

LUCHTKWALITEIT IN HET BRUSSELS HOOFDSTEDELIJK GEWEST

JAARVERSLAG 2021

JUNI 2022

INHOUDSOPGAVE

Samenvatting	5
1 Inleiding	11
1.1 Achtergrond	11
1.2 Immissieconcentraties en emissies	11
1.3 Europese regelgeving	12
1.4 De door het WGO aanbevolen richtwaarden	12
1.5 Doelstellingen van het rapport	12
2 Telemetrisch meetnet	17
2.1 Geschiedenis van het meetnet	17
2.2 Stations en milieutypen	17
2.3 Gemeten verontreinigend stoffen per meetstation	17
2.4 Beschrijving van de meetstations	19
3 Stikstofoxiden	23
3.1 Aard van de verontreinigende stof	23
3.2 Europese reglementering en waarden die door de WGO worden aanbevolen	24
3.3 Huidige metingen	24
3.4 Historische metingen	26
4 Zevende deeltjes	31
4.1 Type verontreinigende stof	31
4.2 Europese voorschriften en waarden die worden aanbevolen door de WGO	32
4.3 Huidige metingen van PM ₁₀	32
4.4 Historische metingen van PM ₁₀	33
4.5 Huidige metingen PM _{2,5}	36
4.6 Historische metingen van PM _{2,5}	39
5 Ozon	43
5.1 Aard van de verontreinigende stof	43
5.2 Europese voorschriften en aanbevolen waarden door de WGO	44
5.3 Huidige metingen	45
5.4 Historische metingen	47
6 Black carbon	51
6.1 Aard van de verontreinigende stof	51
6.2 Huidige metingen	52
6.3 Historische metingen	52
7 Zwaveldioxide	55
7.1 Aard van de verontreinigende stof	55
7.2 Europese voorschriften en door de WGO aanbevolen waarden	55
7.3 Historische metingen	56
8 Koolstofmonoxide	59
8.1 Aard van de verontreinigende stof	59
8.2 Europese voorschriften	59
8.3 Huidige metingen	59
8.4 Historische metingen	59



9 Conclusie	63
A Berekeningsmethode	65
A.1 Minimale verzameling van gegevens	65
A.2 Boxplots	65
Definities	67
Eenheden, afkortingen en stationcodes	69
Eenheden	69
Afkortigen	69
Stationcodes	69
Bibliografie	71



SAMENVATTING

We hebben in 2021 vastgesteld dat de ontwikkeling van de concentratie van verontreinigende stoffen weer normaal wordt, vergeleken met het uitzonderlijke jaar 2020. De concentraties voor primaire verontreinigende stoffen waren in 2020 namelijk drastisch gedaald dankzij de maatregelen die in het kader van de COVID-19-pandemie zijn genomen, waardoor de activiteit en vooral de intensiteit van het wegverkeer sterk zijn afgenomen.

Daarenboven hebben 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 verkeers-emissies, met name in verband met de versnelde overschakeling van diesel op benzine, hoogstwaarschijnlijk ook een belangrijke rol gespeeld.

In 2021 zijn twee nieuwe meetstations in gebruik genomen in het Brusselse telemetrienetwerk:

- het station Regent (41REG1), een station in stedelijke omgeving dat zeer sterk door het wegverkeer wordt beïnvloed, in september 2021,
- het station Ganshoren (41CHA1), een station in een stedelijke omgeving dat sterk onderhevig is aan wegverkeer, in oktober 2021.

Deze stations beschikken dus niet over de jaarlijkse gegevens die nodig zijn om de verschillende statistische indicatoren op representatieve wijze te berekenen, maar de uur- en dagresultaten worden in dit verslag toch ter informatie vermeld.

STIKSTOFDIOXIDE (NO₂)

De jaarlijkse gemiddelde NO₂-concentratie in elk station in 2021 is weergegeven in Figuur 1. De hoogste concentraties werden gemeten in de stations Kunst-Wet (41B001), Belliardstraat (41B008) en Elsene (41R002). Voor het tweede jaar op rij voldoen alle stations in het BHG Europese grenswaarde van 40 µg/m³ als jaargemiddelde.

De maximale uurconcentratie voor het jaar 2021 is weergegeven in Figuur 2. De hoogste waarde werd geregistreerd in het station Kunst-Wet. De Europese grenswaarde van 200 µg/m³ als uurgemiddelde, met 18 toegestane overschrijdingen, wordt al meer dan 10 jaar op alle stations van het BHG nageleefd. De WGO- uurwaarde van 200 µg/m³, eveneens zonder toegestane overschrijdingen, wordt ook in 2021 nageleefd.

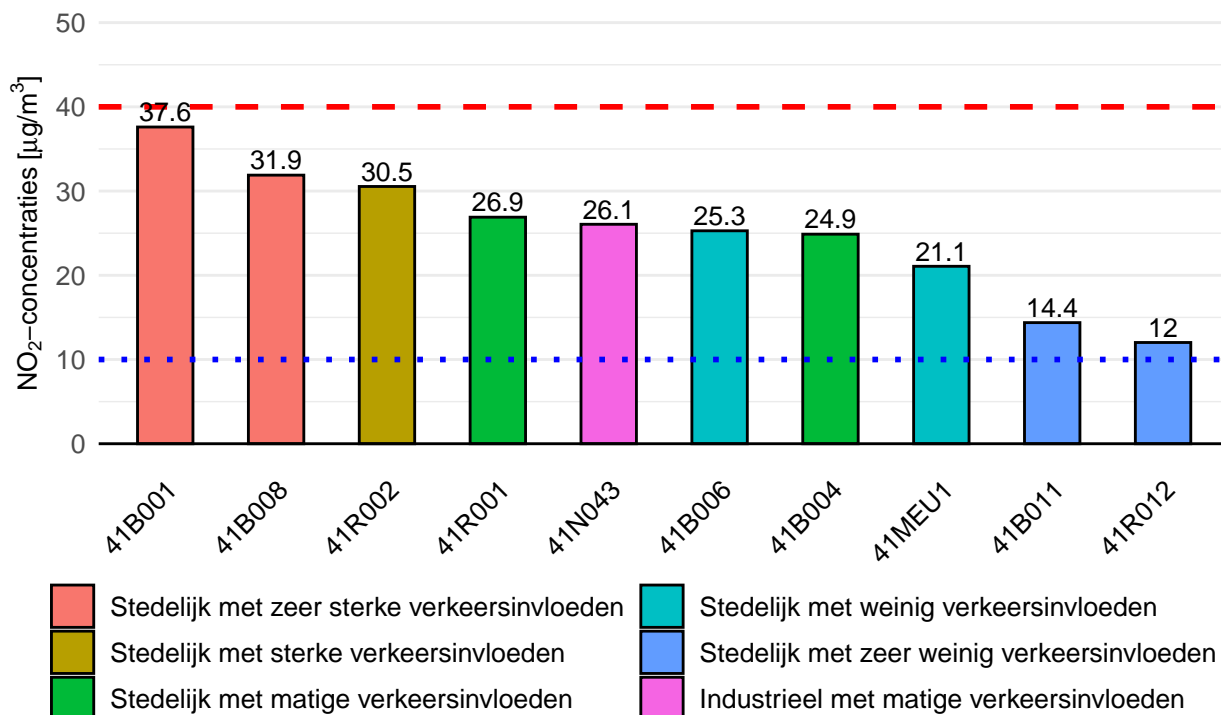
Figuur 3 toont het aantal overschrijdingen van de nieuwe door de WGO aanbevolen dagelijkse waarde van 25 µg/m³ (met 3 tot 4 overschrijdingen, afhankelijk van de jaarlijkse gegevensvastlegging, wat overeenkomt met het 99e percentiel). Er kan worden vastgesteld dat deze dagwaarde zeer vaak wordt overschreden op alle meetlocaties in het BHG, met name in stedelijke gebieden die sterk en zeer sterk door het wegverkeer worden beïnvloed.

FIJNE DEELTJES PM₁₀

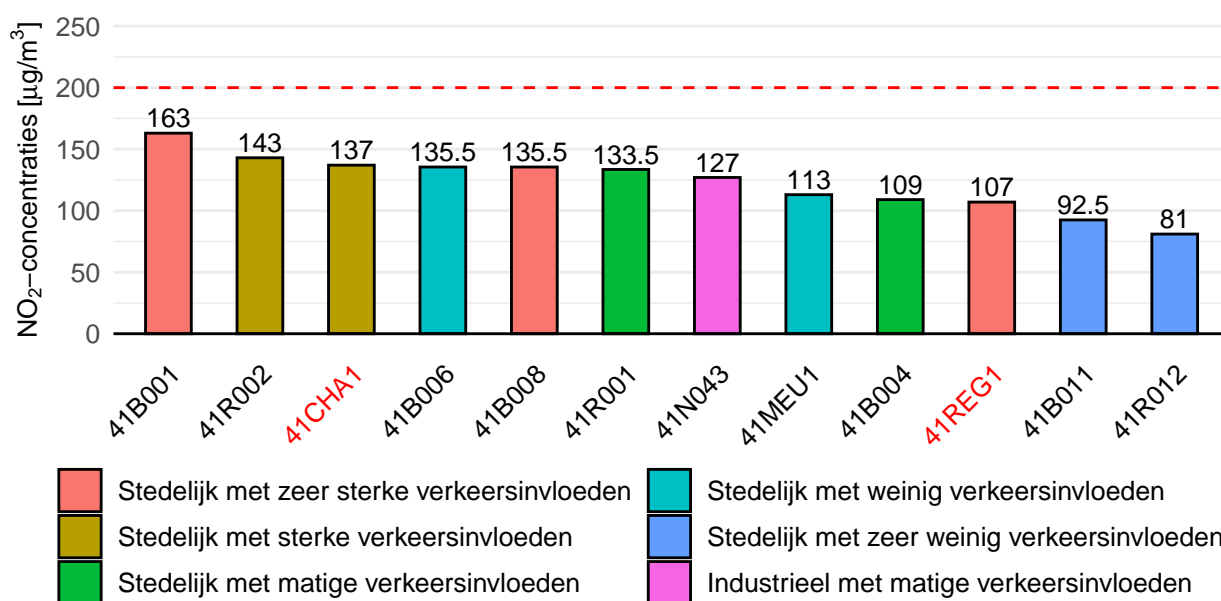
Het jaargemiddelde van de PM₁₀-concentratie per meetstation in 2021 is weergegeven in Figuur 4. Te constateren valt dat de Europese grenswaarde van 40 µg/m³ als jaargemiddelde ruimschoots wordt gerespecteerd voor alle meetstations. De door de WGO voor 2021 aanbevolen jaarwaarde van 15 µg/m³ wordt alleen nageleefd in stations met een stedelijke achtergrond, nl. van Sint-Agatha-Berchem (41B011) en Ukkel (41R012).

Het aantal dagen waarop de Europese daggrenswaarde van 50 µg/m³ (die niet meer dan 35 keer per jaar mag worden overschreden) en de jaarlijkse daggegevenswaarde, die overeenkomt met het 99e percentiel, worden overschreden, is weergegeven in Figuur 5. Te zien is dat alle stations ruim binnen de Europese dagelijkse grenswaarde blijven en dat de door de WGO aanbevolen dagelijkse waarde duidelijk wordt overschreden in het station van Haren (41N043) en ook in het station van Neder-Over-Heembeek (41MEU1), dat echter niet over de 85% gegevens beschikt die nodig zijn om conclusies te trekken over het exacte aantal overschrijdingen.





Figuur 1 – Jaargemiddelde NO₂-concentraties voor elk BHG-station in 2021 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. De rode stippellijn geeft de Europese jaarlijkse grenswaarde aan, die identiek is aan de richtwaarde van de WGO van 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tabel 2.1 (zie pagina 18) bevat de overeenkomstige codes van de meetstations. De codes van de meetstations worden in het rood weergegeven wanneer niet aan de minimale gegevensregistratie van 85% is voldaan.



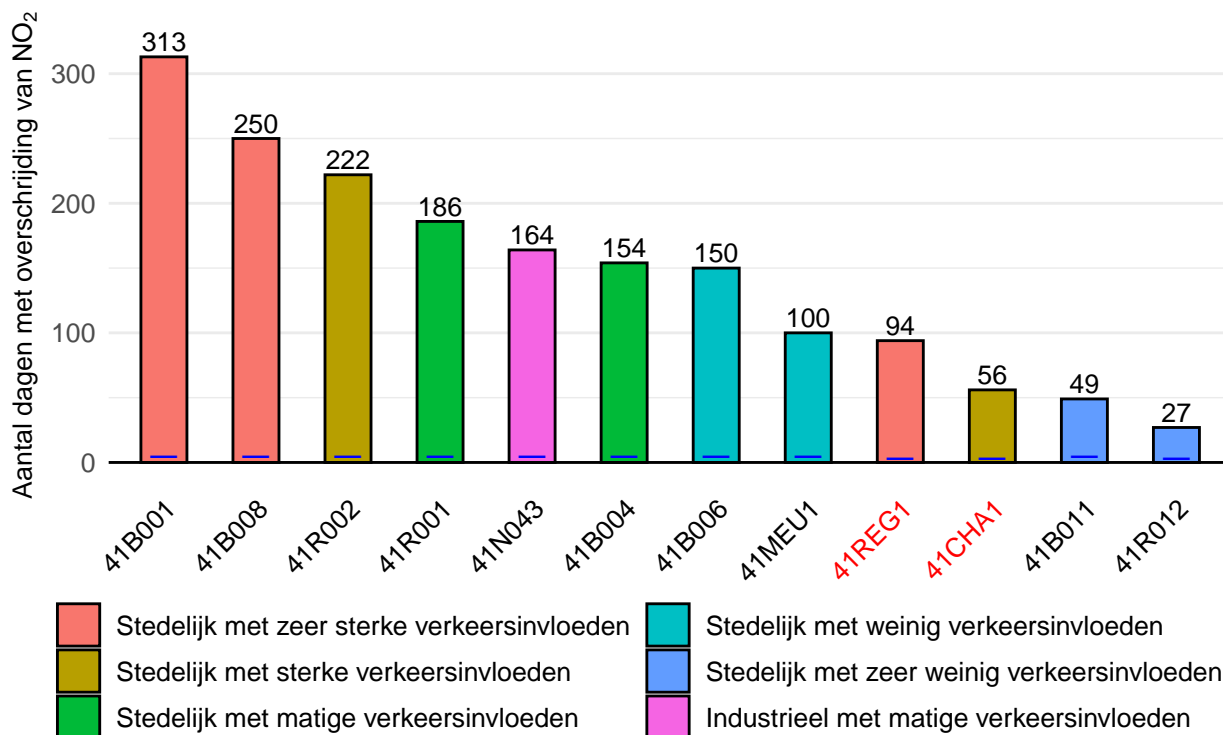
Figuur 2 – Maximale uurconcentraties van NO₂ voor elk BHG-station in 2021 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. De rode stippellijn geeft de Europese uurgrenswaarde van 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aan (18 toegestane overschrijdingen), die identiek is aan de richtwaarde van de WGO (maar zonder toegestane overschrijdingen). De codes van de meetstations worden in het rood weergegeven wanneer niet aan de minimale gegevensregistratie van 85% is voldaan. Tabel 2.1 (zie pagina 18) bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

FIJNE DEELTJES PM_{2.5}

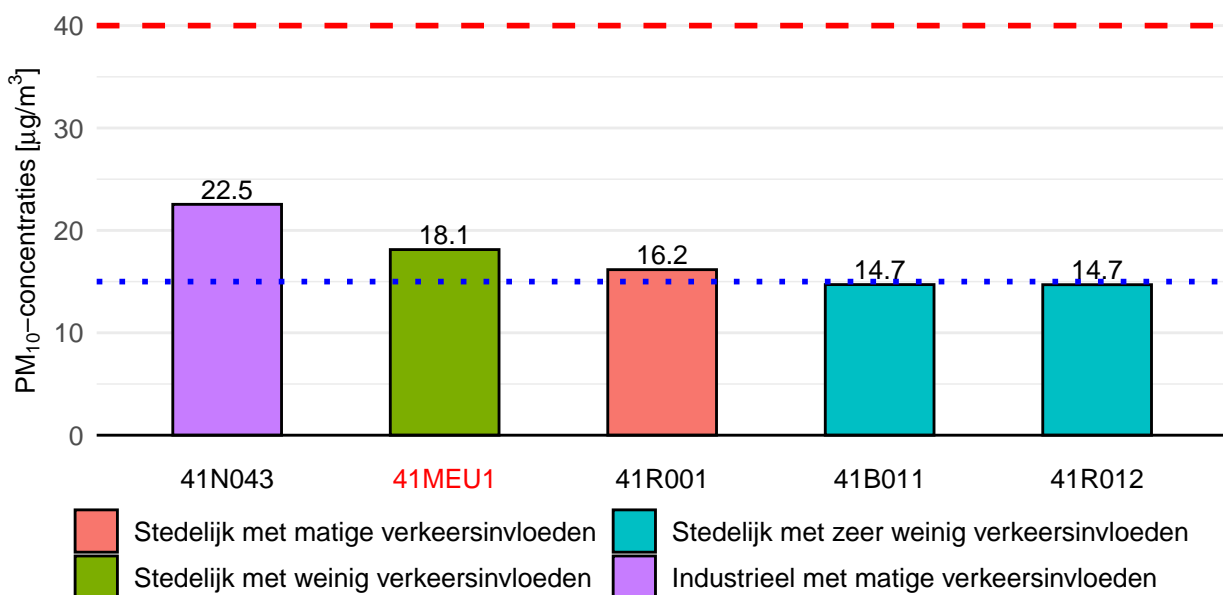
De jaarlijkse gemiddelde concentratie van PM_{2.5} per station in 2021 is weergegeven in Figuur 6. Het is te zien dat de Europese grenswaarde van 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ als jaargemiddelde voor alle meetstations ruimschoots wordt nageleefd. Aan de door de WGO aanbevolen uiterst strenge jaarwaarde van 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wordt in 2021 nergens in het BHG voldaan.

De Europese richtlijn 2008/50/EG voorziet niet in een dagwaarde voor PM_{2.5}. Alleen de WGO beveelt een dag-





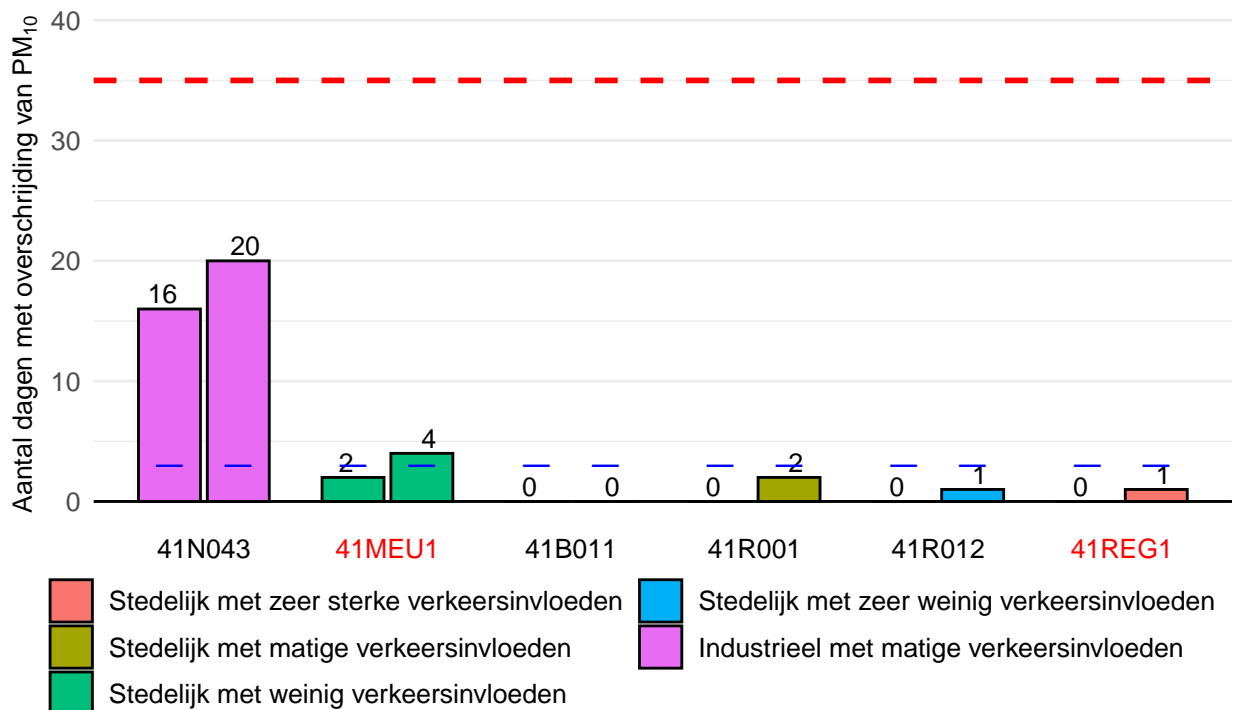
Figuur 3 – Aantal dagen waarop de NO₂-concentraties de door de WGO aanbevolen dagwaarde van 25 µg/m³ overschrijden voor elk station van het BHG in 2021. Het door de WGO aanbevolen aantal overschrijdingsdagen (3 tot 4 afhankelijk van de jaarlijkse gegevensvastlegging, overeenkomend met het 99e percentiel) wordt aangegeven door de blauwe lijn op de balkjes. De codes van de meetstations worden in het rood weergegeven wanneer niet aan de minimale gegevensregistratie van 85% is voldaan. Tabel 2.1 (zie pagina 18) bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.



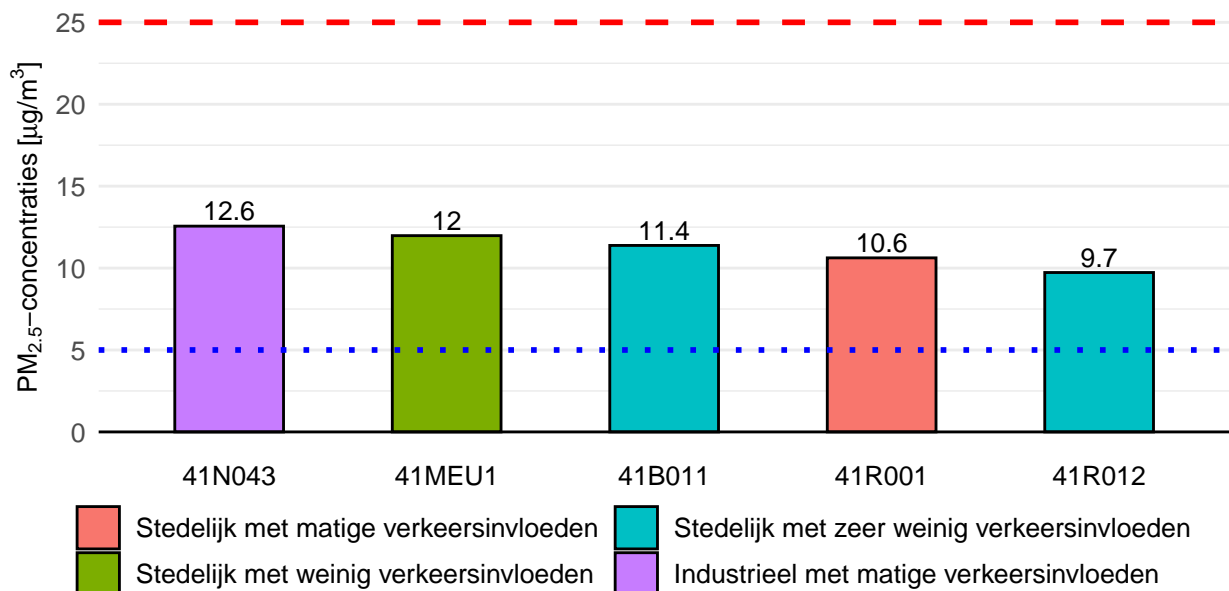
Figuur 4 – Jaargemiddelde PM₁₀-concentraties voor elke BHG-locatie in 2021 [µg/m³]. De Europese jaarlijkse grenswaarde wordt aangegeven door de rode stippellijn en de door de WGO aanbevolen jaarlijkse waarde wordt aangegeven door de blauwe stippellijn. De codes van de meetstations worden in het rood weergegeven wanneer niet aan de minimale gegevensregistratie van 85% is voldaan. Tabel 2.1 (zie pagina 18) bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

waarde van 15 µg/m³ aan die niet meer dan 3 tot 4 keer per jaar mag worden overschreden, afhankelijk van de jaarlijkse gegevensverzameling. Het aantal dagen van overschrijding van de door de WGO aanbevolen dagelijkse waarde voor PM_{2.5} is te zien in Figuur 7. Deze waarde wordt ruimschoots overschreden in alle BHG-stations in 2021, ook bij stations met een stedelijke achtergrond.





Figuur 5 – Aantal dagen dat de PM₁₀-concentraties de daggrenswaarde overschrijden voor elk RBC-station in 2021. Het door de Europese Richtlijn 2008/50/EG (35) toegestane aantal overschrijdingsdagen wordt aangegeven met de rode stippe lijn en het door de WGO aanbevolen aantal overschrijdingen (3 tot 4, afhankelijk van de jaarlijkse gegevensvastlegging, overeenkomend met het 99e percentiel) wordt aangegeven met de blauwe lijn in de staven. De linker balkjes komen overeen met de Europese daggrenswaarde (50 µg/m³) die overeenkomt met de vorige door de WHO aanbevolen waarde van 2005 (maar met 3 overschrijdingen) en de rechter staafjes komen overeen met de nieuwe daggrenswaarde (45 µg/m³) die door de WGO in 2021 wordt aanbevolen (met 3 tot 4 overschrijdingen). De codes van de meetstations worden in het rood weergegeven wanneer niet aan de minimale gegevensregistratie van 85% is voldaan. Tabel 2.1 (zie pagina 18) bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

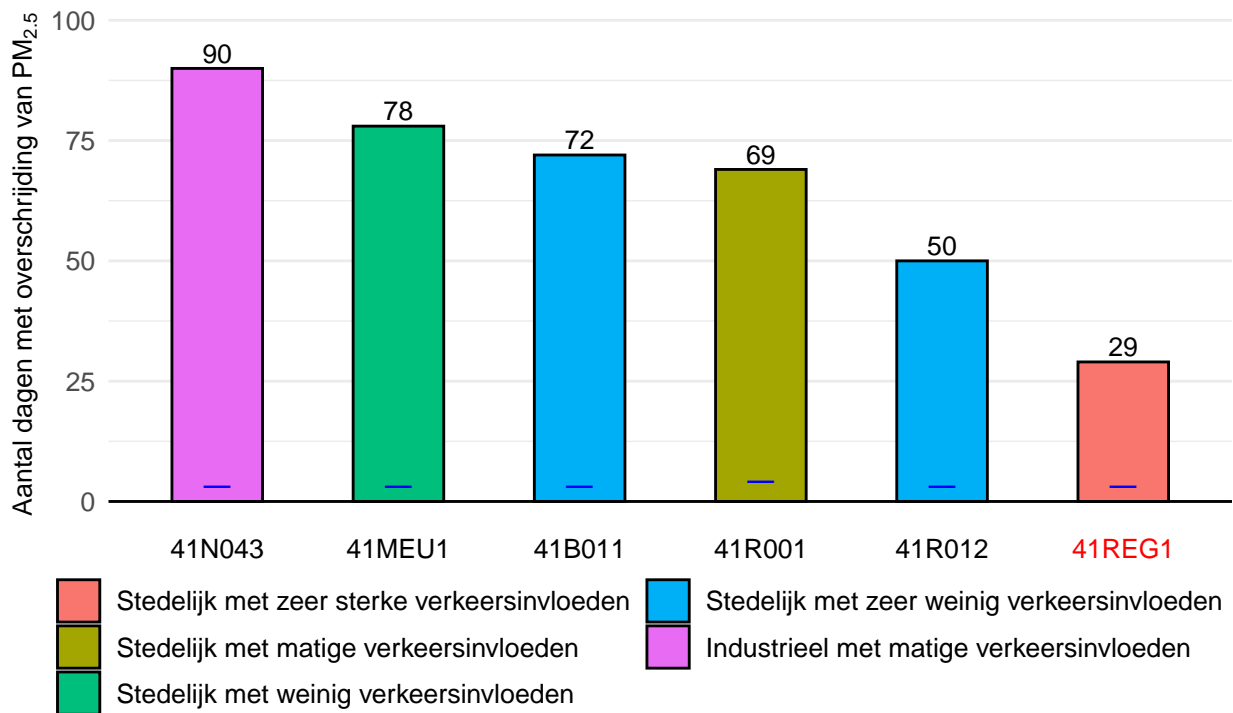


Figuur 6 – Jaargemiddelde PM_{2.5}-concentraties voor elke BHG-metstation in 2021 [µg/m³]. De jaarlijkse Europese grenswaarde wordt aangegeven door de rode stippe lijn en de door de WGO aanbevolen jaarwaarde wordt aangegeven door de blauwe stippe lijn. De codes van de meetstations worden in het rood weergegeven wanneer niet aan de minimale gegevensregistratie van 85% is voldaan. Tabel 2.1 (zie pagina 18) bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

OZON (O₃)

Het aantal dagen met overschrijding van de drempelwaarde van 120 µg/m³ van het hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentratie is voor het jaar 2021 weergegeven in Figuur 8, evenals het gemiddelde over de afgelopen drie





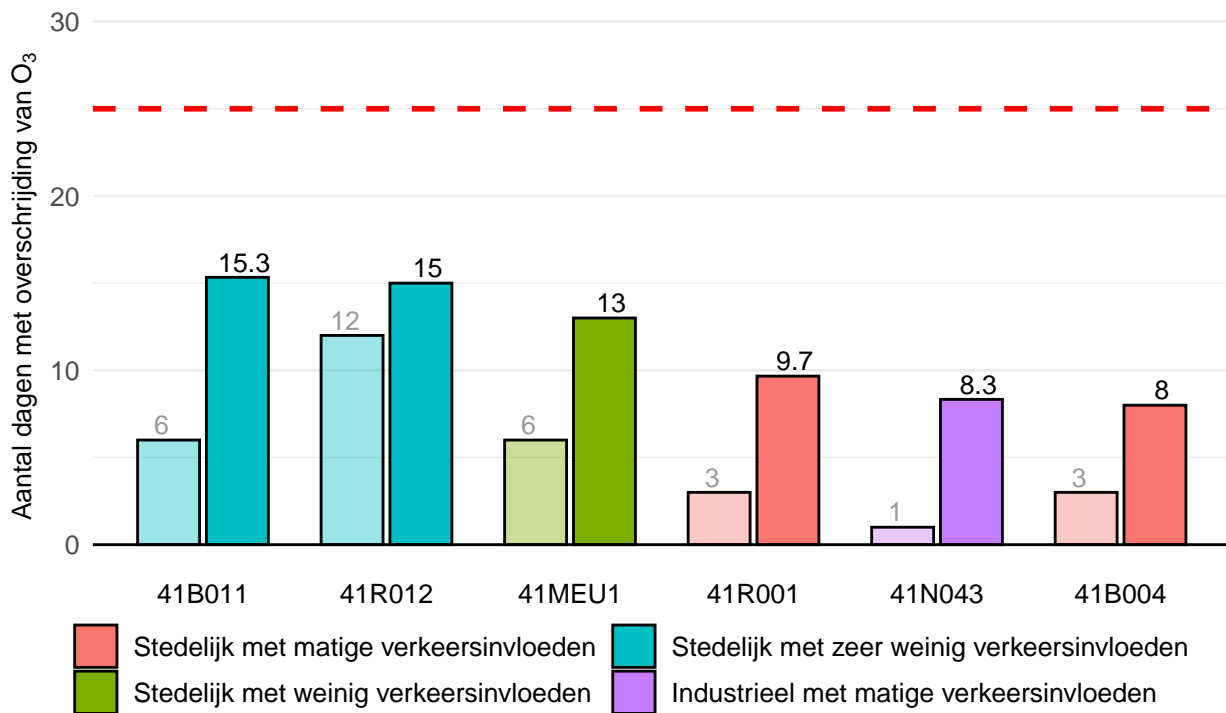
Figuur 7 – Aantal dagen met overschrijding van de door de WGO aanbevolen dagelijkse waarde voor PM_{2.5} van 15 µg/m³ voor elk BHG-station in 2021. Het door de WGO aanbevolen aantal overschrijdingen (3 tot 4) wordt aangegeven door de blauwe lijn in de balkjes. De codes van de meetstations worden in het rood weergegeven wanneer niet aan de minimale gegevensregistratie van 85% is voldaan. Tabel 2.1 (zie pagina 18) bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

jaar (2019-2020-2021). Men kan direct vaststellen dat de streefwaarde wordt niet overschreden in BHG (d.w.z. het gemiddelde over drie jaar, de rechter balkjes).

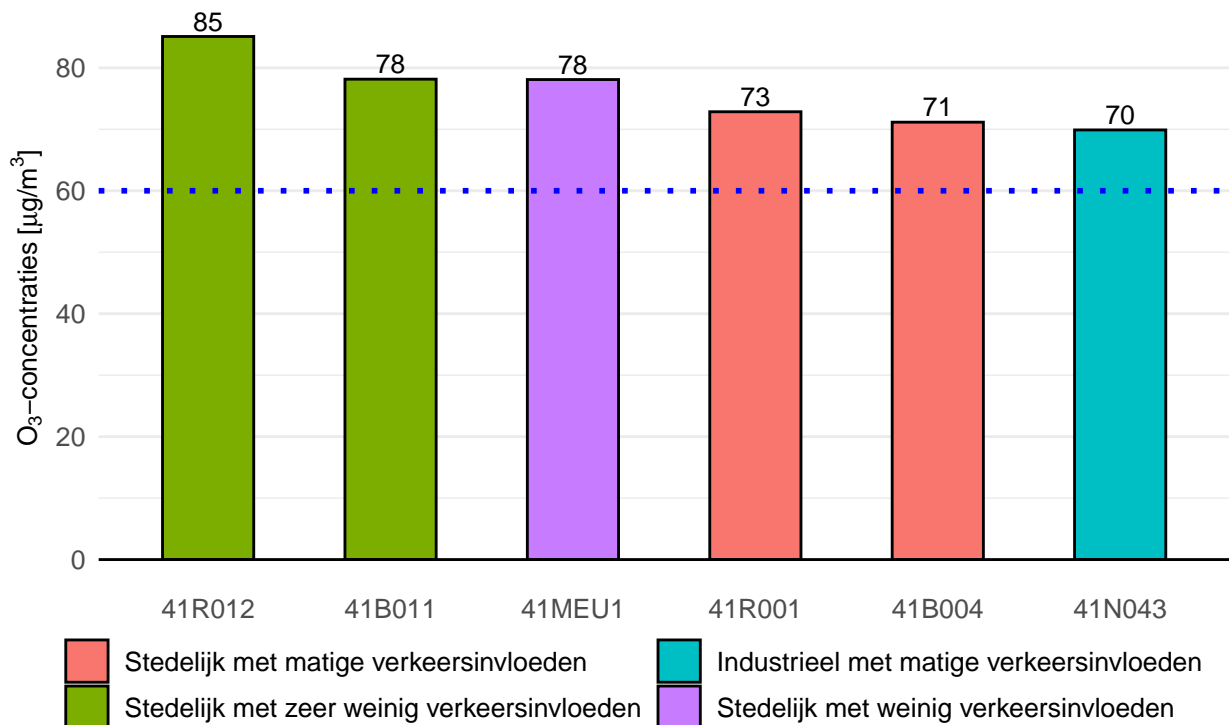
Het aantal dagen met overschrijdingen van het maximum daggemiddelde, dat specifiek is voor het jaar 2021, wordt ook aangegeven door de balken aan de linkerkant. De stations met de laagste blootstelling aan wegverkeer, Ukkel (41R012), Sint-Agatha-Berchem (41B011) en Neder-Over-Heembeek (41MEU1), hebben de hoogste waarden, terwijl stations met een matige verkeersinvloed aanzienlijk lagere waarden hebben.

Daarentegen wordt er in geen enkel meetstation van het BHG voldaan aan de door de WGO aanbevolen waarde (geen overschrijding van het dagmaximum van het voortschrijdend gemiddelde over 8 uur van de drempelwaarde van 100 µg/m³).

De WGO voorziet in een nieuwe aanbevolen waarde voor de ozon piekperiode in 2021. De referentieperiode wordt gedefinieerd als het voortschrijdend gemiddelde over 6 maanden met het hoogste gemiddelde van het jaar. In 2021 duurt de referentieperiode van maart tot en met augustus voor alle meetstations, behalve voor het station Neder-Over-Heembeek, waarvoor het de periode van april tot en met september is. 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.



Figuur 8 – Aantal dagen met overschrijding van de dagelijkse hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentratie voor elk meetstation in het BHG in 2021 (de waarde rechts is het gemiddelde over de afgelopen 3 jaar (2019-2020-2021), terwijl de waarde aan de linkerkant de waarde voor het jaar 2021 is. Het krachtens Richtlijn 2008/50/EG gemiddeld over drie jaar maximaal toegestane aantal dagen per jaar 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. Tabel 2.1 (zie pagina 18) bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.



Figuur 9 – De referentieconcentratie over 6 maanden van het dagelijkse maximum van het 8-uurs voortschrijdend gemiddelde van de O₃-concentraties voor elk station in het BHG in 2021. 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. Tabel 2.1 (zie pagina 18) bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.



HOOFDSTUK 1: INLEIDING

1.1 ACHTERGROND

Het thema 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 1.3), d.w.z. :

- stikstofdioxide (NO₂),
- zwevende of fijne deeltjes (PM₁₀ et PM_{2,5}),
- ozon (O₃),
- koolstofmonoxide (CO),
- zwaveldioxide (SO₂)

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.

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 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).

In 2021 waren de meteorologische omstandigheden gunstig voor de verspreiding van verontreinigende stoffen, en dit verklaart al voor een groot deel de lage concentraties die door het telemetrisch netwerk zijn gemeten.

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] 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 zijn,
- **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.

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 oude en nieuwe door de WGO aanbevolen waarden zijn gegroepeerd in Tabel 1.2. Uit tabel blijkt dat de door de WGO aanbevolen waarden voor 2021 [WHO, 2021] grotendeels aanzienlijk zijn verlaagd zijn ten opzichte van de waarden van 2005 [WHO, 2005]. Het merendeel van deze 2021-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 2021 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 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.



Tabel 1.1 – Europese kwaliteitsnormen voor de omgevingslucht ter bescherming van de menselijke gezondheid.

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	
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 1.2 – Oude (2005) en nieuwe (2021) richtwaarden van de WGO voor luchtkwaliteit. De indicator voor de piekperiode inzake ozon wordt gedefinieerd als het gemiddelde van het dagelijkse maximum van het voortschrijdend gemiddelde over 8 uur in de hoogste voortschrijdende periode van 6 maanden van het jaar. De door de WHO aanbevolen 3 tot 4 overschrijdingen (afhankelijk van de jaarlijkse gegevensvastlegging) komen overeen met het 99e percentiel. De uurwaarde voor NO₂ van 200 µg/m³ (zonder overschrijding) blijft geldig in 2021. De onveranderde aanbevolen waarden uit 2005 voor CO en SO₂ zijn niet in de tabel opgenomen.

Polluent	Middelingstijd	Advies concentratie (2005)	Advies concentratie (2021)	Opmerkingen (2021)
PM ₁₀	Kalenderjaar	20 µg/m ³	15 µg/m ³	
	1 dag	50 µg/m ³	45 µg/m ³	3-4 toegestane overschrijdingsdagen per jaar
PM _{2,5}	Kalenderjaar	10 µg/m ³	5 µg/m ³	
	1 dag	25 µg/m ³	15 µg/m ³	3-4 toegestane overschrijdingsdagen per jaar
O ₃	Dagelijkse hoogste glijdend 8-uurgemiddelde	100 µg/m ³	100 µg/m ³	3-4 toegestane overschrijdingsdagen per jaar
	Période de pics	-	60 µg/m ³	
NO ₂	Kalenderjaar	40 µg/m ³	10 µg/m ³	
	1 dag	-	25 µg/m ³	3-4 toegestane overschrijdingsdagen per jaar
SO ₂	1 dag	20 µg/m ³	40 µg/m ³	3-4 toegestane overschrijdingsdagen per jaar
CO	1 dag	-	4 mg/m ³	3-4 toegestane overschrijdingsdagen per jaar



Net als 2020 was ook 2021 een uitzonderlijk jaar vanwege de COVID-19-pandemie. De in dit verband getroffen maatregelen bleven een groot deel van het jaar van invloed op de luchtkwaliteit hebben. Voor meer informatie over de beoordeling van het effect van de inperking op de luchtkwaliteit in 2020 verwijzen we naar het jaarverslag over dat jaar [Bruxelles Environnement, 2020b].

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 en zwevende deeltjes, van ozon, zwarte koolstof, zwaveldioxide en koolstofmonoxide, en dit voor het jaar 2021 en de afgelopen tien jaar (2012 - 2021). 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.



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 SO₂, NO, NO₂ 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 O₃, CO, CO₂ en zwevende deeltjes PM₁₀ en PM_{2,5} te bepalen. Aanvullende meetstations werden 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 opgericht 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.

2.2 STATIONS EN MILIEUTYPEN

Het door Leefmilieu Brussel beheerde meetnet omvat 9 meetstations, waaraan de twee stations 41B006 en 41B008 zijn toegevoegd en die sinds 2018 worden beheerd door een particuliere onderneming, dit in het ka-der 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 als de relevantie van de meetlocaties voor elke verontreinigende stof. Het is bijvoorbeeld zinvol de ozonconcentratie te meten op een plaats met weinig verkeer in plaats van op een plaats met veel verkeer (zie hoofdstuk 5). Als gevolg daarvan meten niet alle stations alle voorgeschreven verontreinigende stoffen.



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
Stedelijk met zeer sterke verkeersinvloeden	41B008 - Belliardstraat (niet beheerd door LB) 41B001 - Kunst-Wet 41REG1 - Regent
Industrieel met matige verkeersinvloeden	41N043 - Haren



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

Naast de wettelijk verplichte verontreinigende stoffen stikstofoxiden (NO_x), ozon (O_3), koolstofmonoxide (CO), zwaveldioxide (SO_2), fijne zwevende deeltjes PM_{10} en $\text{PM}_{2,5}$, registreert een aantal meetstations ook zwarte koolstof (BC) en koolstofdioxide (CO_2) uit wetenschappelijk oogpunt. 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	CO ₂	SO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	BC
41B001		✓	✓		✓			
41B004	✓	✓	✓					
41B011	✓	✓				✓	✓	
41CHA1		✓						✓
41MEU1	✓	✓				✓	✓	
41N043	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓
41R001	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓
41R002		✓	✓	✓	✓			✓
41R012	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
41REG1		✓				✓	✓	
Totaal / pollutent	6	10	5	2	5	6	6	5

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 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.

2.4.8 Ganshoren (41CHA1)

Het station wordt gekenmerkt door een stedelijke omgeving met een sterke verkeersinvloed². Het station ligt langs de Keizer Karellaan, een belangrijke doorgaande as in het BHG die tevens een matig diepe „canyon” laan is.

2.4.9 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 Brusselse ring en niet ver van een uitgang van een tunnel.

2.4.10 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.

2.4.11 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 dichterbij 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

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

² Het omgevingstype voor dit station zal opnieuw worden beoordeeld na één jaar gegevens (2022) met betrekking tot de concentraties



„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.

2.4.12 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 SO_2 in het bijzonder) en dit door de noorderwind.



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 (63% van de totale emissies voor het jaar 2018) en in het bijzonder dieselmotoren, de verwarming van gebouwen (24%) en, in mindere mate, de energieproductie (6%) en de industrie (3%) [Leefmilieu Brussel, 2020].

Tijdens de verbranding, ter hoogte van de vlam (bij hoge temperaturen, boven 600°C), is NO de meest stabiele thermodynamische verbinding, hoewel de efficiëntie 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 door de WGO aanbevolen waarden waren identiek tot 2021, met dit verschil dat de WGO voor de uurwaarde **geen** overschrijding per jaar toestaat.

In 2021 heeft de WGO nieuwe aanbevolen waarden voor stikstofdioxide gepubliceerd:

- een aanbevolen jaarlijkse waarde van 10 µg/m³,
- een dagelijkse aanbevolen waarde van 25 µg/m³ (3 tot 4 aanbevolen overschrijdingen, afhankelijk van de jaarlijkse gegevensvastlegging, overeenkomend met het 99e percentiel),

de uurlimietwaarde geldt nog steeds. 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 2021, in het bijzonder met betrekking tot de Europese grenswaarden en de door de WGO aanbevolen waarden.

De volgende algemene opmerkingen kunnen worden gemaakt:

- tussen 2020 en 2021 is de jaarlijkse stikstofdioxideconcentratie in de meetstations gemiddeld met ongeveer 10% gestegen,
- tussen 2019 en 2020 was de jaarlijkse concentratie stikstofdioxide gemiddeld met ongeveer 25% gedaald en,
- tussen 2018 en 2019 was de jaarlijkse stikstofdioxideconcentratie gemiddeld met ongeveer 10% gedaald.

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 [Bruxelles Environnement, 2020a]. 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 2021 voldeden immers voor het tweede jaar op rij alle meetstations in het BHG aan de jaarlijkse Europese norm van 40 µg/m³.

3.3.1 Grenswaarde per jaar

De gemiddelde jaarlijkse NO₂-concentraties worden in Figuur 3.1 gepresenteerd. Stations 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.

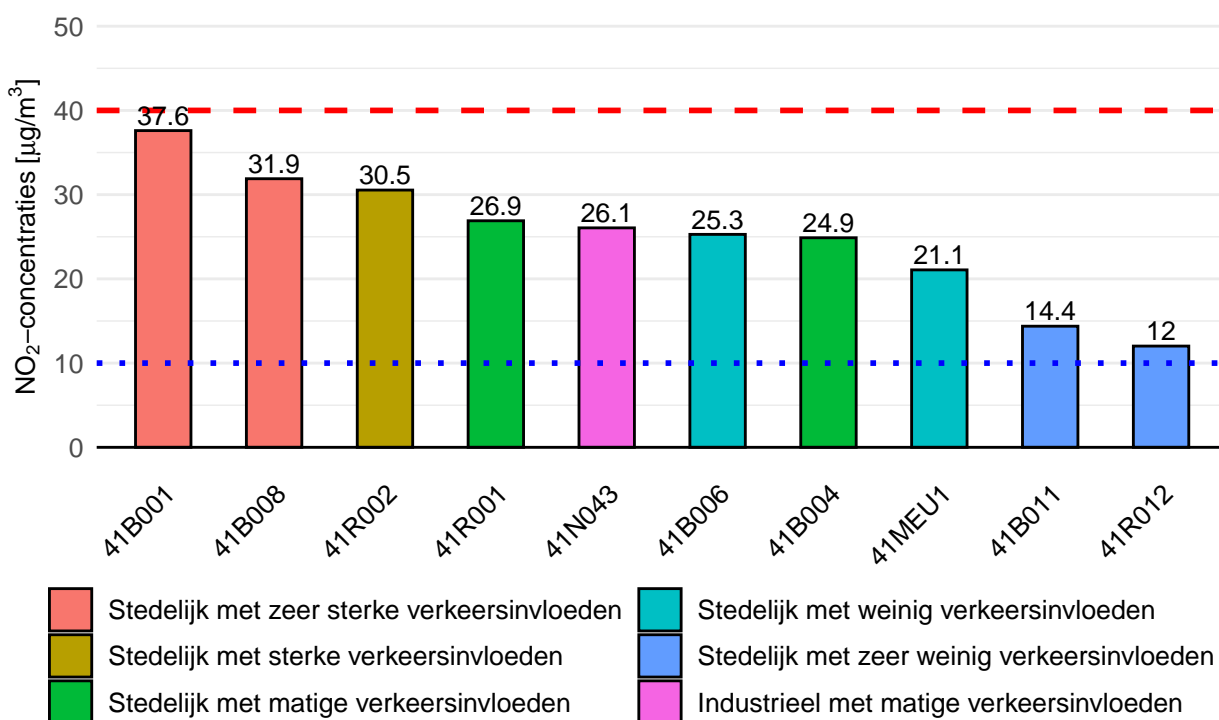
De stations Regent (41REG1) en Ganshoren (41CHA1) werden respectievelijk in september en oktober 2021 in gebruik genomen. Hun jaarlijkse gegevensvastlegging (respectievelijk 28 en 23%) is dus duidelijk onvoldoende om conclusies te trekken over hun jaargemiddelde. Ter informatie: de gemiddelden berekend over de maanden met beschikbare gegevens zijn 43 µg/m³ voor het station Regent en 37 µg/m³ voor het station Ganshoren. De omgeving van het station Regent is stedelijk met een zeer sterke verkeersinvloed en die van het station Ganshoren is stedelijk met een sterke verkeersinvloed

Wat de andere stations betreft, kan van meet af aan worden vastgesteld dat, ondanks de geringe gemiddelde stijging van de concentraties tussen 2020 en 2021, alle meetstations van het telemetrisch netwerk (alsook die welke niet door Leefmilieu Brussel worden beheerd) voldoen aan de jaarlijkse grenswaarde van 40 µg/m³. Dit omvat de stations Kunst-Wet (41B001) en Belliardstraat (41B008) die jaarlijkse gemiddelde concentraties van respectievelijk 38 µg/m³ en 32 µg/m³ hebben geregistreerd. Gezien hun stedelijke omgeving, die sterk beïnvloed wordt door het wegverkeer, is het niet verwonderlijk dat deze stations de hoogste jaarlijkse concentraties



in het BHG hebben. De gemiddelde jaarlijkse concentratie gemeten in het station van Elsene (41R002), stedelijk met een sterke verkeersinvloed, volgt op de voet het station van Belliardstraat met 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. De concentraties die worden gemeten in de stedelijke en industriële stations die matig door het wegverkeer worden beïnvloed, alsmede in het station van het EU Parlement (41B006), dat stedelijk is en weinig door het wegverkeer wordt beïnvloed, liggen in dezelfde orde van grootte (25 tot 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Het andere meetstation in een stedelijke omgeving met weinig verkeersinvloed - Neder-Over-Heembeek (41MEU1) - meet een lagere concentratie, met 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tenslotte worden in de stedelijke stations met een zeer geringe verkeersinvloed (stedelijke achtergrondstations) logischerwijs de laagste jaargemiddelde concentraties in het BHG geregistreerd, namelijk 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in het station van Sint-Agatha-Berchem (41B011) en 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in het station van Ukkel (41R012).

Als we deze concentraties vergelijken met de door de WGO aanbevolen jaarlijkse waarde van 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in 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 uiterst streng, en lijkt in 2021 onhaalbaar in een stedelijke omgeving. In België voldoen slechts een tiental van de minst blootgestelde NO_2 -meetlocaties aan deze waarde. In het algemeen geven landelijke achtergrondlocaties, zoals het station van Vielsalm, een schatting van de Europese (grensoverschrijdende) achtergrondverontreiniging. In 2021 hadden deze al een jaargemiddelde concentratie van 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Dit betekent dat er voor alle andere bijkomende bronnen slechts een marge van 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ overblijft om aan de jaarlijkse WGO-advieswaarde van 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ te voldoen.



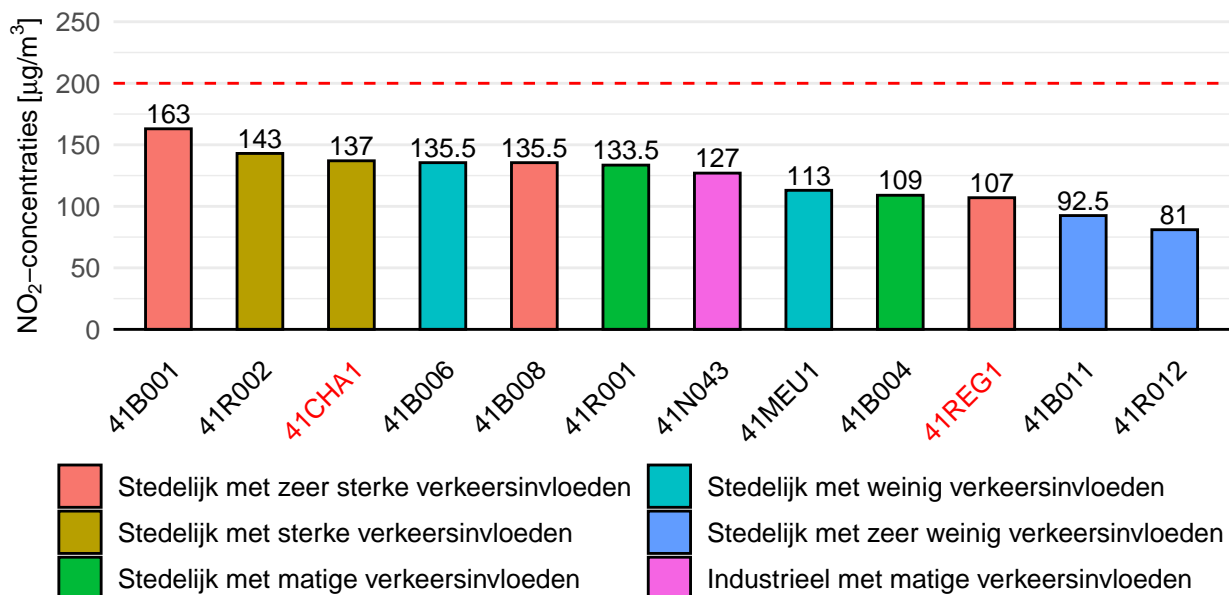
Figuur 3.1 – Jaargemiddelde NO_2 -concentraties voor elke locatie in het BHG voor 2021 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. De rode stippellijn geeft de Europese jaarlijkse grenswaarde aan en de door de WGO aanbevolen jaarlijkse waarde van 2021 wordt aangegeven door de blauwe stippellijn. De codes van de meetstations worden in het rood weergegeven wanneer niet aan de minimale gegevensregistratie van 85% is voldaan. Tabel 2.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

3.3.2 Uurgrenswaarde

De uurgrenswaarde voor NO_2 van 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, die niet meer dan 18 keer per jaar mag worden overschreden, wordt in Brussel al meer dan 10 jaar nageleefd (zie punt 3.4.2). Aan de door de WGO aanbevolen waarde per uur, die geen overschrijding per jaar toestaat, wordt ook in 2021 voldaan (zie Figuur 3.2). 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.

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 (afgezien van bepaalde omstandigheden of specifieke perioden waarin ze die benaderen, of zelfs overschrijden).





Figuur 3.2 – Maximale uurgemiddelde NO₂-concentraties voor elk station in het BHG voor NO₂ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. De rode stippellijn geeft de Europese uurgrenswaarde van 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (18 overschrijdingen toegestaan) aan, die identiek is aan de richtwaarde van de WGO (maar zonder overschrijdingen). De codes van de meetstations worden in het rood weergegeven wanneer niet aan de minimale gegevensregistratie van 85% is voldaan. Tabel 2.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

3.3.3 Dagelijks gemiddelde (WGO 2021)

Figuur 3.4 toont het aantal overschrijdingen van de nieuwe 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 wordt overschreden, vooral in stedelijke locaties die sterk en zeer sterk door het wegverkeer worden beïnvloed.

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 (en in Noordwest-Europa [EEA, 2019]). 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 benzine heeft de laatste jaren waarschijnlijk een belangrijke rol gespeeld in de evolutie van de verkeersemissies, in het BHG.

3.4.1 Jaargrenswaarde

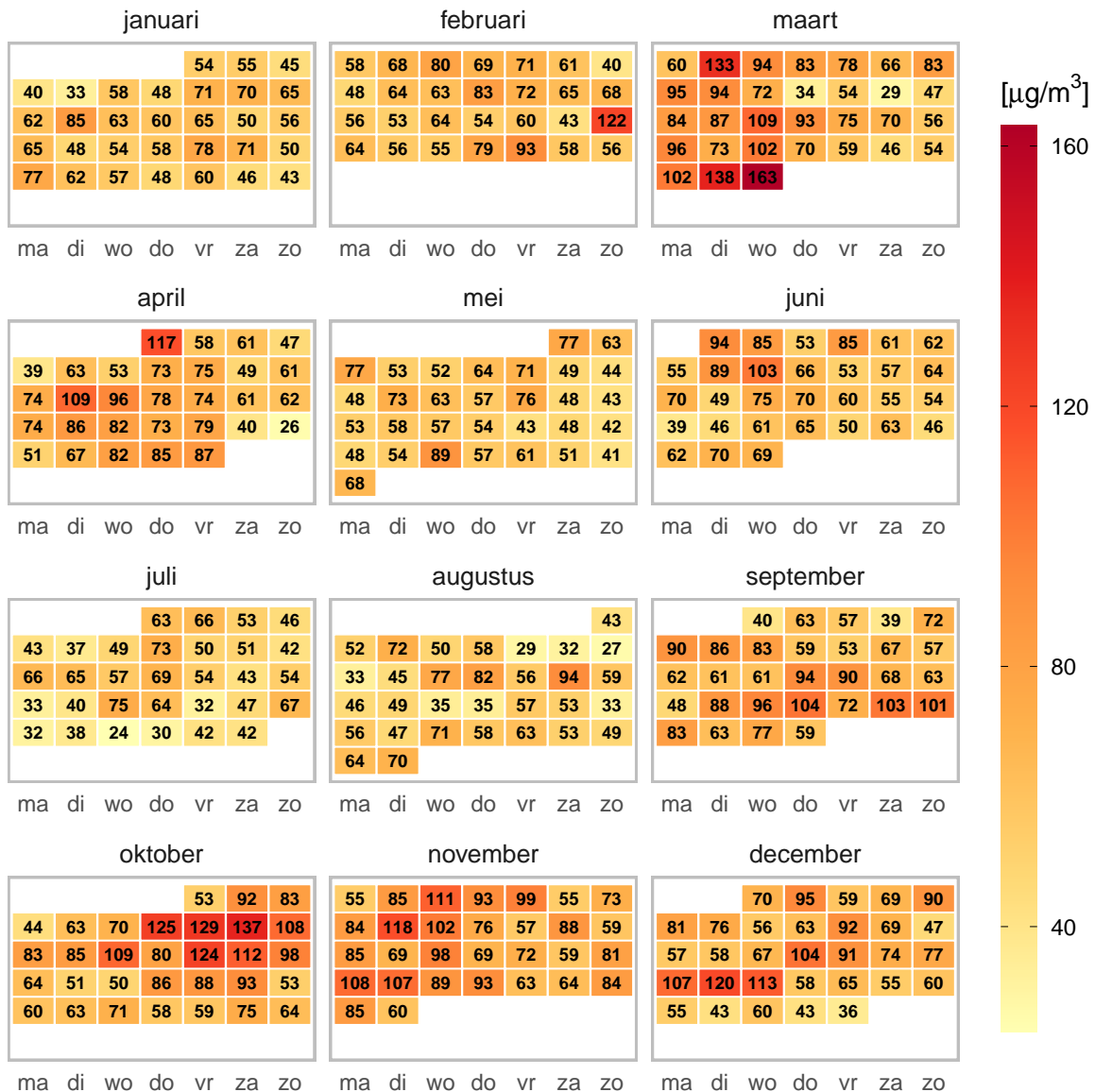
De ontwikkeling van de jaargemiddelde NO₂-concentraties gedurende de afgelopen 10 jaar is te zien in Figuur 3.5. Elk vakje (Bijlage A.2) voor een bepaald jaar bevat dus informatie van alle stations in het netwerk met een minimale gegevensvastlegging per uur van meer dan 85%. De rode lijn geeft de jaarlijkse Europese grenswaarde aan van 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ waaraan *elk* station moet voldoen. 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 overgrote meerderheid van de statistische indicatoren in de grafiek aanzienlijk gedaald, met name in 2021, deels als gevolg van de maatregelen die zijn genomen in het kader van de COVID-19-pandemie [Bruxelles Environnement, 2020b]. In het algemeen overschrijdt de maximale jaarlijkse concentratie die in het meetnet is geregistreerd systematisch de Europese jaarlijkse grenswaarde gedurende de laatste tien jaar, behalve in 2021 waarbij alle meetstations voldoen aan de Europese jaarlijkse waarde van 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. De door de WGO aanbevolen jaarlijkse waarde in 2021 is de afgelopen tien jaar door alle stations overschreden, met inbegrip van het uitzonderlijke jaar 2020. 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 in 2021 weer toegenomen.

De neerwaartse trend in de NO₂-concentraties door de jaren heen is ook duidelijk te zien in Figuur 3.6. In 2021 zullen alle stations voldoen aan de jaarlijkse Europese grenswaarde van 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Deze drastische daling van de concentraties tussen 2019 en 2020 houdt grotendeels verband met de maatregelen die in het kader van de



Maximale dagelijkse uurconcentraties van NO₂

2021

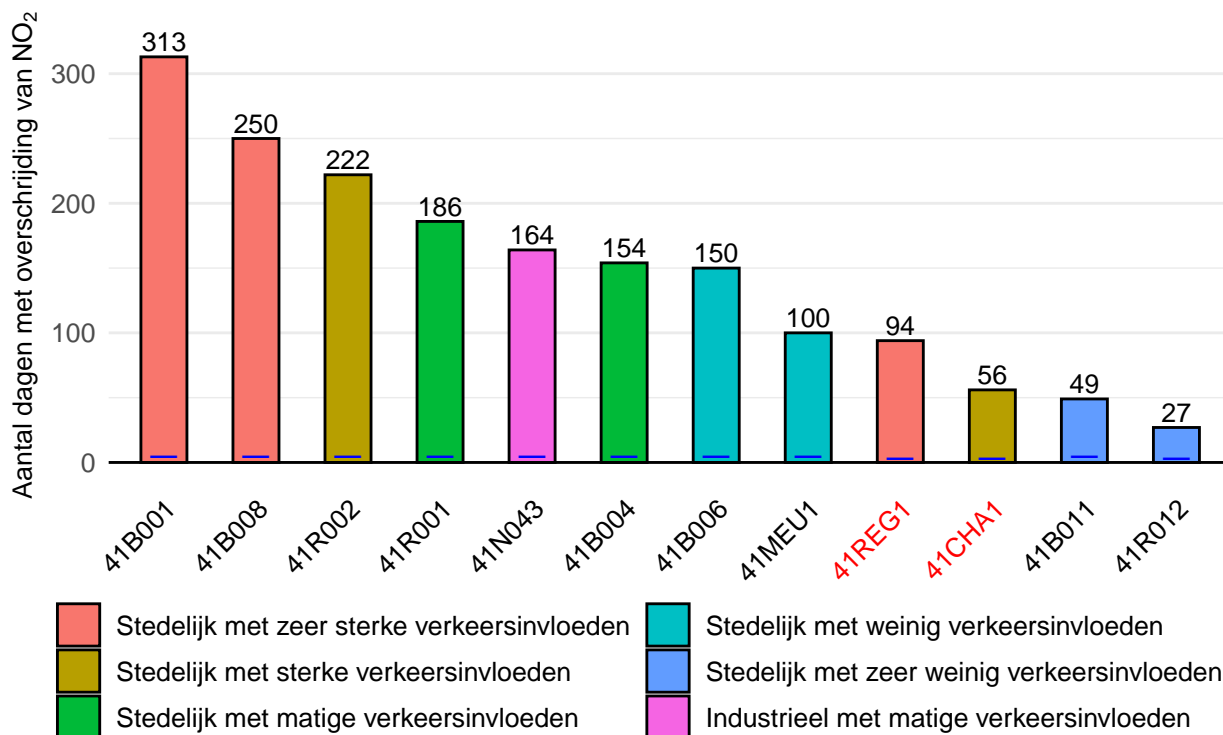


Figuur 3.3 – Maximale dagelijkse uurconcentraties van NO₂ voor alle stations van het telemetrisch meetnet in 2021 [µg/m³]. De dagen waarop de drempelwaarde van 200 µg/m³ werd overschreden, zijn zwart gemarkeerd.

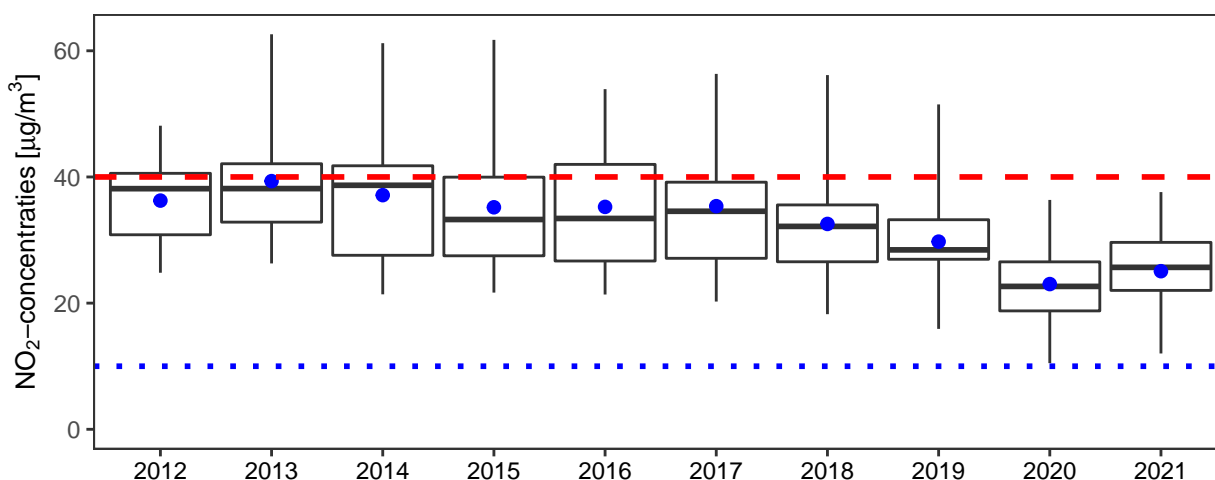
COVID-19-pandemie [Bruxelles Environnement, 2020b]. In 2017 overschreed het station van Elsene, gelegen in een omgeving met een sterke invloed van het wegverkeer, de grenswaarde nog ruimschoots met een jaargemiddelde van 49 µg/m³. In 2018 registreerde dit station niet het voor de correcte berekening 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 Elsene aanzienlijk gedaald ten opzichte van de vorige jaren (33 µg/m³). Dit effect is waarschijnlijk gedeeltelijk toe te schrijven aan de daling van het verkeer op de Kroonlaan, die verband houdt met de werkzaamheden aan de nabijgelegen Generaal Jacqueslaan.

Figuur 3.7 toont de ontwikkeling van de jaargemiddelde NO₂-concentraties voor verschillende soorten omgevingen. In deze figuur zijn de stedelijke stations met een zeer geringe invloed van het wegverkeer Ukkel en Sint-Agatha-Berchem, de stedelijke stations met een matige invloed van het wegverkeer Sint-Jans-Molenbeek (41R001), Sint-Lambrechts-Woluwe (41WOL1) en Sint-Katelijne (41B004), de stedelijke stations met een zeer sterke invloed van het wegverkeer Kunst-Wet en Belliardstraat. Er kan worden vastgesteld dat de jaargemiddelde concentraties die worden gemeten in de stations die het sterkst zijn blootgesteld aan het wegverkeer, in 2020 sterk zijn gedaald als gevolg van de uitvoering van de COVID-19-maatregelen. In 2021 stijgen de jaargemiddelde concentraties licht in alle omgevingstypen, maar zijn ze lager dan de in 2019 gemeten concentraties.





Figuur 3.4 – Aantal dagen waarop de NO₂-concentraties de door de WGO aanbevolen dagwaarde van 25 µg/m³ overschrijden voor elk station van het BHG in 2021. 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. De codes van de meetstations worden in het rood weergegeven wanneer niet aan de minimale gegevensregistratie van 85% is voldaan. Tabel 2.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

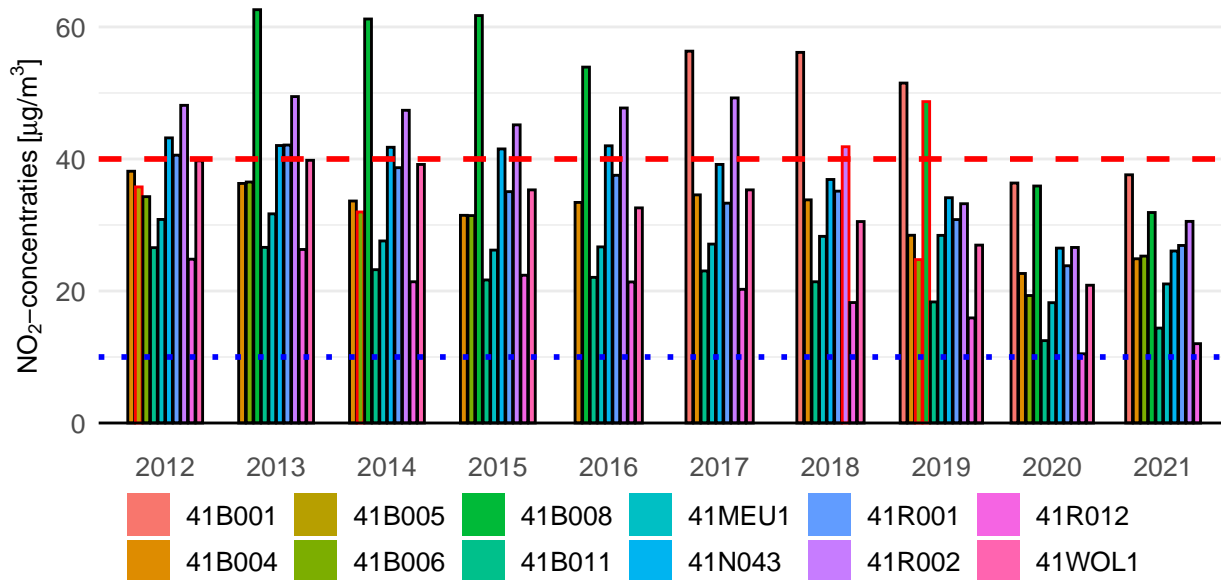


Figuur 3.5 – Jaargemiddelde NO₂-concentraties voor het BHG voor alle stations gedurende de afgelopen 10 jaar [µg/m³]. De rode stippellijn geeft de Europese jaargrenswaarde van 40 µg/m³ aan en de door de WGO aanbevolen jaarwaarde van 10 µg/m³ wordt aangegeven door de blauwe stippellijn.

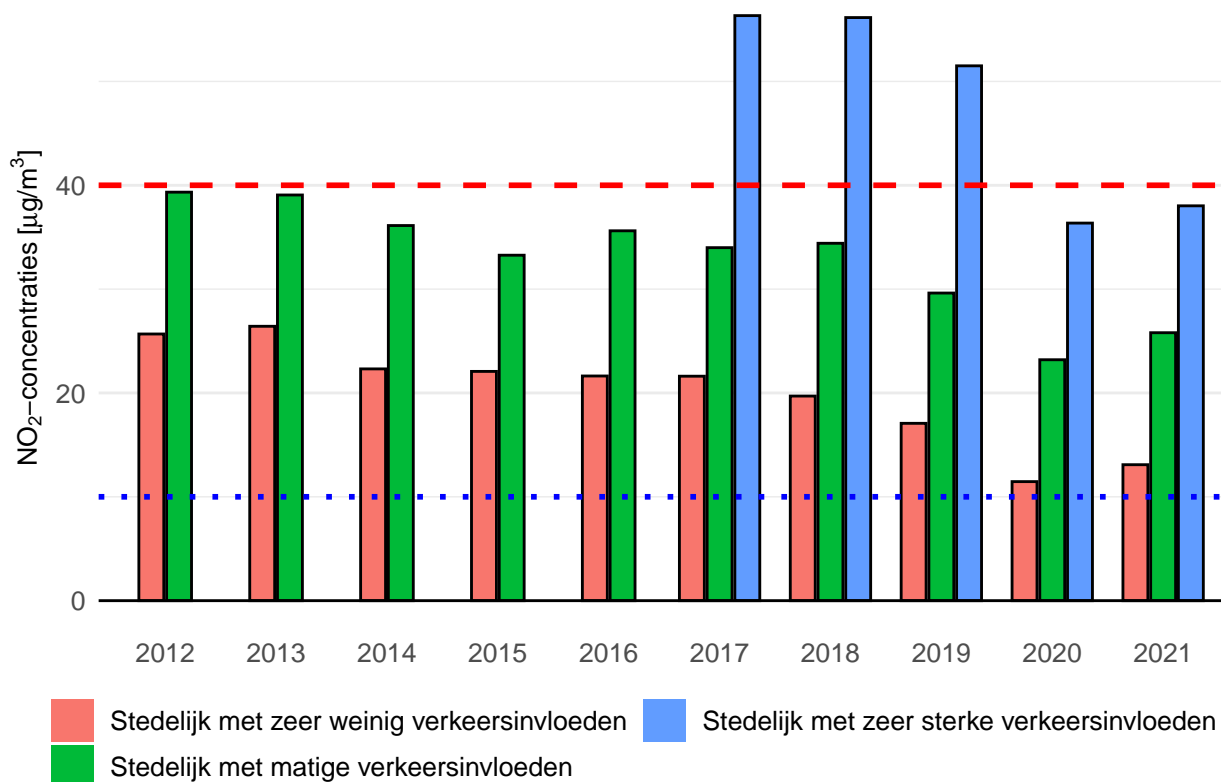
3.4.2 Uurgrenswaarden

De boxplots van de 19e jaarlijkse maxima van de uurwaarden voor alle stations over de afgelopen 10 jaar zijn weergegeven in Figuur 3.8. 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 2012 zelfs de stations met de 19e hoogste maxima ruim onder de drempel van 200 µg/m³ zijn gebleven; zij bereikten hoogstens een maximum van ongeveer 175 µg/m³. De afgelopen 10 jaar is de Europese uurnorm dan ook in heel het BHG nageleefd. Dit betekent niet dat de drempelwaarde van 200 µg/m³ niet wordt overschreden, maar wel dat de stations altijd binnen de marge blijven van de 18 overschrijdingen die bij richtlijn 2008/50/EG zijn toegestaan. In 2021 werd deze drempelwaarde echter helemaal niet overschreden.





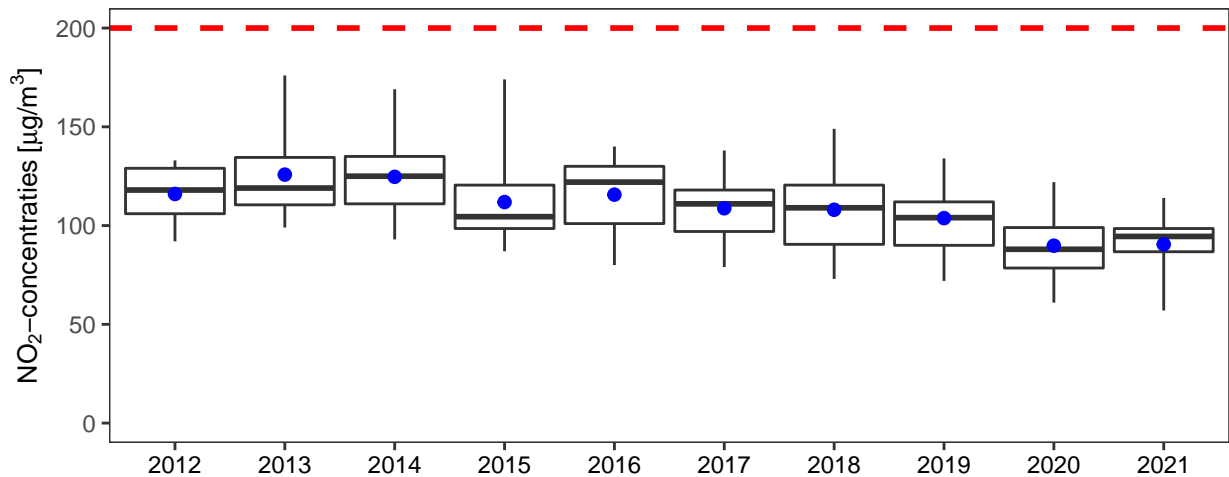
Figuur 3.6 – Jaargemiddelde NO₂-concentraties voor het BHG voor alle stations gedurende de afgelopen 10 jaar [µg/m³]. De rode stippellijn geeft de Europese jaargrenswaarde van 40 µg/m³ aan en de door de WGO aanbevolen jaarwaarde van 10 µg/m³ wordt aangegeven door de blauwe stippellijn. De omtrek van de balken is rood wanneer de minimale gegevensvastlegging van 85% niet is gehaald. Tabel 2.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.



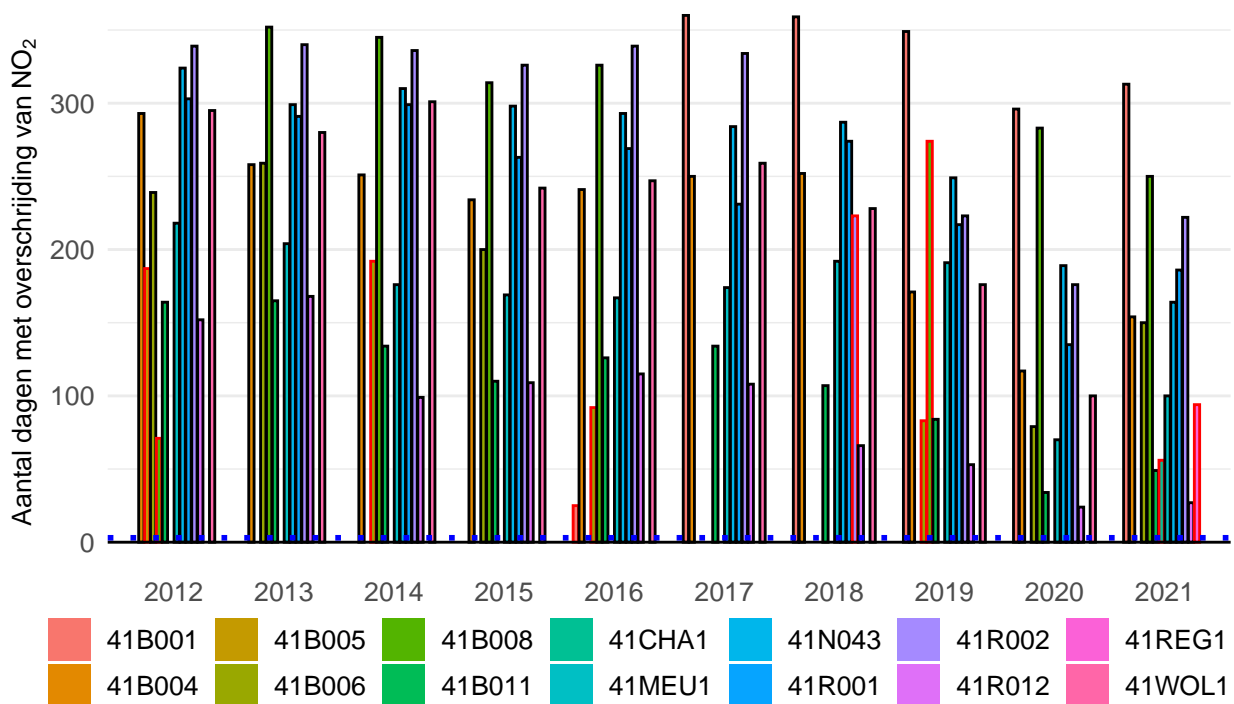
Figuur 3.7 – Jaargemiddelde NO₂-concentraties van stations voor bepaalde milieutypen in het BHG gedurende de afgelopen 10 jaar [µg/m³]. De rode stippellijn geeft de Europese jaargrenswaarde van 40 µg/m³ aan en de door de WGO aanbevolen jaarwaarde van 10 µg/m³ wordt aangegeven door de blauwe stippellijn. De omtrek van de balken is rood wanneer de minimale gegevensvastlegging van 85% niet is gehaald. Tabel 2.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

3.4.3 Dagelijks gemiddelde (WGO 2021)

Uit Figuur 3.9 blijkt dat in de afgelopen 10 jaar de door de WGO in 2021 aanbevolen dagwaarde (25 µg/m³ met 3 tot 4 aanbevolen overschrijdingen) op alle stations in het BHG zeer vaak is overschreden.



Figuur 3.8 – 19e hoogste uurgemiddelde NO₂-concentratie per jaar voor het BHG [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] gedurende de afgelopen 10 jaar. De rode stippellijn geeft de Europese jaarlijkse grenswaarde aan, die identiek is aan de WGO-richtwaarde van 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figuur 3.9 – 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 door de WGO wordt aanbevolen (3, voor de leesbaarheid) wordt aangegeven door de blauwe stippellijn. De omtrek van de balkjes van de stations zijn rood wanneer de minimale gegevensvastlegging van 85% niet wordt gehaald. Tabel 2.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

HOOFDSTUK 4: ZWEVENDE DEELTJES

4.1 TYPE VERONTREINIGENDE STOF

De studie van de concentraties van verontreinigende deeltjes is van cruciaal belang voor de bescherming van het milieu in het algemeen en voor de volksgezondheid in het bijzonder. Er werden op Europees en mondiaal niveau meetwaarden voor PM_{2,5} en PM₁₀ (zwevende deeltjes of fijne deeltjes) vastgelegd, gezien de verscheidenheid aan verbindingen die in de vorm van deeltjes in de atmosfeer aanwezig zijn. Deze meetwaarden zijn gebaseerd op een concentratiemeting bij 2.5 en 10 µm¹.

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 (NO₃⁻), die met name ontstaan bij de omzetting van stikstofoxiden, sulfaten (SO₄²⁻), die met name ontstaan bij de omzetting van zwaveldioxide, en ammonium (NH₄⁺), dat wordt gevormd uit ammoniak (NH₃) 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 fijne fractie², d.w.z. minder dan 2.5 µm. 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 het wegvervoer (26%), de verwarming van woningen (24%) en industriële processen (22%). PM₁₀-deeltjes zijn voornamelijk afkomstig van het wegvervoer (33%), industriële processen (21%) en residentiële verwarming (20%) (waarden uit de Brusselse emissie-inventarissen van 2019 [Leefmilieu Brussel, 2020]). Hieruit blijkt dat de voornaamste verontreinigingsbronnen van fijne deeltjes zeer divers zijn, in tegenstelling tot bijvoorbeeld NO_x, dat voornamelijk (63%) 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 kortetermijneffecten: 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 aërodynamische diameter komt overeen met de diameter van een bolvormig deeltje met een unitaire dichtheid met gelijke terminale valsnelheid als het beschouwde deeltje.

²De term „fijne fractie” moet hier worden gelezen als tegengesteld aan „groe fractie” en staat los van de term „fijne deeltjes”, die zowel op PM_{2,5} als op PM₁₀ betrekking heeft. Deze vaak verkeerde term wordt nochtans vaak gebruikt.



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 door de WGO aanbevolen waarden zijn in 2021 geactualiseerd en zijn strenger dan de Europese waarden, zowel wat betreft de drempelwaarden als het aantal toegestane overschrijdingen.

Voor PM₁₀ zijn de door de WGO aanbevolen waarden:

- 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 in 2021 :

- 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.

De aanbevolen jaarwaarde van 5 µg/m³ is met name extreem laag, 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 2021, 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 2021-doelstelling [IRCEL-CELINE, 2020].

4.3 HUIDIGE METINGEN VAN PM₁₀

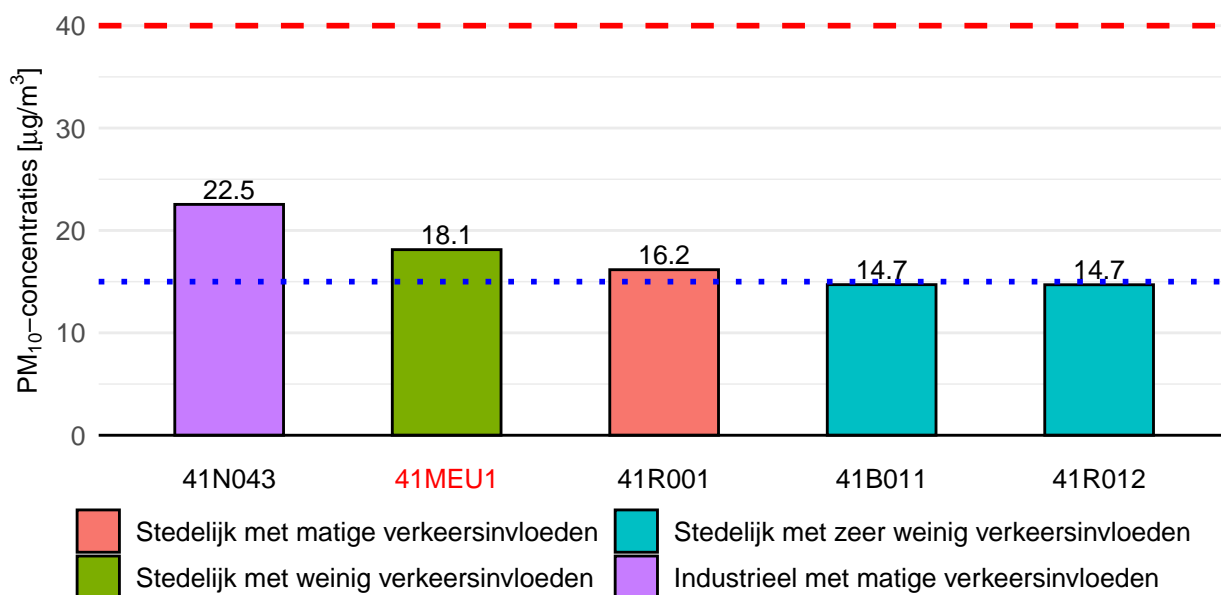
In dit hoofdstuk analyseren we de concentraties van fijn stof PM₁₀ in het jaar 2021, vooral ten opzichte van de Europese grenswaarden en de door de WGO aanbevolen waarden. In 2021 is de jaarlijkse PM₁₀-concentratie in de stations gemiddeld gestagneerd ten opzichte van 2020. Ter vergelijking: in 2020 en 2019 was er een daling van gemiddeld ongeveer 10% ten opzichte van het jaar ervoor. Alle meetstations in Brussel voldoen aan de Europese jaar- en daggrenswaarde voor PM₁₀ in 2021. De door de WGO aanbevolen nieuwe jaarwaarde wordt nageleefd in de twee stations met stedelijke achtergrond, en de nieuwe dagwaarde wordt nageleefd in drie meetstations.

4.3.1 Jaargemiddelden

Aan de Europese jaargrenswaarde van 40 µg/m³ voor PM₁₀ wordt in het BHG in 2021 ruimschoots voldaan, zoals blijkt uit Figuur 4.1. De naleving van de jaargrenswaarde van 40 µg/m³ is namelijk al meer dan 10 jaar geen probleem meer, zoals zal blijken in rubriek 4.4. Als we de concentraties in 2021 vergelijken met de nieuwe, veel strengere jaarlijkse WHO-advieswaarde van 15 µg/m³, kan ook worden vastgesteld dat de stations van Sint-Agatha-Berchem (41B011) en Ukkel (met een stedelijke achtergrond) eraan voldoen met een jaargemiddelde van 15 µg/m³. Het station Sint-Jans-Molenbeek overschrijdt deze waarde, zij het in beperkte mate (16 µg/m³). Het station van Haren (41N043) overschrijdt deze waarde duidelijker (23 µg/m³). Deze overschrijding



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 PM₁₀-deeltjes met een grootte tussen 2.5 µm en 10 µm.



Figuur 4.1 – Jaargemiddelde PM₁₀-concentraties voor elke BHG-station in 2021 [µg/m³]. De Europese jaarlijkse grenswaarde wordt aangegeven met de rode stippellijn en de door de WGO aanbevolen jaarlijkse waarde met de blauwe stippellijn. De codes van de meetstations worden in het rood weergegeven wanneer niet aan de minimale gegevensregistratie van 85% is voldaan. Tabel 2.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

4.3.2 Daggemiddelden

Het aantal overschrijdingsdagen per meetstation in 2021 van de Europese daggrenswaarde is weergegeven in Figuur 4.2. Te zien is dat de Europese daggrenswaarde ruimschoots wordt nageleefd in alle meetstations, met maximaal 16 overschrijdingen in Haren, terwijl de richtlijn er 35 toestaat. Deze dagelijkse grenswaarde wordt in Brussel sinds 2014 nageleefd.

De door de WGO aanbevolen dagelijkse waarde van 2021 staat slechts 3 tot 4 overschrijdingen per jaar toe (afhankelijk van de jaarlijkse gegevensvastlegging, wat overeenkomt met het 99e percentiel) en het station van Haren overschrijdt deze waarde ruimschoots met 20 overschrijdingen. Het station van Neder-Over-Heembeek (41MEU1) overschrijdt deze waarde lichtjes met 4 overschrijdingen, maar beschikt niet over de 85% gegevens die nodig zijn om het exacte aantal overschrijdingen vast te stellen. De andere meetstations voldoen aan de door de WGO aanbevolen nieuwe dagwaarde.

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.

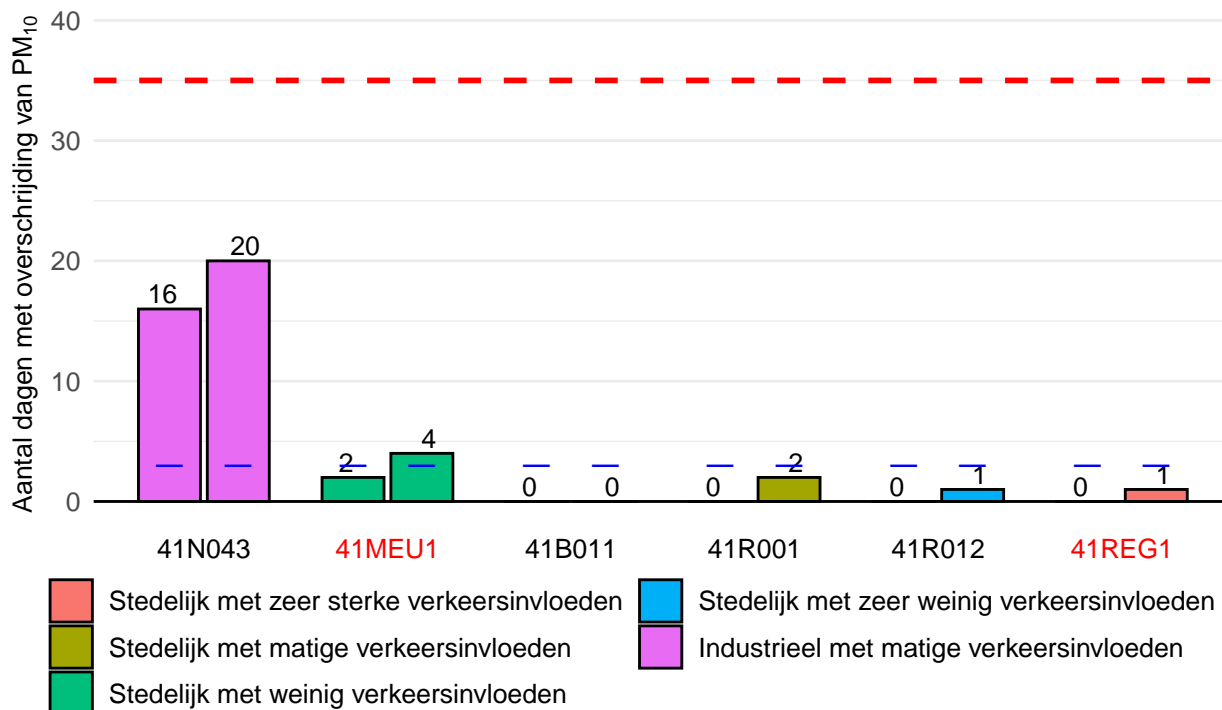
4.4 HISTORISCHE METINGEN VAN PM₁₀

In dit deel analyseren we de ontwikkeling van de PM₁₀-concentraties van fijne zwevende deeltjes in de afgelopen tien jaar. In het algemeen nemen de concentraties van fijne deeltjes in het BHG duidelijk af, in België [IRCEL-CELINE, 2021] en in Noordwest-Europa [EEA, 2020], 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 µg/m³ voor PM₁₀ (zie Figuur 4.4) en de daggrenswaarde van 50 µg/m³ (die niet meer dan 35 keer per jaar mag worden overschreden) al meer dan 10 jaar gerespecteerd met ingang van 2014.

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 steeds meer stations aan de nieuwe jaarlijkse WGO-aanbevolen waarde van 15 µg/m³.





Figuur 4.2 – Aantal dagen met overschrijding van de PM₁₀-concentraties van de daggrenswaarde voor elk station van het BHG in 2021 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. Het door de Europese richtlijn 2008/50/EG toegestane aantal overschrijdingsdagen (35) wordt aangegeven door de rode stippellijn en het door de WGO aanbevolen aantal overschrijdingen (3 tot 4) door de blauwe lijn in de staafjes. De linker balkjes komen overeen met de Europese daggrenswaarde ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) die overeenkomt met de vorige door de WGO aanbevolen waarde van 2005 (maar met 3 overschrijdingen) en de rechter balkjes komen overeen met de nieuwe daggrenswaarde ($45 \mu\text{g}/\text{m}^3$) die door de WGO in 2021 wordt aanbevolen (met 3 tot 4 overschrijdingen, afhankelijk van de jaarlijkse gegevensvastlegging). De codes van de meetstations worden in het rood weergegeven wanneer niet aan de minimale gegevensregistratie van 85% is voldaan. Tabel 2.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

4.4.2 Daggemiddelden

De Figuren 4.6 en 4.7 tonen respectievelijk het aantal dagen waarop de daggrenswaarde van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en de door de WGO aanbevolen dagelijkse waarde (2021) van $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ worden overschreden voor elk afzonderlijk meetstation.

Uit deze cijfers blijkt dat:

- In het verleden was het vooral het station van Haren dat de naleving van de Europese daggrenswaarde onmogelijk maakte door de toegestane 35 dagen ver te overschrijden. In 2014 voldeed het station Haren nauwelijks aan de Europese norm 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“).
- Nogmaals, het is vooral het station Haren dat de naleving van de door de WGO aanbevolen dagwaarde (2021) in gevaar brengt door over de 3 tot 4 aanbevolen overschrijdingen te gaan.

Op basis van de studie van het aantal dagen waarop de norm van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ werd overschreden, kan de voortdurende verbetering van de luchtkwaliteit met betrekking tot de PM₁₀-concentraties dus opnieuw worden vastgesteld.

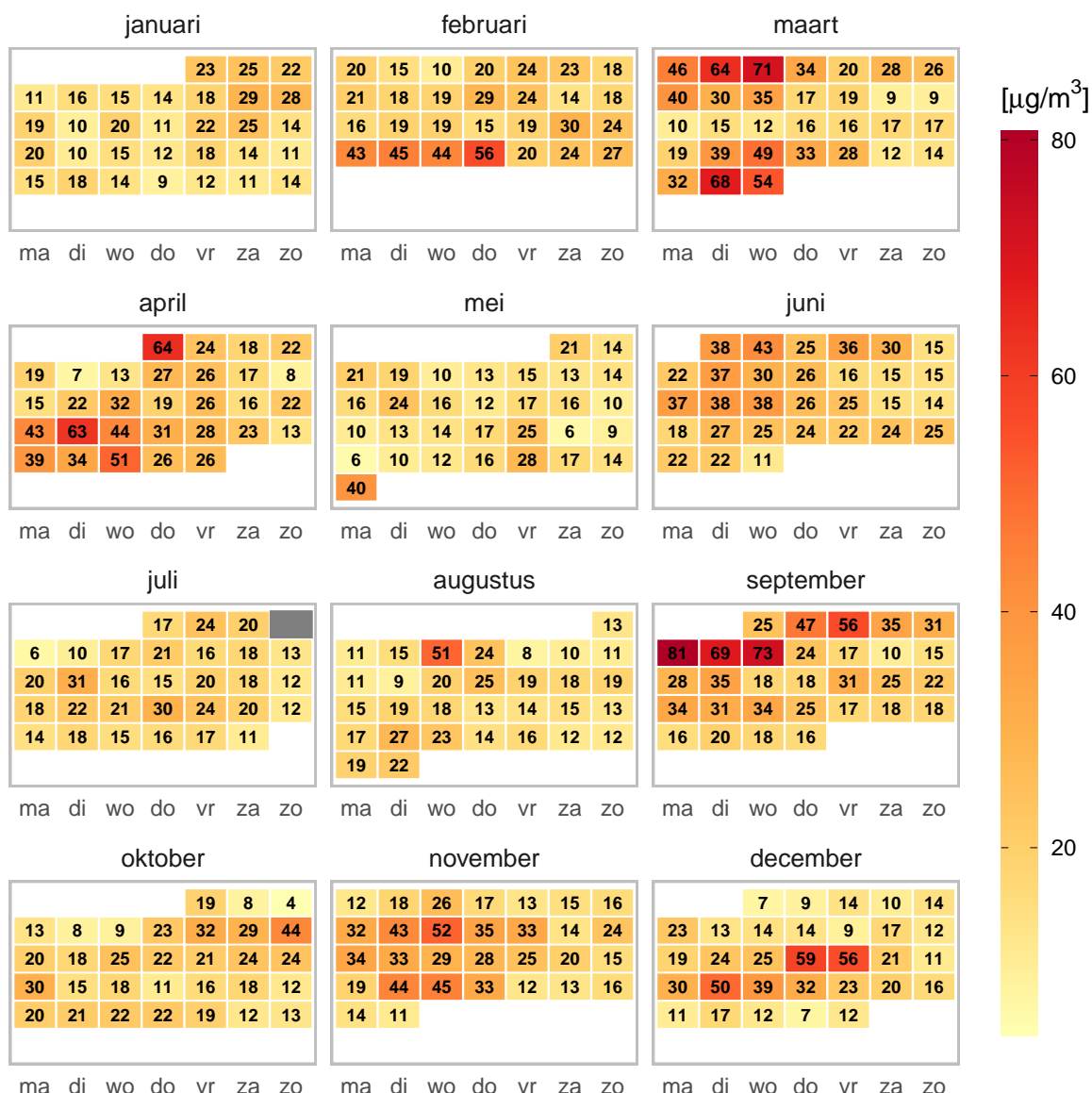
Maatregelen ter beperking van de uitstoot in Haren

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 stofbeheersing.

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

Maximale daggemiddelde concentraties van PM₁₀

2021

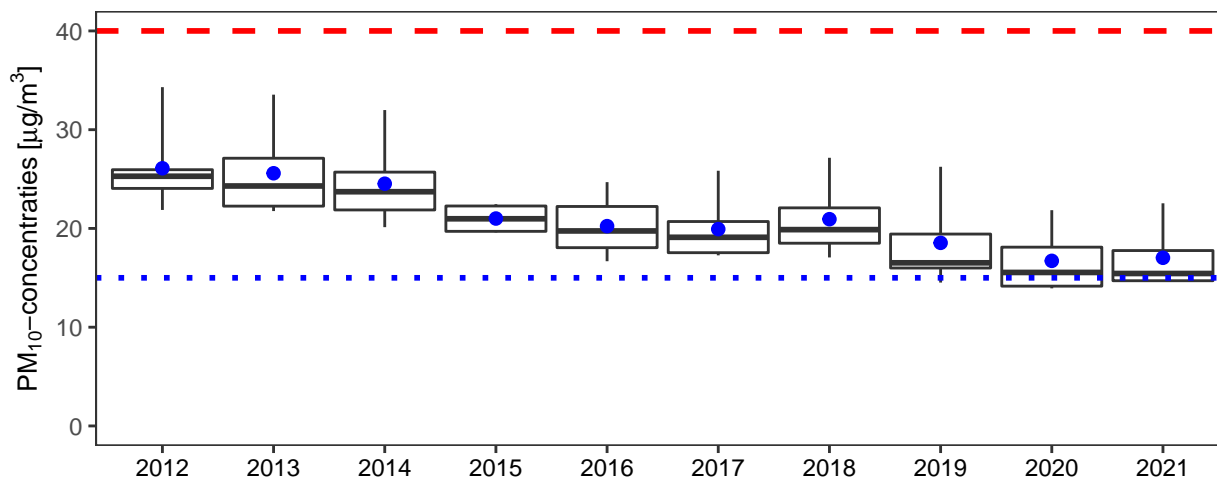


Figuur 4.3 – Maximale daggemiddelde PM₁₀-concentraties voor alle stations in het BHG in 2021 [µg/m³]. Grijs vakken betekenen dat de 75%-uurgegevens die nodig zijn voor de berekening van het daggemiddelde op geen enkel meetstation beschikbaar waren.

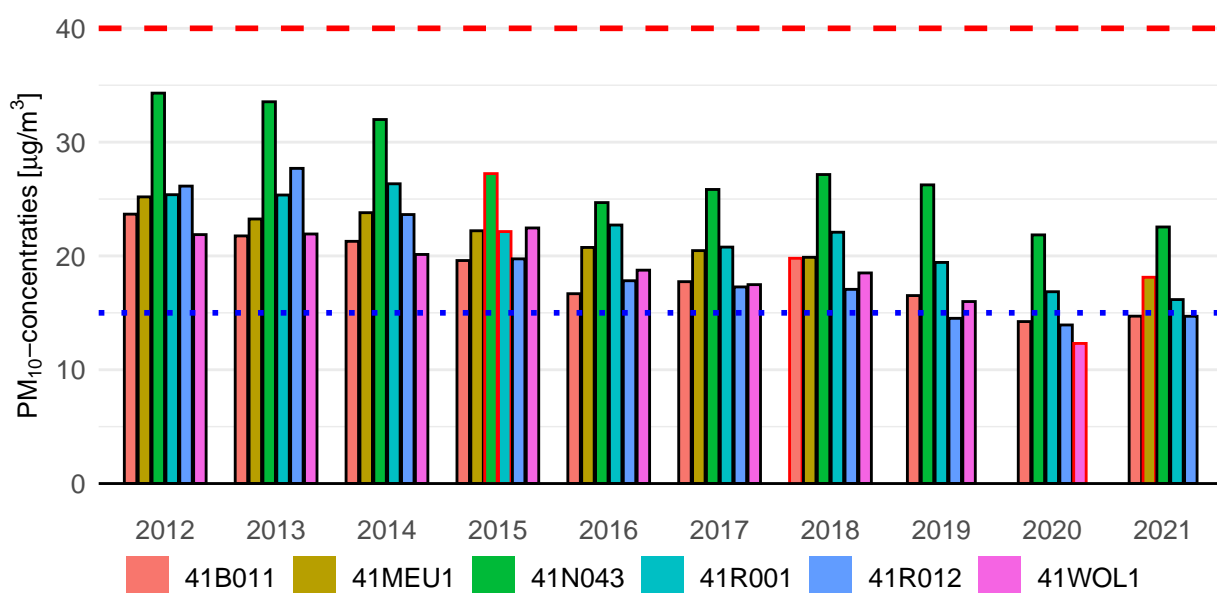
of toegangswegen, buiten het toepassingsgebied van milieuvergunningen en dus niet onder enige verplichtingen of controle (geen bindend juridisch kader).

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 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, ...).





Figuur 4.4 – Jaarlijkse PM_{10} -concentraties op alle stations voor BHG [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. De Europese jaarlijkse grenswaarde wordt aangegeven met de rode stippellijn en de door de WGO aanbevolen jaarlijkse waarde met de blauwe stippellijn.



Figuur 4.5 – Jaarlijkse PM_{10} -concentraties voor alle stations in het BHG [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. De Europese jaarlijkse grenswaarde wordt aangegeven met de rode stippellijn en de door de WGO aanbevolen jaarlijkse waarde met de blauwe stippellijn. De omtrek van de balken is rood wanneer de minimale gegevensvastlegging van 85% niet is gehaald. Tabel 2.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

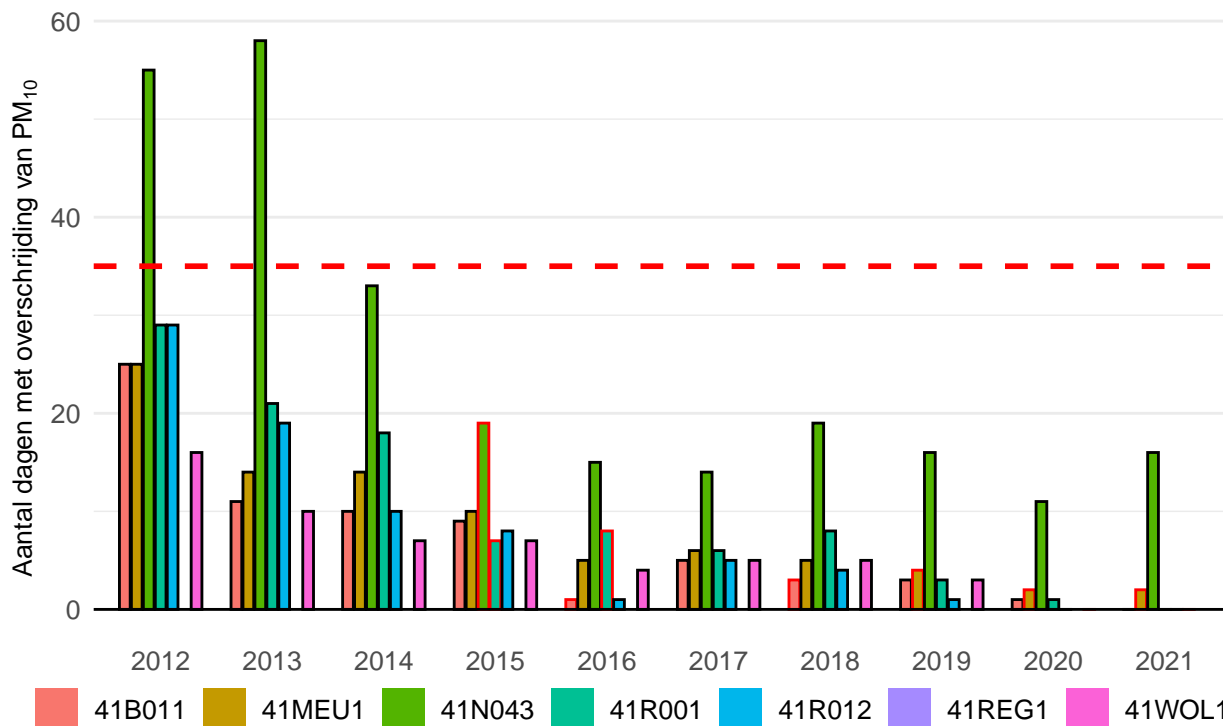
4.5 HUIDIGE METINGEN $PM_{2,5}$

In dit deel analyseren we de concentraties van fijne zwevende deeltjes $PM_{2,5}$, in het jaar 2021, meer bepaald ten opzichte van de Europese grenswaarden en de door de WGO aanbevolen waarden. In 2021 is de jaarlijkse $PM_{2,5}$ -concentratie met gemiddeld 15% gedaald ten opzichte van 2020, tegenover een vermindering in de orde van 20% tussen 2019 en 2020. Alle meetstations van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (BHG) hebben voldaan aan de jaarlijkse EU-grenswaarde van $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor $PM_{2,5}$.

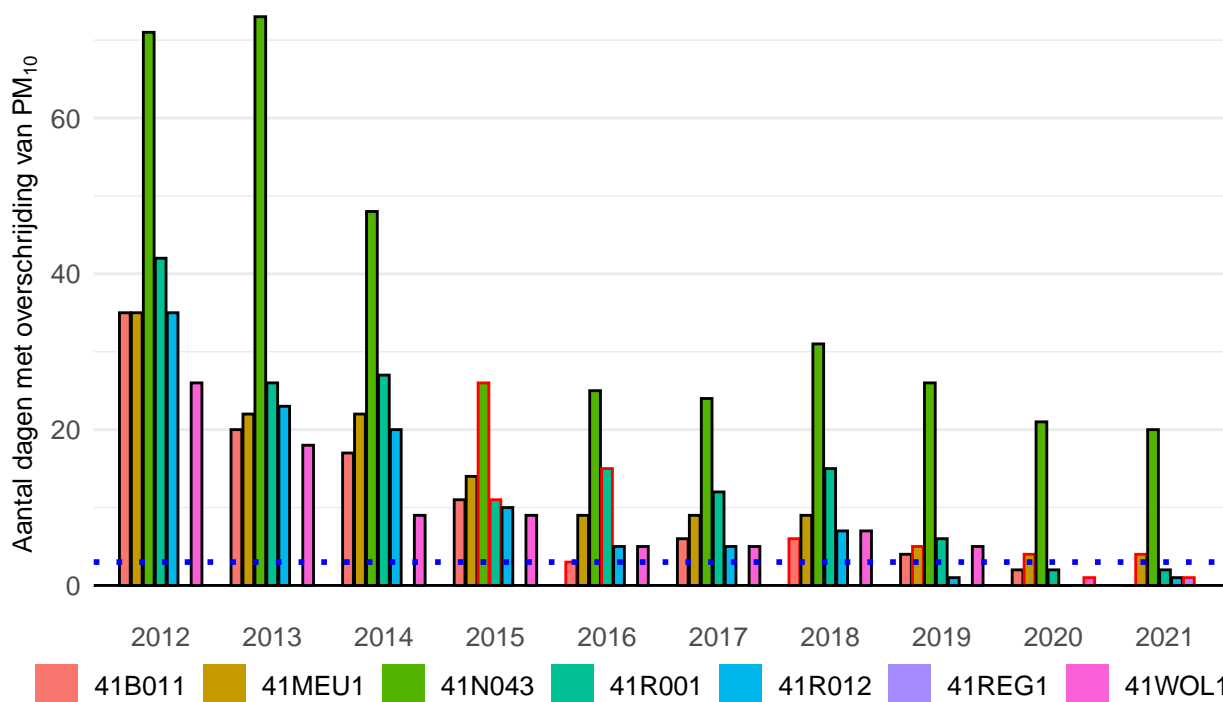
4.5.1 Jaargemiddelden

In Figuur 4.8 is te zien dat de Europese jaargrenswaarde van $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in 2021 in alle meetstations ruimschoots wordt gehaald, met een maximaal jaargemiddelde in Haren van $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Wat betreft de nieuwe door de WGO aanbevolen waarde van $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (uiterst strenge waarde), deze wordt nergens in het BHG gerespecteerd. Ter vergelijking: in 2021 voldeden slechts drie stations in België met een zeer lage blootstelling nauwelijks aan de door de WGO aanbevolen jaarwaarde (door precies $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ te meten). Deze waarde is vergelijkbaar met de orde van grootte van de Europese (grensoverschrijdende) achtergrond concentratie van $PM_{2,5}$ en laat dus in zekere zin geen andere, meer lokale bronnen toe.





Figuur 4.6 – Aantal dagen met overschrijding van de PM₁₀-concentraties van de daggrenswaarde (50 µg/m³) voor elk station van het BHG in de afgelopen 10 jaar. Het aantal overschrijdingsdagen dat volgens de Europese Richtlijn 2008/50/EG is toegestaan (35) wordt aangegeven door de rode stippellijn. De omtrek van de balkjes zijn rood wanneer de minimale gegevensvastlegging van 85% niet wordt gehaald en het aantal overschrijdingsdagen het door de Europese norm toegestane aantal dagen niet overschrijdt. Tabel 2.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

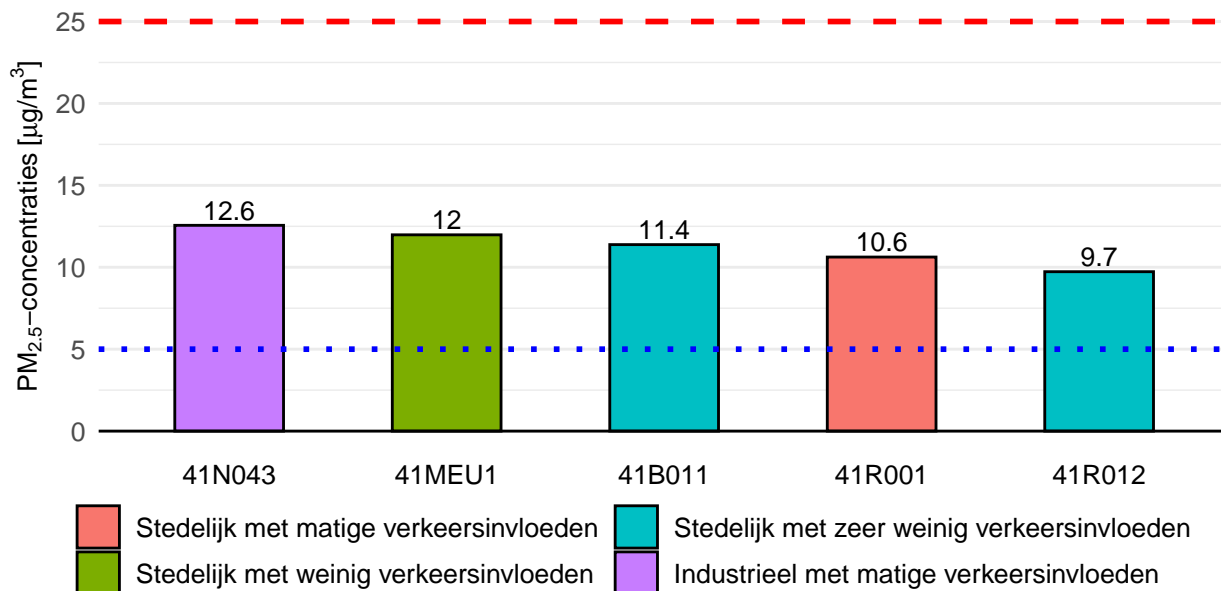


Figuur 4.7 – Aantal dagen dat de PM₁₀-concentraties de door de WGO aanbevolen dagwaarde van 45 µg/m³ overschreden voor elk station van het BHG in de afgelopen tien jaar. Het aantal door de WGO toegestane overschrijdingsdagen in het strengste geval (3, voor de leesbaarheid) wordt aangegeven door de blauwe stippellijn. De omtrek van de stationsbalken is rood wanneer de minimale gegevensvastlegging van 85% niet in acht is genomen. Tabel 2.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

4.5.2 Daggemiddelden

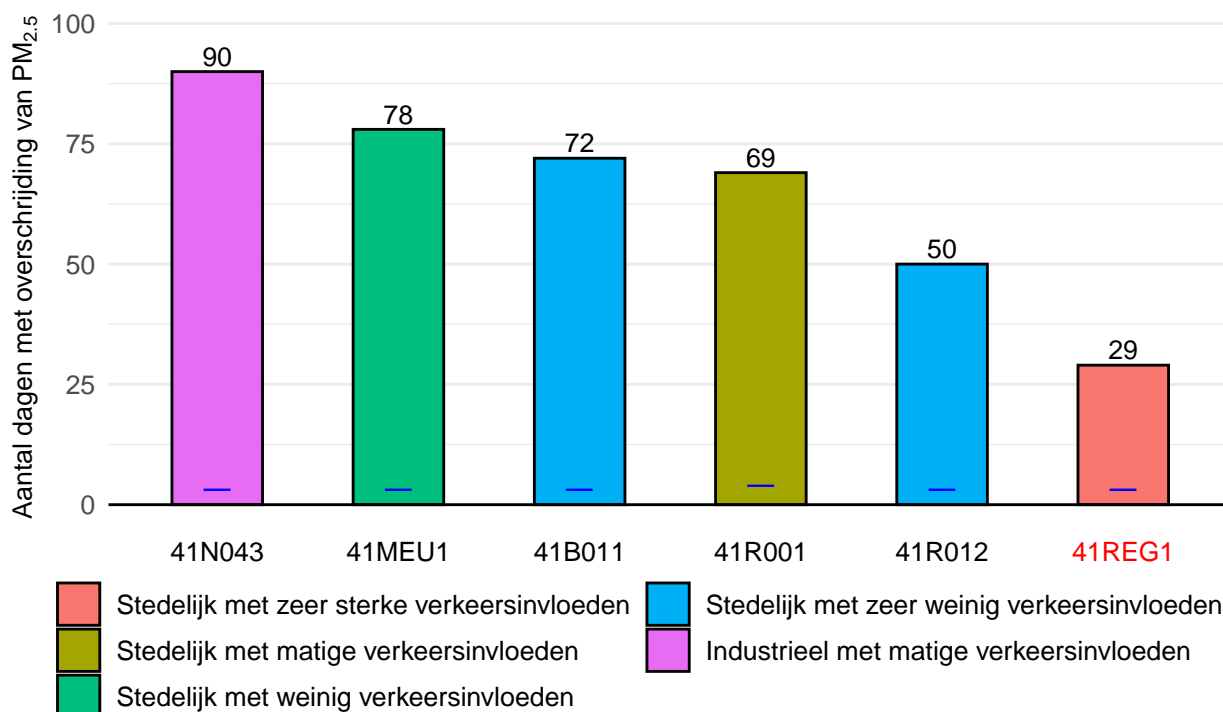
De Europese richtlijn 2008/50/EG voorziet niet in een dagwaarde voor PM_{2,5}. Alleen de WGO beveelt een dagwaarde van 15 µg/m³ aan die niet meer dan 3 tot 4 keer per jaar mag worden overschreden, afhankelijk van





Figuur 4.8 – Jaargemiddelde PM_{2.5}-concentraties voor elke BHG-locatie in 2021 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. De Europese jaarlijkse grenswaarde wordt weergegeven door de rode stippellijn en de door de WHO aanbevolen jaarlijkse waarde wordt weergegeven door de blauwe stippellijn. De codes van de meetstations worden in het rood weergegeven wanneer niet aan de minimale gegevensregistratie van 85% is voldaan. Tabel 2.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

de jaarlijkse gegevensvastlegging (overeenkomend met het 99e percentiel). Deze waarde wordt ruimschoots overschreden in alle Brusselse stations in 2021, ook in de stations met stedelijke achtergrond (Ukkel en Sint-Agatha-Berchem, zie Figuur 4.9)). Opgemerkt zij dat deze waarde in 2021 ook in alle meetstations in België werd overschreden.



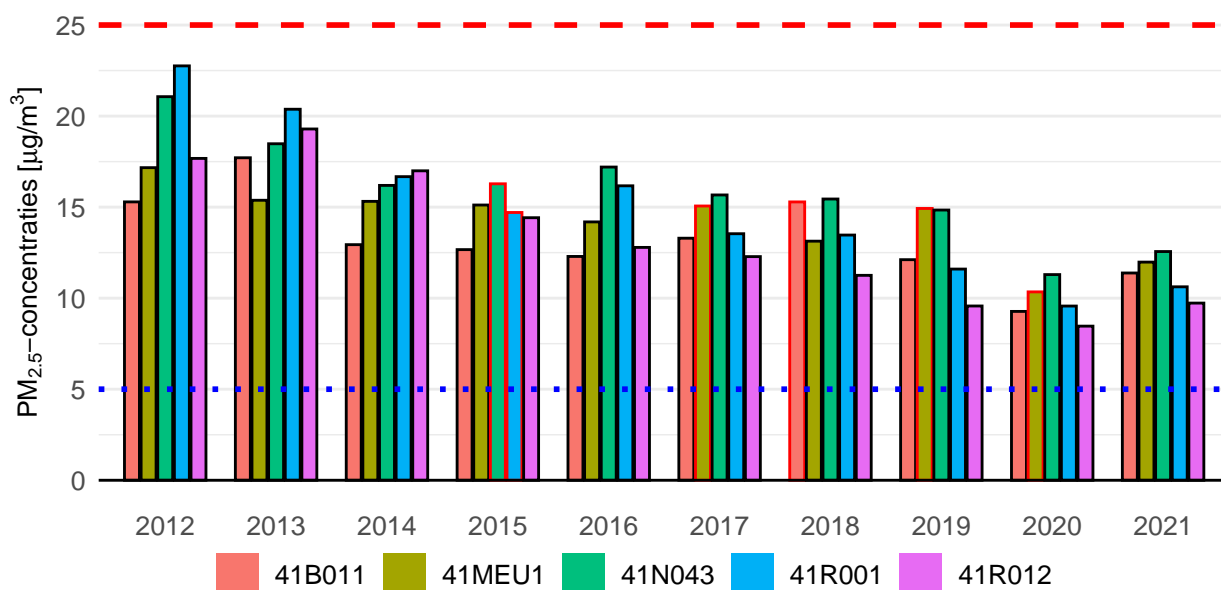
Figuur 4.9 – Aantal overschrijdingsdagen van de door de WGO aanbevolen dagwaarde voor PM_{2.5} van 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ voor elk station in het BHG in 2021. Het aantal door de WGO aanbevolen overschrijdingen (3 tot 4) wordt aangegeven door de blauwe lijn in de balkjes. De codes van de meetstations worden in het rood weergegeven wanneer niet aan de minimale gegevensregistratie van 85% is voldaan. Tabel 2.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

4.6 HISTORISCHE METINGEN VAN PM_{2,5}

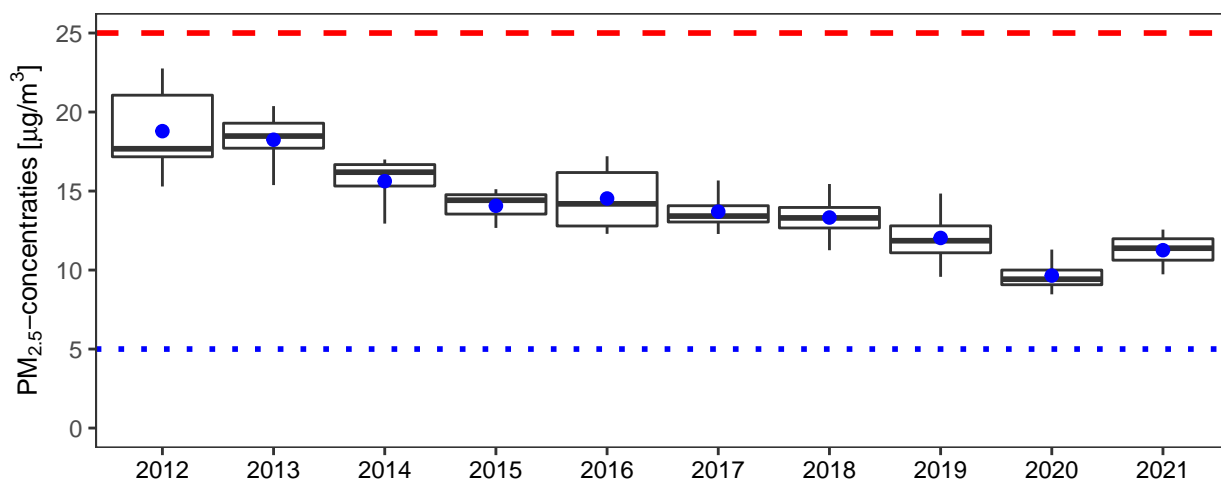
In dit deel analyseren we de ontwikkeling van de PM_{2,5}-concentraties van fijne zwevende deeltjes in de afgelopen tien jaar. In het algemeen nemen de fijnstofconcentraties duidelijk af in BHG, België [IRCEL-CELINE, 2021] en Noordwest-Europa [EEA, 2020]], als gevolg van emissiebeperkende maatregelen en technologische vooruitgang (bv. betere deeltjesfilters in auto's). In Brussel wordt de Europese jaargrenswaarde van 25 µg/m³ voor 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 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 µg/m³ al meer dan 10 jaar in alle stations wordt nageleefd, en in het 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: terwijl vóór 2015 in alle stations jaargemiddelde concentraties werden gemeten die zich doorgaans tussen 15 en 25 µg/m³ bevonden, liggen deze in 2021 doorgaans tussen 10 en 15 µg/m³. In 2021 liggen de jaarlijkse concentraties tussen 10 en 13 µg/m³.



Figuur 4.10 – Jaargemiddelde PM_{2,5}-concentraties voor alle stations in het BHG [µg/m³]. De Europese jaarlijkse grenswaarde wordt weergegeven door de rode stippellijn en de door de WHO aanbevolen waarde door de blauwe stippellijn. De omtrek van de balken is rood wanneer de minimale gegevensvastlegging van 85% niet is gehaald. Tabel 2.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

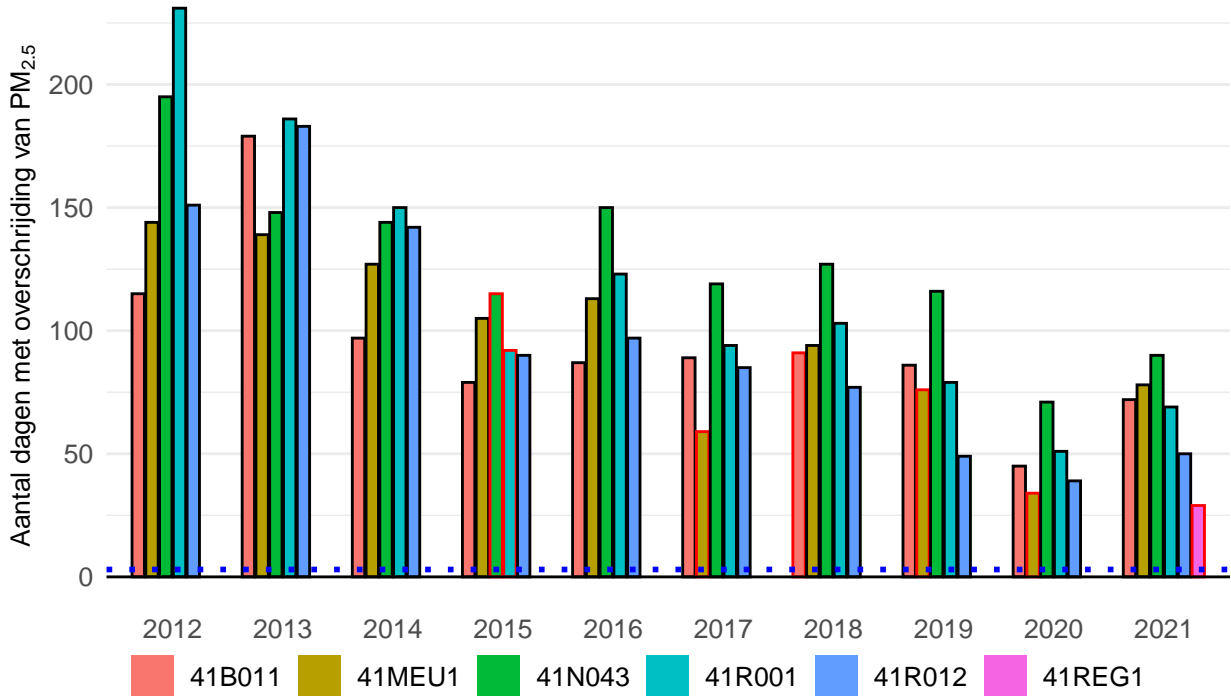


Figuur 4.11 – Jaargemiddelde PM_{2,5}-concentraties voor alle stations voor het BHG [µg/m³]. De Europese jaarlijkse grenswaarde wordt aangegeven met de rode stippellijn en de door de WGO aanbevolen waarde met de blauwe stippellijn.

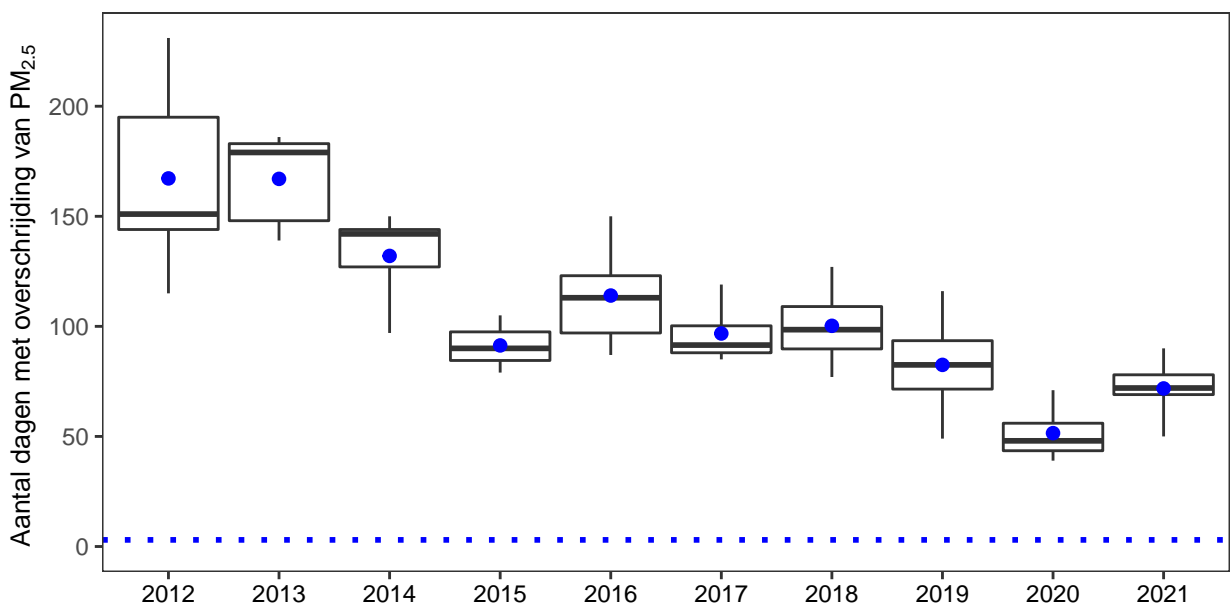


4.6.2 Daggemiddelden

Zoals reeds vermeld in paragraaf 4.5.2, voorziet de richtlijn op korte termijn niet in een grenswaarde voor $PM_{2.5}$. Het aantal dagen met overschrijding van de door de WGO aanbevolen dagwaarde van $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gedurende de afgelopen 10 jaar wordt voor elk station afzonderlijk en in de vorm van „boxplots” weergegeven in respectievelijk de 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.



Figuur 4.12 – Aantal dagen met overschrijding van de door de WGO aanbevolen dagelijkse waarde voor $PM_{2.5}$ van $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor elk station van het BHG gedurende de laatste tien jaar. Het aantal door de WGO toegestane overschrijdingen in het strengste geval (3, voor de leesbaarheid) wordt aangegeven door de blauwe stippellijn. De omtrek van de balken is rood wanneer de minimale gegevensvastlegging van 85% niet is gehaald. Tabel 2.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

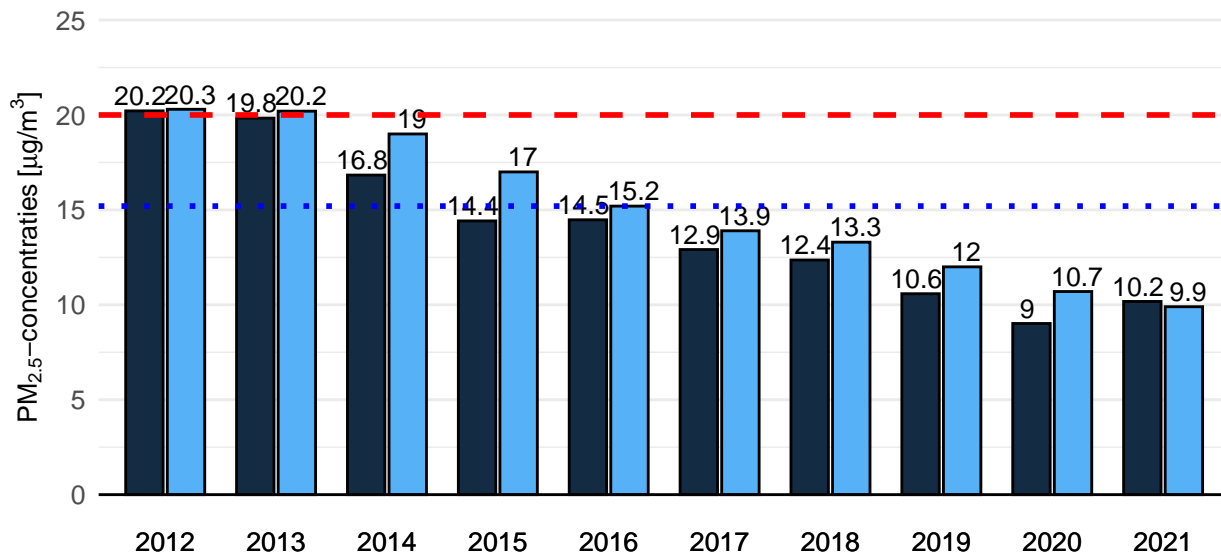


Figuur 4.13 – Aantal overschrijdingsdagen van de door de WGO aanbevolen dagelijkse waarde voor $PM_{2.5}$ van $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor alle stations van het BHG gedurende de laatste tien jaar. Het aantal door de WGO toegestane overschrijdingen in het strengste geval (3, voor de leesbaarheid) wordt aangegeven door de blauwe stippellijn.



4.6.3 Indicator van de gemiddelde blootstelling in Brussel

Figuur 4.14 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 2021 van respectievelijk 20 en 15,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Het GBI dat alleen voor Brussel is berekend, beantwoordt aan de twee doelstellingen voor 2015 en 2020 (tevens in 2021) voor de blootstelling van de bevolking aan $\text{PM}_{2.5}$.



Figuur 4.14 – Jaargemiddelde $\text{PM}_{2.5}$ -concentraties gemiddeld voor de stations van Ukkel en Sint-Jans-Molenbeek [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] (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 2021.

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 koolwaterstof 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 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 doogaans 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 Europese doelstelling op lange termijn voor ozon vereist *geen* overschrijding van de drempelwaarde van $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, maar de datum waarop aan deze doelstelling moet worden voldaan is nog niet vastgelegd.

Ten slotte bedraagt de door de WGO aanbevolen waarde in 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).

Sinds 2021 voorziet de WGO 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.

Naast de indicatoren voor de bescherming van de gezondheid voorziet de richtlijn ook in drempelwaarden waarboven de bevolking moet worden geïnformeerd in geval van een feitelijke of verwachte overschrijding, d.w.z. :

- de uurlijkse **informatiedrempel**, van $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$, de waarde waarbij ozon gevolgen kan hebben voor de gezondheid van risicogroepen (voornamelijk kinderen, ouderen en mensen met ademhalingsproblemen),
- de uurlijkse **alarmdrempel** van $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$, de waarde waarbij ozon gevolgen kan hebben voor de gezondheid van de gehele bevolking.

Het toezicht op de ozonconcentraties en de verzending van informatie- en alarmbulletins wordt in België uitgevoerd door de eenheid IRCEL-CELINE. Zoals besproken in punt 5.1 is de tenuitvoerlegging van maatregelen ter vermindering van de ozonconcentraties in stedelijke gebieden in het beste geval ondoeltreffend vanwege de secundaire aard van deze verontreinigende stof en het complexe ontstaansmechanisme ervan.



5.3 HUIDIGE METINGEN

In dit deel analyseren we de ozonconcentraties in het jaar 2021, met name ten opzichte van de Europese grenswaarden en de door de WGO aanbevolen waarden.

De volgende algemene opmerkingen kunnen worden gemaakt:

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

Derhalve kan worden vastgesteld dat de stijging van de concentraties tussen 2019 en 2020 uitzonderlijk 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 [Bruxelles Environnement, 2020a]. De in 2021 gemeten jaarlijkse ozonconcentraties zijn weliswaar lager dan in 2020, maar toch iets hoger dan in 2019, hetgeen de waargenomen opwaartse trend bevestigt.

Alle meetstations voldeden aan de Europese streefwaarde voor de bescherming van de menselijke gezondheid (zie Figuur 5.2).

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 2021 de hoogste jaargemiddelde concentraties (respectievelijk 53 en 48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) 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 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de op twee na hoogste jaargemiddelde concentratie. Het station Sint-Jans-Molenbeek (41R001) stedelijk station met een matige invloed van het wegverkeer, vertoont een jaarlijkse concentratie die iets lager ligt (42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). De stations van Haren (41N043), een industrieel station met een matige invloed van het verkeer, en Sint-Katelijne (41B004), een stedelijk station met een matige invloed van het verkeer, vertonen uiteindelijk de laagste concentraties van het meetnet (39 tot 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

5.3.2 NET60

Het aantal dagen met overschrijding van de drempelwaarde van 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ van het hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentratie is weergegeven in Figuur 5.2, voor het jaar 2021 en gemiddeld over de laatste drie jaar (2019-2020-2021). Meteen kan worden vastgesteld dat gemiddeld over een periode van drie jaar de streefwaarde nergens wordt overschreden. Gemiddeld over drie jaar werd het hoogste aantal overschrijdingen (24, rechtse balkjes) opgetekend in het station van Sint-Agatha-Berchem.

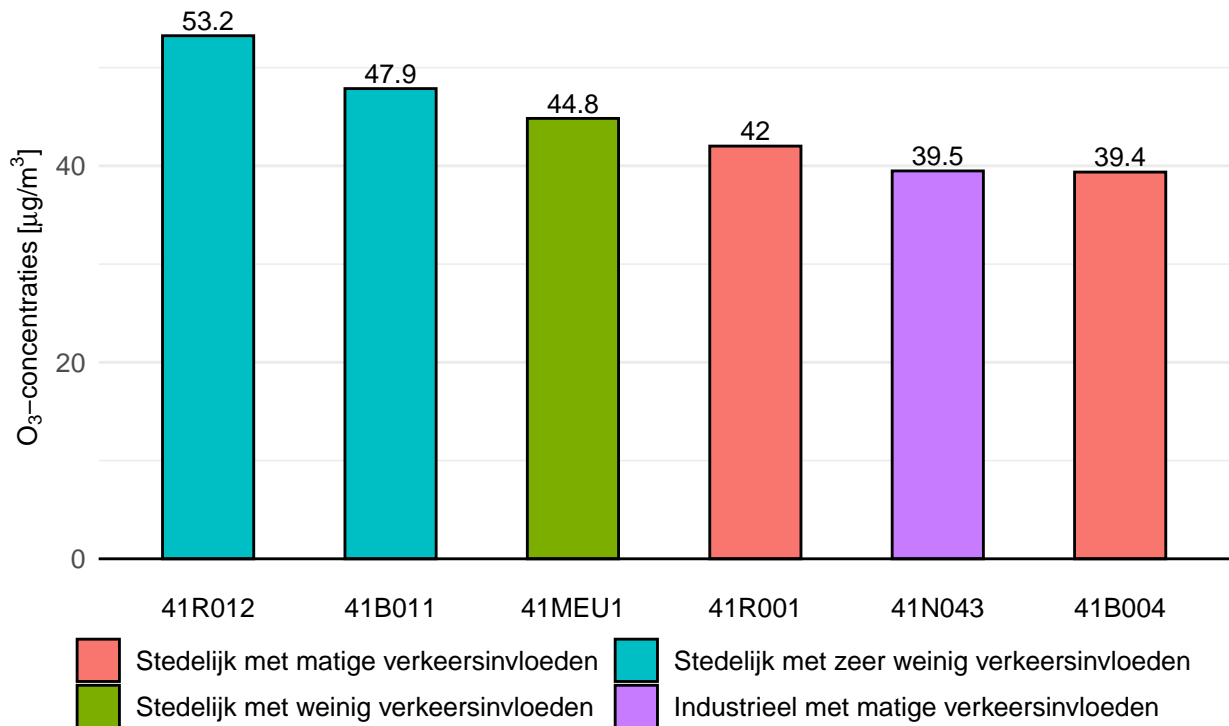
Het specifieke aantal overschrijdingsdagen voor het jaar 2021 wordt ook aangegeven door de linkerbalken en is ook minder dan 25. Ook hier hebben de stations met de minste blootstelling aan wegverkeer, Ukkel, Sint-Agatha-Berchem en Neder-Over-Heembeek, de hoogste waarden, terwijl de stations in Sint-Jans-Molenbeek, Haren en Sint-Katelijne de minste overschrijdingsdagen hebben.

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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, afhankelijk van de jaarlijkse gegevensvastlegging, overeenkomend met het 99e percentiel) wordt op geen enkel station in het BHG voldaan (minimaal 13 overschrijdingen). Ter vergelijking: deze aanbevolen waarde wordt nergens in 2021 in België gehaald.

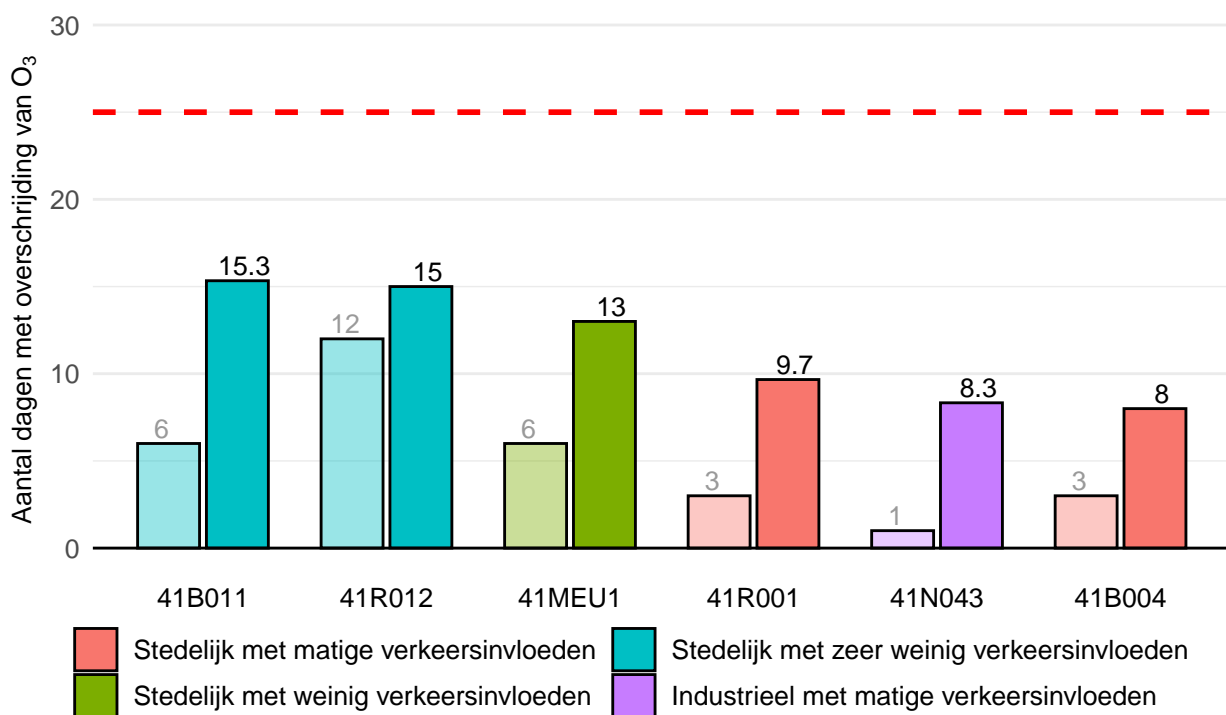
5.3.3 Période de pics (OMS 2021)

De WGO geeft een nieuwe aanbevolen waarde voor de piekperiode voor ozon in 2021. De referentieperiode wordt gedefinieerd als het voortschrijdend gemiddelde over 6 maanden met het hoogste gemiddelde van het jaar. In 2021 loopt de referentieperiode voor alle meetstations van maart tot en met augustus, behalve voor het station Neder-Over-Heembeek, waarvoor het de periode van april tot en met september is. Het gemiddelde van de dagelijkse maxima van het voortschrijdend gemiddelde over 8 uur gedurende deze referentieperiode is





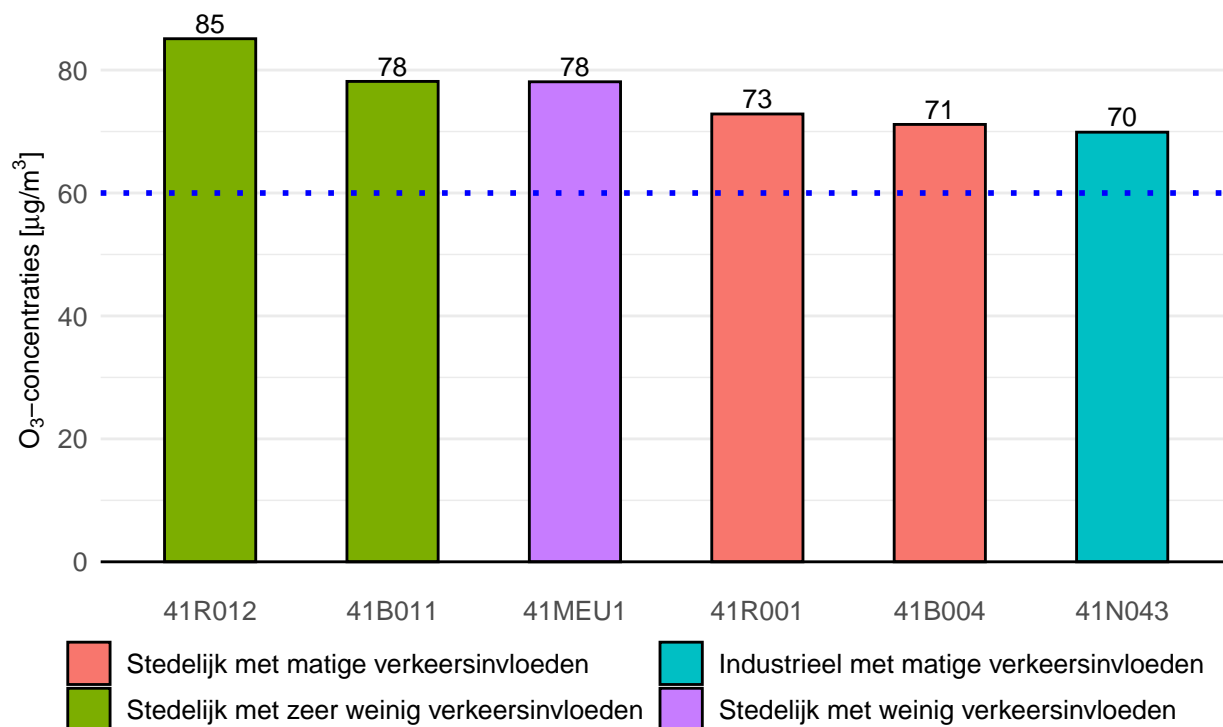
Figuur 5.1 – Jaargemiddelde O₃-concentraties voor elk station in het BHG in 2021 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. De codes van de meetstations worden in het rood weergegeven wanneer niet aan de minimale gegevensregistratie van 85% is voldaan. Tabel 2.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.



Figuur 5.2 – Aantal dagen met overschrijding van de streefwaarde van $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor de dagelijkse hoogste 8-uurgemiddelde (NET60) voor elk station in het BHG in 2021 (de waarde rechts vertegenwoordigt het gemiddelde over de afgelopen 3 jaar (2019-2020-2021), terwijl de waarde links de waarde voor het jaar 2021 vertegenwoordigt). Het maximumaantal toegestane dagen per jaar, gemiddeld over drie jaar, op grond van richtlijn 2008/50/EG 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. Tabel 2.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

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 O_3 -concentraties voor elk station in de BHG in 2021. 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. Tabel 2.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

5.3.4 Maximale dagelijkse uurconcentraties

In Figuur 5.4 kunnen de maximale uurconcentraties die gedurende elke dag van het jaar 2021 worden bereikt, worden bekeken teneinde deze te vergelijken met de Europese informatie- en alarmpieken van respectievelijk $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Te zien is dat in 2021 de informatie- en alarmpieken niet zijn overschreden. De duur van de blootstelling aan de zon, de gemiddelde temperatuur en de gemiddelde maximumtemperatuur in augustus 2021 waren bijzonder laag.

5.4 HISTORISCHE METINGEN

In dit deel analyseren wij de ontwikkeling van de ozonconcentraties in de afgelopen 10 jaar. Over het algemeen nemen de „achtergrond“-ozonconcentraties, in tegenstelling tot de ozonpieken, in Brussel langzaam toe (maar tussen 2019 en 2021 sterker dan vóór 2019), terwijl het aantal en de intensiteit van de ozonpieken neigen af te nemen. Deze tegenstrijdige trends, die ook op nationaal niveau waarneembaar zijn [IRCEL-CELINE, 2021] alsook op Europees niveau [EEA, 2020], zijn te wijten aan een complexe combinatie van lokale (Europese) dalingen in de uitstoot van ozonprecursoren, fluctuaties in de meteorologische omstandigheden en hemisferisch transport van precursorverontreinigende stoffen [EEA, 2018].

5.4.1 O_3 -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 2016, maar sindsdien aanzienlijk is gestegen. In 2020 was de groei ten opzichte van 2019 sterker dan de trend tot dan toe. In 2021 is er een lichte daling van de statistische indicatoren ten opzichte van 2020: de ozonconcentraties blijven langzaam toenemen ten opzichte van 2019 en de voorgaande jaren, waarbij zij echter terugkeren naar een meer normale evolutie.

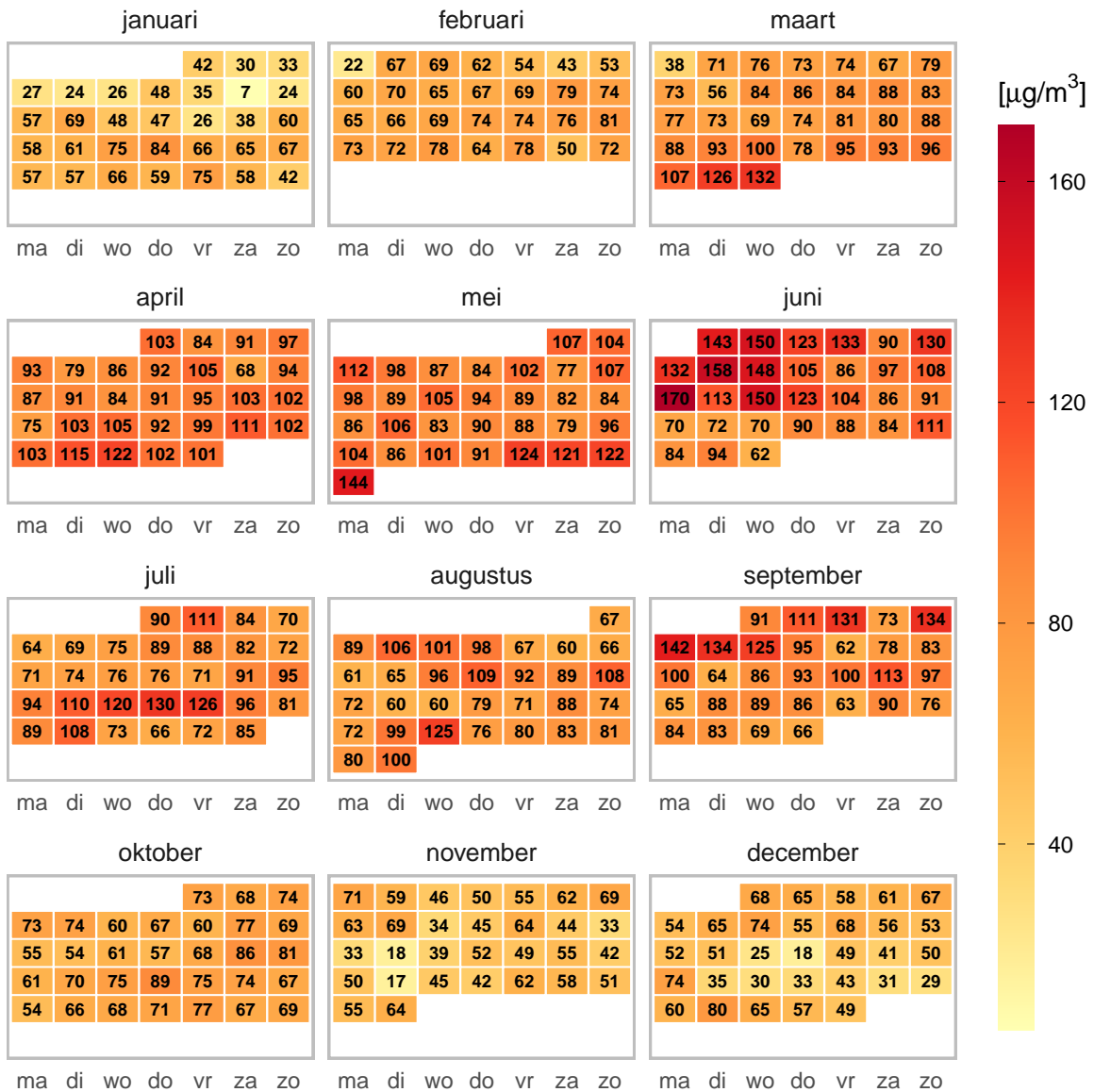
5.4.2 NET60

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 ten gevolge van de weersomstandigheden. In 2018 werden meer dan 30 dagen met een overschrijding van de streefwaarde van $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in het station van Sint-Agatha-Berchem geregistreerd. Het maximale aantal overschrijdingsdagen, gemiddeld over 3 jaar (aangegeven door de groene

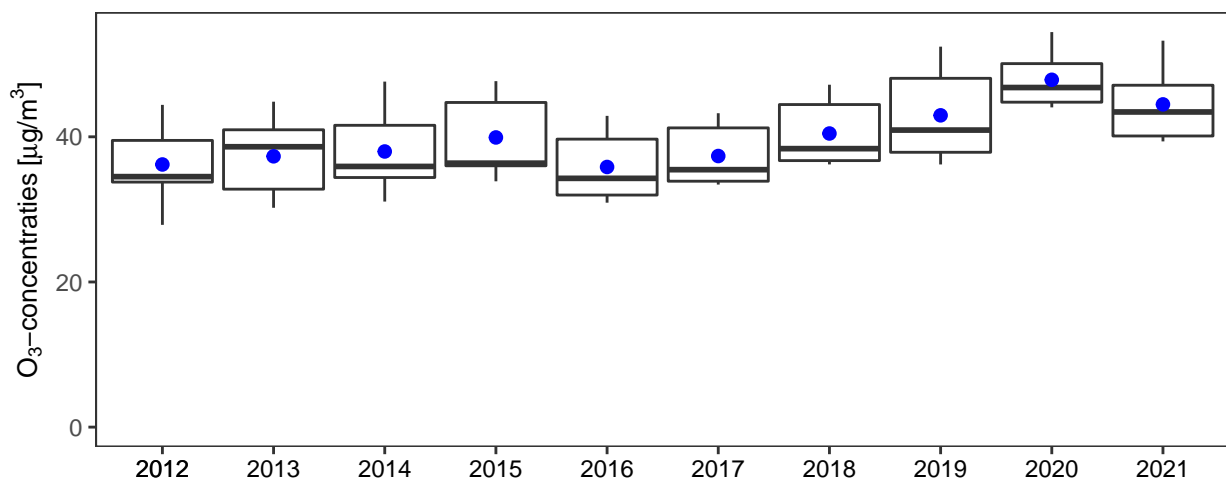


Maximale dagelijkse uurconcentraties van O₃

2021



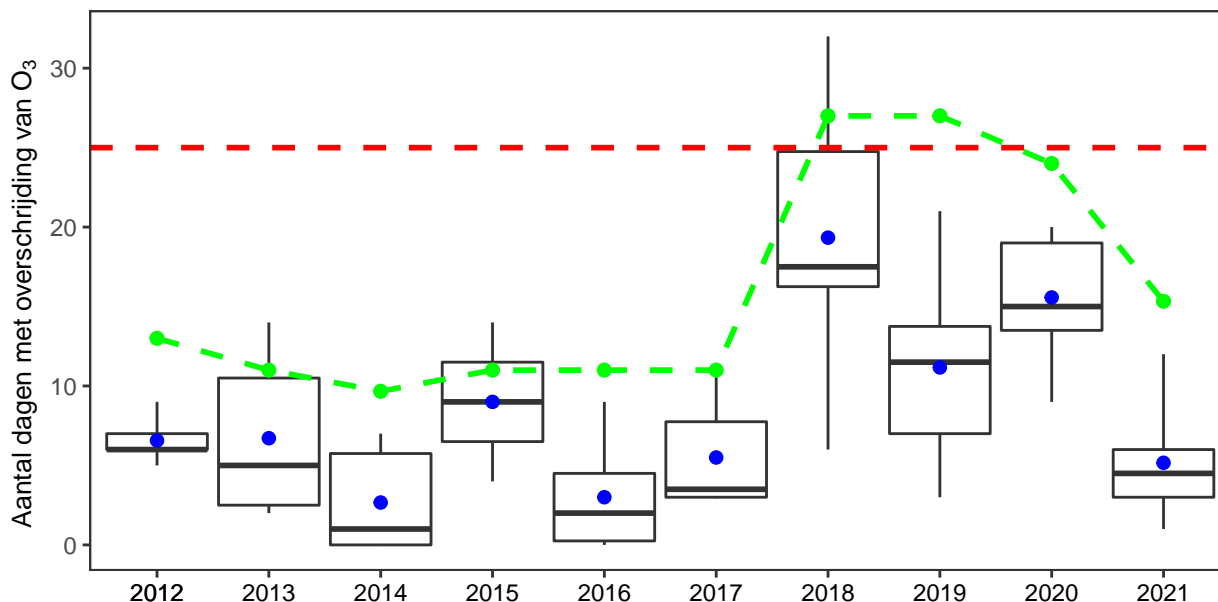
Figuur 5.4 – Maximale dagelijkse O₃-uurconcentraties in het BHG in 2021 [µg/m³]. De dagen waarop de Europese informatiedrempel van 180 µg/m³ werd overschreden, zijn in het zwart gemarkeerd.



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



stippellijn), is sinds 2012 minder dan 25 dagen (gemiddelde over 2010-2011-2012) tot 2017 en voldoet derhalve aan de Europese regelgeving. Deze streefwaarde wordt in 2018 en 2019 echter overstegegen als gevolg 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 paragraaf 5.3.2). Bovendien was er een stagnatie van deze indicator tussen 2012 en 2017, sindsdien gevolgd door een stijgende trend in 2018 (en dus 2019). In 2020 daalt het aantal overschrijdingsdagen, gemiddeld over drie jaar, tot onder de drempelwaarde van 25 en wordt de streefwaarde voor ozon dus gehaald. In 2021 daalt deze indicator verder en wordt de Europese streefwaarde voor ozon dus weer gehaald.

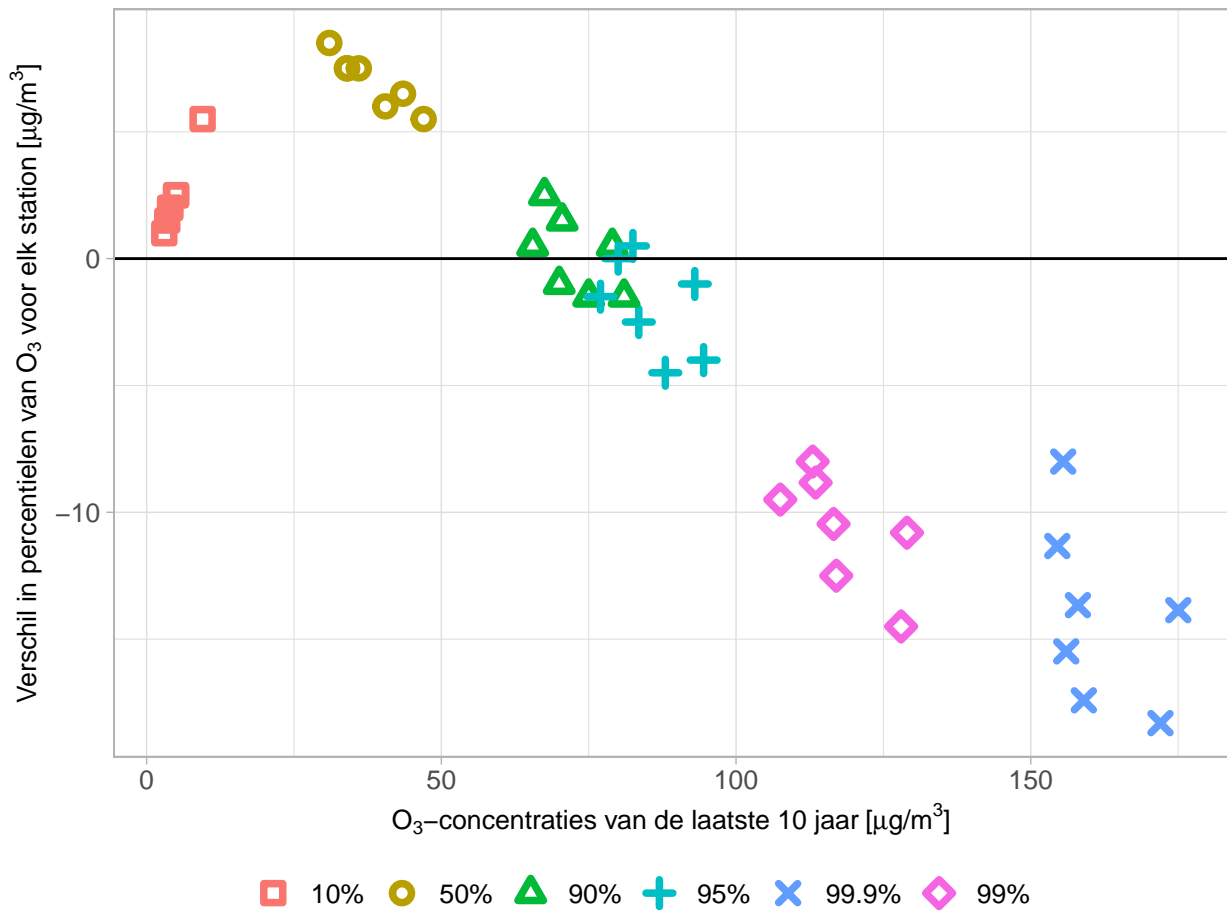


Figuur 5.6 – Aantal dagen met overschrijding van de streefwaarde van $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor het hoogste 8-uursgemiddelde van het daggemiddelde van O_3 (NET60) in alle stations van het BHG. Het maximaantal toegestane dagen per jaar, gemiddeld over drie jaar, op grond van richtlijn 2008/50/EG wordt aangegeven door de rode stippellijn. De groene lijn geeft het voortschrijdend gemiddelde over drie jaar van het maximum van NET60 aan.

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 2012-2021 en de periode 2000-2009 [IRCEL-CELINE, 2021]. Positieve waarden wijzen dus 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 [IRCEL-CELINE, 2021] en Europees niveau [EEA, 2018]. Deze trends zijn het gevolg van een complexe combinatie van factoren :

- de plaatselijke (Europese) daling van de emissies van ozonprecursoren,
- schommelingen in de meteorologische omstandigheden (beide gunstig in verband met de vermindering van de ozonpieken), en
- hemisferisch transport van precursorverontreinigende stoffen (die bijdragen tot verhoogde achtergrondconcentraties van ozon).



Figuur 5.7 – Vershil in percentielen van O₃-uurconcentraties voor stations in het BHG, gedurende de laatste 10 jaar (2012-2021), ten opzichte van de periode 2000-2009.

HOOFDSTUK 6: BLACK CARBON

6.1 AARD VAN DE VERONTREINIGENDE STOF

Hoewel de metriek voor fijne deeltjes zeer geschikt zijn voor de algemene beoordeling van deeltjesverontreiniging, omvatten zij toch een grote hoeveelheid verbindingen van zeer uiteenlopende oorsprong en aard (zie hoofdstuk 4). Om een nauwkeuriger beschrijving te verkrijgen, is het vervolgens 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 van belang erop te wijzen dat de meetmethode (door lichtabsorptie) een rol speelt bij de definitie van de verbinding, hetgeen over het algemeen niet het geval is voor andere verontreinigende stoffen (NO_2 , O_3 , SO_2 , enz.). Elementair koolstof (EC) daarentegen bestaat uit deeltjes die uit koolstof zijn gevormd, maar wordt verkregen door thermische meting - hierbij wordt niet de eigenschap om licht te absorberen, maar het brekingsvermogen gemeten. Theoretisch zouden BC en EC dezelfde familie van verbindingen moeten beschrijven; in de praktijk zijn ze door het verschil in meetmethode echter niet helemaal vergelijkbaar.

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 (aëro-dynamische diameter kleiner dan $2.5 \mu m$), en gedeeltelijk in de fractie van ultrafijne deeltjes (UFP), gedefinieerd als deeltjes met een aëro-dynamische diameter kleiner dan 100 nm.

Het grote voordeel van zwarte koolstof is dat het een verontreinigende stof is die sterk samenhangt met verbrandingsprocessen (BC wordt vaak vereenzelvigd met „roet”). In het stedelijk milieu is zwarte koolstof dus een uitstekende indicator voor het wegverkeer (verbranding in voertuigmotoren, vooral dieselmotoren), als ook voor verwarming (afhankelijk van de tijd van het jaar). Theoretisch kan BC ook worden aangetroffen in industriële verbrandingsprocessen, maar deze sector is verwaarloosbaar in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (BHG). Het verband tussen de uitstoot van zwarte koolstof en het wegverkeer komt duidelijk naar voren wanneer een vergelijking wordt gemaakt met de concentraties van stikstofoxiden of NO_x (hoofdstuk 3), d.w.z. het mengsel van :

- stikstofmonoxide, dat meestal wordt aangetroffen in de nabijheid van verkeer,
- stikstofdioxide, dat ook rechtstreeks door het wegverkeer wordt uitgestoten en wordt aangetroffen zowel dichtbij als op grotere afstand van het verkeer, en dat kenmerkend is voor het stadsmilieu in het algemeen.

Een vergelijking van de concentraties van zwarte koolstof met de concentraties van stikstofoxiden in de omgeving van het wegverkeer laat dus een uitstekende lineaire correlatie tussen beide zien - een bevestiging van de kwaliteit van zwarte koolstof als verkeersindicator. In tegenstelling tot NO_x , dat betrokken is bij de fotochemie van ozon, kan zwarte koolstof bovendien worden beschouwd als een passieve tracer, d.w.z. dat de concentraties ervan niet worden beïnvloed door de atmosferische chemie in het algemeen, maar alleen door de intensiteit en de nabijheid van de emissiebronnen enerzijds en de kwaliteit van de meteorologische dispersie anderzijds.

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.



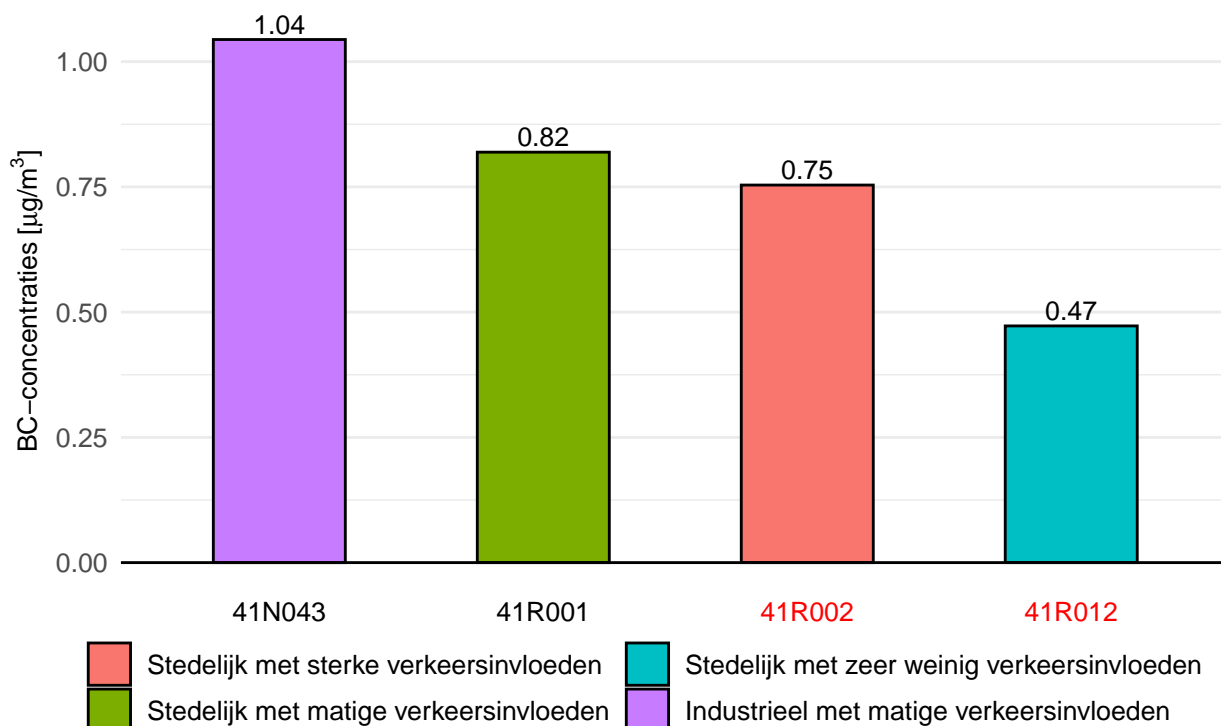
Er zij op gewezen dat zwarte koolstof niet door Europese richtlijnen wordt gereguleerd en dat de WGO geen aanbevolen waarde voor deze verontreinigende stof voorschrijft. De meting ervan is echter wijdverbreid in Europa en wordt uitgevoerd met het oog op wetenschappelijk en epidemiologisch onderzoek.

6.2 HUIDIGE METINGEN

6.2.1 BC-jaargemiddelde

De jaarlijkse concentraties van BC zijn weergegeven in Figuur 6.1. De afname van de activiteit in 2020 en een deel van 2021 heeft een uitgesproken effect gehad op zwarte koolstof (net als voor NO_2 , zie hoofdstuk 3), aangezien dit een verontreinigende stof is die sterk samenhangt met het wegverkeer (zie punt 6.1). Bovendien wordt BC voornamelijk uitgestoten door dieselmotoren en deze motoren maken de laatste jaren een steeds kleiner deel uit van het Brusselse wagenpark.

Het station van Haren (41N043) heeft de hoogste jaarlijkse concentratie in 2021, 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) en is vrijwel identiek aan de jaarlijkse concentratie in het station van Elsene (41R002), dat sterk beïnvloed wordt door het wegverkeer. De jaargemiddelde concentratie van $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemeten in het station van Ukkel (41R012), een stedelijke locatie met een zeer geringe invloed van het wegverkeer, is veruit de laagste in het meetnet. Er zij echter op gewezen dat deze laatste twee stations, met een efficiëntie van respectievelijk 53% en 80%, de minimale gegevensvastlegging van 85% niet hebben gehaald.



Figuur 6.1 – Jaargemiddelde BC-concentraties voor elk station in het BHG in 2021 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. De stationscodes worden in het rood weergegeven wanneer niet aan de minimale gegevensregistratie van 2021 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. De codes van de meetstations worden in het rood weergegeven wanneer niet aan de minimale gegevensregistratie van 85% is voldaan. Tabel 2.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

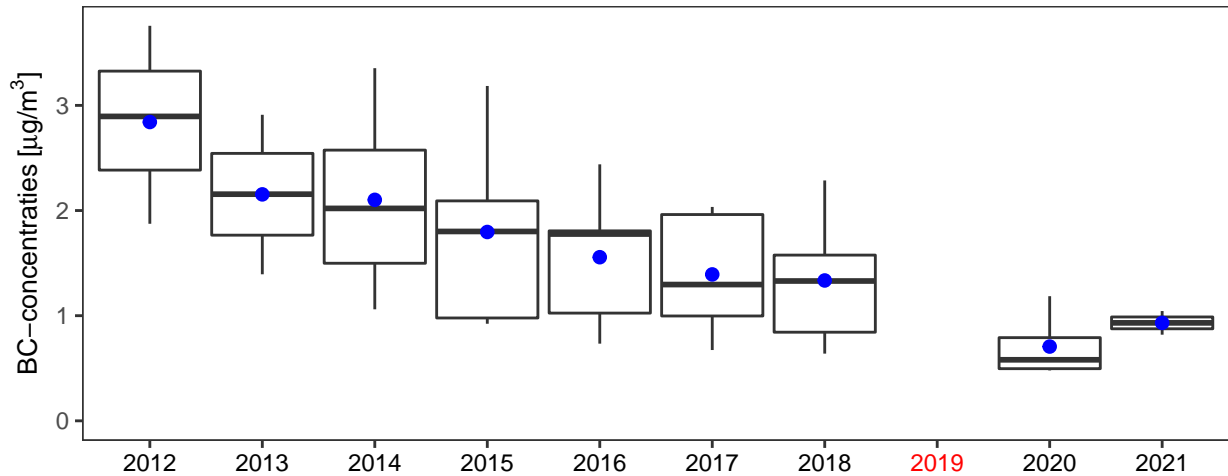
6.3 HISTORISCHE METINGEN

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 2012. 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. In 2020 hebben de inperkingsmaatregelen die in het kader van de COVID-19-pandemie zijn genomen, bijgedragen tot een sterke daling van de BC-concentraties. In 2021 speelt deze daling van de activiteit nog steeds een rol gedurende een

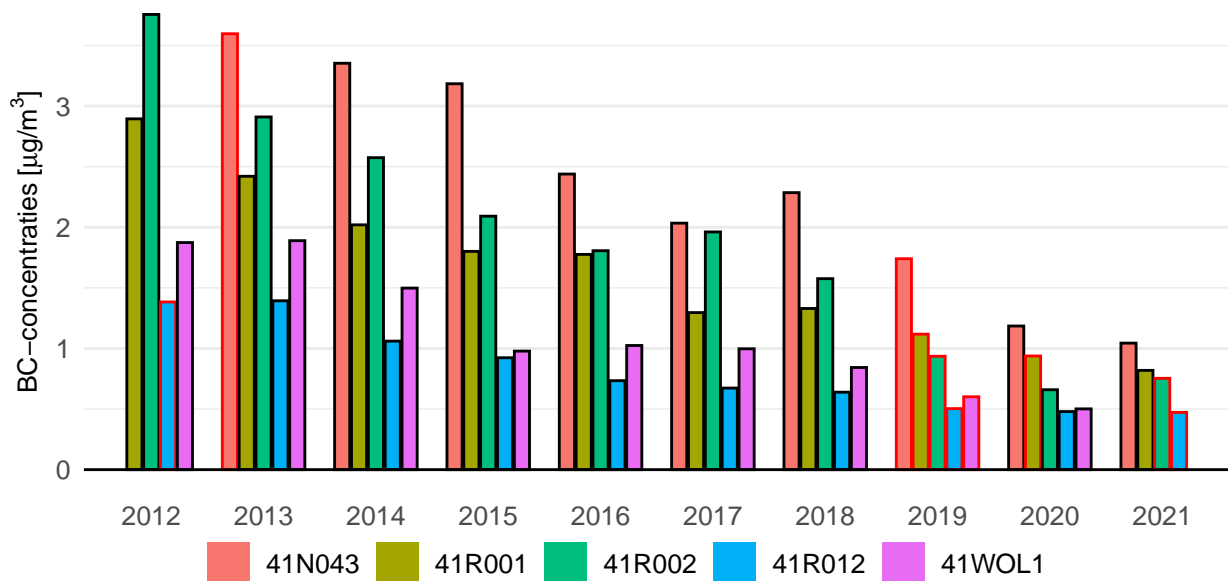


deel van het jaar, en wordt ze gecombineerd met de geleidelijke afname van het aantal dieselmotoren in het Brusselse wagenpark.



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 de geleidelijke start van meetstations voor BC sinds 2012. In 2013 was het meetnetwerk voor zwarte koolstof (5 stations) volledig geïnstalleerd. We zien ook de daling van de BC concentraties tussen 2012 en 2021 (2019 gepresenteerd als indicatie omdat in dat jaar minder dan 85% van de gegevens beschikbaar waren). Deze daling is zichtbaar in alle stations en is meer of in mindere mate uitgesproken naar gelang van het soort omgeving. De concentraties schommelen ook van jaar tot jaar, afhankelijk van de kwaliteit van de meteorologische dispersie.



Figuur 6.3 – Jaargemiddelde BC-concentraties voor alle stations in het BHG [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. De omtrek van de balken is rood wanneer de minimale gegevensvastlegging van 85% niet is gehaald. Tabel 2.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

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 (95% van de totale uitstoot in het BHG in 2018 [Leefmilieu Brussel, 2020]). Het autoverkeer (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 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,
- een dagelijkse grenswaarde van $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$, die niet meer dan 3 keer per jaar mag overschreden worden.

De door de WGO aanbevolen waarden voor zwavedioxide in 2021 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.

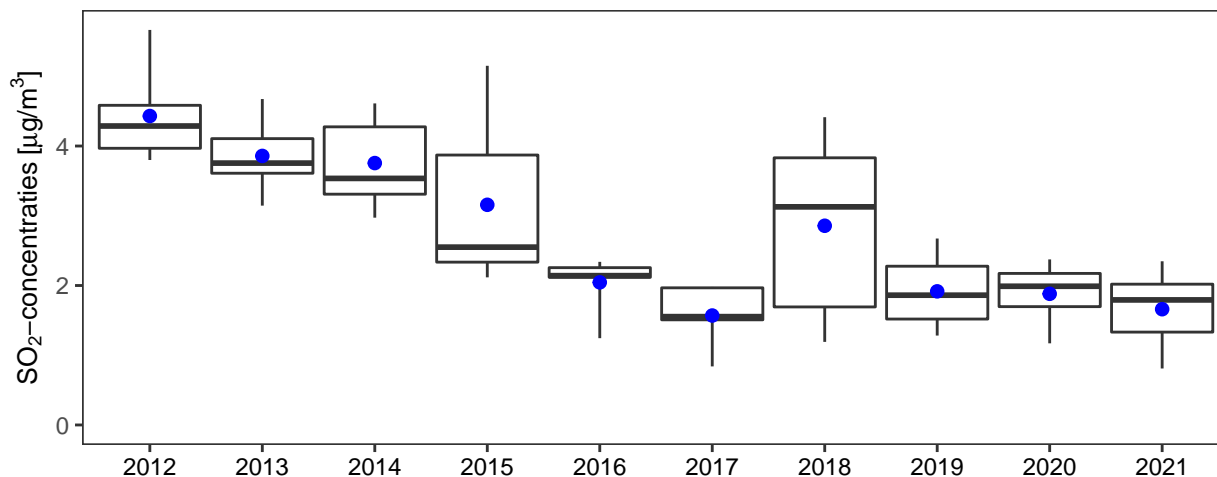


7.3 HISTORISCHE METINGEN

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 normen als de door de WGO aanbevolen waarden voor SO₂ grotendeels nageleefd.

7.3.1 Jaarlijkse concentraties

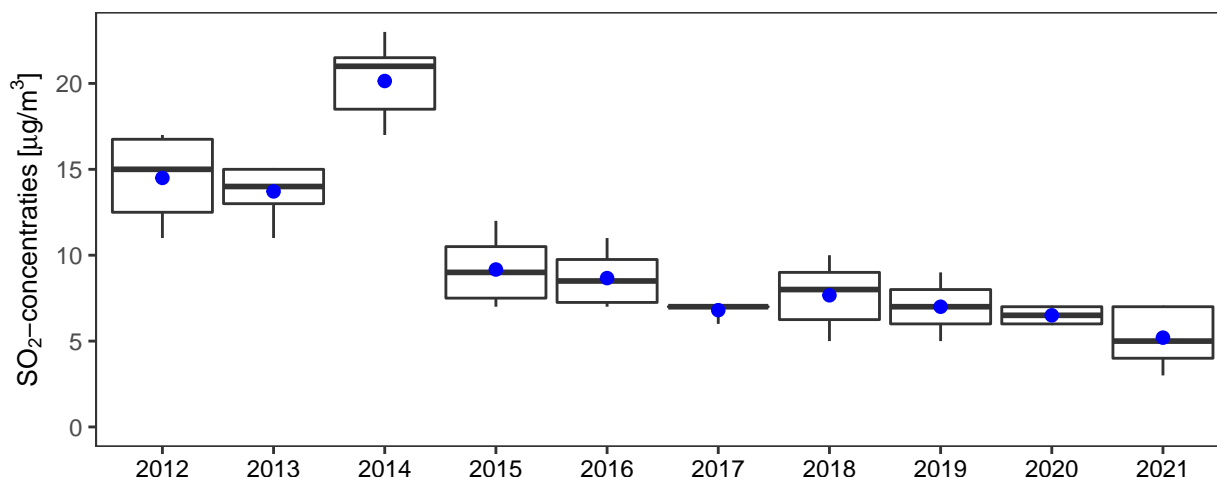
Zoals te zien is in Figuur 7.1, blijven de jaarlijkse concentraties de dalende trend voortzetten gedurende de afgelopen tien jaar (waargenomen sinds het bestaan van het meetnet). De jaarlijkse concentraties in het BHG waren in 2012 al zeer laag (ongeveer 4 µg/m³) en liggen sinds 2017 rond de 2 µg/m³, ondanks een lichte opleving in 2018.



Figuur 7.1 – Jaargemiddelde SO₂-concentraties van alle stations in het BHG [µg/m³].

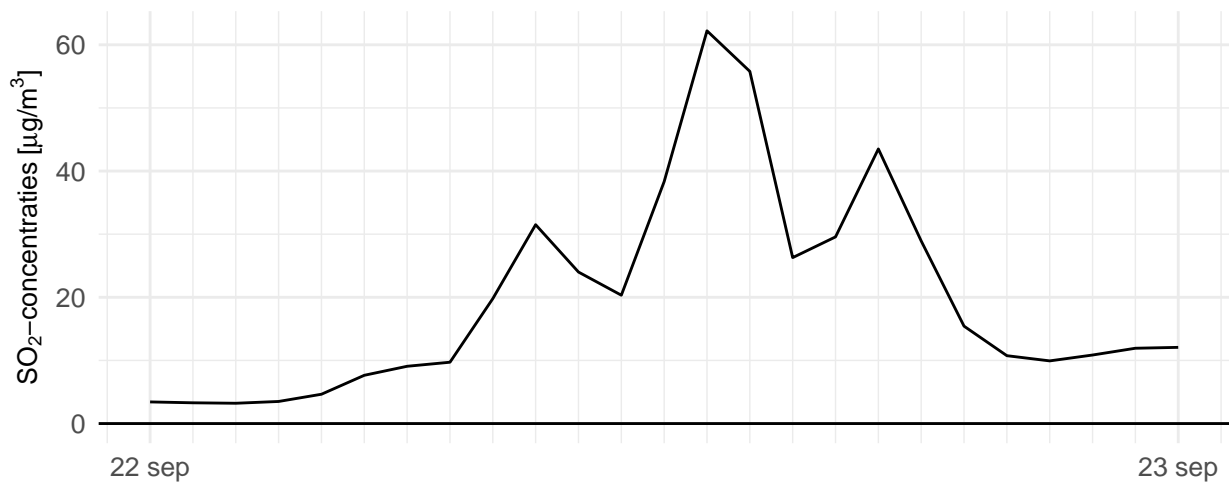
7.3.2 Concentraties per uur

De boxplots van de 25e maxima zijn weergegeven in Figuur 7.2. Aangezien de Europese uurgrenswaarde van 350 µg/m³ 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 µg/m³ 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 SO₂-concentraties veroorzaakte op 22 en 23 september in het BHG (zie Figuur 7.3) alsook in Noord-Frankrijk [Airparif, 2014].



Figuur 7.2 – 25e hoogste SO₂-uurconcentratie per jaar voor alle stations in het BHG [µg/m³].



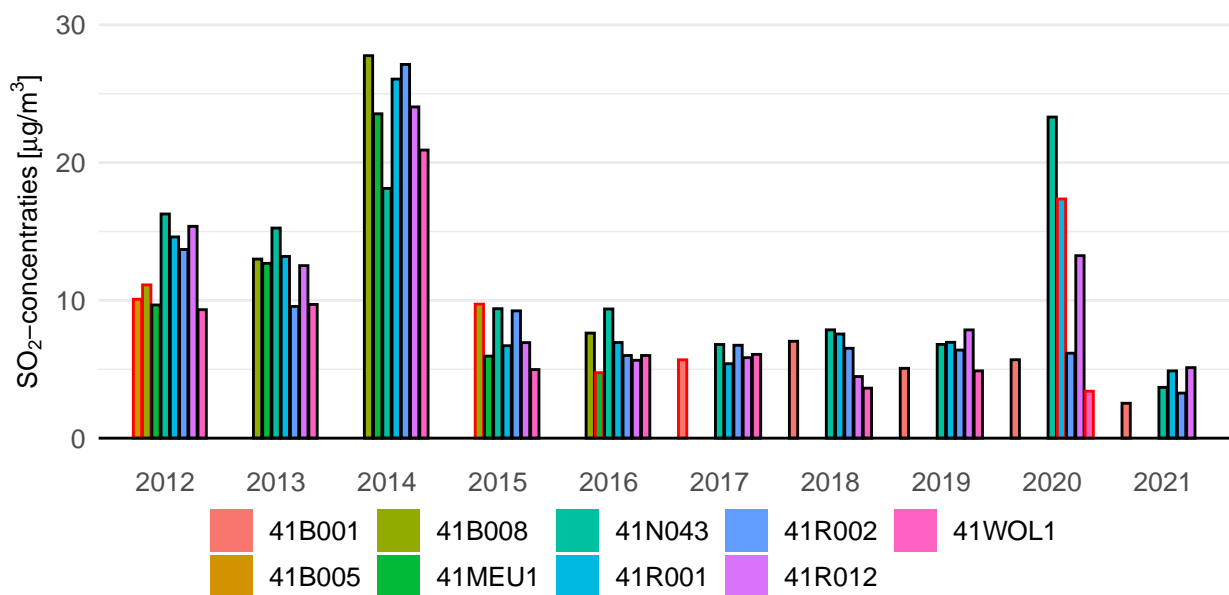


Figuur 7.3 – SO_2 -uurconcentraties, gemiddeld over alle stations in het BHG [$\mu\text{g}/\text{m}^3$], van 22 en 23 september 2014. De uitzonderlijk sterke stijging van de concentraties is het gevolg van de uitbarsting van de IJslandse vulkaan Bardarbunga.

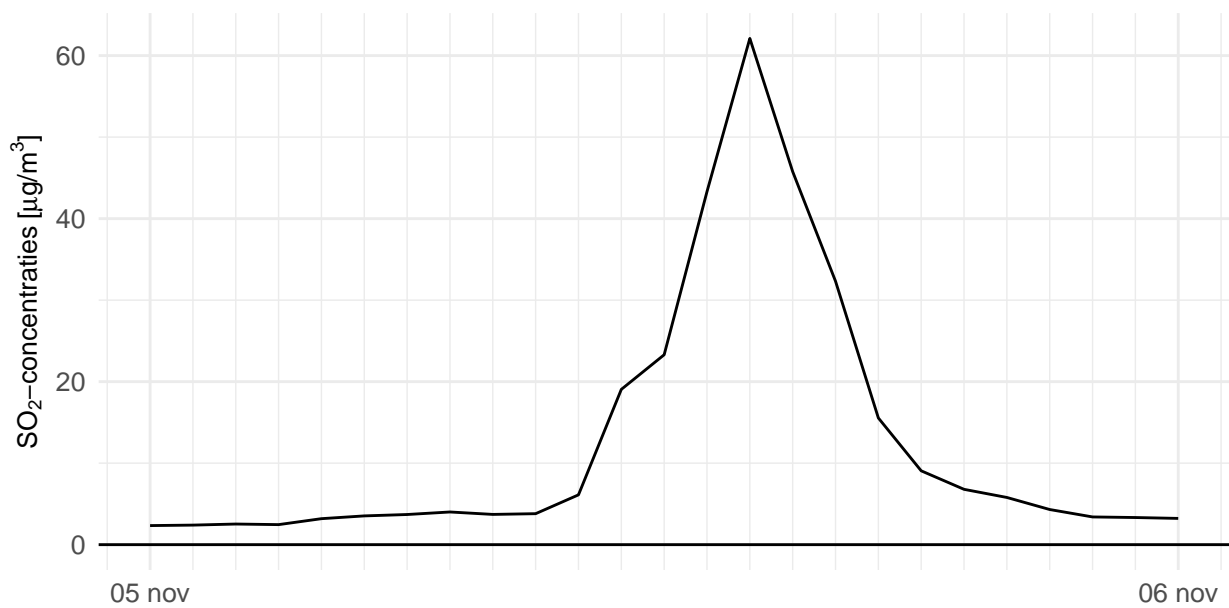
7.3.3 Dagelijkse concentraties

De hoogste dagconcentraties per jaar en per station zijn weergegeven in Figuur 7.4. Enerzijds kan worden vastgesteld dat de Europese daggrenswaarde van $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de afgelopen tien jaar in alle meetstations ruimschoots is nageleefd, evenals de door de WGO aanbevolen dagwaarde van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (waarde herzien in 2021). De afgelopen tien jaar zijn overschrijdingen van de vroegere door de WGO aanbevolen dagwaarde ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) zijn geregistreerd:

- in 2014, als gevolg van de vulkaanuitbarsting van Bardarbunga (zie punt 7.3.2) en
- in 2020, wegens de invoer van massale SO_2 -emissies waarvan de bron blijkbaar uit de richting van haven van Antwerpen kwam op 5 november 2020 (zie Figuur 7.5).



Figuur 7.4 – 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 jaarlijkse waarde van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ is om geen verwarring te veroorzaken niet weergegeven. De omtrek van de balken is rood wanneer de minimale gegevensvastlegging van 85% niet is gehaald. Tabel 2.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.



Figuur 7.5 – SO₂-uurconcentraties, gemiddeld over alle stations in het BHG [µg/m³], van 5 tot en met 6 november 2020. De uitzonderlijk sterke toename van de concentraties is te wijten aan een bron van SO₂, die zich blijkbaar met een noordelijke wind uit de richting van de haven van Antwerpen zou gekomen zijn.



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 het wegverkeer (37% van de totale uitstoot in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (BHG) in 2018 [Leefmilieu Brussel, 2020]). De andere bronnen van CO zijn de verwarming van woningen (31% van de uitstoot) en andere voertuigen dan het wegverkeer (16% 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 heeft ook een aanbevolen uurwaarde van 35 mg/m³ en een aanbevolen 15-minutenwaarde van 100 mg/m³, die beide algemeen worden gerespecteerd. Sinds 2021 voorziet de WGO 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 percentie

8.3 HUIDIGE METINGEN

Aangezien de Europese norm voor CO ruimschoots wordt gehaald, analyseren wij deze over de afgelopen tien jaar in paragraaf 8.3.1 en stellen we in dit hoofdstuk alleen de jaargemiddelde concentraties wat betreft 2021 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

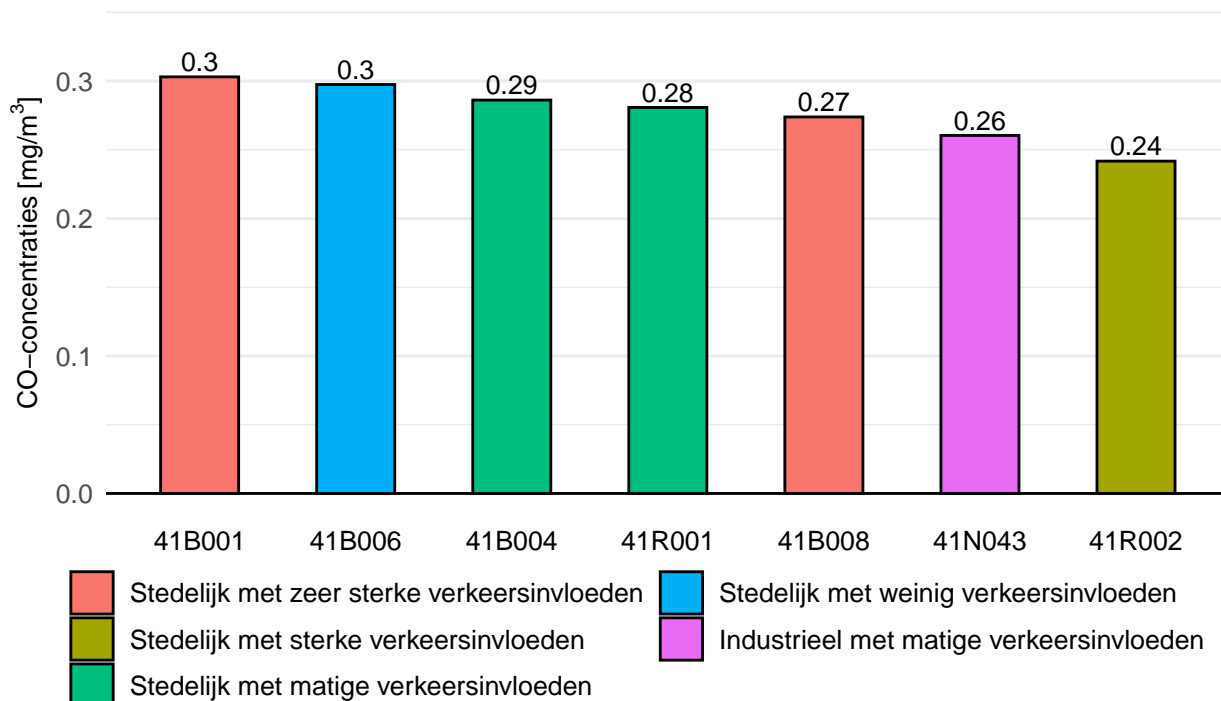
8.4.1 Jaarlijkse concentraties

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. We merken echter een algemene stijging van de hier vermelde statistische indicatoren in vergelijking met het jaar 2020, hoogstwaarschijnlijk als gevolg van het herstel van de bedrijvigheid en met name van het wegverkeer in het jaar 2021. Een andere factor die een rol zou kunnen spelen bij deze, zij het lichte, stijging van de concentraties is het groeiende aandeel van benzinevoertuigen in het Brusselse wagenpark.

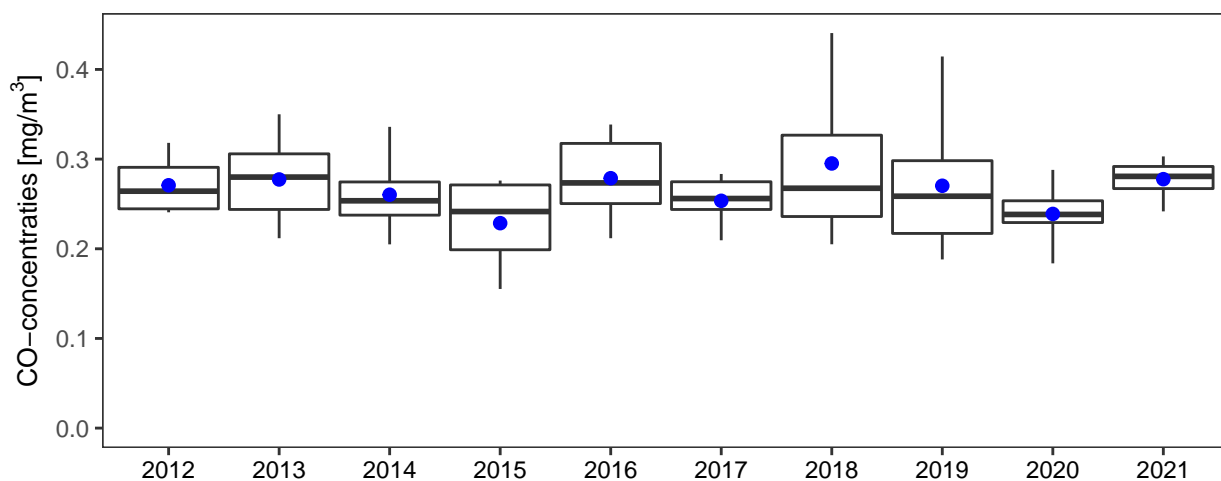
8.4.2 Hoogste 8-uurgemiddelde per dag

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-



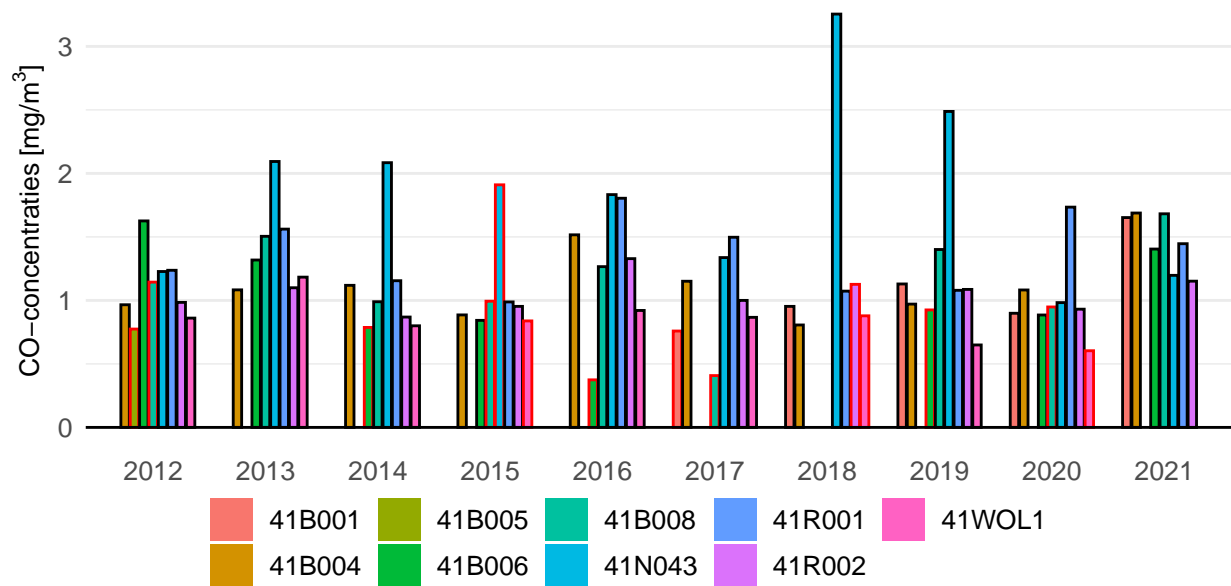


Figuur 8.1 – Jaargemiddelde CO-concentraties voor elk station in het BHG in 2021 [mg/m³]. De codes van de meetstations worden in het rood weergegeven wanneer niet aan de minimale gegevensregistratie van 85% is voldaan. Tabel 2.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.



Figuur 8.2 – Jaargemiddelde CO-concentraties van alle stations in het BHG [mg/m³]. De roodgekleurde jaren komen overeen met jaren waarin minder dan 50% van de stations de minimumvereiste van 85% gegevensregistratie behaalde.

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/m³ 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 2021 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. We constateren in 2021 opnieuw een stijging van de maximale concentraties ten opzichte van 2020 maar ook, in het algemeen, ten opzichte van voorgaande jaren. Dit houdt hoogstwaarschijnlijk verband met de toename van het wegverkeer in 2021, maar mogelijk ook met het toenemende aandeel van benzinevoertuigen in het Brusselse wagenpark.



Figuur 8.3 – Jaarlijkse maximumwaarden van de dagelijkse hoogste 8-uurgemiddelden van CO in alle stations van het BHG [mg/m³]. De omtrek van de balken is rood wanneer de minimale gegevensvastlegging van 85% niet is gehaald. Tabel 2.1 bevat de overeenkomstige codes van de meetstations.

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 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 op benzine de laatste jaren, waarschijnlijk een belangrijke rol gespeeld, althans in de dalingen van de concentraties stikstofoxiden en zwarte koolstof.

In het jaar 2021 zagen we een terugkeer naar normale concentratietrends na het uitzonderlijke jaar 2020. De concentraties van stikstofdioxide (een verontreinigende stof die sterk samenhangt met het wegverkeer) waren tussen 2019 en 2020 drastisch gedaald (en de ozonconcentraties waren sterker gestegen dan in de voorgaande jaren), met name dankzij de maatregelen die in het kader van de COVID-19 pandemie, waardoor de activiteit aanzienlijk afnam. Tussen 2020 en 2021 zijn de stikstofdioxideconcentraties licht gestegen, maar hebben zij hun dalende trend op lange termijn behouden in vergelijking met 2019 en eerder. De PM_{2,5}-concentraties zijn ook toegenomen tussen 2020 en 2021, maar de PM₁₀-concentraties zijn gestagneerd. De jaarlijkse ozonconcentraties zijn daarentegen weer langzaam gaan toenemen en zijn vergelijkbaar met die van vóór 2020.

In verband met NO₂ (chapitre 3), merken we dat, daar waar tien jaar geleden de Europese jaarlijkse grenswaarde van 40 µg/m³ op verschillende meetpunten van het BHG werd overschreden, deze waarde wordt nu gerespecteerd in alle meetstations van het telemetrisch meetnet in 2021. Aan de Europese uurgrenswaarde van 200 µg/m³ (met 18 toegestane overschrijdingen) is de afgelopen tien jaar in het BHG altijd voldaan. Bovendien wordt in 2021 ook voldaan aan de door de WGO aanbevolen waarde (200 µg/m³ zonder toegestane overschrijding). De door de WGO (2021) aanbevolen nieuwe jaarlijkse (10 µg/m³) en dagelijkse (25 µg/m³ met 3 tot overschrijdingen) waarden worden in alle meetstations in het BHG ruimschoots overschreden.

Voor PM₁₀ (hoofdstuk 4), was de naleving van de Europese daggrenswaarde (50 µg/m³ 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 nieuwe door de WGO aanbevolen dagwaarde (45 µg/m³ met 3 tot 4 overschrijdingen) wordt in twee meetstations van het BHG overschreden. De jaargrenswaarde (40 µg/m³) voor PM₁₀ is de afgelopen tien jaar nooit overschreden. Aan de door de WGO aanbevolen nieuwe jaarwaarde van 15 µg/m³ wordt pas in 2021 in de stations met stedelijke achtergrond voldaan.

Voor PM_{2,5} wordt de jaarlijkse grenswaarde van 25 µg/m³ al meer dan 10 jaar overal goed nageleefd, met name sinds de inwerkingtreding ervan in 2015. In 2021 werd de nieuwe jaarlijkse waarde van 5 µg/m³ nergens in het BHG gerespecteerd. Richtlijn 2008/50/EG voorziet niet in een dagelijkse waarde voor PM_{2,5}, maar de WGO voorziet in een aanbevolen dagelijkse waarde van 15 µg/m³ (met 3 tot 4 overschrijdingen), die overal in het BHG (en in België) wordt overschreden.

De algemene trend in Europa voor ozon (hoofdstuk 5) is een afname van de ozonpieken maar tegelijk een toename van de achtergrondconcentraties, dit ten gevolge van afnemende lokale emissies en hemisferisch transport van precursorverontreinigende stoffen. In het BHG werd de streefwaarde van 120 µg/m³, die gemiddeld over 3 jaar niet meer dan 25 dagen per kalenderjaar mag worden overschreden, in 2021 goed gerespecteerd. Aan de door de WGO aanbevolen dagelijkse waarde (geen overschrijding van het dagmaximum van het voortschrijdend gemiddelde over 8 uur van de drempelwaarde van 100 µg/m³) wordt nergens in het BHG (noch in België) voldaan. Ook de nieuwe WGO-indicator voor de piekperiode wordt op alle meetlocaties in het BHG overschreden.

Wat SO₂ (hoofdstuk 7) en CO (hoofdstuk 8) betreft, worden de door de richtlijn opgelegde waarden al 10 jaar lang grotendeels nageleefd in de voor de laatste 10 jaar en deze verontreinigende stoffen worden niet langer als problematisch beschouwd. De waarden aanbevolen door de WGO worden ook in 2021 nageleefd. Voor deze twee verontreinigende stoffen zijn de concentraties de afgelopen jaren zeer laag en stabiel.

Ten slotte zijn de BC-concentraties 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. Het wordt gebruikt



als een karakteristieke indicator van het wegverkeer (vooral dieselmotoren) en in mindere mate van de verwarming van woningen.

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 tweede jaar op rij worden alle Europese grens- en streefwaarden in het BHG nageleefd. Bovendien werden ook de vorige richtwaarden van de WGO uit 2005 voor het grootste deel al gehaald in het BHG of lagen ze in ieder geval op schema. De uitdaging is echter veel groter ten aanzien van de nieuwe WGO richtwaarden voor 2021. Er is namelijk te zien dat deze waarden in 2021 (ruimschoots) worden overschreden voor wat betreft : stikstofdioxide, fijn stof (met name PM_{2,5}) en ozon. De naleving van de door de WGO aanbevolen nieuwe 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 omlinnd 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

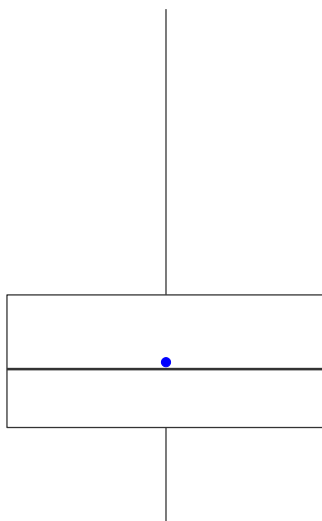
In dit verslag gebruiken we „boxplots” om verschillende grafiekstatistieken samen te vatten. Een dergelijke boxplot is weergegeven in Figuur A.1. In het algemeen kunnen ze als volgt worden gelezen:

- 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.
- boxplot** beknopte manier om statistieken in een grafiek weer te geven, zie A.2.



EENHEDEN, AFKORTINGEN EN STATIONCODES

EENHEDEN

ppb(V) deel per miljard (in volume), 1 ppbV = 1 nmol/mol.

µg/m³ microgram (verbinding) per kubieke meter (lucht), 1 µg = 0.001 mg.

mg/m³ 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 µg/m³). Aantal dagen per jaar waarop het hoogste 8-uurgemiddelde van de ozonconcentratie de drempel van 120 µg/m³ 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

41CHA1 Ganshoren

41MEU1 Neder-Over-Heembeek (Meudonpark)

41N043 Haren

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. *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*. 2020a. URL <https://environnement.brussels/news/evaluation-de-limpact-des-mesures-prises-dans-le-cadre-de-la-pandemie-de-covid-19-sur-la>.
- Bruxelles Environnement. *La qualité de l'air en Région de Bruxelles-Capitale. Rapport annuel 2020*. 2020b. 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. *Air quality in Europe - 2019 report*. 2019. URL <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2019>.
- 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>.
- 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.
- 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. *Rapport annuel 2020 de la qualité de l'air en Belgique*. 2021. URL <https://www.irceline.be/fr/documentation/publications/annual-reports/rapport-annuel-2020/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*. 2020.
- B. Sportisse. *Pollution atmosphérique - Des processus à la modélisation*. Springer, 2007.
- WHO. *Air quality guidelines – global update 2005*. 2005. URL <https://www.who.int/airpollution/publications/aqg2005/en/>.



- 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.

