overlast voor de vegetatie, respectievelijk

⁸De AOT40-vegetatie waarde per rooster cel wordt gewogen met de fractie van de vegetatie aanwezig in die rooster cel. Op die manier wordt meer gewicht gegeven in het gemiddelde aan rooster cellen met meer vegetatie.



Figuur 31: Evolutie van blootstelling van de bevolking op aantal dagen met hoogste 8-uurgemiddelde > 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ op basis van de RIO-interpolatietechniek.

in 2020 en het 5-jaargemiddelde in de periode 2016–2020. 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.

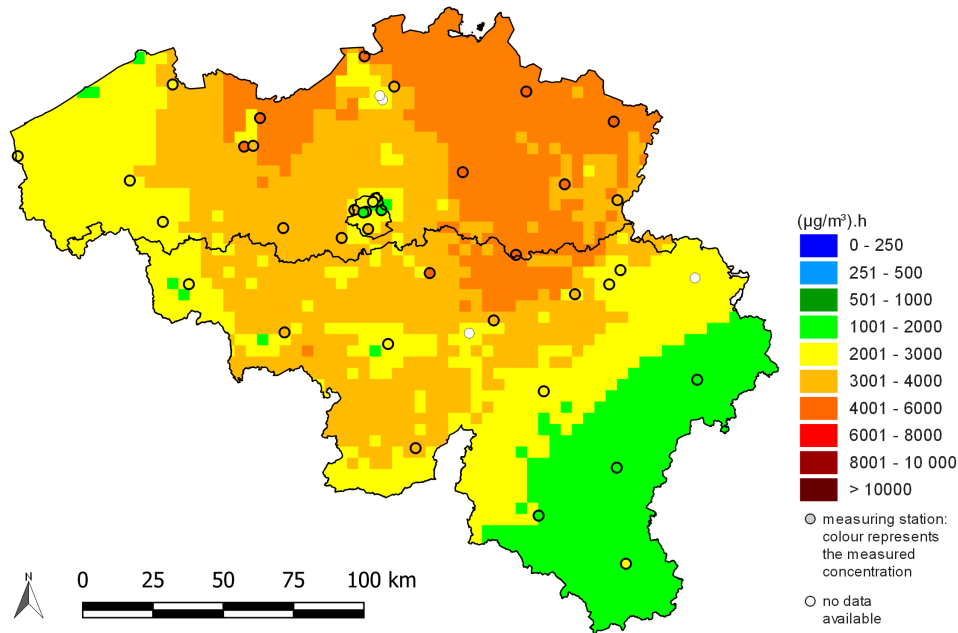
Figuur 35 toont de evolutie van de ozonoverlast voor de vegetatie in België sinds 1990. De jaren 1994, 2003, 2006 en 2018 springen meteen in het oog als ongunstige ozonjaren voor de vegetatie. Gedurende deze jaren wordt de Europese streefwaarde van 18 000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).u overschreden. Ook 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 ozonrichtlijn 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 36). Een merendeel van de Belgische bossen (97 %) ondervond een overlast hoger dan de referentiewaarde van 20 000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).u. In 100 % van de bosbestanden lag de ozonoverlast boven het kritische UNECE-niveau van 10 000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).u.

AOT60 (Belgium, 2020)



Figuur 32: Ruimtelijke spreiding van de ozonoverlast (AOT60) in 2020. *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.

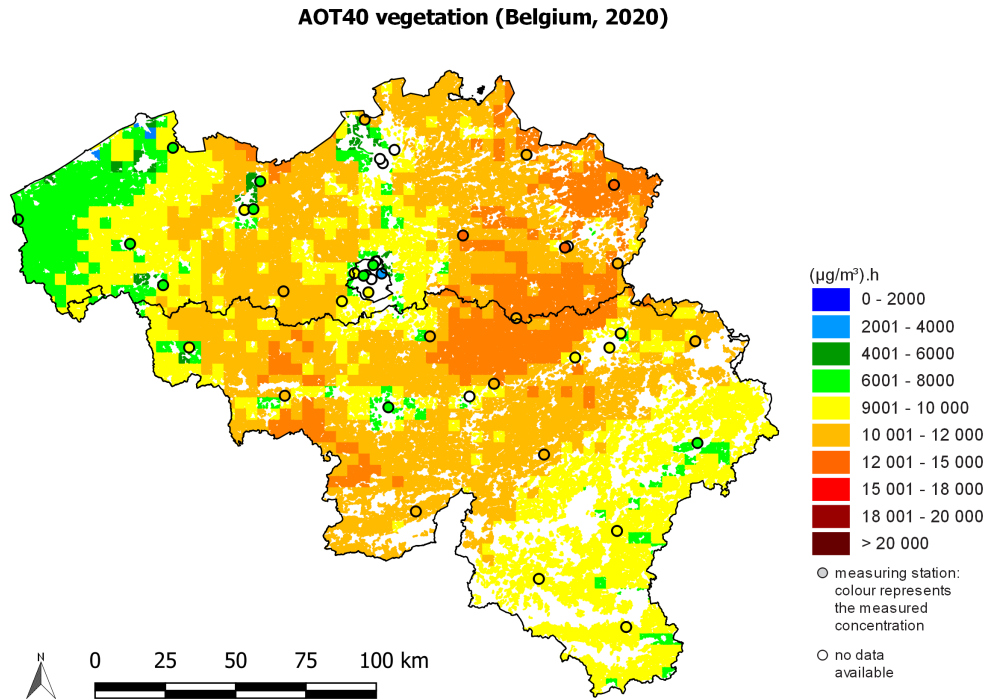
7.4 O₃-jaargemiddelde

De jaargemiddelde ozonconcentratie is een maat voor de achtergrondconcentratie in België. Figuur 37 toont de ruimtelijke spreiding van de jaargemiddelde ozonconcentraties in 2020. De onzekerheid op deze kaart is te vinden in Bijlage D. Het is duidelijk dat de ozonwaarden over het algemeen hoger liggen in Wallonië dan in Vlaanderen en het stedelijke Brussel. Dat komt omdat er in de laatste twee regio's meer ozon wordt afgebroken door NO als gevolg van de hogere NO_x-uitstoot. Verder windafwaarts van de NO_x-emissies wordt minder ozon afgebroken. De relatie tussen de jaargemiddelde ozonconcentraties en de bevolkingsdichtheid is dus omgekeerd aan die voor PM of NO₂. In de roostercellen met de hoogste bevolkingsdichtheid zijn de jaargemiddelde ozonconcentraties het laagst. Figuur 38 toont die relatie tussen concentratie en bevolkingsdichtheid voor 2020 en het gemiddelde van de periode 2015–2019. Voor beide relaties is de trend gelijkaardig, alleen ligt de ozonconcentratie duidelijk hoger voor 2020.

De jaargemiddelde concentraties voor Brussel, Vlaanderen en Wallonië in 2020 bedragen respectievelijk 47,8 µg/m³, 53,5 µg/m³ en 56,7 µg/m³. Het gemiddelde in België is 55,2 µg/m³ terwijl de bevolkingsgewogen jaargemiddelde ozonconcentratie 51,2 µg/m³ bedraagt. Ook hieruit blijkt de omgekeerde evenredigheid tussen bevolkingsdichtheid en ozonconcentratie.

De 2098 waarden uit figuur 37 kunnen ook in een boxplot⁹ weergegeven worden. In figuur 39 wordt dit gedaan voor 2020 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 36 µg/m³, 42 µg/m³ en 49 µg/m³ respectievelijk in Brussel, Vlaanderen en Wallonië. Sinds 2013 is opnieuw een stijging waarneembaar.

⁹Voor de interpretatie van boxplots, zie bijlage C



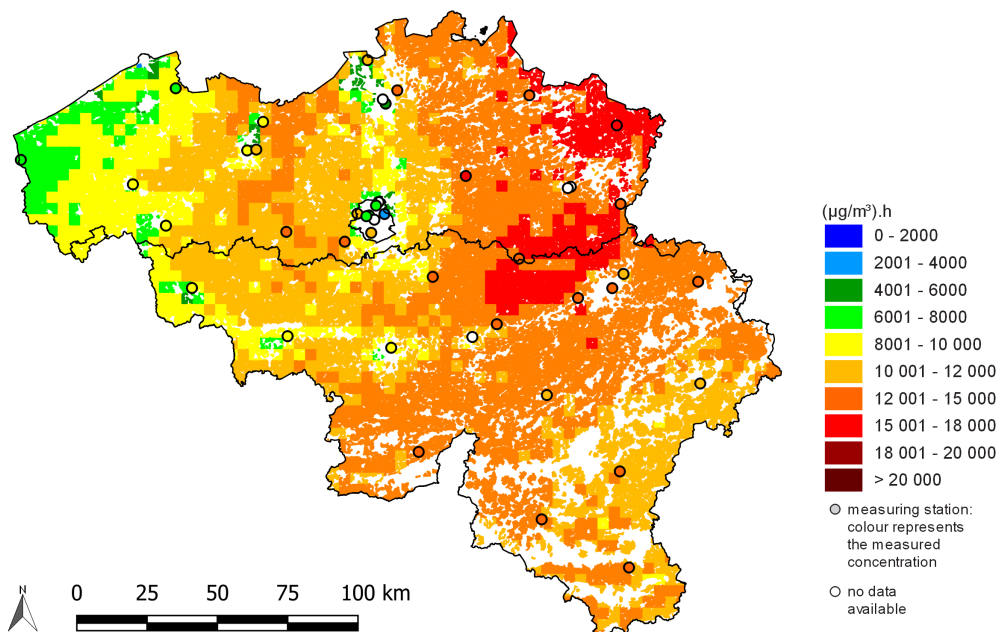
Figuur 33: Ruimtelijke spreiding van de overlast voor de vegetatie (AOT40 voor vegetatie) in 2020. *No data available* betekent dat de data niet voldoen aan de criteria uit richtlijn 2008/50/EG annex VII. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

7.5 Evolutie in O₃-concentratieklassen

Om de langetermijntrend van de ozonconcentraties na te gaan, is het belangrijk een onderscheid te maken in de verschillende concentratieklassen of percentielwaarden. Concentratieklassen rond 45–50 µg/m³, die ongeveer overeenkomen met het 50^{ste} percentiel, zijn in België representatief voor de ozonachtergrondconcentratie. Piekconcentraties van rond en boven 180 µg/m³ worden getoond door het 99,9^{ste} percentiel. De evolutie van beide percentielen kan heel verschillend zijn.

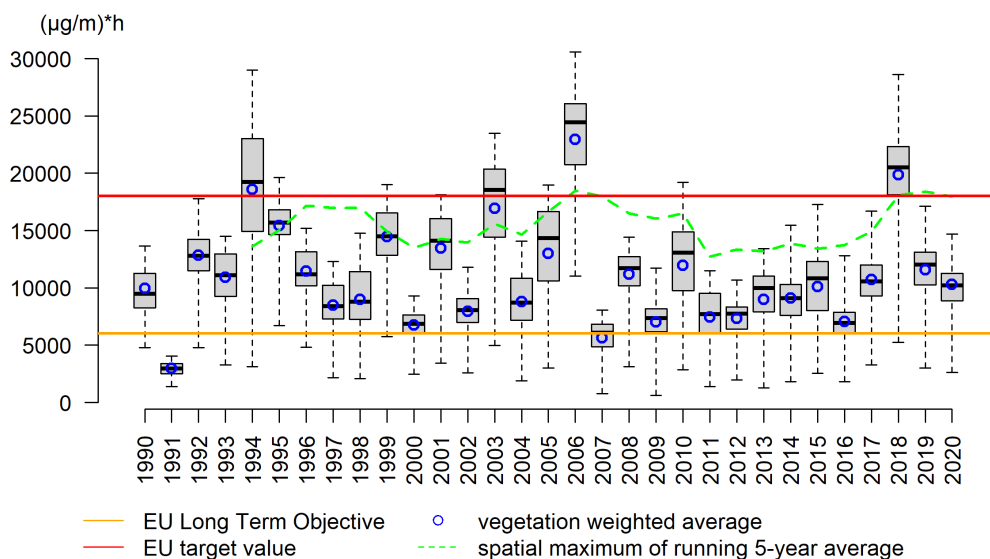
Om de langetermijntrend na te gaan, werd voor elke RIO-roostercel het 1^{ste}, 10^{de}, 50^{ste}, 90^{ste}, 95^{ste}, 99^{ste} en 99,9^{ste} percentiel berekend van alle uurgemiddelde ozonconcentraties voor de periodes 1990–1999 en 2011–2020. Vervolgens werd het verschil in de percentielen tussen die twee periodes berekend. Figuur 40 toont die verandering in functie van de percentielen in de periode 2011–2020. Daaruit blijkt duidelijk dat de ozonachtergrondconcentraties, weergegeven door het 10^{de} tot 90^{ste} percentiel, licht gestegen zijn in de periode 2011–2020 ten opzichte van de periode 1990–1999, tot meer dan 10 µg/m³. De hogere ozonconcentraties echter, weergegeven door het 99^{ste} en 99,9^{ste} percentiel, zijn op heel wat plaatsen gedaald, tot zelfs -40 µg/m³. De trend, een stijging van de lagere percentielen en een daling van de hogere, is vergelijkbaar met de geobserveerde trends in het netwerk van het Europese Monitorings- en Evaluatieprogramma [12].

AOT40 vegetation (Belgium, 2016-2020)



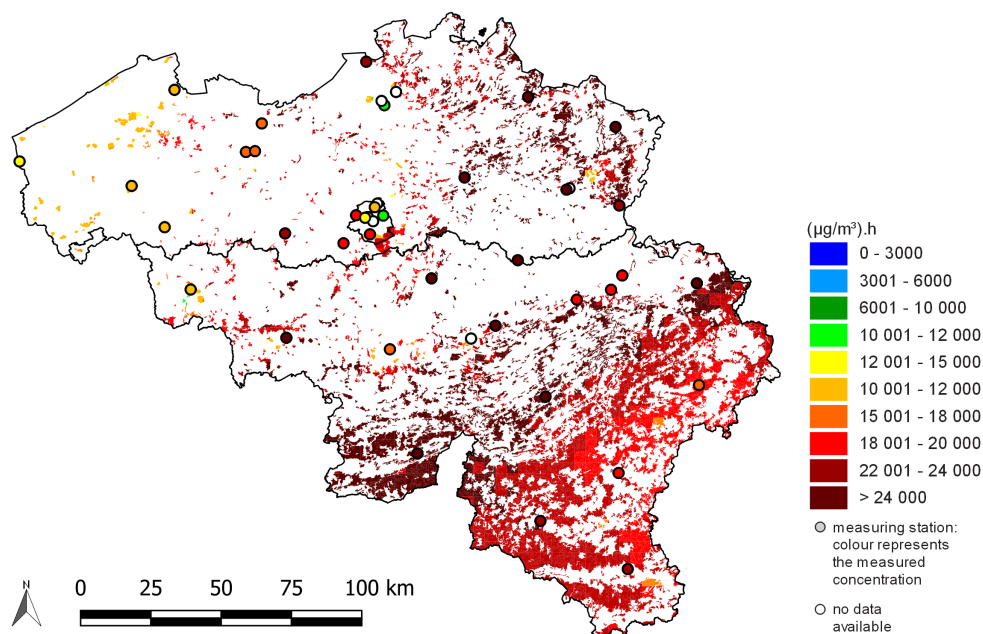
Figuur 34: Ruimtelijke spreiding van de overlast voor de vegetatie (AOT40 voor vegetatie), 5-jaargemiddelde 2016–2020. *No data available* betekent dat de data niet voldoen aan de criteria uit richtlijn 2008/50/EG annex VII. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

AOT40 O₃ vegetation



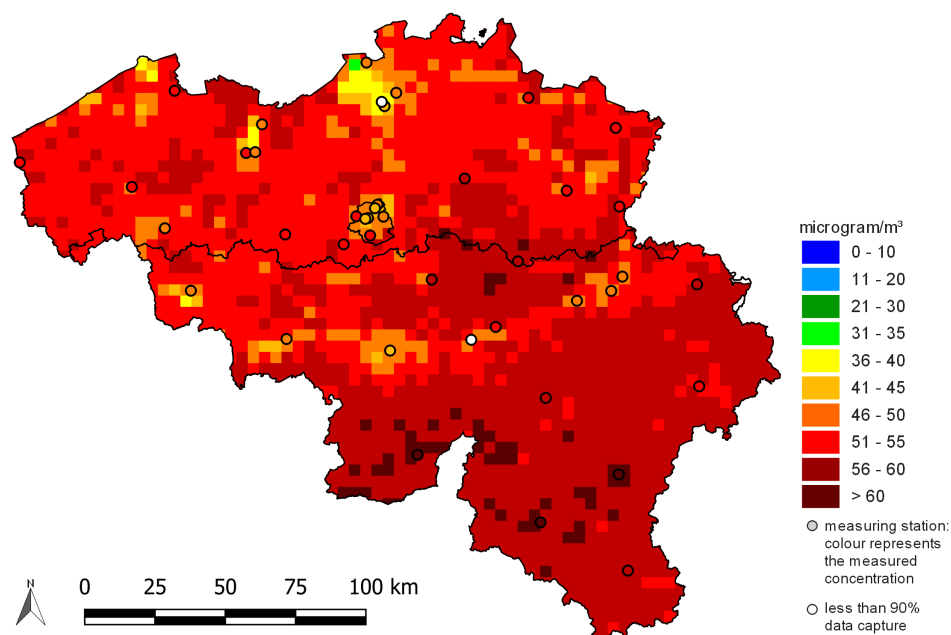
Figuur 35: Boxplots van de overlast voor de vegetatie (AOT40) in België (1991–2020). De vegetatiegewogen gemiddelden voor België worden weergegeven door de blauwe cirkels. De groene stippellijn geeft het vegetatiegewogen gemiddelde weer van de 5-jaargemiddelde AOT40. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

AOT40 forest (Belgium, 2020)

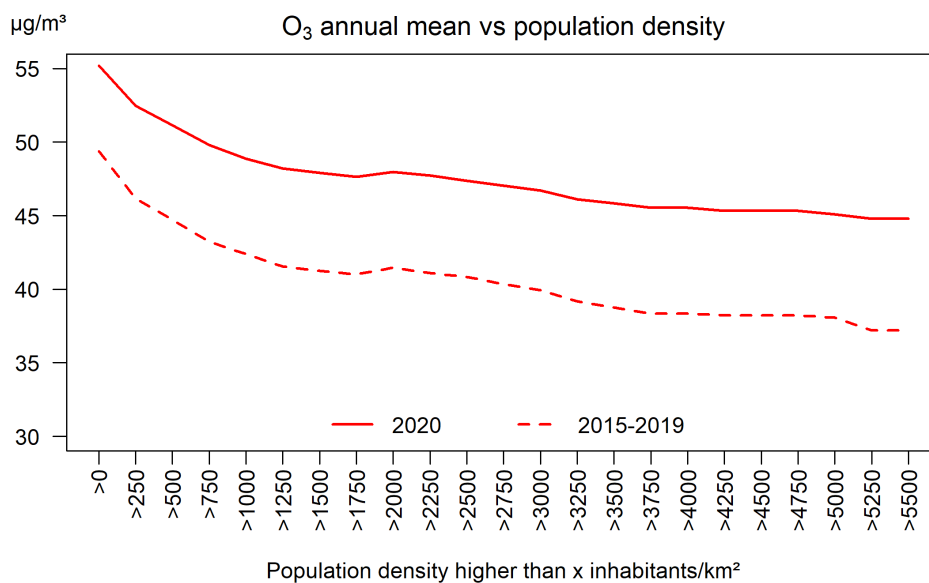


Figuur 36: Ruimtelijke spreiding van de ozonoverlast voor bossen (AOT40 voor bossen), 2020. *No data available* betekent dat de data niet voldoen aan de criteria uit richtlijn 2008/50/EG annex VII voor het aggregeren van de meetgegevens. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

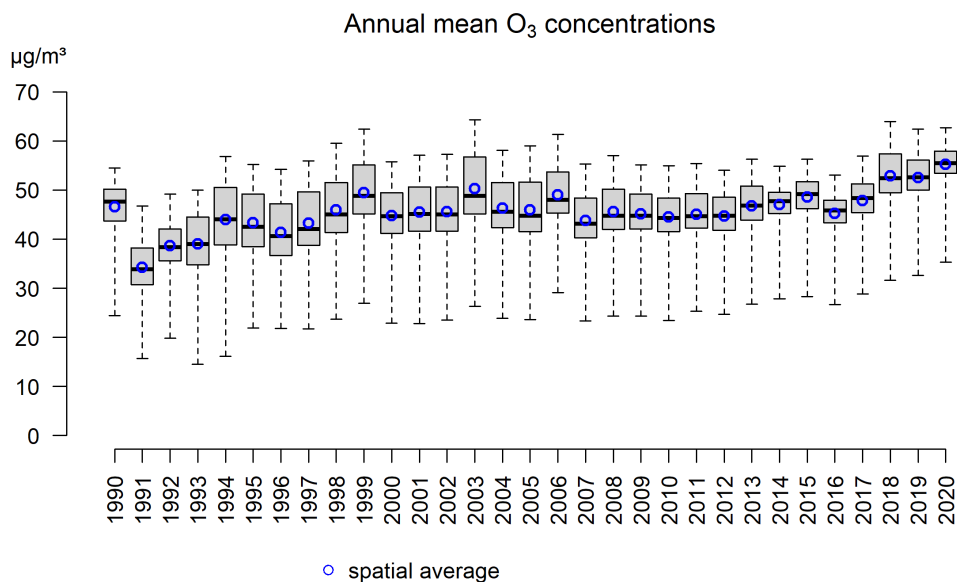
Annual mean O₃ concentration (Belgium, 2020)



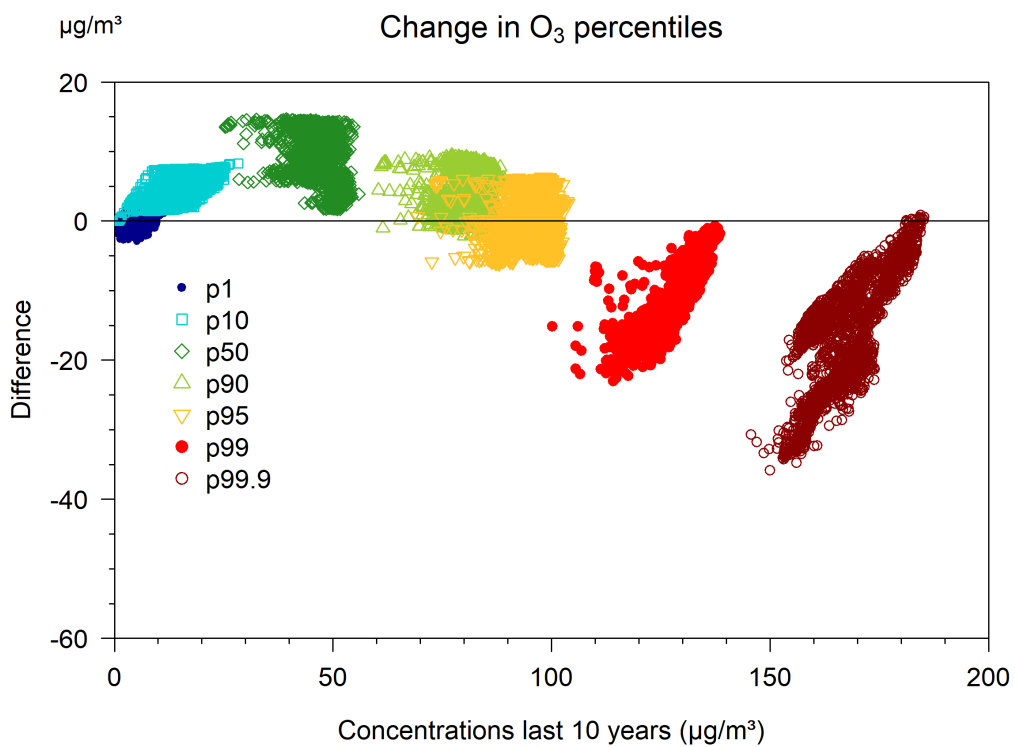
Figuur 37: Ruimtelijke spreiding van de O₃-jaargemiddelde concentraties in België, 2020. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.



Figuur 38: Relatie tussen de geïnterpoleerde jaargemiddelde O₃-concentraties op basis van de RIO-interpolatietechniek en de bevolkingsdichtheid (inwoners/ km^2).



Figuur 39: Boxplot van jaargemiddelde O₃-concentraties over de periode 1990–2020. Het ruimtelijk gemiddelde wordt weergegeven door de blauwe cirkels. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.



Figuur 40: Verandering in O₃-percentielen tussen de periode 1990–1999 en 2011–2020 in functie van de ozonconcentraties in de periode 2011–2020 voor alle RIO-roosterzellen. De data (uurgemiddelde ozonconcentraties) werden gegenereerd op basis van de RIO-interpolatietechniek. De verschillende kleuren geven de verschillende percentielwaarden aan.

8 Zwaveldioxide

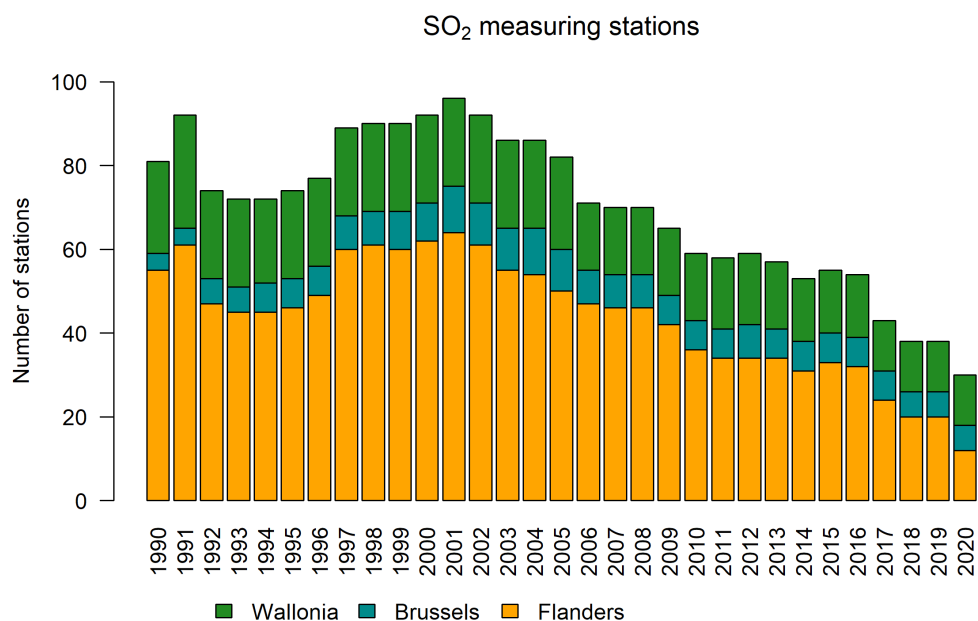
Zwaveldioxide (SO_2) is een kleurloos gas met een karakteristieke irriterende geur en smaak bij hoge concentraties (vanaf $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$). SO_2 wordt voornamelijk in de lucht uitgestoten bij de verbranding van zwavelhoudende fossiele brandstoffen zoals steenkool en aardolie. De belangrijkste bronnen van SO_2 zijn de industrie en raffinaderijen, gevolgd door de energiesector en gebouwenverwarming. Een natuurlijke bron van SO_2 zijn vulkaanuitbarstingen.

SO_2 is schadelijk voor de mens en ecosystemen. Inademen van SO_2 kan al bij lage concentraties irritatie van de luchtwegen veroorzaken. Kortdurende blootstelling aan hoge concentraties leidt tot een verminderde longfunctie en ademhalingsproblemen, vooral bij astmapatiënten en mensen met longaandoeningen. Zwaveldioxide wordt eenvoudig omgezet in zwavelzuur (H_2SO_4) en veroorzaakt verzuring van de bodem en het water, met aantastingen van de ecosystemen als gevolg [9]. Daarnaast zorgt SO_2 in belangrijke mate voor de versnelde verwerking van historische gebouwen (en steen in het algemeen) en voor metaalcorrosie.

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 SO_2 -meetstations

Figuur 41 toont de evolutie van het aantal meetstations waar SO_2 gemeten wordt. Het aantal SO_2 -meetstations is gedaald van 81 in 1990 tot 30 in 2020. In de jaren dat er minder meetstations zijn, hebben de geïnterpoleerde waarden een grotere onzekerheid.

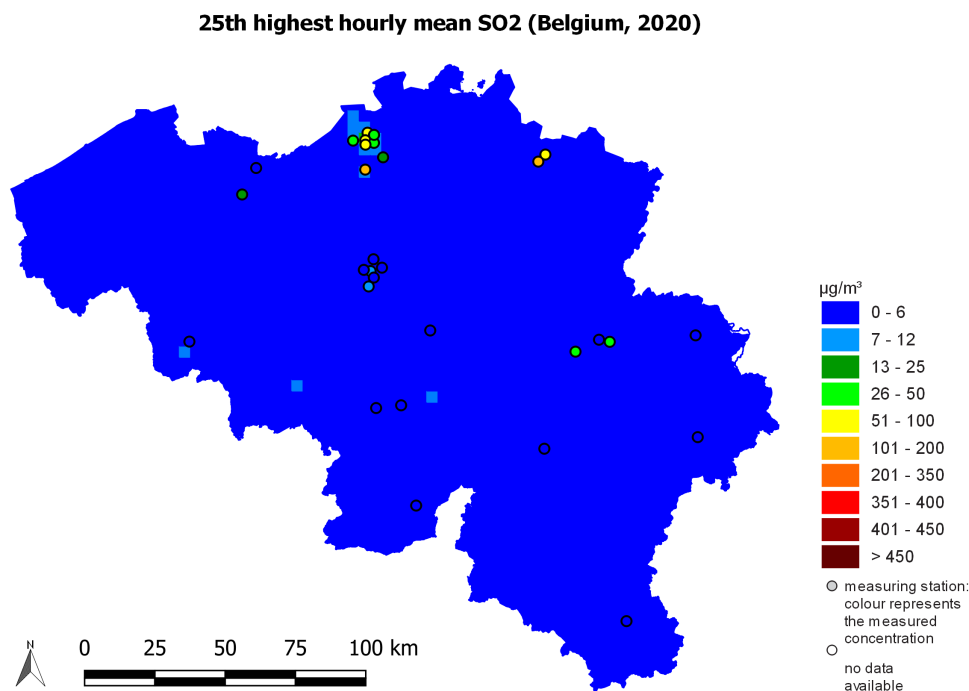


Figuur 41: Evolutie van het aantal SO_2 -meetstations in België.

8.2 SO_2 -uurgemiddelde

De Europese luchtkwaliteitsrichtlijn legt een grenswaarde van $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ op voor de uurgemiddelde SO_2 -concentratie. Die uurgrenswaarde mag niet vaker dan 24 keer per jaar worden overschreden. 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 42 geeft voor elke roostercel de 25^{ste} hoogste uurwaarde, 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 per jaar werd overschreden.

De 2008 waarden uit figuur 42 kunnen ook in een boxplot¹⁰ weergegeven worden. In figuur 43 wordt dit gedaan voor 2020 en alle voorgaande jaren sinds 1997. Op deze manier is de trend van de maximumwaarde, het gemiddelde en de mediaan, en het minimum observeerbaar. Het maximum van de 25^{ste} hoogste uurwaarde in België in 2020, representatief voor een gebied van 4x4 km², bedraagt 17,4 µg/m³, wat ruim onder de Europese grenswaarde van 350 µg/m³ ligt. De evolutiegrafiek van de 25^{ste} hoogste uurgemiddelde concentratie geeft duidelijk een dalende trend weer. Sinds 1997 zijn de SO₂-piekconcentraties systematisch en fors gedaald. De laatste jaren zijn de SO₂-piekconcentraties gestagneerd en nagenoeg constant.



Figuur 42: Ruimtelijke spreiding van de 25^{ste} hoogste uurgemiddelde SO₂-concentratie in 2020. Alle data werden berekend op basis van de RIO-interpolatietechniek.

8.3 SO₂-daggemiddelden

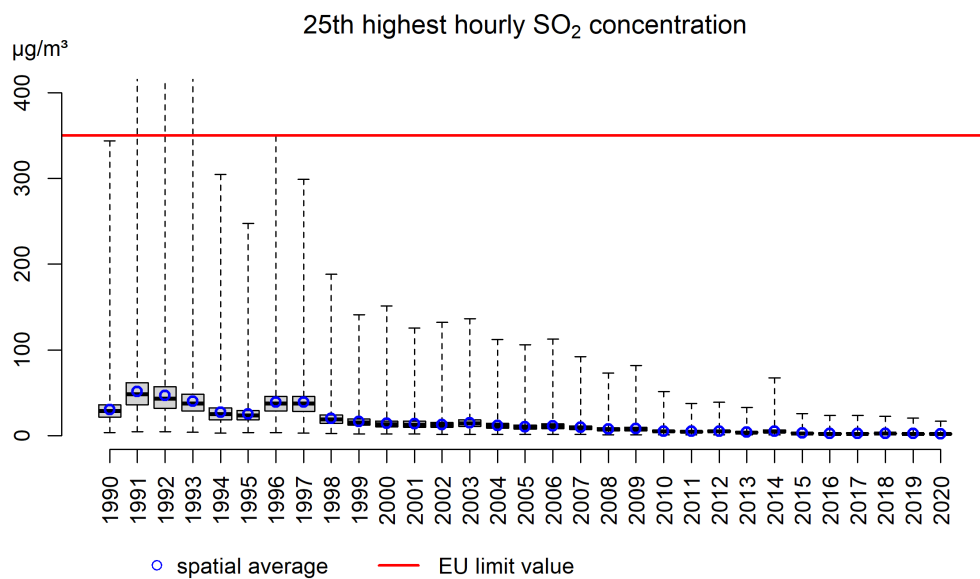
Voor de bescherming van de bevolking tegen de kortetermijneffecten van SO₂ wordt door de Europese richtlijn ook een grenswaarde voor de daggemiddelde SO₂-concentratie opgelegd. Die daggrenswaarde van 125 µg/m³ mag maximaal driemaal per jaar worden overschreden. De WGO-advieswaarde (van 2006) bedraagt 20 µg/m³. De EU-grenswaarde wordt overal ruimschoots gerespecteerd. De WGO-advieswaarde werd voor het laatst overschreden in 2014, in industriële zones. Net zoals voor de SO₂-uurgemiddelden, vertoont ook de evolutie van de 4^{de} hoogste daggemiddelden¹¹ een continu dalende trend (figuur 44). De laatste jaren zijn deze 4^{de} hoogste daggemiddelden nagenoeg constant.

8.4 SO₂-jaargemiddelden

Ter bescherming van de vegetatie en natuurlijke ecosystemen wordt in de Europese richtlijn ook een kritiek niveau opgelegd van 20 µg/m³ als jaargemiddelde concentratie en een gemiddelde over het winterseizoen. Die grenswaarde moet worden gehaald op meetstations die representatief zijn voor een gebied van minimaal 1000 km², en gelegen zijn op ten minste 20 km van een agglomeratie en op ten minste

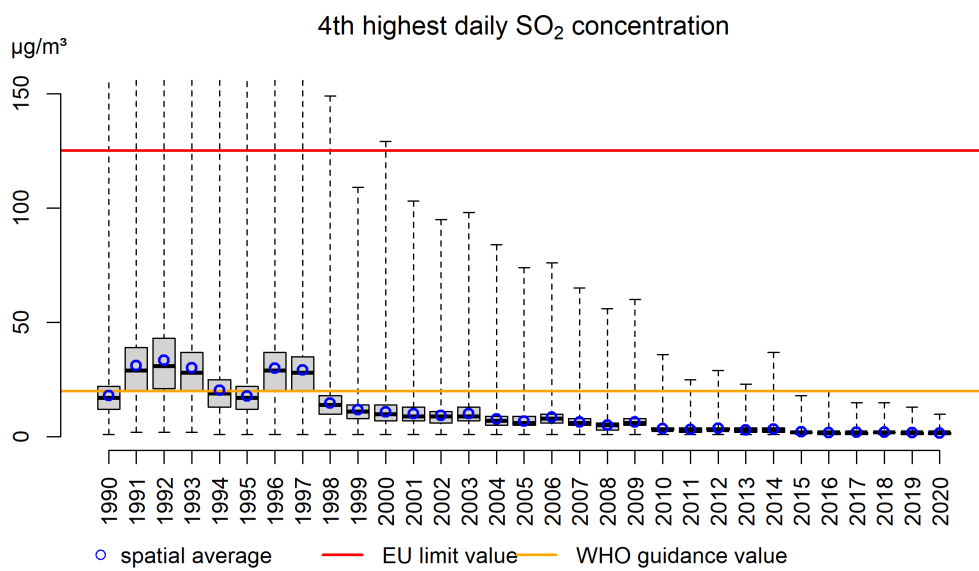
¹⁰Voor de interpretatie van boxplots, zie bijlage C

¹¹Gezien de grens van 125 µg/m³ driemaal per jaar mag overschreden worden, kijken we hier naar de 4^{de} hoogste dagwaarde, indien die onder de grens van 125 µg/m³ blijft, wordt voldaan aan de richtlijn.



Figuur 43: Boxplot van de 25^{ste} hoogste uurgemiddelde SO₂-concentratie over de periode 1990–2020 in België op basis van de RIO-interpolatietechniek.

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 44: Boxplot van de 4^{de} hoogste daggemiddelde SO₂-concentratie over de periode 1990–2020 in België op basis van de RIO-interpolatietechniek.

9 Besluit

Dit jaarrapport geeft een overzicht van de luchtkwaliteit in België in het jaar 2020, met speciale aandacht voor de ruimtelijke verdeling van de concentraties van de vier belangrijkste polluenten (PM, NO₂, O₃ en SO₂) 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 en 2 in de samenvatting, liggen het minimum, gemiddelde en maximum van bijna alle indicatoren in 2020 lager dan de gemiddelde waarden van de voorbije 10 jaar, behalve voor ozon waarvoor de meeste indicatoren slechter scoren.

Op basis van een analyse van de langetermijntrend blijkt dat de concentraties van de meeste polluenten zijn afgenomen. In 2020 waren de jaargemiddelde fijnstofconcentraties het laagst sinds de start van de fijnstofmetingen. Ook de jaargemiddelde NO₂-concentraties waren beduidend lager dan de voorbije jaren. De weliswaar al zeer lage jaargemiddelde SO₂-concentraties stagneren. Een uitzondering op deze trend is de toename van de jaargemiddelde ozonconcentraties tijdens de laatste tien jaar.

Er worden in België nog overschrijdingen van de Europese streefwaarde vastgesteld voor het aantal dagen met een hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentratie > 120 µg/m³ (en het geaccumuleerde overschot of AOT60). Voor ozon wordt ook de langetermijndoelstelling ter bescherming van de volksgezondheid en de AOT40 voor vegetatie en bossen overschreden.

Wanneer we vergelijken met de strengere en gezondheidsgerelateerde WGO-advieswaarden¹², blijkt dat er nog voor bijna alle polluenten, behalve voor NO₂ en SO₂ (en bijbehorende indicatoren), 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 in die zin zeker van belang te benadrukken dat de resultaten vermeld in dit rapport gebaseerd zijn op berekeningen met de RIO-interpolatietechniek, met een ruimtelijke resolutie van 4x4 km². De resultaten in dit rapport zijn dan ook representatief voor gebieden met een oppervlakte van 16 km². In de nabijheid van belangrijke emissiebronnen (verkeerswegen, industriezones...) kunnen de concentraties hoger zijn. Lokale gevalsstudies moeten worden uitgevoerd teneinde de meer specifieke effecten te onderscheiden. Dit rapport heeft tot doel de luchtkwaliteit op Belgisch niveau in kaart te brengen.

¹²De advieswaarden die in dit rapport zijn opgenomen dateren van 2005. In september 2021 heeft de WGO nieuwe –strengere– advieswaarden gepubliceerd. De analyses en figuren in dit rapport werden opgesteld voor de geactualiseerde waarden bekend werden.

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] W. H. O. R. O. for Europe. *Air quality guidelines: global update 2005: particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide*. World Health Organization. Regional Office for Europe, 2006.
- [6] 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>.
- [7] IRCEL. Het effect van de covid-19 maatregelen op de luchtkwaliteit in België een inschatting met een random forest model. pages 1–43, 2020.
- [8] 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>.
- [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. Fjaeraa, 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 pm₁₀: chemische karakterisatie van fijn stof in vlaanderen, 2006–2007. pages 1–168, 2009.
- [14] VMM. Chemkar pm₁₀ ‘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.

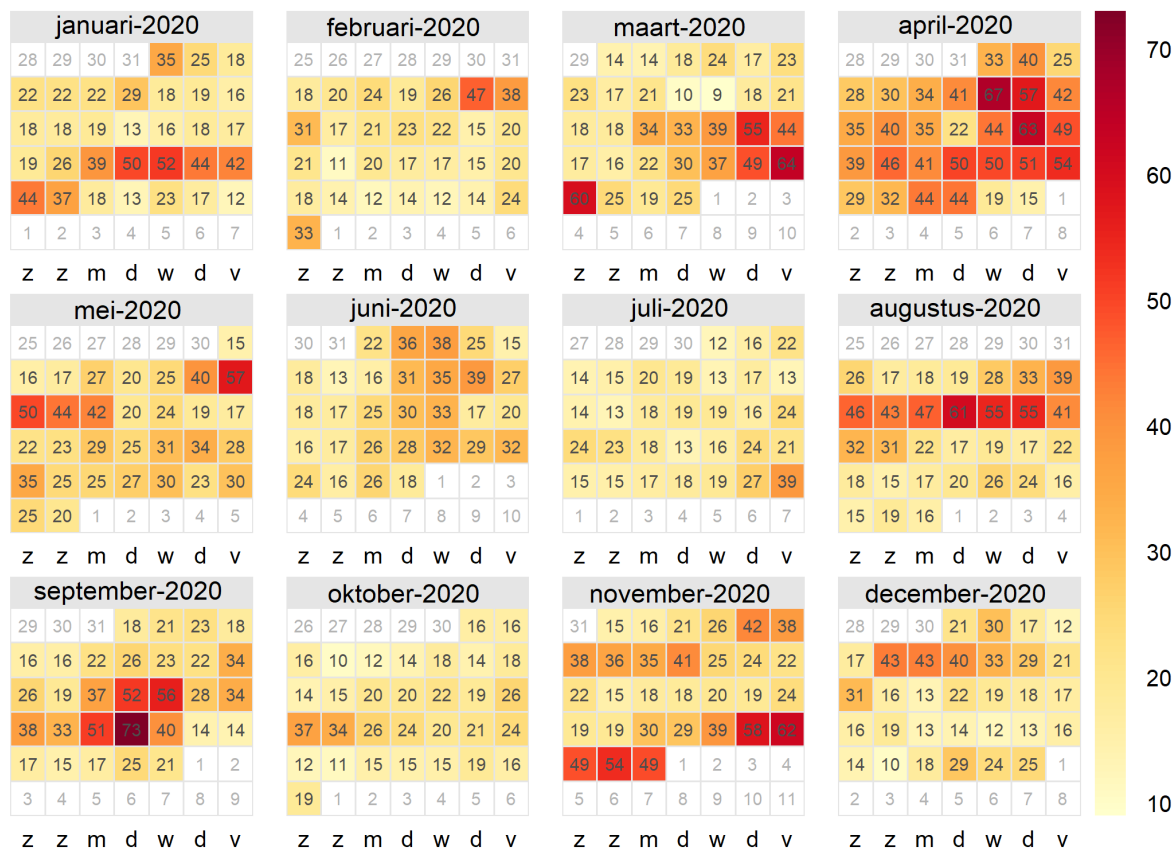
| Stationscode | Locatie | PM ₁₀ | PM _{2.5} | O ₃ | NO ₂ | BC | SO ₂ |
|--------------|---------------------------|------------------|-------------------|----------------|-----------------|----|-----------------|
| 40AL01 | ANTWERPEN-LINKEROEVER | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | |
| 40AL02 | DOEL (ENGELSESTEENWEG) | ✓ | ✓ | | | | |
| 40AL03 | BEVEREN | ✓ | ✓ | | | | |
| 40AL04 | BEVEREN | ✓ | ✓ | | | ✓ | |
| 40AL05 | KALLO (SLUIS KALLO) | ✓ | ✓ | | | ✓ | |
| 40AT44 | ORDAMSTRAAT | | | | ✓ | | ✓ |
| 40EG05 | EVERGEM (RIEME) | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ |
| 40GK11 | GENK | ✓ | ✓ | | | | |
| 40HB23 | HOBOKEN | ✓ | ✓ | | ✓ | | ✓ |
| 40HH08 | HOUTHALEN-HELCHTEREN | ✓ | ✓ | | | | |
| 40LD02 | LAAKDAL - GEEL | | | | ✓ | | |
| 40LM05 | LOMMEL | | | | | | ✓ |
| 40MN01 | MENEN | ✓ | ✓ | | | | |
| 40OB01 | OOSTROZEBEKE | ✓ | ✓ | | | ✓ | |
| 40OB02 | WIELSBEKE | ✓ | ✓ | | | | |
| 40R833 | STABROEK | | | | ✓ | | |
| 40RL01 | ROESLARE (BRUGSESTEENWEG) | ✓ | ✓ | | | | |
| 40SA04 | HOEVENEN | ✓ | ✓ | | | ✓ | |
| 40SA08 | STABROEK | | | | ✓ | | |
| 40SZ01 | STEENOKKERZEEL | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | |
| 40SZ02 | STEENOKKERZEEL | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | |
| 40TS21 | TESSENDERLO | | | | | | |
| 40WZ02 | MOL (WEZEL) | | | | | | ✓ |
| 41B001 | BRUSSEL (KUNST-WET) | | | | ✓ | | ✓ |
| 41B004 | BRUSSEL (SINT-KATELIJNE) | | | ✓ | ✓ | | |
| 41B006 | BRUSSEL (EU-PARLEMENT) | | | | ✓ | | |
| 41B008 | BRUSSEL (BELLIARD) | | | | ✓ | | |
| 41B011 | SINT-AGATHA-BERCHEM | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | |
| 41MEU1 | MEUDON | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | |
| 41N043 | HAREN | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 41R001 | SINT-JANS-MOLENBEEK | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 41R002 | ELSENE | | | | ✓ | ✓ | ✓ |
| 41R012 | UKKEL | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 41WOL1 | SINT-LAMBRECHTS-WOLUWE | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 42M802 | ANTWERPEN LUCHTBAL | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | |
| 42N016 | DESSEL | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |
| 42N027 | BREE | | | ✓ | ✓ | | |
| 42N035 | AARSCHOT | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | |
| 42N040 | SINT-PIETERS-LEEUEW | | | ✓ | ✓ | | |
| 42N046 | GELLIK | | | ✓ | ✓ | | |
| 42N047 | HASSELT | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |
| 42N054 | LANDEN | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | |
| 42R010 | SINT-STEVENS-WOLUWE | | | | ✓ | | |
| 42R020 | VILVOORDE | ✓ | ✓ | | ✓ | | |
| 42R801 | ANTWERPEN | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 42R802 | ANTWERPEN | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | |
| 42R803 | ANTWERPEN | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | |
| 42R804 | BORGERHOUT (RING) | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | |
| 42R805 | ANTWERPEN | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | |
| 42R806 | ANTWERPEN (MAERLANT) | | | | ✓ | | |
| 42R811 | SCHOTEN | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | |

| Stationscode | Locatie | PM ₁₀ | PM _{2.5} | O ₃ | NO ₂ | BC | SO ₂ |
|--------------|-------------------------------|------------------|-------------------|----------------|-----------------|----|-----------------|
| 42R817 | ANTWERPEN | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | |
| 42R818 | ANTWERPEN | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | |
| 42R820 | KAPellen | | | | ✓ | | |
| 42R822 | ANTWERPEN | ✓ | ✓ | | ✓ | | ✓ |
| 42R823 | BEVEREN-WAAS | ✓ | ✓ | | ✓ | | |
| 42R830 | DOEL | | | | ✓ | | |
| 42R831 | BERENDRECHT | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | |
| 42R834 | BOOM | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | |
| 42R842 | MECHELEN (HENDRIK SPEECQVEST) | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |
| 42R891 | ANTWERPEN | | | | ✓ | | ✓ |
| 42R892 | KALLO | | | | ✓ | | ✓ |
| 42R893 | ANTWERPEN | | | | ✓ | | ✓ |
| 42R897 | ANTWERPEN | | | | ✓ | | ✓ |
| 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 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ |
| 43R221 | LUIK | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |
| 43R222 | LUIK | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ |
| 43R223 | JEMEPEPE | ✓ | ✓ | | ✓ | | ✓ |
| 43R240 | ENGIS | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ |
| 43R401 | NAMUR | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |
| 44M702 | ERTVELDE | | | | ✓ | | |
| 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 | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | |
| 45R501 | CHARLEROI | ✓ | ✓ | | ✓ | | |
| 45R502 | LODELINSART | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | |
| 45R510 | CHATELINEAU | ✓ | ✓ | | | | ✓ |
| 45R511 | MARCINELLE | ✓ | ✓ | | | | |
| 45R512 | MARCHIENNE AU PONT | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ |
| 47E007 | SINT-PIETERS-LEEUEW | | | | ✓ | | |
| 47E008 | GRIMBERGEN | | | | ✓ | | |
| 47E009 | ZEMST | | | | ✓ | | |
| 47E013 | VORST | | | | ✓ | | |
| 47E703 | OOST-EEKLO | | | | ✓ | | |
| 47E704 | WACHTEBEKE | | | | ✓ | | |

| Stationscode | Locatie | PM ₁₀ | PM _{2.5} | O ₃ | NO ₂ | BC | SO ₂ |
|--------------|---------------------|------------------|-------------------|----------------|-----------------|----|-----------------|
| 47E714 | DUDZELE | | | | ✓ | | |
| 47E715 | ZUIENKERKE | | | | ✓ | | |
| 47E716 | MARIAKERKE | | | | ✓ | | |
| 47E814 | HAM (GENEBOSSTRAAT) | | | | ✓ | | |
| 48R215 | HERMALLE | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | |
| 48R235 | BIERSET | ✓ | | | ✓ | | |

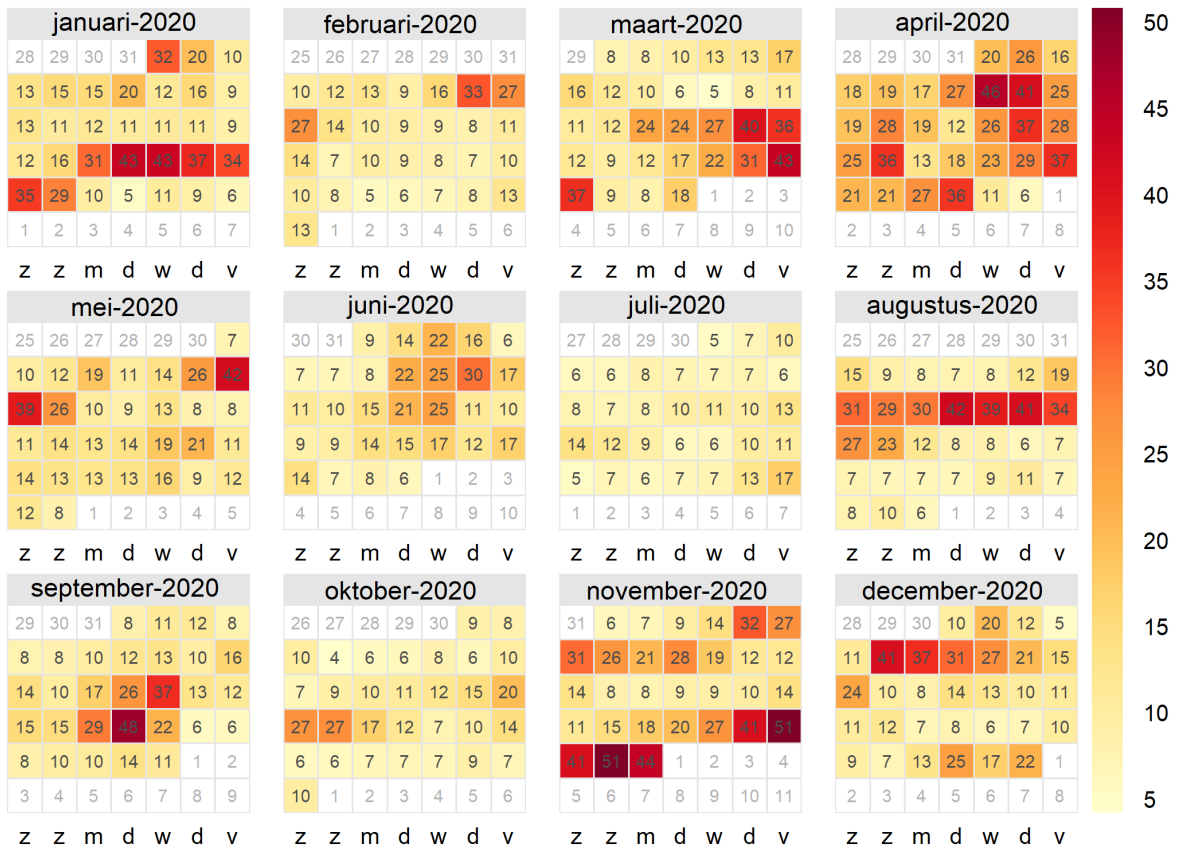
11 Bijlage B: Jaaroverzicht van luchtkwaliteitspolluenten

Mean daily PM₁₀ concentrations in 2020



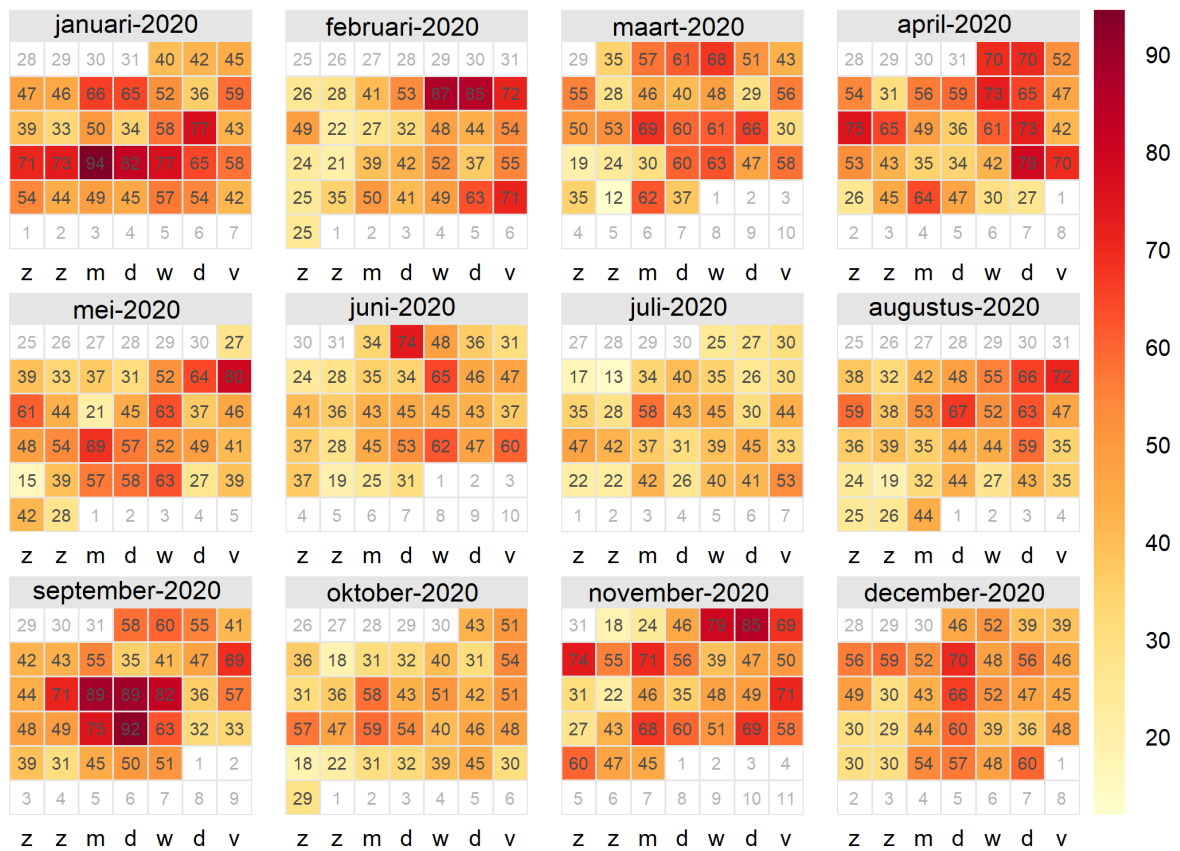
Figuur 45: Ruimtelijk maximum van daggemiddelde PM₁₀-concentraties in 2020.

Mean daily PM_{2.5} concentrations in 2020



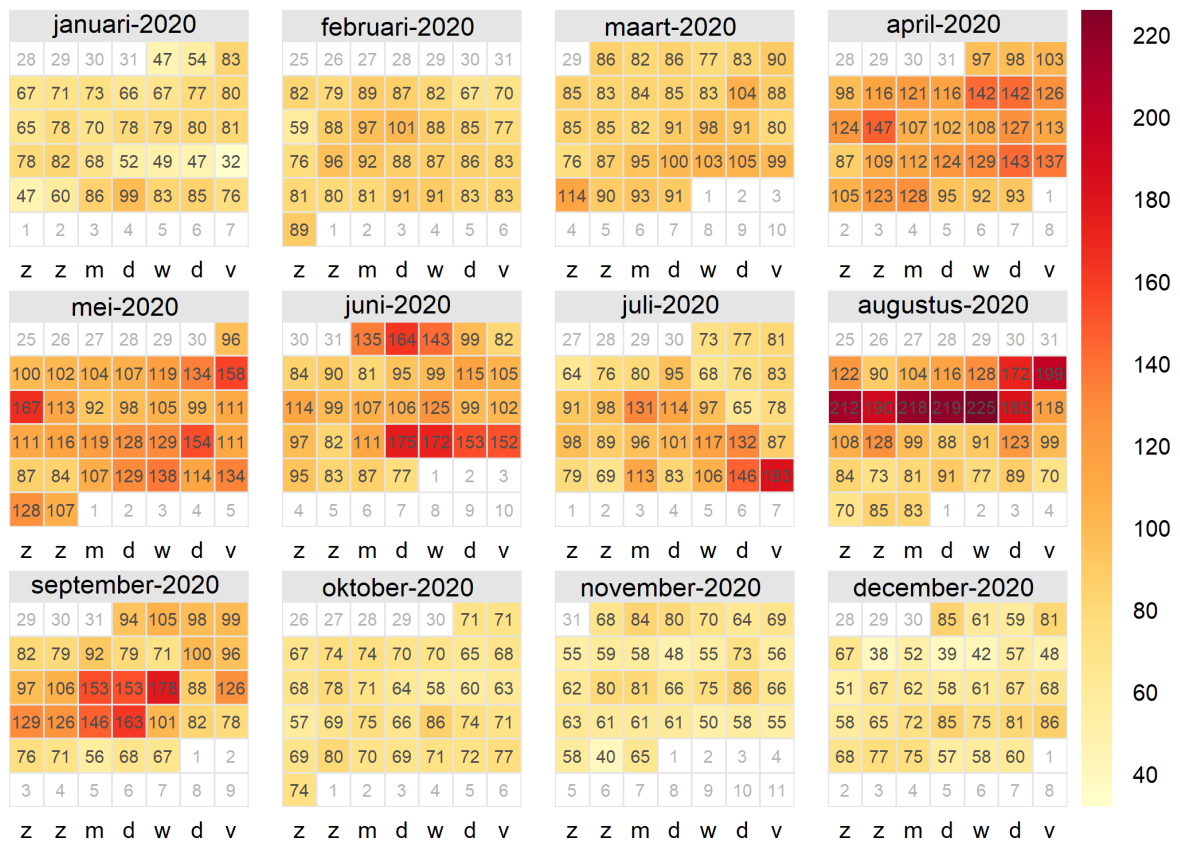
Figuur 46: Ruimtelijk maximum van daggemiddelde PM_{2.5}-concentraties in 2020.

Spatial maximum of the highest hourly NO₂ concentrations per day in 2020



Figuur 47: Ruimtelijk maximum van de maximum NO₂-uurconcentratie per dag in 2020.

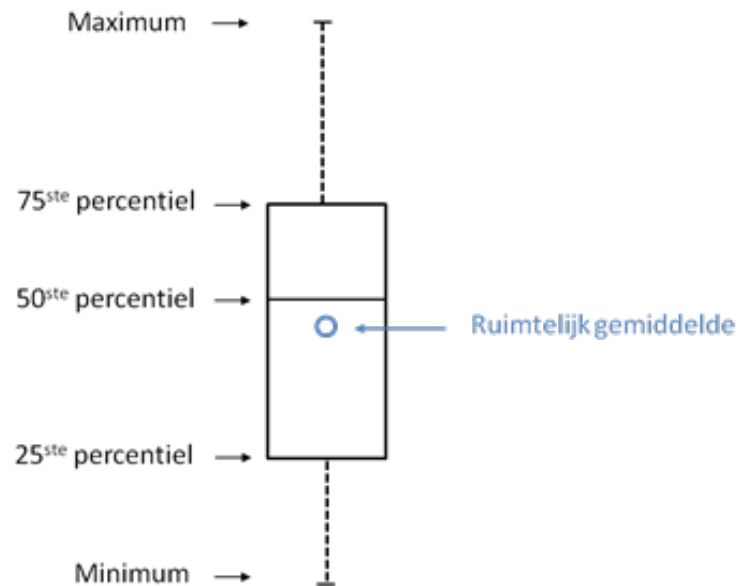
Spatial maximum of the highest hourly O₃ concentrations per day in 2020



Figuur 48: Ruimtelijk maximum van de maximum O₃-uurconcentraties per dag in 2020.

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



Figuur 49: 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.

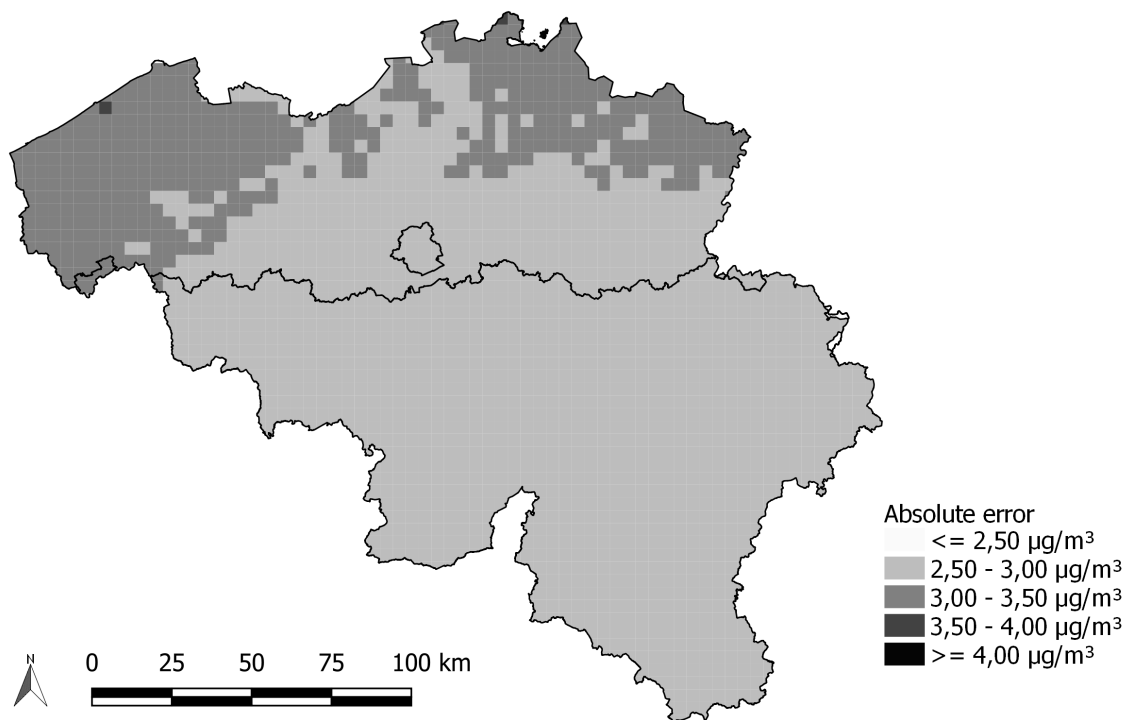
1. Fout op de meetwaarden: die wordt indirect in rekening gebracht omdat het variogram gebruikt in de Kriging (d.i. een onderdeel van de RIO-interpolatietechniek) een 'nugget'-effect vertoont (d.i. bij een afstand 0 tussen meetstations wordt niet dezelfde gemeten concentratie verondersteld).
2. Clustering 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.

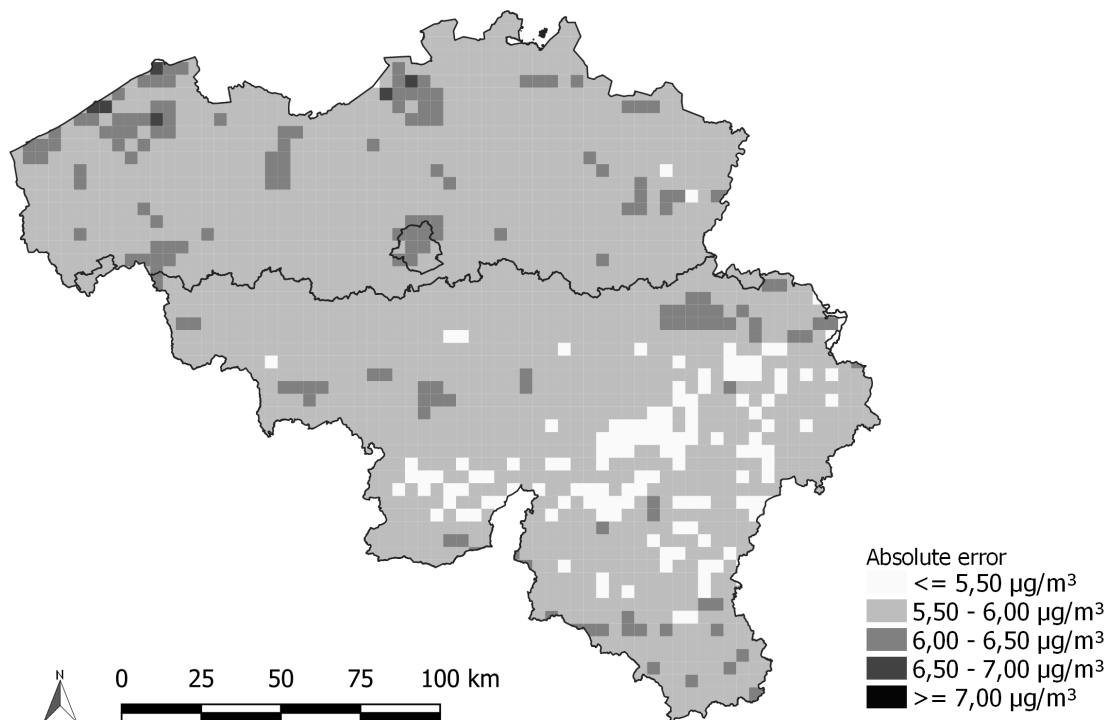
Op basis van bovenstaande bronnen van onzekerheid wordt er een onzekerheid (1 sigma) berekend voor de RIO-geïnterpoleerde concentraties (zie onderstaande kaarten), uitgaande van een normale verdeling van de metingen. Een fout van 1 sigma betekent dat voor een waarde x en een fout van $5.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 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, 2020)



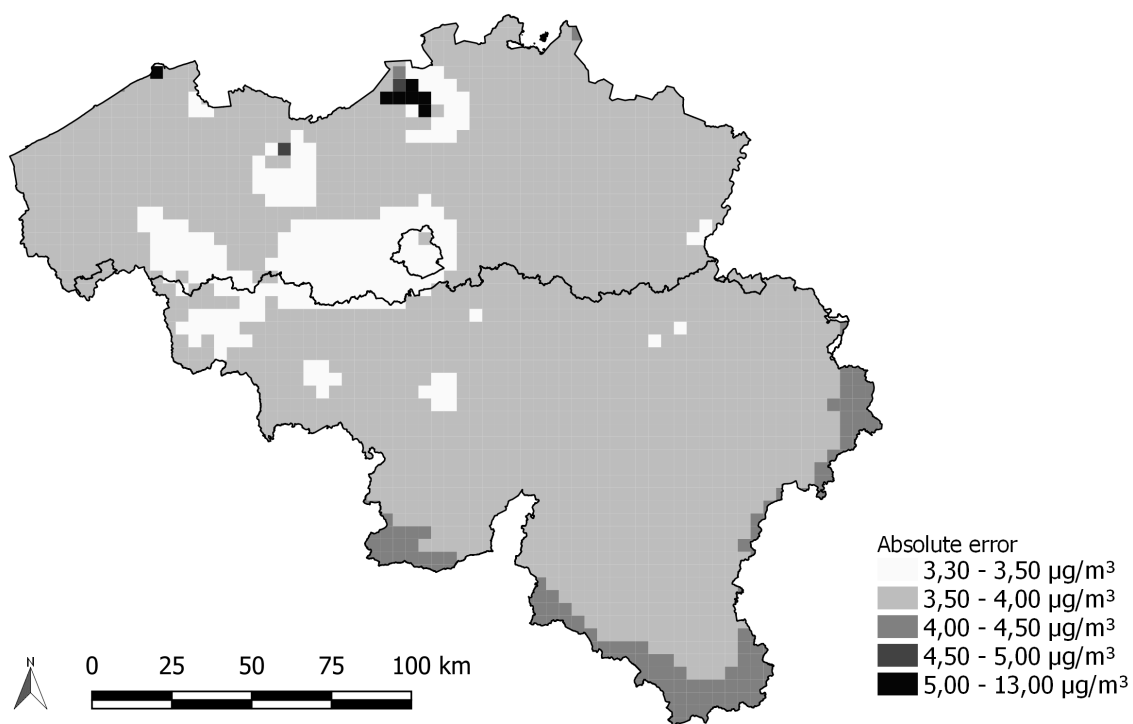
Figuur 50: Ruimtelijke spreiding van de absolute fout ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) op de jaargemiddelde PM_{10} -concentraties

Error on NO2 annual mean (Belgium, 2020)



Figuur 51: Ruimtelijke spreiding van de absolute fout ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) op de jaargemiddelde NO_2 -concentraties.

Error on O3 annual mean (Belgium, 2020)



Figuur 52: Ruimtelijke spreiding van de absolute fout ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) op de jaargemiddelde O₃-concentraties.