

LUCHTKWALITEIT IN HET BRUSSELS HOOFDSTEDELIJK GEWEST

JAARVERSLAG 2023

JUNI 2024

VOORWOORD

Beste Brusselaar,

Bij het omslaan van deze bladzijde ontdekt u het Jaarverslag van de luchtkwaliteit in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest 2023.

Het gaat om een gedetailleerd wetenschappelijk document, opgesteld door het Laboratorium voor de monitoring van de Brusselse luchtkwaliteit, gelegen in de Massarttuin in Oudergem.

Het doel van dit verslag is het presenteren van de metingen van de luchtverontreinigende stoffen in 2023 die dankzij het telemetrienetwerk in het BHG werden verzameld. Deze gegevens stellen ons in staat om te bepalen in hoeverre het BHG de opgelegde normen van de Europese Commissie en de door de Wereldgezondheidsorganisatie (WGO) aanbevolen waarden naleeft. Ook de evolutie van verontreinigende stoffen in de afgelopen 10 jaar komt in dit verslag aan bod.

Waarom monitoren we de luchtkwaliteit in een stedelijk gewest zoals Brussel? Luchtverontreiniging heeft negatieve gevolgen voor de gezondheid van de Brusselaars. De blootstelling aan verontreinigende stoffen, in het bijzonder aan fijne deeltjes (PM) en stikstofdioxide (NO₂), leidt tot vroegtijdige sterfte, ziektes (zoals longaandoeningen, hart- en vaatziekten, astma, enz.) en hoge economische kosten voor onze maatschappij (denk aan medicatie, hospitalisaties, werkverzuim, enz.).

Hoewel de luchtkwaliteit er de laatste jaren op is vooruitgegaan, blijven aanzienlijke inspanningen, in het bijzonder in de vervoersector, noodzakelijk zodat elke Brusselaar lucht kan inademen die voldoet aan de door de Wereldgezondheidsorganisatie (WGO) aanbevolen waarden.

We zeggen wel eens: „meten is weten”. Het verslag en de monitoring van het Laboratorium voor de monitoring van de Brusselse luchtkwaliteit helpt ons nadenken over hoe we het beleid kunnen afstemmen op de realiteit en de noden van eenieder, ook van de meest kwetsbaren, en om verder koers te zetten naar een Brussels Gewest waar het aangenaam leven én ademen is!

Veel leesplezier.



SAMENVATTING

In 2023 zijn de jaarlijkse gemiddelde concentraties stikstofdioxiden (NO_2) en fijne deeltjes PM_{10} en $\text{PM}_{2.5}$ met ongeveer gemiddeld 10% gedaald in vergelijking met 2022 in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest. De concentraties bevinden zich zo op een vergelijkbaar niveau als in het jaar 2020. Dat laatste was een uitzonderlijk jaar waarin er maatregelen zijn genomen in het kader van de COVID-19- pandemie waardoor de activiteit sterk was afgenomen.

Alle grenswaarden en Europese doelstellingen voor 2023 werden bovendien nageleefd, met name wat betreft de intensiteit van het wegverkeer. Ook de voorstellen voor de grenswaarden en Europese doelstellingen voor 2030 werden voor een groot deel reeds nageleefd. Voor stikstofdioxiden, fijne deeltjes (met name $\text{PM}_{2.5}$) en ozon werden de aanbevolen waarden door de WGO (2021) overschreden in 2023.

In het algemeen hebben de emissiereductiemaatregelen en technologische verbeteringen in de loop der tijd verder bijgedragen tot de verlaging van de concentraties. In de afgelopen jaren heeft de ontwikkeling van de verkeersemisies, met name in verband met de versnelde overschakeling van diesel naar andere motorisaties, hoogstwaarschijnlijk ook een belangrijke rol gespeeld.

STIKSTOFDIOXIDE (NO_2)

De jaarlijkse gemiddelde NO_2 -concentratie in elk station in 2023 is weergegeven in Figuur 1. De hoogste concentraties in het BHG werden gemeten in de stations Regent (41REG1), Kunst-Wet (41B001) en Charles Buls school (41BUL1) aan de kleine ring. Voor het vierde jaar op rij voldoen alle stations in het BHG aan de Europese grenswaarde van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als jaargemiddelde. De grenswaarde die als jaargemiddelde wordt aanbevolen door het WGO ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wordt op haar beurt in geen enkel meetstation gerespecteerd. De Europese grenswaarde die als jaargemiddelde wordt gevraagd voor 2030 ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wordt in 5 van de 13 meetstations nageleefd.

De maximale uurconcentratie voor het jaar 2023 is weergegeven in Figuur 2. De hoogste waarde werd geregistreerd in het station Kunst-Wet, een stedelijke omgeving waar het wegverkeer een sterke invloed heeft. De Europese uurgrenswaarde van $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, met 18 toegestane overschrijdingen, wordt al meer dan 10 jaar op alle stations van het BHG nageleefd. De WGO-uurwaarde, van eveneens $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ maar zonder toegestane overschrijdingen, wordt ook in 2023 nageleefd. Hetzelfde geldt voor het voorstel van de Europese uurgrenswaarde voor 2030 ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ met 3 toegestane overschrijdingen).

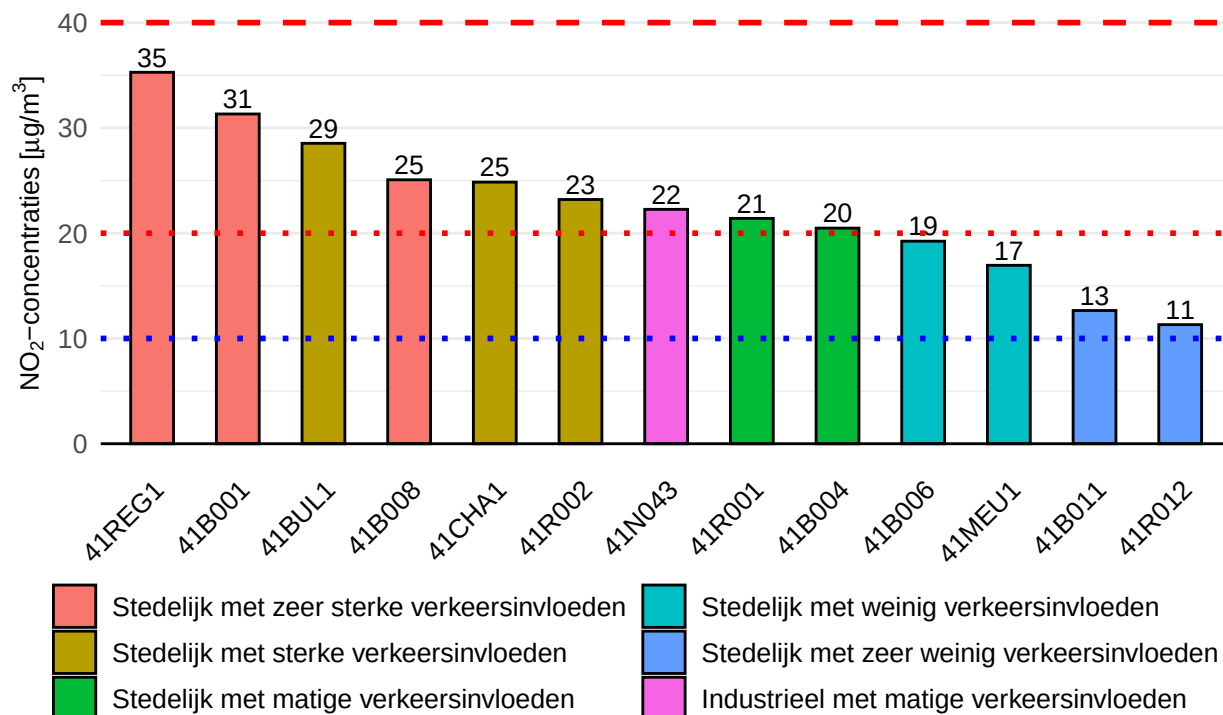
Figuur 3 toont het aantal overschrijdingen van de door de WGO aanbevolen dagelijkse waarde van $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (met 3 tot 4 overschrijdingen, afhankelijk van de jaarlijkse gegevensvastlegging, wat overeenkomt met het 99e percentiel). Er kan worden vastgesteld dat deze dagwaarde zeer vaak wordt overschreden op alle meetlocaties in het BHG, met name in stedelijke gebieden die sterk en zeer sterk door het wegverkeer worden beïnvloed. Het aantal dagen waarbij de voorgestelde Europese dagwaarde van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor 2030 (18 toegestane overschrijdingen) worden ook weergegeven op Figuur 3. We zien dat deze voorgestelde dagwaarde nageleefd wordt in alle stations in het BHG in 2023, met uitzondering van het station Regent waar ze ruim wordt overschreden.

FIJNE DEELTJES PM_{10}

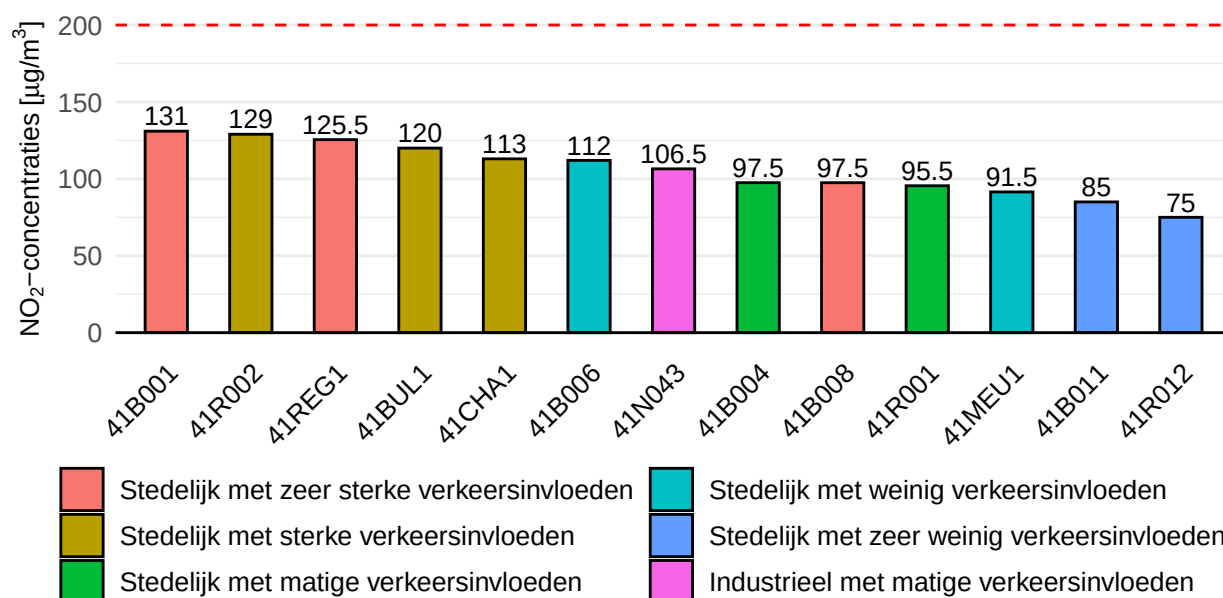
Het jaargemiddelde van de PM_{10} -concentratie per meetstation in 2023 is weergegeven in Figuur 4. We zien dat de Europese jaarlijkse grenswaarde van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ruimschoots wordt gerespecteerd voor alle meetstations. Als we dit vergelijken met de door de WGO aanbevolen jaarwaarde van $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, stellen we vast dat het alleen wordt nageleefd in stations met een stedelijke achtergrond, nl. dat van Ukkel (41R012) en Sint-Agatha-Berchem (41B011). Daarenboven stellen we vast dat de voorgestelde grenswaarde voor 2030 ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) nageleefd wordt in alle meetstations, al is dit nipt in het station van Haren (41N043).

Het aantal dagen waarop de Europese daggrenswaarde van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (die niet meer dan 35 keer per jaar mag worden overschreden) en de door de WGO aanbevolen dagelijkse waarde van $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (met 3 tot 4 overschrijdingen afhankelijk van de jaarlijkse gegevensvastlegging), identiek aan de voorgestelde Europese daggrens-





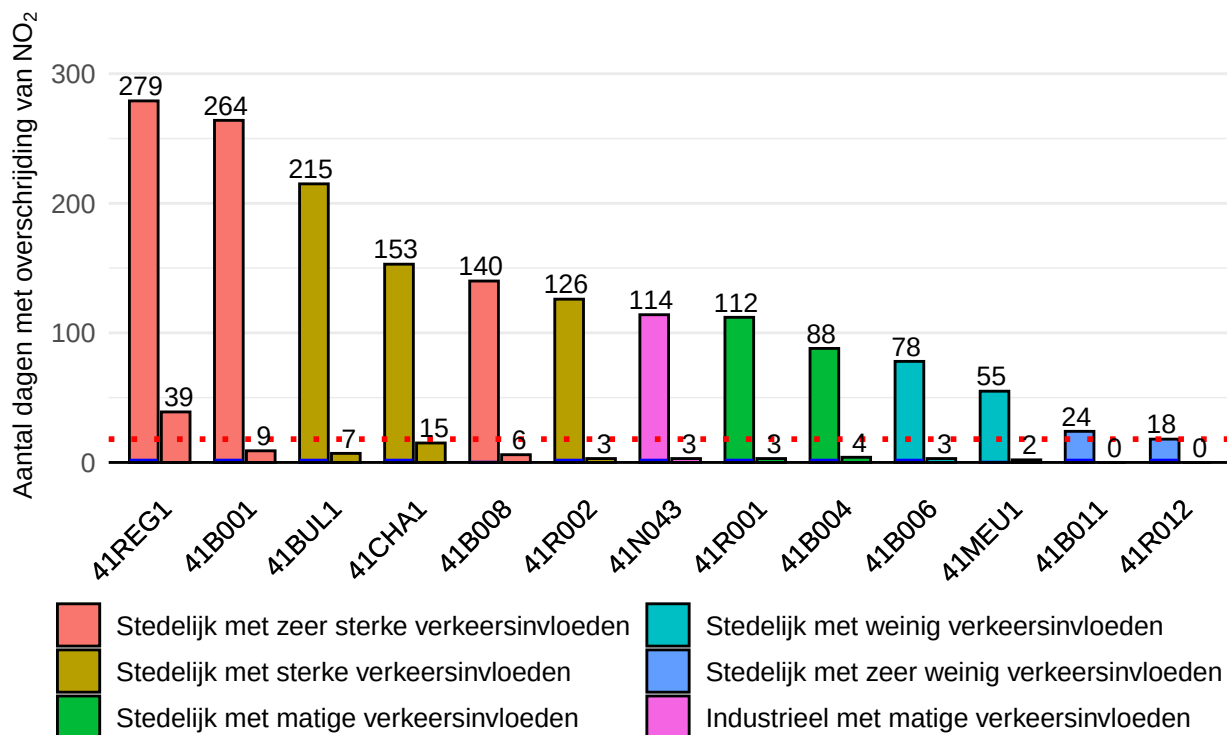
Figuur 1 – Jaargemiddelde NO₂-concentraties voor elk station in het BHG in 2023 [µg/m³]. De rode onderbroken lijn (bovenaan) geeft de Europese jaarlijkse grenswaarde aan. De rode stippellijn geeft de voorgestelde Europese jaarlijkse grenswaarde aan voor 2030. De jaarlijkse aanbevolen richtwaarde van de WGO wordt aangeduid met de blauwe stippellijn van 40 µg/m³. De codes van de meetstations worden in het rood weergegeven wanneer niet aan de minimale gegevensregistratie van 85% is voldaan. Correspondentie tussen stationcodes wordt gegeven op pagina 20.



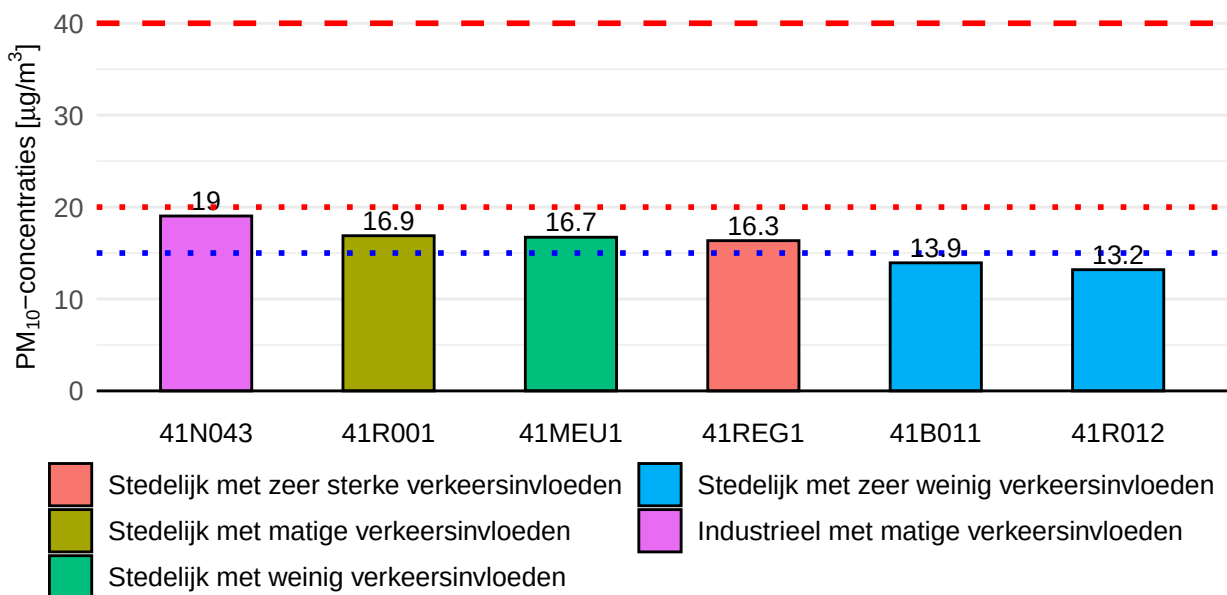
Figuur 2 – Maximale uurconcentraties van NO₂ voor elk BHG-station in 2023 [µg/m³]. De rode onderbroken lijn (bovenaan) geeft de Europese uurgrenswaarde van 200 µg/m³ aan (met 18 toegestane overschrijdingen), die identiek is aan de richtwaarde van de WGO (maar zonder toegestane overschrijdingen). Het voorstel van de Europese uurgrenswaarde voor 2030 bedraagt eveneens 200 µg/m³, met 3 toegestane overschrijdingen. De codes van de meetstations worden in het rood weergegeven wanneer niet aan de minimale gegevensregistratie van 85% is voldaan. Correspondentie tussen stationcodes wordt gegeven op pagina 20.

waarde voor 2030 (maar met 18 toegestane overschrijdingen) worden weergegeven in Figuur 5. Te zien is dat zowel de Europese daggrenswaarde als de voorgestelde Europese daggrenswaarde voor 2030 ruimschoots gerespecteerd worden in alle meetstations in het BHG. Wat betreft de door de WGO aanbevolen dagelijkse waarde zien we dat alleen het station van Haren dit licht overschrijdt met 4 overschrijdingen.





Figuur 3 – Linkerbalken: aantal dagen waarop de NO₂-concentraties de door de WGO aanbevolen dagwaarde van 25 µg/m³ overschrijden voor elk station van het BHG in 2023. Het door de WGO aanbevolen aantal overschrijdingsdagen (3 tot 4 afhankelijk van de jaarlijkse gegevensvastlegging, overeenkomend met het 99e percentiel) wordt aangegeven door de blauwe lijn. **Rechterbalken:** aantal dagen waarop de NO₂-concentraties de voorgestelde Europese dagwaarde voor 2030 van 50 µg/m³ overschrijden. Het aantal toegestane overschrijdingsdagen (18) wordt aangegeven door de rode stippellijn. De codes van de meetstations worden in het rood weergegeven wanneer niet aan de minimale gegevensregistratie van 85% is voldaan. Correspondentie tussen stationcodes wordt gegeven op pagina 20.

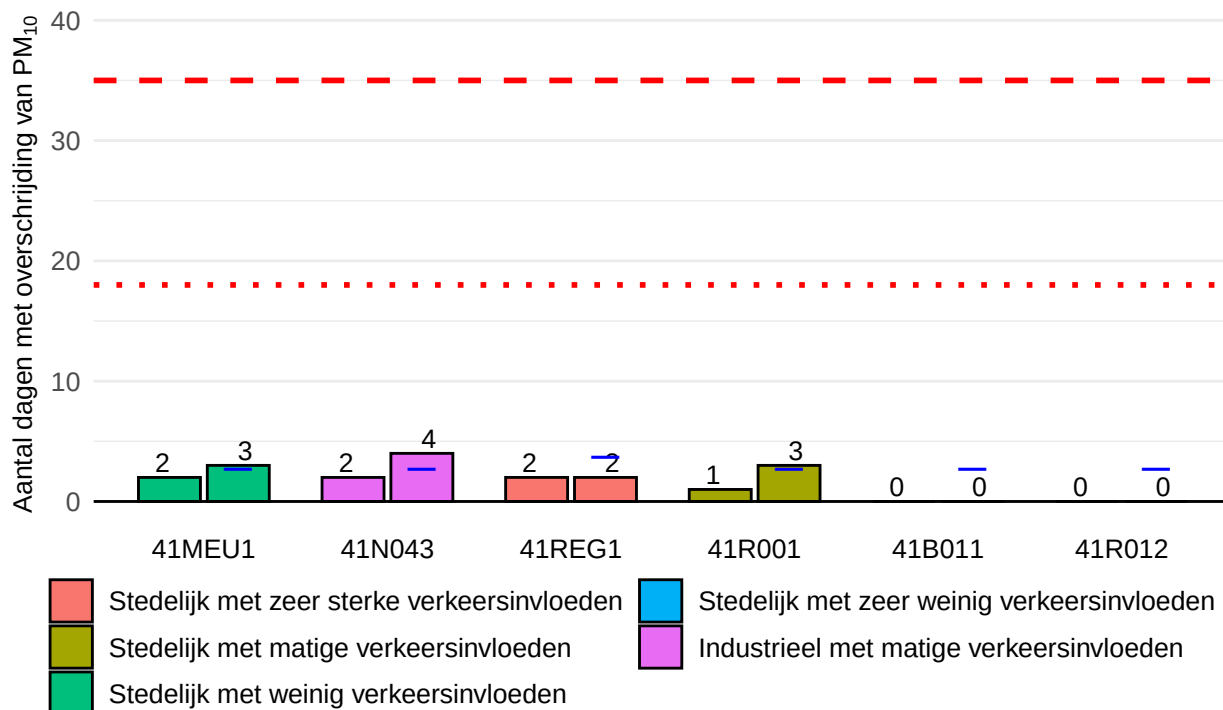


Figuur 4 – Jaargemiddelde PM₁₀-concentraties voor station in het BHG in 2023 [µg/m³]. De Europese jaarlijkse grenswaarde (40 µg/m³) wordt aangegeven door de rode onderbroken lijn. De voorgestelde Europese jaarlijkse grenswaarde voor 2030 (20 µg/m³) wordt aangegeven door de rode stippellijn. De door de WGO aanbevolen jaarlijkse waarde (15 µg/m³) wordt aangegeven door de blauwe stippellijn. De codes van de meetstations worden in het rood weergegeven wanneer niet aan de minimale gegevensregistratie van 85% is voldaan. Correspondentie tussen stationcodes wordt gegeven op pagina 20.

FIJNE DEELTJES PM_{2.5}

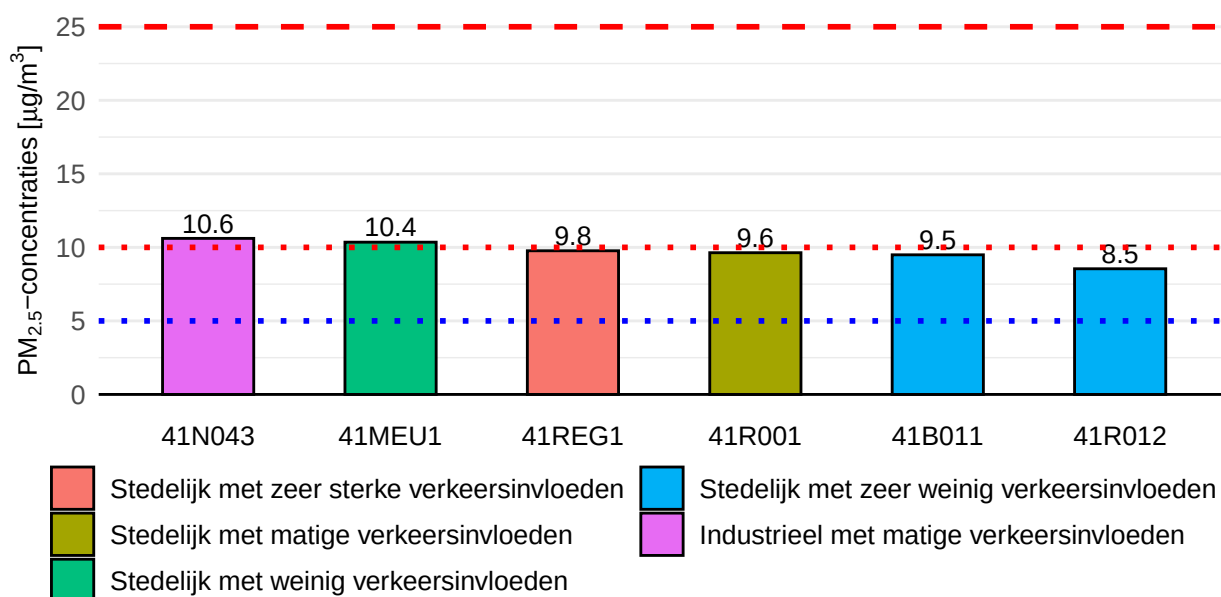
De jaarlijkse gemiddelde concentratie van PM_{2.5} per station in 2023 is weergegeven in Figuur 6. Het is te zien dat de jaarlijkse Europese grenswaarde van 25 µg/m³ voor alle meetstations ruimschoots wordt nageleefd. De





Figuur 5 – Linkerbalken: aantal dagen dat de PM₁₀-concentraties de Europese daggrenswaarde overschrijden (50 µg/m³) voor elk station in het BHG in 2023. Het toegestane aantal overschrijdingsdagen (35) wordt aangegeven met de rode onderbroken lijn. **Rechterbalken:** aantal overschrijdingsdagen van de door de WGO aanbevolen daggrenswaarde (45 µg/m³), identiek aan de voorgestelde Europese daggrenswaarde voor 2030. Het door de WGO aanbevolen aantal overschrijdingsdagen (3 tot 4, afhankelijk van de jaarlijkse gegevensvastlegging) wordt aangegeven met de blauwe lijn in de balken. Het aantal overschrijdingsdagen toegestaan door de voorgestelde daggrenswaarde voor 2030 (18) wordt aangegeven door de rode stippellijn. De codes van de meetstations worden in het rood weergegeven wanneer niet aan de minimale gegevensregistratie van 85% is voldaan. Correspondentie tussen stationcodes wordt gegeven op pagina 20.

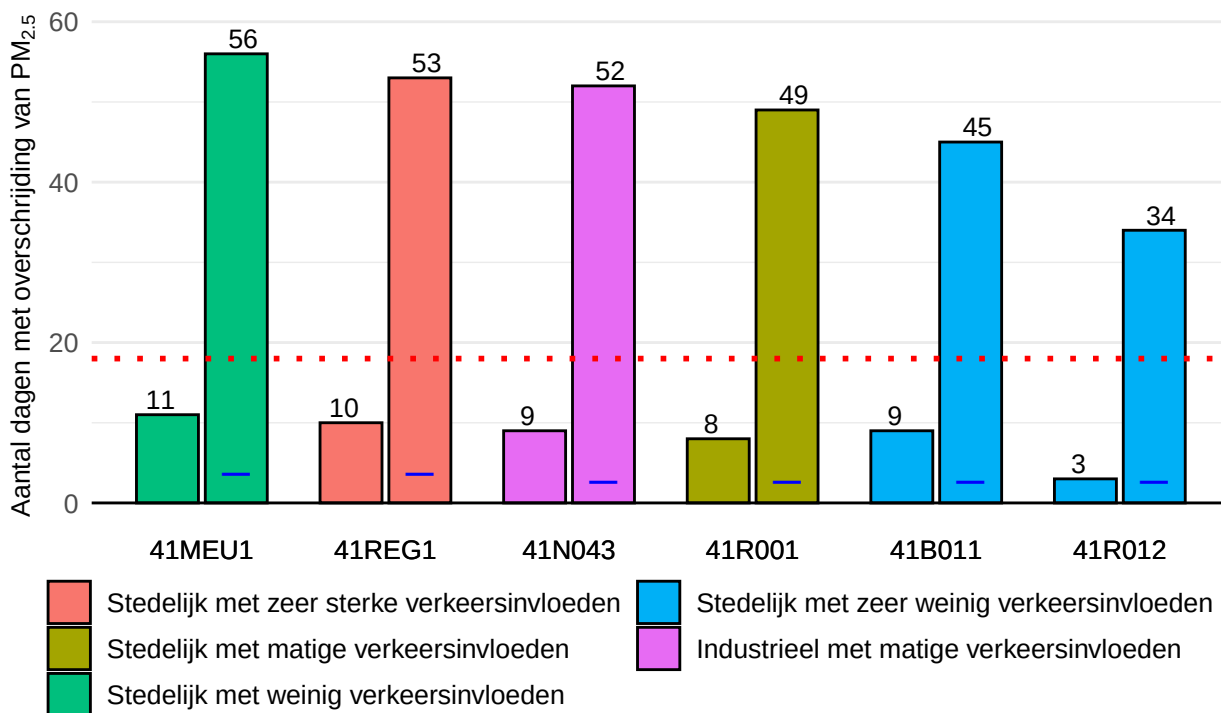
voor 2030 voorgestelde jaarlijkse Europese grenswaarde (10 µg/m³) wordt slechts in één meetstation licht overschreden. De door de WGO aanbevolen jaarlijkse grenswaarde (5 µg/m³) wordt in 2023 nergens in het BHG nageleefd.



Figuur 6 – Jaargemiddelde PM_{2.5}-concentraties voor elk station in het BHG in 2023 [µg/m³]. De jaarlijkse Europese grenswaarde (25 µg/m³) wordt aangegeven door de rode onderbroken lijn. De voorgestelde jaarlijkse Europese grenswaarde voor 2030 (10 µg/m³) wordt aangegeven door de rode stippellijn. De door de WGO aanbevolen jaarwaarde (5 µg/m³) wordt aangegeven door de blauwe stippellijn. De codes van de meetstations worden in het rood weergegeven wanneer niet aan de minimale gegevensregistratie van 85% is voldaan. Correspondentie tussen stationcodes wordt gegeven op pagina 20.



De Europese richtlijn 2008/50/EG voorziet niet in een dagwaarde voor $PM_{2.5}$. Er bestaat echter een voor 2030 voorgestelde Europese dagwaarde van $25 \mu g/m^3$ (18 toegestane overschrijdingen). Zoals te zien is in Figuur 7 wordt deze voorgestelde grenswaarde in alle stations in het BHG in 2023 nageleefd. De WGO beveelt op haar beurt een dagwaarde van $15 \mu g/m^3$ aan die niet meer dan 3 tot 4 keer per jaar mag worden overschreden, afhankelijk van de jaarlijkse gegevensverzameling. Deze waarde wordt ruimschoots overschreden in alle stations in het BHG in 2023, ook bij stations met een stedelijke achtergrond.



Figuur 7 – Linkerbalken: aantal overschrijdingsdagen van de voor 2030 voorgestelde Europese daggrenswaarde voor $PM_{2.5}$ ($25 \mu g/m^3$) voor elk station in het BHG in 2023. Het aantal toegestane overschrijdingsdagen (18) is aangegeven door de rode stippellijn. **Rechterbalken:** aantal overschrijdingsdagen van de door de WGO aanbevolen daggrenswaarde voor $PM_{2.5}$ ($15 \mu g/m^3$) voor elk station in het BHG in 2023. Het aantal door de WGO aanbevolen overschrijdingen (3 tot 4, afhankelijk van de jaarlijkse gegevensvastlegging) wordt aangegeven door de blauwe onderbroken lijn. De codes van de meetstations worden in het rood weergegeven wanneer niet aan de minimale gegevensregistratie van 85% is voldaan. Correspondentie tussen stationcodes wordt gegeven op pagina 20.

OZON (O_3)

Het aantal dagen met overschrijding van de drempelwaarde van $120 \mu g/m^3$ van het hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentratie is voor het jaar 2023 weergegeven in Figuur 8, evenals het gemiddelde over de afgelopen drie jaar (2021-2022-2023). Men kan vaststellen dat de Europese streefwaarde niet wordt overschreden in BHG (rechterbalken, d.w.z. het gemiddelde over drie jaar te vergelijken met de 25 toegestane overschrijdingen). De voor 2030 voorgestelde Europese streefwaarde (18 toegestane overschrijdingen) wordt ook nageleefd.

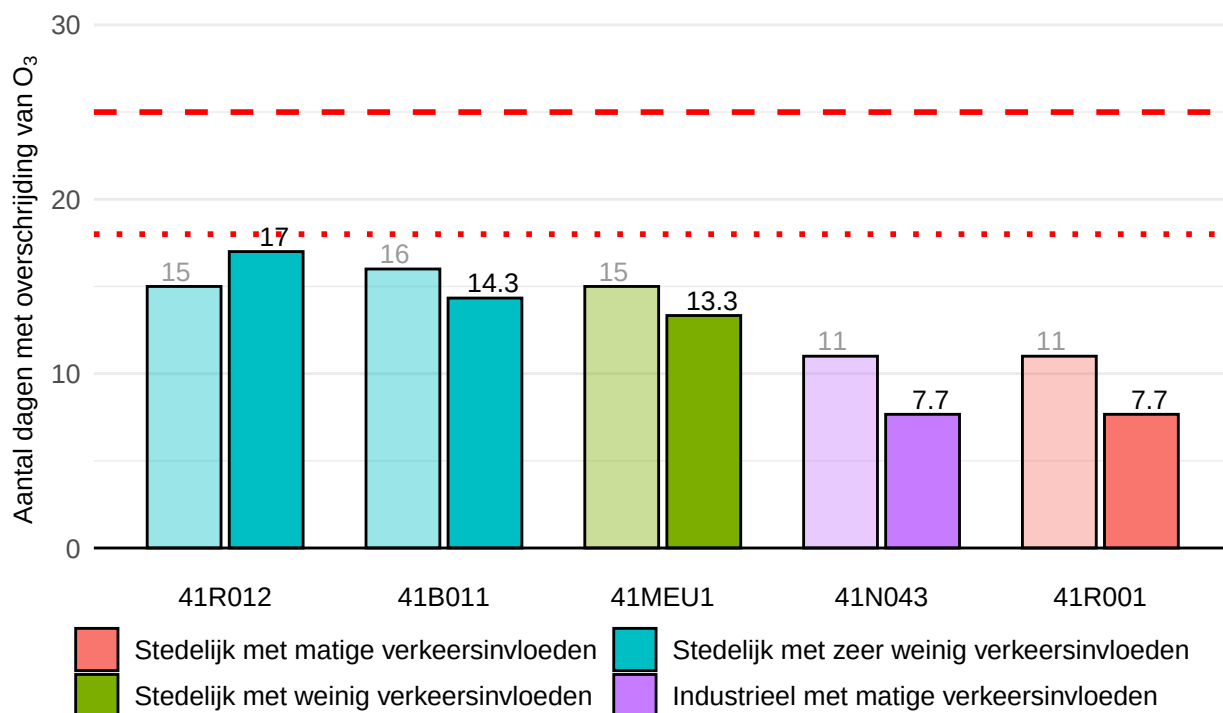
Het aantal dagen met overschrijdingen dat specifiek is voor het jaar 2023, wordt ook aangegeven door de balken aan de linkerkant. De stations met de laagste blootstelling aan wegverkeer, Ukkel (41R012), Sint-Agatha-Berchem (41B011) en Neder-Over-Heembeek (41MEU1), hebben de hoogste waarden, terwijl stations met een matige verkeersinvloed aanzienlijk lagere waarden hebben.

De door de WGO aanbevolen waarde (3 tot 4 aanbevolen overschrijdingen van het dagmaximum van het voortschrijdend gemiddelde over 8 uur van de drempelwaarde van $100 \mu g/m^3$) wordt daarentegen in geen enkel meetstation in het BHG nageleefd.

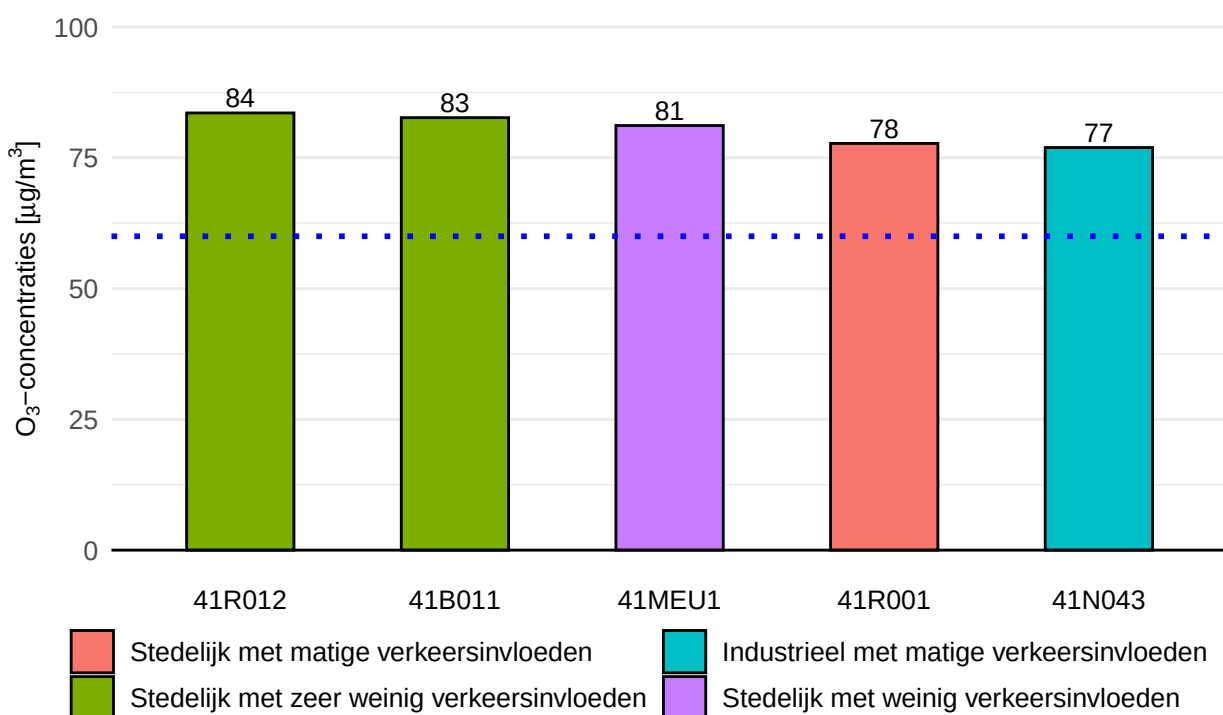
De WGO voorziet ook in een aanbevolen waarde voor de ozon piekperiode. De referentieperiode wordt gedefinieerd als het voortschrijdend gemiddelde over 6 maanden met het hoogste gemiddelde van het jaar, meestal van maart tot en met augustus. Het gemiddelde van de dagelijkse maxima van het 8-uurs voortschrijdend gemiddelde over deze referentieperiode is weergegeven in Figuur 9. Te zien is dat dit bij alle meetstations van het BHG wordt overschreden, zelfs bij de stations die het meest door het wegverkeer worden beïnvloed.

Tabel 1 vat het naleven van de Europese grens- en streefwaarden, de voor 2030 voorgestelde Europese grens- en streefwaarden en de aanbevolen waarden door het WGO in 2023 in het BHG samen.





Figuur 8 – Aantal dagen met overschrijding van de streefwaarde van $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor het dagmaximum van het voortschrijdend gemiddelde over 8 uur van O_3 (NET 60) voor elk meetstation in het BHG in 2023. De waarde rechts is het voortschrijdend gemiddelde over de afgelopen 3 jaar (2021-2022-2023), terwijl de waarde aan de linkerkant de waarde voor het jaar 2023 is. Het aantal jaarlijks toegestane overschrijdingsdagen (25), gemiddeld over drie jaar, is aangegeven door de rode onderbroken lijn. De voor 2030 voorgestelde Europese streefwaarde staat op haar beurt 18 overschrijdingsdagen toe, gemiddeld over drie jaar (rode stippellijn). De codes van de meetstations worden in het rood weergegeven wanneer niet aan de minimale gegevensregistratie van 85% is voldaan. Correspondentie tussen stationcodes wordt gegeven op pagina 20.



Figuur 9 – De referentieconcentratie over 6 maanden van het dagelijkse maximum van het 8-uurs voortschrijdend gemiddelde van de O_3 -concentraties voor elk station in het BHG in 2023. De referentieperiode is het hoogste voortschrijdende gemiddelde over zes maanden van de maandelijkse concentraties voor het betrokken jaar. De blauwe stippellijn geeft de door de WGO aanbevolen waarde van $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aan. Correspondentie tussen stationcodes wordt gegeven op pagina 20.



Tabel 1 – Samenvatting van de naleving van de Europese grens- en streefwaarden, de voor 2030 voorgestelde Europese grens- en streefwaarden en de aanbevolen waarden door het WGO in het BHG in 2023.

Verontreinigende stoffen	Periode	Europese Grens-/streefwaarde	Voor 2030 voorgestelde Europese grens-/streefwaarde	Door het WGO aanbevolen waarde
NO ₂	uur	✓	✓	✓
	dag		✗	✗
	jaar	✓	✗	✗
PM ₁₀	dag	✓	✓	✗
	jaar	✓	✓	✗
PM _{2.5}	dag		✓	✗
	jaar	✓	✗	✗
O ₃	dag	✓	✓	✗
	piekperiode			✗



HOOFDSTUK 1: INLEIDING

1.1 ACHTERGROND

Het toezicht op de luchtkwaliteit is, over het algemeen, de monitoring van de concentraties van verontreinigende stoffen die in de omgevingslucht aanwezig zijn. Met behulp van metingen van verontreinigende stoffen kan worden nagegaan of de concentraties voldoen aan de normen, die door de Europese Commissie werden opgelegd of waarden die door de WGO aanbevolen werden.

Er wordt een onderscheid gemaakt tussen de continue (telemetrische) meting van verontreinigende stoffen door automatische analysatoren en de niet telemetrische metingen, d.w.z. op basis van monsters die vervolgens in het laboratorium worden geanalyseerd (metingen op een vertraagde basis).

Dit verslag maakt deel uit van de telemetrische meting (in real time) in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (BHG) van de belangrijkste luchtverontreinigende stoffen die worden gereguleerd door de Europese richtlijn 2008/50/EG (zie punt 1.3), d.w.z. :

- stikstofdioxide (NO_2),
- zwevende of fijne deeltjes (PM_{10} et $\text{PM}_{2,5}$),
- ozon (O_3),
- koolstofmonoxide (CO),
- zwaveldioxide (SO_2)

en ook een niet-gereguleerde verontreinigende stof van wetenschappelijk belang: zwarte koolstof (*black carbon*, BC). Ter informatie: de verontreinigende stoffen die in het niet telemetrische netwerk van het BHG worden gemeten zijn polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's), vluchtige organische stoffen (VOS), zware metalen (waaronder lood), benzeen, levoglucosaan, chloride, ammoniak en zwarte rook.

Voor het meten van luchtverontreinigende stoffen worden door de Lidstaten meetstations ingericht. Deze meetstations zijn ruimtes of cabines die uitgerust zijn met alle nodige apparatuur om te fungeren als geautomatiseerde laboratoria die hun gegevens in real time doorsturen. Zij zijn daarom uitgerust met een bemonsteringslijn, die de verschillende luchtkwaliteitsanalysatoren voedt en die de eigenlijke metingen uitvoeren. Deze metingen worden opgeslagen in een systeem voor het verzamelen van metingen (SAM) en vervolgens worden alle metingen automatisch ieder half uur doorgestuurd naar het Laboratorium voor Luchtkwaliteit van Leefmilieu Brussel. De gegevens worden vervolgens realtime verspreid op de verschillende communicatieplatformen (website, apps, enz.).

1.2 IMMISSIECONCENTRATIES EN EMISSIES

In het algemeen meten de analysatoren van het telemetrisch netwerk de concentraties bij de immissie, d.w.z. na het „chemie transport” van de verontreinigende stoffen die door de verschillende bronnen worden uitgestoten (emissies). De term chemie-transport verwijst naar alle processen van dispersie en mogelijke chemische transformaties van verbindingen in de omgevingslucht. De meteorologische omstandigheden bepalen de kwaliteit van de dispersie en zijn dus bepalend voor de ontwikkeling van de concentraties.

De belangrijkste parameters waarmee rekening moet worden gehouden voor primaire verontreinigende stoffen (die rechtstreeks in de atmosfeer worden uitgestoten) zijn, op een zeer vereenvoudigde manier :

- windsnelheid, die bepalend is voor de kwaliteit van de horizontale verspreiding van verontreinigende stoffen,
- windrichting, die, afhankelijk van zijn oorsprong, lucht met een laag gehalte aan verontreinigende stoffen kan aanvoeren of omgekeerd, verontreinigende stoffen over lange afstanden kan verspreiden,



- de aan- of afwezigheid van een „thermische inversie”, d.w.z. een laag warme lucht die een laag koude lucht omhult en als „omhulsel” fungeert waardoor de verticale verspreiding van verontreinigende stoffen wordt voorkomen,
- de aan- of afwezigheid van neerslag, die de neiging zal hebben de lucht te wassen door verontreinigende stoffen naar de grond te voeren.

Het zonlicht is bovendien een bepalende factor bij de vorming van ozon, een secundaire verontreinigende stof, d.w.z. gevormd op basis van reeds in de lucht aanwezige verontreinigende stoffen (zie punt 5.1).

Door de gegevens over een langere periode te analyseren (b.v. 10 jaar) kan de invloed van de weersomstandigheden - die de schommelingen in de concentraties van jaar tot jaar toch verklaren - gedeeltelijk worden geneutraliseerd. De verbetering van de luchtkwaliteit op lange termijn die in het BHG, België en Noordwest-Europa is waargenomen, kan derhalve worden toegeschreven aan een daling van de emissies (die verband houdt met maatregelen en technologische verbeteringen).

1.3 EUROPESE REGELGEVING

De meting van de luchtkwaliteit vindt plaats in het kader van richtlijn 2008/50/EG [EU, 2008] en de wijziging van verschillende bijlagen bij richtlijn 2015/1480 [EU, 2015], aangevuld met het document van IPR-richtlijnen [European Commission, 2018] die de uitvoering van besluit 2011/850/EG [EU, 2011]¹ vergemakkelijkt. Hiermee wordt op Europees niveau en dit op éénduidige wijze volgende zaken gedefinieerd :

- de methoden die moeten worden gebruikt om de verschillende verontreinigende stoffen in de lucht te meten,
- hoe de meetstations op lokaal en globaal niveau moeten worden opgezet (micro- en macro-implantatiecriteria),
- verschillende drempelwaarden waaraan voor de betrokken verontreinigende stoffen moet worden voldaan, in het algemeen vastgesteld zowel voor kortstondige blootstelling als blootstelling op de lange termijn.

De verschillende door richtlijn 2008/50/EG opgelegde waarden zijn gegroepeerd in Tabel 1.1 (zie verder). Deze drempels kunnen zijn :

- **grenswaarden**, die niet mogen worden overschreden en juridisch bindend zijn²,
- **streefwaarden**, die zoveel mogelijk moeten worden bereikt, maar niet juridisch bindend zijn,
- doelstellingen op lange termijn, d.w.z. een concentratieniveau dat op lange termijn moet worden bereikt,
- informatie- en alarmdrempels, d.w.z. drempels die wanneer zij worden bereikt informatie vereisen voor het publiek of die leiden tot de invoering van maatregelen, die door de lidstaten worden bepaald.

In het kader van de herziening van richtlijn 2008/50/EG heeft de Europese Unie nieuwe streef- en grenswaarden voorgesteld die tegen 2030 behaald moeten worden (zie Tabel 1.2) [UE, 2022]. Deze nieuwe normen worden ten tijde van het opstellen van dit rapport nog besproken maar we stellen ze hier toch voor ter indicatie.

1.4 DE DOOR HET WGO AANBEVOLEN RICHTWAARDEN

Bij de vaststelling van de richtwaarden van de WGO wordt alleen rekening gehouden met de gezondheidseffecten van luchtverontreiniging en niet met de sociaal-economische haalbaarheid van het respecteren van de drempelwaarden - in tegenstelling tot de Europese normen in Richtlijn 2008/50/EG [EU, 2008].

De door de WGO aanbevolen waarden (2021) zijn gegroepeerd in Tabel 1.3 [WHO, 2021]. Het merendeel van deze waarden worden in België alleen gehaald op locaties met de laagste blootstelling aan verontreinigingsbronnen (voor primaire verontreinigende stoffen), zoals locaties met een landelijke achtergrond (bijvoorbeeld het station van Vielsalm).

1.5 DOELSTELLINGEN VAN HET RAPPORT

Het doel van dit verslag is de metingen van luchtverontreinigende stoffen te presenteren die in 2023 zijn verkregen met behulp van het telemetrisch netwerk in het BHG. Deze gegevens worden onder meer gebruikt om na te gaan waar het BHG staat ten opzichte van de naleving van de door de Europese Commissie opgelegde

¹De herziening van deze richtlijnen is lopende.

²De niet-naleving van deze waarden kan leiden tot financiële sancties.



normen en van de door de WGO aanbevolen richtwaarden. In dit verslag wordt ook de ontwikkeling van de verontreinigende stoffen in de afgelopen tien jaar geanalyseerd.

In hoofdstuk 2 wordt het telemetrisch meetnet voor de luchtkwaliteit in Brussel gedetailleerd beschreven aan de hand van de geschiedenis van dit netwerk, locaties van de stations en de omgeving van de meetstations. In hoofdstuk 3 tot en met 8 worden respectievelijk de resultaten gepresenteerd van de metingen van stikstofoxiden, van fijne deeltjes, van ozon, van zwarte koolstof, zwaveldioxide en koolstofmonoxide, en dit voor het jaar 2023 en de afgelopen tien jaar (2014 - 2023). Tot slot worden onze conclusies samengevat in hoofdstuk 9.

In dit verslag zijn de overeenkomsten tussen de namen van de stations en de codes van de meetstations te vinden in Tabel 2.1. De methode voor de berekening van de indicatoren en de presentatie ervan zijn te vinden in Bijlage A.

Tabel 1.2 – Europese luchtkwaliteitsnormen 2030 voor de bescherming van de menselijke gezondheid.

Polluent	Middelingstijd	Wettelijke concentraties	Opmerkingen
PM ₁₀	1 dag	Grenswaarde : 45 µg/m ³	18 toegestane overschrijdingsdagen
	1 dag	Informatiedrempel : 90 µg/m ³	Gemeten op 1 dag en 100 km ² of een volledige zone
	1 dag	Alarmdrempel : 90 µg/m ³	Gemeten tijdens drie opeenvolgende dagen en 100 km ² of een volledige zone
	Kalenderjaar	Grenswaarde : 20 µg/m ³	
PM _{2.5}	1 dag	Grenswaarde : 25 µg/m ³	18 toegestane overschrijdingsdagen
	1 dag	Informatiedrempel : 50 µg/m ³	Gemeten op 1 dag en 100 km ² of een volledige zone
	1 dag	Alarmdrempel : 50 µg/m ³	Gemeten tijdens drie opeenvolgende dagen en 100 km ² of een volledige zone
	Kalenderjaar	Grenswaarde : 10 µg/m ³	
O ₃	Dagelijks hoogste glijdend 8-uurgemiddelde	Streefwaarde : 120 µg/m ³	8 toegestane overschrijdingsdagen per jaar, gemiddelde berekend op 3 jaar
	Dagelijks hoogste glijdend 8-uurgemiddelde	Doelstelling op de lange termijn (2050) : 100 µg/m ³	Geen toegestane overschrijdingen
	1 uur	Informatiedrempel : 180 µg/m ³	
	1 uur	Alarmdrempel : 240 µg/m ³	
NO ₂	1 uur	Grenswaarde : 200 µg/m ³	3 toegestane overschrijdingsuren per jaar
	1 uur	Informatiedrempel : 150 µg/m ³	Gemeten op 1 uur en 100 km ² of een volledige zone
	1 uur	Alarmdrempel : 200 µg/m ³	Gemeten tijdens drie opeenvolgende uren en 100 km ² of een volledige zone
	Kalenderjaar	Grenswaarde : 20 µg/m ³	
SO ₂	1 uur	Grenswaarde : 350 µg/m ³	3 toegestane overschrijdingsuren per jaar
	1 uur	Informatiedrempel : 275 µg/m ³	Gemeten op 1 uur en 100 km ² of een volledige zone
	1 uur	Alarmdrempel : 350 µg/m ³	Gemeten tijdens drie opeenvolgende uren en 100 km ² of een volledige zone
	1 dag	Grenswaarde : 50 µg/m ³	18 toegestane overschrijdingsdagen per jaar



Tabel 1.2 – Europese luchtkwaliteitsnormen 2030 voor de bescherming van de menselijke gezondheid. (vervolg)

Polluent	Middelingstijd	Wettelijke concentraties	Opmerkingen
CO	Dagelijks hoogste glijdend 8-uurgemiddelde	Grenswaarde : 10 mg/m ³	
	1 dag	Grenswaarde : 4 mg/m ³	18 toegestane overschrijdingsdagen per jaar



Tabel 1.1 – Europese kwaliteitsnormen voor de omgevingslucht ter bescherming van de menselijke gezondheid [EU, 2008].

Polluent	Middelingstijd	Wettelijke concentratie	Opmerkingen
PM ₁₀	1 dag	Grenswaarde : 50 µg/m ³	35 toegestane overschrijdingsdagen per jaar
	Kalenderjaar	Grenswaarde : 40 µg/m ³	
PM _{2,5}	Kalenderjaar	Grenswaarde : 25 µg/m ³	
	Kalenderjaar	GBI : 20 µg/m ³	Gemiddelde-blootstellingsindex in 2015 (gemiddelde over de jaren 2013-2015)
	Kalenderjaar	Nationale reductiedoelstelling: 0-20 % blootstellingsvermindering	Gemiddelde-blootstellingsindex in 2020, het reductiepercentage is afhankelijk van de beginwaarde. Het reductiepercentage voor België is 20 %.
O ₃	Dagelijkse hoogste glijdend 8-uurgemiddelde	Streefwaarde : 120 µg/m ³	25 toegestane overschrijdingsdagen per jaar, gemiddeld over 3 jaar
	Dagelijkse hoogste glijdend 8-uurgemiddelde	Langetermijndoelstelling : 120 µg/m ³	geen overschrijdingen toegestaan
	1 uur	Informatiedrempel : 180 µg/m ³	
	1 uur	Alarmdrempel : 240 µg/m ³	
	1 uur	Alarmdrempel : 400 µg/m ³	Gemeten gedurende 3 opeenvolgende uren over een oppervlakte van 100 km ² of een geheel gebied
NO ₂	1 uur	Grenswaarde : 200 µg/m ³	18 toegestane overschrijdingsuren per jaar
	1 uur	Alarmdrempel : 400 µg/m ³	Gemeten gedurende 3 opeenvolgende uren over een oppervlakte van 100 km ² of een geheel gebied
	Kalenderjaar	Grenswaarde : 40 µg/m ³	
SO ₂	1 uur	Grenswaarde : 350 µg/m ³	24 toegestane overschrijdingsuren per jaar
	1 uur	Alarmdrempel : 500 µg/m ³	Gemeten gedurende 3 opeenvolgende uren over een oppervlakte van 100 km ² of een geheel gebied
	1 dag	Grenswaarde : 125 µg/m ³	3 toegestane overschrijdingsdagen per jaar
CO	Dagelijkse hoogste glijdend 8-uurgemiddelde	Grenswaarde : 10 mg/m ³	



Tabel 1.3 – De door de WGO aanbevolen waarden voor de luchtkwaliteit. De indicator voor de ozonpieken wordt gedefinieerd als het gemiddelde van het dagelijks hoogste glijdend 8-uurgemiddelde op de hoogste glijdende 6 maandenperiode van het jaar. De 3 tot 4 door de WGO aanbevolen overschrijdingen (volgens de jaarlijkse gegevensvastlegging) komen overeen met het 99e percentiel.

Polluent	Middelingsstijd	Aanbevolen waarde	Opmerkingen
PM ₁₀	Kalenderjaar	15 µg/m ³	
	1 dag	45 µg/m ³	3-4 overschrijdingsdagen per jaar
PM _{2,5}	Kalenderjaar	5 µg/m ³	
	1 dag	15 µg/m ³	3-4 overschrijdingsdagen per jaar
O ₃	Dagelijks hoogste glijdend 8-uurgemiddelde	100 µg/m ³	3-4 overschrijdingsdagen per jaar
	Piekperiode	60 µg/m ³	
NO ₂	Kalenderjaar	10 µg/m ³	
	1 dag	25 µg/m ³	3-4 overschrijdingsdagen per jaar
	1 uur	200 µg/m ³	Geen toegestane overschrijdingen
SO ₂	1 dag	40 µg/m ³	3-4 overschrijdingsdagen per jaar
	10 minuten	500 µg/m ³	
CO	1 dag	4 mg/m ³	3-4 overschrijdingsdagen per jaar
	8 uur	10 mg/m ³	
	1 uur	35 mg/m ³	
	15 minuten	100 mg/m ³	



HOOFDSTUK 2: TELEMETRISCH MEETNET

2.1 GESCHIEDENIS VAN HET MEETNET

Het telemetrisch meetnet is uitgerust met meetapparatuur dat continu functioneert en de aanwezigheid van een of meer specifieke luchtverontreinigende stoffen registreert. Deze meetsystemen maken het mogelijk de evolutie van de luchtkwaliteit op elk moment te observeren (real-time metingen).

Het telemetrisch meetnet van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (BHG) is de navolger van het nationaal meetnet voor de luchtkwaliteit, dat rond 1978 werd opgestart. Op 1 januari 1994 werd dit „nationale meetnet” ge-regionaliseerd. Sindsdien wordt het Brusselse meetnet beheerd door het departement „Laboratorium Lucht-kwaliteit” van Leefmilieu Brussel. Na deze overdracht van bevoegdheden bestond het meetnet van Leefmilieu Brussel uit zes meetstations. Vier van deze stations behoorden tot het nationale netwerk: Sint-Jans-Molenbeek (41R001), Ukkel (41R012) en de Voorhaven in Haren (41N043), operationeel sinds 1980 en het station van Elsene (41R002) operationeel sinds 1986. In 1992 richtte Leefmilieu Brussel twee extra stations in: Kunst-Wet (41B003) en Sint-Agatha-Berchem (41B011). Oorspronkelijk (in 1980) was het netwerk uitgerust voor het me-ten van gasvormige verontreinigingen SO_2 , NO , NO_2 en verontreiniging door fijne deeltjes en dit door optische meting. Een eerste apparaat voor het meten van ozon werd in 1986 in Ukkel in gebruik genomen.

Sinds 1994 is het meetnet in het BHG uitgebreid. Er zijn meetinstrumenten toegevoegd aan de stations om de concentraties van O_3 , CO , CO_2 en fijne deeltjes PM_{10} en $\text{PM}_{2.5}$ te bepalen. Aanvullende meetstations wer-den geïnstalleerd in Sint-Lambrechts-Woluwe (41WOL1) in maart 1994 en in het park Meudon te Neder-Over-Heembeek (41MEU1) in oktober 1999. Bovendien werd in januari 1996 door Electrabel een meetstation op-gericht in Vorst (47E013), maar de gegevens daarvan worden beheerd door de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM).

In de periode 2000-2002 werd het netwerk verder uitgebreid. In december 2000 werd een meetstation geïnstal-leerd in het metrostation Sint-Katelijne (41B004), gevolgd door een meetstation bij het EU Parlement (41B006) in september 2001 en een extra station in de buurt van het Parlement in december 2001 (Eastman - 41B005, dat in 2013 Belliard - 41B008 zal worden, na de renovatie van het Eastman-gebouw). Het station Kunst-Wet (41B003), dat moest worden ontmanteld wegens werkzaamheden aan het metrostation in 2009, werd in 2016 opnieuw geïnstalleerd met een nieuwe luchtinlaat (41B001).

Het station van Sint-Lambrechts-Woluwe werd in 2020 gesloten in verband met de verhuis van het Laborato-rium Luchtkwaliteit van Leefmilieu Brussel naar een andere locatie. In 2021 werden twee nieuwe meetstations geïnstalleerd in het BHG: het station Regent (41REG1), gelegen aan de binnenring, werd geïnstalleerd in sep-tember, en het station Ganshoren (41CHA1), gelegen aan de Keizer Karellaan, werd geïnstalleerd in oktober. Tot slot werd er in mei 2022 een nieuw meetstation geïnstalleerd in het BHG: het station van de Charles Buls school (41BUL1), eveneens gelegen aan de binnenring.

2.2 STATIONS EN MILIEUTYPEN

Het door Leefmilieu Brussel beheerde meetnet omvat 11 meetstations, waaraan de twee stations 41B006 en 41B008 zijn toegevoegd en die sinds 2018 worden beheerd door een particuliere onderneming, dit in het kader van de realisatie van een „waarnemingspost voor de luchtkwaliteit” door het Europees Parlement. Deze stations omvatten de belangrijkste milieutypen die in stedelijke gebieden voorkomen (zie Tabel 2.1). Figuur 2.1 toont een kaart van de meetstations van het telemetrisch netwerk.

2.3 GEMETEN VERONTREINIGEND STOFFEN PER MEETSTATION

Alle reglementaire verontreinigende stoffen worden gemeten in BHG en het aantal meetpunten overtreft de eisen van de Europese richtlijn 2008/50/EG. Bij de configuratie van het netwerk wordt rekening gehouden met zowel de technische beperkingen in verband met de meetapparatuur als de relevantie van de meetlocaties voor elke verontreinigende stof. Het is bijvoorbeeld zinvol de ozonconcentratie te meten op een plaats met weinig



Tabel 2.1 – Stations per type omgeving

Stationsomgeving	Station(s)
Stedelijk met zeer weinig verkeersinvloeden	41R012 - Ukkel 41B011 - Sint-Agatha-Berchem
Stedelijk met weinig verkeersinvloeden	41MEU1 - Neder-Over-Heembeek (Meudonpark) 41B006 - EU Parlement (niet beheerd door LB)
Stedelijk met matige verkeersinvloeden	41R001 - Sint-Jans-Molenbeek 41B004 - Sint-Katelijne
Stedelijk met sterke verkeersinvloeden	41R002 - Elsene 41CHA1 - Ganshoren 41BUL1 - Charles Buls school
Stedelijk met zeer sterke verkeersinvloeden	41B008 - Belliardstraat (niet beheerd door LB) 41B001 - Kunst-Wet 41REG1 - Regent
Industrieel met matige verkeersinvloeden	41N043 - Haren (Voorhaven)



Figuur 2.1 – Kaart van de meetstations van het telemetrisch netwerk. De stations 41B006 en 41B008, die in het blauw zijn aangegeven, worden niet beheerd door Leefmilieu Brussel.

verkeer in plaats van op een plaats met veel verkeer (zie hoofdstuk 5). Als gevolg daarvan meten niet alle stations alle voorgeschreven verontreinigende stoffen.

Naast de wettelijk verplichte verontreinigende stoffen stikstofoxiden (NO_x), ozon (O_3), koolstofmonoxide (CO), zwaveldioxide (SO_2), fijne deeltjes PM_{10} en $\text{PM}_{2.5}$, registreert een aantal meetstations ook zwarte koolstof (BC). Tabel 2.2 geeft een overzicht van de verontreinigende stoffen die zijn gemeten in elk station dat door Leefmilieu Brussel wordt beheerd.



Tabel 2.2 – Gemeten verontreinigende stoffen voor elk door Leefmilieu Brussel beheerd station.

Station	O ₃	NO, NO ₂	CO	SO ₂	PM ₁₀	PM _{2,5}	BC
41B001		✓					
41B004		✓					
41B011	✓	✓			✓	✓	
41BUL1		✓					
41CHA1		✓					
41MEU1	✓	✓			✓	✓	
41N043	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
41R001	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
41R002		✓					✓
41R012	✓	✓		✓	✓	✓	✓
41REG1		✓			✓	✓	
Totaal / pollutent	5	11	2	3	6	6	4

2.4 BESCHRIJVING VAN DE MEETSTATIONS

2.4.1 Ukkel (41R012)

Het station wordt gekenmerkt door een stedelijke omgeving met zeer weinig verkeersinvloeden (station met „stedelijke achtergrond”). De belangrijkste verkeersas in de omgeving van het station is de Ringlaan, maar dit station wordt niet rechtstreeks aan bronnen blootgesteld (verkeer of andere). Het station heeft een residentieel karakter en houtverbranding zal naar verwachting van invloed zijn op de BC-concentraties op de koudste dagen (haardvuur, enz.).

2.4.2 Sint-Agatha-Berchem (41B011)

Het station wordt gekenmerkt door een stedelijke omgeving met zeer weinig verkeersinvloeden (station met „stedelijke achtergrond”). Het station is gelegen in een bijzonder rustige woonomgeving, naast een begraafplaats. Aangezien er een bebost gebied in de onmiddellijke nabijheid is, kunnen we verwachten dat de vegetatie (b.v. pollen) een invloed zal hebben op de concentraties van fijne deeltjes, voornamelijk tijdens het groeiseizoen van de vegetatie.

2.4.3 Neder-Over-Heembeek (Meudon park, 41MEU1)

Het station wordt gekenmerkt door een stedelijke omgeving met weinig invloed van het verkeer. Het is gelegen in het Meudon park. De omgeving van dit station is residentieel. Historisch gezien was dit station opgesteld stroomafwaarts van de heersende winden ten opzichte van de verbrandingsoven van Haren, op ongeveer 1,5 km afstand ervan, om mogelijke effecten op de luchtkwaliteit in aangrenzende woongebieden te kunnen waarnemen. Gezien de onmiddellijke nabijheid van een bosrijke omgeving (nl. een park), kunnen we verwachten dat de vegetatie (b.v. pollen) een invloed zal hebben op de concentraties van fijne deeltjes, voornamelijk tijdens het groeiseizoen van de vegetatie.

2.4.4 Europees Parlement (niet beheerd door Leefmilieu Brussel, 41B006)

Als onderdeel van haar exploitatievergunning is het Europees Parlement verplicht een „waarnemingscentrum voor de luchtkwaliteit” op te richten. Het station van het EU Parlement is één van de twee stations van deze waarnemingspost. Het onderhoud en de controle van dit station worden beheerd door een particuliere onderneming.

Het station wordt gekenmerkt door een stedelijke omgeving met weinig verkeersdruk. Het is gelegen op het terrein van het Europees Parlement. Ondanks de relatieve nabijheid van belangrijke verkeerswegen (waaronder de Belliardstraat) profiteert het station van een „afschermingseffect” door de omringende massieve gebouwen; waardoor het slechts weinig hinder ondervindt van het verkeer.



2.4.5 Sint-Jans-Molenbeek (41R001)

Het station wordt gekenmerkt door een stedelijke omgeving met matige verkeersinvloeden. De belangrijkste verkeersader in de omgeving van het station is de Ninoofse Steenweg. Bovendien kan ook de doorvaart van schepen door de sluis een invloed hebben op de gemeten concentraties (van SO₂ in het bijzonder) door zuid-oostelijke tot zuidwestelijke winden.

2.4.6 Sint-Katelijneplein (41B004)

Het station wordt gekenmerkt door een stedelijke omgeving met matige verkeersinvloeden. Het station bevindt zich op het Sint-Katelijneplein in het centrum van Brussel. Stedelijke evenementen (kerstmarkt, concerten, ...) en leveringen aan winkels in de buurt van het station, beïnvloeden de concentraties van verontreinigende stoffen van het wegverkeer.

2.4.7 Haren (41N043)

Het station wordt gekenmerkt door een industriële omgeving met matige verkeersinvloeden. De belangrijkste weg in de omgeving van het station is de Vilvoordsesteenweg. De specifieke omgeving van het station is het resultaat van de omliggende industrieterreinen, de voorhaven en de doortocht van vrachtwagens. Het gebied is bijzonder gevoelig voor de opwaaiing van deeltjes. Daarom zijn de concentraties van zwevende deeltjes in de grove fractie (2.5-10 µm) daar over het algemeen hoger dan op de andere meetpunten. Bovendien kan de doorvaart van schepen (door de sluis) een invloed hebben op de gemeten concentraties (van SO₂ in het bijzonder) en dit door de noorderwind.

2.4.8 Elsene (41R002)

Het station wordt gekenmerkt door een stedelijke omgeving met een sterke verkeersinvloeden. De belangrijkste verkeersas in de omgeving van het station is de Kroonlaan, die ook een „canyon-straat”¹ is.

2.4.9 Ganshoren (41CHA1)

Het station wordt gekenmerkt door een stedelijke omgeving met een sterke verkeersinvloed. Het station ligt langs de Keizer Karellaan, een belangrijke doorgaande as in het BHG die tevens een matig diepe „canyon” laan is.

2.4.10 Charles Buls school (41BUL1)

Het station wordt gekenmerkt door een stedelijke omgeving met een sterke verkeersinvloed. Het station ligt in de Charles Buls school aan de Zuidlaan op de kleine Brusselse ring.

2.4.11 Boulevard du Régent (41REG1)

Het station wordt gekenmerkt door een stedelijke omgeving met een zeer sterke verkeersinvloed. Het station ligt immers in de onmiddellijke nabijheid van de kleine Brusselse ring ter hoogte van een uitgang van een tunnel.

2.4.12 Belliardstraat (niet beheerd door Leefmilieu Brussel, 41B008)

Als onderdeel van zijn exploitatievergunning is het Europees Parlement verplicht een „waarnemingscentrum voor de luchtkwaliteit” op te richten. Het Belliard-station (41B008) is een van de twee stations van dit observatorium. Het onderhoud en de controle van dit station worden beheerd door een particuliere onderneming. Het station wordt gekenmerkt door een stedelijke omgeving met een zeer sterke verkeersinvloed. Het station ligt langs Belliardstraat, een belangrijke verkeersader met vijf rijstroken. Bovendien is de Belliardstraat een diepe „canyonstraat”.

Dit station voldoet niet aan de uitvoeringscriteria van richtlijn 2008/50/EG en wordt niet in aanmerking genomen voor het jaarlijkse verslag over de luchtkwaliteit aan de Europese Commissie. Het station Belliard ligt immers op minder dan 25 meter van het verkeerslicht gelegen op het kruispunt van de Ardenne- en de Belliardstraat en beantwoordt dus niet aan de Europese criteria voor de aanleg van stations. De metingen op deze plaats worden derhalve beïnvloed door het stoppen en starten van voertuigen in het verkeer. Als gevolg daarvan, wordt dit station niet opgenomen bij de evaluatie van de naleving van de Europese normen.

¹ ofwel een drukke straat met veel gebouwen die de verspreiding van verontreinigende stoffen belemmeren



2.4.13 Kunst-Wet (41B001)

De keuze van de locatie van het meetstation, die werd gemaakt in 1992, zeven jaar vóór de vaststelling van richtlijn 1999/30/EG, had tot doel de luchtverontreiniging door het wegverkeer te bestuderen. De luchtkwaliteit op dit knooppunt wordt immers rechtstreeks beïnvloed door de emissies van het plaatselijke verkeer. De resultaten van deze metingen leveren zeer interessante informatie op over dit onderwerp, maar kunnen niet worden geïnterpreteerd als representatief voor de blootstelling van de Brusselse bevolking. Doel was om aan de hand van de ontwikkeling van de concentraties op middellange en lange termijn een beter inzicht te krijgen wat betreft de invloed van het verkeer op de luchtkwaliteit en het mogelijke positieve effect van emissiebeperkende maatregelen in de sector wegverkeer.

Sinds de herinrichting van het kruispunt in 2003 bevindt de luchtinlaat van dit meetstation (41B003) zich boven de uitgang van de tunnel en dus nog dicht bij het wegverkeer. Dit heeft geleid tot nog hogere concentraties dan voorheen, met name van NO₂. Als gevolg van de bouwwerkzaamheden aan de metro „Kunst-Wet”, moest in 2009 het meetstation 41B003 worden stilgelegd. Zodra de verbouwing van het metrostation was voltooid, heeft de MIVB een nieuwe technische ruimte voorgesteld voor de installatie van meetinstrumenten. Het station „Kunst-Wet” zou in december 2016 weer in gebruik kunnen worden genomen. In vergelijking met de plaats van vóór de werkzaamheden is de luchtinlaat verplaatst en bevindt deze zich nu op het kruispunt tussen de Regentlaan en de Wetstraat. Dit verklaart de wijziging van de code van het meetstation, nu geïdentificeerd met 41B001. Het station wordt dus gekenmerkt door een stedelijke omgeving met een zeer sterke verkeersinvloed. Het ligt direct op het kruispunt tussen de binnenring en de Wetstraat, een belangrijke verkeersader. Men kan er het effect van intensief verkeer meten, en dit ook 's nachts (verhoudingsgewijs een intense activiteit in vergelijking met de andere meetlocaties).

Dit station voldoet niet aan de uitvoeringscriteria van richtlijn 2008/50/EG en wordt niet in aanmerking genomen voor het jaarlijkse verslag over de luchtkwaliteit aan de Europese Commissie. Het bevindt zich immers op minder dan 25 meter van het kruispunt Kunst-Wet en is dus enkel representatief voor de uiterst plaatselijke verontreiniging in de omgeving van het kruispunt, waar het zich bevindt, maar niet voor de luchtkwaliteit in de omliggende omgeving. Bovendien kan het station Kunst-Wet, gezien zijn ligging op een kruispunt, niet als representatief worden beschouwd voor blootstelling van de bevolking gedurende een aanzienlijke periode van de dag. Als algemene regel geldt dat de blootstelling aan verontreinigende stoffen op een dergelijke locatie beperkt blijft tot enkele minuten per dag.



HOOFDSTUK 3: STIKSTOFOXIDEN

3.1 AARD VAN DE VERONTREINIGENDE STOF

Stikstofoxiden zijn het gasvormige mengsel van stikstofmonoxide (NO) en stikstofdioxide (NO₂) :

$$[\text{NO}_x] = [\text{NO}_2] + [\text{NO}] (\text{ppbV}) \quad (3.1)$$

Stikstofoxiden ontstaan bij alle verbrandingsprocessen in de atmosfeer. Het grootste deel van de stikstofoxiden wordt over het algemeen als NO uitgestoten (hoewel ook NO₂ wordt geproduceerd), behalve bij dieselmotoren, waar de NO₂/NO_x-verhouding tot 60% kan oplopen. NO₂ ontstaat meestal door de oxidatie van NO. In het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (BHG) zijn de belangrijkste bronnen van stikstofoxiden, het wegverkeer (47% van de totale emissies voor het jaar 2022) en in het bijzonder dieselmotoren, de verwarming van gebouwen (33%) en, in mindere mate, de energieproductie (9%) en de industrie (7%) [Leefmilieu Brussel, 2020a].

Tijdens de verbranding, ter hoogte van de vlam (bij hoge temperaturen, boven 600°C), is NO de meest stabiele thermodynamische verbinding, hoewel het rendement van de reactie pas echt hoog is bij veel hogere temperaturen (boven 1000°C), zoals bij een blikseminslag.



Dicht bij de vlam maar juist erbuiten, bij lagere temperaturen (d.w.z. in het bereik van 200 tot 400°C), wordt een deel van het gevormde NO reeds geoxideerd tot NO₂ door het zuurstofoverschot :



In de omgevingslucht wordt NO door atmosferische zuurstof langzaam geoxideerd tot NO₂ (via dezelfde reactie (3.3)) en sneller in aanwezigheid van ozon (O₃) :



NO₂ is de meest stabiele thermodynamische verbinding in de omgevingslucht. Anderzijds is het nauwelijks oplosbaar in water en wordt het niet doeltreffend verwijderd door precipitatie. In tegenstelling tot NO blijft NO₂ dus lang in de atmosfeer aanwezig en kan het over grote afstanden worden verspreid. NO daarentegen blijft gelokaliseerd in de buurt van zijn emissiebronnen. Met andere woorden, de ruimte-tijdprofielen van NO₂ zijn homogener dan die van NO.

Stikstofoxiden zijn ook betrokken bij de vorming van ozon. Zij zijn **precursoren** van ozon in de troposfeer, net als vluchtige organische stoffen (zie hoofdstuk 5). Zij kunnen ook worden omgezet in nitraten (NO₃⁻) en betrokken zijn bij de vorming van secundaire deeltjes door reactie met ammonium (zelf gevormd uit ammoniak NH₃ in de atmosfeer) wanneer de meteorologische omstandigheden gunstig zijn (zie hoofdstuk 4). De afzetting van stikstofdioxide (droog of nat na omzetting in nitraat) draagt ook bij tot de verzuring en eutrofiëring van ecosystemen wanneer het daar direct of indirect wordt afgezet, hetzij door de afzetting van salpeterzuur HNO₃.

Uit gezondheidsoogpunt is NO in de lucht minder toxisch dan NO₂ [WHO, 2013] en maakt het geen deel uit van de regelgeving of aanbevelingen. Anderzijds kan NO₂ oog-, neus- en keelirritatie veroorzaken en bij inademing ook longirritatie en een verminderde longfunctie [WHO, 2020], [EEA, 2019].



3.2 EUROPESE REGLEMENTERING EN WAARDEN DIE DOOR DE WGO WORDEN AANBEVOLEN

In de praktijk is alleen NO₂ op Europees niveau gereguleerd en gelden daarvoor de door de WGO aanbevolen waarden, voor NO niet. De meting van NO₂ maakt deel uit van de Europese richtlijn 2008/50/EG (en de herziening daarvan 2015/1480/EG). De richtlijn voorziet in twee grenswaarden, alleen voor stikstofdioxide, die op 1/1/2010 in werking zijn getreden:

- een uurgrenswaarde van 200 µg/m³ die niet meer dan 18 keer per jaar mag worden overschreden (18 uur toegestaan),
- een jaargrenswaarde van 40 µg/m³.

De Europese grenswaarden voorgesteld voor 2030 zijn de volgende:

- een uurgrenswaarde van 200 µg/m³ die niet meer dan 3 keer per jaar mag worden overschreden (3 uur toegestaan),
- een daggrenswaarde van 50 µg/m³ die niet meer dan 18 keer per jaar mag worden overschreden (18 dagen toegestaan),
- een jaargrenswaarde van 20 µg/m³.

De door de WGO aanbevolen waarden voor stikstofdioxide (2021) zijn:

- een aanbevolen uurwaarde van 200 µg/m³, die niet mag worden overschreden,
- een dagelijkse aanbevolen waarde van 25 µg/m³ (3 tot 4 aanbevolen overschrijdingen, afhankelijk van de jaarlijkse gegevensvastlegging, overeenkomend met het 99e percentiel),
- een aanbevolen jaarwaarde van 10 µg/m³.

Er zij op gewezen dat deze aanbevolen waarden uiterst streng zijn, vooral voor stedelijke omgevingen.

3.3 HUIDIGE METINGEN

In dit deel analyseren we de stikstofdioxideconcentraties in het jaar 2023, in het bijzonder met betrekking tot de Europese grenswaarden en de door de WGO aanbevolen waarden.

De volgende algemene opmerkingen kunnen worden gemaakt:

- tussen 2018 en 2019 is de jaarlijkse stikstofdioxideconcentratie in de meetstations gemiddeld met ongeveer 10% gedaald,
- tussen 2019 en 2020 is de jaarlijkse stikstofdioxideconcentratie gemiddeld met ongeveer 25% gedaald,
- tussen 2020 en 2021 is de jaarlijkse stikstofdioxideconcentratie gemiddeld met ongeveer 10% gestegen,
- tussen 2021 en 2022 is de jaarlijkse stikstofdioxideconcentratie gemiddeld met ongeveer 7% gedaald en,
- tussen 2022 en 2023 is de jaarlijkse stikstofdioxideconcentratie gemiddeld met ongeveer 11% gedaald.

Deze resultaten worden samengevat in Tabel 3.1.

Tabel 3.1 – Evolutie van de jaarlijkse stikstofdioxideconcentratie gemiddeld in de meetstations.

Periode	Evolutie
2018 - 2019	-10%
2019 - 2020	-25%
2020 - 2021	+10%
2021 - 2022	-7%
2022 - 2023	-11%

In de periode 2018–2023 bedroeg de gemiddelde daling van de concentraties gemiddeld 8% per jaar.

Derhalve kan worden geconstateerd dat de daling van de concentraties tussen 2019 en 2020 uitzonderlijk sterk was. Dat effect was grotendeels te wijten aan de inperkingsmaatregelen (meer of minder streng, afhankelijk van de tijd van het jaar) die in het kader van de COVID-19-pandemie werden genomen en die een opmerkelijk effect hadden op de intensiteit van het wegverkeer [Leefmilieu Brussel, 2020b]. In 2021 is de stikstofdioxideconcentratie gestegen in vergelijking met 2020, met name door de geleidelijke hervatting van de activiteiten.



In feite zetten de concentraties stikstofoxiden hun neerwaartse trend in 2021 voort in vergelijking met 2019 en de voorgaande jaren, maar ze keren terug naar een daling van een normale orde van grootte in vergelijking met wat tussen 2019 en 2020 werd waargenomen. In 2023 heeft de daling van de stikstofdioxideconcentratie in het BHG zich voortgezet: voor het derde jaar op rij voldeden alle meetstations aan de jaarlijkse Europese grenswaarde van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ondanks de opening van twee nieuwe stedelijke meetstations die sterk beïnvloed worden door het wegverkeer.

3.3.1 Grenswaarde per jaar

De gemiddelde jaarlijkse NO_2 -concentraties worden in Figuur 3.1 gepresenteerd voor alle meetstations in het BHG in 2023¹.

We stellen vast dat alle meetstations van het telemetrisch netwerk (alsook die welke niet door Leefmilieu Brussel worden beheerd) voldoen aan de jaarlijkse Europese grenswaarde van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De stations Regent (41REG1) en Kunst-Wet (41B001), stedelijk die sterk beïnvloed worden door het wegverkeer, geven logischerwijze hogere jaarlijkse concentraties weer met respectievelijk $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Daarna volgen het station Belliardstraat (41B008) en het station Ganshoren (41CHA1), met $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, beiden ook stedelijk die respectievelijk zeer sterk en sterk beïnvloed worden door het wegverkeer. De stations van Elsene (41R002), stedelijk en sterk beïnvloed door het wegverkeer, Haren (41N043), industrieel met een matige verkeersinvloed, en Sint-Jans-Molenbeek (41R001), stedelijk en matig beïnvloed door het wegverkeer, registreren licht lagere waarden die gaan van 21 tot $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Het station Sint-Katelijne (41B004), stedelijk met een matige invloed verkeersinvloed, alsook de stations van het EU Parlement (41B006) en Neder-Over-Heembeek (41MEU1), stedelijk met een geringe verkeersinvloed registreren concentraties gaande van 17 tot $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tenslotte worden in de stedelijke stations met een zeer geringe verkeersinvloed (stedelijke achtergrondstations) logischerwijs de laagste jaargemiddelde concentraties in het BHG geregistreerd, namelijk $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in het station van Sint-Agatha-Berchem (41B011) en $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in het station van Ukkel (41R012).

Als we deze concentraties vergelijken met de door de WGO aanbevolen jaarlijkse waarde van $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (2021), dan worden deze allemaal overschreden in alle meetstations van het BHG, zelfs in de stations die het minst aan het wegverkeer zijn blootgesteld. De aanbevolen jaarlijkse waarde van $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ is zeer streng, en lijkt in 2023 onhaalbaar in een stedelijke omgeving. In het algemeen geven landelijke achtergrondlocaties, zoals het station van Vielsalm, een schatting van de Europese (grensoverschrijdende) achtergrondverontreiniging. In 2023 registreerden deze een jaargemiddelde concentratie van $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dit betekent dat er voor alle andere bijkomende bronnen slechts een marge van $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ overblijft om aan de jaarlijkse WGO-advieswaarde van $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ te voldoen.

Tot slot, als we deze waarden vergelijken met de voorgestelde jaarlijkse grenswaarde voor 2030 van $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, zien we dat alle stedelijke stations met een geringe en zeer geringe verkeersinvloed deze waarde respecteren. Hetzelfde geldt voor het station Sint-Katelijne, stedelijk met een matige invloed verkeersinvloed. Alle andere stations overschrijden deze waarde, licht of ruim afhankelijk van hun blootstelling aan het verkeer.

3.3.2 Uurgrenswaarde

De Europese uurgrenswaarde voor NO_2 van $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, die niet meer dan 18 keer per jaar mag worden overschreden, wordt al meer dan 10 jaar nageleefd in het BHG (zie punt 3.4.2). Aan de door de WGO aanbevolen waarde per uur, die geen overschrijding per jaar toestaat, wordt ook in 2023 voldaan (zie Figuur 3.2). De voorgestelde Europese grenswaarde voor 2030 is ook $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, met drie toegestane overschrijdingen, en wordt dus ook nageleefd in 2023. Er moet worden opgemerkt dat een eenmalige overschrijding van de uurgrenswaarde gewoon te wijten kan zijn aan een lokale bron die gedurende een korte periode veel NO_2 in de omgeving van het station heeft uitgestoten, zoals bijvoorbeeld door bouwwerkzaamheden of een geparkeerde vrachtwagen. We zien dat de maximale uurgrenswaarde ($131 \mu\text{g}/\text{m}^3$) werd geregistreerd in het station Kunst-Wet, dat zeer sterk beïnvloed wordt door het wegverkeer.

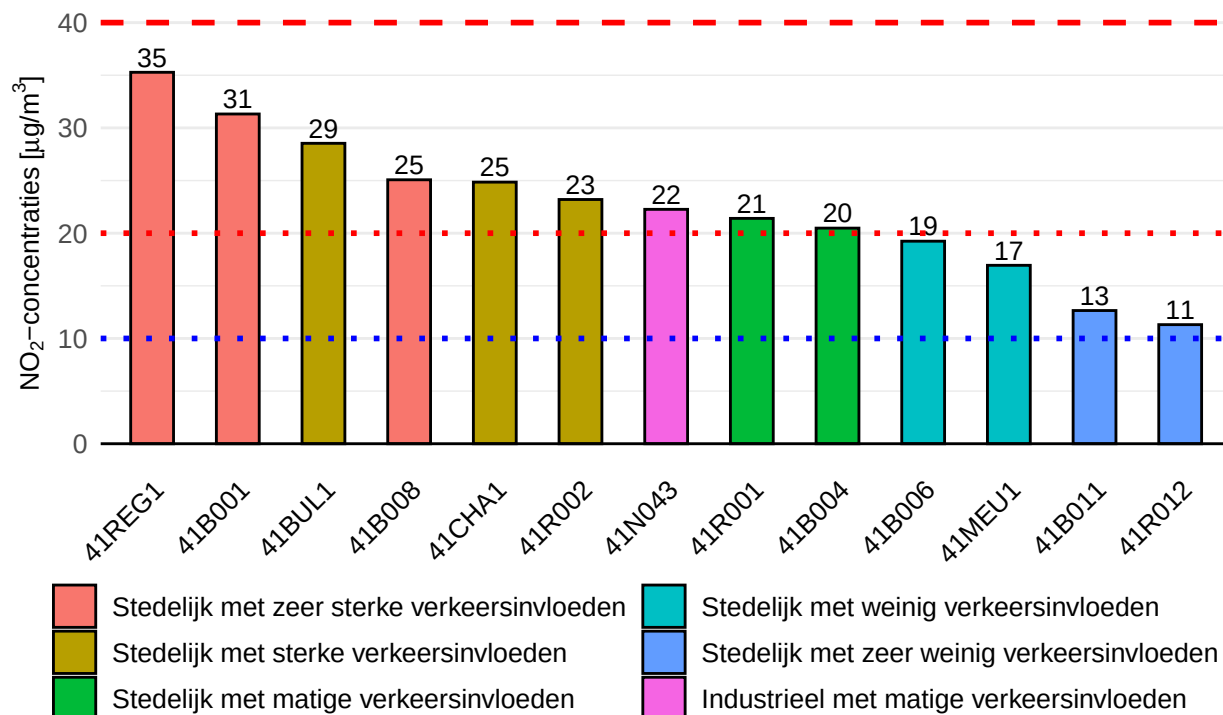
De maximale NO_2 -concentratie per uur per dag voor alle stations is weergegeven in Figuur 3.3. Over het algemeen liggen de NO_2 -concentraties ruim onder de Europese uurgrenswaarde en de door de WGO aanbevolen waarde.

3.3.3 Dagelijks gemiddelde

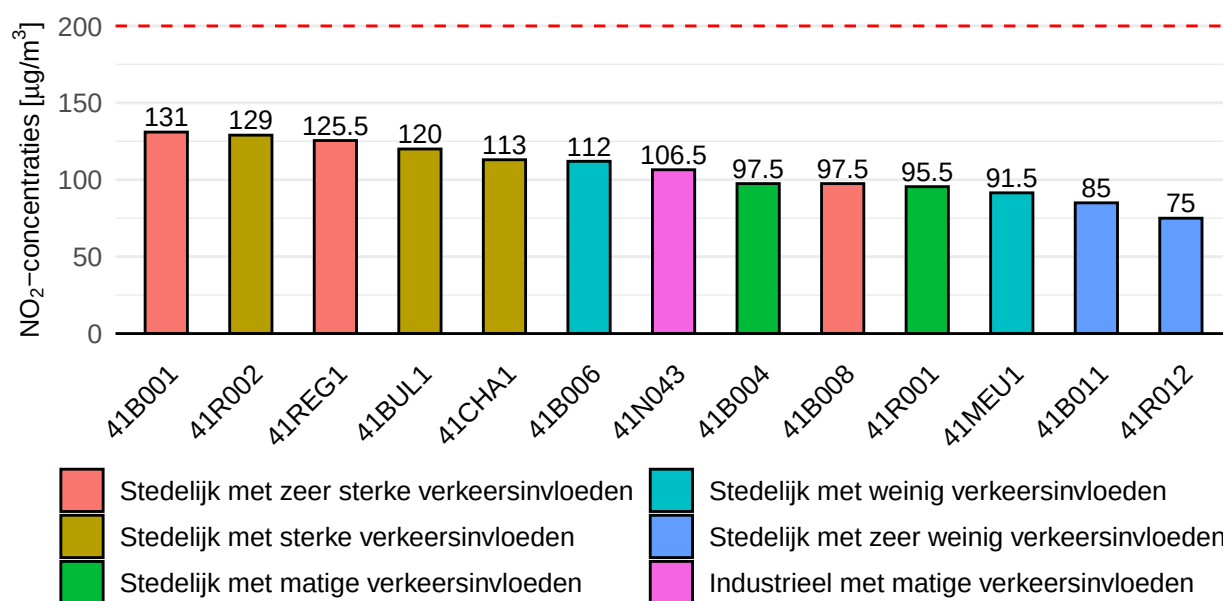
Figuur 3.4 toont het aantal dagen met overschrijdingen van de door de WGO aanbevolen dagelijkse waarde van $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (met 3 tot 4 aanbevolen overschrijdingen volgens de jaarlijkse gegevensverzameling, overeenkomend met het 99e percentiel). Te zien is dat deze dagwaarde op alle meetlocaties in het BHG zeer vaak

¹Stations waarvoor de minimale (uurlijkse) gegevensvastlegging mogelijk minder dan 85% bedraagt, zoals voorgeschreven in Richtlijn 2008/50/EG (via de RAV [European Commission, 2018], zie bijlage A.1), zijn in rood weergegeven.





Figuur 3.1 – Jaargemiddelde NO₂-concentraties voor elke locatie in het BHG voor 2023 [µg/m³]. De rode onderbroken lijn geeft de Europese jaarlijkse grenswaarde aan. De rode stippellijn geeft de voorgestelde Europese grenswaarde aan voor 2030. De door de WGO aanbevolen jaarlijkse waarde wordt aangegeven door de blauwe stippellijn. ^{† ‡}



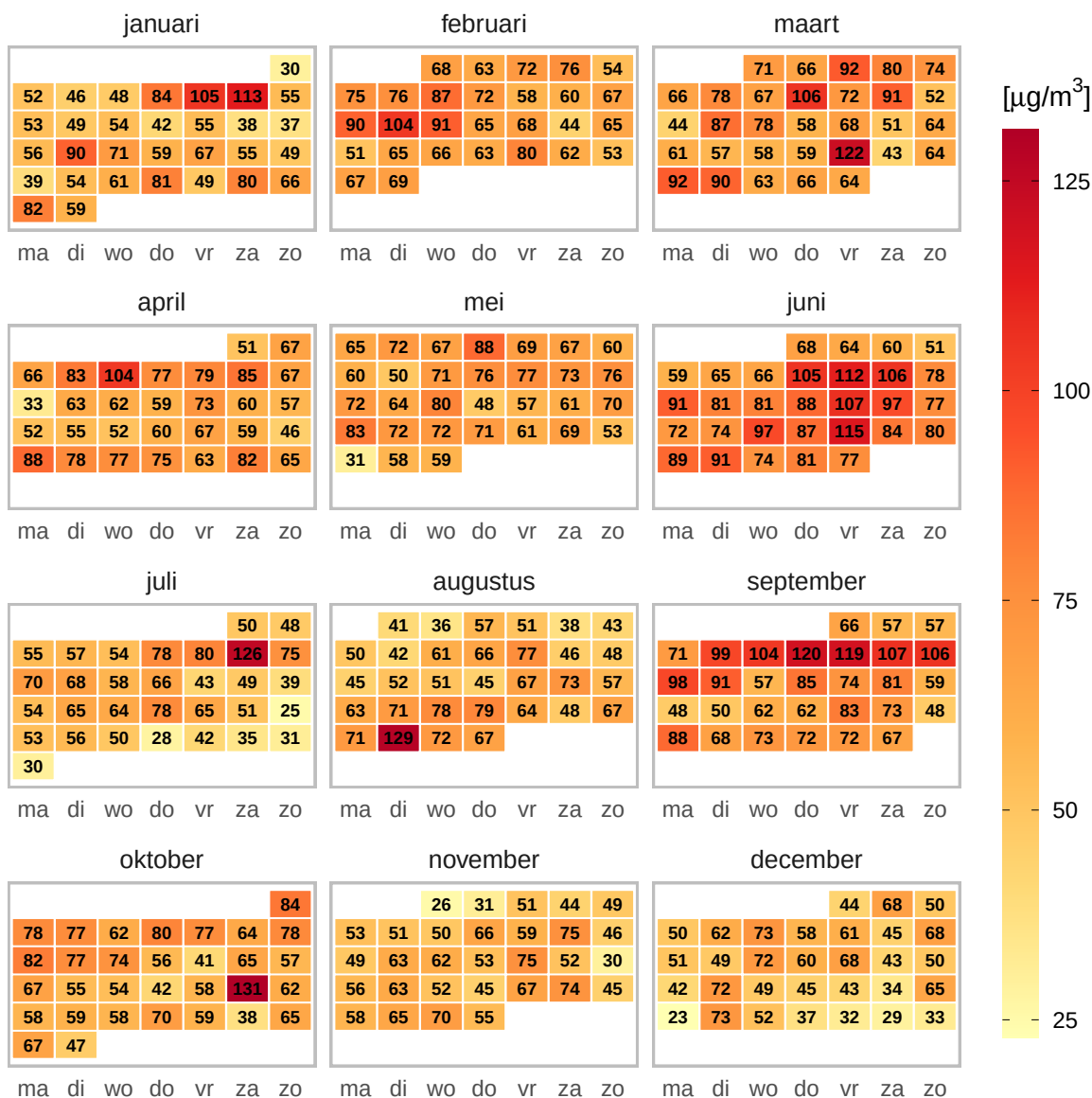
Figuur 3.2 – Maximale uurgemiddelde NO₂-concentraties voor elk station in het BHG voor NO₂ in 2023 [µg/m³]. De rode onderbroken lijn geeft de Europese uurgrenswaarde van 200 µg/m³ (met 18 toegestane overschrijdingen) aan, die identiek is aan de richtwaarde van de WGO (maar zonder overschrijdingen). De Europese voorgestelde uurgrenswaarde voor 2030 bedraagt ook 200 µg/m³, met 3 toegestane overschrijdingen. ^{† ‡}

wordt overschreden, vooral in stedelijke locaties die sterk en zeer sterk door het wegverkeer worden beïnvloed. Het aantal dagen met overschrijding van de voorgestelde Europese daggrenswaarde voor 2030 van 50 µg/m³ (18 toegestane overschrijdingen) worden eveneens weergegeven op Figuur 3.4. We zien dat deze voorgestelde grenswaarde nageleefd wordt in alle stations van het BHG in 2023, met uitzondering van het station Regent waar ze ruim wordt overschreden.



Maximale dagelijkse uurconcentraties van NO₂

2023



Figuur 3.3 – Maximale dagelijkse uurconcentraties van NO₂ voor alle stations van het telemetrisch meetnet in 2023 [µg/m³]. De dagen waarop de drempelwaarde van 200 µg/m³ werd overschreden, zijn zwart gemarkeerd.

3.4 HISTORISCHE METINGEN

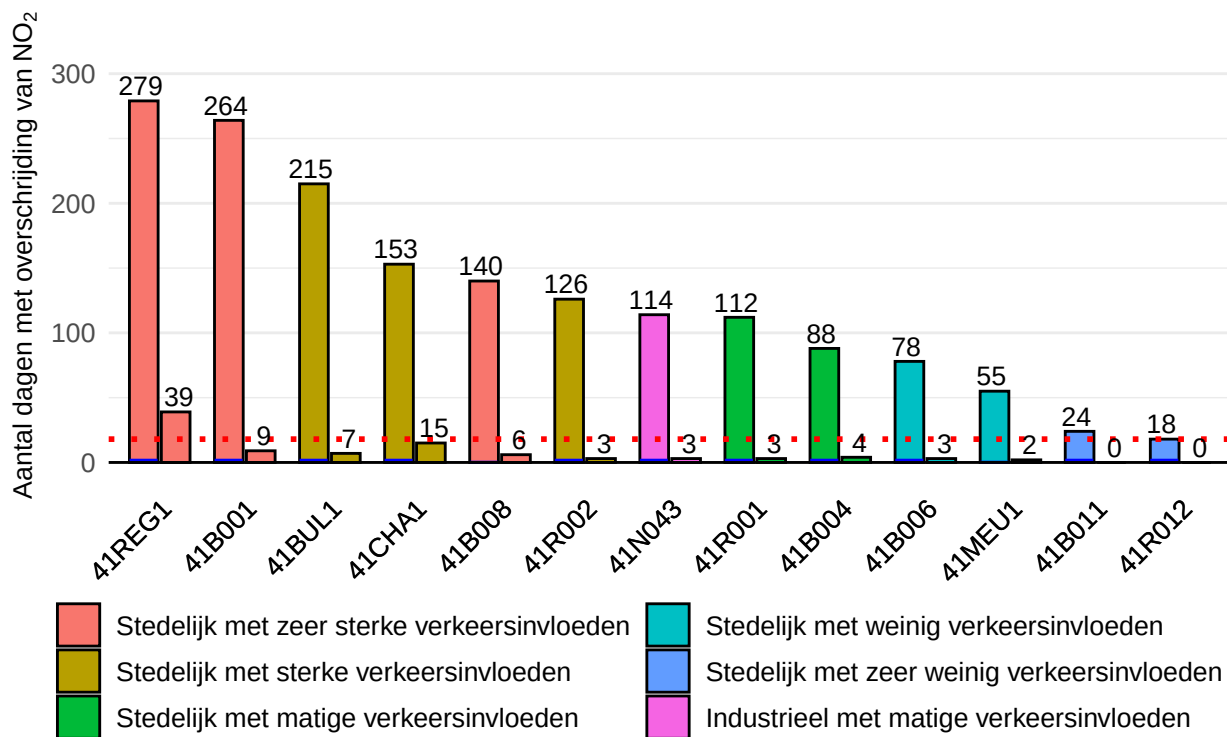
In dit hoofdstuk analyseren wij de ontwikkeling van de stikstofdioxideconcentraties gedurende de afgelopen tien jaar. In het algemeen nemen de concentraties van stikstofoxiden in de loop van de tijd af in het BHG, in België [IRCEL-CELINE, 2022] en in Noordwest-Europa ([EEA, 2020],[EEA, 2022]). Deze daling houdt verband met de voortdurende vermindering van de emissies en verbeterde technologieën, onder meer in de automobielsector. De versnelde verschuiving van diesel naar andere motorisaties² heeft de laatste jaren waarschijnlijk een belangrijke rol gespeeld in de evolutie van de verkeersemissies, in het BHG.

3.4.1 Jaargrenswaarde

De ontwikkeling van de jaargemiddelde NO₂-concentraties gedurende de afgelopen 10 jaar is te zien in Figuur 3.5. Elk vakje (Bijlage A.2) voor een bepaald jaar bevat dus informatie van alle stations in het netwerk met een minimale gegevensvastlegging per uur van meer dan 85%. Deze figuur toont de netto daling van de gemiddelde concentraties van de stations (blauwe stippen) in de loop van de tijd, ondanks een stagnatie tussen 2015 en 2017. Sinds 2018 is de meerderheid van de statistische indicatoren in de grafiek aanzienlijk gedaald, met name in 2020, deels als gevolg van de maatregelen die zijn genomen in het kader van de COVID-19-pandemie [Bruxelles

²In 2022 maakte dieselmotoren 39% uit van het Belgische wagenpark [Febiac, 2023].





Figuur 3.4 – Linkerbalken: aantal dagen waarop de NO₂-concentraties de door de WGO aanbevolen dagwaarde van 25 µg/m³ werd overschreden voor elk station van het BHG in 2023. Het door de WGO aanbevolen aantal overschrijdingsdagen (3 tot 4 afhankelijk van de jaarlijkse gegevensvastlegging, overeenkomend met het 99e percentiel) wordt aangegeven door de blauwe lijn op de balkjes. **Rechterbalken:** aantal dagen waarop de NO₂-concentraties de voorgestelde Europese daggrenswaarde voor 2030 van 50 µg/m³ werd overschreden. Het aantal toegestane overschrijdingsdagen (18) wordt aangegeven door de rode stippellijn.^{†‡}

Environnement, 2020]. Sinds 2020 voldoen alle meetstations aan de Europese jaarlijkse waarde van 40 µg/m³. Bovendien zijn de jaarlijkse concentraties sinds 2020 nooit teruggekeerd naar het niveau van de voorgaande jaren. In 2021 is er een lichte stijging van de concentraties ten opzichte van 2020: de algemene trend in de concentraties is nog steeds neerwaarts, maar de activiteit (en met name het wegverkeer) is weer geleidelijk toegenomen. We stellen daarnaast een stagnatie vast van de jaarlijkse gemiddelde concentraties tussen 2021 en 2022. Dit is het gevolg van de twee nieuwe stations die in de loop van 2021 zijn geïnstalleerd (stedelijke stations met een sterke en zeer sterke verkeersinvloed) en van het opnemen van deze stations in de jaarlijkse gemiddeldes vanaf 2022 (zie ook Figuur 3.6). Als we deze twee stations buiten beschouwing laten dan zien we een neerwaartse trend tussen 2021 en 2022. In 2023 is de daling van de (meeste) indicatoren ten opzichte van 2022 duidelijk: de jaarlijkse gemiddelde concentraties is namelijk opnieuw op het niveau van 2020.

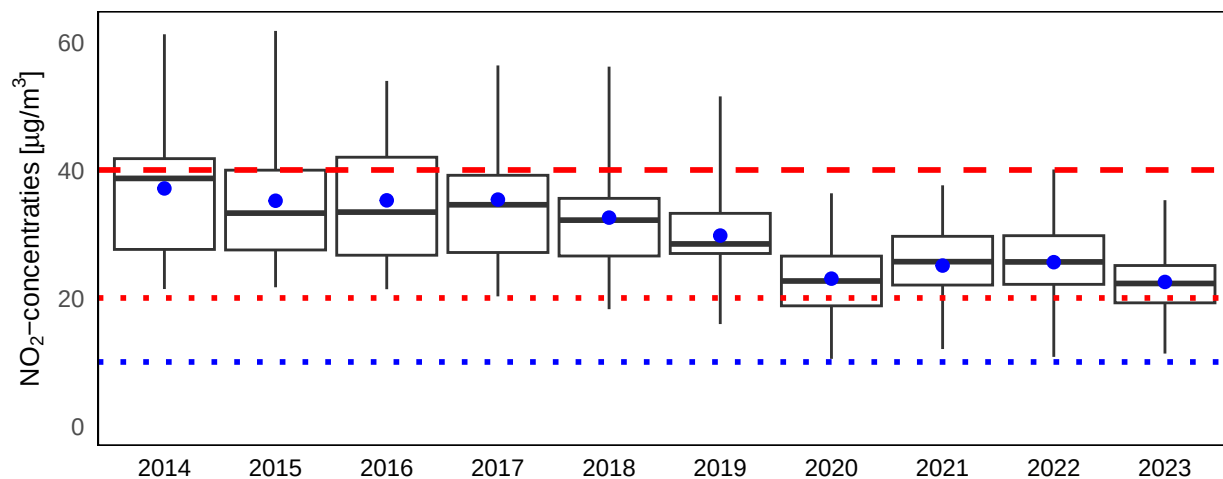
De door de WGO aanbevolen jaarwaarde (2021) van 10 µg/m³ wordt daarentegen al 10 jaar door alle stations overschreden, met inbegrip van het uitzonderlijke jaar 2020. De voorgestelde Europese jaargrenswaarde voor 2030 van 20 µg/m³ wordt in een aantal stations al nageleefd in 2023 maar het gaat om een minderheid.

De daling van de NO₂-concentraties door de jaren heen is ook duidelijk te zien in Figuur 3.6. Sinds 2020 voldoen alle stations aan de jaarlijkse Europese grenswaarde van 40 µg/m³. In 2017 overschreed het station van Ukkel, gelegen in een omgeving met een sterke invloed van het wegverkeer, de grenswaarde nog ruimschoots met een jaargemiddelde van 49 µg/m³. In 2018 registreerde dit station niet het voor de correcte berekening van het jaargemiddelde vereiste percentage van 85% van de vastgelegde gegevens, als gevolg van een technisch probleem aan de bemonsteringslijn. In 2021 is de jaargemiddelde concentratie in het station van Ukkel aanzienlijk gedaald ten opzichte van de vorige jaren (33 µg/m³).

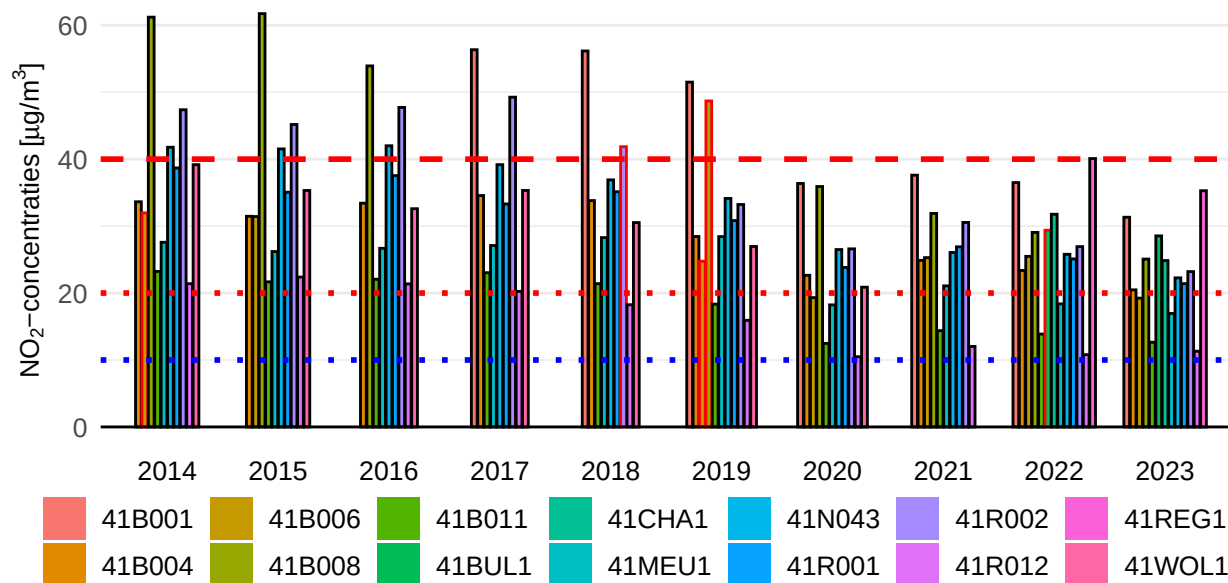
3.4.2 Uurgrenswaarden

De boxplots van de 19e jaarlijkse maxima van de uurwaarden voor alle stations over de afgelopen 10 jaar zijn weergegeven in Figuur 3.7. Aangezien de Europese uurgrenswaarde toestaat dat er 18 overschrijdingen van de drempelwaarde van 200 µg/m³ per jaar plaatsvinden, kan door vergelijking van het 19e maximum met deze drempelwaarde onmiddellijk worden nagegaan of de Europese norm al dan niet wordt overschreden. Er kan worden vastgesteld dat sinds 2014 zelfs de stations met de 19e hoogste maxima ruim onder de drempel van 200 µg/m³ zijn gebleven; zij bereikten ongeveer 175 µg/m³. De afgelopen 10 jaar is de Europese uurnorm dan ook in heel het BHG nageleefd.





Figuur 3.5 – Jaargemiddelde NO_2 -concentraties voor het BHG voor alle stations gedurende de afgelopen 10 jaar [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. De rode onderbroken lijn geeft de Europese jaargrenswaarde van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aan. De rode stippellijn geeft de voorgestelde Europese jaargrenswaarde voor 2030 van $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aan. De door de WGO aanbevolen jaarwaarde van $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wordt aangegeven door de blauwe stippellijn.



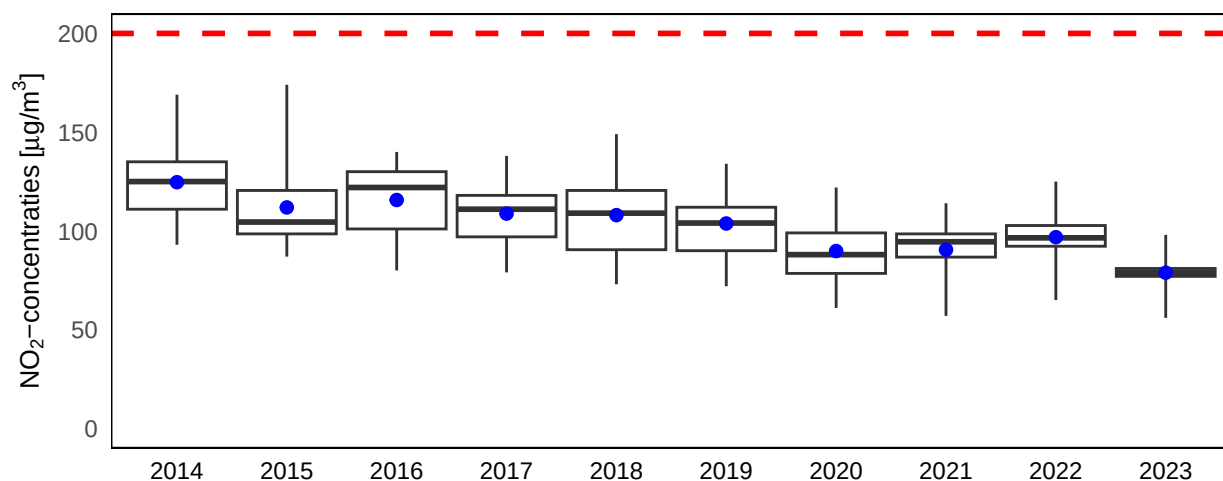
Figuur 3.6 – Jaargemiddelde NO_2 -concentraties voor het BHG voor alle stations gedurende de afgelopen 10 jaar [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. De rode onderbroken lijn geeft de Europese jaargrenswaarde van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aan. De rode stippellijn geeft de voorgestelde Europese jaargrenswaarde voor 2030 van $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aan. De door de WGO aanbevolen jaarwaarde van $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wordt aangegeven door de blauwe stippellijn. ^{† ‡}

De boxplots van de jaarlijkse maxima van de uurwaarden voor alle stations over de afgelopen 10 jaar zijn weergegeven in Figuur 3.8. Op deze figuur zien we dat de door de WGO aanbevolen uurwaarde nageleefd werd in 2017 en 2019, niet in 2020, en opnieuw sinds 2021. De voorgestelde Europese uurgrenswaarde (3 toegestane overschrijdingen) wordt op haar beurt nageleefd sinds 2016 (zie Figuur 3.9).

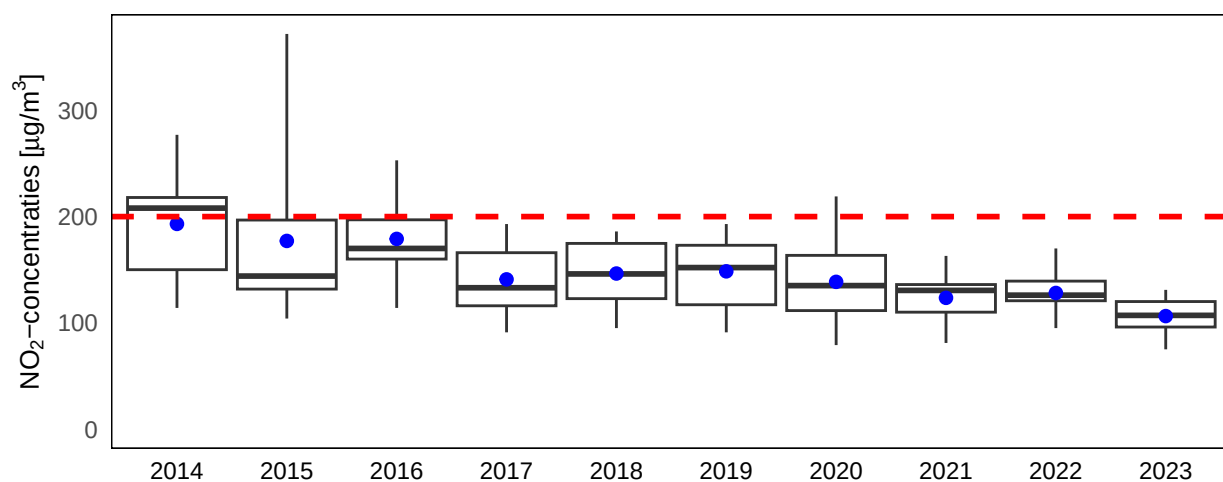
3.4.3 Dagelijks gemiddelde

Uit Figuur 3.10 blijkt dat in de afgelopen 10 jaar de door de WGO aanbevolen dagwaarde ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ met 3 tot 4 aanbevolen overschrijdingen) in alle stations in het BHG zeer vaak is overschreden. Op Figuur 3.11 zien we dat de voorgestelde Europese daggrenswaarde voor 2030 ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ met 18 toegestane overschrijdingen) ruim werd overschreden in het BHG tot 2019 en minder vanaf 2020. In 2023 is station Regent het enige waar er sprake is van een overschrijding.

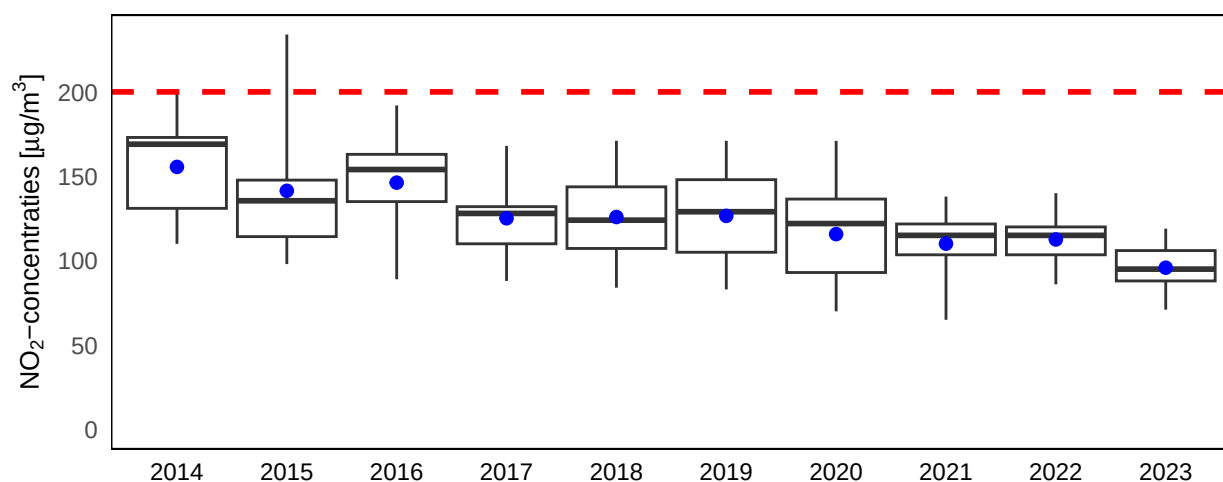




Figuur 3.7 – 19e hoogste uurgemiddelde NO₂-concentratie per jaar voor het BHG [µg/m³] gedurende de afgelopen 10 jaar. De Europese grenswaarde laat 18 overschrijdingen toe van de drempel van 200 µg/m³.

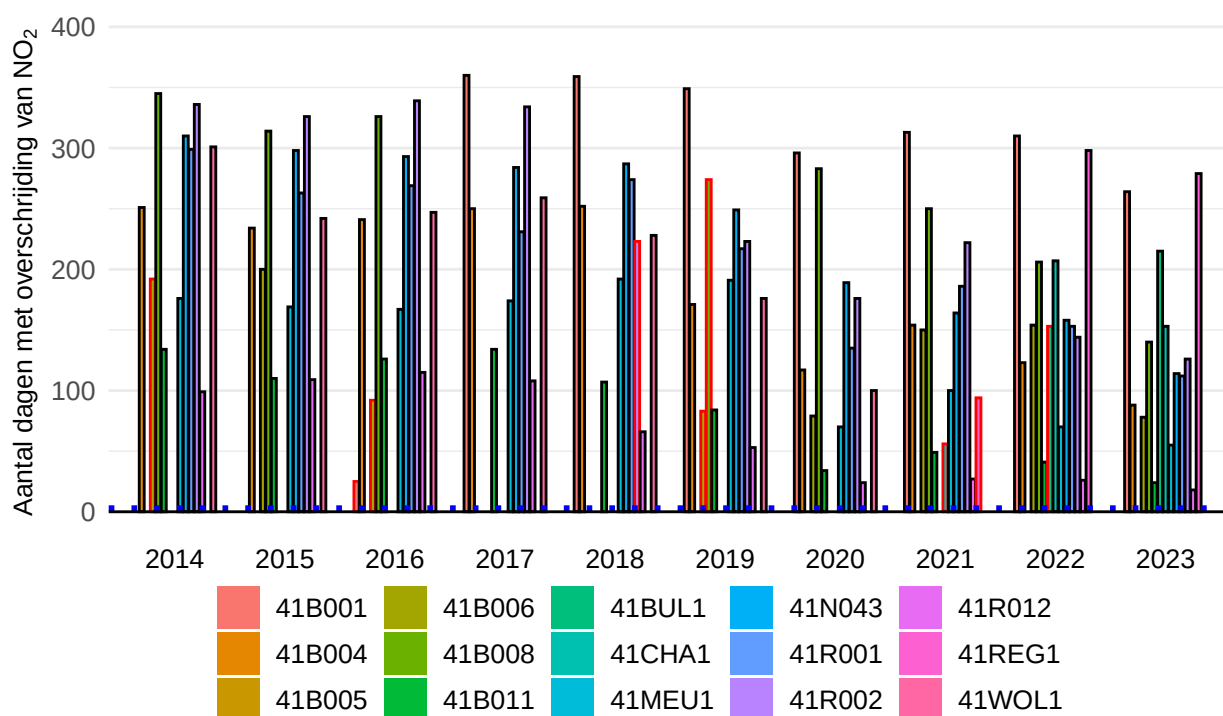


Figuur 3.8 – Hoogste uurgemiddelde NO₂-concentratie per jaar voor het BHG [µg/m³] gedurende de afgelopen 10 jaar. De door de WGO aanbevolen uurwaarde laat geen enkele overschrijding toe van de drempel van 200 µg/m³.[†]

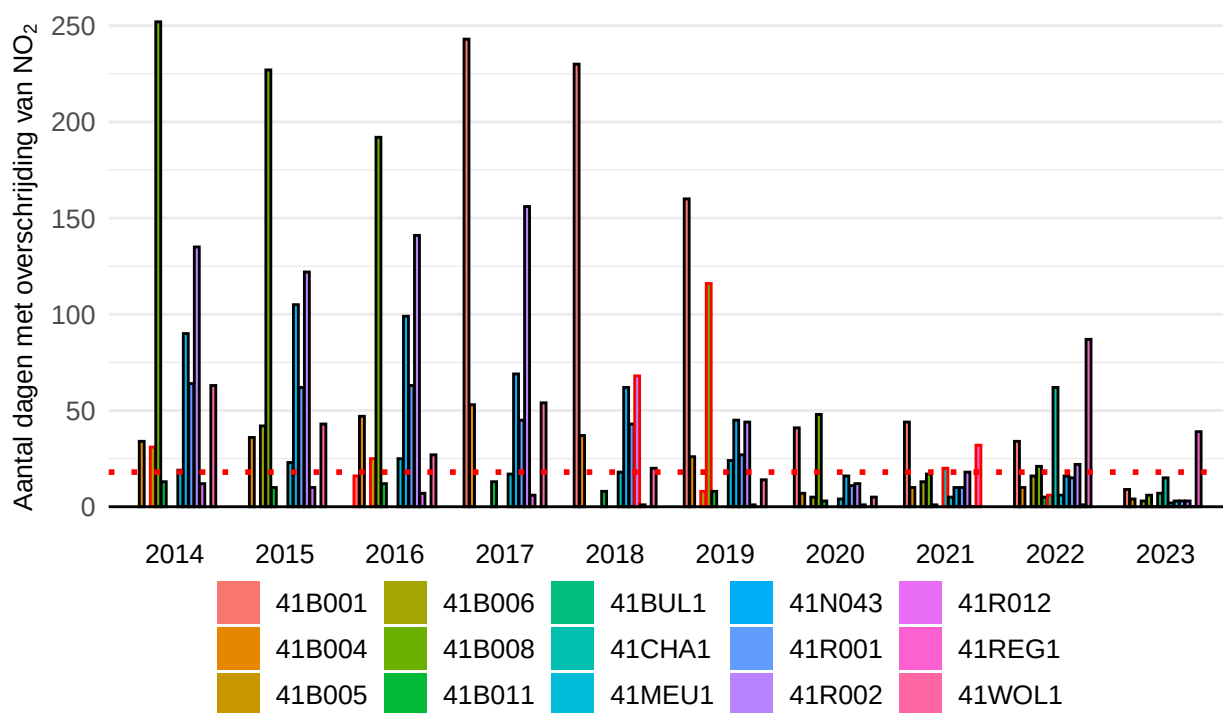


Figuur 3.9 – 4e hoogste uurgemiddelde NO₂-concentratie per jaar voor het BHG [µg/m³] gedurende de afgelopen 10 jaar. De voorgestelde Europese grenswaarde voor 2030 laat 3 overschrijdingen toe van de drempel van 200 µg/m³.[†]





Figuur 3.10 – Aantal overschrijdingsdagen van NO₂-concentraties boven de door de WGO aanbevolen dagelijkse grenswaarde voor elk station in het BHG gedurende de laatste tien jaar. Het aantal overschrijdingsdagen dat in het striktste geval wordt aanbevolen (3, voor de leesbaarheid) wordt aangegeven door de blauwe lijn. ^{† ‡}



Figuur 3.11 – Aantal overschrijdingsdagen van NO₂-concentraties van de voorgestelde Europese dagelijkse grenswaarde voor 2030 voor elk station in het BHG gedurende de laatste tien jaar. Het aantal toegestane overschrijdingsdagen (18) wordt aangegeven door de rode stippellijn. ^{† ‡}



HOOFDSTUK 4: FIJNE DEELTJES PM₁₀ EN PM_{2.5}

4.1 TYPE VERONTREINIGENDE STOF

De studie van de concentraties van fijne deeltjes (PM voor particulate matter, fijne deeltjes of zwevende deeltjes) is van cruciaal belang voor de bescherming van het milieu in het algemeen en voor de volksgezondheid in het bijzonder. Gezien de verscheidenheid aan verbindingen die in de vorm van deeltjes in de atmosfeer aanwezig zijn, werden PM_{2.5} en PM₁₀ gedefinieerd als deeltjes waarvan de aerodynamische diameter respectievelijk minder zijn dan 2.5 en 10 μm ¹.

In tegenstelling tot andere verontreinigende stoffen, zoals stikstofdioxide of ozon, die zuivere verbindingen zijn, omvatten fijne deeltjes per definitie een hele reeks zwevende vaste en vloeibare verbindingen in de atmosfeer, met verschillende chemische samenstellingen, fysische eigenschappen en van verschillende oorsprong.

Fijne deeltjes kunnen van **natuurlijke** oorsprong zijn (vulkanische activiteit, erosie, nevel afkomstig van de zee...) of van **antropogene** oorsprong, d.w.z. dat ze door menselijke activiteiten worden veroorzaakt. Er wordt ook een onderscheid gemaakt tussen **primaire** deeltjes, die rechtstreeks in de atmosfeer worden uitgestoten, en **secundaire deeltjes**, d.w.z. deeltjes die in de atmosfeer worden gevormd op basis van verbindingen die reeds in de atmosfeer aanwezig zijn, wanneer de meteorologische omstandigheden (temperatuur, vochtigheid) gunstig zijn voor hun vorming. Secundaire minerale deeltjes kunnen worden gevormd uit nitraten (NO_3^-), die met name ontstaan bij de omzetting van stikstofoxiden, sulfaten (SO_4^{2-}), die met name ontstaan bij de omzetting van zwaveldioxide, en ammonium (NH_4^+), dat wordt gevormd uit ammoniak (NH_3) dat voornamelijk wordt uitgestoten bij het sproeien in de landbouw (met name van maart tot april). Secundaire organische deeltjes worden gevormd op basis van vluchtige organische stoffen (VOS).

In het algemeen behoren deeltjes van natuurlijke oorsprong meestal tot de grofste soort, d.w.z. de fractie tussen 2.5 en 10 μm . Secundaire minerale deeltjes bevinden zich meestal in de PM_{2.5} fractie². Stofdeeltjes afkomstig van verbranding, voornamelijk van antropogene oorsprong (verkeer, verwarming, industrie), maken eveneens grotendeels deel uit van de fijne fractie.

In Brussel zijn PM_{2.5}-deeltjes vooral afkomstig van de verwarming van woningen (38%), het wegvervoer (23%), industriële processen (11%), afvalverwerking (met uitzondering van de energetische valorisatie, 11%) en de verwarming van tertiaire gebouwen. PM₁₀-deeltjes zijn voornamelijk afkomstig van het wegvervoer (33%), de verwarming van woningen (31%), industriële processen (11%), de verwarming van tertiaire gebouwen (10%) en afvalverwerking (met uitzondering van de energetische valorisatie, 9%). Deze waarden komen uit de Brusselsse emissie-inventarissen van 2022 [Leefmilieu Brussel, 2020a]. Hieruit blijkt dat de voornaamste verontreinigingsbronnen van fijne deeltjes zeer divers zijn, in tegenstelling tot bijvoorbeeld NO_x, dat voornamelijk (voor ongeveer 50%) uitgestoten wordt door één specifieke emissiebron, namelijk het wegverkeer (rubriek 3.1). Dit houdt rechtstreeks verband met het feit dat fijne deeltjes een reeks van stoffen omvatten en geen zuivere verbinding zijn.

Fijne deeltjes kunnen neerslaan op natuurlijke ecosystemen, maar dit proces hangt sterk af van hun fysische en chemische aard. In het bijzonder nitraten, sulfaten en ammonium, deze kunnen verzuring en eutrofiëring van ecosystemen veroorzaken.

Wat de gezondheidseffecten betreft, geldt in het algemeen dat hoe fijner de deeltjes zijn, hoe dieper ze in het ademhalingsstelsel kunnen doordringen: grove deeltjes (van 2.5 tot 10 μm) worden meestal afgezet in de bovenste luchtwegen, terwijl de fijnste deeltjes (kleiner dan 2.5 μm) diep in het ademhalingsstelsel doordringen. Fijne deeltjes kunnen effecten hebben op gezondheid op korte en lange termijn. Op korte termijn (acute blootstelling) kunnen zij sommige gezondheidsproblemen verergeren wat betreft de luchtwegen zoals astma. Langetermijneffecten (chronische blootstelling) zijn veel belangrijker voor de gezondheid dan korte termijneffecten: het gaat onder meer om een verhoogd risico op hart- en vaatziekten, aandoeningen van de luchtwegen en longaandoeningen, waaronder longkanker [WHO, 2020], [EEA, 2019].

¹Fijne deeltjes zijn zelden sferisch. De aerodynamische diameter komt overeen met de diameter van een bolvormig deeltje met een unitaire dichtheid met gelijke terminale valsnelheid als het beschouwde deeltje.

²meestal afkomstig van buiten het BHG



4.2 EUROPESE VOORSCHRIFTEN EN WAARDEN DIE WORDEN AANBEVOLEN DOOR DE WGO

Zowel PM₁₀ als PM_{2.5} zijn onderworpen aan een reglementering op Europees niveau en aan door de WGO aanbevolen richtwaarden. De meting van fijn stof maakt deel uit van de Europese richtlijn 2008/50/EG (en de herziening daarvan 2015/1480/EG).

De richtlijn voorziet in twee grenswaarden voor PM₁₀:

- een daggrenswaarde van 50 µg/m³ die niet meer dan 35 keer per jaar mag worden overschreden (35 dagen per jaar),
- een jaarlijkse grenswaarde van 40 µg/m³, en een jaarlijkse grenswaarde van 25 µg/m³ voor PM_{2.5} (sinds 2015).

De voorgestelde Europese grenswaarden voor PM₁₀ voor 2030 zijn de volgende:

- een daggrenswaarde van 45 µg/m³ die niet meer dan 18 keer per jaar mag worden overschreden (18 dagen per jaar),
- een jaarlijkse grenswaarde van 20 µg/m³,

en voor PM_{2.5}:

- een daggrenswaarde van 25 µg/m³ die niet meer dan 18 keer per jaar mag worden overschreden (18 dagen per jaar),
- een jaarlijkse grenswaarde van 10 µg/m³.

De door de WGO aanbevolen waarden (2021) zijn:

- een aanbevolen dagelijkse waarde van 45 µg/m (3 tot 4 aanbevolen overschrijdingen per jaar, afhankelijk van de jaarlijkse gegevensvastlegging, overeenkomend met het 99e percentiel),
- een aanbevolen jaarwaarde van 15 µg/m³.

Voor PM_{2.5} zijn de door de WGO aanbevolen waarden:

- een aanbevolen dagelijkse waarde van 15 µg/m³ (3 tot 4 aanbevolen overschrijdingen per jaar, afhankelijk van de jaarlijkse gegevensvastlegging, overeenkomend met het 99e percentiel),
- een aanbevolen jaarlijkse waarde van 5 µg/m³.

We merken op dat de aanbevolen jaarwaarde van 5 µg/m³ extreem laag is, aangezien zij van de orde van grootte van de landelijke achtergrondconcentratie, d.w.z. de minimumconcentratie die over het algemeen in heel Europa (en de wereld) wordt gemeten.

Richtlijn 2008/50/EG voorziet ook in de berekening van een „gemiddelde-blootstellingsindex” (GBI), een nationale streefwaarde die specifiek bedoeld is om de blootstelling van de bevolking aan PM_{2.5} te evalueren. De GBI is gedefinieerd als het gemiddelde over 3 jaar verspreid van de PM_{2.5}-concentraties gemeten in stations met een voor de stedelijke achtergrondverontreiniging representatieve omgeving in Brussel en in de twee andere gewesten. In het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (BHG) zijn de stations die in aanmerking genomen worden die van Ukkel (41R012) en Sint-Jans-Molenbeek (41R001), die representatief zijn voor de totale blootstelling van de bevolking. Voor 2015 is voor België een grenswaarde van 20 µg/m³ vastgesteld, evenals een nationale verminderingdoelstelling dat in 2020 moet worden bereikt. Dit verminderingpercentage is berekend op basis van de volgende gegevens van 2009-2010-2011, wat voor België een basis-GBI van 19 µg/m³ oplevert. In deze reeks van waarden en volgens de criteria van de richtlijn vereist dit een vermindering met 20% tegen 2023, d.w.z. om een GBI van 15.2 µg/m³. In 2019 bedroeg de Belgische GBI al 13.1 µg/m³ en voldeed daarmee al aan de 2023-doelstelling [IRCEL-CELINE, 2020].

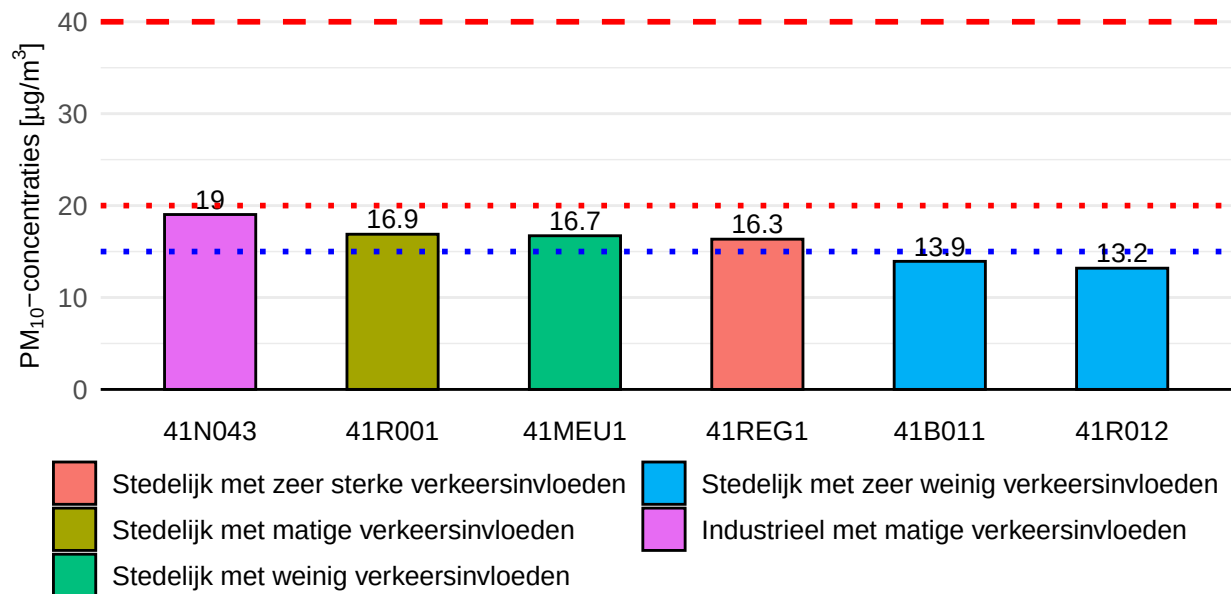
4.3 HUIDIGE METINGEN VAN PM₁₀

In dit hoofdstuk analyseren we de concentraties van fijn stof PM₁₀ in het jaar 2023, vooral ten opzichte van de Europese grenswaarden en de door de WGO aanbevolen waarden. In 2023 is de jaarlijkse PM₁₀-concentratie in de stations gemiddeld 10% gedaald ten opzichte van 2022. Alle meetstations in Brussel voldoen aan de Europese jaar- en daggrenswaarde voor PM₁₀ in 2023, alsook aan de voorgestelde Europese jaar- en daggrenswaarde voor 2030. De door de WGO aanbevolen nieuwe jaarwaarde wordt nageleefd in de twee meetstations met stedelijke achtergrond, en de nieuwe door de WGO aanbevolen dagwaarde wordt nageleefd in vijf meetstations.



4.3.1 Jaargemiddelden

Aan de Europese jaargrenswaarde van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor PM_{10} wordt in het BHG in 2023 ruimschoots voldaan, zoals blijkt uit Figuur 4.1. De naleving van de jaargrenswaarde van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ is namelijk al meer dan 10 jaar geen probleem meer, zoals te zien in punt 4.4. Als we de concentraties in 2023 vergelijken met de jaarlijkse WHO-advieswaarde van $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, stellen we vast dat enkel de stations met een stedelijke achtergrond, die van Ukkel en Sint-Agatha-Berchem (41B011) eraan voldoen met een jaargemiddelde van respectievelijk 13 en $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De hoogste jaarlijkse concentratie wordt gemeten in het station van Haren (41N043) met $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dit is hoogstwaarschijnlijk te wijten aan de herverspreiding van de grofste deeltjes, een verschijnsel dat verband houdt met de naburige industriële activiteit en van invloed is op de fractie PM_{10} -deeltjes met een grootte tussen $2.5 \mu\text{m}$ en $10 \mu\text{m}$. De andere stations registreren op hun beurt concentraties tussen 16 en $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Bovendien kunnen we vaststellen dat de voorgestelde jaargrenswaarde voor 2030 ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) nageleefd wordt in alle meetstations, al is dit nipt in het station van Haren.



Figuur 4.1 – Jaargemiddelde PM_{10} -concentraties voor elke BHG-station in 2023 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. De Europese jaarlijkse grenswaarde ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wordt aangegeven met de rode onderbroken lijn. De voorgestelde Europese jaargrenswaarde voor 2030 ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wordt aangegeven met de rode stippellijn. De door de WGO aanbevolen jaarlijkse waarde ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wordt aangegeven met de blauwe stippellijn. ^{† ‡}

4.3.2 Daggemiddelden

Het aantal overschrijdingsdagen per meetstation in 2023 van de Europese daggrenswaarde is weergegeven in Figuur 4.2. Te zien is dat de Europese daggrenswaarde ruimschoots wordt nageleefd in alle meetstations in het BHG. Deze dagelijkse grenswaarde wordt in Brussel bovendien sinds 2014 nageleefd.

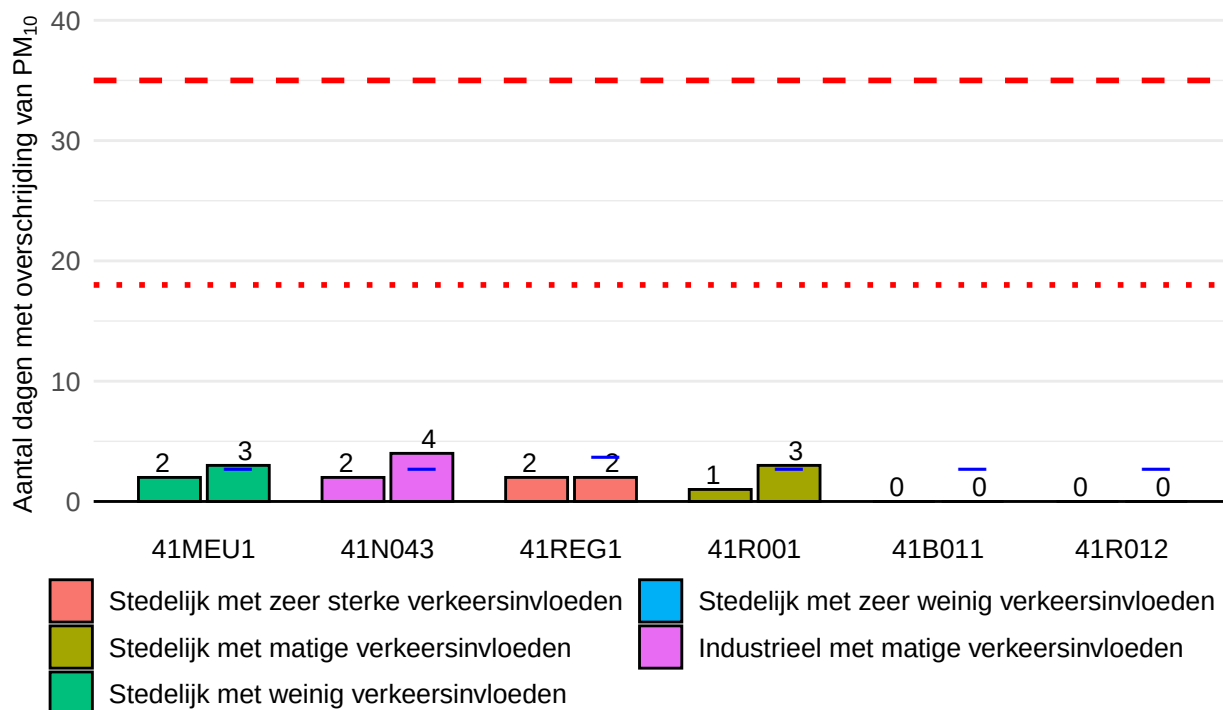
De door de WGO aanbevolen dagelijkse waarde staat slechts 3 tot 4 overschrijdingen per jaar toe (afhankelijk van de jaarlijkse gegevensvastlegging, wat overeenkomt met het 99e percentiel) en we zien dat enkel het station van Haren deze waarde licht overschrijdt met 4 overschrijdingen. De voorgestelde Europese daggrenswaarde voor 2030 ($45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ met 18 toegestane overschrijdingsdagen) werd ruimschoots nageleefd in alle meetstations.

Ter nadere informatie, de maximale daggemiddelde concentraties (de hoogste dagwaarde gemeten in het BHG, alle stations bij elkaar t.t.z. van elke dag) zijn weergegeven in Figuur 4.3.

4.4 HISTORISCHE METINGEN VAN PM_{10}

In dit deel analyseren we de ontwikkeling van de PM_{10} -concentraties van fijne deeltjes in de afgelopen tien jaar. In het algemeen nemen de concentraties van fijne deeltjes in het BHG duidelijk af, in België [IRCEL-CELINE, 2022] en in Noordwest-Europa ([EEA, 2020], [EEA, 2022]), als gevolg van de maatregelen van vermindering van de emissies en technologische vooruitgang (verbetering van met name deeltjesfilters). In het BHG wordt de Europese jaarlijkse grenswaarde van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor PM_{10} (zie Figuur 4.4) en de daggrenswaarde van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (die niet meer dan 35 keer per jaar mag worden overschreden) al meer dan 10 jaar gerespecteerd met ingang van 2014.





Figuur 4.2 – Linkerbalken: aantal dagen met overschrijding van de PM_{10} -concentraties van de Europese daggrenswaarde ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) voor elk station van het BHG in 2023 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. Het toegestane aantal overschrijdingsdagen (35) wordt aangegeven door de rode onderbroken lijn. **Rechterbalken:** aantal dagen met overschrijding van de door de WGO aanbevolen dagwaarde ($45 \mu\text{g}/\text{m}^3$), dat identiek is aan de voorgestelde Europese daggrenswaarde voor 2030. Het door de WGO aanbevolen overschrijdingsdagen (3 tot 4 overschrijdingen, afhankelijk van de jaarlijkse gegevensvastlegging) is aangegeven door de blauwe lijn. Het aantal toegestane overschrijdingsdagen door de voorgestelde daggrenswaarde voor 2030 (18) is aangegeven door de rode stippellijn.^{† ‡}

4.4.1 Jaargemiddelden

De zeer duidelijke daling van de concentraties van fijn stof in de loop der jaren is te zien in de Figuren 4.4 en 4.5, waarin de jaarlijkse concentraties voor alle stations in het BHG zijn weergegeven. De afgelopen tien jaar voldeden alle meetstations aan de Europese grenswaarde. Door de voortdurende verbetering van de concentraties voldoen bovendien enkele stations aan de jaarlijkse WGO-aanbevolen waarde van $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tot slot werd in 2023 in alle meetstations de voorgestelde Europese jaargrenswaarde voor 2030 nageleefd ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

4.4.2 Daggemiddelden

Figuur 4.6 toont het aantal dagen waarop de Europese daggrenswaarde van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wordt overschreden (35 toegestane overschrijdingen) voor alle meetstations in het BHG.

We zien op deze figuur dat het station van Haren in 2014 nipt voldeed aan de Europese daggrenswaarde met 33 overschrijdingen, maar sinds 2015 zijn alle stations ver van de 35 dagen ver verwijderd. Dit was onder meer mogelijk door de uitvoering van emissiebeperkende maatregelen voor de industriële activiteiten in de omgeving van het station Haren (zie onderdeel „Emissiebeperkende maatregelen te Haren”).

Figuur 4.7 geeft het aantal dagen weer waarop de door de WGO aanbevolen dagwaarde (2021) van $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (3-4 toegestane overschrijdingen afhankelijk van de jaarlijkse gegevensvastlegging) werd overschreden. Deze waarde is identiek aan de voorgestelde Europese daggrenswaarde voor 2030 (maar dan met 18 toegestane overschrijdingen). We stellen vast dat het vooral het station van Haren is dat de naleving van de door de WGO aanbevolen dagwaarde en de voorgestelde Europese daggrenswaarde voor 2030 in gevaar brengt. In 2023 wordt de voorgestelde daggrenswaarde voor 2030 ruim gerespecteerd in het BHG en de door de WGO aanbevolen dagwaarde wordt slechts licht overschreden in het station van Haren.

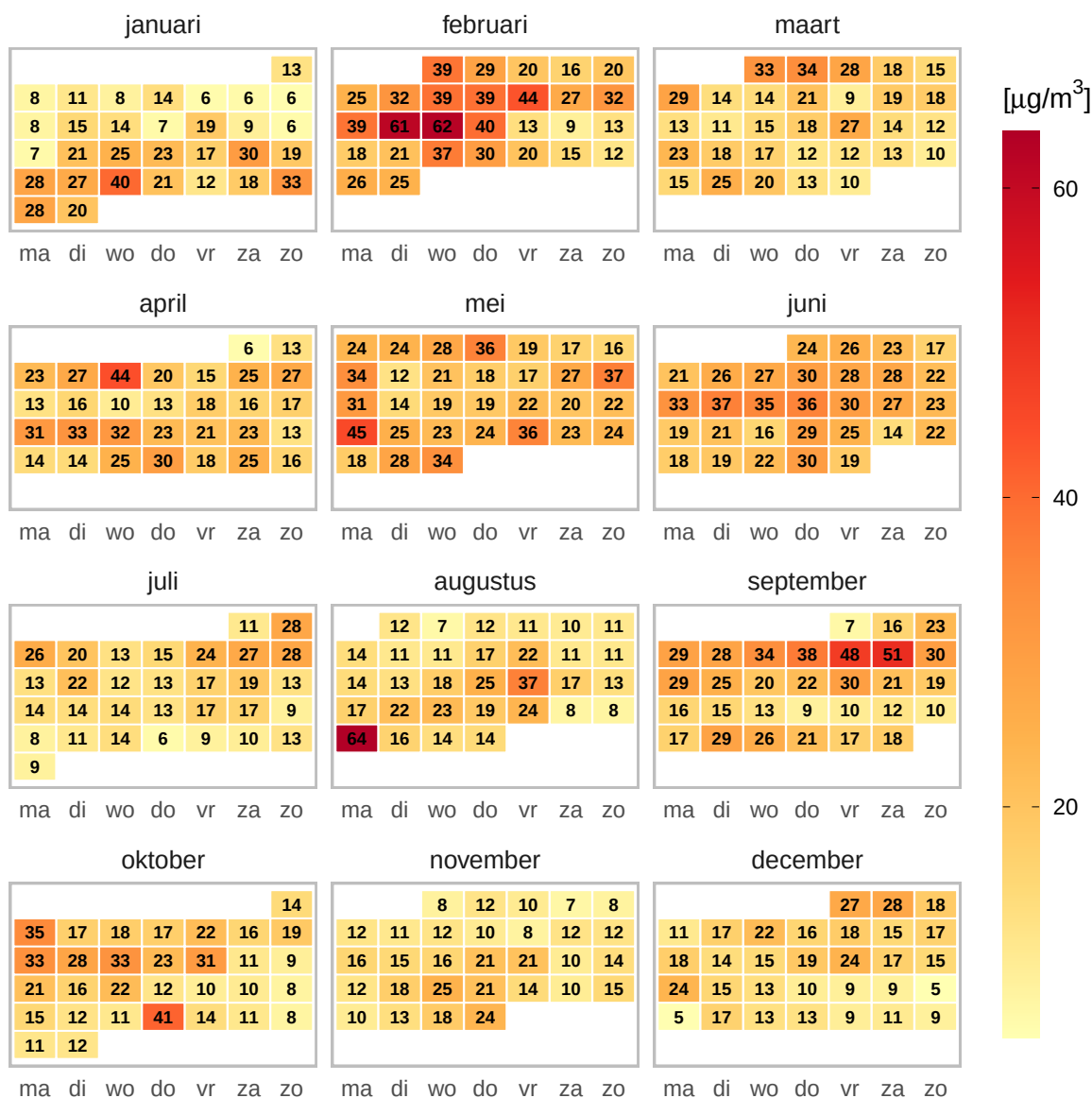
Op basis van de studie van deze figuren, kan de voortdurende verbetering van de luchtkwaliteit met betrekking tot de PM_{10} -concentraties dus opnieuw worden vastgesteld. We merken daarnaast op dat de drastische vermindering van het aantal overschrijdingsdagen van de drempel van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tussen 2022 en 2023 te zien is op schaal van België.

[†] De stijging van het concentratie gemiddelde tussen 2021 en 2022 is deels te wijten aan het mee opnemen van het station Regent (41REG1) in de berekeningen.



Maximale daggemiddelde concentraties van PM₁₀

2023



Figuur 4.3 – Maximale daggemiddelde PM₁₀-concentraties voor alle stations in het BHG in 2023 [µg/m³]. Grijs vakken betekenen dat de 75%-uurgegevens die nodig zijn voor de berekening van het daggemiddelde op geen enkel meetstation beschikbaar waren.

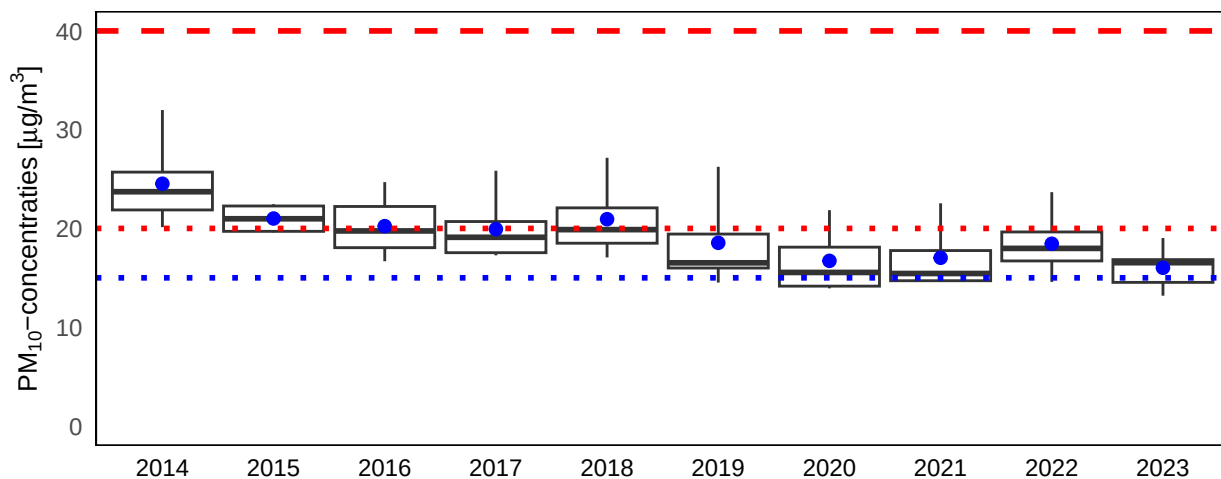
Maatregelen ter beperking van de uitstoot in Haren

De inspecties hebben een lijst opgeleverd van locaties en bedrijven die de meeste risico's lopen wat betreft het genereren of terug in suspensie brengen van fijne deeltjes (prioritaire locaties). Er werd nagegaan of werd voldaan aan de exploitatievoorwaarden, die zijn vastgelegd in de milieuvergunningen van deze prioritaire vestigingen en bedrijven, en meer bepaald of werd voldaan aan de voorwaarden inzake stof-beheersing.

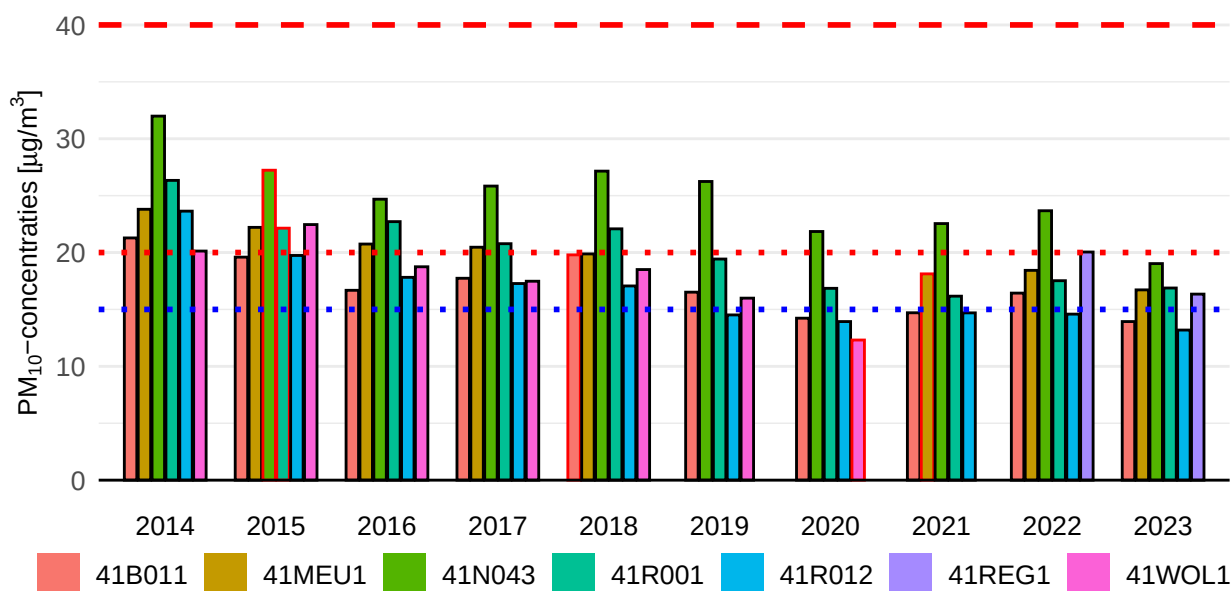
Uit de controle bleek dat de exploitatievoorwaarden, vastgelegd in de vergunningen, niet altijd werden nageleefd en vaak ontoereikend waren. Bovendien vielen sommige stofbronnen, zoals laad- en loskades of toegangswegen, buiten het toepassingsgebied van milieuvergunningen en dus niet onder enige verplichtingen of controle (geen bindend juridisch kader).

Sinds eind 2013 worden de zogenaamde prioritaire locaties en bedrijven gecontacteerd met de bedoeling hen bewust te maken van het probleem van fijn stof en met hen te bespreken welke maatregelen moeten worden genomen om het terug in suspensie brengen van deeltjes in de lucht te beperken. Er moet rekening mee worden gehouden dat, indien nieuwe verplichtingen worden opgelegd, het risico bestaat dat tegen deze verplichtingen beroep wordt aangetekend, aangezien deze aanzienlijke kosten met zich





Figuur 4.4 – Jaarlijkse PM_{10} -concentraties op alle stations van het BHG [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] gedurende de voorbije tien jaar. De Europese jaarlijkse grenswaarde ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wordt aangegeven met de rode onderbroken lijn. De voorgestelde Europese jaarlijkse grenswaarde voor 2030 ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wordt aangegeven met de rode stippellijn. De door de WGO aanbevolen jaarlijkse waarde ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) met de blauwe stippellijn.



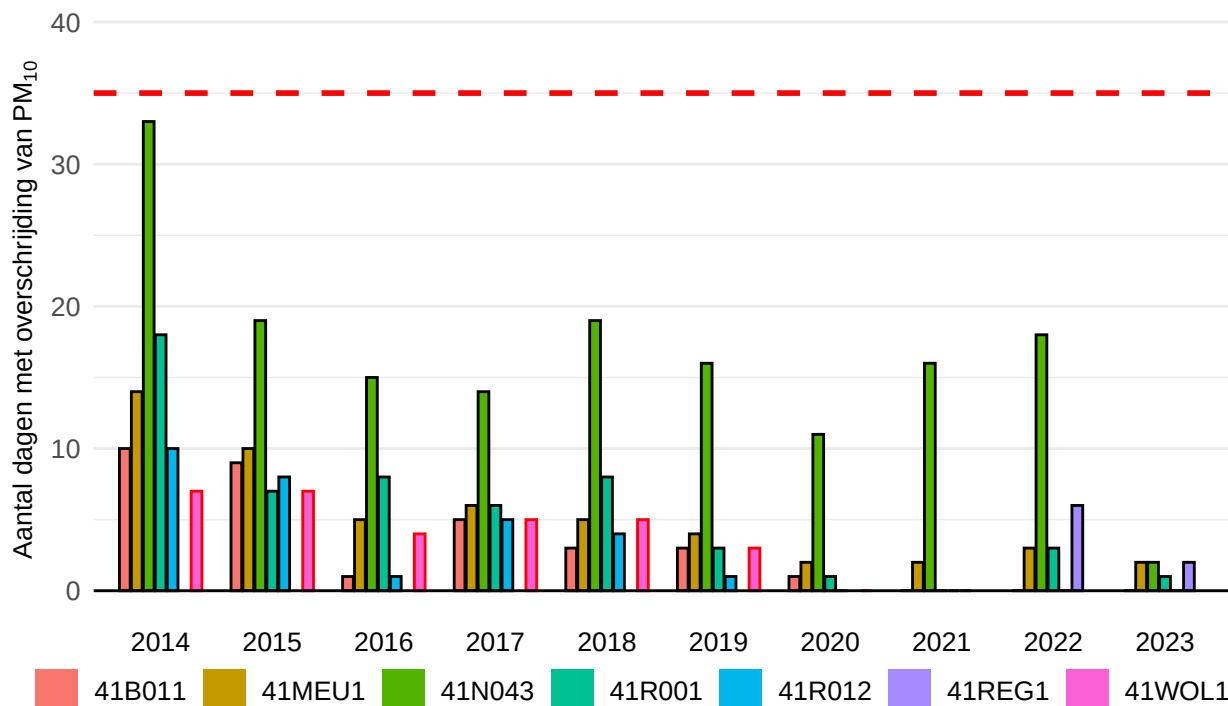
Figuur 4.5 – Jaarlijkse PM_{10} -concentraties voor alle stations in het BHG [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] gedurende de voorbije tien jaar. De Europese jaarlijkse grenswaarde ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wordt aangegeven met de rode onderbroken lijn. De voorgestelde Europese jaarlijkse grenswaarde voor 2030 ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wordt aangegeven met de rode stippellijn. De door de WGO aanbevolen jaarlijkse waarde ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) met de blauwe stippellijn. ^{† ‡}

meebrengen om ze uit te voeren. Een dialoog met de bedrijven was dan ook van essentieel belang om hen bewust te maken van de problematiek van de luchtverontreiniging en om ervoor te zorgen dat ze zouden instemmen om doeltreffende maatregelen te nemen om het terug in suspensie brengen van fijne deeltjes te verminderen. Naast deze campagne om bestaande milieuvergunningen te wijzigen, werd speciale aandacht besteed aan nieuwe aanvragen voor milieuvergunningen in het voorhavengebied. Sinds 2014 is immers elke nieuwe activiteit, die misschien kan leiden tot het genereren of terug in suspensie brengen van fijne deeltjes, onderworpen aan strikte exploitatievoorwaarden (verhoging van de wanden die de opslagzones afbakenen, asfaltering en regelmatige reiniging van de interne wegen van het bedrijf, bevochtiging van de opslagplaatsen en de toegangen, reiniging van de wielen van de vrachtwagens, ...).

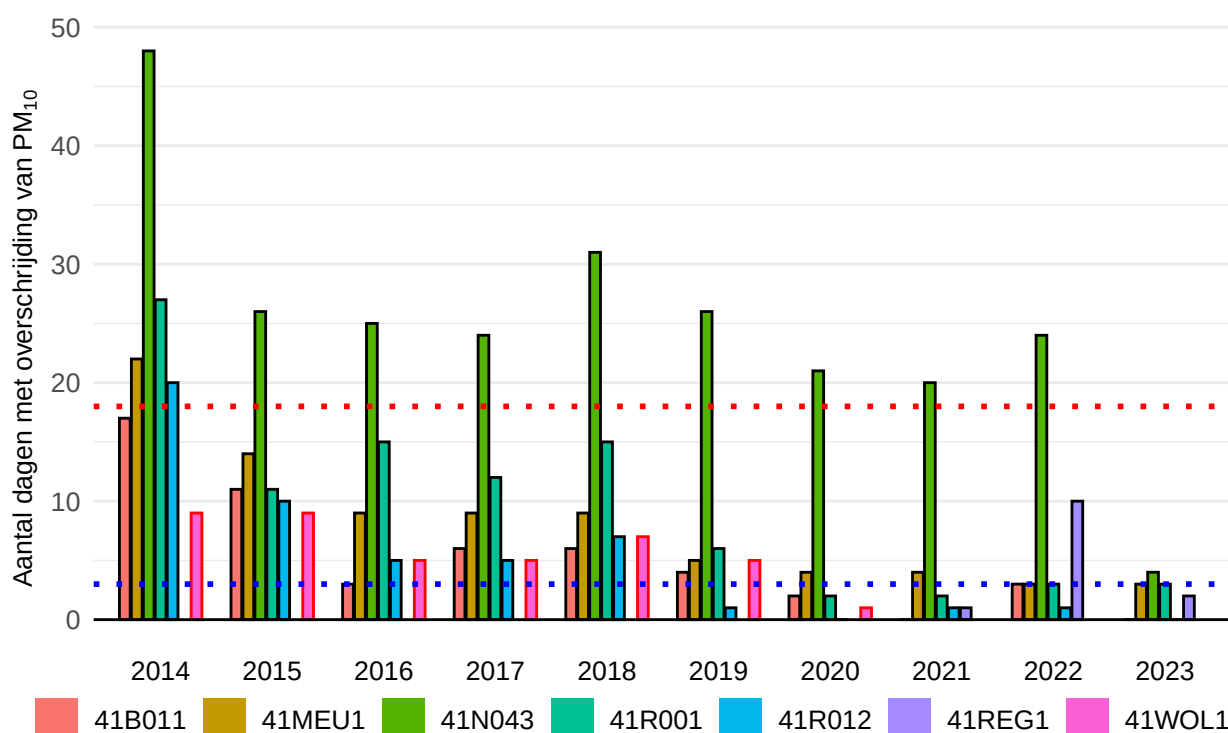
4.5 HUIDIGE METINGEN $PM_{2.5}$

In dit deel analyseren we de concentraties van fijne deeltjes $PM_{2.5}$, in het jaar 2023, meer bepaald ten opzichte van de Europese grenswaarden en de door de WGO aanbevolen waarden. In 2023 is de jaarlijkse $PM_{2.5}$ -concentratie met voor alle meetstations gemiddeld 10% gedaald ten opzichte van 2022. Alle Brusselse meetsta-





Figuur 4.6 – Aantal dagen met overschrijding van de PM_{10} -concentraties van de Europese daggrenswaarde ($50 \mu g/m^3$) voor elk station van het BHG in de afgelopen 10 jaar. Het aantal overschrijdingsdagen is toegestaan (35) wordt aangegeven door de rode onderbroken lijn. De omtrek van de balkjes zijn rood wanneer de minimale gegevensvastlegging van 85% niet wordt gehaald en het aantal toegestane overschrijdingsdagen niet overschrijdt. ‡



Figuur 4.7 – Aantal overschrijdingsdagen van de door de WGO aanbevolen dagwaarde voor de PM_{10} -concentraties ($45 \mu g/m^3$), identiek aan de voorgestelde Europese daggrenswaarde voor 2030, voor elk station van het BHG in de afgelopen tien jaar. Het aantal door de WGO aanbevolen overschrijdingsdagen in het strengste geval (3, voor de leesbaarheid) wordt aangegeven door de blauwe stippellijn. Het aantal toegestane overschrijdingsdagen volgens de voorgestelde grenswaarde voor 2030 (18) wordt aangegeven door de rode stippellijn. ‡

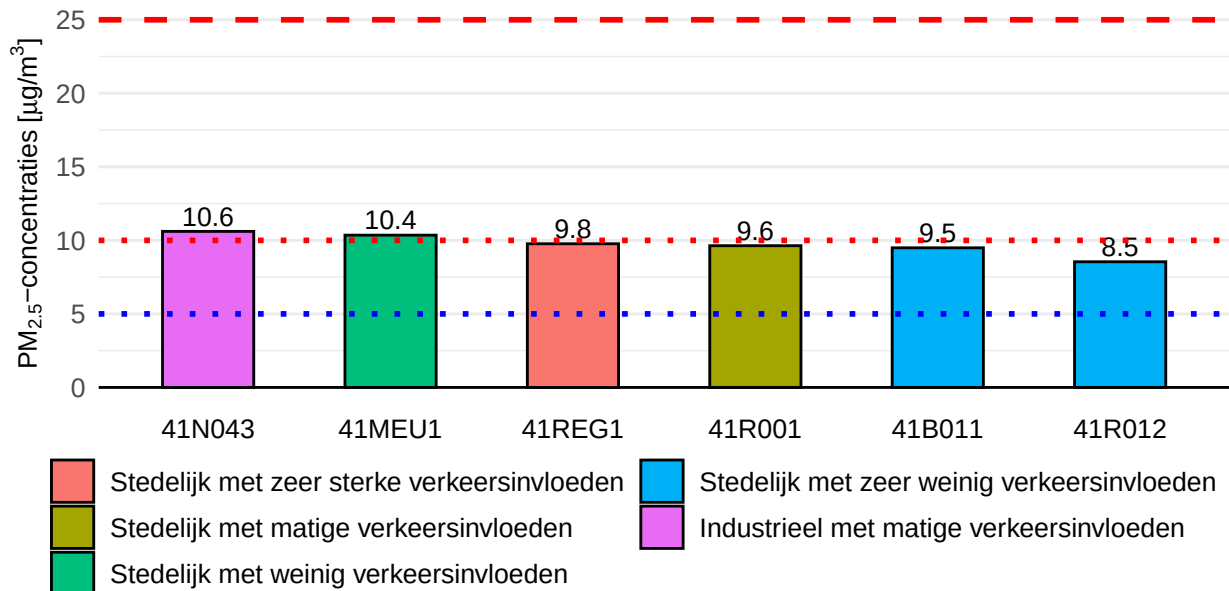
tions hebben voldaan aan de jaarlijkse Europese grenswaarde voor $PM_{2.5}$ in 2023, alsook voor de voorgestelde Europese daggrenswaarde voor 2030. De voorgestelde daggrenswaarde voor 2030 werd nageleefd in vijf meetstations. De door de WGO aanbevolen jaar- en dagwaarden werden in 2023 in geen enkel meetstation nageleefd.



4.5.1 Jaargemiddelden

In Figuur 4.8 is te zien dat de Europese jaargrenswaarde van $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in 2023 in alle meetstations ruimschoots wordt gehaald, met een maximaal jaargemiddelde in het station van Haren van $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Wat betreft de door de WGO aanbevolen waarde (2021) van $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, deze wordt nergens in het BHG gerespecteerd. Deze zeer strenge waarde is van de orde grootte van de Europese (grensoverschrijdende) achtergrond concentratie van $\text{PM}_{2.5}$ (ongeveer $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en laat dus in zekere zin bijna geen andere, meer lokale bronnen toe.

De voorgestelde Europese jaargrenswaarde voor 2030 ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wordt op haar beurt in alle meetstations nageleefd, met uitzondering van Haren waar het slechts lichtjes overschreden wordt⁴.



Figuur 4.8 – Jaargemiddelde $\text{PM}_{2.5}$ -concentraties voor elke BHG-locatie in 2023 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. De Europese jaarlijkse grenswaarde ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wordt weergegeven door de rode onderbroken lijn. De voorgestelde Europese jaarlijkse grenswaarde voor 2030 ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wordt aangegeven door de rode stippellijn. De door de WHO aanbevolen jaarlijkse waarde ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wordt weergegeven door de blauwe stippellijn. ^{† ‡}

4.5.2 Daggemiddelden

De Europese richtlijn 2008/50/EG voorziet niet in een dagwaarde voor $\text{PM}_{2.5}$ maar er bestaat een voorgestelde Europese daggrenswaarde voor 2030 van $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (18 toegestane overschrijdingen). Zoals te zien op Figuur 4.9 werd deze voorgestelde grenswaarde correct nageleefd in alle stations in het BHG. De WGO beveelt op haar beurt een dag-waarde van $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aan die niet meer dan 3 tot 4 keer per jaar mag worden overschreden, afhankelijk van de jaarlijkse gegevensvastlegging (overeenkomend met het 99e percentiel). Deze waarde wordt ruimschoots overschreden in alle Brusselse stations in 2023, ook in de stations met stedelijke achtergrond (Ukkel en Sint-Agatha-Berchem) zoals te zien op Figuur 4.9.

4.6 HISTORISCHE METINGEN VAN $\text{PM}_{2.5}$

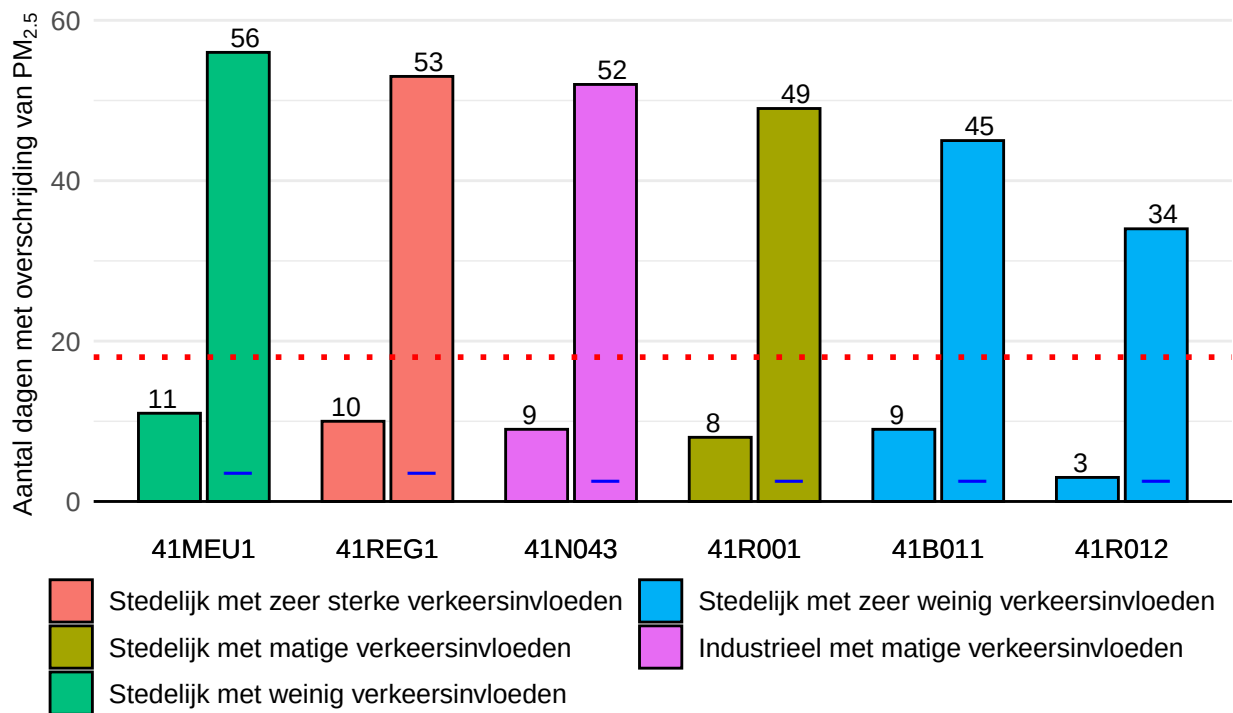
In dit deel analyseren we de ontwikkeling van de $\text{PM}_{2.5}$ -concentraties van fijne zwevende deeltjes in de afgelopen tien jaar. In het algemeen nemen de fijnstofconcentraties duidelijk af in BHG, België [IRCEL-CELINE, 2022] en Noordwest-Europa ([EEA, 2020], [EEA, 2022]), als gevolg van emissiebeperkende maatregelen en technologische vooruitgang (bv. betere deeltjesfilters in auto's). In Brussel wordt de Europese jaargrenswaarde van $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor $\text{PM}_{2.5}$ al meer dan tien jaar nageleefd en ruim voor de inwerkingtreding ervan in 2015.

4.6.1 Jaargemiddelden

Veranderingen in de jaarlijkse $\text{PM}_{2.5}$ -concentraties gedurende de afgelopen 10 jaar zijn te zien in de Figuren 4.10 en 4.11, respectievelijk afzonderlijk voor elk station en in de vorm van „boxplots”. Er kan worden vastgesteld dat de Europese jaargrenswaarde van $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ al meer dan 10 jaar in alle stations wordt nageleefd, en in het

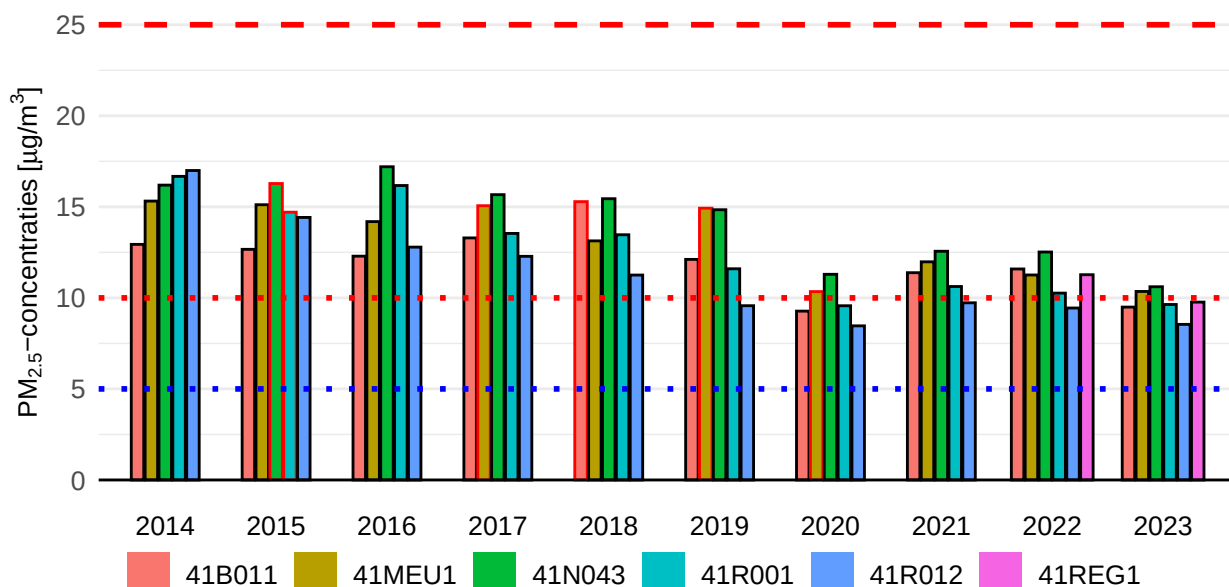
⁴De voorgestelde Europese grenswaarde voor 2030 wordt gedefinieerd zonder decimalen en het rapporteren van de jaarlijkse concentraties gebeurt ook zonder decimalen. Zo wordt de gemeten jaarlijkse concentratie in het station van Haren ($10.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) afgerond naar $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ terwijl de concentratie die gemeten werd in het station van Neder-Over-Heembeek (41MEU1) ($10.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wordt afgerond naar $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Als deze grenswaarde al van toepassing zou zijn dan zou deze laatste dus geen overschrijding zijn.





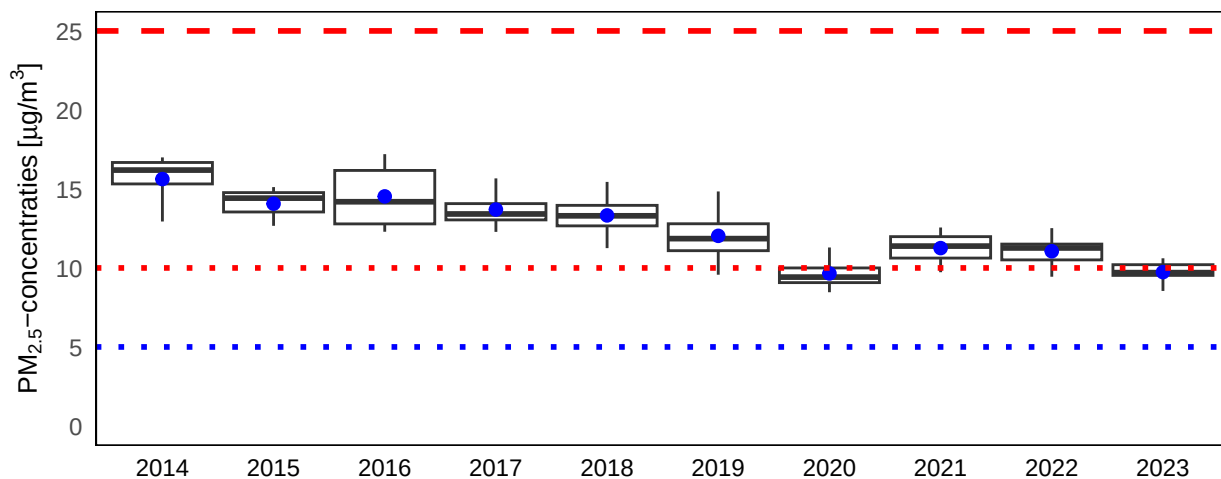
Figuur 4.9 – Linkerbalken: aantal overschrijdingsdagen van de voorgestelde Europese daggrenswaarde voor 2030 voor $PM_{2.5}$ ($25 \mu g/m^3$), voor elk station in het BHG in 2023. Het aantal toegestane overschrijdingsdagen (18) wordt aangegeven door de rode stippellijn. **Rechterbalken:** aantal overschrijdingsdagen van de door de WGO aanbevolen dagwaarde voor $PM_{2.5}$ ($15 \mu g/m^3$) voor elk station in het BHG in 2023. Het aantal door de WGO aanbevolen overschrijdingen (3 tot 4, afhankelijk van de jaarlijkse gegevensvastlegging) wordt aangegeven door de blauwe lijn. ^{† ‡}

bijzonder sinds de inwerkingtreding ervan in 2015. De opmerkelijke verbetering van de $PM_{2.5}$ -concentraties in alle stations over de jaren heen is ook te zien in deze cijfers. In 2023 liggen de jaarlijkse concentraties tussen 9 en $11 \mu g/m^3$ en slechts in één station wordt de voorgestelde Europese daggrenswaarde voor 2030 lichtjes overschreden.



Figuur 4.10 – Jaargemiddelde $PM_{2.5}$ -concentraties voor alle stations in het BHG [$\mu g/m^3$] in de afgelopen tien jaar. De Europese jaarlijkse grenswaarde ($25 \mu g/m^3$) wordt weergegeven door de rode onderbroken lijn. De voorgestelde Europese jaarlijkse grenswaarde voor 2030 voor $PM_{2.5}$ ($10 \mu g/m^3$) wordt aangegeven door de rode stippellijn. De door de WHO aanbevolen jaarwaarde ($5 \mu g/m^3$) wordt aangegeven door de blauwe stippellijn. ^{† ‡}

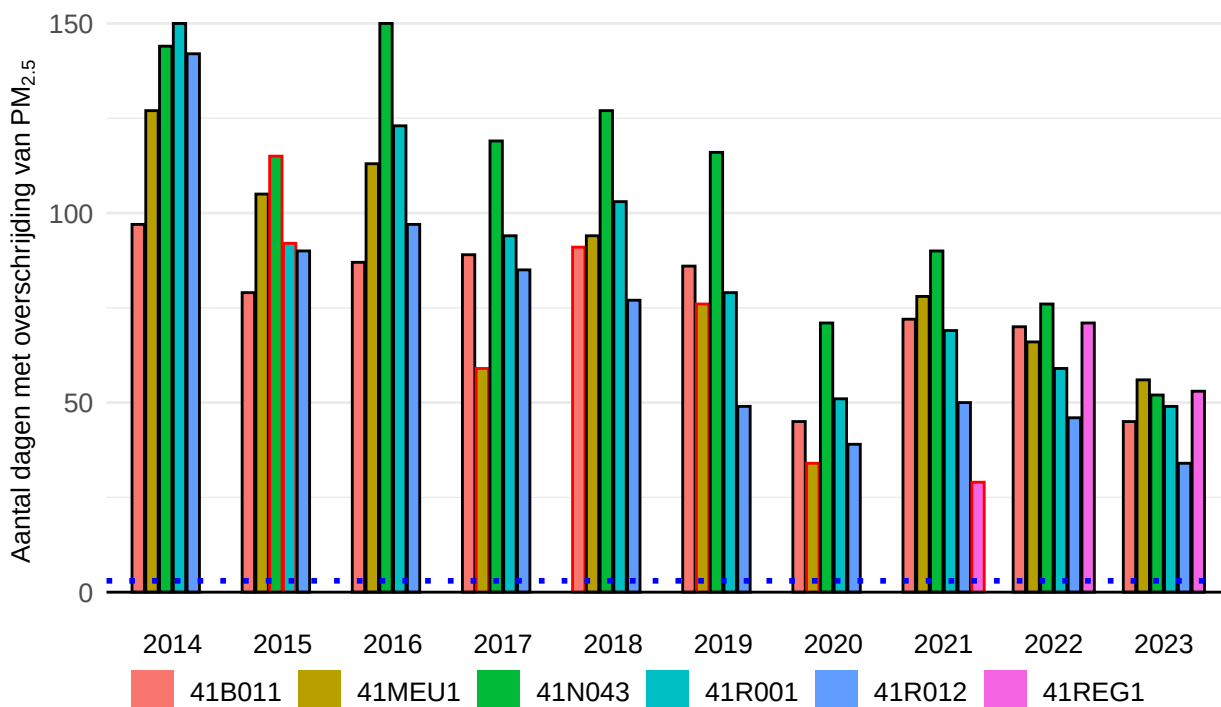




Figuur 4.11 – Jaargemiddelde $PM_{2.5}$ -concentraties voor alle stations in het BHG [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] in de afgelopen tien jaar. De Europese jaarlijkse grenswaarde ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wordt aangegeven met de rode onderbroken lijn. De voorgestelde Europese jaarlijkse grenswaarde voor 2030 voor $PM_{2.5}$ ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wordt aangegeven door de rode stippellijn. De door de WHO aanbevolen jaarwaarde ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wordt aangegeven door de blauwe stippellijn.

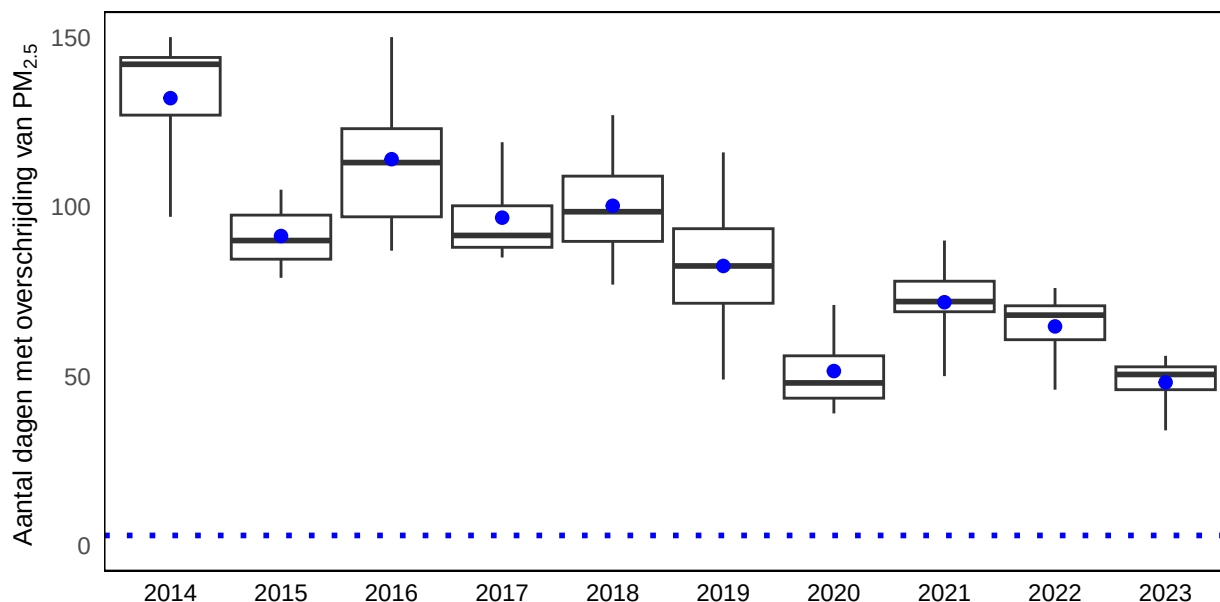
4.6.2 Daggemiddelden

Zoals reeds vermeld in paragraaf 4.5.2, voorziet de richtlijn niet in een daggrenswaarde voor $PM_{2.5}$. Het aantal dagen met een overschrijding van de door de WGO aanbevolen dagwaarde ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) gedurende de afgelopen 10 jaar wordt voor elk station afzonderlijk en in de vorm van „boxplots” weergegeven in respectievelijk Figuur 4.12 en 4.13. Er kan worden vastgesteld dat, ondanks de duidelijke verbetering van de daggemiddelde $PM_{2.5}$ -concentraties in de loop van de tijd en de sterke daling van het aantal overschrijdingen van de WGO-aanbevolen waarde, alle meetstations nog ver verwijderd zijn van de 3 tot 4 overschrijdingen. Het aantal dagen met een overschrijding van de voorgestelde Europese grenswaarde voor 2030 ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wordt weergegeven in respectievelijk Figuur 4.14 en 4.15. We stellen vast dat deze voorgestelde grenswaarde ruim werd overschreden in 2019 en de jaren daarvoor, in 2021 werd het nipt nageleefd en in 2023 wordt het ruimschoots gerespecteerd.

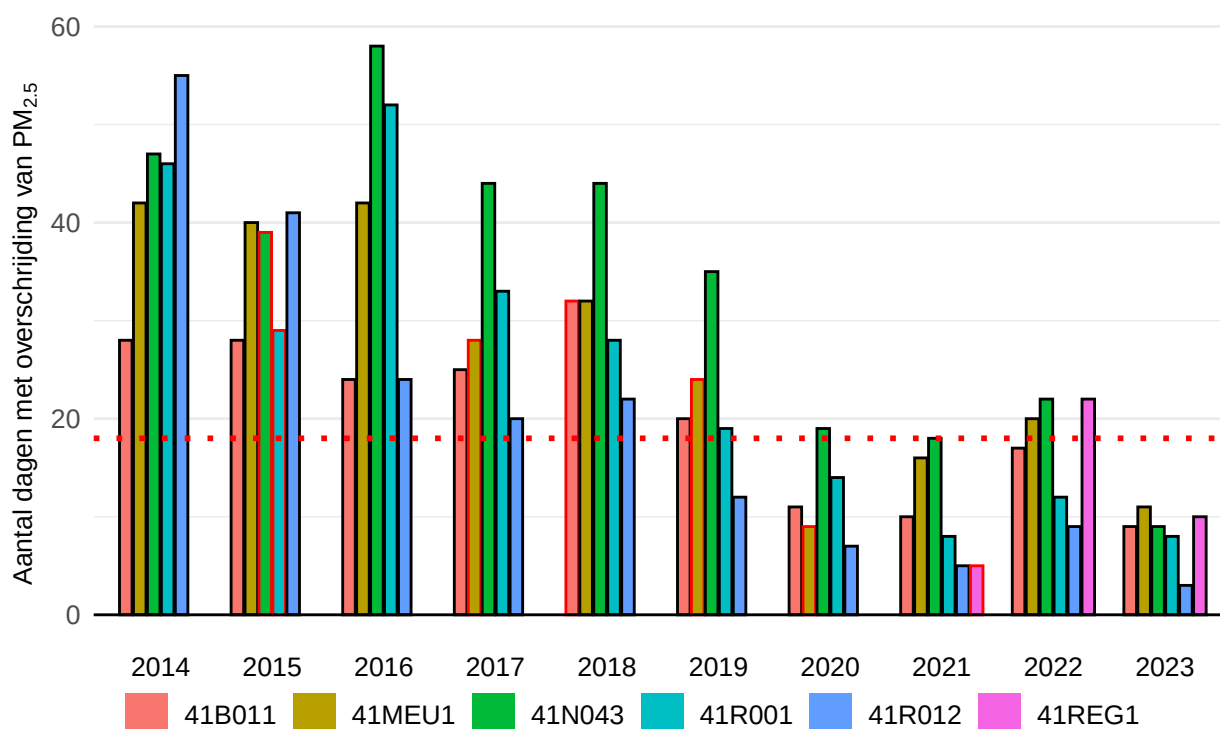


Figuur 4.12 – Aantal dagen met overschrijding van de door de WGO aanbevolen dagelijkse waarde voor $PM_{2.5}$ ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) voor elk station van het BHG gedurende de laatste tien jaar. Het aantal door de WGO aanbevolen overschrijdingen in het strengste geval (3, voor de leesbaarheid) wordt aangegeven door de blauwe stippellijn. ^{† ‡}





Figuur 4.13 – Aantal dagen met overschrijding van de door de WGO aanbevolen dagelijkse waarde voor $PM_{2.5}$ ($15 \mu g/m^3$) voor elk station van het BHG gedurende de laatste tien jaar. Het aantal door de WGO aanbevolen overschrijdingen in het strengste geval (3, voor de leesbaarheid) wordt aangegeven door de blauwe stippellijn. [†]

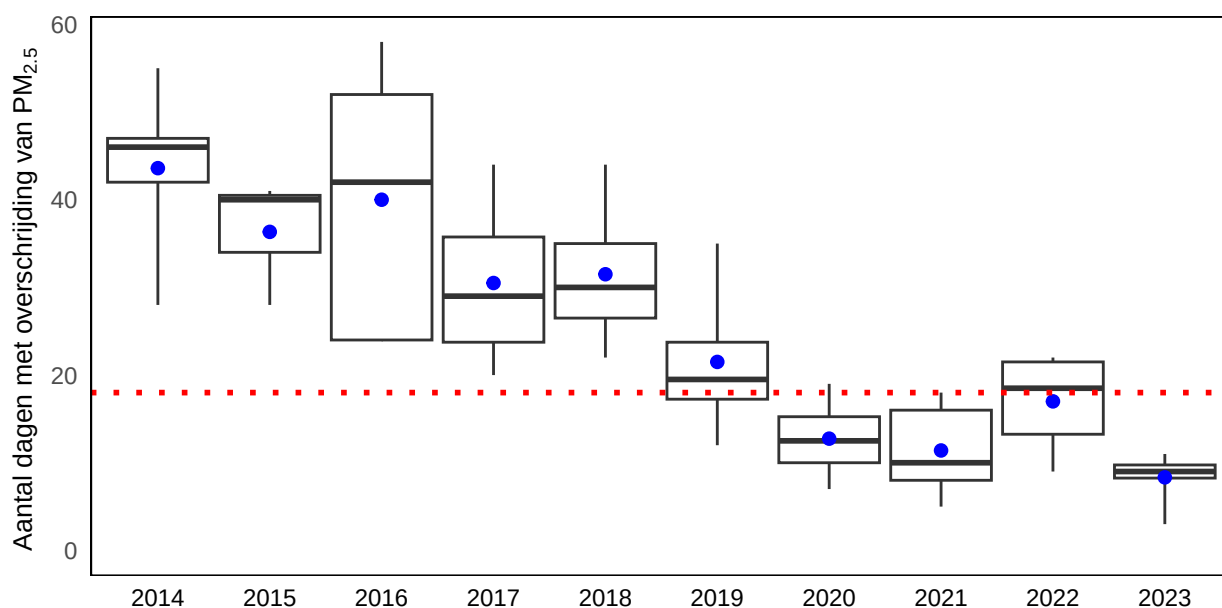


Figuur 4.14 – Aantal dagen met overschrijding van de voorgestelde Europese daggrenswaarde voor 2030 voor $PM_{2.5}$ ($25 \mu g/m^3$) voor elk station van het BHG gedurende de laatste tien jaar. Het aantal toegestane overschrijdingen (18) wordt aangegeven door de rode stippellijn. ^{† ‡}

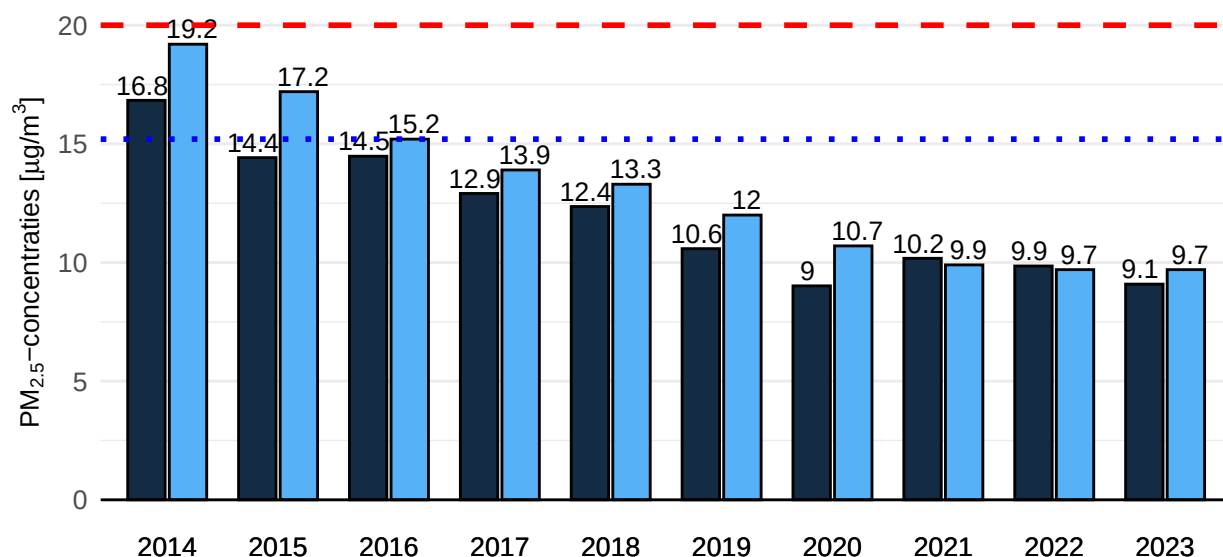
4.6.3 Indicator van de gemiddelde blootstelling in Brussel

Figuur 4.16 toont de veranderingen in de gemiddelde jaarlijkse concentraties in de stations van Ukkel en Sint-Jans-Molenbeek (gegevens in donkerblauw). De gemiddelde concentratie over 3 jaar wordt aangegeven door de lichtblauwe balken en vertegenwoordigt de gemiddelde-blootstellingsindex (GBI) voor Brussel. Strikt genomen is de GBI nationaal gedefinieerd, maar het is interessant de Brusselse waarden te vergelijken met de nationale streefcijfers voor 2015 en 2023 van respectievelijk 20 en $15.2 \mu g/m^3$. Het GBI dat alleen voor Brussel is berekend, beantwoordt aan de twee doelstellingen voor 2015 en 2020 (tevens in 2023) voor de blootstelling van de bevolking aan $PM_{2.5}$.





Figuur 4.15 – Aantal dagen met overschrijding van de voorgestelde Europese daggrenswaarde voor 2030 voor PM_{2.5} (25 µg/m³) voor elk station van het BHG gedurende de laatste tien jaar. Het aantal toegestane overschrijdingen (18) wordt aangegeven door de rode stippellijn.[†]



Figuur 4.16 – Jaargemiddelde PM_{2.5}-concentraties gemiddeld voor de stations van Ukkel en Sint-Jans-Molenbeek [µg/m³] (donkerblauwe balken). De GBI voor de Brusselse stations, d.w.z. het driejaarsgemiddelde van de jaarlijkse concentraties voor de beschouwde stations, wordt weergegeven door de lichtblauwe balken. De rode stippellijn geeft de Belgische doelstelling voor 2015 aan, de blauwe stippellijn de doelstelling voor België in 2020.



HOOFDSTUK 5: OZON

5.1 AARD VAN DE VERONTREINIGENDE STOF

Ozon (O_3) is een oxiderend gas dat betrokken is bij de afbraak van organisch materiaal en daardoor irriterend is voor levende organismen (zowel mensen als dieren, gewassen of bossen).

Ozon is een **secundaire** verontreinigende stof, d.w.z. dat het niet rechtstreeks in de atmosfeer wordt uitgestoten, maar wordt gevormd door fotochemische reactie met andere **precursor**-verontreinigende stoffen. Deze ozonvorming vindt plaats in de troposfeer en wordt daarom troposferisch ozon genoemd, in tegenstelling tot stratosferisch ozon (de „ozonlaag”), dat noodzakelijk is voor het leven op aarde door het filteren van hoog-energetische ultraviolette (UV) straling. In de troposfeer wordt ozon voornamelijk geproduceerd op warme, zonnige dagen in aanwezigheid van precursoren, waarvan stikstofdioxide (NO_x , zie hoofdstuk 3) en de vluchtige organische stoffen (VOS).

Ozon wordt altijd geproduceerd door de reactie van de zuurstofmolecule O_2 met een zuurstofatoom O [Sportisse, 2007]. Zuurstofatomen worden geproduceerd door de fotochemische dissociatie (onder invloed van ultraviolette zonnestraling) van NO_2 -moleculen, zoals beschreven in de chemische reactievergelijkingen (5.1) en (5.2) :



Stikstofmonoxide wordt echter zelf snel geoxideerd door O_3 volgens (5.3) :



We zien dus dat NO_x een precursor maar ook een consument-effect heeft op O_3 . Er ontstaat dus een chemisch evenwicht tussen deze verontreinigende stoffen.

In de praktijk is de atmosferische chemie van ozon complex en zijn er veel verschillende soorten bij deze evenwichten betrokken. Daarom spelen vluchtige organische stoffen (VOS, b.v. methaan, etheen, formaldehyde, isopreen, enz.) een belangrijke rol bij de vorming van ozon. In de oxidatieketen van VOS zijn verschillende tussenproducten betrokken. De kritische stap voor de vorming van O_3 is het verbruik van NO volgens de volgende reactie (5.4) :



waarbij RO_2 en RO respectievelijk de peroxy- en de oxy-radicalen zijn. De reactie (5.4), waarbij NO wordt verbruikt, bevordert de productie van atomaire zuurstof door dissociatie van NO_2 (5.1), die uiteindelijk leidt tot de productie van ozon (5.2). Het totale evenwicht van de cyclus is dus als volgt (5.5) :



waarin RH een generische koolwaterstof¹ is en $R'CHO$ een carbonyl/aldehyde-radicaal en waarin R' minder koolstofatomen bevat dan de aanvankelijke keten R . We verstaan dus de onderlinge afhankelijkheid van NO_x en VOC's in het mechanisme van O_3 -vorming. In de praktijk hangt de situatie ook af van het **chemische regime** van de betrokken geografische regio, d.w.z. van de waarde van de $[NO_x]/[COV]$ -verhouding. Dit verklaart

¹Dit wil zeggen een organische verbinding die exclusief bestaat uit koolstof- en waterstofatomen. Koolwaterstoffen zijn VOC's.



waarom het zo moeilijk is doeltreffende maatregelen te nemen om de ozonconcentraties te verminderen, vooral bij verontreinigingspieken.

In **stedelijke gebieden** zijn de NO_x -concentraties over het algemeen hoog. Het hierboven beschreven proces (5.4) en (5.5) wordt dan beperkt door de VOS-concentratie. Een vermindering van de NO_x -uitstoot (b.v. door maatregelen op te leggen inzake verkeer) zal de ozonconcentratie dan ook niet verminderen. Daar zijn twee redenen voor :

- Ten eerste, aangezien de reacties (5.4) en (5.5) beperkt worden door de VOS-concentratie, zal een verlaging van de NO_x -concentratie geen significante invloed hebben.
- Anderzijds produceren NO_x -emissies bij de verbranding in motorvoertuigen NO, dat bijdraagt tot het verbruik van O_3 (reactie (5.3)). Dit laatste effect is lokaal, betrekkelijk snel (uurlijkse schaal) en treedt op buiten het NO_x -evenwicht (d.w.z. de verhouding $[\text{NO}]/[\text{NO}_2]$ is plaatselijk hoger dan ver van het wegverkeer), hetgeen de sterke anti-correlatie tussen de aanwezigheid van verkeer en ozonconcentraties verklaart.

Het geval van het **platteland** is anders: niet alleen is er geen vermindering van O_3 door het effect van NO van het intense verkeer dat in stedelijke gebieden wordt waargenomen, maar bovendien is het platteland doorgaans onderhevig aan hogere emissies van zogenaamde biogene VOS (voornamelijk isopreen dat door planten wordt uitgestoten). Het chemische regime is dan over het algemeen „verzadigd met VOS” (*hoge VOS*), hetgeen de VOS-oxidatieketen beïnvloedt. Het directe gevolg is dat, en in tegenstelling tot het stedelijke „hoge NO_x ”-regime, de vermindering van de landelijke VOS-concentraties geen effect zullen hebben op de O_3 -concentratie. Anderzijds zal een vermindering van de NO_x -concentraties (via globale emissie maatregelen, aangezien NO_2 een lange atmosferische levensduur heeft) wel een directe invloed hebben op de O_3 -concentratie, aangezien de reactie (5.4), een beperkende stap in de VOS-oxidatieketen onder verzadigde NO_x -omstandigheden, zal worden geremd.

Wat de gevolgen van ozon voor de menselijke gezondheid betreft, gaat het meestal om een verminderde longfunctie en het risico van een ontsteking van de luchtwegen. De vegetatie daarentegen ondergaat een progressieve afbraak van het plantenweefsel, dat meer te lijden heeft van chronische lage blootstelling dan van verontreinigingspieken, waardoor extra hulpmiddelen nodig zijn en de groei en de opbrengst van de gewassen worden vertraagd.

5.2 EUROPESE VOORSCHRIFTEN EN AANBEVOLEN WAARDEN DOOR DE WGO

Richtlijn 2008/50/EG voorziet in een streefwaarde (niet juridisch bindend) voor de bescherming van de menselijke gezondheid, gebaseerd op NET60. Onder NET60 wordt verstaan het aantal dagen waarop de dagelijkse hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentratie de drempelwaarde van 60 ppb, d.w.z. $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, overschrijdt. De streefwaarde staat 25 overschrijdingsdagen van de NET60 per jaar toe, gemiddeld over drie jaar. De voorgestelde streefwaarde voor 2030 is identiek maar met 18 toegestane dagen.

De Europese doelstelling op lange termijn (DLT) voor ozon vereist op dit moment *geen* overschrijding van de drempelwaarde van $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, zonder de datum waarop aan deze doelstelling moet worden voldaan vast te leggen. De nieuwe Europese DLT vereist op haar beurt geen enkele overschrijding van de drempelwaarde van $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tegen 2050.

Ten slotte bedraagt de door de WGO aanbevolen waarde (2021) voor het dagmaximum van het 8-uurgemiddelde $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, met 3 tot 4 aanbevolen overschrijdingen, afhankelijk van de jaarlijkse gegevensvastlegging (overeenkomend met percentiel 99).

De WGO voorziet ook in een aanbevolen waarde van $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor het dagelijkse maximale 8-uurgemiddelde tijdens de piekperiode voor ozon (warme periode van het jaar). Deze referentieperiode wordt gedefinieerd als het voortschrijdend gemiddelde over 6 maanden waarbij het hoogste gemiddelde van het jaar geldt.

5.3 HUIDIGE METINGEN

In dit deel analyseren we de ozonconcentraties in het jaar 2023, met name ten opzichte van de Europese grenswaarden en de door de WGO aanbevolen waarden.

De volgende algemene opmerkingen kunnen worden gemaakt:

- tussen 2018 en 2019 was de jaarlijkse ozonconcentratie gemiddeld met 6% toegenomen in de meetstations,
- tussen 2019 en 2020 was de jaarlijkse ozonconcentratie gemiddeld met 12% toegenomen,
- tussen 2020 en 2021 is de jaarlijkse ozonconcentratie gemiddeld met 7% gedaald,



- tussen 2021 en 2022 is de jaarlijkse ozonconcentratie gemiddeld met 10% toegenomen en,
- tussen 2022 en 2023 is de jaarlijkse ozonconcentratie gemiddeld met 5% toegenomen.

Deze gegevens worden samengevat in Tabel 5.1.

Tabel 5.1 – Evolutie van de jaarlijkse O₃-concentratie, gemiddeld in de meetstations.

Periode	Evolutie
2018 - 2019	+6%
2019 - 2020	+12%
2020 - 2021	-7%
2021 - 2022	+10%
2022 - 2023	+5%

We kunnen vaststellen dat de stijging van de concentraties tussen 2019 en 2020 bijzonder hoog was. Dat effect was gedeeltelijk te wijten aan de inperkingsmaatregelen (meer of minder streng, afhankelijk van de tijd van het jaar) die in het kader van de COVID-19-pandemie werden genomen en die een opmerkelijk effect hadden op de intensiteit van het wegverkeer [Leefmilieu Brussel, 2020b]. De in 2021 gemeten jaarlijkse ozonconcentraties zijn weliswaar lager dan in 2020, maar toch iets hoger dan in 2019. Tot slot zet de opwaartse trend van de jaren 2019 en daarvoor zich voort sinds 2022.

In 2023 voldeden alle meetstations aan de Europese streefwaarde voor de bescherming van de menselijke gezondheid (zie Figuur 5.2) en aan de nieuwe voorgestelde streefwaarde voor 2030.

5.3.1 O₃-jaargemiddelde

De jaargemiddelde ozonconcentratie komt niet overeen met een grens- of streefwaarde of een aanbevolen waarde van de WGO. Toch is het interessant om deze indicator van station tot station te vergelijken omdat het een eerste overzicht van de concentraties geeft.

Uit Figuur 5.1 blijkt dat in 2023 de hoogste jaargemiddelde concentraties (respectievelijk 55 en 54 µg/m³) werden geregistreerd in de stations van Ukkel (41R012) en Sint-Agatha-Berchem (41B011). Dit is niet verrassend aangezien dit de stations zijn die het minst zijn blootgesteld aan wegverkeer en dus aan stikstofoxiden. De ozonconcentraties zijn immers typisch lager in de buurt van het verkeer en hoger ver daarvandaan (zie punt 5.1). Het station van Neder-Over-Heembeek (41MEU1), een stedelijk station met een geringe blootstelling aan wegverkeer, heeft met 51 µg/m³ de op twee na hoogste jaargemiddelde concentratie. De stations Sint-Jans-Molenbeek (41R001) en Haren (41N043), stedelijk en industrieel met een matige invloed van het wegverkeer, vertonen een nog iets lagere jaarlijkse concentratie (49 µg/m³).

5.3.2 NET60

Het aantal dagen met overschrijding van de drempelwaarde van 120 µg/m³ van het hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentratie is weergegeven in Figuur 5.2, voor het jaar 2023 en gemiddeld over de laatste drie jaar (2021-2022-2023). Er kan worden vastgesteld dat gemiddeld over een periode van drie jaar de streefwaarde nergens wordt overschreden. Gemiddeld over drie jaar werd het hoogste aantal overschrijdingsdagen (17, rechtse balkjes) opgetekend in het station van Ukkel.

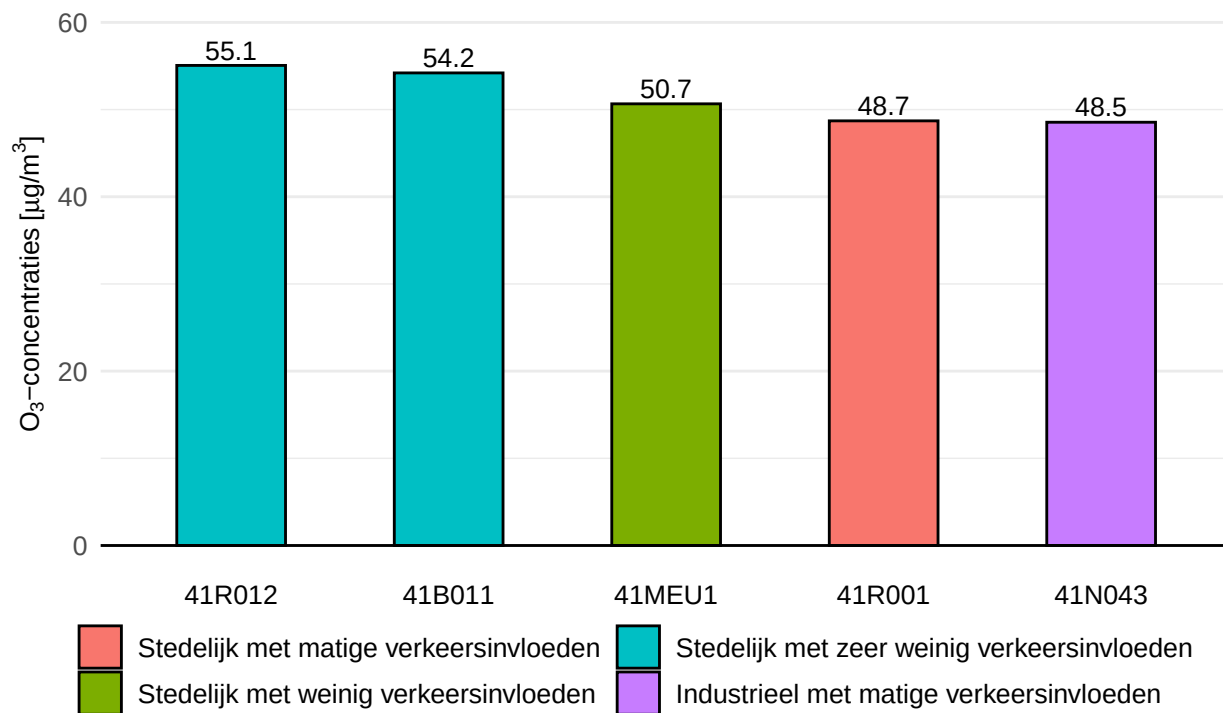
Het specifieke aantal overschrijdingsdagen voor het jaar 2023 wordt ook aangegeven door de linkerbalken en is ook minder dan 25. Ook hier hebben de stations met de minste blootstelling aan wegverkeer, Ukkel, Sint-Agatha-Berchem en Neder-Over-Heembeek, de hoogste waarden, terwijl de stations in Sint-Jans-Molenbeek en Haren de minste overschrijdingsdagen hebben. We kunnen daarnaast vaststellen dat de voorgestelde Europese streefwaarde voor 2030, waarbij er geen 15 maar 18 toegestane overschrijdingen zijn, wordt nageleefd in alle meetstations.

Aan de door de WGO aanbevolen waarde van 2021 (3 tot 4 overschrijdingen van het dagmaximum van het voortschrijdend gemiddelde over 8 uur van de drempelwaarde van 100 µg/m³, afhankelijk van de jaarlijkse gegevensvastlegging, overeenkomend met het 99e percentiel) wordt op haar beurt in geen enkel station in het BHG voldaan. Ter vergelijking: deze aanbevolen waarde wordt nergens in 2023 in België gehaald.

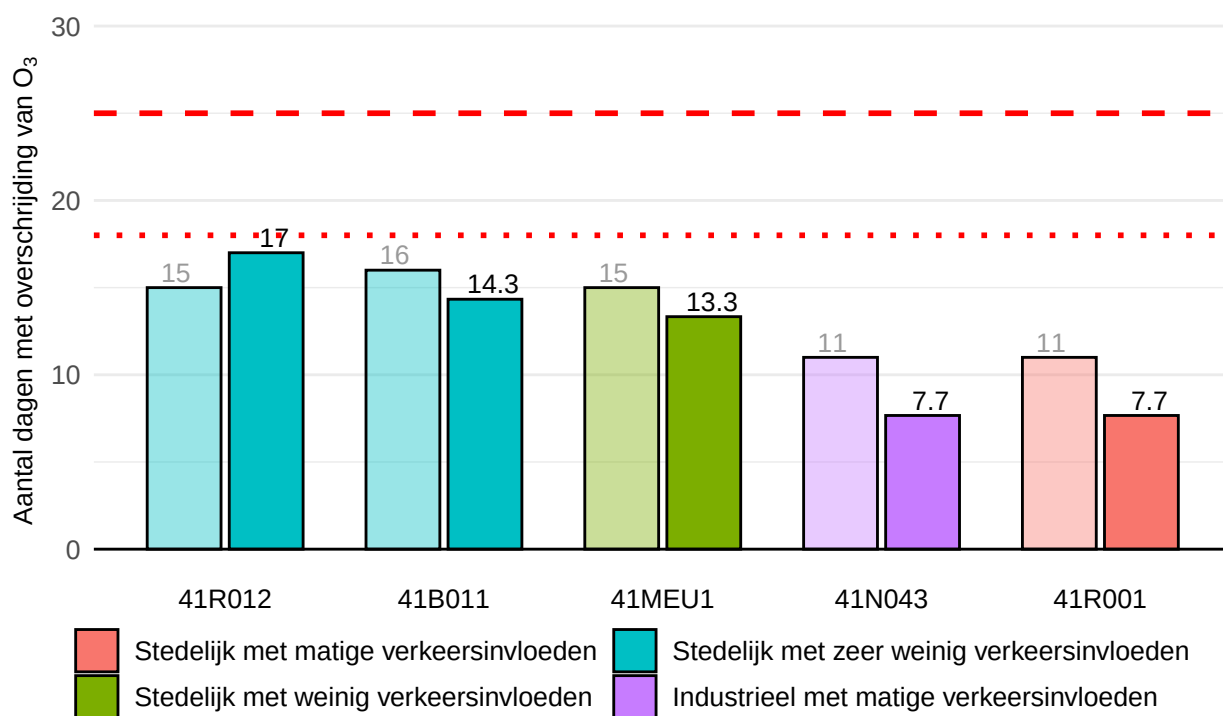
5.3.3 Piekperiode (WGO)

De WGO (2021) geeft een aanbevolen waarde voor de piekperiode voor ozon. De referentieperiode wordt gedefinieerd als het voortschrijdend gemiddelde over 6 maanden met het hoogste gemiddelde van het jaar, meestal van maart tot augustus. Het gemiddelde van de dagelijkse maxima van het voortschrijdend gemiddelde over 8





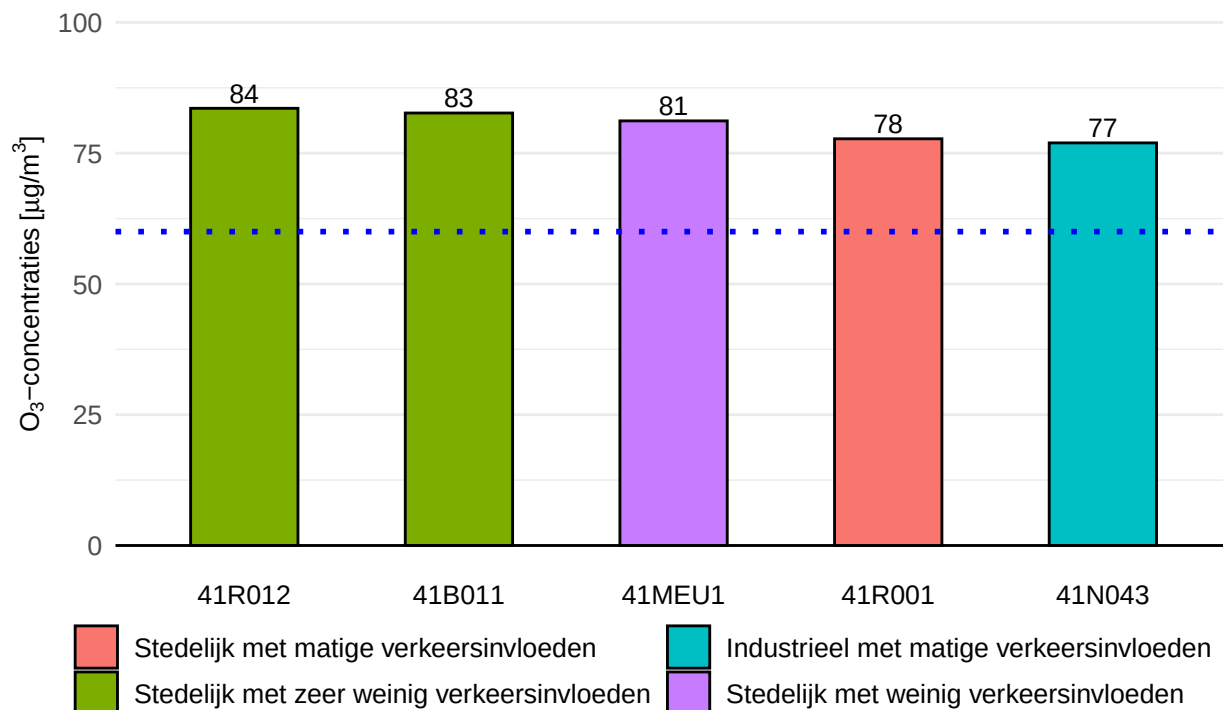
Figuur 5.1 – Jaargemiddelde O₃-concentraties voor elk station in het BHG in 2023 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].^{† ‡}



Figuur 5.2 – Aantal dagen met overschrijding van de streefwaarde van $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor de dagelijkse hoogste 8- uurgemiddelde van O₃ (NET60) voor elk station in het BHG in 2023. De waarde rechts vertegenwoordigt het gemiddelde over de afgelopen 3 jaar (2021-2022-2023), terwijl de waarde links de waarde voor het jaar 2023 vertegenwoordigt. Het aantal toegestane dagen per jaar (25), gemiddeld over drie jaar wordt aangegeven door de rode onderbroken lijn. De voorgestelde Europese streefwaarde voor 2030 staat op haar beurt gemiddeld 18 overschrijdingsdagen toe op 3 jaar (rode stippellijn).^{† ‡}

uur gedurende deze referentieperiode is weergegeven in Figuur 5.3. Te zien is dat dit bij alle meetstations van het BHG wordt overschreden, zelfs bij de stations die het meest door het wegverkeer worden beïnvloed.





Figuur 5.3 – Gemiddelde concentratie over 6 maanden van het dagmaximum van het 8-uurs voortschrijdend gemiddelde van de O₃-concentraties voor elk station in de BHG in 2023. De referentieperiode is het hoogste voortschrijdende gemiddelde over zes maanden van de maandelijkse concentraties voor het betrokken jaar. De blauwe stippellijn geeft de door de WGO aanbevolen waarde van 60 µg/m³ aan. ‡

5.3.4 Maximale dagelijkse uurconcentraties

In Figuur 5.4 kunnen de maximale uurconcentraties die gedurende elke dag van het jaar 2023 worden bereikt, worden bekeken teneinde deze te vergelijken met de Europese informatie- en alarmpiegels van respectievelijk 180 µg/m³ en 240 µg/m³. Te zien is dat in 2023 de informatiedrempel op slechts één dag werd overschreden (16 juni).

5.4 HISTORISCHE METINGEN

In dit deel analyseren wij de ontwikkeling van de ozonconcentraties in de afgelopen 10 jaar. Over het algemeen nemen de jaarlijkse ozonconcentraties (die een meting geven van de „achtergrond”-ozonconcentraties), in tegenstelling tot de ozonpieken, in het BHG langzaam toe, terwijl het aantal en de intensiteit van de ozonpieken neigen af te nemen (zie deel 5.4.3). Deze tegenstrijdige trends zijn ook op nationaal niveau waarneembaar zijn [IRCEL-CELINE, 2022]. In Europa zien we eveneens een daling van de ozonpieken en een stijging of stagnatie van de achtergrondconcentraties. Dit effect is te wijten aan een complexe combinatie van lokale (Europese) dalingen in de uitstoot van ozonprecursoren, fluctuaties in de meteorologische omstandigheden en hemisferisch transport van verontreinigende stoffen [EEA, 2018].

5.4.1 O₃-jaargemiddelde

De ontwikkeling van de jaarlijkse concentraties gedurende de afgelopen tien jaar is weergegeven in Figuur 5.5. Men kan zien dat het gemiddelde (jaarlijkse gemiddelde concentraties) vrij stabiel is (met enkele schommelingen) tot 2017, maar sindsdien gestaag stijgt. Tussen 2019 en 2020 was de groei ten opzichte van 2018 opvallender, vervolgens gevolgd door een lichte daling van de statistische indicatoren tussen 2020 en 2021. Sinds 2021 stijgen de ozonconcentraties opnieuw langzaam toenemen.

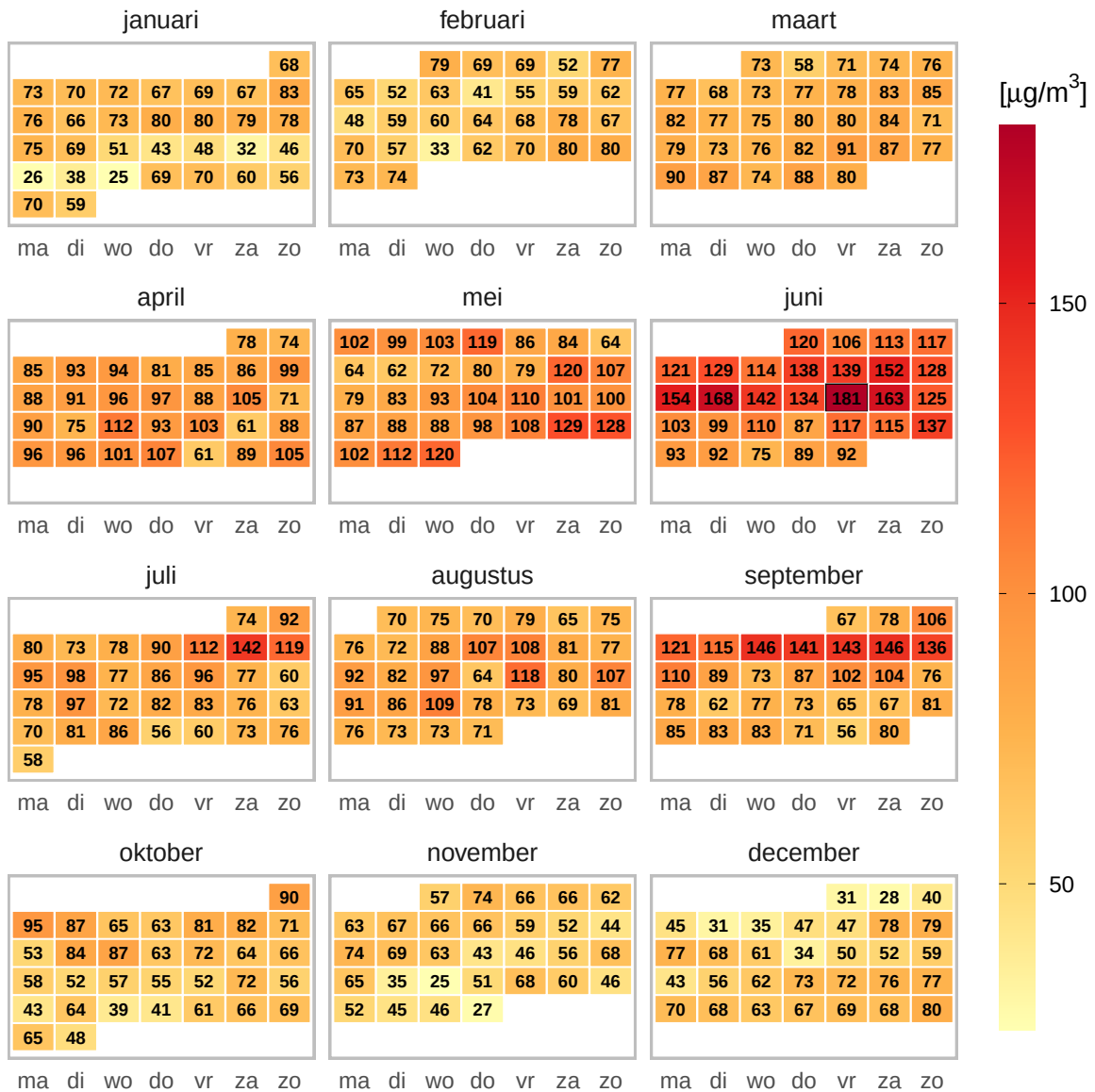
5.4.2 NET60

De ontwikkeling van NET60 is weergegeven in Figuur 5.6. Er is te zien dat het aantal overschrijdingsdagen van jaar tot jaar sterk fluctueert, voornamelijk in functie van de weersomstandigheden. In 2018 werden meer dan 30 dagen met een overschrijding van de streefwaarde van 120 µg/m³ in het station van Sint-Agatha-Berchem geregistreerd. Het maximale aantal overschrijdingsdagen, gemiddeld over 3 jaar (aangegeven door de groene onderbroken lijn), is in 2014 minder dan 25 dagen (gemiddelde over 2012-2013-2014) en tot in 2017 en voldoet derhalve aan de Europese regelgeving. Deze streefwaarde wordt in 2018 en 2019 echter overstegen als gevolg

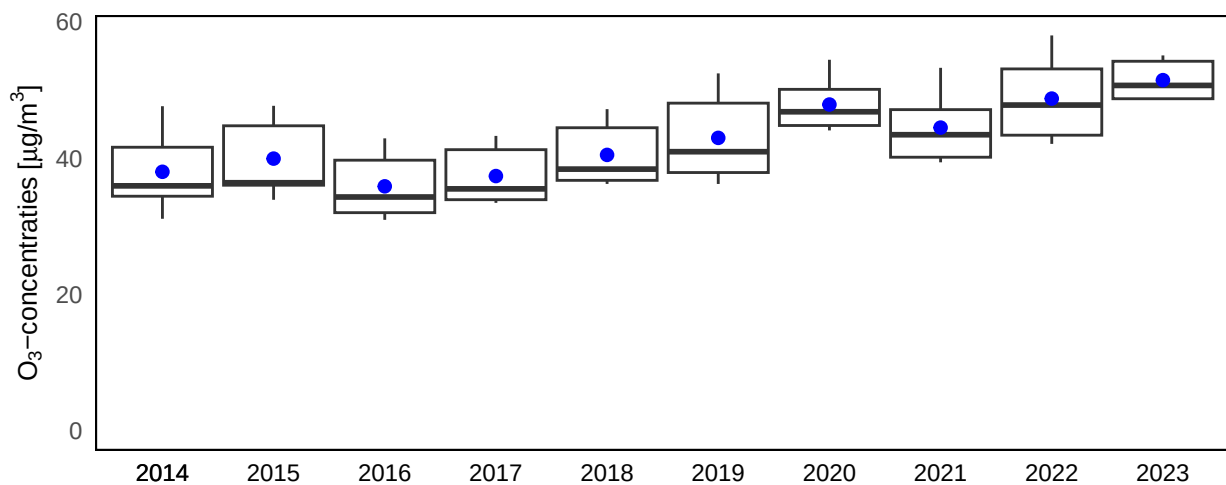


Maximale dagelijkse uurconcentraties van O₃

2023



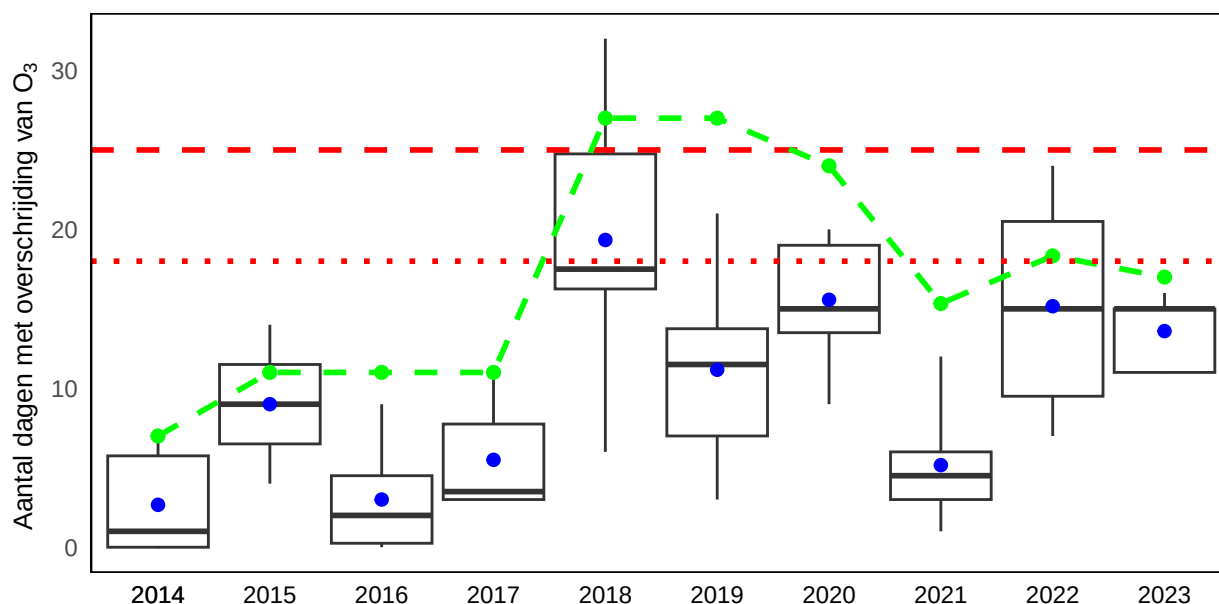
Figuur 5.4 – Maximale dagelijkse O₃-uurconcentraties in het BHG in 2023 [µg/m³]. De dagen waarop de Europese informatiedrempel van 180 µg/m³ werd overschreden, zijn in het zwart gemarkeerd.



Figuur 5.5 – Jaarlijkse gemiddelde O₃-concentraties voor alle stations in het BHG [µg/m³].



van te veel overschrijdingen (27) in 2018 bij het station Neder-Over-Heembeek, die niet door de andere jaren zijn getemperd omdat de waarden voor de jaren 2017 en 2019 niet beschikbaar waren (zie deel 5.3.2). In 2020 daalt het aantal overschrijdingsdagen, gemiddeld over drie jaar, tot onder de drempelwaarde van 25 en sindsdien wordt de Europese streefwaarde nageleefd. In 2023 wordt de voorgestelde Europese streefwaarde voor 2030 (18 overschrijdingsdagen) ook gerespecteerd.

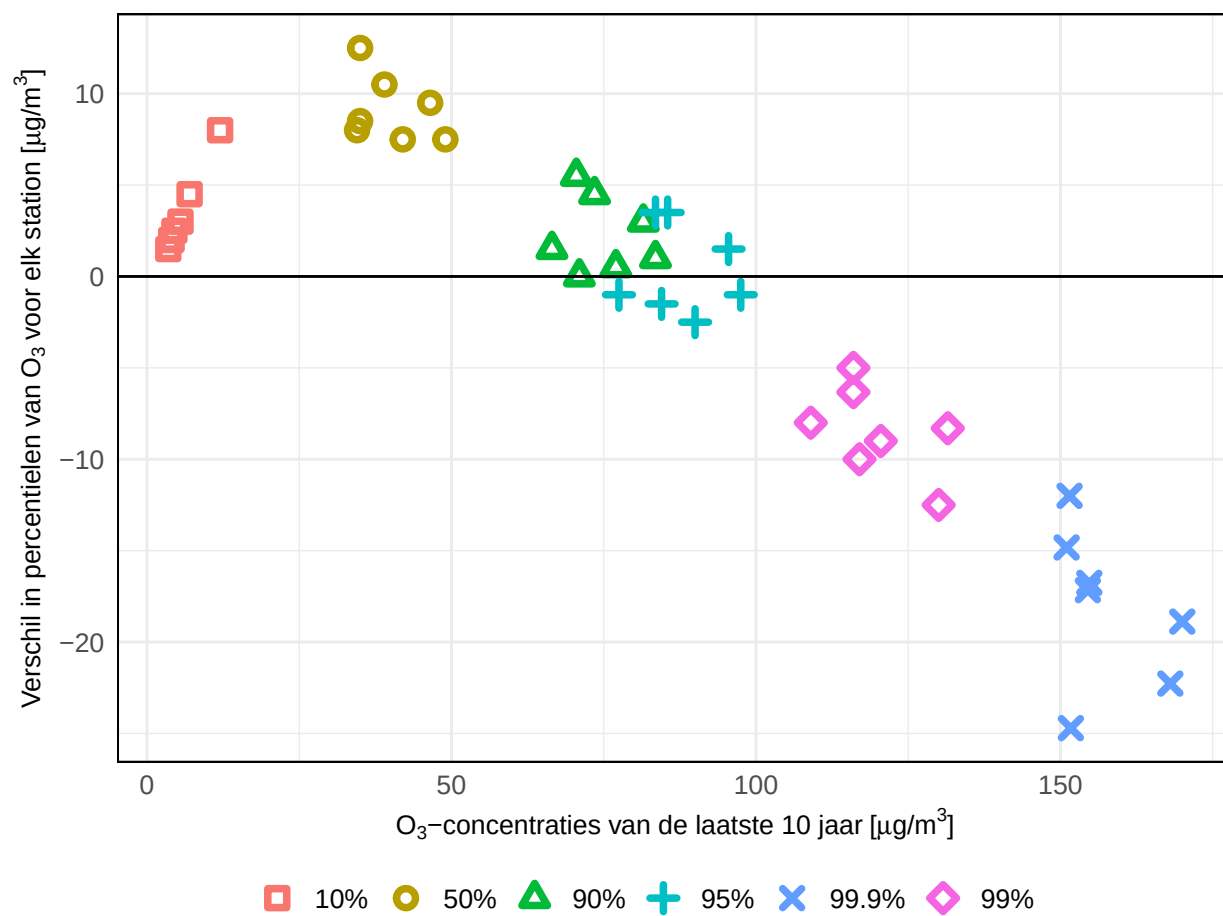


Figuur 5.6 – Aantal dagen met overschrijding van de streefwaarde van 120 µg/m³ voor het hoogste 8-uursgemiddelde van het daggemiddelde van O₃ (NET60) in alle stations van het BHG. Het maximumaantal toegestane dagen per jaar (25), gemiddeld over drie jaar, op grond van richtlijn 2008/50/EG wordt aangegeven door de rode onderbroken lijn. De groene onderbroken lijn geeft op haar beurt het voortschrijdend gemiddelde over drie jaar van het maximum van NET60 aan. De voorgestelde Europese streefwaarde voor 2030 staat dan weer 18 overschrijdingsdagen toe, gemiddeld over 3 jaar (rode stippellijn).

5.4.3 Evolutie van de percentielen

Figuur 5.7 toont het verschil tussen de percentielen (10%, 50%, 90%, 95%, 99% en 99,9%) berekend voor elk station in het BHG voor de periode 2014-2023 en de periode 2000-2009 [IRCEL-CELINE, 2022]. Positieve waarden wijzen op een stijgende tendens van de concentraties en negatieve waarden op een dalende tendens. Uit deze grafiek blijkt dat de laagste ozonconcentraties („achtergrondozon”) in de loop van de tijd een stijgende tendens vertonen in het BHG, terwijl de hoogste concentraties (ozonpieken) een duidelijk dalende tendens vertonen. Deze tegengestelde tendensen zijn ook waarneembaar op nationaal niveau [IRCEL-CELINE, 2022]. In Europa zien we eveneens een daling van de ozonpieken en een stijging of stagnatie van de achtergrondconcentraties. Dit effect is te wijten aan een complexe combinatie van lokale (Europese) dalingen in de uitstoot van ozonprecursoren, fluctuaties in de meteorologische omstandigheden en hemisferisch transport van verontreinigende stoffen [EEA, 2018].





Figuur 5.7 – Vershil in percentielen van O₃-uurconcentraties voor stations in het BHG, gedurende de laatste 10 jaar (2014-2023), ten opzichte van de periode 2000-2009.



HOOFDSTUK 6: BLACK CARBON

6.1 AARD VAN DE VERONTREINIGENDE STOF

Fijne deeltjes omvatten een grote hoeveelheid verbindingen van zeer uiteenlopende oorsprong en aard (zie hoofdstuk 4). Om een nauwkeuriger beschrijving te verkrijgen, is het nodig de deeltjes te karakteriseren (speciatie) om het gedrag van de afzonderlijke verbindingen te bestuderen. Om slechts één voorbeeld te noemen: de specifieke studie van nitraat-, sulfaat- en ammoniumdeeltjes, voornamelijk in de PM_{2.5}-fractie, zijn betrokken bij de vorming van secundaire deeltjes en dragen ook bij tot de verzuring en eutrofiëring van de bodem.

Het zwarte koolstof (Black Carbon of BC) of „roet” is een onderclassificatie van fijne deeltjes en omvat, zoals de naam het aangeeft, alle zwarte en koolstofdeeltjes, d.w.z. die het licht absorberen.

Zwarte koolstof wordt gewoonlijk aangetroffen in een diameterbereik van 10 tot 500 nm (in geaggregeerde vorm met andere verontreinigende stoffen). Zwarte koolstof is dus volledig opgenomen in de PM_{2.5}-fractie (aerodynamische diameter kleiner dan 2.5 µm), en gedeeltelijk in de fractie van ultrafijne deeltjes (UFP), gedefinieerd als deeltjes met een aerodynamische diameter kleiner dan 100 nm.

Zwarte koolstof is een verontreinigende stof die sterk samenhangt met verbrandingsprocessen (BC wordt vaak vereenzelvigd met „roet”). In het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (BHG) is zwarte koolstof voornamelijk afkomstig van het wegverkeer, goed voor 36% van de totale uitstoot in het BHG in 2022 [Leefmilieu Brussel, 2020a], van de verwarming van gebouwen (53%) en in mindere mate van de industrie (7%).

Vanuit het oogpunt van de gevolgen voor de gezondheid is de stand van zaken met betrekking tot zwarte koolstof als volgt samengevat door de WGO [WHO Regional Office for Europe, 2012]: „[...] *there are not enough clinical or toxicological studies to (a) allow an evaluation of the qualitative differences between the health effects of exposure to black carbon or those of exposure to PM mass or (b) identify any distinctive mechanism of black carbon effects. [BC] may operate as a universal carrier of a wide variety of combustion-derived chemical constituents of varying toxicity to sensitive targets in the human body, such as the lungs, the body's major defense cells and, possibly, the systemic blood circulation.*”

Met andere woorden, het potentiële gezondheidseffect van zwarte koolstof is groot, maar nog niet duidelijk vastgesteld, met name door het gebrek aan epidemiologische studies op lange termijn. Bovendien lijkt zwarte koolstof te fungeren als een „drager” van andere verontreinigende stoffen zonder noodzakelijkerwijs zelf toxisch te zijn.

Er zij op gewezen dat zwarte koolstof niet door Europese richtlijnen wordt gereguleerd en dat de WGO geen aanbevolen waarde voor deze verontreinigende stof voorschrijft. De meting ervan is echter wijdverbreid in Europa en wordt uitgevoerd met het oog op wetenschappelijk en epidemiologisch onderzoek.

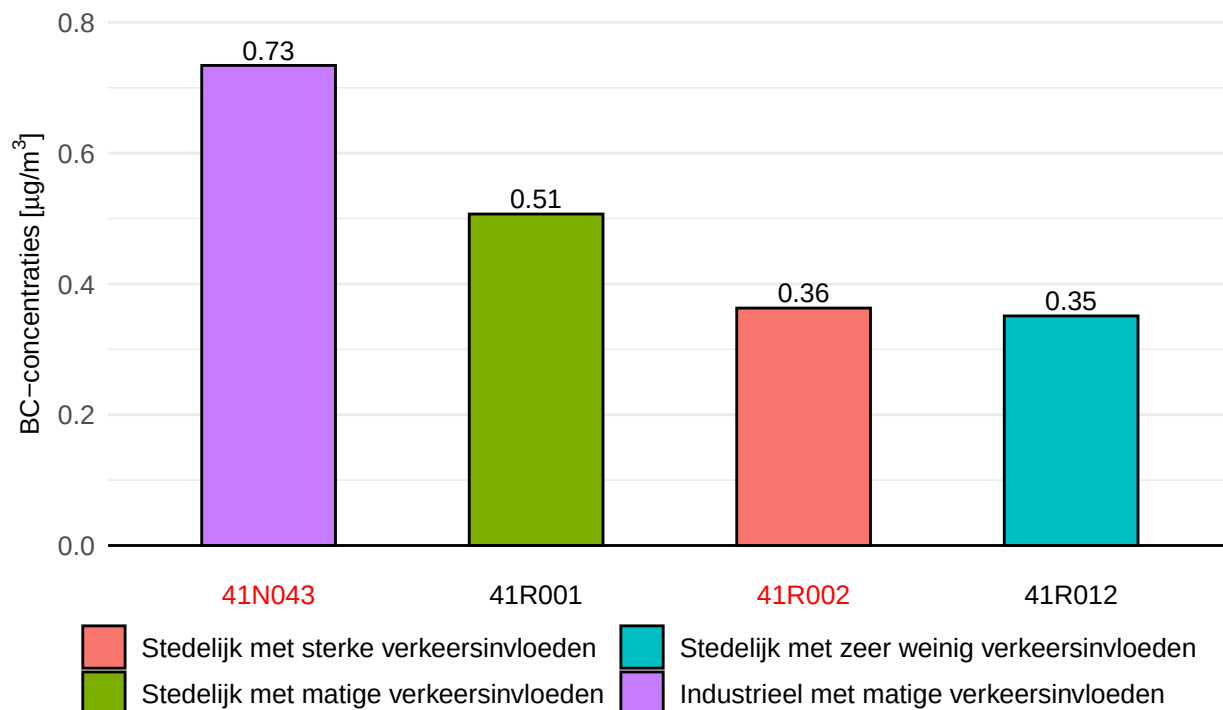
6.2 HUIDIGE METINGEN

6.2.1 BC-jaargemiddelde

De jaarlijkse concentraties van BC zijn weergegeven in Figuur 6.1. Het station van Haren (41N043) heeft de hoogste jaarlijkse concentratie in 2023 (ondanks dat het met 68% niet voldoende gegevens kon vastleggen) wat logisch is: het is een industriële omgeving met veel vrachtwagens (dieselmotoren) die grote uitstoters van BC zijn. Het tweede maximum wordt geregistreerd in het station Sint-Jans-Molenbeek (41R001), gevolg door het station van Elsene (41R002), dat sterk beïnvloed wordt door het wegverkeer maar waarvoor er met 53% niet voldoende gegevens werden vastgelegd om conclusies uit te trekken. De jaargemiddelde concentratie van 0.35 µg/m³ gemeten in het station van Ukkel (41R012), een stedelijke locatie met een zeer geringe invloed van het wegverkeer, is zoals verwacht de laagste in het meetnet.

6.3 HISTORISCHE METINGEN

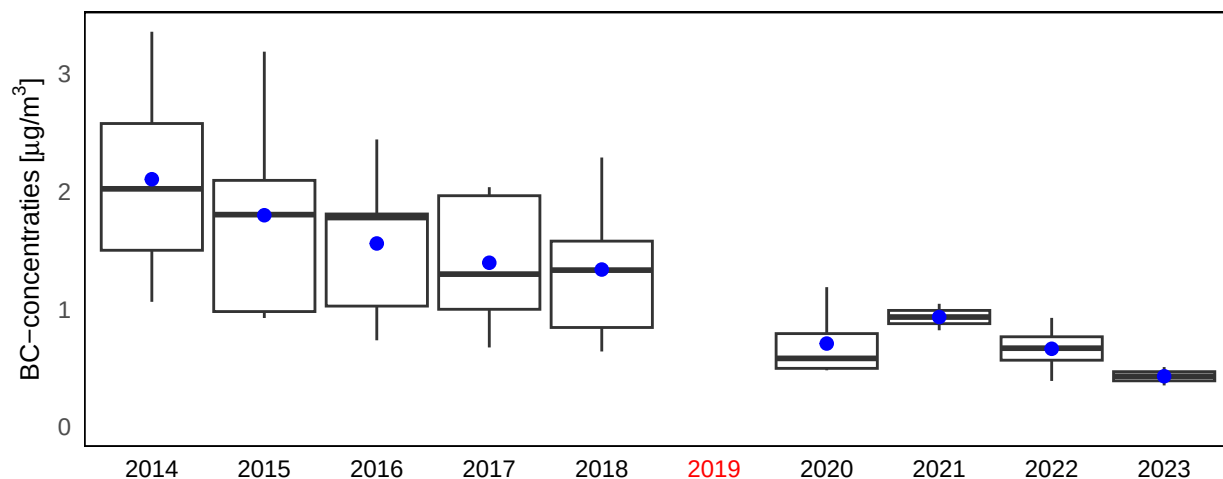




Figuur 6.1 – Jaargemiddelde BC-concentraties voor elk station in het BHG in 2023 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. ^{† ‡}

6.3.1 BC-jaargemiddelde

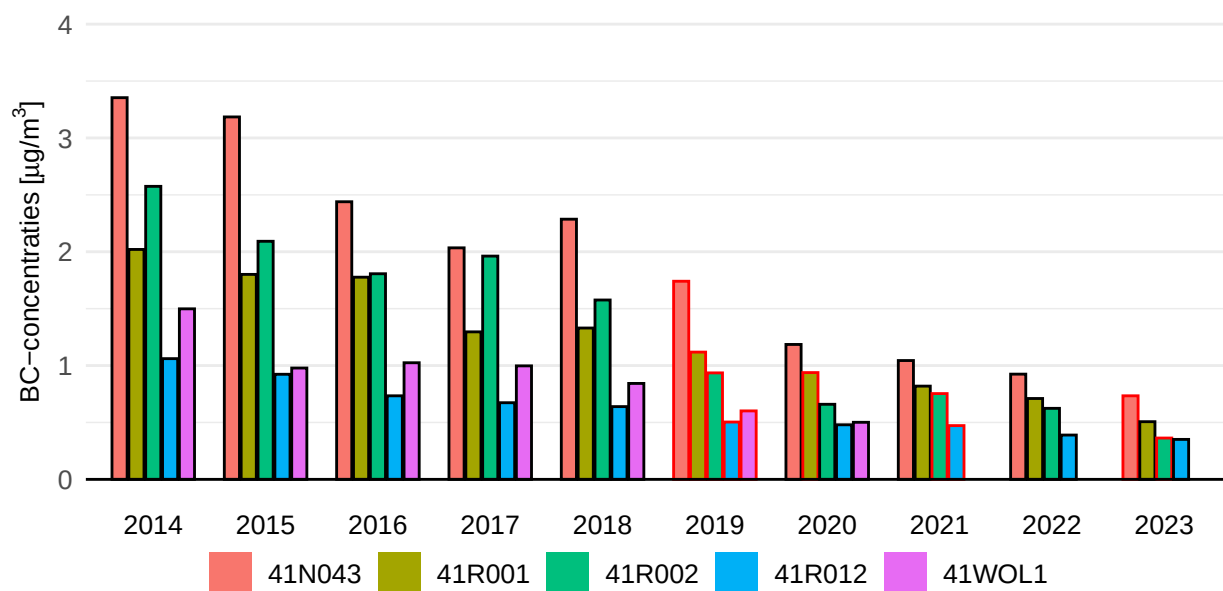
De Figuren 6.2 en 6.3 tonen de evolutie van de jaarlijkse concentraties van BC voor alle stations in het netwerk sinds 2014. Figuur 6.2 toont duidelijk de daling van de gemiddelde jaarlijkse concentraties zwarte koolstof in de loop der jaren (blauwe stippen). De andere statistische indicatoren volgen grotendeels dezelfde tendens, met uitzondering van de maxima, die van jaar tot jaar zeer sterke schommelingen vertonen, tenminste tot in 2018. Sinds 2020 zijn de jaarlijkse concentraties zwarte koolstof laag; in de grootteorde van $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ of minder. Dit is te verklaren doordat zwarte koolstof voornamelijk afkomstig is uit dieselmotoren en dat deze, sinds een aantal jaar, een steeds kleiner aandeel uitmaken van het Brusselse wagenpark.



Figuur 6.2 – Jaargemiddelde BC-concentraties voor alle stations in het BHG [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. De jaren in het rood komen overeen met jaren waarin minder dan 50% van de stations het vereiste minimum van 85% gegevens vastlegden (zie punt 6.2).

Figuur 6.3 toont ook de daling van de BC concentraties tussen 2014 en 2023 (in 2019 waren er minder dan 85% van de gegevens beschikbaar). Deze daling is zichtbaar in alle stations en is meer of in mindere mate uitgesproken naar gelang van het soort omgeving.





Figuur 6.3 – Jaargemiddelde BC-concentraties voor alle stations in het BHG [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. [†] [‡]



HOOFDSTUK 7: ZWAVELDIOXIDE

7.1 AARD VAN DE VERONTREINIGENDE STOF

Zwavedioxide (SO_2) is een verontreinigende gasvormige stof die ontstaat bij de verbranding van fossiele brandstoffen die zwavel bevatten (steenkool, stookolie, ruwe aardolie). Vulkanische activiteit, die zeer intens kan zijn, is een natuurlijke bron van SO_2 .

In het algemeen zijn de voornaamste bronnen van SO_2 de industrie en de raffinaderijen. Aangezien deze bronnen niet bestaan in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (BHG), is de belangrijkste bron van SO_2 in Brussel de verwarming van gebouwen (93% van de totale uitstoot in het BHG in 2022 [Leefmilieu Brussel, 2020a]). Het autoverkeer (minder dan 1% van de totale uitstoot) draagt nog nauwelijks bij tot de SO_2 -uitstoot.

Tegenwoordig liggen de gemeten SO_2 -concentraties in de lucht in Brussel (en over het algemeen in heel Europa) ruim onder de Europese grenswaarden. De drastische daling van de SO_2 -concentraties in de jaren 1970 tot het begin van de jaren 1980 is aan verschillende factoren toe te schrijven [Leefmilieu Brussel, 2012] :

- verschillende opeenvolgende wettelijke voorschriften ter regulering van het maximaal toegestane zwavelgehalte in brandstoffen voor verwarming en elektriciteitsopwekking,
- het feit dat aardgas de vaste en vloeibare brandstoffen (steenkool, stookolie) voor huisverwarming heeft verdrongen,
- de opening van kerncentrales.

Sindsdien zijn de SO_2 -concentraties van jaar tot jaar gedaald en hebben zij zich de laatste jaren gestabiliseerd met zeer lage waarden.

SO_2 is giftig, zelfs in lage concentraties, en kan irritatie van de ogen en de ademhalingswegen veroorzaken. Blootstelling aan hoge concentraties gedurende een korte periode leidt tot een verminderde longfunctie, vooral bij mensen met ademhalingsproblemen [WHO, 2020], [EEA, 2019]. SO_2 is ook een verzurende verontreinigende stof voor natuurlijke ecosystemen, die rechtstreeks door droge depositie of na omzetting in sulfaat (SO_4^{2-}) kan worden afgegeven. Het kan ook bijdragen tot de vorming van zwavelzuur H_2SO_4 en kan worden afgezet door natte depositie (nl. neerslag). Bovendien kan SO_2 , na omzetting in sulfaat, bijdragen tot de vorming van secundaire minerale deeltjes (zie ook paragraaf 3.1), bijvoorbeeld door de vorming van ammoniumsulfaat.

7.2 EUROPESE VOORSCHRIFTEN EN DOOR DE WGO AANBEVOLEN WAARDEN

De richtlijn voorziet sinds 1/1/2005 in twee grenswaarden voor zwavedioxide :

- een grenswaarde van $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per uur, die niet meer dan 24 keer per jaar mag worden overschreden (24 toegestane uren),
- een dagelijkse grenswaarde van $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$, die niet meer dan 3 keer per jaar mag overschreden worden (3 toegestane dagen).

Voor 2030 worden de volgende grenswaarden voorgesteld:

- een grenswaarde van $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per uur, die niet meer dan 3 keer per jaar mag worden overschreden,
- een dagelijkse grenswaarde van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, die niet meer dan 18 keer per jaar mag overschreden worden,
- Een jaarlijkse grenswaarde van $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

De door de WGO aanbevolen waarden voor zwavedioxide zijn de volgende:

- een aanbevolen dagelijkse waarde van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, die niet meer dan 3-4 keer per jaar mag worden overschreden (op basis van jaarlijkse gegevensvastlegging, overeenkomend met het 99e percentiel)
- een aanbevolen waarde voor 10 minuten van $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



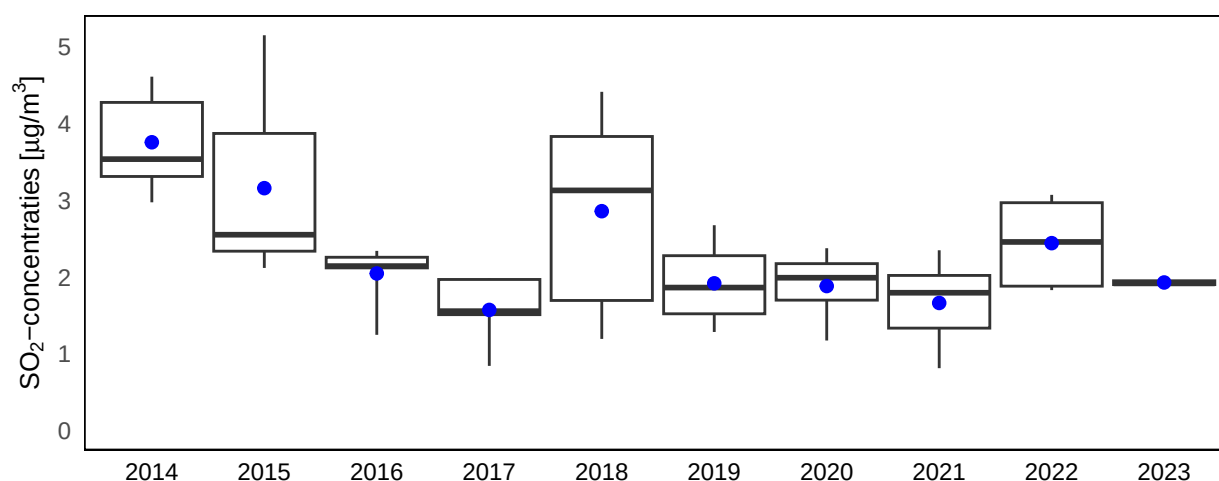
Er zij op gewezen dat de aanbevolen dagelijkse waarde van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (voorheen vastgesteld op $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) de enige waarde is die minder streng werd toen de WGO de waarden van 2005 herzag.

7.3 HISTORISCHE METINGEN

In dit deel analyseren wij de ontwikkeling van de jaargemiddelden evenals de Europese grenswaarden en de door de WGO aanbevolen waarden gedurende de afgelopen tien jaar. In het algemeen worden zowel de Europese grenswaarden als de door de WGO aanbevolen waarden voor SO_2 grotendeels nageleefd.

7.3.1 Jaarlijkse concentraties

Zoals te zien is in Figuur 7.1, zetten de jaarlijkse concentraties de dalende trend voort (waargenomen sinds het bestaan van het meetnet) in de afgelopen tien jaar, ondanks een lichte stijging in 2022. De jaarlijkse concentraties in het BHG waren in 2014 al zeer laag (ongeveer $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en liggen sinds 2017 tussen de 2 en $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figuur 7.1 – Jaargemiddelde SO_2 -concentraties van alle stations in het BHG [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. De voorgestelde Europese jaar-grenswaarde voor 2030 van $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ is niet aangegeven voor een betere leesbaarheid.

7.3.2 Concentraties per uur

De boxplots van de 25e maxima zijn weergegeven in Figuur 7.2. Aangezien de Europese uurgrenswaarde van $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per jaar 24 keer mag worden overschreden, kan door vergelijking van het 25e maximum met deze drempelwaarde meteen worden nagegaan of de Europese norm al dan niet wordt overschreden. Er kan onmiddellijk worden vastgesteld dat het 25e maximum ver verwijderd is van de grenswaarde van $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en bovendien vertoont deze indicator de laatste tien jaar een dalende tendens. Het jaar 2014 onderscheidt zich duidelijk van de andere jaren (met inachtneming van de Europese uurnorm) door de uitbarsting van de IJslandse vulkaan Bardarbunga, die de uitzonderlijk hoge stijging van de SO_2 -concentraties veroorzaakte op 22 en 23 september in het BHG (zie Figuur 7.4) alsook in Noord-Frankrijk [Airparif, 2014].

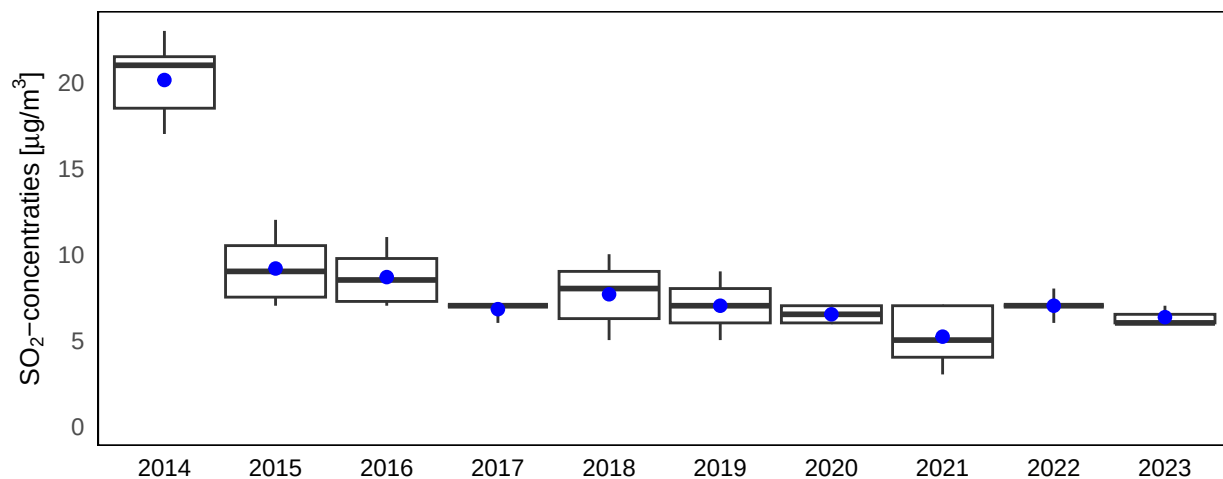
De boxplots van de 4e maxima zijn weergegeven in Figuur 7.3. De voorgestelde Europese uurgrenswaarde voor 2030 staat 3 overschrijdingen van de uurgrenswaarde van $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ toe. Er kan opnieuw worden vastgesteld dat het 4e maximum ver verwijderd is van de grenswaarde van $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Naast 2014, onderscheidt het jaar 2020 zich van de andere jaren (terwijl de Europese uurgrenswaarde wordt nageleefd) als gevolg van de import door noorderwind van SO_2 die uitgestoten werd door een bron die zich in de Antwerpse haven lijkt te situeren op 5 november 2020 (zie Figuur 7.5).

7.3.3 Dagelijkse concentraties

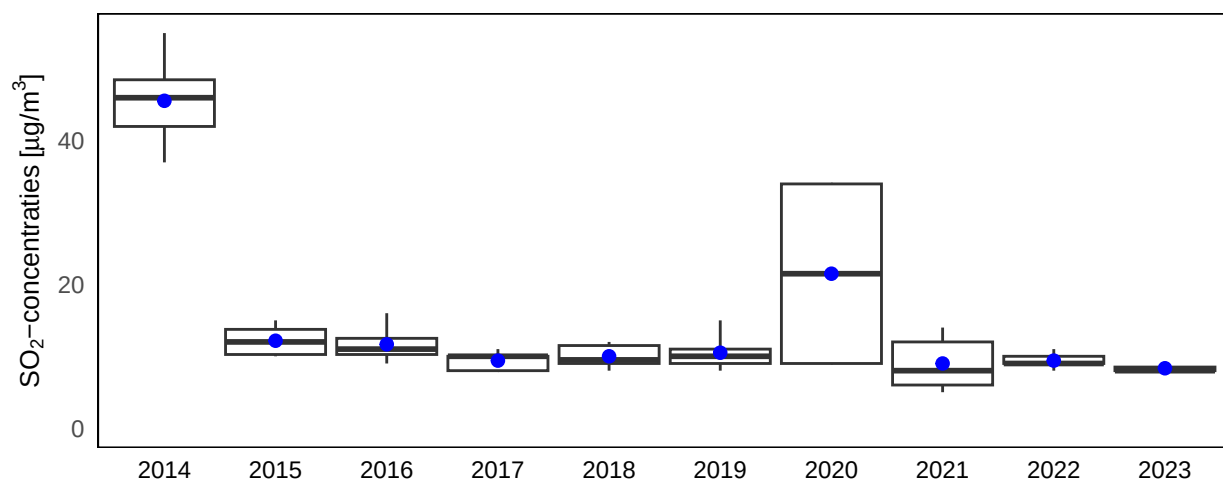
De hoogste dagconcentraties per jaar en per station zijn weergegeven in Figuur 7.6. Er kan worden vastgesteld dat de Europese daggrenswaarde van $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (3 toegestane overschrijdingen) de afgelopen tien jaar in alle meetstations ruimschoots is nageleefd in alle meetstations. De voorgestelde Europese daggrenswaarde voor 2030 van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (18 toegestane overschrijdingen) en de door de WGO aanbevolen dagwaarde (2021) van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (3-4 toegestane overschrijdingen op basis van jaarlijkse gegevensvastlegging) worden ruimschoots gerespecteerd. De afgelopen tien jaar werden de hoogste dagwaarden geregistreerd:

- in 2014, als gevolg van de vulkaanuitbarsting van Bardarbunga (zie deel 7.3.2) en

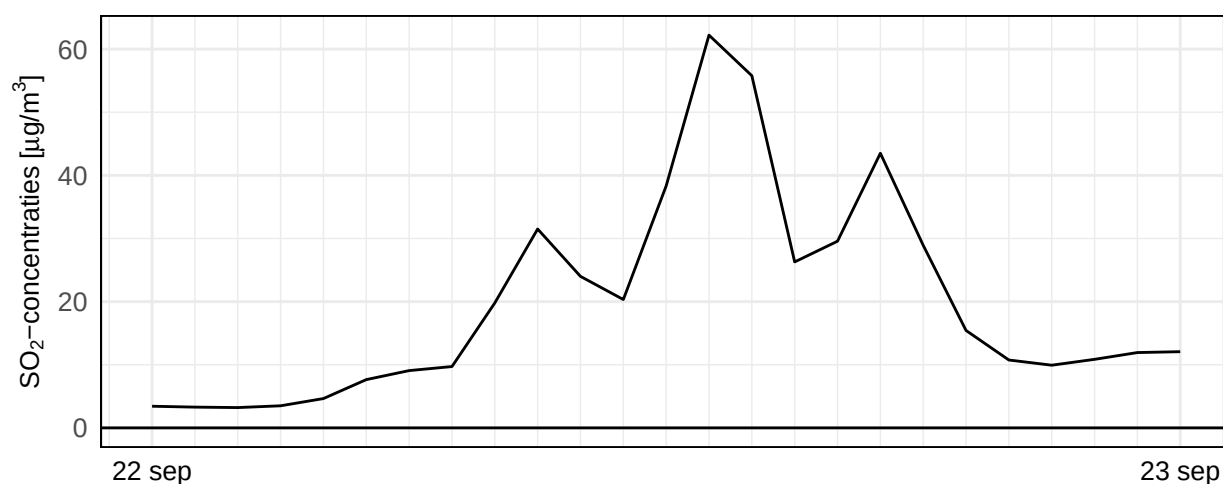




Figuur 7.2 – 25e hoogste SO₂-uurconcentratie per jaar voor alle stations in het BHG [µg/m³]. De Europese uurgrenswaarde staat 24 overschrijdingen toe van de drempel van 350 µg/m³.



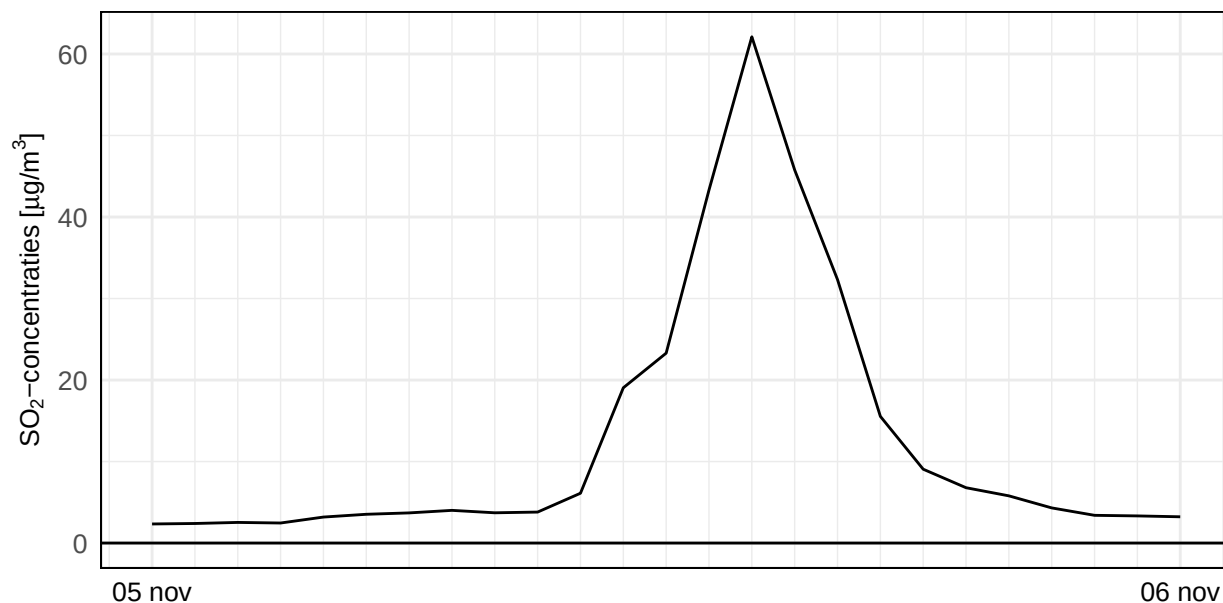
Figuur 7.3 – 4e hoogste SO₂-uurconcentratie per jaar voor alle stations in het BHG [µg/m³]. De voorgestelde Europese uurgrenswaarde voor 2030 staat 3 overschrijdingen toe van de drempel van 350 µg/m³.[†]



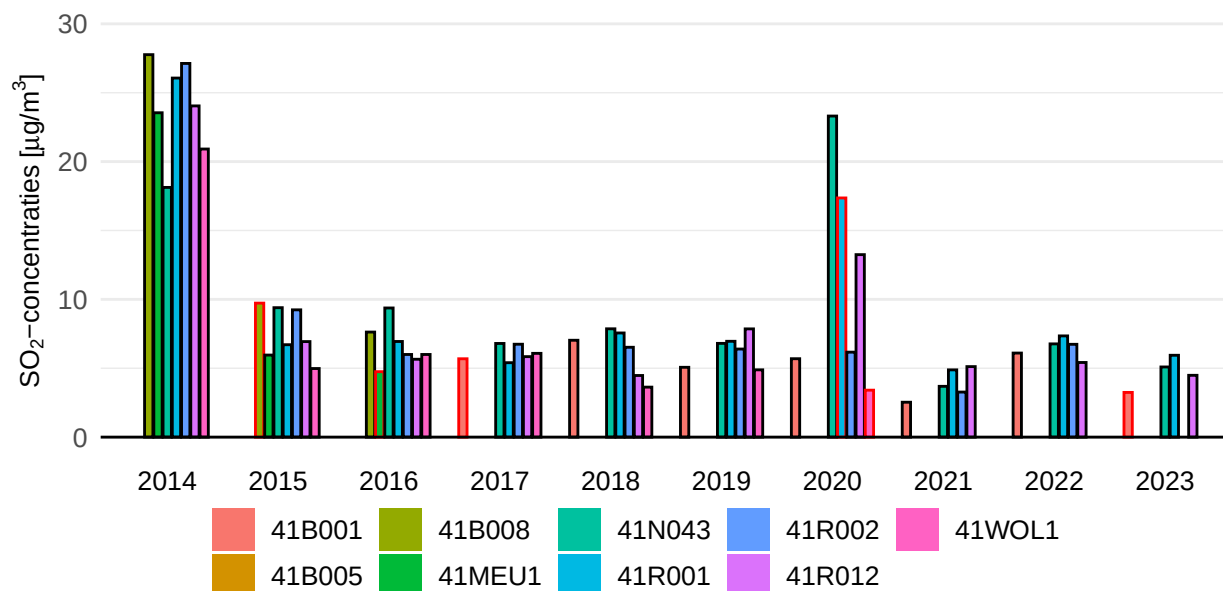
Figuur 7.4 – SO₂-uurconcentraties, gemiddeld over alle stations in het BHG [µg/m³], van 22 en 23 september 2014. De uitzonderlijk sterke stijging van de concentraties is het gevolg van de uitbarsting van de IJslandse vulkaan Bardarbunga.

- in 2020, wegens de invoer van massale SO₂-emissies waarvan de bron blijkbaar uit de richting van haven van Antwerpen kwam op 5 november 2020 (zie Figuur 7.5).





Figuur 7.5 – SO_2 -uurconcentraties, gemiddeld over alle stations in het BHG [$\mu\text{g}/\text{m}^3$], van 5 tot en met 6 november 2020. De uitzonderlijk sterke toename van de concentraties is te wijten aan een bron van SO_2 , die zich blijkbaar met een noordelijke wind uit de richting van de haven van Antwerpen zou gekomen zijn.



Figuur 7.6 – Maximale jaarlijkse concentraties van het daggemiddelde van SO_2 op alle stations in het BHG [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. De door de WGO aanbevolen dagelijkse waarde van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (met 3-4 aanbevolen overschrijdingen, afhankelijk van de jaarlijkse gegevensvastlegging) en de voorgestelde Europese daggrenswaarde voor 2030 van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (18 toegestane overschrijdingen) worden niet weergegeven om geen verwarring te veroorzaken niet weergegeven. ^{† ‡}



HOOFDSTUK 8: KOOLSTOFMONOXIDE

8.1 AARD VAN DE VERONTREINIGENDE STOF

Koolstofmonoxide (CO) is een reukloos, kleurloos gas dat ontstaat bij de onvolledige verbranding van koolstof. Na de verbranding wordt koolstofdioxide (CO₂) gevormd, dat een broeikasgas is - maar niet giftig.

In Brussel is CO voornamelijk afkomstig van de verwarming van woningen (41% van de totale uitstoot in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (BHG) in 2022 [Leefmilieu Brussel, 2020a]). De andere bronnen van CO zijn het wegtransport (33%), de verwarming van tertiaire gebouwen (11%) en andere voertuigen dan het wegverkeer (9% van de uitstoot).

De giftigheid van CO komt door het feit dat het zich bindt aan de hemoglobine in het bloed (waarbij carboxyhemoglobine wordt gevormd), waardoor het zuurstoftransport in het bloed wordt verminderd. Blootstelling aan hoge concentraties koolstofmonoxide is de oorzaak van mogelijk dodelijke ongevallen in huis, onder meer bij het gebruik van boilers in slecht geventileerde badkamers. Gezondheidseffecten (verminderde fysieke en intellectuele capaciteit, verlies van gezichtsscherpte, verlies van motorische vaardigheden) worden ook waargenomen bij lagere concentraties [Leefmilieu Brussel, 2012].

8.2 EUROPESE VOORSCHRIFTEN

Richtlijn 2008/50/EG voorziet in een grenswaarde voor het maximale dagelijkse voortschrijdende achttuurgemiddelde van CO dat niet hoger mag zijn dan 10 mg/m³ (milligram per kubieke meter), gelijk aan de door de WGO aanbevolen waarde. De WGO voorziet ook een aanbevolen uurwaarde van 35 mg/m³ en een aanbevolen 15-minutenwaarde van 100 mg/m³, die beide algemeen worden gerespecteerd. De WGO (2021) voorziet ook in een dagelijkse aanbevolen waarde van 4 mg/m³ (milligram per kubieke meter) voor CO, met 3 tot 4 overschrijdingen, afhankelijk van de jaarlijkse gegevensverzameling, overeenkomen met het 99e percentiel.

Bovendien wordt er voor 2030 een daggrenswaarde voorgesteld van 4 mg/m³, met 18 toegestane overschrijdingen.

8.3 HUIDIGE METINGEN

Aangezien de grenswaarden voor CO ruimschoots worden gehaald, analyseren wij deze over de afgelopen tien jaar in deel 8.3.1 en stellen we in dit hoofdstuk alleen de jaargemiddelde concentraties wat betreft 2023 voor.

8.3.1 Jaarlijkse gemiddelden

De jaarlijkse CO-concentraties (in mg/m³) voor elk station in het BHG zijn weergegeven in Figuur 8.1. Te zien is dat de meeste meetstations zeer vergelijkbare concentraties hebben, in de orde van 0.3 mg/m³.

8.4 HISTORISCHE METINGEN

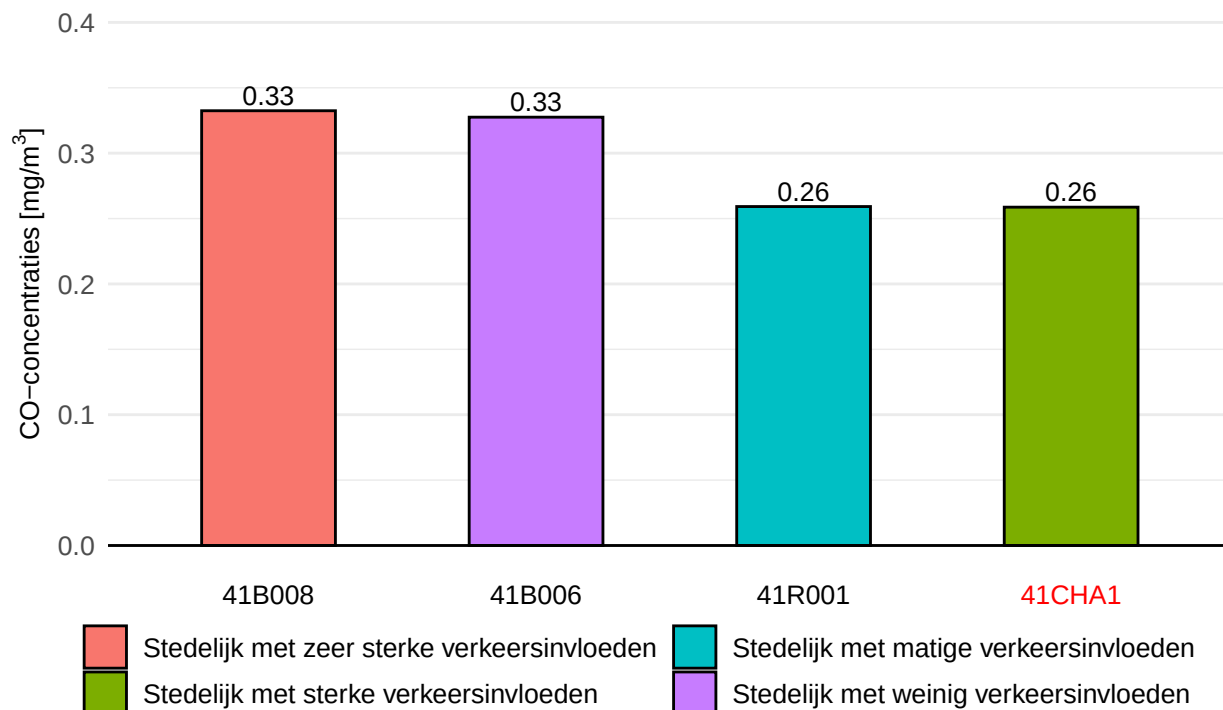
8.4.1 Jaarlijkse concentraties

Figuur 8.2 toont de ontwikkeling van de jaarlijkse gemiddelde CO concentraties gedurende de afgelopen 10 jaar. De CO-concentraties zijn uiterst laag (ver beneden 1 mg/m³) en de gemiddelde jaarlijkse concentraties variëren zeer weinig van jaar tot jaar. De zichtbare stijging van de concentraties in 2023 ten opzichte van 2022 is grotendeels te wijten aan de ontwikkeling van het aantal meetpunten in 2023.

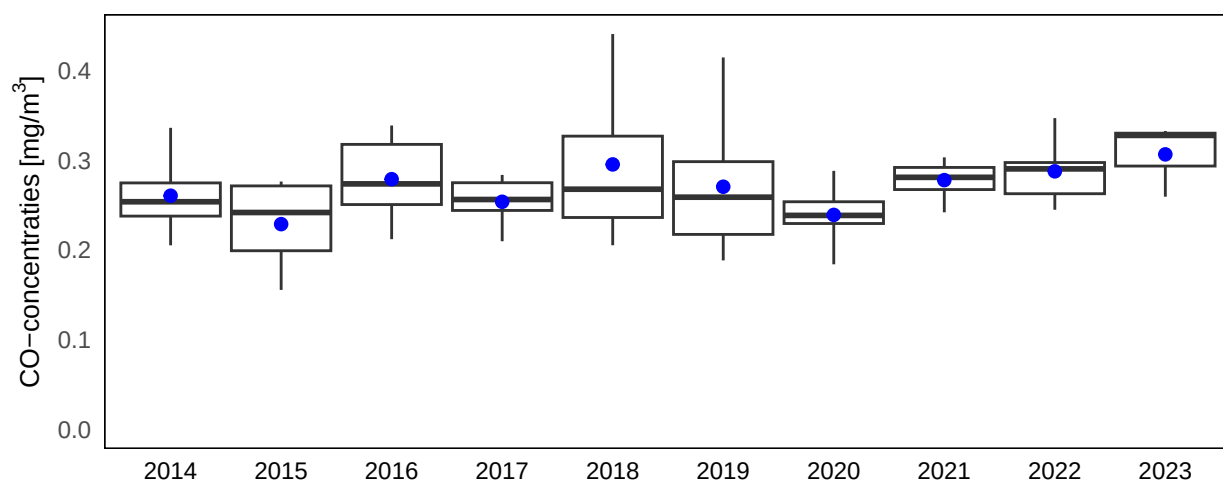
8.4.2 Hoogste 8-uurgemiddelde per dag

Figuur 8.3 toont de maximumwaarde, per jaar en voor alle stations, van het dagelijkse hoogste 8-uurgemiddelde. Volgens de richtlijn mag deze indicator niet hoger zijn dan 10 mg/m³: er kan dus rechtstreeks worden vastge-





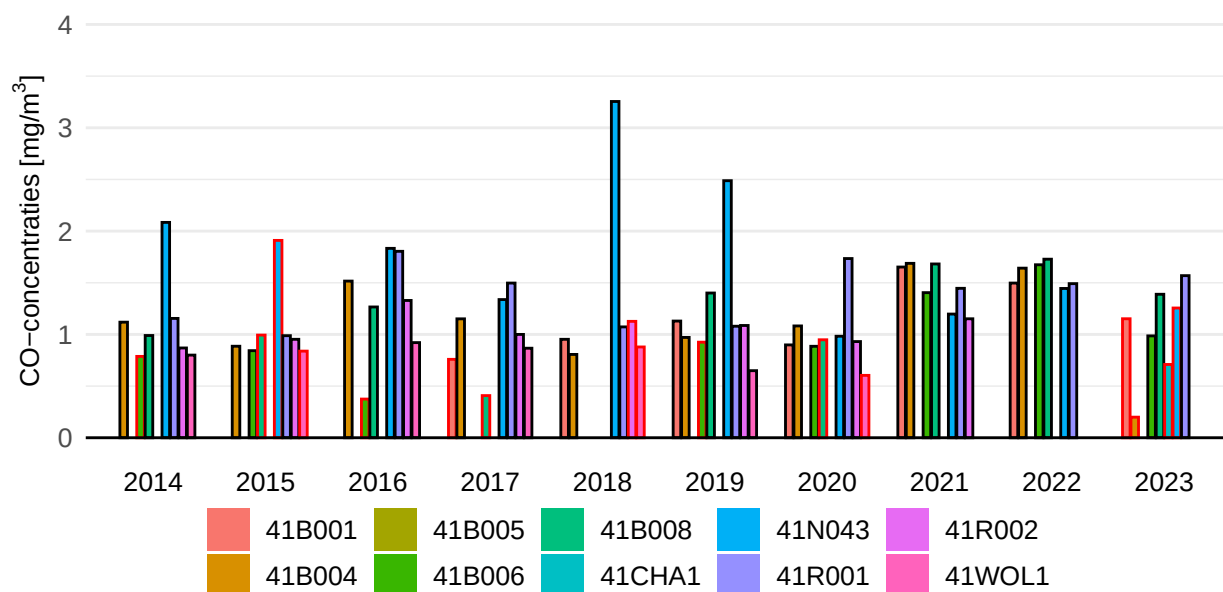
Figuur 8.1 – Jaargemiddelde CO-concentraties voor elk station in het BHG in 2023 [mg/m^3]. ^{† ‡}



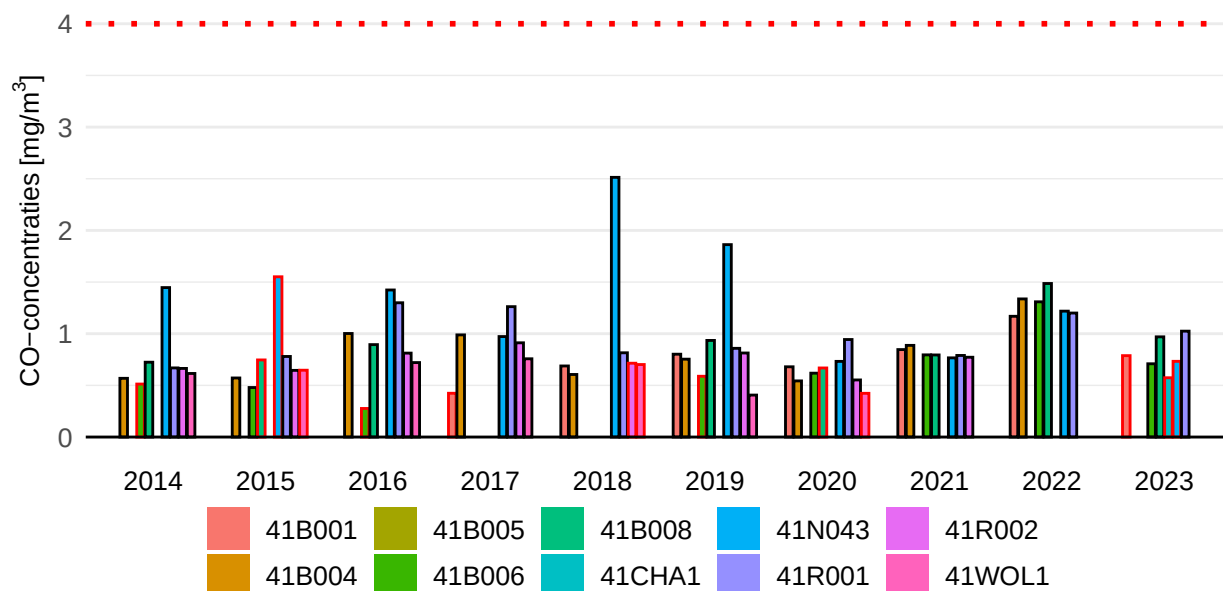
Figuur 8.2 – Jaargemiddelde CO-concentraties van alle stations in het BHG [mg/m^3].

steld dat de Europese grenswaarde de afgelopen tien jaar in alle stations goed is nageleefd, met maximale concentratiewaarden die doorgaans in de orde van grootte van 2 of 3 mg/m^3 liggen. Tevens kan worden vastgesteld dat in 2018 en 2019 de dagelijkse maxima van de 8-uurs voortschrijdende gemiddelden in het station van Haren (41N043) duidelijk zijn toegenomen. Dit kan worden verklaard door de toename van het vrachtverkeer in de omgeving van het station (gelegen in een industriële omgeving), als gevolg van de reorganisatie van hun routes in de omgeving. Dit komt doordat dieselmotoren voor vrachtwagens in het algemeen meer CO uitstoten dan hun lichte tegenhangers. Het verdwijnen van dit effect in 2023 is hoogstwaarschijnlijk te verklaren door de vermindering van de activiteit en het verkeer als gevolg van de maatregelen die zijn genomen in het kader van de COVID-19-pandemie. Sinds 2021 zien we opnieuw een stabilisatie van de maximale CO-concentraties op een hoger niveau dan in 2020. Dit is hoogstwaarschijnlijk het gevolg van de toename van het wegverkeer.





Figuur 8.3 – Jaarlijkse maximumwaarden van de dagelijkse hoogste 8-uurgemiddelden van CO in alle stations in het BHG [mg/m³]. De Europese grenswaarde (huidige en de voorgestelde voor 2030), identiek aan de door de WGO aanbevolen waarde van 10 mg/m³ worden niet weergegeven voor een betere leesbaarheid. ^{† ‡}



Figuur 8.4 – Jaarlijkse maximumwaarden van de dagelijkse gemiddelden van CO in alle stations in het BHG [mg/m³]. De voorgestelde Europese daggrenswaarde voor 2030, identiek aan de door de WGO aanbevolen dagwaarde van 4 mg/m³ wordt aangegeven met de rode stippellijn. ^{† ‡}



HOOFDSTUK 9: CONCLUSIE

Over het algemeen hebben we vastgesteld dat de luchtkwaliteit met betrekking tot primaire verontreinigende stoffen (die rechtstreeks in de atmosfeer worden uitgestoten) in het Brussels Hoofdstedelijk gewest (BHG) maar ook in België en Noordwest-Europa in de loop der tijd voortdurend is verbeterd, dankzij maatregelen die emissies reduceren en verbeterde technologieën. In het BHG heeft met name de versnelde overschakeling van het wagenpark van diesel naar andere motorisaties de laatste jaren, waarschijnlijk een belangrijke rol gespeeld.

De jaarlijkse concentraties van stikstofdioxide NO_2 en de fijne deeltjes PM_{10} en $\text{PM}_{2.5}$ in het bijzonder, zijn gemiddeld met ongeveer 10% gedaald tussen 2022 en 2023 in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest. Deze zijn terug gedaald naar vergelijkbare waarden met het jaar 2020, een uitzonderlijk jaar waarin de maatregelen die in het kader van de COVID-19 pandemie zorgden voor een aanzienlijke daling van de activiteit. Alle Europese grens- en streefwaarden werden bovendien gerespecteerd in 2023. Daarnaast werd een groot deel van de voorgestelde Europese grens- en streefwaarden voor 2030 ook nageleefd. Wat betreft de door de WGO aanbevolen waarden (2021), deze werden (ruim) overschreden voor stikstofdioxide, fijne deeltjes (met name voor $\text{PM}_{2.5}$) en ozon in 2023.

In verband met stikstofdioxide (hoofdstuk 3), merken we dat, daar waar tien jaar geleden de Europese jaarlijkse grenswaarde van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in verschillende meetstations van het BHG werd overschreden, deze waarde nu wordt gerespecteerd in alle meetstations van het telemetrisch meetnet in 2023 en dit voor het vierde jaar op rij. Aan de Europese uurgrenswaarde van $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (met 18 toegestane overschrijdingen) is de afgelopen tien jaar in het BHG altijd voldaan. Bovendien wordt in 2023 ook voldaan aan de door de WGO aanbevolen waarde ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zonder overschrijding), net zoals de nieuwe voorgestelde Europese uurgrenswaarde ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 3 toegestane overschrijdingen). De door de WGO (2021) aanbevolen jaarlijkse ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en dagelijkse ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ met 3 tot 4 overschrijdingen) waarden worden in alle meetstations in het BHG ruimschoots overschreden. De voorgestelde Europese daggrenswaarde ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 18 toegestane overschrijdingen) wordt in 2023 in één meetstation overschreden.

Voor fijne deeltjes PM_{10} (hoofdstuk 4), was de naleving van de Europese daggrenswaarde ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ met 35 toegestane overschrijdingen) tot 2013 nog een probleem, maar sinds 2014 wordt die overal in het BHG nageleefd (en sinds 2015 overal in België). De door de WGO aanbevolen dagwaarde ($45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ met 3 tot 4 overschrijdingen) wordt in 2023 lichtjes overschreden in één meetstation van het BHG. De voorgestelde Europese daggrenswaarde voor 2030 wordt op haar beurt overal gerespecteerd. De jaargrenswaarde ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) voor PM_{10} is de afgelopen tien jaar nooit overschreden in het BHG. Aan de door de WGO aanbevolen jaarwaarde van $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wordt in 2023 slechts in de stations met stedelijke achtergrond voldaan. De voorgestelde Europese jaargrenswaarde voor 2030 ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wordt daarentegen overal nageleefd.

Voor fijne deeltjes $\text{PM}_{2.5}$ (hoofdstuk 4) wordt de jaarlijkse Europese grenswaarde van $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ al meer dan 10 jaar nageleefd, in het BHG met name sinds de inwerkingtreding ervan in 2015. In 2023 werd de, zeer strenge, door de WGO aanbevolen jaarlijkse waarde van $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nergens in het BHG gerespecteerd. Richtlijn 2008/50/EG voorziet niet in een dagelijkse waarde voor $\text{PM}_{2.5}$, maar de WGO voorziet in een aanbevolen dagelijkse waarde van $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (met 3 tot 4 overschrijdingen), die overal in het BHG wordt overschreden. De voorgestelde Europese daggrenswaarde voor 2030 ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 18 toegestane overschrijdingen) wordt in 2023 in het BHG overal nageleefd.

De algemene trend in Europa voor ozon (hoofdstuk 5) is een afname van de ozonpieken maar tegelijk een stagnatie of een toename van de achtergrondconcentraties, dit ten gevolge van afnemende lokale emissies en hemisferisch transport van verontreinigende stoffen. In het BHG werd de streefwaarde van $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, die gemiddeld over 3 jaar niet meer dan 25 dagen per kalenderjaar mag worden overschreden, in 2023 gerespecteerd (net zoals de voorgestelde Europese grenswaarde voor 2030, die slechts 18 overschrijdingen toestaat). Aan de door de WGO aanbevolen dagelijkse waarde (3-4 overschrijdingen van het dagmaximum van het voortschrijdend gemiddelde over 8 uur van de drempelwaarde van $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wordt nergens in het BHG voldaan. Ook de WGO-indicator voor de piekperiode wordt op alle meetlocaties in het BHG overschreden.

Wat zwaveldioxide (hoofdstuk 7) en koolstofmonoxide (hoofdstuk 8) betreft, worden de door de richtlijn opgelegde waarden al 10 jaar lang grotendeels nageleefd in het BHG en worden deze verontreinigende stoffen



Tabel 9.1 – Samenvatting van de naleving van de Europese grens- en streefwaarden, de voorgestelde Europese grens- en streefwaarden en de door de WGO aanbevolen waarden in het BHG in 2023. Ze worden allemaal ruim gehaald voor zwaveldioxide en koolstofmonoxide en worden dus niet aangegeven.

Polluent	Periode	Europese grens-/streefwaarde	Voorgestelde Europese grens-/streefwaarde voor 2030	Door de WGO aanbevolen waarde
NO ₂	uur	✓	✓	✓
	dag		✗	✗
	jaar	✓	✗	✗
PM ₁₀	dag	✓	✓	✗
	jaar	✓	✓	✗
PM _{2.5}	dag		✓	✗
	jaar	✓	✗	✗
O ₃	dag	✓	✓	✗
	piekperiode			✗

niet langer als problematisch beschouwd. De waarden aanbevolen door de WGO worden bovendien ook in 2023 nageleefd en hetzelfde geldt voor de voorgestelde Europese grenswaarden voor 2030. Voor deze twee verontreinigende stoffen zijn de concentraties de afgelopen jaren zeer laag en stabiel.

Ten slotte zijn de zwarte koolstofconcentraties (BC) in de loop der jaren aanzienlijk gedaald (hoofdstuk 6) maar deze verontreinigende stof is niet gereguleerd door Europa en de WGO geeft geen aanbevolen waarden.

Tabel 9.1 vat de naleving van de Europese grens- en streefwaarden, de voorgestelde Europese grens- en streefwaarden voor 2030 en de door de WGO aanbevolen waarden in 2023 in het BHG samen.

De huidige luchtkwaliteit in het BHG en de duidelijke verbetering ervan in de afgelopen tien jaar zijn dus een bewijs van de doeltreffendheid van de maatregelen die zijn genomen om de emissies te verminderen, maar ook door de technologische vooruitgang. Voor het derde jaar op rij worden alle Europese grens- en streefwaarden in het BHG nageleefd. Bovendien werden ook de voorgestelde Europese grens- en streefwaarden voor 2030 voor het grootste deel al gehaald in 2023. De uitdaging is echter veel groter ten aanzien van de WGO richtwaarden. Er is namelijk te zien dat deze waarden in 2023 (ruimschoots) worden overschreden voor wat betreft stikstofdioxide, fijn stof (met name PM_{2.5}) en ozon. De naleving van de door de WGO aanbevolen waarden vereist dus verdere emissiereducties op lokaal niveau, maar ook drastische reducties op Europees en zelfs hemisferisch niveau.



BIJLAGE A: BEREKENINGSMETHODE

A.1 MINIMALE VERZAMELING VAN GEGEVENS

In dit verslag hebben wij, tenzij anders vermeld, de gegevens van de stations gepresenteerd volgens de Europese rapporteringslogica:

- een minimum van 85% ingevoerde gegevens per uur is vereist om een jaargemiddelde te berekenen,
- een minimum van 75% van de urengegevens moet worden ingevoerd om een daggemiddelde te berekenen.

De in dit verslag gepresenteerde gemiddelden volgen deze methode. Een jaargemiddelde van NO₂ zal bijvoorbeeld niet worden gepresenteerd als de urengegevens voor dat jaar voor minder dan 85% zijn geregistreerd. Dit criterium garandeert dat een meetstation over het hele jaar voldoende gegevens heeft om de statistieken te kunnen berekenen die ervan afhangen.

In het algemeen zijn de concentraties die in de loop van het jaar worden geregistreerd tijdens de koude periode van een heel andere orde van grootte dan tijdens de warme periode: tijdens de winter zijn de meteorologische omstandigheden over het algemeen ongunstig voor de verspreiding van verontreinigende stoffen, in tegenstelling tot de zomer.

Bovendien zullen sommige verontreinigende stoffen in bepaalde perioden van het jaar vaker piekconcentraties vertonen, zoals fijne deeltjes, als gevolg van de over het algemeen overvloedige vorming van secundaire deeltjes die samenhangen met het sproeien in de landbouw in maart-april. Bovendien worden sommige specifieke verontreinigende stoffen, zoals ozon, hoofdzakelijk gevormd tijdens de zonnigste periode van het jaar¹. Daarom is het niet mogelijk om een representatieve jaarindicator te berekenen op basis van een beperkte periode van het jaar.

Integendeel, als een „tellende” indicator (bv. de 35 toegestane overschrijdingsdagen per jaar van de drempelwaarde van 50 µg/m³ voor PM₁₀) niet voldoet aan de jaarlijkse rendementsdoelstelling van 85%, maar de indicator de norm al overschrijdt, wordt hij geacht in overschrijding te zijn (aangezien alle extra gegevens de norm alleen maar zullen verhogen). Anderzijds, als een dergelijke indicator niet voldoet aan de jaarlijkse efficiëntie van 85% en de indicator de norm niet overschrijdt, is het niet mogelijk te concluderen of er al dan niet sprake is van een overschrijding.

Een uitzondering op deze methodologie is de berekening van het driejaarsgemiddelde van de NET60 voor ozon, dat wordt berekend op basis van slechts één van de drie beschikbare geldige gegevenselementen.

In alle grafieken[†]:

- een rood gekleurde stationscode wijst op een station dat de minimale gegevensregistratie nog niet heeft bereikt,
- een rood omlijnd balkje wijst op een station dat niet heeft voldaan aan de minimale gegevensregistratie,
- een rood jaar geeft een boxplot aan dat berekend is op basis van minder dan 50% van de stations, die de minimale gegevensregistratie hebben bereikt.

A.2 BOXPLOTS

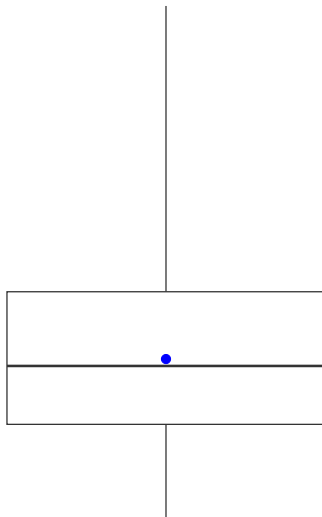
In dit verslag gebruiken we „boxplots” om verschillende grafiekstatistieken samen te vatten. Een dergelijke boxplot is weergegeven in Figuur A.1. In het algemeen kunnen ze als volgt worden gelezen:

- de bovenste verticale lijn geeft het maximum van de beschouwde dataverzameling aan,
- de onderste verticale lijn geeft het minimum van de beschouwde dataverzameling aan,

¹Merk op dat de Europese criteria voor minimale gegevensregistratie voor ozon eigenlijk ingewikkelder zijn dan alleen het controleren van de minimale gegevensregistratie van 85% [EU, 2008], [EU, 2015], [European Commission, 2018].



- de bovenkant van de centrale rechthoek geeft het 75ste percentiel (P75) van de beschouwde gegevensreeks aan,
- de onderkant van de centrale rechthoek geeft het 25ste percentiel (P25) van de beschouwde gegevensreeks aan (de boven- en onderkant van de rechthoek vormen de „box”),
- de horizontale lijn binnen de rechthoek geeft de mediaan (het 50ste percentiel) van de beschouwde gegevensreeks aan,
- het punt geeft het rekenkundig gemiddelde van de beschouwde gegevensreeks aan.



Figuur A.1 – Schema van de boxplot



DEFINITIES

- CO** koolstofmonoxide, een giftig gas dat ontstaat bij onvolledige verbranding.
- NO_x** stikstofoxiden, een mengsel van stikstofmonoxide en stikstofdioxide.
- NO** stikstofmonoxide, een weinig giftig gas dat bij verbranding ontstaat.
- NO₂** stikstofdioxide, een irriterend gas dat bij verbranding ontstaat, vooral bij dieselmotoren.
- O₃** ozon, een secundaire verontreinigende stof die wordt gevormd op basis van de reeds in de lucht aanwezige verontreinigende stoffen (precursoren) wanneer de zon overvloedig schijnt.
- PM** *particulate matter*, stofdeeltjes, zwevende deeltjes of fijne deeltjes, een geheel van vaste en vloeibare verbindingen die in de atmosfeer zweven (aerosol).
- PM_{2.5}** fijne deeltjes met een aerodynamische diameter van minder dan 2,5 µm.
- PM₁₀** fijne deeltjes met een aerodynamische diameter van minder dan 10 µm.
- PM_{2.5-10}** grove fractie van fijne deeltjes (*coarse fraction*), met een aerodynamische diameter tussen 2,5 µm en 10 µm.
- BC (black carbon)** zwarte koolstof, „roetdeeltjes”, gewoonlijk in het diametergebied van 10 tot 500 nm (0.01 tot 0.5 µm), voornamelijk uitgestoten door verkeer (diesel) en verwarming.
- UFP** voor *ultrafine particles*, ultrafijne deeltjes met een aerodynamische diameter van minder dan 100 nm (100 nm = 0,1 µm = 0,0000001 m).
- SO₂** zwaveldioxide, een giftig gas.
- COV** zijn vluchtige organische verbindingen die een rol spelen in de ozonchemie.
- NH₃** ammoniak, een gas dat met name vrijkomt bij het gebruik van meststoffen op landbouwgrond.
- NH₄⁺** ammonium-ion, betrokken bij de vorming van anorganische secundaire deeltjes.
- SO₄²⁻** sulfaat-ion, betrokken bij de vorming van secundaire minerale deeltjes.
- NO₃** nitraat-ion, betrokken bij de vorming van anorganische secundaire deeltjes.



EENHEDEN, AFKORTINGEN EN STATIONCODES

EENHEDEN

ppb(V) deel per miljard (in volume), $1 \text{ ppbV} = 1 \text{ nmol/mol}$.

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ microgram (verbinding) per kubieke meter (lucht), $1 \mu\text{g} = 0.001 \text{ mg}$.

mg/m^3 milligram (verbinding) per kubieke meter (lucht). Hoofdzakelijk gebruikt in dit rapport voor het meten van koolstofmonoxide.

AFKORTIGEN

IPR *Implementing Provisions for Reporting*, reeks aanbevelingen voor de rapportering van luchtkwaliteitsindicatoren aan de Europese Commissie.

GBI gemiddelde-blootstellingsindex (GBI) (AEI, *average exposure indicator*).

BHG Brussels Hoofdstedelijk Gewest.

NET60 *Number of Exceedances above a Threshold of 60 ppb* ($= 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Aantal dagen per jaar waarop het hoogste 8-uurgemiddelde van de ozonconcentratie de drempel van $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ overschrijdt.

WGO Wereld Gezondheid Organisatie (WHO, *World health organisation*).

STATIONCODES

41B001 Kunst-Wet

41B004 Sint-Katelijne

41B005 Eastman

41B006 EU Parlement

41B008 Belliardstraat

41B011 Sint-Agatha-Berchem

41BUL1 Charles Buls school

41CHA1 Ganshoren

41MEU1 Neder-Over-Heembeek (Meudonpark)

41N043 Haren (Voorhaven)

41R001 Sint-Jans-Molenbeek

41R002 Elsene

41R012 Ukkel

41REG1 Regent

41WOL1 Sint-Lambrechts-Woluwe



BIBLIOGRAFIE

- Airparif. *Pollution d'origine volcanique depuis le 22 septembre*. 2014. URL <https://www.airparif.asso.fr/actualite/detail/id/119>.
- Bruxelles Environnement. *La qualité de l'air en Région de Bruxelles-Capitale. Rapport annuel 2020*. 2020. URL https://document.environnement.brussels/opac_css/electfile/RAP_2020_AirQualityAnnualReport_fr.pdf.
- EEA. *Air quality in Europe - 2018 report*. 2018. URL <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2018>.
- EEA. *Gezondheidseffecten van luchtverontreiniging*. 2019. URL <https://www.eea.europa.eu/nl/ema-signalen/signalen-2013/infografiek/gezondheidseffecten-van-luchtverontreiniging-2/view>.
- EEA. *Air quality in Europe - 2020 report*. 2020. URL <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2020-report>.
- EEA. *Air quality in Europe - 2022 web report*. 2022. URL <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2022>.
- EU. *Richtlijn 2008/50/EG van het Europees Parlement betreffende de luchtkwaliteit en schonere lucht voor Europa*. 2008. URL <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008L0050-20150918&from=EN>.
- EU. *Uitvoeringsbesluit van de Commissie van 12 december 2011 houdende uitvoeringsbepalingen van Richtlijnen 2004/107/EG en 2008/50/EG van het Europees Parlement en de Raad met betrekking tot de onderlinge uitwisseling van informatie en de verslaglegging over de luchtkwaliteit*. 2011. URL <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011D0850&from=FR>.
- EU. *Richtlijn (EU) 2015/1480 van de Commissie van 28 augustus 2015 tot wijziging van diverse bijlagen bij de Richtlijnen 2004/107/EG en 2008/50/EG van het Europees Parlement en de Raad tot vaststelling van de regels betreffende de referentiemethoden, de validatie van gegevens en de locatie van de bemonsteringspunten voor de beoordeling van de luchtkwaliteit*. 2015. URL <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015L1480&from=EN>.
- European Commission. *IPR*. 2018. URL https://www.eionet.europa.eu/aqportal/doc/IPR%20guidance_2.0.1_final.pdf.
- Febiac. *Evolution du parc des voitures par type de carburant*. 2023. URL <https://www.febiac.be/sites/default/files/media/file/2023-10/2.C.5.%20Evolution%20du%20parc%20des%20voitures%20par%20type%20de%20carburant.xls>.
- IRCEL-CELINE. *Jaarrapport Luchtkwaliteit in België 2019*. 2020. URL <https://www.irceline.be/nl/documentatie/publicaties/jaarrapporten/jaarrapport-luchtkwaliteit-in-belgie-2019/view>.
- IRCEL-CELINE. *Jaarrapport Luchtkwaliteit in België 2022*. 2022. URL <https://www.irceline.be/nl/documentatie/publicaties/jaarrapporten/jaarrapport-luchtkwaliteit-in-belgie-2022/view>.
- Leefmilieu Brussel. *Luchtkwaliteit in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest - Immissiemetingen 2009-2011*. 2012. URL https://document.environnement.brussels/opac_css/electfile/QAir_Rpt0911_ssAnn_B_C_D_E_bis_nl.PDF.
- Leefmilieu Brussel. *Gegevens van het Departement Planning lucht, energie en klimaat*. 2020a.
- Leefmilieu Brussel. *Evaluation de l'impact des mesures prises dans le cadre de la pandémie de Covid-19 sur la qualité de l'air en Région de Bruxelles-Capitale. Rapports du 24 avril 2020 au 26 juin 2020*. 2020b. URL <https://environnement.brussels/news/evaluation-de-limpact-des-mesures-prises-dans-le-cadre-de-la-pandemie-de-covid-19-sur-la>.
- B. Sportisse. *Pollution atmosphérique - Des processus à la modélisation*. Springer, 2007.



- UE. *Voorstel voor een RICHTLIJN VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD betreffende de luchtkwaliteit en schonere lucht voor Europa (herschikking)*. 2022. URL <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/HTML/?uri=CELEX:52022PC0542>.
- WHO. *Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP project: Final technical report*. 2013. URL <https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2013/review-of-evidence-on-health-aspects-of-air-pollution-revihaap-project-final-technical-report>.
- WHO. *Air Pollution*. 2020. URL https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1.
- WHO. *Ambient (outdoor) air pollution*. 2021. URL [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).
- WHO Regional Office for Europe. *Health Effects of Black Carbon*. 2012. URL https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/162535/e96541.pdf.



02 775 75 75 · LEEFMILIEU.BRUSSELS

Redactie: Laboratorium voor Luchtkwaliteit
Leescomité: Anne Cheymol
Verantwoordelijke. Uitg.: Leefmilieu Brussel
Havenlaan 86C / 3000
1000 Brussel, België
info@leefmilieu.brussels

