



Vlaanderen
is milieu



© Sigrid Spinox | Neutelings Riedijk Architecten

Luchtkwaliteit in de Antwerpse agglomeratie

jaarrapport 2023

SAMENVATTING

Naar aanleiding van de invoering van de lage-emissiezone (februari 2017) sloten de stad Antwerpen en de VMM een overeenkomst af om extra metingen van de luchtkwaliteit in Antwerpen op te starten en hier jaarlijks over te rapporteren.

Dit rapport bespreekt de resultaten van de luchtkwaliteitsmetingen in 2023 in de Antwerpse agglomeratie. Ook worden de meest recent beschikbare emissiedata (2022) besproken.

1. Samenvattende tabel

Onderstaande tabel vat de besproken polluenten samen:

- Het aantal Antwerpse meetplaatsen die voldoen aan de huidige Europese grenswaarden, de toekomstige Europese grenswaarden die vanaf 2030 gelden en de advieswaarden van de Wereldgezondheidsorganisatie (WGO). De Europese grenswaarden zijn wettelijk bindend, de WGO-advieswaarden niet.
- Het verschil in de gemeten concentratie in vergelijking met 10 jaar geleden.
- De belangrijkste emissiebronnen binnen de agglomeratie. Echter, ook bronnen van buiten de Antwerpse agglomeratie beïnvloeden de gemeten concentraties.

Polluent	Middelings-tijd	Aantal meetplaatsen dat voldoet aan de huidige EU-grenswaarden	Aantal meetplaatsen dat voldoet aan de toekomstige EU-grenswaarden (2030)	Aantal meetplaatsen dat voldoet aan de WGO-advieswaarden	Concentratie-verschil over voorbij 10 jaar	Belangrijkste bronnen
NO ₂	jaar	✓ 12/12 M ✓ 20/20 S	✗ 5/12 M ✗ 5/20 S	✗ 0/12 M ✗ 0/20 S	-45% tot -51%	verkeer
	dag	-	✓ 12/12	✗ 0/12		
	uur	✓ 12/12	✓ 12/12	✓ 12/12		
PM ₁₀	jaar	✓ 16/16	✗ 11/16	✗ 0/16	-24% tot -32%	huishoudens (hout-verbranding)
	dag	✓ 16/16	✓ 16/16	✗ 0/16		
PM _{2,5}	jaar	✓ 16/16	✗ 11/16	✗ 0/16	-42% tot -50%	verkeer industrie
	dag	-	✗ 14/16	✗ 0/16		
BC	monitoren	-	-	-	-57% tot -73%	

M: monitoren, S: passieve samplers

-: Hiervoor bestaat momenteel geen grens- of advieswaarde

Een uitgebreidere bespreking staat in de tekst van de samenvatting en het rapport zelf.

Het valt op dat in 2023 de luchtkwaliteit voor bijna alle stoffen er op vooruit ging in vergelijking met 2022. De belangrijkste verklaringen hiervoor zijn de dalende uitstoot en het gunstige weer met afwezigheid van lange smogepisodes. In vergelijking met voorgaande jaren waren er in 2023 veel dagen met neerslag en weinig windstille dagen. Beide zijn gunstig voor de luchtkwaliteit omdat regen en wind luchtvervuiling uitwassen en verdunnen.

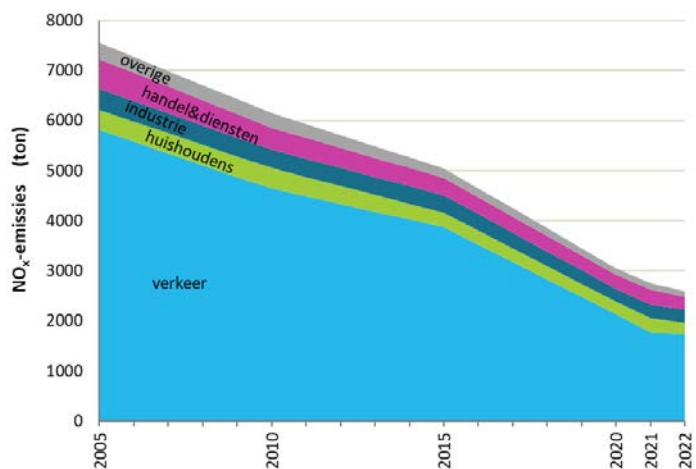
In navolging van de in 2021 aangescherpte WGO-advieswaarden lanceerde de Europese Commissie in oktober 2022 een voorstel voor herziening van de richtlijnen Luchtkwaliteit. Deze richtlijn werd op 14 oktober 2024 definitief goedgekeurd door de Raad van de Europese Unie (richtlijn 2024/2881). De meeste grenswaarden worden vanaf 2030 verstrengd en de meeste streefwaarden (behalve voor ozon) worden grenswaarden.

3. Stikstofdioxide – NO₂

Emissies

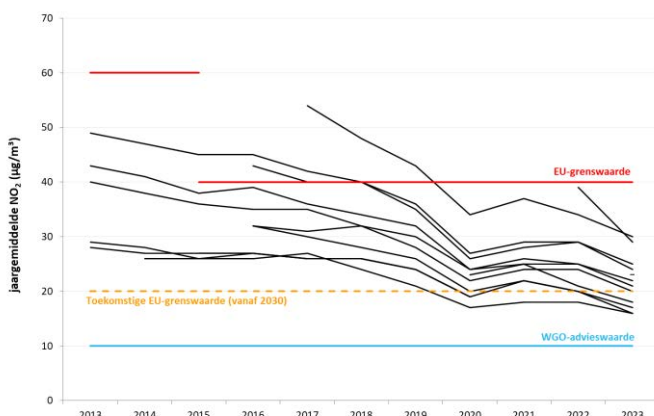
In de Antwerpse agglomeratie kwam in 2022 67 % van de NO_x (NO₂)-emissies van verkeer. 54 % van de totale emissies kwam door wegverkeer en 9 % door scheepvaart. Andere relevante sectoren waren industrie (10 %), handel en diensten (9 %) en huishoudens (9 %). De laatste 2 sectoren stoten vooral uit door gebouwenverwarming met aardgas.

In 2022 bedroeg de NO_x (NO₂)-emissie in de Antwerpse agglomeratie 2597 ton. Dit was 2,7 % van de totale Vlaamse NO_x (NO₂)-uitstoot.



Tussen 2005 en 2022 zijn de NO_x (NO₂)-emissies in de Antwerpse agglomeratie met 66 % gedaald. Deze daling ligt grotendeels aan de verminderde emissies door het wegverkeer.

Trend luchtkwaliteit



Voor alle meetplaatsen zien we op lange termijn een dalende trend bij de NO₂-jaargemiddelden. In 2023 maten we op alle Antwerpse meetplaatsen een duidelijke daling tegenover 2022. De daling varieerde tussen 11 % en 26 %.

Tussen 2013 en 2023 zijn de NO₂-concentraties op de Antwerpse meetstations bijna gehalveerd.

Toetsing regelgeving luchtkwaliteit

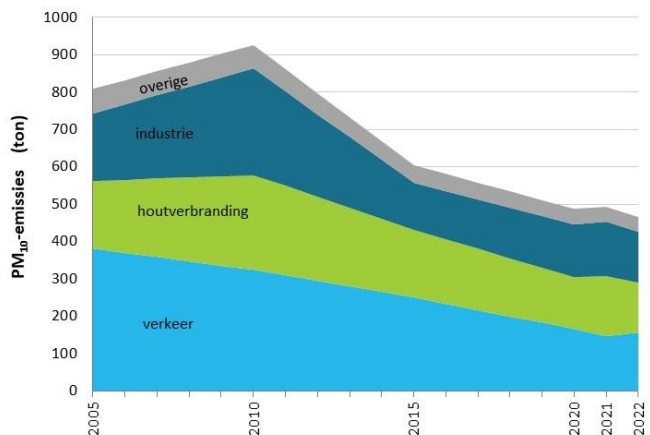
- De huidige Europese jaargrenswaarden (op uur- en jaarbasis) werden in 2023 op alle Antwerpse meetplaatsen gerespecteerd.
- De toekomstige Europese jaargrenswaarde van 20 µg/m³ (geldig vanaf 2030) werd in 2023 op meer dan de helft van de Antwerpse meetplaatsen overschreden. De toekomstige grenswaarden op uur- en dagbasis voor NO₂ werden in 2023 wel gerespecteerd op de Antwerpse meetplaatsen.
- De WGO-advieswaarden (op dag- en jaarbasis) werden op geen enkele meetplaats in de Antwerpse agglomeratie behaald. De WGO-advieswaarde voor uurwaarden werd wel gerespecteerd in 2023.

4. Fijn stof – PM₁₀

Emissies

In de Antwerpse agglomeratie kwam 34 % van de emissies van **primaire PM₁₀** in 2022 van de sector huishoudens, vooral door houtverbranding in open haarden en kachels. De emissies van houtverbranding in 2022 worden waarschijnlijk nog onderschat omdat bij de inschatting van deze emissies geen rekening wordt gehouden met de energiecrisis.

Ook de sector verkeer had een grote bijdrage van 33 %. Vooral de niet-uitlaatemissies (= slijtage van banden, remmen en wegdek) van wegverkeer waren hierbij belangrijk. Industrie droeg 29 % bij, waarvan de helft via diffuus stof door de bouw.

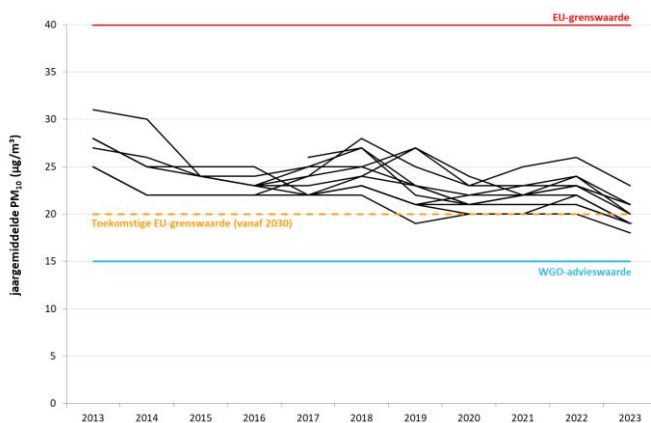


In 2022 stootte de zone Antwerpse agglomeratie 466 ton primaire PM₁₀ uit. Dit was 2,7 % van de Vlaamse primaire PM₁₀-emissies dat jaar.

Tussen 2005 en 2022 zijn de emissies van **primaire PM₁₀** in de Antwerpse agglomeratie met 42 % gedaald. Deze daling komt grotendeels door minder emissies van het wegverkeer door de introductie van milieuvriendelijkere en efficiëntere voertuigen.

Fijn stof in de omgevingslucht bestaat niet alleen uit primaire deeltjes die rechtstreeks worden uitgestoten, maar ook uit een **secundaire fractie**. De secundaire fractie bestaat uit deeltjes die in de atmosfeer ontstaan door chemische en fysische reacties. De belangrijkste precursoren zijn ammoniak (NH₃), stikstofoxiden (NO_x) en zwaveldioxide (SO₂) en verschillende semivluchtige organische verbindingen.

Trend luchtkwaliteit



De jaargemiddelden voor PM₁₀ schommelen sterk van jaar tot jaar, maar globaal zien we een lichte daling.

Bij vergelijking van de jaargemiddelden 2023 ten opzichte van 2022, zien we op alle Antwerpse meetstations een daling van gemiddeld 2 µg/m³. Ook in de rest van Vlaanderen maten we een daling.

Tussen 2013 en 2023 meten we op de Antwerpse meetstations een daling van 24 % tot 32 %.

Toetsing regelgeving luchtkwaliteit

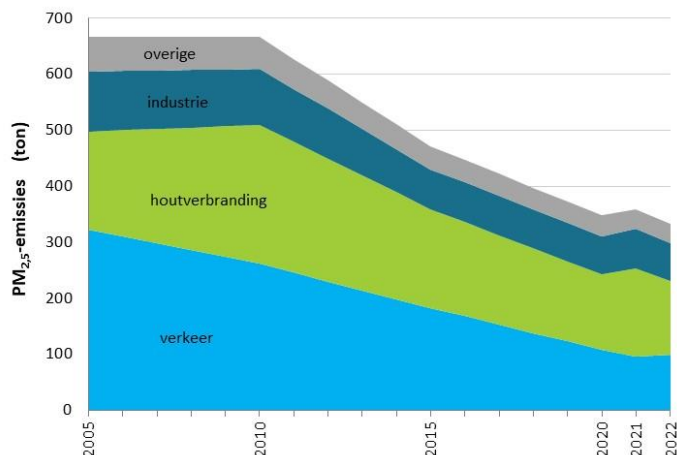
- De huidige Europese grenswaarden voor PM₁₀ werden gerespecteerd op alle Antwerpse meetplaatsen.
- De toekomstige Europese jaargrenswaarde (geldig vanaf 2030) werd in 2023 op een aantal Antwerpse meetplaatsen overschreden. De toekomstige daggrenswaarde werd wel behaald.
- De WGO-advieswaarden werden overal in de Antwerpse agglomeratie overschreden.

5. Fijn stof – PM_{2,5}

Emissies

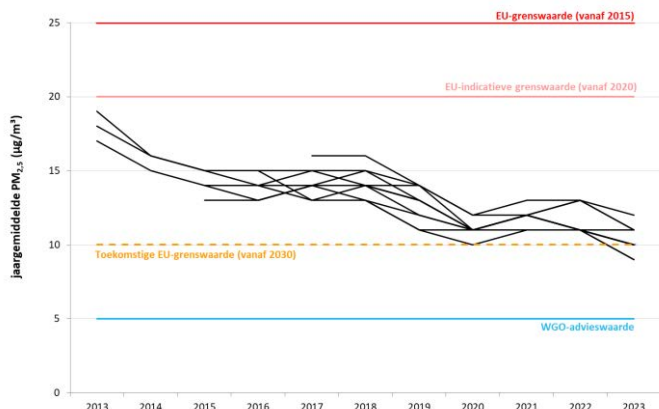
In 2022 kwam 47 % van de emissies van **primaire PM_{2,5}** in de Antwerpse agglomeratie van de huishoudens, vooral van houtverbranding. De sector verkeer was met 30 % de tweede grootste bron van primaire PM_{2,5}-emissies, vooral het wegverkeer droeg hieraan bij.

De primaire PM_{2,5}-emissies in de zone Antwerpse agglomeratie bedroegen 333 ton in 2022. Dit was 3,2 % van de totale Vlaamse primaire PM_{2,5}-emissies.



Tussen 2005 en 2022 daalden de emissies van **primaire PM_{2,5}** in de Antwerpse agglomeratie met 50 %. Zoals voor PM₁₀ ligt deze daling vooral aan minder uitlaatemissies van het wegverkeer door de introductie van milieuvriendelijkere en efficiëntere voertuigen.

Trend luchtkwaliteit



Over de periode van 2013-2023 daalden de PM_{2,5}-jaargemiddelden geleidelijk, hoewel ze van jaar tot jaar wel kunnen schommelen. De jaargemiddelden verschillen weinig tussen de meetplaatsen. Dit duidt op het belang van de achtergrondconcentratie bij PM_{2,5}. In 2023 maten we op bijna alle Antwerpse meetplaatsen een daling tegenover 2022.

Tussen 2013 en 2023 noteren we op de Antwerpse meetstations een daling tussen 42 % en 50 %.

Toetsing regelgeving luchtkwaliteit

- De huidige Europese (indicatieve) jaargrenswaarde voor PM_{2,5} werd gerespecteerd op alle meetplaatsen.
- De toekomstige Europese grenswaarden (op dag- en jaarbasis, geldig vanaf 2030) werden in 2023 nog op een aantal meetplaatsen overschreden.
- De WGO-advieswaarden (op dag- en jaarbasis) werden in 2023 op alle Antwerpse meetplaatsen overschreden. Dit was ook zo in de rest van Vlaanderen.

6. Zwarte koolstof/Elementair koolstof

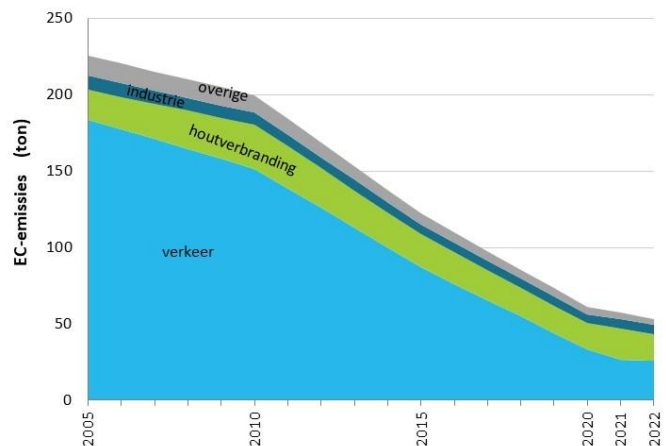
Zwarte koolstof en elementair koolstof zijn zeer sterk aan elkaar verwante componenten. Door de verschillende meetmethoden zit er toch een variatie in de gemeten hoeveelheden.

Emissies

In de Antwerpse agglomeratie draagt verkeer 49 % bij aan de emissies van elementair koolstof in 2022, vooral door wegverkeer. EC wordt vooral gevormd door de verbranding van fossiele brandstoffen, met dieseluitstoot als een van de grootste bronnen.

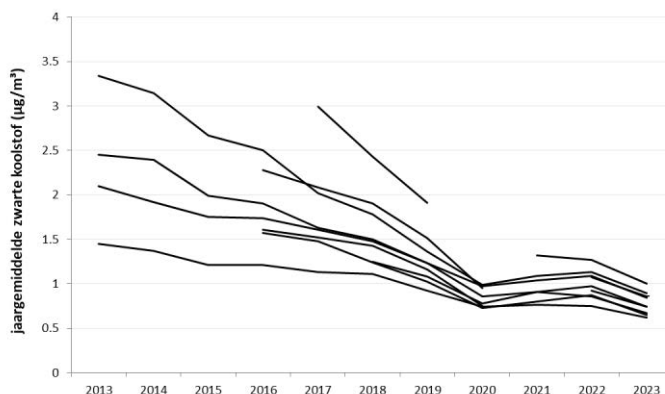
Huishoudens zijn verantwoordelijk voor 35 % van de EC-emissies, grotendeels door houtstook.

De emissies van elementair koolstof in de zone Antwerpse agglomeratie bedroeg 53 ton in 2022. Dit is 3,7 % van de totale Vlaamse EC-emissies.



De emissies van elementair koolstof zijn tussen 2005 en 2022 met 77 % gedaald. Dat komt bijna uitsluitend door de dalende uitlaatemissies van het wegverkeer door de introductie van milieuvriendelijkere en efficiëntere voertuigen.

Trend luchtkwaliteit



De meetstations tonen dalende concentraties van zwarte koolstof in de periode 2013-2023. In 2023 zien we op alle Antwerpse meetplaatsen een daling ten opzichte van 2022.

De laatste jaren is het verschil tussen de verkeersgerichte meetplaatsen en de achtergrondmeetplaatsen zeer klein.

Op de Antwerpse meetstations zien we een daling van 57 % tot 73 % tussen 2013 en 2023.

Op de nieuwe meetplaats in de wijk Lambrechtshoeken in Merksem werden in 2023 hoge BC-concentraties gemeten, uit de richting van de Oosterweelwerf.

Toetsing regelgeving luchtkwaliteit

Er bestaan momenteel geen Europese normen of WGO-advieswaarden voor zwarte koolstof.

7. Ultrafijnstof (UFP)

Ultrafijn stof zijn deeltjes met een diameter kleiner dan 100 nm (= 0,1 µm). In 2023 mat de VMM UFP op 2 locaties in Vlaanderen, waaronder in Borgerhout.

Emissions

In een stedelijke omgeving is verkeer de belangrijkste bron van ultrafijn stof, maar ook de industrie en huishoudens (gebouwenverwarming) dragen bij tot de uitstoot van UFP. UFP wordt ook secundair gevormd uit gasprecursoren (NO_x , SO_2 , O_3).

Trend luchtkwaliteit

In vergelijking met 10 jaar geleden, lag in 2023 de gemiddelde UFP-concentratie op de meetplaats Borgerhout-achtergrond 14 % lager.

Toetsing regelgeving luchtkwaliteit

Voor UFP bestaat er geen Vlaamse of Europese wetgeving. Ook de WGO heeft geen advieswaarden geformuleerd voor UFP, maar heeft wel een leidraad opgesteld om onderscheid te maken tussen hoge en lage UFP-concentraties. In 2023 lag het UFP-daggemiddelde in Borgerhout 1 op 3 dagen boven de concentratie die door de WGO als hoog wordt beschouwd.

8. Houtverbranding

De relatieve bijdrage van houtverbranding aan de concentratie **zwarte koolstof** (% BC_{wb} in BC) varieerde in 2023 tussen 20 % en 27 % over de meetplaatsen en was het grootst op de meetplaats aan de Groenenborgerlaan. In de wintermaanden is de bijdrage van houtverbranding groter dan in de zomermaanden. Ook de variatie tussen de meetplaatsen is groter in de winter.

Over meerdere jaren zagen we een daling in de BC-concentraties door vooral een daling van de bijdrage van fossiele brandstoffen (BC_{ff}). Dit resulteerde in een stijging van de relatieve bijdrage van houtverbranding aan zwarte koolstof. In 2022 zorgden de hoge energieprijzen voor meer houtverbranding, wat resulteerde in een hoog % BC_{wb} in BC. In 2023 zien we een lagere bijdrage van houtverbranding dan in 2022.

Op jaarbasis varieerde de relatieve bijdrage van houtverbranding aan **PM₁₀** (PM_{10_wb}) tussen 9 % en 12 %. Tijdens de wintermaanden was de bijdrage van houtverbranding aan de PM₁₀-concentraties dubbel zo hoog als tijdens de zomermaanden.

De relatieve bijdrage van fossiele brandstoffen aan PM_{10} (PM_{10_ff}) varieerde op jaarbasis tussen 5 % en 8 % in 2023.

9. Metingen op Linkeroever

Sinds de zomer van 2021 voert de VMM PFAS-metingen uit nabij de 3M-site en de Oosterweelwerf.

PFAS-metingen worden uitgevoerd in zwevend stof, in gasfase en in depositie.

De tijdelijke toetsingswaarde voor PFAS in zwevend stof werd in 2023 op 2 meetplaatsen overschreden, namelijk aan Blokkersdijk (natuurgebied) en aan de Neerstraat (woonzone). Dichterbij het bedrijf 3M en de Oosterweelwerf werden hogere concentraties gemeten.

Om tijdig in te spelen op verspreiding van mogelijk met PFAS vervuilde grond via de lucht door de Infrastructuurwerken Linkeroever en Scheldetunnel, werden er extra meetplaatsen voor fijn stof opgericht. Stofbeheersmaatregelen werden opgenomen in de omgevingsvergunning en er werd begin 2022 een stofactieplan opgemaakt in samenwerking met Lantis. Wanneer er lokale stofpieken gemeten worden nabij

een woongebied, dan wordt, aan de hand van een waarschuwings- en actiedrempel, actie op het terrein ondernomen.

10. Effect lage-emissiezone (LEZ)

De invoering van de LEZ leidde tot een **versnelde vergroening van het wagenpark**, niet alleen binnen de LEZ, maar ook in de rest van Vlaanderen. Bovendien is er een extra versterkend effect binnen de LEZ. Recente analyses tonen aan dat de vergroening van het *particuliere* wagenpark door de LEZ in Antwerpen 3 jaar voor loopt op de vergroening van het wagenpark in de rest van Vlaanderen. Het aandeel dieselwagens is in Antwerpen lager dan in de rest van Vlaanderen (2023: 32,9% in Vlaanderen versus 27,8% binnen LEZ Antwerpen).

Sociaal kwetsbare groepen hebben het meeste baat bij een LEZ. Deze mensen worden niet alleen meer blootgesteld aan hogere concentraties aan luchtvervuiling, ze blijken ook gevoeliger voor de negatieve gezondheidseffecten van vuile lucht. Zelfs bij een gelijke blootstelling zullen ze meer of sneller gezondheidseffecten ondervinden dan mensen met een hogere sociale positie. De lage-emissiezones zorgen ervoor dat de luchtkwaliteit in de meer achtergestelde buurten sneller verbetert.

De huidige toegangsbeperkingen van de LEZ focussen vooral op het terugdringen van de uitstoot van roetdeeltjes. Bij de **metingen** van zwarte koolstof zien we grotere dalingen binnen de LEZ dan in de rest van Vlaanderen. De LEZ heeft er dus voor gezorgd dat de concentraties zwarte koolstof lokaal extra daalden.

Voor stikstofdioxide (NO₂) blijkt dat de dalingen binnen de LEZ grotendeels overlappen met deze die we elders in Vlaanderen waarnemen. De LEZ heeft er mee voor gezorgd dat er meer benzineluizen werden aangekocht in heel Vlaanderen. Het terugdringen van stikstof binnen de LEZ zelf wordt vooral belangrijk vanaf de volgende verstrengingen in 2026 en vooral in 2028. Vanaf dan zouden alleen dieselwagens met euronorm 6 (6d in 2028) toegelaten worden. De huidige toegelaten euro 5 dieselwagens stoten nog veel NO_x uit én de uitstoot is hoger in de stad dan buiten de stad. Verdere verstrenging van de toelatingsvoorwaarden in een LEZ zou zorgen voor een vermindering van de NO_x-emissies in de zones en zou kunnen bijdragen aan het bereiken van een gezonde luchtkwaliteit in de stad. Uit berekeningen bleek dat het effect van een lage-emissiezone het grootste is op locaties met de hoogste concentraties door verkeer, in het bijzonder in straat canyons.

De VMM heeft VITO emissieberekeningen laten uitvoeren waarbij de afschaffing van de LEZ in Antwerpen wordt vergeleken met de situatie wanneer de LEZ blijft behouden (inclusief de volgende verstrenging voor 2026). Bij de situatie dat de LEZ wordt afgeschaft zou de NO_x-uitstoot in 2026 31 % hoger liggen dan bij de situatie dat de LEZ (inclusief verstrenging) blijft behouden.

Uit de analyse blijkt dat de LEZ de luchtkwaliteit verbetert en dat de volgende fasen met strengere toelatingsvoorwaarden belangrijk kunnen zijn, aangezien deze een sterke impact kunnen hebben op de NO_x-uitstoot en de gemeten NO₂-concentraties. Bij toetsing van de NO₂-concentraties in 2023 aan de toekomstige Europese grenswaarden (geldig vanaf 2030) werden deze op de meeste Antwerpse meetplaatsen overschreden. NO₂ heeft een belangrijke gezondheidsimpact, dus een verdere verlaging van de NO₂-concentraties zou een aanzienlijke gezondheidswinst opleveren voor de bevolking.

De impact van aanpassingen aan het LEZ-besluit worden – samen met evoluties in het wagenpark onder invloed van andere maatregelen op Vlaams, federaal en Europees niveau – grondig geanalyseerd tijdens de actualisatie van het Luchtbeleidsplan in 2025. Hierbij wordt ook rekening gehouden met de nieuwe luchtkwaliteitsnormen.

INHOUD

Samenvatting.....	3
1 Inleiding.....	18
2 Het meetnet	19
3 Stikstofoxiden	23
3.1 Emissie van NO _x (NO ₂)	23
3.2 NO ₂ -concentraties	25
3.2.1 Metingen automatisch meetnet	25
3.2.2 Passieve samplers	27
3.2.3 ATMO-Street model	31
3.2.4 Toetsing aan de grenswaarden	33
3.2.5 Pollutierozen	35
3.3 NO-concentraties	38
3.3.1 Metingen automatisch meetnet	38
3.3.2 Pollutierozen	39
4 Fijn stof	43
4.1 Emissie van PM ₁₀	43
4.2 PM ₁₀ -concentraties	46
4.2.1 Metingen automatisch meetnet	46
4.2.2 ATMO-Street model	49
4.2.3 Toetsing aan de grenswaarden	51
4.2.4 Pollutierozen	52
4.3 Emissie van PM _{2,5}	56
4.4 PM _{2,5} -concentraties	58
4.4.1 Metingen automatisch meetnet	58
4.4.2 ATMO-Street model	59
4.4.3 Toetsing aan de grenswaarden	61
4.4.4 Chemische samenstelling van PM _{2,5}	63
4.4.5 Pollutierozen	64
4.5 Emissies van elementair koolstof	67
4.6 Concentraties zwarte koolstof	69
4.6.1 Metingen automatisch meetnet	69
4.6.2 ATMO-Street model	72
4.6.3 Toetsing aan de regelgeving	73
4.6.4 Pollutierozen	74
4.7 Ultrafijn stof (UFP)	77
4.7.1 Metingen automatisch meetnet	77
4.7.2 Regelgeving	79

[illegible]

LIJST VAN TABELLEN

[illegible]

LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1: Ligging van de meetplaatsen in de zone Antwerpse agglomeratie eind 2023.....	22
Figuur 2: Aandeel van de sectoren in de NO _x (NO ₂)-emissies in de Antwerpse agglomeratie in 2022	24
Figuur 3: Trend van de NO _x (NO ₂)-emissies in de Antwerpse agglomeratie, 2005-2022	24
Figuur 4: NO ₂ -jaargemiddelden op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2013 – 2023.....	27
Figuur 5: Indicatieve NO ₂ -jaargemiddelden met passieve samplers in Antwerpen voor 2017-2023 (µg/m ³).....	29
Figuur 6: Ligging en resultaten van de passieve samplers in Antwerpen, 2023	30
Figuur 7: Gemodelleerd NO ₂ -jaargemiddelde in de Antwerpse agglomeratie in 2023	32
Figuur 8: Pollutierozen voor NO ₂ voor de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie in 2023 (µg/m ³): klassieke roos (links) en zero-roos (rechts)	36
Figuur 9: Pollutierozen NO ₂ voor de meetplaatsen van de Antwerpse agglomeratie in 2023	37
Figuur 10: NO-jaaargemiddelde op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2013 – 2023.....	39
Figuur 11: Pollutierozen voor NO voor de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie in 2023 (µg/m ³): klassieke roos (links) en zero-roos (rechts)	41
Figuur 12: Pollutierozen NO voor de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie in 2023	42
Figuur 13: Aandeel van de sectoren in de primaire PM ₁₀ -emissies in de Antwerpse agglomeratie in 2022 ...	44
Figuur 14: Trend van primaire PM ₁₀ - emissies van verschillende sectoren in de Antwerpse agglomeratie, 2005 – 2022	44
Figuur 15: PM ₁₀ -jaargemiddelden op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2013 – 2023	47
Figuur 16: Verloop van de PM ₁₀ -dagwaarden in 2023	48
Figuur 17: Gemodelleerd PM ₁₀ -jaargemiddelde in de Antwerpse agglomeratie in 2023.....	50
Figuur 18: Pollutierozen voor PM ₁₀ voor de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie in 2023 (µg/m ³): klassieke roos (links) en zero-roos (rechts)	54
Figuur 19: Pollutierozen PM ₁₀ voor de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie in 2023	55
Figuur 20: Aandeel van de sectoren in de emissies primair PM _{2,5} in de Antwerpse agglomeratie in 2022	57
Figuur 21: Trend van primaire PM _{2,5} -emissies van verschillende sectoren in de Antwerpse agglomeratie, 2005-2022.....	57
Figuur 22: PM _{2,5} -jaargemiddelden op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2013 – 2023	59
Figuur 23: Gemodelleerd PM _{2,5} -jaargemiddelde in de Antwerpse agglomeratie in 2023	60
Figuur 24: Chemische samenstelling van PM _{2,5} in Borgerhout-achtergrond (R801), 2016-2023 (µg/m ³)	63
Figuur 25: Pollutierozen voor PM _{2,5} op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie in 2023 (µg/m ³): klassieke roos (links) en zero-roos (rechts)	65
Figuur 26: Pollutierozen PM _{2,5} voor de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie in 2023.....	66

1 INLEIDING

In 2015 sloten de stad Antwerpen en de VMM een overeenkomst af om de luchtkwaliteit te meten en te beoordelen naar aanleiding van de toen geplande invoering van de lage-emissiezone op 1 februari 2017. Hiervoor startte de VMM in 2015 drie nieuwe meetplaatsen op: Park Spoor Noord (R803), Belgiëlei (R805) en Groenenborgerlaan (R817). In november 2016 volgde de vierde meetplaats aan de Antwerpse Ring (R804). Op deze meetplaatsen meet de VMM fijn stof (PM_{10} en $PM_{2,5}$), zwarte koolstof en stikstofoxiden (NO_2 en NO).

Dit rapport bespreekt de resultaten van de metingen van stikstofoxides, fijn stof en zwarte koolstof in 2023 in de Antwerpse agglomeratie. De meetresultaten van deze pollutanten werden getoetst aan de Europese regelgeving en aan de advieswaarden van de Wereldgezondheidsorganisatie (WGO). Verder bespreekt het rapport de trend van de afgelopen jaren voor de gemeten pollutanten, de trend in de emissies (= uitstoot) en komen de voornaamste bronnen van de pollutanten aan bod. Ook het belang van houtverbranding en het effect van het invoeren van de lage-emissiezone op de concentraties in de Antwerpse agglomeratie werden onderzocht. Daarnaast is een korte bespreking van de PFAS-metingen op Linkeroever en de stofmetingen voor het stofactieplan voor de Oosterweelwerken opgenomen.

De emissiegegevens in dit rapport werden verzameld door de Emissie-inventaris Lucht van de VMM op basis van door de bedrijven gerapporteerde emissies in het Integraal Milieujaarsverslag en door modelberekeningen. De meest recente emissiedata die momenteel beschikbaar zijn, zijn de emissiecijfers voor het jaar 2022. Meer uitleg over de methodiek van de emissie-inventaris vind je in bijlage 5.

Afbakening luchtkwaliteitszone Antwerpse agglomeratie

De emissiegegevens hebben betrekking op de zone Antwerpse agglomeratie zoals afgebakend voor de beoordeling van de luchtkwaliteit in het kader van de richtlijn 2008/50/EG.

Met de agglomeratie Antwerpen (luchtkwaliteitszone BEF02A) worden volgende districten bedoeld: Antwerpen (min 6 sectoren die tot de zone Antwerpse haven behoren), Berchem, Borgerhout, Deurne, Ekeren, Hoboken¹, Merksem en Wilrijk. Het district Berendrecht-Zandvliet-Lillo wordt niet opgenomen door zijn industriële karakter. Dit district valt volledig in de zone Antwerpse haven².

De speciale beschermingszones die in VLAREM II (artikel 1.1.2) rond Antwerpen gedefinieerd werden, (Borsbeek, Edegem, Mortsel, Schoten, Wijnegem en Wommelgem) werden toegevoegd aan de zone Antwerpse agglomeratie. Zwijndrecht werd door het industriële karakter toegevoegd aan de zone Antwerpse haven.

De afbakening van de zone Antwerpse agglomeratie wordt verder in het rapport getoond in Figuur 1.

¹ Behalve voor zware metalen, daarvoor valt Hoboken niet volledig in de zone Antwerpse agglomeratie, maar wordt de wijk Moretusburg als een aparte zone gedefinieerd. <https://www.vmm.be/feiten-cijfers/lucht/luchtkwaliteit-in-jouw-buurt/hoboken>

² De meest recente resultaten van de meetposten in de Antwerpse haven vind je op de VMM-website (jaarrapport onderaan de pagina te downloaden): <https://www.vmm.be/feiten-cijfers/lucht/luchtkwaliteit-in-jouw-buurt/antwerpen-haven/luchtkwaliteit-in-de-antwerpse-haven>

2 HET MEETNET

In het kader van het invoeren van de lage-emissiezone (LEZ) startte de VMM in samenwerking met stad Antwerpen op vier nieuwe plaatsen in Antwerpen metingen in de periode 2015-2016:

- Park spoor Noord (R803)
- Antwerpen-Ring (R804), ter hoogte van het op- en afrittencomplex Borgerhout richting Nederland
- Antwerpen-Belgiëlei (R805)
- Antwerpen-Groenenborgerlaan (R817)

De LEZ werd ingevoerd vanaf 1 februari 2017.

De meetresultaten van deze meetplaatsen rapporteren we samen met de meetresultaten van de overige vaste meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie:

- Hoboken (HB23)
- Antwerpen-Linkeroever (AL01)
- Antwerpen-Luchtbal (M802)
- Borgerhout-achtergrond (R801)
- Borgerhout-straatkant (R802)
- Antwerpen-Van Maerlantstraat (R806)
- Schoten (R811)
- Antwerpen-Burchtse Weel (R818)

M802 ligt strikt genomen in de zone Antwerpse haven, maar wordt ook mee besproken.

Eind 2021-begin 2022 werden er 4 extra meetplaatsen voor fijn stof opgericht op Linkeroever (AL09, AL10) en in Zwijndrecht (ZD01, ZD08) naar aanleiding van de PFAS-problematiek rond het bedrijf 3M en de grondwerken voor de Oosterweelverbinding. De resultaten hiervan worden weergegeven in hoofdstuk 4 en kort besproken in hoofdstuk 5.

Om eventuele hinder van de Oosterweelwerken op te volgen, werden er (in samenwerking met Lantis) extra meetplaatsen opgericht: in 2017 op Linkeroever de meetplaats Burchtse Weel (R818) en op Rechteroever in 2022 in Deurne (DU07) en in 2023 in Merksem (MK02).

Voor de berekening van de pollutierozen gebruikten we de meteorologische metingen van de KMI-meetplaats in Stabroek (SA06).

We bespreken in dit rapport de polluenten:

- stikstofoxiden (NO_2 en NO)
- PM_{10}
- $\text{PM}_{2,5}$
- zwarte koolstof (BC)
- UFP

PFAS-metingen op Linkeroever worden apart besproken in hoofdstuk 5.

De specificaties over onder andere het meetprincipe en de meetonzekerheid staan in bijlage 1.

Tabel 1 geeft een overzicht van de automatische meetplaatsen en de parameters die gemeten worden. Naast de code vermelden we ook het adres, het type meetstation en de Lambertcoördinaten van de meetplaats.

Tabel 1 : Overzicht van de automatische meetplaatsen en gemeten polluenten in de Antwerpse agglomeratie in 2023

Meetplaats Code	Naam	Adres	Classificatie meetplaats (IPR) ³	Lamb X	Lamb Y	PM ₁₀	PM _{2,5}	Zwarte koolstof	UFP	NO ₂	NO
AL01	Antwerpen-Linkeroever	Wandelijk, Antwerpen	voorstedelijk-industrieel	150865	214046	✓	✓	✓	-	✓	✓
AL09	Antwerpen-Van Averbekelaan	Van Averbekelaan, Antwerpen	voorstedelijk-industrieel	150543	213320	✓	✓	-	-	-	-
AL10	Antwerpen-Blancefloerlaan	Blancefloerlaan, Antwerpen	voorstedelijk-industrieel	149979	212216	✓	✓	-	-	-	-
DU07	Deurne-Ten Eekhove	Ten Eekhovelei, Antwerpen (Deurne)	stedelijk-achtergrond	155591	212938	✓	✓	✓	-	✓	✓
HB23	Hoboken	Curiestraat, Antwerpen (Hoboken)	voorstedelijk-industrieel	148054	206698	✓	✓	-	-	-	-
MK02	Merksem	Hendrik Van Boutersemstraat, Antwerpen (Merksem)	stedelijk-achtergrond	154103	215624	✓ ¹	✓ ¹	✓ ¹	-	✓ ¹	✓ ¹
M802 [#]	Antwerpen-Luchtbal	Havanastraat, Antwerpen	voorstedelijk-industrieel	153884	216790	✓	✓	✓	-	✓	✓
R801	Borgerhout-achtergrond	Plantin en Moretuslei, Antwerpen (Borgerhout)	stedelijk-achtergrond	154407	211080	✓	✓	✓	✓	✓	✓
R802	Borgerhout- straatkant	Plantin en Moretuslei, Antwerpen (Borgerhout)	stedelijk-verkeer	154396	211055	✓	✓	✓	-	✓	✓
R803	Antwerpen-Park spoor Noord	Viséstraat, Antwerpen	stedelijk-achtergrond	154172	213191	✓	✓	✓	-	✓	✓
R804 [*]	Antwerpen-Ring	Ring - Afrit Borgerhout	stedelijk- nvt	155119	210695	✓	✓	✓	-	✓	✓
R805	Antwerpen- Belgiëlei	Belgiëlei, Antwerpen	stedelijk-verkeer	153689	210922	✓	✓	✓	-	✓	✓
R806	Antwerpen-Van Maerlantstraat	Van Maerlantstraat, Antwerpen	stedelijk-verkeer	153408	212595	-	-	-	-	✓	✓
R811	Schoten	Lodewijk Weijtenstraat, Schoten	voorstedelijk-achtergrond	158560	215807	✓	✓	-	-	✓	✓
R817	Antwerpen-Groenenborgerlaan	Groenenborgerlaan, Antwerpen	voorstedelijk-achtergrond	153441	207467	✓	✓	✓	-	✓	✓
R818	Antwerpen-Burchtse Weel	Burchtse Weel, Antwerpen	voorstedelijk-achtergrond	148723	211364	✓	✓	✓	-	✓	✓
ZD01 [#]	Zwijndrecht, Binnenplein	Binnenplein, Zwijndrecht	voorstedelijk-achtergrond	147007	211728	✓	✓	-	-	-	-
ZD08 [#]	Zwijndrecht, Neerstraat	Neerstraat, Zwijndrecht	voorstedelijk-achtergrond	147399	213042	✓	✓	-	-	-	-

¹: metingen opgestart in maart 2023

[#]: meetplaats ligt niet in de zone Antwerpse agglomeratie, maar in de zone Antwerpse Haven

^{*}: De concentraties op de meetplaats R804 worden niet aan de Europese regelgeving getoetst omdat deze meetplaats op een locatie ligt die minder representatief is voor de menselijke blootstelling (zie macrocriteria voor een meetplaats in Bijlage III van EU-richtlijn 2008/50/EG).

³ Leidraad (2013) bij de IPR-richtlijn 2011/850/EU

In 2023 voerden we op 20 locaties in Antwerpen NO₂-metingen uit met passieve samplers. De adressen van deze meetlocaties vind je in Tabel 2.

De resultaten van de metingen met passieve samplers staan in paragraaf 3.2.2.

Metingen met passieve samplers werden begin 2023 opgestart aan de Deurnsebaan in Merksem (MK03) waar in 2021 door de burgerbeweging Recht op Lucht verhoogde NO₂-metingen werden gemeten.

Tabel 2 : Overzicht van de NO₂-meetplaatsen passieve samplers in 2023

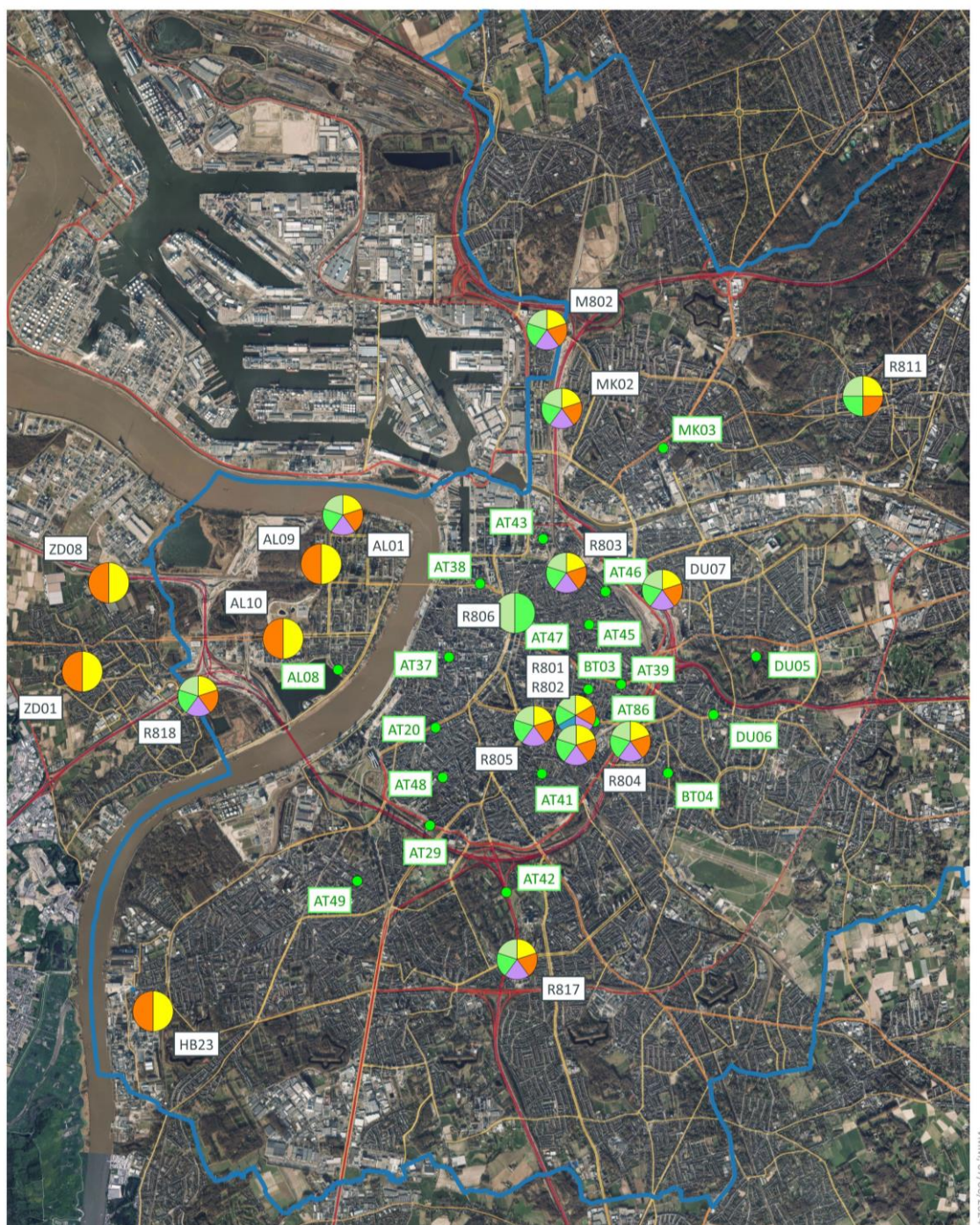
Meetplaats Code	Naam	Adres	Lamb X	Lamb Y
AL08	Antwerpen-Galgenweellaan	Galgenweellaan, Antwerpen	150793	211755
AT20	Antwerpen-Amerikalei	Amerikalei, Antwerpen	152235	210896
AT29	Antwerpen-Desguinlei	Desguinlei, Antwerpen	152153	209450
AT37	Antwerpen-Steenhouwersvest	Steenhouwersvest, Antwerpen	152434	211942
AT38	Antwerpen-Tunnelplaats	Tunnelplaats, Antwerpen	152894	213029
AT39	Antwerpen-Turnhoutsebaan	Turnhoutsebaan, Antwerpen	154981	211538
AT41	Antwerpen-Paradeplein	Paradeplein, Antwerpen	153808	210214
AT86	Antwerpen-Plantin en Moretuslei	Plantin en Moretuslei, Antwerpen	154589	210986
AT42 [*]	Antwerpen-Floralienlaan	Floralienlaan, Antwerpen	153284	208459
AT43	Antwerpen-Viaduct-Dam	Viaduct-Dam, Antwerpen	153827	213693
AT45	Antwerpen-Lange Beeldekenstraat	Lange Beeldekenstraat, Antwerpen	154509	212422
AT46	Antwerpen- Pothoekstraat	Pothoekstraat, Antwerpen	154751	212912
AT47	Antwerpen-Osstraat	Osstraat, Antwerpen	153463	212421
AT48	Antwerpen-Haantjeslei	Haantjeslei, Antwerpen	152343	210160
AT49	Antwerpen-Wittestraat	Wittestraat, Antwerpen	151077	208626
BT03	Borgerhout-Sergeyselsstraat	Sergeyselsstraat, Borgerhout	154496	211466
BT04	Borgerhout-Karel De Preterlei	Karel De Preterlei, Borgerhout	155675	210225
DU05	Deurne-Rivierenhof	Rivierenhof/Parkweg DE, Deurne	156979	211950
DU06	Deurne-Herentalsebaan	Herentalsebaan, Deurne	156350	211089
MK03 ¹	Merksem-Deurnsebaan	Deurnsebaan, Merksem	155606	215037

¹: metingen opgestart in januari 2023

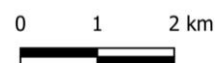
* Meetplaats AT42 ligt vlak bij de tunnelmond van de Craeybecktunnel in een omgeving zonder directe bewoning en wordt daarom niet als representatief beschouwd voor blootstelling. Daardoor wordt dit meetstation niet getoetst aan de Europese regelgeving.

Figuur 1 toont de ligging van de automatische meetplaatsen (Tabel 1) en van de locaties met passieve samplers (Tabel 2).

Figuur 1: Ligging van de meetplaatsen in de zone Antwerpse agglomeratie eind 2023



Metingen in de Antwerpse agglomeratie eind 2023



3 STIKSTOFOXIDEN

Stikstofoxiden (NO_x) bestaan uit een mengsel van stikstofdioxide (NO₂) en stikstofmonoxide (NO). Ze worden uitgestoten tijdens de verbrandingsprocessen van fossiele brandstoffen (steenkool, petroleumproducten en gas) gebruikt in huishoudelijke verwarming, industriële processen en, de belangrijkste bron, de verbrandingsmotoren van verkeer.

In tegenstelling tot NO is NO₂ een toxisch gas dat de luchtwegen kan irriteren. Een kwart⁴ van de jaarlijkse astmagevallen bij kinderen zou komen door NO₂. Ook voor het milieu is NO₂ schadelijk, omdat het via depositie mee kan leiden tot verzuring en vermesting van bodem en water, met negatieve effecten op ecosystemen en de biodiversiteit. NO_x kan over grote afstanden getransporteerd worden en dus effecten veroorzaken in ver gelegen gebieden.

Meer informatie over NO_x vind je in bijlage 2.

3.1 Emissie van NO_x (NO₂)

De recentst beschikbare emissiedata voor de Antwerpse agglomeratie gaan over het jaar 2022. Meer informatie over de emissie-inventaris staat in bijlage 5.

Figuur 2 toont het aandeel van de sectoren in de NO_x (NO₂)-emissies in 2022.

- 67 % van de NO_x (NO₂)-emissies in de Antwerpse agglomeratie komt door **verkeer**. 54 % van de totale emissies komen van wegverkeer. Scheepvaart was verantwoordelijk voor 9 % van de NO_x-emissies in de Antwerpse agglomeratie.
- Andere relevante sectoren zijn industrie (10 %), handel en diensten (9 %) en huishoudens (9 %). De NO_x-uitstoot door huishoudens en handel & diensten is grotendeels door gebouwenverwarming met aardgas.

Figuur 3 toont de evolutie van de NO_x (NO₂)-emissies per sector voor de zone Antwerpse agglomeratie.

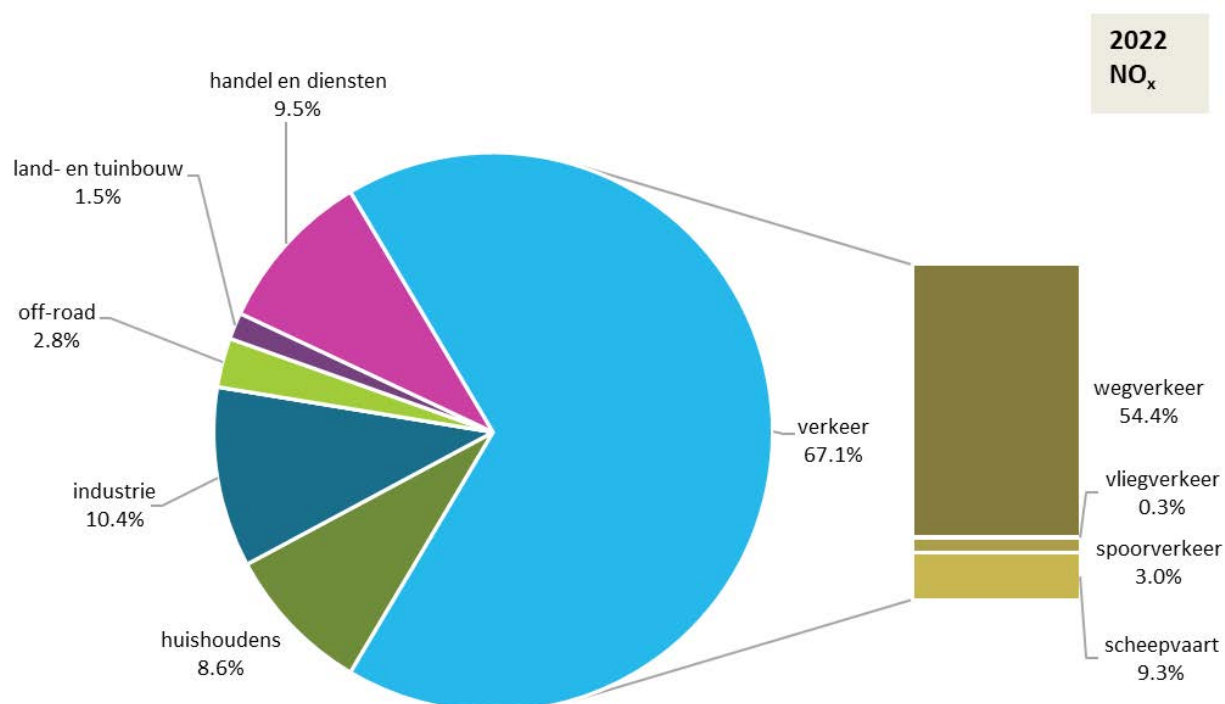
In 2022 bedroeg de NO_x (NO₂)-emissie in de Antwerpse agglomeratie 2597 ton. Dit is 2,7 % van de totale Vlaamse NO_x (NO₂)-uitstoot.

Tussen 2005 en 2022 zijn de NO_x (NO₂)-emissies in de Antwerpse agglomeratie met 66 % gedaald. Dit is voor zo'n 80 % dankzij dalende emissies van het wegverkeer.

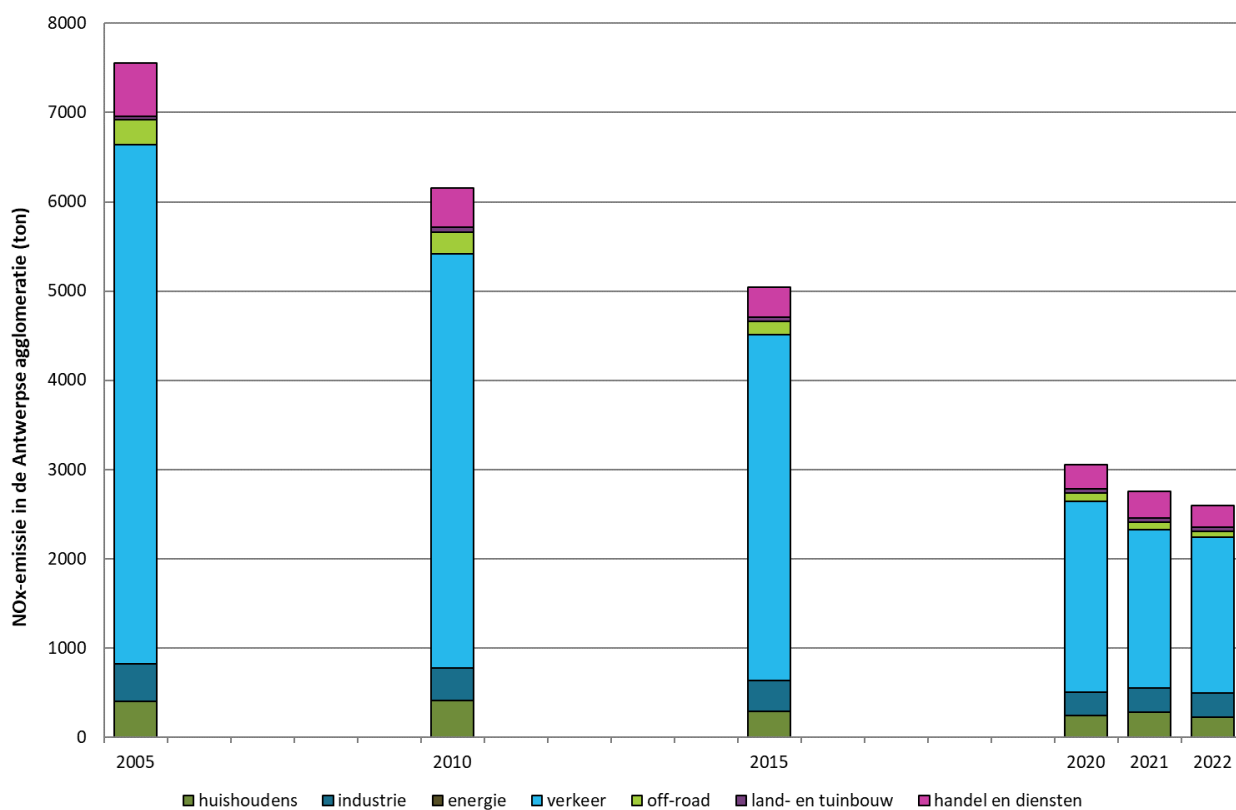
In 2022 zien we een lichte daling (2 %) van de NO_x-emissies ten opzichte van 2021, door minder uitstoot van gebouwenverwarming met aardgas bij de sector huishoudens en de sector handel & diensten. Dit is een gevolg van de energiecrisis en de hoge aardgasprijzen.

⁴ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412017320184>

Figuur 2: Aandeel van de sectoren in de NO_x(NO₂)-emissies in de Antwerpse agglomeratie in 2022



Figuur 3: Trend van de NO_x(NO₂)-emissies in de Antwerpse agglomeratie, 2005-2022



Bron: Team Emissie-inventaris Lucht VMM

In dit rapport zijn de wegverkeersemissies tot en met 2020 berekend met het Promovia-propagatiemodel. Vanaf 2021 werden de wegverkeersemissies berekend met Flomovia.

Flomovia is een nieuw verkeersmodel met een gedetailleerder en actueler verkeersnetwerk gebaseerd op de OpenStreetMap kaart. De verkeerstellingen die in Flomovia gebruikt worden zijn: structurele tellingen op de snelwegen (van het Vlaams Verkeerscentrum), tijdelijke telcampagnes (van het Agentschap Wegen en Verkeer) en lokale verkeerstellingen van Telraam.

De jaarlijkse voertuigkilometers berekend op basis van Flomovia (2021 en 2022) zijn lager dan die berekend met Promovia (tot en met 2020). Dat resulteert in een neerwaartse trendbreuk vanaf 2021 in het aantal voertuigkilometer, en daarmee samengaan ook in de berekende emissies.

In het rapport van vorig jaar werden de emissiedata van 2021 nog berekend met Promovia. Dit is de eerste keer dat we emissiedata van wegverkeer in dit rapport publiceren op basis van Flomovia, waardoor er een verschil kan zijn tussen de 2021-emissies voor wegverkeer die vorig jaar werden gerapporteerd en deze voor 2021 die dit jaar worden gerapporteerd.

Naast directe uitstoot wordt NO_2 ook indirect gevormd door chemische reacties in de atmosfeer. Stikstofoxiden door verbranding komen vooral als NO in de lucht terecht. Enerzijds wordt het weinig toxische NO relatief snel omgezet naar het toxische gas NO_2 door reactie met onder andere ozon (O_3). Anderzijds neemt NO_2 deel aan de fotochemische ozonvorming waarbij O_3 wordt gevormd en NO_2 wordt omgezet tot NO. De chemie van stikstofcomponenten in de atmosfeer is heel complex en de relatie tussen de emissies van NO_x en de gemeten NO_2 -concentraties is niet lineair.

De luchtkwaliteit in de Antwerpse agglomeratie wordt niet alleen bepaald door de emissies in de agglomeratie zelf. Ook emissies in Vlaanderen, andere gewesten en het buitenland dragen bij aan de concentratie van vervuilende stoffen in de Antwerpse agglomeratie.

3.2.1 Metingen automatisch meetnet

De laagste NO₂-concentraties worden gemeten op de achtergrondmeetplaatsen in Schoten (R811) en op Linkeroever (AL01).

Figuur 4 toont de evolutie van de NO₂-jaargemiddelden voor de periode 2013-2023. Voor alle meetplaatsen zien we op lange termijn een dalende trend in de jaargemiddelde NO₂-concentratie. De knik in het verloop in 2020 komt door het effect van de coronamaatregelen, waardoor er minder uitstoot van verkeer was.

In 2023 zien we op alle Antwerpse meetplaatsen een daling tegenover 2022. Gemiddeld daalden de NO₂-concentraties met 16 % in Antwerpen. De grootste daling (absoluut 10 µg/m³, relatief 26 %) noteren we op de meetplaats Van Maerlantstraat (R806). Door wegenwerken/renovatiewerken in de omgeving van de meetplaats passeert er mogelijks minder verkeer in deze straat. Ook de nabijgelegen sampler (AT47 in de Osystraat) toont een sterke daling met 7 µg/m³.

Ook op bijna alle overige meetplaatsen in Vlaanderen zien we in 2023 een daling van de NO₂-jaargemiddelden tegenover 2022.

Wanneer we de laatste 10 jaar bekijken (2013-2023), zien we voor de Antwerpse meetplaatsen met een volledige tijdreeks, bijna een halvering van de NO₂-concentraties.

Tabel 3: NO₂-jaargemiddelden op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2013 – 2023 (µg/m³)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Linkeroever (AL01)	-	26	26	27	26	26	24	19	22	20	16
Deurne (DU07)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23
Hoboken (HB23)	28	27	27	27	26	26	24	19	-	-	-
Luchtbal (M802)	40	38	36	35	35	32	30	24	25	25	22
Borg-achtergrond (R801)	43	41	38	39	36	34	32	24	26	25	21
Borg-sraatkant (R802)	49	47	45	45	42	40	36	27	29	29	25
Park Spoor Noord (R803)	-	-	-	32	31	32	28	22	24	24	20
Ring (R804)*	-	-	-	-	54	48	43	34	37	34	30
Belgiëlei (R805)	-	-	-	43	40	40	35	26	28	29	24
Van Maerlantstraat (R806)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39	29
Schoten (R811)	29	28	26	26	27	24	21	17	18	18	16
Groenenborgerlaan (R817)	-	-	-	32	30	28	26	20	22	20	17
Burchtse Weel (R818)	-	-	-	-	-	-	-	23	25	21	18

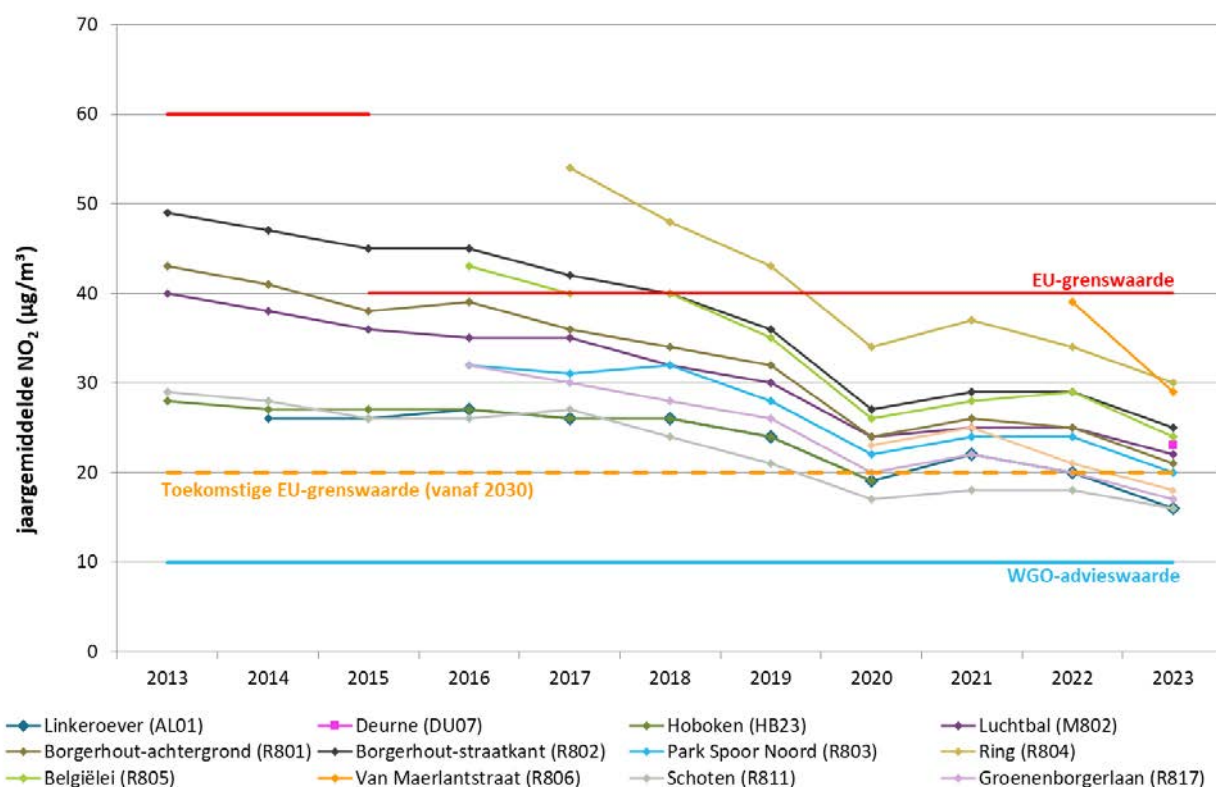
Rood: overschrijdingen van de EU-grenswaarde (60 µg/m³ tot en met 2014, 40 µg/m³ vanaf 2015)

Oranje: overschrijdingen van de toekomstige EU-grenswaarde, geldig vanaf 2030 (20 µg/m³)

Blauw: overschrijdingen van de WGO-advieswaarde (10 µg/m³)

*: door de ligging van deze meetplaats toetsen we dit resultaat niet aan de EU-grenswaarde.

Figuur 4: NO₂-jaargemiddelden op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2013 – 2023



3.2.2 Passieve samplers

Naast de metingen met automatische monitoren meet de VMM sinds 2017 ook NO₂ met passieve samplers in Antwerpen. In 2023 waren er 20 meetplaatsen (zie Tabel 2). De meetplaatsen bevinden zich op verschillende types locaties, onder meer in *street canyons*, langs drukke invalswegen en op achtergrondlocaties. De samplers werden telkens in duplo opgehangen gedurende periodes van 2 weken. Een volledig jaar bestaat dus uit 26 meetperiodes.

De automatische monitoren meten volgens de Europese referentiemethode. Passieve samplers niet, maar ze worden wel gekalibreerd ten opzichte van deze referentiemethode. De jaargemiddelden bekomen met passieve samplers voldoen aan de Europese criteria voor ‘indicatieve metingen’. We spreken daarom van ‘indicatieve jaargemiddelden’.

Met passieve samplers kunnen we metingen uitvoeren op plaatsen waar er geen ruimte is voor een vast meetstation, zoals in *street canyons*. De resultaten van de passieve samplers dienen ook om de modelresultaten te valideren en te verbeteren.

De meetplaats aan de Floraliënlaan (AT42) ligt vlakbij de tunnelmond van de Craeybeckxtunnel en zonder huizen in de directe buurt, waardoor deze locatie als minder representatief voor de menselijke blootstelling wordt beschouwd. Daarom wordt het resultaat van deze meetlocatie niet aan de Europese grenswaarden getoetst.

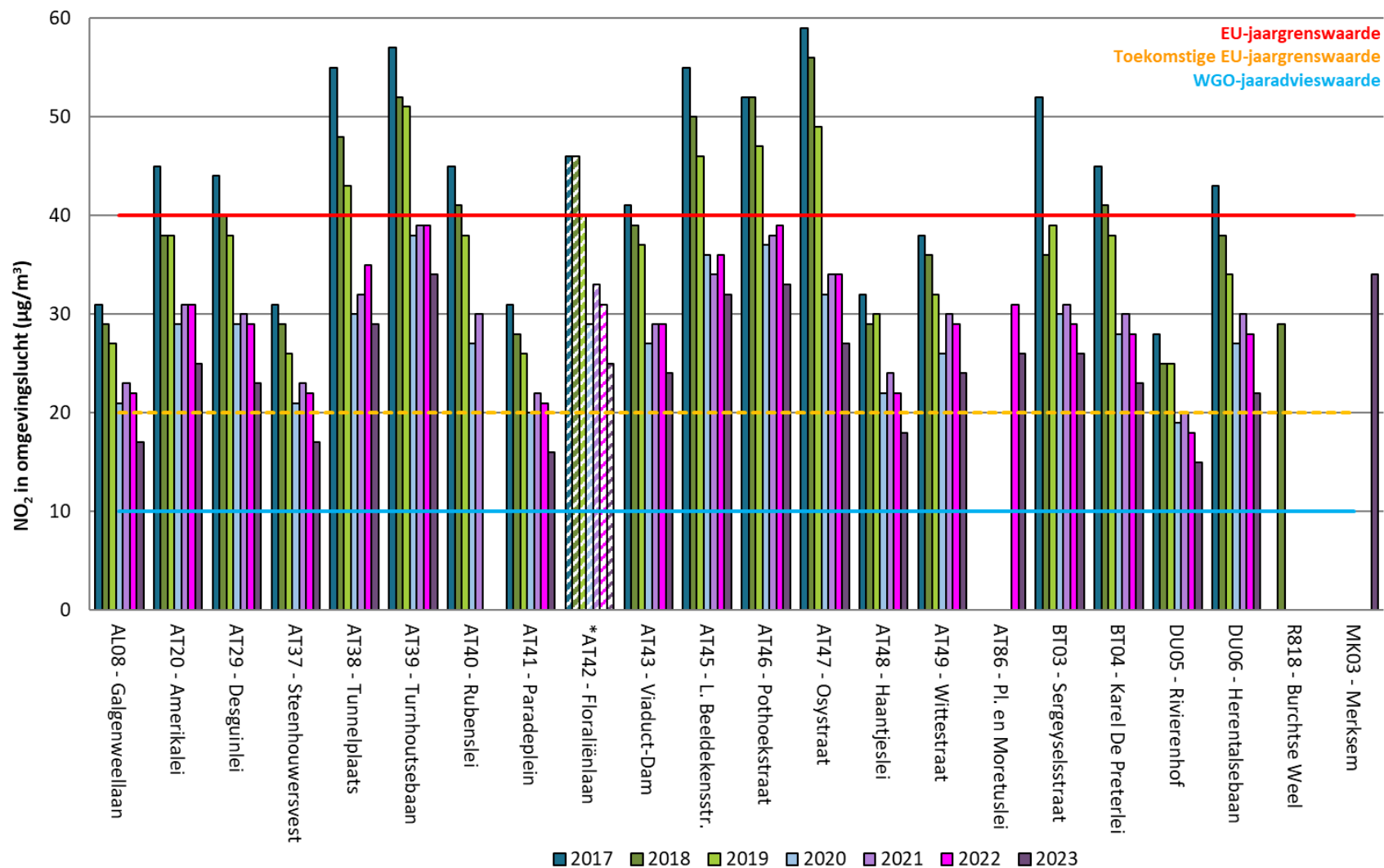
In 2020 waren de concentraties sterk gedaald door de coronamaatregelen (minder verkeer). In 2021 was er nog beperkte invloed van de coronamaatregelen, maar sinds 2022 is het verkeer weer genormaliseerd.

Ook op de meetplaatsen met automatische monitoren in Antwerpen zagen we een gelijkaardige daling, net zoals bij de samplermetingen in Gent.

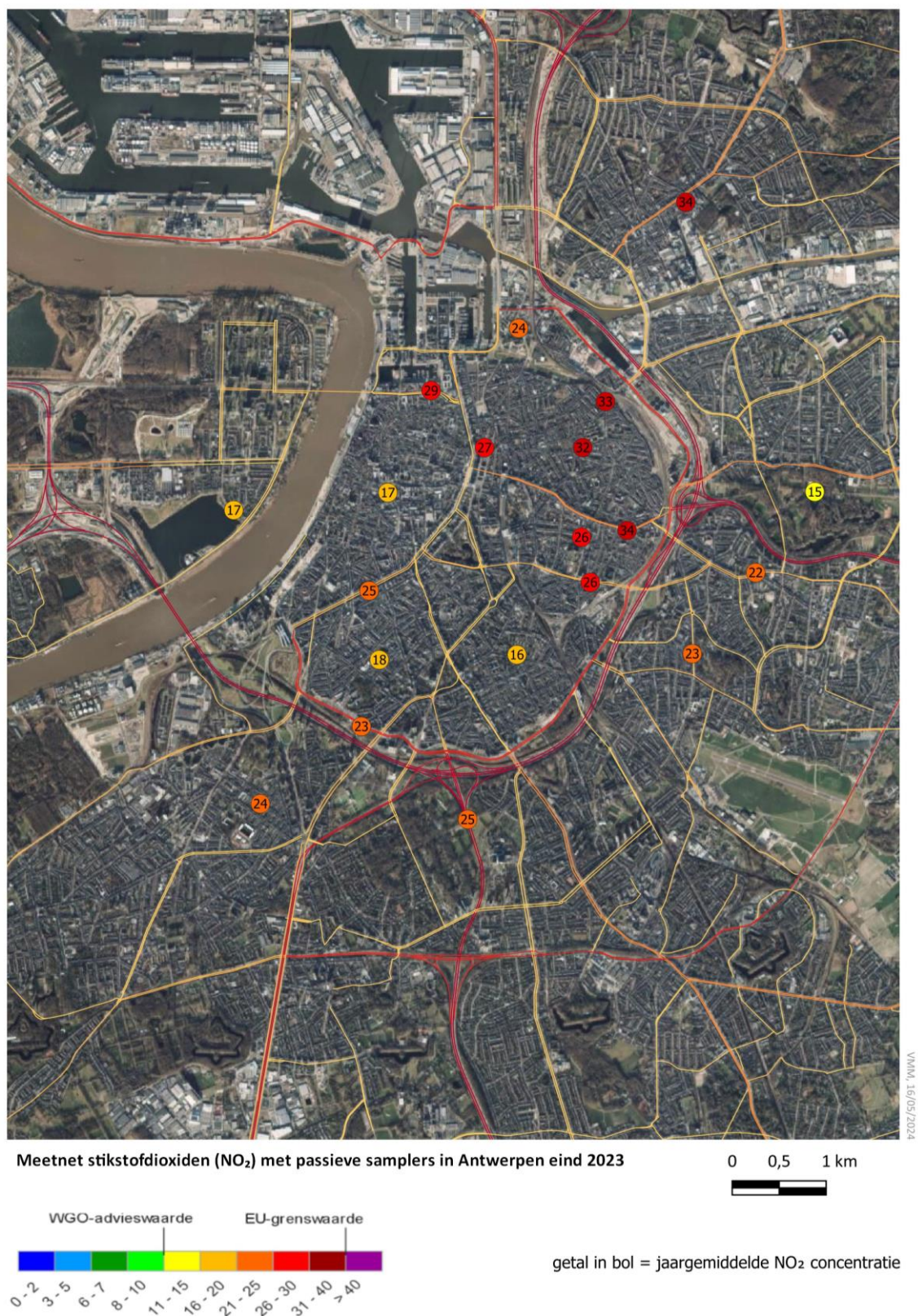
- aan de Turnhoutsebaan (AT39), een drukke invalsweg in het centrum van de stad en
- aan de Deurnsebaan (MK03), een drukke verbindingsweg in Merksem.

Figuur 6 toont de ligging en de resultaten van de meetlocaties van de samplers in Antwerpen.

Figuur 5: Indicatieve NO₂-jaargemiddelden met passieve samplers in Antwerpen voor 2017-2023 (µg/m³)



Figuur 6: Ligging en resultaten van de passieve samplers in Antwerpen, 2023



3.2.3 ATMO-Street model

Op plaatsen waar de VMM niet beschikt over meetresultaten schatten we de concentraties in aan de hand van rekenkundige modellen. Voor NO₂ gebruikt de VMM het ATMO-Street-model. ATMO-Street is de naam voor de modelketen RIO-IFDM-OSPM.

Het ATMO-Street-model toont een simulatie van de jaargemiddelden in 2023. Belangrijk is dat voor de opmaak van deze gemodelleerde kaart voor 2023 de meest recent beschikbare emissiedata werden gebruikt: voor wegverkeer is dit 2023, voor industrie en scheepvaart 2022. De impact van de LEZ werd mee doorgerekend.

Voor de berekening van de verkeersemissies gebruikt het model:

- 1) gegevens over het **wagenpark** (bijvoorbeeld vlootsamenstelling, verdeling over de euro-normen). Voor deze modelkaart werd de vlootsamenstelling gebruikt afkomstig van de stad Antwerpen van de LEZ-zone (op basis van de ANPR-gegevens van 2023).
- 2) **verkeersgegevens** voor 2023 afkomstig van het propagatiemodel **FLOMOVIA** v1.2.
 - We gebruiken jaarlijks een zeer gedetailleerd nieuw verkeersnetwerk gebaseerd op de OpenStreetMap kaart. Voor berekening van de verkeersemissies in 2023 werd de gekende situatie op 1 september 2023 gebruikt. Wijzigingen in het verkeersnetwerk na deze datum zijn pas het volgende jaar zichtbaar.
 - Alle beschikbare verkeerstellingen worden gebruikt: structurele tellingen op de snelwegen (Vlaams verkeerscentrum), tijdelijke telcampagnes (Afdeling Wegen en Verkeer) en lokale verkeerstellingen van het burgerwetenschapsproject Telraam.
 - Voor de snelheden van voertuigen maakten we gebruik van *floating car data*, die een realistische inschatting geven van de werkelijke snelheden. Zo worden ook structurele vertragingen indirect meegenomen.

Ondanks de best beschikbare inschatting op straatniveau, heeft het ATMO-Street model ook enkele beperkingen:

- De impact van nieuwe verkeerssituaties is niet altijd onmiddellijk zichtbaar.
- Met tijdelijke verkeerssituaties (bijvoorbeeld omleidingen) wordt geen rekening gehouden.
- Het herhaaldelijk opwaaien van stof door het verkeer en het effect van de aanwezigheid van groen (zoals bomen in een straat) worden niet in rekening gebracht.
- De lokale vervuiling die veroorzaakt wordt door onder andere houtkachels, open haarden en grote veeteeltbedrijven is niet zichtbaar op de kaarten. De vervuiling van deze bronnen wordt wel mee opgenomen in de ‘achtergrondconcentratie’ (met een lagere ruimtelijke resolutie van 4x4 km²).
- FLOMOVIA wordt momenteel nog verder ontwikkeld (zie bijlage 5).

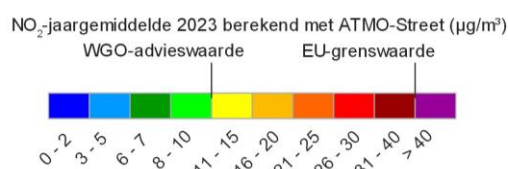
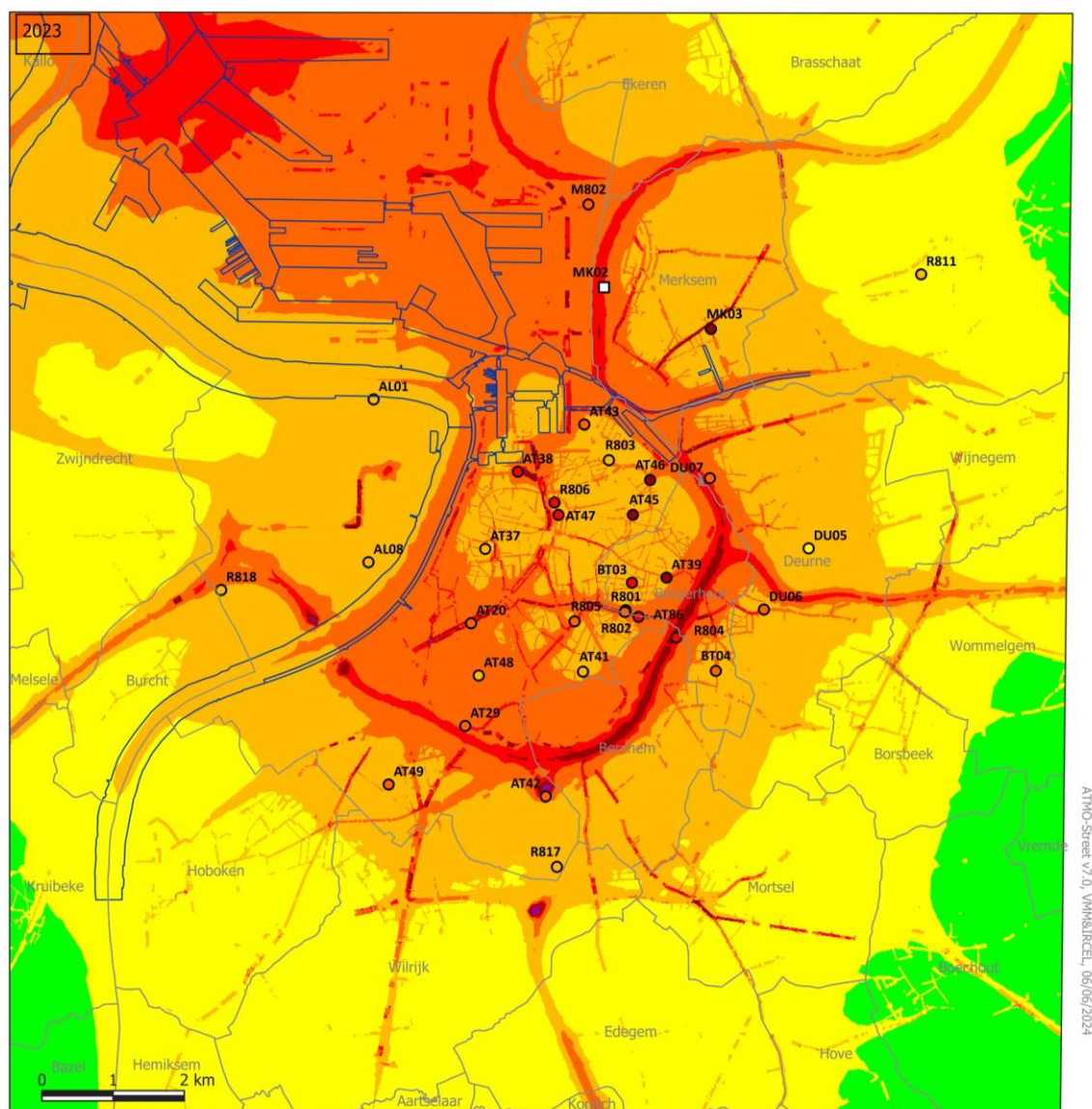
Ondanks deze beperkingen van het model, resulteert het wel in wetenschappelijk onderbouwde kaarten die de verspreiding van de luchtvervuiling in kaart brengen. Modelvalidatie gebeurt door te vergelijken met meetresultaten. In het algemeen geeft het model een lichte onderschatting in vergelijking met de metingen, behalve in complexe street canyons en nabij tunnelmonden waar vaker overschattingen worden gemodelleerd.

Meer uitleg over de methodiek van de modellering vind je in bijlage 4.

Figuur 7 toont de gemodelleerde NO₂-jaargemiddelden in de Antwerpse agglomeratie voor 2023, naast de gemeten jaargemiddelden met de monitoren en de passieve samplers. De hoogste concentraties worden gemodelleerd langs de tunnelmonden. Op de Antwerpse Ring en langs de belangrijkste

verkeersassen van de binnenstad worden sterk verhoogde jaargemiddelden gemodelleerd. Ook in de Antwerpse haven zijn verhoogde concentraties, zie hiervoor het Antwerpse havenrapport⁵. Alle gebieden met de kleuren middenoranje/donkeroranje of rood overschrijden de toekomstige jaargrenswaarde van 20 µg/m³.

Figuur 7: Gemodelleerd NO₂-jaargemiddelde in de Antwerpse agglomeratie in 2023



De gemodelleerde waarden kunnen afwijken van de werkelijkheid door onzekerheden in de RIO-interpolatietechniek en emissies en door de kwaliteit van de lokale verkeersstatistieken. Het effect van street canyons werd in rekening gebracht, tijdelijke verkeerssituaties of het herhaaldelijk opwaaien van stof door verkeer niet.

- Deelgemeenten — Dokken
- meetplaats (kleur = gemeten waarde)
- onvoldoende data (< 90% meetgegevens)

⁵ Onderaan deze pagina staat het meest actuele havenrapport: <https://www.vmm.be/lucht/lokaal/antwerpen-haven/luchtkwaliteit-in-de-antwerpse-haven>

3.2.4 Toetsing aan de grenswaarden

Een overzicht van de regelgeving voor NO₂ vind je in bijlage 3.

Toetsing van de jaargemiddelden

- In 2023 respecteerden alle **automatische** meetplaatsen de huidige Europese jaargrenswaarde van 40 µg/m³. Dit is al zo sinds 2018.
Ook bij de indicatieve metingen met **passieve samplers** in Antwerpen noteren we geen overschrijdingen (sinds 2020).
De berekeningen met het **ATMO-Street model** (Figuur 7) tonen in 2023 voor het eerst ook geen overschrijdingen van de jaargrenswaarde aan, uitgezonderd enkele gridcellen nabij tunnelmonden of een druk kruispunt in de binnenstad.
- De toekomstige Europese jaargrenswaarde van 20 µg/m³ (geldig vanaf 2030) werd in 2023 op meer dan de helft van de Antwerpse automatische meetplaatsen overschreden.
Ook bij de meetplaatsen met passieve samplers overschreed het merendeel de toekomstige jaargrenswaarde, slechts 5 meetplaatsen respecteerden deze grenswaarde.
39 % van de Antwerpenaars wonen in een gebied waar het ATMO-Street model een overschrijding van de toekomstige jaargrenswaarde berekent.
- De WGO-jaaradvieswaarde voor NO₂ van 10 µg/m³ werd op geen enkele meetplaats (automatische monitoren, passieve samplers) in de Antwerpse agglomeratie behaald.

Toetsing van de dagwaarden

Europa heeft geen huidige grenswaarde voor daggemiddelden. Vanaf 2030 laat Europa slechts 18 dagen met een daggemiddelde boven 50 µg/m³ toe per kalenderjaar.

Toetsen we de data van 2023 aan deze toekomstige daggrenswaarde, dan blijkt deze in heel Vlaanderen gerespecteerd te worden.

Sinds 2021 heeft de WGO een advieswaarde voor daggemiddelden gedefinieerd. Een daggemiddelde van 25 µg/m³ mag maximaal drie keer per jaar overschreden worden.

Tabel 4: Aantal dagen met een concentratie > 25 µg/m³ NO₂ op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2013-2023

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Linkeroever (AL01)	-	178	155	173	161	161	127	75	110	90	51
Deurne (DU07)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	98"	126
Hoboken (HB23)	200	185	179	170	171	172	131	77	-	-	-
Luchtbal (M802)	255	283	250	255	257	236	218	139	163	150	112
Borg-achtergrond (R801)	285	301	278	294	267	257	212	144	171	143	97
Borg-sraatkant (R802)	316	320	309	324	309	298	265	183	207	188	155
Park Spoor Noord (R803)	-	-	-	226	232	226	175	114	144	135	92
Ring (R804)*	-	-	-	-	345	327	310	255	266	259	218
Belgiëlei (R805)	-	-	-	316	302	306	273	172	187	182	137
Van Maerlantstraat (R806)	-	-	-	-	-	-	-	133"	253"	280	196
Schoten (R811)	196	196	171	167	173	130	103	61	74	67	41
Groenenborgerlaan (R817)	-	-	-	230	212	187	143	83	106	90	55
Burchtse Weel (R818)	-	-	-	-	-	-	185	141	150	93	67

Blauw: overschrijdingen van de WGO- advieswaarde (3 dagen > 25 µg/m³ toegelaten per jaar)

*: Door de ligging van deze meetplaats toetsen we dit resultaat niet aan de EU-grenswaarde

": Dit meetstation heeft minder dan de vereiste 90% gegevensvastlegging voor dit jaar

Tabel 4 toont dat deze advieswaarde nog nooit werd behaald in de Antwerpse agglomeratie. Wel zien we een dalende trend in het aantal dagen met een NO₂-daggemiddelde hoger dan 25 µg/m³. In de rest van Vlaanderen werd deze advieswaarde in 2023 voor het eerst gerespecteerd, op één landelijke meetplaats (Walshoutem).

Toetsing van de uurwaarden

De huidige Europese regelgeving laat 18 uren met een concentratie hoger dan 200 µg/m³ NO₂ toe. Vanaf 2030 laat Europa nog maar 3 uren met een concentratie hoger dan 200 µg/m³ toe. De WGO laat geen enkel uur met een concentratie hoger dan 200 µg/m³ toe.

Tabel 5 toont het verloop van het aantal uren met een gemiddelde concentratie hoger dan 200 µg/m³ op de verschillende meetplaatsen voor de periode 2013-2023.

De afgelopen 10 jaar werd de Europese uurgrenswaarde op alle Antwerpse meetplaatsen gerespecteerd. De toekomstige EU-uurgrenswaarde wordt sinds 2015 gerespecteerd op de Antwerpse meetplaatsen. De WGO-advieswaarde werd wel nog meerdere jaren overschreden. In 2023 werd de WGO-advieswaarde nipt gerespecteerd: het hoogste uurgemiddelde in de Antwerpse agglomeratie bedroeg 199 µg/m³ op de meetplaats aan de Belgiëlei (R805).

Tabel 5: Aantal uren met een concentratie > 200 µg/m³ NO₂ op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2013-2023

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Linkeroever (AL01)	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Deurne (DU07)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Hoboken (HB23)	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
Luchtbal (M802)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Borg-achtergrond (R801)	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Borg-sraatkant (R802)	4	5	2	1	0	0	0	0	0	0	0
Park Spoor Noord (R803)	-	-	-	1	0	0	0	0	0	0	0
Ring (R804)*	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0
Belgiëlei (R805)	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
Van Maerlantstraat (R806)	-	-	-	-	-	-	-	2"	2"	0	0
Schoten (R811)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Groenenborgerlaan (R817)	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
Burchtse Weel (R818)	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0

Rood: overschrijdingen van de EU-grenswaarde (18 uren > 200 µg/m³ toegelaten per jaar)

Oranje: overschrijdingen van de toekomstige EU-grenswaarde, geldig vanaf 2030 (3 uren > 200 µg/m³ toegelaten per jaar)

Blauw: overschrijdingen van de WGO-advieswaarde (0 uren > 200 µg/m³ toegelaten per jaar)

*: Door de ligging van deze meetplaats toetsen we dit resultaat niet aan de EU-grenswaarde.

": Dit meetstation heeft minder dan de vereiste 90% gegevensvastlegging voor dit jaar.

3.2.5 Pollutierozen

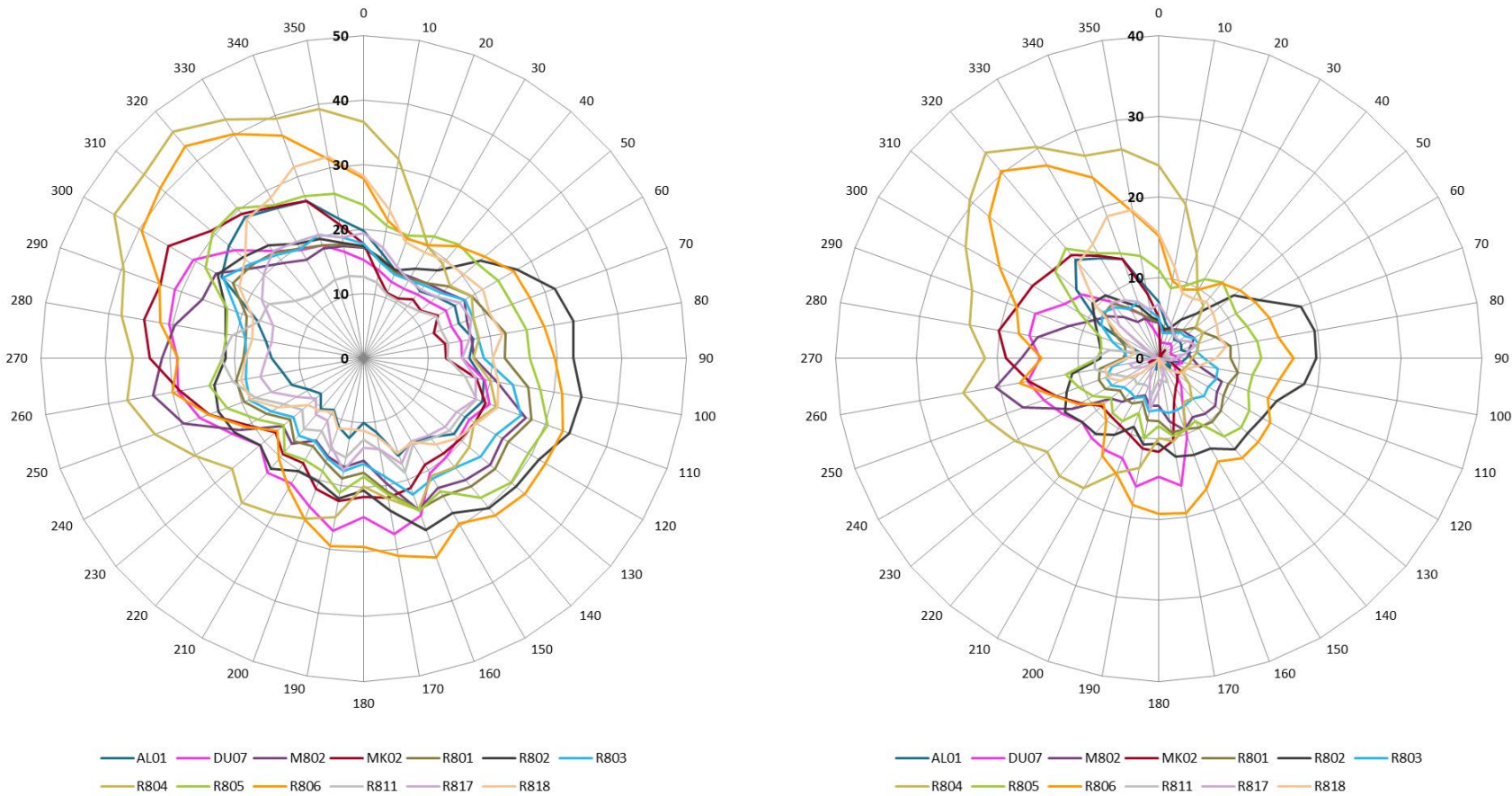
Figuur 8 geeft de pollutierozen voor NO₂ voor de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie. Links wordt een klassieke pollutieroos getoond, rechts een zeropollutieroos waarbij de achtergrondconcentratie er werd uitgefilterd. Een algemene uitleg over de methodiek van (zero)pollutierozen staat in bijlage 4.

- **AL01:** Op de meetplaats Linkeroever zien we een lichte verhoging uit het noordwesten, uit de richting van de Antwerpse haven.
- **DU07:** Op de meetplaats aan de Ten Eekhovlei zien we een verhoging uit de richting van de Ring rond Antwerpen. Ook ten zuiden meten we een verhoging. In de omgeving van dit meetstation zijn er al voorbereidende werken bezig voor de Oosterweelverbinding.
- **M802:** Op de meetplaats aan de Luchtbal zien we een verhoging uit het westen. Ten westen van deze meetplaats ligt de Noorderlaan. Verder westwaarts ligt de Antwerpse haven.
- **MK02:** Op de meetplaats in Merksem (MK02) zien we een verhoging vanuit de richting van de Ring rond Antwerpen en de werken voor de Oosterweelverbinding. Deze meetplaats werd pas midden maart 2023 opgericht en de pollutieroos werd dus opgemaakt met minder data.
- **R801/R802:** Op de meetplaatsen aan de Plantin en Moretuslei valt vooral de verhoging van noordoosten tot zuidoosten op, vooral op de meetplaats aan de straatkant (R802). Het meetstation Borgerhout-straatkant ligt op 7,5 m en het meetstation Borgerhout-achtergrond op 30 m ten noorden van de straatkant. De concentraties in het meetstation het dichtst bij de straatkant zijn altijd hoger, behalve bij noordelijke wind, waar de concentraties van R801 en R802 samenvallen.
- **R803:** Op de meetplaats in Park Spoor Noord zien we weinig lokale invloed.
- **R804:** Op de meetplaats aan de Ring zien we een zeer grote invloed van het verkeer op de autostrade bij wind vanuit het zuidwesten tot het noorden.
- **R805:** De meetplaats Belgiëlei ligt op de middenberm van de Belgiëlei. Vooral bij wind uit noordwestelijke, maar ook bij noordoostelijke tot zuidoostelijke richting meet dit meetstation hogere concentraties ten opzichte van de overige meetlocaties.
- **R806:** Op de meetplaats aan de Van Maerlantstraat zien we hoge concentraties en een grote lokale invloed, vooral uit noordwestelijke en zuidelijke richting. De meetplaats bevindt zich op het voetpad, vlak langs de straatkant.
- **R811:** Op de meetplaats in Schoten worden uit alle richtingen lage concentraties gemeten, behalve een kleine lokale verhoging uit het westen.
- **R817:** Op de meetplaats aan de Groenenborgerlaan zien we weinig lokale invloed.
- **R818:** Op de meetplaats aan de Burchtse Weel is er een duidelijke verhoging vanuit het noordwesten tot het noorden. Deze verhoging is afkomstig van de nabijgelegen E17 en de werken aan de Oosterweelverbinding.

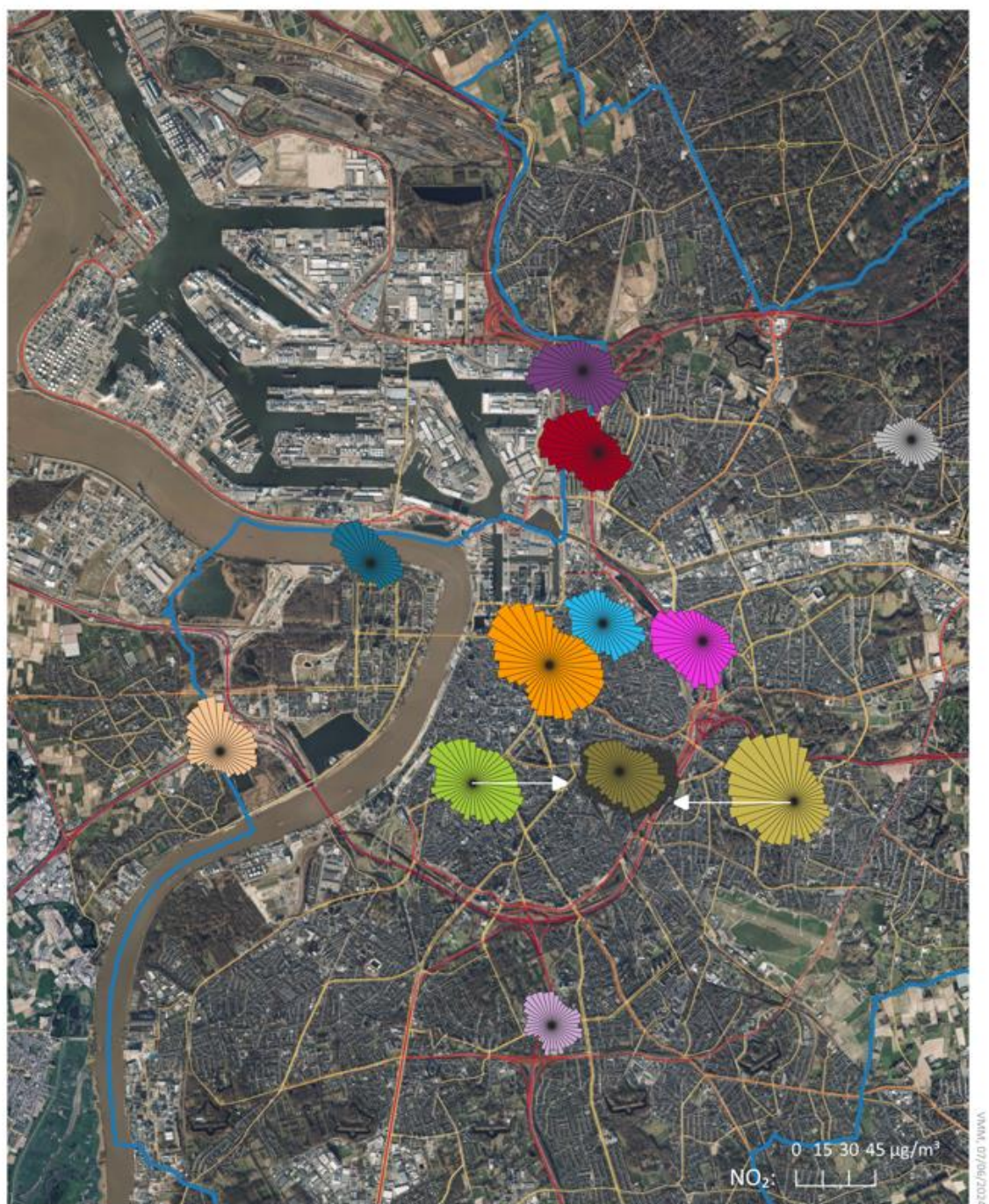
Figuur 9 toont de NO₂-pollutierozen voor 2023 op de kaart.



Figuur 8: Pollutierozen voor NO₂ voor de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie in 2023 (µg/m³): klassieke roos (links) en zero-roos (rechts)



Figuur 9: Pollutierozen NO₂ voor de meetplaatsen van de Antwerpse agglomeratie in 2023



Pollutierozen NO₂ op meetplaatsen Antwerpse agglomeratie 2023



3.3 NO-concentraties

3.3.1 Metingen automatisch meetnet

Tabel 6 geeft de NO-jaargemiddelden voor de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie. Net zoals voor NO₂, worden de hoogste NO-concentraties gemeten op de sterk door verkeer beïnvloede meetplaatsen, met als uitschieters de meetplaats aan de Ring (R804) en de meetplaats in de Van Maerlantstraat (R806), een *street canyon* in de binnenstad. De laagste concentraties worden gemeten op de achtergrondmeetplaatsen in Linkeroever (AL01) en Schoten (R811).

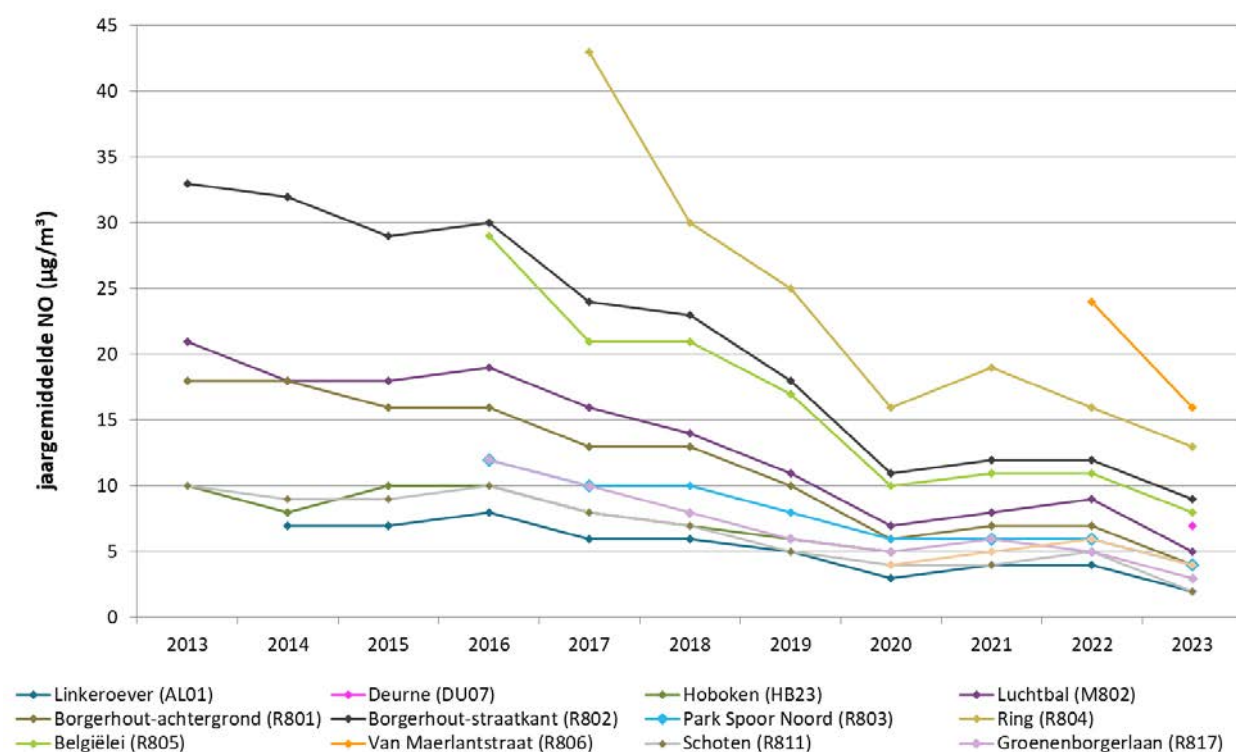
Tabel 6: NO-jaargemiddelde op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2013 – 2023 (µg/m³)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Linkeroever (AL01)	-	7	7	8	6	6	5	3	4	4	2
Deurne (DU07)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
Hoboken (HB23)	10	8	10	10	8	7	6	5	-	-	-
Luchtbal (M802)	21	18	18	19	16	14	11	7	8	9	5
Borg-achtergrond (R801)	18	18	16	16	13	13	10	6	7	7	4
Borg-straatkant (R802)	33	32	29	30	24	23	18	11	12	12	9
Park Spoor Noord (R803)	-	-	-	12	10	10	8	6	6	6	4
Ring (R804)	-	-	-	-	43	30	25	16	19	16	13
Belgiëlei (R805)	-	-	-	29	21	21	17	10	11	11	8
Van Maerlantstraat (R806)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24	16
Schoten (R811)	10	9	9	10	8	7	5	4	4	5	2
Groenenborgerlaan (R817)	-	-	-	12	10	8	6	5	6	5	3
Burchtse Weel (R818)	-	-	-	-	-	-	-	4	5	6	4

Figuur 10 toont het verloop van de jaargemiddelde NO-concentratie voor de periode 2013 tot 2023. Over de laatste 10 jaar zijn de NO-concentraties op alle Antwerpse meetplaatsen gedaald, vooral op de verkeersgerichte meetplaatsen. In 2020 waren de NO-jaargemiddelden extra gedaald door het effect van de coronamaatregelen. In 2023 zijn de jaargemiddelden ten opzichte van 2022 op alle Antwerpse meetplaatsen gedaald. Deze daling varieerde absoluut tussen 2 en 8 µg/m³ en relatief tussen 19 % en 60 %.

De afgelopen 10 jaar noteerden we op de meetplaatsen met een volledige tijdreeks meer dan een halvering van de NO-concentraties (73 % tot 80 %).

Figuur 10: NO-jaargemiddelde op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2013 – 2023



3.3.2 Pollutierozen

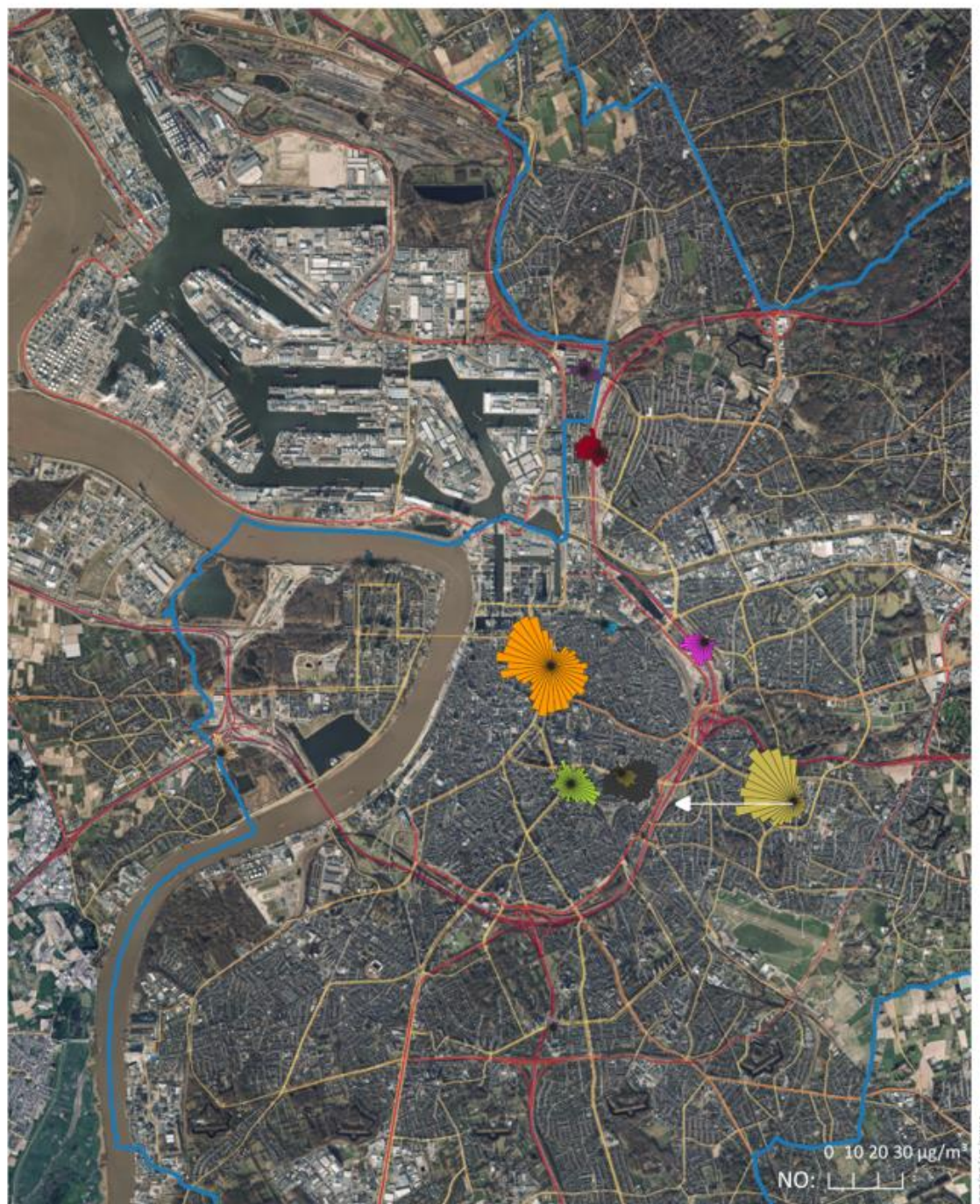
Figuur 11 geeft de (zero)pollutierozen voor NO voor de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie. Een algemene uitleg over de methodiek van pollutierozen staat in bijlage 4.

De vorm van de pollutierozen van NO verschillen een beetje van deze van NO₂. De relatieve verschillen tussen de gemeten concentraties bij verschillende windrichtingen zijn ook groter dan bij NO₂. Toch gelden de meeste vaststellingen die gemaakt werden bij de bespreking van de NO₂-rozen ook hier:

- **AL01:** Op de meetplaats Linkeroever zien we weinig lokale invloed. Alleen uit het noordwesten zien we een kleine lokale piek, uit de richting van de Antwerpse haven.
- **DU07:** Op de meetplaats aan de Ten Eekhovlei zien we een verhoging uit de richting van de Ring rond Antwerpen. Ook ten zuiden meten we een verhoging. In de omgeving van dit meetstation zijn er al voorbereidende werken bezig voor de Oosterweelverbinding.
- **M802:** Op de meetplaats Luchtbal merken we verhoogde concentraties bij wind uit het westen (Noorderlaan, parking, Antwerpse haven) en uit het zuidoosten.
- **MK02:** Op de meetplaats in Merksem (MK02) zien we een verhoging vanuit de richting van de Ring rond Antwerpen en de werken voor de Oosterweelverbinding. Deze meetplaats werd pas midden maart 2023 opgericht en de pollutierozen werd dus opgemaakt met minder data.

- [illegible]

Figuur 12: Pollutierozen NO voor de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie in 2023



Pollutierozen NO op meetplaatsen Antwerpse agglomeratie 2023



4 FIJN STOF

Zwevend stof (PM = *Particulate Matter*) is een mengsel van vloeibare of vaste deeltjes met uiteenlopende samenstellingen en afmetingen. Zowel de natuur als menselijke activiteiten kunnen een bron zijn van deze deeltjes.

PM₁₀ en PM_{2,5} zijn de stofdeeltjes met een diameter respectievelijk kleiner dan 10 µm en 2,5 µm, ultrafijn stof (UFP) de deeltjes kleiner dan 0,1 µm (PM_{0,1}). Zwarte koolstof, een maat voor de roetconcentratie, ontstaat bij onvolledige verbranding van onder andere fossiele brandstoffen.

De aanwezigheid van PM in de omgevingslucht heeft een negatieve invloed op de gezondheid zowel op korte als lange termijn. Onder andere luchtweginfecties, astma, verschillende kankers (niet alleen longkanker) en een verminderde levensverwachting zijn gelinkt met de aanwezigheid van fijn stof. Zelfs al voor de geboorte veroorzaakt fijn stof negatieve effecten. Roetdeeltjes zijn teruggevonden in de placenta⁶ en in vitale organen⁷ van de foetus, wat de ontwikkeling van de foetus negatief beïnvloedt. Blootstelling aan PM_{2,5} wordt ook in verband gebracht met een verhoogd risico op hersenaandoeningen zoals de ziekte van Alzheimer.

Meer informatie over de gezondheidseffecten en over de oorsprong en classificatie van fijn stof vind je in bijlage 2.

4.1 Emissie van PM₁₀

De meest recent beschikbare emissiedata zijn deze voor 2022.

Onderstaande figuren geven de cijfers weer van het rechtstreeks uitgestoten, primair PM₁₀-stof.

Figuur 13 toont het aandeel van de sectoren in de emissies van **primair PM₁₀** in 2022.

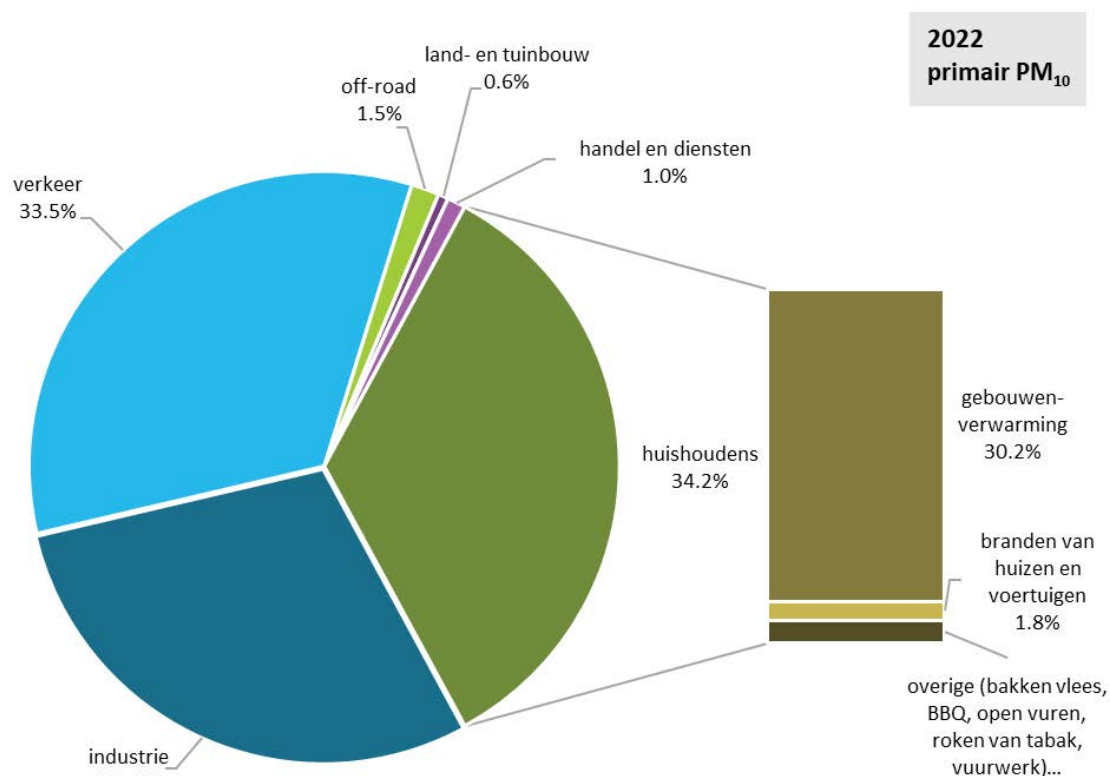
- De sector **huishoudens** was de belangrijkste bron van primair PM₁₀ in de Antwerpse agglomeratie met 34 %.
 - 30 % van de totale primaire PM₁₀-emissies komt door de huishoudelijke gebouwenverwarming, vooral door de verbranding van hout in open haarden en kachels.
- **Verkeer** was de tweede belangrijkste bron van primair PM₁₀ in de Antwerpse agglomeratie met 33 %.
 - 25 % van de totale primaire PM₁₀-emissies komt van het wegverkeer. Bijna 90 % hiervan is afkomstig van niet-uitlaatemissies, onder meer door de slijtage van remmen en banden.
 - Spoorverkeer zorgt voor bijna 7 % van de totale primaire PM₁₀-emissies (ook vooral niet-uitlaatemissies) en scheepvaart voor bijna 2 % (alleen uitlaatemissies).
- **Industrie** draagt 29 % bij aan de primaire PM₁₀-emissies in Antwerpen, waarvan de helft via diffuus stof door de bouw.

Figuur 14 toont de trend van de rechtstreeks uitgestoten (primaire) PM₁₀-emissies door de verschillende sectoren in de Antwerpse agglomeratie sinds 2005.

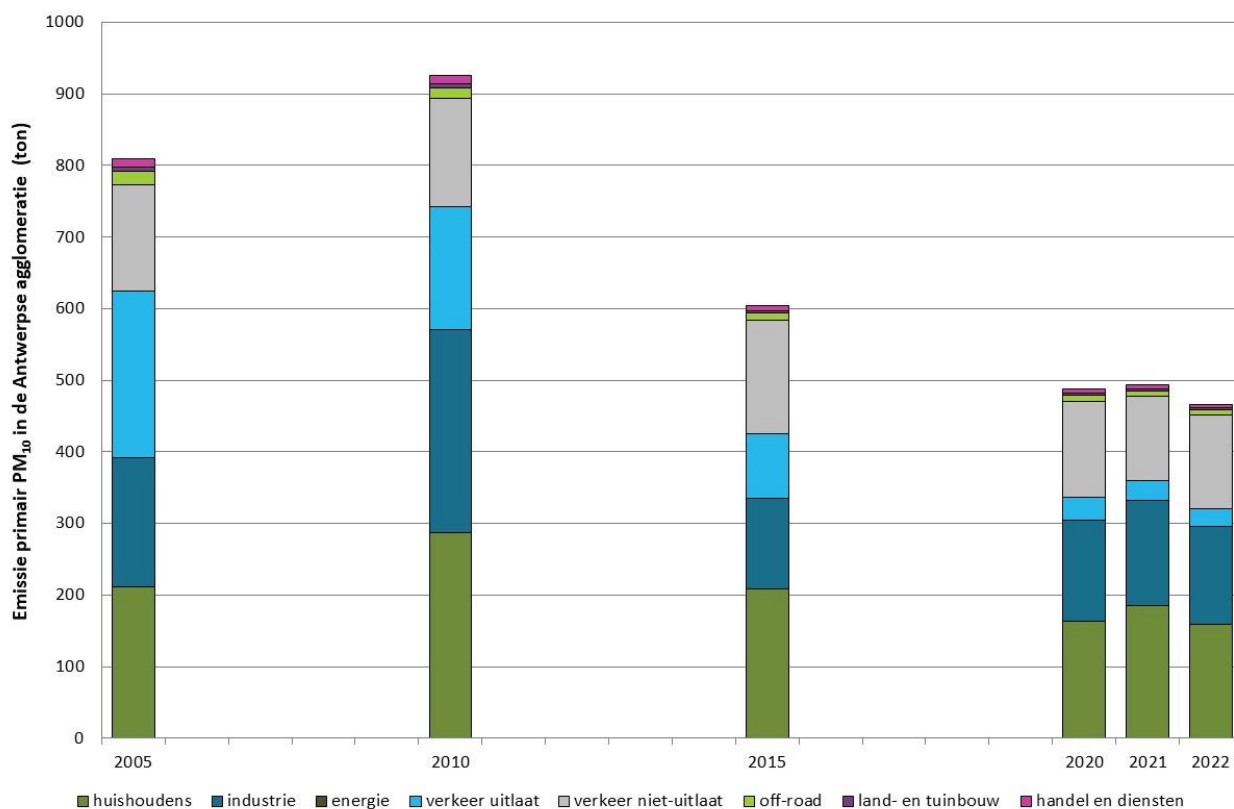
⁶ Bové H. et al. 2019. Ambient black carbon particles reach the fetal side of human placenta. *Nature Communications* 10:3866. <https://www.nature.com/articles/s41467-019-11654-3.pdf>

⁷ Bongaerts E. et al. 2022. Maternal exposure to ambient black carbon particles and their presence in maternal and fetal circulation and organs: an analysis of two independent population-based observational studies. *Lancet Planet Health*.2022; 6: e804-e811. <https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S2542-5196%2822%2900200-5>

Figuur 13: Aandeel van de sectoren in de primaire PM₁₀-emissies in de Antwerpse agglomeratie in 2022



Figuur 14: Trend van primaire PM₁₀-emissies van verschillende sectoren in de Antwerpse agglomeratie, 2005 – 2022



Bron: Team Emissie-inventaris Lucht VMM

In 2022 stootte de zone Antwerpse agglomeratie 466 ton primair PM₁₀ uit. Dit was 2,7 % van de Vlaamse primaire PM₁₀-emissies dat jaar.

Tussen 2005 en 2022 zijn de emissies van **primair PM₁₀** in de Antwerpse agglomeratie met 42 % gedaald. Deze daling komt grotendeels door minder uitlaatemissies van het wegverkeer door de introductie van milieuvriendelijkere en efficiëntere voertuigen.

Ten opzichte van het vorige jaar, 2021, dalen de primaire PM₁₀-emissies met 6 % door minder uitstoot van huishoudelijke gebouwenverwarming via houtstook. Hierbij dient echter opgemerkt te worden dat deze tendens waarschijnlijk niet correct wordt ingeschat. De emissies door houtstook zijn afhankelijk van het aantal koudedagen. In 2022 waren er minder koudedagen, waardoor de ingeschatte emissies lager waren dan in 2021. Echter de inschatting van de emissies houdt geen rekening met het effect van de energiecrisis (hoge gasprijzen) waardoor er meer mensen op houtstook zijn overgeschakeld. Dit is omdat de berekening van de houtstookemissies gebaseerd is op inputdata (onder andere kachelpark) die niet jaarlijks worden geüpdatet. Dus voor 2022 worden de houtstookemissies allicht onderschat. Bij de gemeten concentraties zagen we in 2022 immers net een stijging in pollutanten die gerelateerd zijn aan houtstook (bijvoorbeeld PAK's en PM).

In dit rapport wordt voor de berekening van de verkeersemisies voor het eerst gebruik gemaakt van de data verkregen via het model Flomovia voor de jaren 2021 en 2022. De jaarlijkse voertuigkilometers berekend via Flomovia zijn lager dan die berekend via Promovia. Dat resulteert in een neerwaartse trendbreuk vanaf 2021 in het aantal voertuigkilometer, en daarmee samengaand ook in de berekende verkeersemisies. Dit is een aandachtspunt bij de evaluatie van de trend van de verkeersemisies. Voor meer uitleg zie het grijze kader in paragraaf 3.1 en ook bijlage 5.

Fijn stof in de atmosfeer bestaat niet alleen uit primaire deeltjes die rechtstreeks worden uitgestoten maar ook uit een **secundaire fractie**. De secundaire fractie bestaat uit deeltjes die in de atmosfeer ontstaan door chemische en fysische reacties van voorlopverbindingen (precursoren). De belangrijkste precursoren zijn ammoniak (NH₃), stikstofoxides (NO_x), zwaveldioxide (SO₂) en verschillende semivluchtige organische verbindingen.

De stofdeeltjes bestaan scheikundig gezien vooral uit anorganische componenten (mineralen), organische koolstofcomponenten en elementair koolstof (roetdeeltjes). Zie ook paragraaf 4.4.4.

Ook emissies van buiten de agglomeratie (Vlaanderen, de andere gewesten, buitenland), de aard van de emissies (bijvoorbeeld de hoogte), de meteorologische omstandigheden en de topografie bepalen mee de gemeten concentraties. In Vlaanderen komt gemiddeld 63 % van de gemeten PM₁₀ uit het buitenland en de andere gewesten⁸.

Verkeer is een belangrijke lokale bron van elementair koolstof, organische massa en mineraal stof. Naast deze primaire emissies zorgt verkeer ook voor heel wat NO_x-emissies, die zich in de atmosfeer omzetten tot (secundair) fijn stof in de vorm van nitraatdeeltjes. Dit proces is vrij traag, waardoor dit zal leiden tot een regionale verhoging en niet alleen tot een lokale bijdrage.

⁸ Felix Deutsch en Wouter Lefebvre (VITO), 2019, Referentietoekenniscentrum Luchtkwaliteit, Deeltaak Import/export balans

4.2 PM₁₀-concentraties

4.2.1 Metingen automatisch meetnet

Tabel 7 toont de jaargemiddelden PM₁₀ voor de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie. Voor het derde jaar op rij mat de VMM het hoogste PM₁₀-jaargemiddelde op de meetplaats op de middenberm van de Belgiëlei, een drukke verkeersas en straat canyon.

Figuur 15 geeft de evolutie van de PM₁₀-jaargemiddelden op de verschillende meetplaatsen. Over de periode van 2013 - 2023 zagen we de eerste jaren een duidelijke daling, maar sinds 2016 schommelt het verloop en is de daling trager.

Bij vergelijking van de jaargemiddelden 2023 ten opzichte van 2022, zien we op alle meetplaatsen een daling. De daling bedraagt gemiddeld over alle Antwerpse meetplaatsen 2 µg/m³ (11 %).

Ook in de rest van Vlaanderen zagen we op alle meetplaatsen een daling in de PM₁₀-jaargemiddelden in 2023 ten opzichte van 2022.

Op de meetstations met een volledige tijdreeks zien we in de periode 2013-2023 een daling in de PM₁₀-concentraties tussen 24 % en 32 %.

Tabel 7: PM₁₀-jaargemiddelden op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2013 – 2023 (µg/m³)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Linkeroever (AL01)	25	22	22	22	22	23	21	21	21	21	19
Deurne (DU07)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19
Hoboken (HB23)	28	25	25	25	22	24	23	21	21	21	19
Luchtbal (M802)	28	25	24	24	25	27	22	21	22	23	21
Borg-achtergrond (R801)	27	26	24	23	23	24	27	23	23	23	20
Borg-straatkant (R802)	31	30	24	23	24	25	27	24	22	23	21
Park Spoor Noord (R803)	-	-	-	23	25	25	23	22	22	24	21
Ring (R804)*	-	-	-	-	26	27	23	21	22	22	19
Belgiëlei (R805)	-	-	-	22	24	28	25	23	25	26	23
Schoten (R811)	25	22	22	22	22	23	21	20	20	20	18
Groenenborgerlaan (R817)	-	-	-	23	22	22	19	20	20	22	19
Burchtse Weel (R818)	-	-	-	-	-	23	21	22	23	24	20
Van Averbekelaan (AL09)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	18
Blancefloerlaan (AL10)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22	20
Zwijndrecht-Binnenpl (ZD01)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22	21
Zwijndrecht-Neerstr (ZD08)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22	19

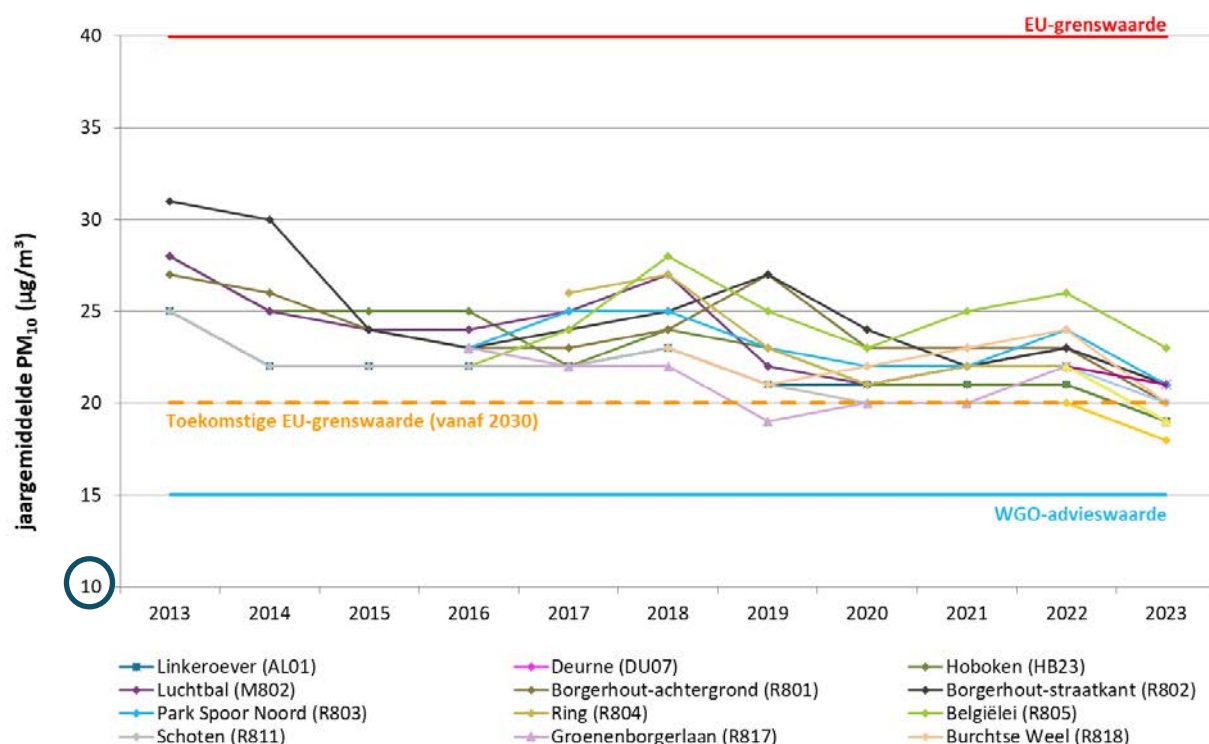
Rood: overschrijdingen van de EU-grenswaarde (40 µg/m³)

Oranje: overschrijding van de toekomstige EU-grenswaarde, geldig vanaf 2030 (20 µg/m³)

Blauw: overschrijdingen van de WGO-advieswaarde (15 µg/m³)

*: Door de ligging van deze meetplaats toetsen we dit resultaat niet aan de EU-grenswaarde.

Figuur 15: PM₁₀-jaargemiddelden op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2013 – 2023



Figuur 16 toont het verloop van de PM₁₀-dagwaarden in 2023 per meetplaats. Het globale verloop is vrij gelijkaardig op alle meetstations en wordt sterk beïnvloed door de weersomstandigheden.

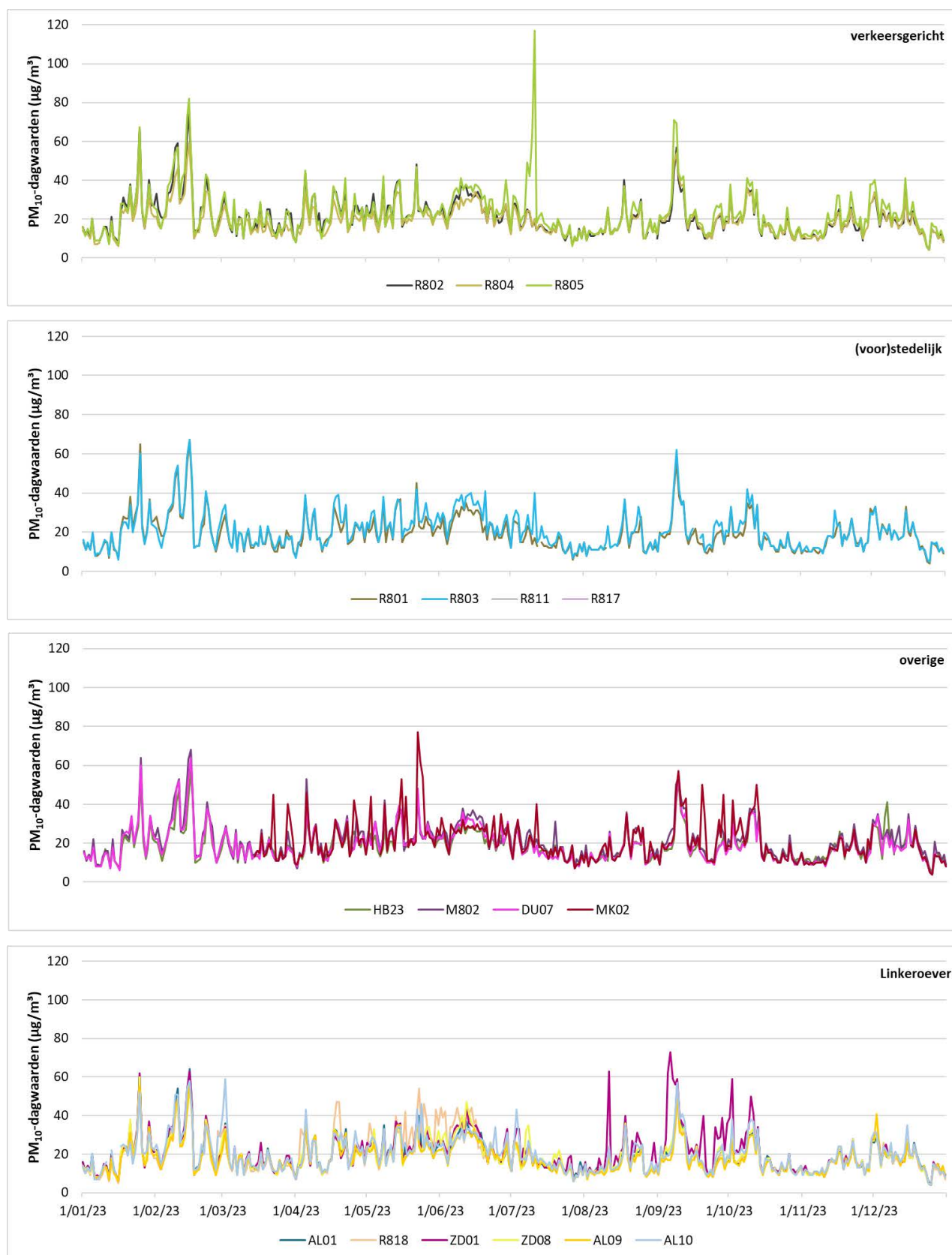
- Op de verkeersgerichte meetplaats aan de Belgiëlei (R805) zien we een hoge lokale piek in juli, toen de trambedding in de Belgiëlei vervangen werd. Bij de PM_{2,5}-fractie zien we tijdens die periode ook een verhoging, maar minder dan bij PM₁₀, wat erop wijst dat het vooral grof stof was.
- Bij de meetplaatsen op Linkeroever, die zijn opgericht in het kader van de stofbeheersingsmaatregelen rond de werken van de Oosterweelverbinding, zien we af en toe wél lokale pieken. Bij vergelijking van de PM₁₀- en PM_{2,5}-dagwaarden blijkt dat deze lokale pieken vooral grof stof zijn. Dit is het stof met een diameter tussen 2,5 en 10 µm, wat typisch is bij (her)opwaaiend stof. Zie ook hoofdstuk 5.

In februari maten we verhoogde PM₁₀-concentraties, enerzijds door ongunstige verdunningsomstandigheden ('temperatuursinversie' en lage windsnelheden) en anderzijds door meer uitstoot van huishoudelijke verwarming (met houtverbranding als belangrijkste bron) door het koude weer.

Smogepisodes

- In 2023 werd er voor 2 periodes een informatiebericht voor PM-smog rondgestuurd: voor 10 tot 11 februari en voor 15 tot 17 februari.
- Bij de eerste periode ging dit gepaard met een stookadvies van de VMM. Daarin werd afgeraden om op dagen waarop de lucht al sterk verontreinigd was deze nog extra te belasten met houtstook als bijverwarming of voor sfeerdoeleinden.
- Er werd in 2023 geen smogalarm afgekondigd die gepaard ging met een snelheidsbeperking op ringwegen en bepaalde snelwegen.

Figuur 16: Verloop van de PM₁₀-dagwaarden in 2023



4.2.2 ATMO-Street model

Op plaatsen waar de VMM niet beschikt over meetresultaten worden de concentraties geschat aan de hand van rekenkundige modellen. Voor PM₁₀ gebruikt de VMM het ATMO-Street-model. Meer uitleg en de beperkingen van dit model lees je in paragraaf 3.2.3 en bijlage 4.

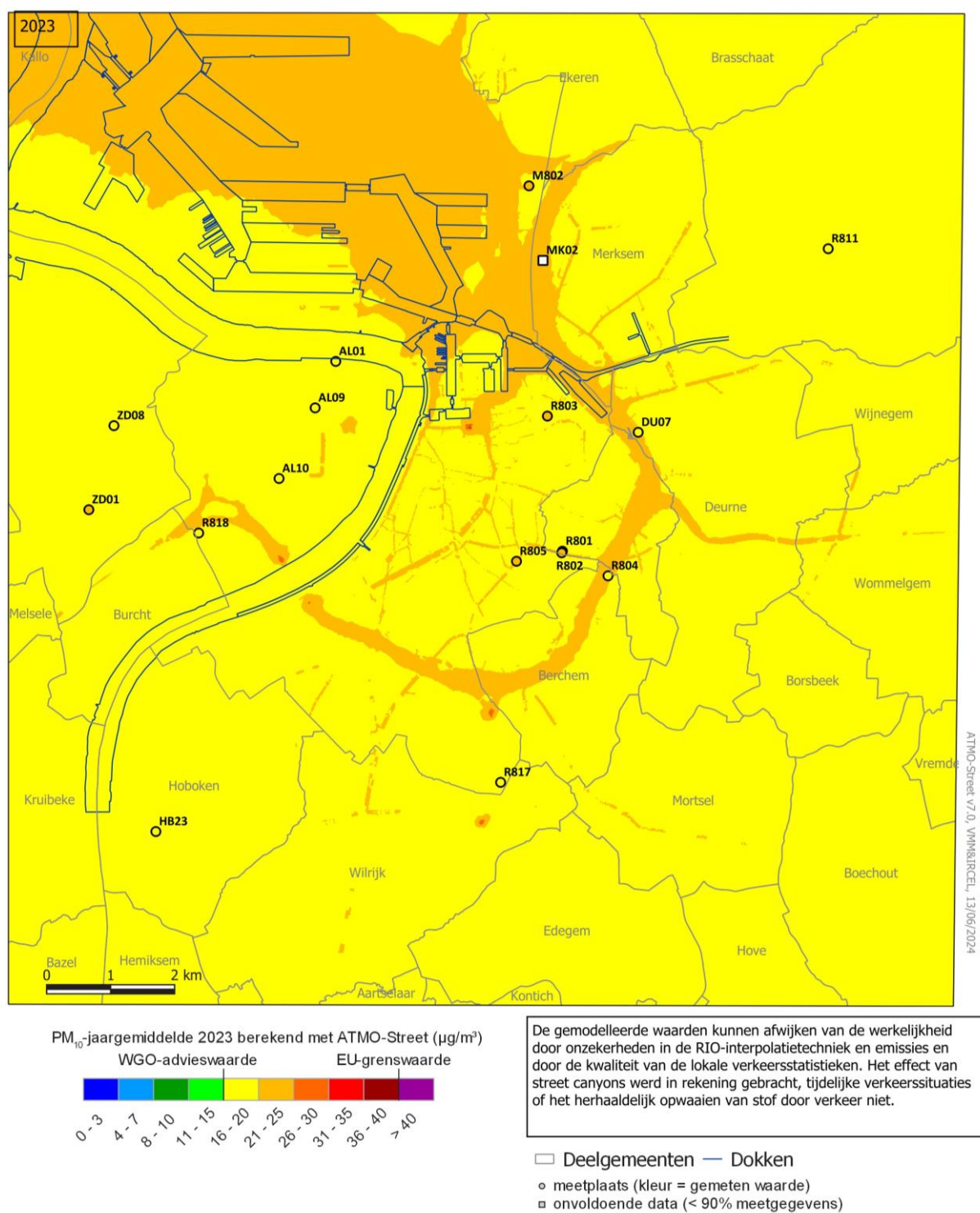
Figuur 17 toont de gemodelleerde jaargemiddelde PM₁₀-concentratie in de Antwerpse agglomeratie voor 2023. Belangrijk is dat voor de opmaak van deze gemodelleerde kaart voor 2023 de meest recent beschikbare emissiedata werden gebruikt: voor wegverkeer is dit 2023, voor industrie en scheepvaart 2022. De impact van de LEZ werd mee doorgerekend.

In de Antwerpse agglomeratie berekent het model voor 2023 overwegend een PM₁₀-concentratie tussen 16 en 20 µg/m³. Alleen langs de Antwerpse Ring, op de drukke wegen en aan de tunnelmonden berekent het model iets hogere concentraties. De oranje gebieden op de modelkaart overschrijden de toekomstige jaargrenswaarde van 20 µg/m³.

Ook in de Antwerpse haven zijn de PM₁₀-concentraties iets hoger. Hiervoor verwijzen we naar het jaarlijkse havenrapport⁹.

⁹ Rapport Antwerpse Haven: <https://www.vmm.be/feiten-cijfers/lucht/luchtkwaliteit-in-jouw-buurt/antwerpen-haven/luchtkwaliteit-in-de-antwerpse-haven>

Figuur 17: Gemodelleerd PM₁₀-jaargemiddelde in de Antwerpse agglomeratie in 2023



De regelgeving voor PM₁₀ is opgenomen in bijlage 3.

- In de periode 2013-2023 werd de huidige Europese jaargrenswaarde van 40 µg/m³ op geen enkele meetplaats in de Antwerpse agglomeratie overschreden (zie Tabel 7).
- De toekomstige Europese jaargrenswaarde van 20 µg/m³ (geldig vanaf 2030) werd in 2023 op meer dan de helft van de Antwerpse meetstations gerespecteerd.
- De WGO-advieswaarde van 15 µg/m³ werd op geen enkele meetplaats in de Antwerpse agglomeratie gerespecteerd in de periode 2013-2023. Ook in de rest van Vlaanderen werd deze advieswaarde nergens behaald.

Europa

Sinds 2014 is er geen overschrijding meer gemeten van de huidige EU-daggrenswaarde (35 dagen met een concentratie boven 50 µg/m³ toegestaan op jaarbasis) op de Antwerpse meetplaatsen.

Globaal genomen daalt het verloop van het aantal dagen met een daggemiddelde hoger dan $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, alhoewel het de laatste jaren eerder schommelt. In 2023 zien we op alle meetplaatsen een daling, uitgezonderd op Zwijndrecht-Binnenplein (ZD01).

Tabel 8: Aantal dagen met PM₁₀-concentratie > 50 µg/m³ op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2013-2023

[illegible]

Rood: overschrijdingen van de EU-grenswaarde (35 dagen > 50 µg/m³ toegelaten per jaar)

*: Door de ligging van deze meetplaats toetsen we dit resultaat niet aan de EU-grenswaarde.

De toekomstige Europese grenswaarde voor daggemiddelden (geldig vanaf 2030) laat op jaarbasis slechts 18 overschrijdingen van een daggemiddelde van 45 µg/m³ toe. In 2023 respecteerden alle Antwerpse meetstations deze grenswaarde (zie Tabel 9). In Vlaanderen werd deze grenswaarde in 2023 slechts op 1 meetplaats overschreden, namelijk in de Gentse kanaalzone.

WGO

De WGO laat maximaal 3 dagen per jaar een daggemiddelde boven 45 µg/m³ toe.

De WGO-advieswaarde werd nog nooit op een Antwerpse meetplaats behaald. In 2023 daalden op alle Antwerpse meetplaatsen het aantal dagen met een daggemiddelde hoger dan 45 µg/m³. De sterkste daling in 2023 was op de meetplaats Burchtse Weel (R818), de kleinste daling op de meetplaats in Schoten. Tegenover 10 jaar geleden is het aantal dagen met een concentratie boven 45 µg/m³ sterk gedaald.

In heel Vlaanderen respecteerden 4 (van de 43) PM₁₀-meetplaatsen de WGO-dagadvieswaarde in 2023.

Tabel 9: Aantal dagen met PM₁₀-concentratie > 45 µg/m³ op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2013-2023

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Linkeroever (AL01)	23	15	15	13	16	22	13	15	10	10	6
Deurne (DU07)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
Hoboken (HB23)	33	22	19	17	11	21	15	11	9	9	4
Luchtbal (M802)	45	26	23	20	26	29	11	11	14	15	8
Borg-achtergrond (R801)	35	26	21	14	15	21	34	20	18	18	6
Borg-sraatkant (R802)	46	42	22	19	24	21	34	23	15	19	8
Park Spoor Noord (R803)	-	-	-	16	28	21	13	13	13	20	7
Ring (R804)*	-	-	-	-	24	29	17	13	12	14	7
Belgiëlei (R805)	-	-	-	14	24	29	27	17	23	25	13
Schoten (R811)	24	22	20	14	19	15	10	9	9	8	6
Groenenborgerlaan (R817)	-	-	-	19	12	15	5	7	8	11	5
Burchtse Weel (R818)	-	-	-	-	-	14	9	20	21	26	8
Van Averbekelaan (AL09)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	4
Blancefloerlaan (AL10)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	8
Zwijndrecht-Binnenpl (ZD01)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	12
Zwijndrecht-Neerstr (ZD08)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21	6

Oranje: overschrijdingen van de toekomstige EU-grenswaarde, geldig vanaf 2030 (18 dagen > 45 µg/m³ toegelaten per jaar)

Blauw: overschrijdingen van de WGO-advieswaarde (3 dagen > 45 µg/m³ toegelaten per jaar)

*: Door de ligging van deze meetplaats toetsen we dit resultaat niet aan de EU-grenswaarde.

4.2.4 Pollutierozen

Figuur 18 geeft de (zero)pollutierozen voor PM₁₀ voor de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie. De pollutierozen van de 4 meetplaatsen in kader van de PFAS-problematiek op Linkeroever en in Zwijndrecht zijn apart besproken in hoofdstuk 5 en weergegeven in Figuur 55. Een algemene uitleg over de methodiek van pollutierozen lees je in bijlage 4.

Typisch hebben de pollutierozen van PM₁₀ voor alle meetplaatsen een erg gelijkaardige, cirkelvormige vorm. Dit wijst erop dat de concentraties voor een zeer groot deel bepaald worden door regionale factoren: invoer van buiten Vlaanderen en secundaire vorming van fijn stof in de atmosfeer door chemische of fysische processen. Lokale bronnen zijn minder zichtbaar in de PM₁₀-pollutierozen.

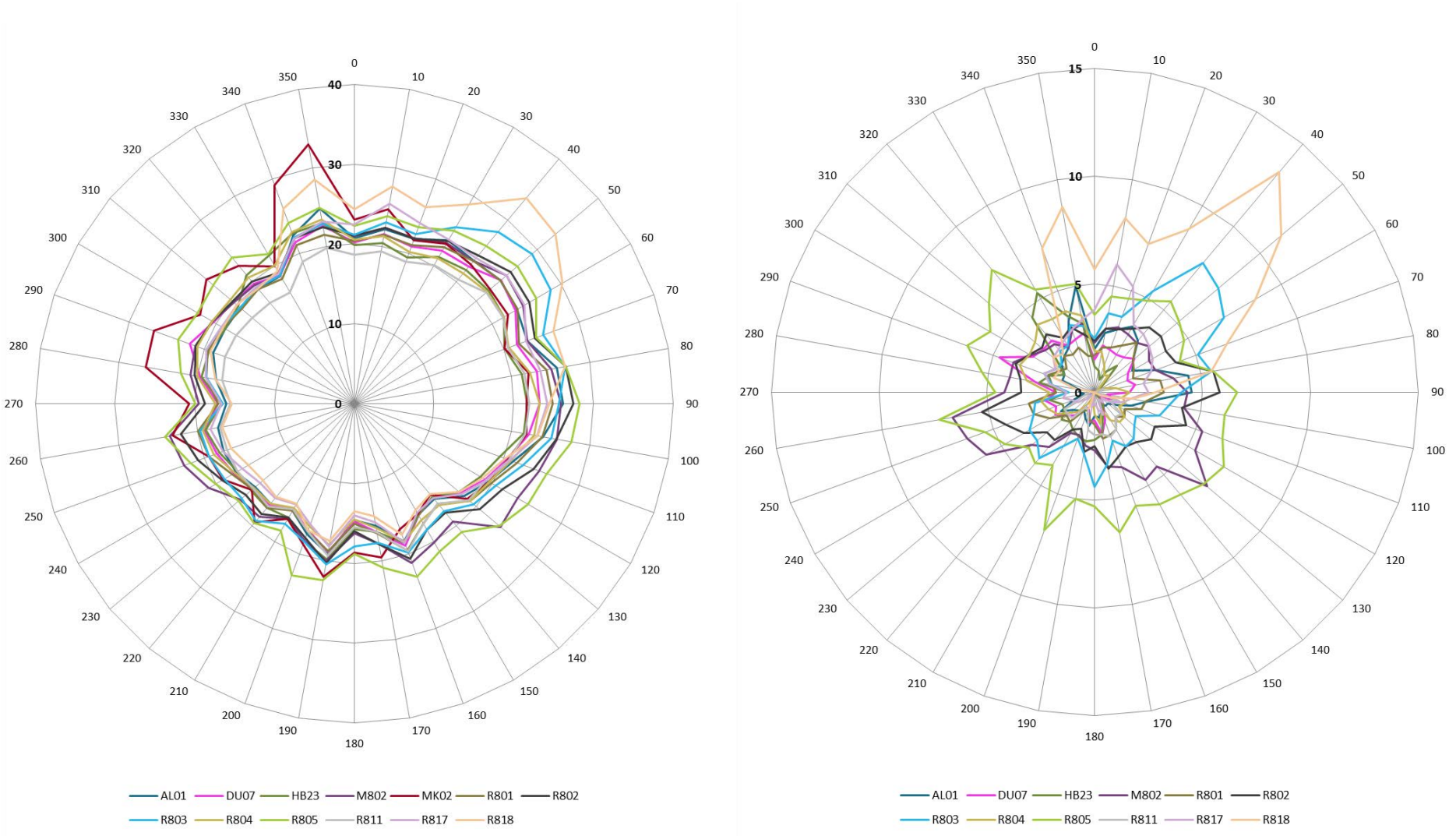
Op elke jaargemiddelde pollutieroos zien we hogere concentraties van noordoostelijke tot zuidoostelijke richting op alle meetplaatsen. Deze hogere concentraties komen niet door lokale bronnen, maar zijn een regionaal fenomeen. Vanuit oostelijke richting is er aanvoer van continentale, meer vervuilde lucht.

De bespreking per meetplaats wordt hier beperkt tot de locaties waar er een duidelijke lokale bijdrage op de zeroroos wordt gezien:

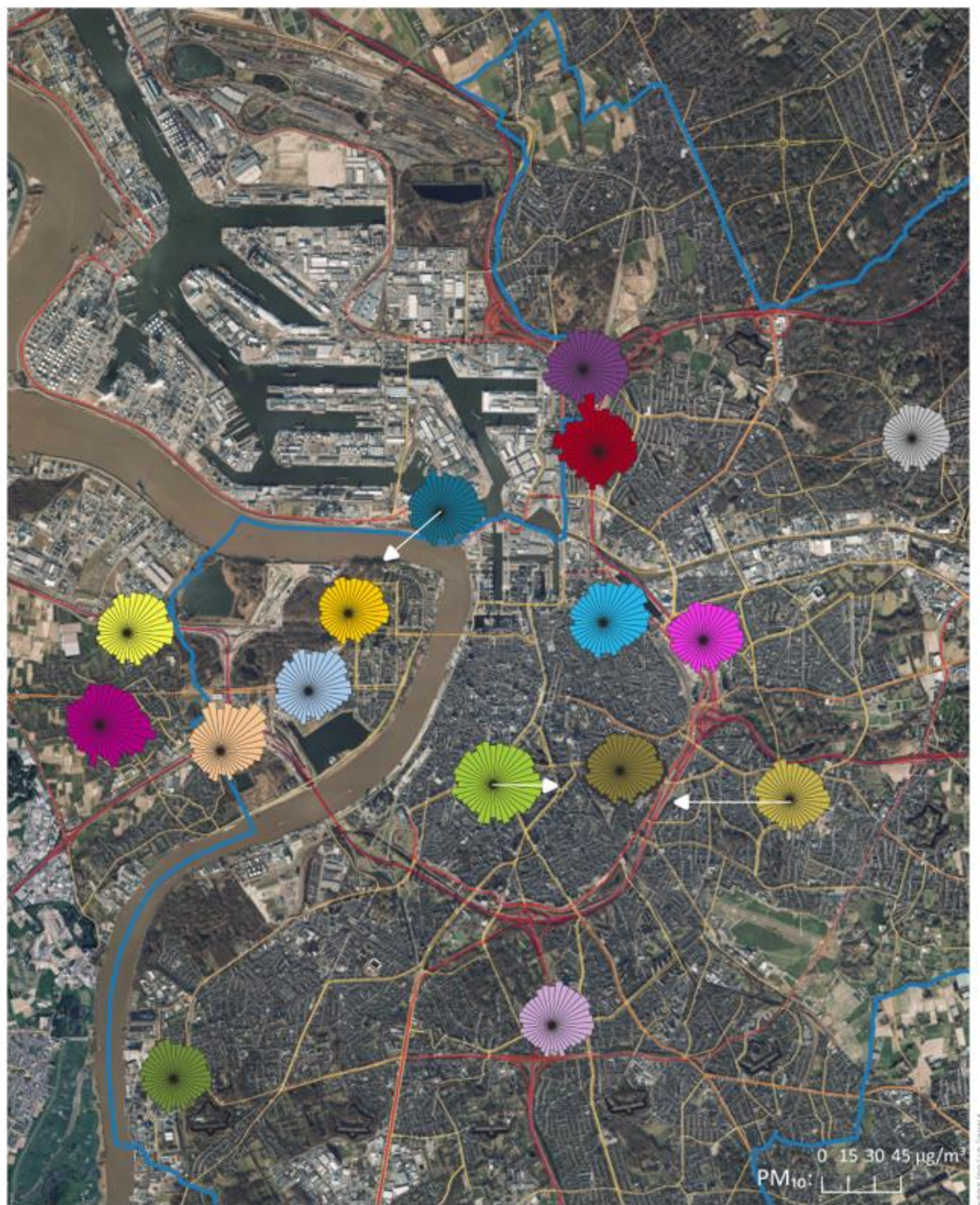
- **M802:** op de zero-roos van de meetplaats Luchtbal zien we een lokale verhoging uit het zuidwesten (Havanastraat, Noorderlaan) en het zuidoosten (werf Oosterweelwerken).
- **MK02:** Op de meetplaats in de wijk Lambrechtshoeken meten we verhoogde concentraties vanuit het westen tot het noorden. In deze richting ligt de werf van de Oosterweelwerken. Dit zien we veel minder bij $PM_{2,5}$, wat aantoont dat deze lokale verhoging vooral grof stof (= deeltjes tussen 2,5 en $10\text{ }\mu\text{m}$) bevat, wat typisch is bij opwaaiend bodemstof of stof van breek- of bouwwerken.
- **R802:** De zero-roos van het meetstation aan de straatkant van de Plantin en Moretuslei toont verhogingen uit nagenoeg alle windrichtingen (uitgezonderd het noorden) door het omringende verkeer.
- **R803:** Op de meetplaats in Park Spoor Noord zien we een verhoging van PM_{10} uit het noordoosten. Waarschijnlijk is deze vooral het gevolg van opwaaiend stof door activiteiten in het park en van het nabije spoorverkeer.
- **R804:** Daar waar het meetstation aan de Ring duidelijk lokale verhogingen meet voor de sterk verkeersgerelateerde pollutanten NO_2 , NO en BC, zien we dit niet op de pollutieroos voor PM_{10} .
- **R805:** Dit meetstation ligt op de middenberm van de Belgiëlei en meet lokale verhogingen van PM_{10} vanuit meerdere windrichtingen.
- **R818:** Op de meetplaats aan de Burchtse Weel zien we een sterke, lokale verhoging uit noordelijke tot noordoostelijke richting, waar er werken voor de Oosterweelverbinding plaatsvinden. Dit zien we veel minder bij $PM_{2,5}$, wat aantoont dat deze lokale verhoging vooral grof stof (= deeltjes tussen 2,5 en $10\text{ }\mu\text{m}$) bevat, wat typisch is bij heropwaaiend bodemstof.

Figuur 19 toont de pollutierozen voor PM₁₀ voor 2023 op kaart.

Figuur 18: Pollutierozen voor PM₁₀ voor de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie in 2023 (µg/m³): klassieke roos (links) en zeroeroos (rechts)



Figuur 19: Pollutierozen PM₁₀ voor de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie in 2023



Pollutierozen PM₁₀ op meetplaatsen Antwerpse agglomeratie 2023

AL01	DU07	MK02	R803	R811	ZD01
AL09	HB23	R801	R804	R817	ZD08
AL10	M802	R802	R805	R818	

4.3 Emissie van PM_{2.5}

De meest recent beschikbare emissiedata zijn die voor 2022.

Onderstaande figuren geven de cijfers weer van het rechtstreeks uitgestoten, primair PM_{2,5}-stof.

Figuur 20 toont het aandeel van de sectoren in de emissies van **primair PM_{2.5}** in 2022.

- 47 % van de emissies van primair PM_{2,5} in de Antwerpse agglomeratie komt van huishoudens.
 - 41 % van de totale primaire PM_{2,5}-emissies komt van gebouwenverwarming, vooral van houtverbranding.
- 30 % komt van verkeer.
 - 22 % van de totale primaire PM_{2,5}-emissies komt van het wegverkeer, 6 % van het spoorverkeer en 2 % van de scheepvaart.

De bijdrage van het verkeer is - zowel relatief als absoluut - minder dan voor PM₁₀. Dit is door het verschil in niet-uitlaatemissies, die een stuk lager zijn bij PM_{2,5}. De niet-uitlaatemissies van de slijtage van remmen en banden en het wegdek bestaan voor een deel uit deeltjes groter dan 2,5 µm. Sinds 2017 leveren ook bij PM_{2,5} de niet-uitlaatemissies de grootste bijdrage aan de verkeersemisies. In 2022 dragen de niet-uitlaatemissies 75 % bij.

Figuur 21 toont de trend van de rechtstreeks uitgestoten (primaire) PM_{2,5}-emissies door de verschillende sectoren in de Antwerpse agglomeratie.

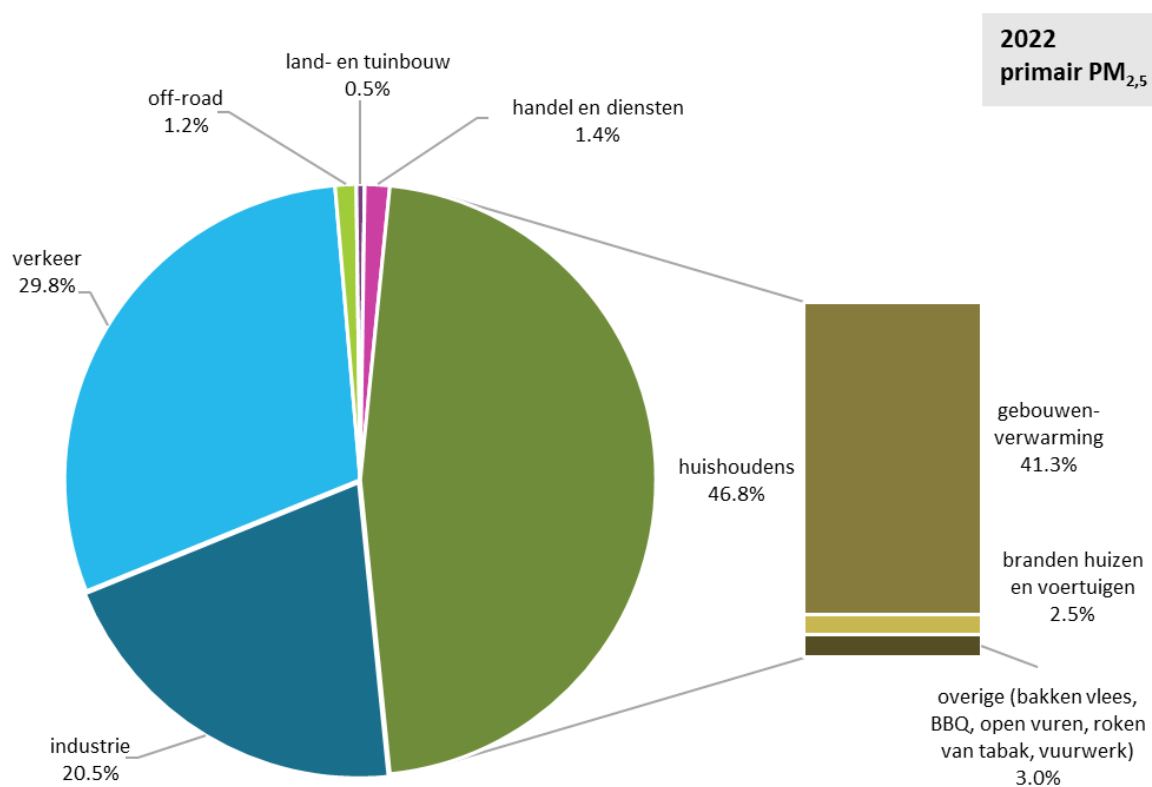
De primaire PM_{2,5}-emissies in de zone Antwerpse agglomeratie bedroegen 333 ton in 2022. Dit is 3,2 % van de totale Vlaamse primaire PM_{2,5}-emissies.

Tussen 2005 en 2022 zijn de emissies van **primaire PM_{2,5}** in de Antwerpse agglomeratie met 50 % gedaald. Zoals voor PM₁₀ daalden deze vooral door minder uitlaatemissies van het wegverkeer door de introductie van milieuvriendelijkere en efficiëntere voertuigen. Ook de uitstoot door gebouwenverwarming van huishoudens daalde met een kwart in die periode.

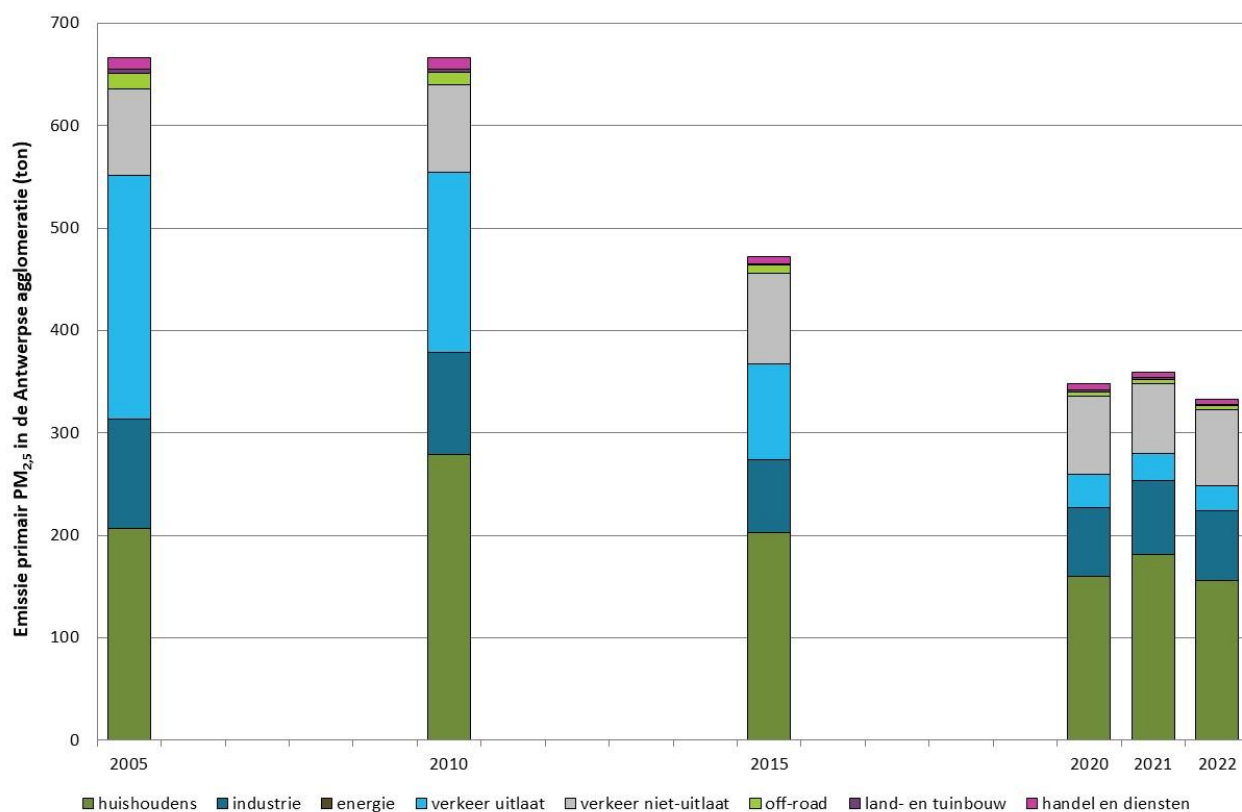
Ten opzichte van 2021 zijn de primaire PM_{2,5}-emissies met 7 % gedaald in Antwerpen, dankzij lagere uitstoot van huishoudelijke verwarming via houtstook. Hierbij dient echter opgemerkt te worden dat deze tendens wwaarschijnlijk niet correct wordt ingeschat. De emissies door houtstook zijn afhankelijk van het aantal koudedagen. In 2022 waren er minder koudedagen, waardoor de ingeschatte emissies lager waren dan in 2021. Echter de inschatting van de emissies houdt geen rekening met het effect van de energiecrisis (hoge gasprijzen) waardoor er meer mensen op houtstook zijn overgeschakeld. Dit is omdat de berekening van de houtstookemissies gebaseerd is op inputdata (onder andere kachelpark) die niet jaarlijks worden geüpdatet. Dus voor 2022 worden de houtstookemissies allicht onderschat. Bij de gemeten concentraties zagen we in 2022 immers net een stijging in pollutanten die gerelateerd zijn aan houtstook (bijvoorbeeld PAK's en PM).

Voor de verkeersemissies wordt er in dit rapport voor het eerst gebruik gemaakt van de data verkregen via het model Flomovia voor de jaren 2021 en 2022. De jaarlijkse voertuigkilometers berekend via Flomovia zijn lager dan die berekend via Promovia. Dat resulteert in een neerwaartse trendbreuk vanaf 2021 in het aantal voertuigkilometer, en daarmee samengaan ook in de berekende verkeersemissies. Dit is een aandachtspunt bij de evaluatie van de trend van de verkeersemissies. Voor meer uitleg zie het grijze kader in paragraaf 3.1 en ook bijlage 5.

Figuur 20: Aandeel van de sectoren in de emissies primair PM_{2,5} in de Antwerpse agglomeratie in 2022



Figuur 21: Trend van primaire PM_{2,5}-emissies van verschillende sectoren in de Antwerpse agglomeratie, 2005-2022



Bron: Team Emissie-inventaris Lucht VMM

Zoals al aangehaald bij PM₁₀, bestaat fijn stof in de atmosfeer niet alleen uit primaire deeltjes die rechtstreeks worden uitgestoten, maar ook uit een **secundaire fractie**. De secundaire fractie bestaat uit deeltjes die in de atmosfeer ontstaan door chemische en fysische reacties.

Ook emissies van buiten de agglomeratie (Vlaanderen, de andere gewesten, buitenland) bepalen mee de gemeten concentraties in de Antwerpse agglomeratie. Zo komt in Vlaanderen gemiddeld 60 % van PM_{2,5} uit het buitenland en de andere gewesten¹⁰.

4.4 PM_{2,5}-concentraties

4.4.1 Metingen automatisch meetnet

Tabel 10 geeft de jaargemiddelden PM_{2,5} voor de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2013-2023.

Figuur 22 toont de evolutie van de PM_{2,5}-jaargemiddelden op de verschillende meetplaatsen.

Tabel 10: PM_{2,5}-jaargemiddelden op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2013 – 2023 (µg/m³)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Linkeroever (AL01)	-	-	13	13	14	14	13	11	12	11	10
Deurne (DU07)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
Hoboken (HB23)	-	-	15	15	13	14	13	11	12	11	10
Luchtbal (M802)	-	-	14	14	14	14	12	11	12	11	11
Borg-achtergrond (R801)	18	16	15	14	14	14	13	11	12	11	9
Borg-sraatkant (R802)	19	16	15	15	15	14	14	12	12	13	11
Park Spoor Noord (R803)	-	-	-	14	15	15	13	11	12	13	11
Ring (R804)*	-	-	-	-	16	16	14	11	12	11	10
Belgiëlei (R805)	-	-	-	13	14	15	14	12	13	13	12
Schoten (R811)	17	15	14	13	14	13	12	11	12	11	9
Groenenborgerlaan (R817)	-	-	-	14	13	13	11	11	11	11	10
Burchtse Weel (R818)	-	-	-	-	-	13	11	10	11	11	10
Van Averbekelaan (AL09)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	10
Blancefloerlaan (AL10)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	10
Zwijndrecht-Binnenpl (ZD01)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	11
Zwijndrecht-Neerstr (ZD08)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	10

Rood: overschrijdingen van de EU-grenswaarde (25 µg/m³)

Oranje: overschrijdingen van de toekomstige EU-grenswaarde, geldig vanaf 2030 (10 µg/m³)

Blauw: overschrijdingen van de WGO-advieswaarde (5 µg/m³)

*: Door de ligging van deze meetplaats toetsen we dit resultaat niet aan de EU-grenswaarde.

Over de periode van 2013-2023 daalden de PM_{2,5}-jaargemiddelden geleidelijk. Van jaar tot jaar zien we wel een schommeling.

In 2023 zien we op de meeste Antwerpse meetplaatsen een daling ten opzichte van 2022. Enkel op twee meetplaatsen noteren we een status-quo (M802 en AL10).

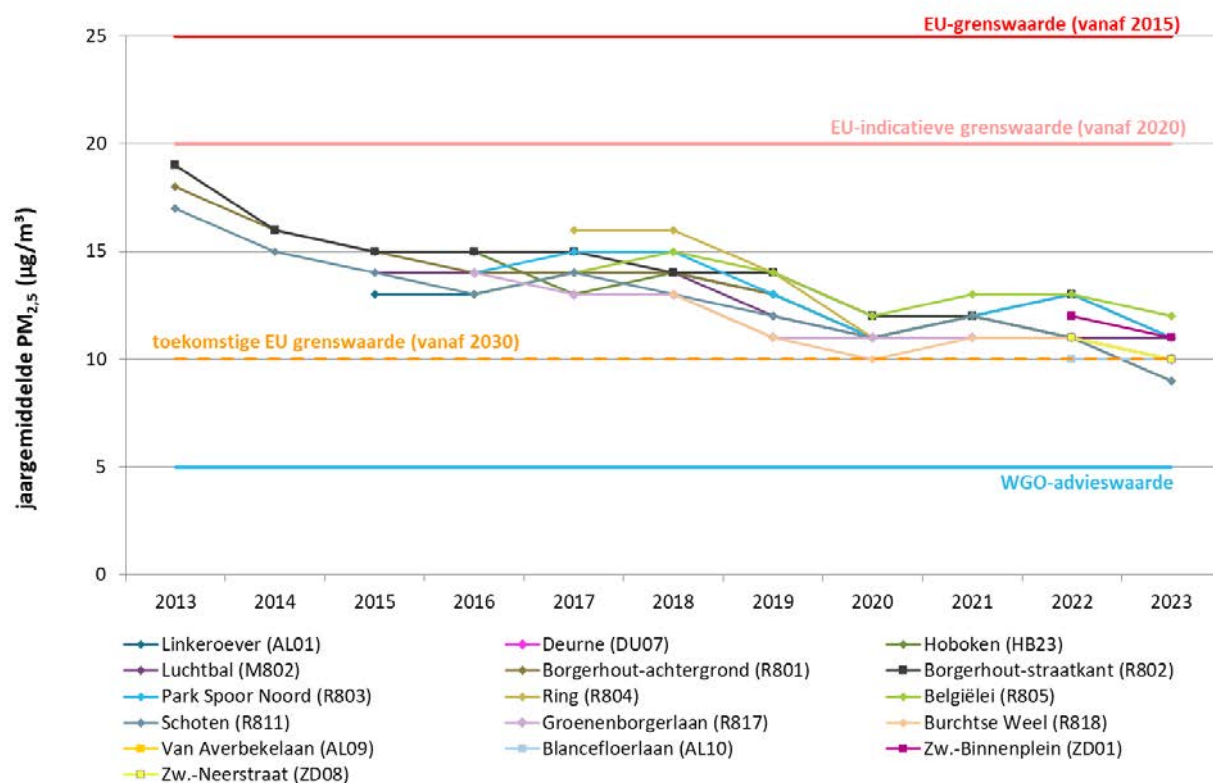
Een gelijkaardig beeld zien we in de rest van Vlaanderen: bijna alle meetplaatsen vertonen een daling in 2023, slechts enkele meetplaatsen een status-quo. Naast dalende uitstoot droeg het gunstige weer in 2023 sterk bij aan deze daling.

De jaargemiddelden op verkeersgerichte meetplaatsen verschillen weinig van deze op de achtergrondmeetplaatsen. Dit duidt op het belang van de achtergrondconcentratie bij PM_{2,5}.

¹⁰ Felix Deutsch en Wouter Lefebvre (VITO), 2019, Referentietraak Kenniscentrum Luchtkwaliteit, Deeltaak Import/export balans

Op de meetstations met een volledige tijdreeks zien we bijna een halvering in de jaargemiddelden (daling tussen 42 % en 50 %) tussen 2013 en 2023.

Figuur 22: PM_{2,5}-jaargemiddelden op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2013 – 2023



4.4.2 ATMO-Street model

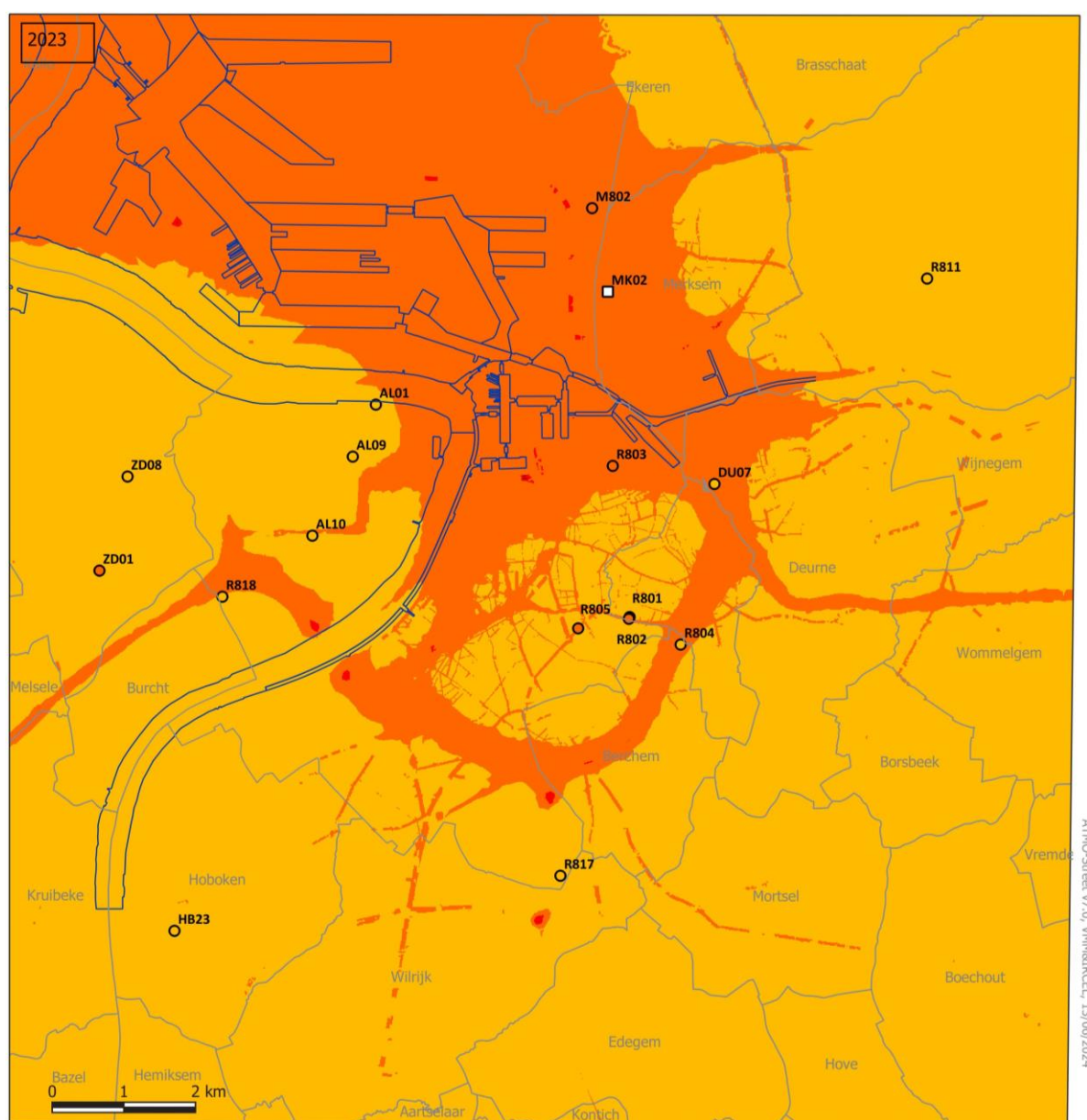
Op plaatsen waar de VMM niet beschikt over meetresultaten schatten we de concentraties in aan de hand van rekenkundige modellen. Voor PM_{2,5} gebruikt de VMM het ATMO-Street-model. Meer uitleg en de beperkingen van dit model lees je in paragraaf 3.2.3 en bijlage 4.

Figuur 23 toont de gemodelleerde jaargemiddelde PM_{2,5}-concentratie in de Antwerpse agglomeratie en omgeving in 2023. De impact van de LEZ werd mee doorerekend.

De gemodelleerde PM_{2,5}-concentraties liggen in de Antwerpse agglomeratie overwegend tussen 7,6 en 10,5 µg/m³ in 2023. Iets hogere concentraties worden gemodelleerd langs de Ring en de belangrijkste verkeersassen. Ook de tunnelmonden zijn zichtbaar op de kaart.

Beide meetstations nabij de Antwerpse Ring (DU07, R804) hebben een lager gemeten jaargemiddelde dan gemodelleerd, dus mogelijks overschat het model in 2023 de reikwijdte van de invloed van de Ring.

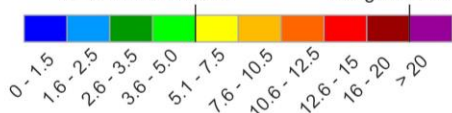
Figuur 23: Gemodelleerd PM_{2,5}-jaargemiddelde in de Antwerpse agglomeratie in 2023



PM_{2,5}-jaargemiddelde 2023 berekend met ATMO-Street (µg/m³)

WGO-advieswaarde

EU-grenswaarde



De gemodelleerde waarden kunnen afwijken van de werkelijkheid door onzekerheden in de RIO-interpolatietechniek en emissies en door de kwaliteit van de lokale verkeersstatistieken. Het effect van straatcanyons werd in rekening gebracht, tijdelijke verkeerssituaties of het herhaaldelijk opwaaien van stof door verkeer niet.

□ Deelgemeenten — Dokken

○ meetplaats (kleur = gemeten waarde)

□ onvoldoende data (< 90% meetgegevens)

De regelgeving voor PM_{2.5} is opgenomen in bijlage 3.

Europa

De toekomstige Europese jaargrenswaarde van 10 µg/m³ (geldig vanaf 2030) werd in 2023 op meer dan de helft van de Antwerpse meetplaatsen behaald.

De WGO-advieswaarde van 5 µg/m³ voor het jaargemiddelde wordt in 2023 op alle Antwerpse meetplaatsen overschreden. Dit is ook zo in de rest van Vlaanderen.

Europa

Bij toetsing van de data van 2023 met de toekomstige Europese daggrenswaarde noteren we op 2 verkeersgerichte Antwerpse meetplaatsen een overschrijding.

Tabel 11: Aantal dagen met PM_{2,5}-concentratie > 25 µg/m³ op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie in 2023

	2023
Linkeroever (AL01)	12
Deurne (DU07)	13
Hoboken (HB23)	9
Luchtbal (M802)	17
Borg-achtergrond (R801)	14
Borg-sraatkant (R802)	19
Park Spoor Noord (R803)	17
Ring (R804)*	9
Belgiëlei (R805)	25
Schoten (R811)	16
Groenenborgerlaan (R817)	12
Burchtse Weel (R818)	11
Van Averbekelaan (AL09)	11
Blancefloerlaan (AL10)	7
Zwijndrecht-Binnenpl (ZD01)	14
Zwijndrecht-Neerstr (ZD08)	10

*: Door de ligging van deze meetplaats toetsen we dit resultaat niet aan de EU-grenswaarde.

De WGO-advieswaarde voor daggemiddelden (per jaar maximaal 3 dagen met een daggemiddelde boven 15 µg/m³) ligt ver buiten bereik op de Antwerpse meetplaatsen. Dit is ook zo in de rest van Vlaanderen.

Tabel 12 toont per meetplaats het aantal dagen dat er een PM_{2,5}-daggemiddelde hoger dan 15 µg/m³ werd gemeten voor de periode 2013-2023.

Op lange termijn zien we een daling in het aantal dagen met een PM_{2,5}-daggemiddelde hoger dan 15 µg/m³. De resultaten schommelen wel van jaar tot jaar, door de invloed van de weersomstandigheden en soms door lokale invloeden (bijvoorbeeld wegenwerken).

Tabel 12: Aantal dagen met PM_{2,5}-concentratie > 15 µg/m³ op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2013-2023

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Linkeroever (AL01)	-	-	84	103	104	108	94	75	85	73	56
Deurne (DU07)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58
Hoboken (HB23)	-	-	115	114	93	108	98	73	80	67	48
Luchtbal (M802)	-	-	103	105	105	116	94	74	83	70	67
Borg-achtergrond (R801)	149	139	103	99	105	100	96	73	73	72	39
Borg-sraatkant (R802)	155	140	112	119	110	118	115	84	85	87	69
Park Spoor Noord (R803)	-	-	-	103	118	125	101	77	89	87	67
Ring (R804)*	-	-	-	-	134	142	111	80	85	72	51
Belgiëlei (R805)	-	-	-	99	100	123	105	80	106	93	85
Schoten (R811)	138	115	96	102	93	91	82	71	77	73	32
Groenenborgerlaan (R817)	-	-	-	116	94	94	88	73	74	77	54
Burchtse Weel (R818)	-	-	-	-	-	97	79	66	64	70	55
Van Averbekelaan (AL09)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58	53
Blancefloerlaan (AL10)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	51	50
Zwijndrecht-Binnenpl (ZD01)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	69	62
Zwijndrecht-Neerstr (ZD08)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64	56

Blauw: overschrijdingen van de WGO-advieswaarde (3 dagen > 15 µg/m³ toegelaten per jaar)

*: Door de ligging van deze meetplaats toetsen we dit resultaat niet aan de EU-grenswaarde.

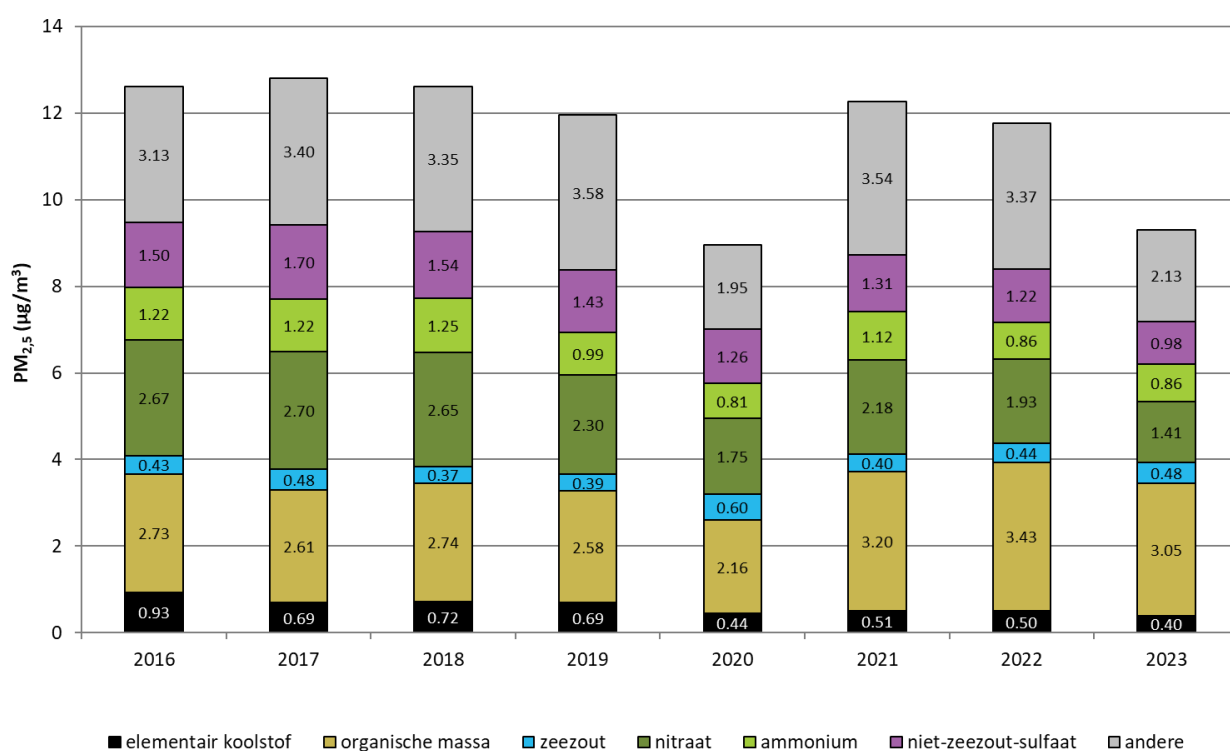
4.4.4 Chemische samenstelling van PM_{2,5}

De VMM bepaalt de chemische samenstelling van PM_{2,5} op 3 meetlocaties¹¹, waaronder sinds 2016 ook de meetlocatie Borgerhout-achtergrond (R801). De 2 andere locaties zijn Gent-Baudelohof en de achtergrondmeetplaats in Retie. Elke dag bemonsterde de VMM de PM_{2,5}-fractie op filters met de gravimetrische referentiemethode. Daarna voerde de VMM om de 4 dagen (= op 1 van de 4 stalen) een chemische analyse uit in het labo. Over een heel jaar gaat dit over ongeveer 90 geanalyseerde filters.

In 2023 bestond de PM_{2,5}-fractie in Borgerhout-achtergrond (R801) gemiddeld uit:

- 35 % secundaire anorganische ionen (= som van ammonium, nitraat en niet-zeezout-sulfaat)
- 33 % organische massa (= koolstofbevattende deeltjes die onder andere ontstaan bij houtverbranding)
- 4 % elementair koolstof (= dieselroet)
- 5 % zeezout
- 23 % andere (onder andere aan stofdeeltjes gebonden water en mineraal stof)

Figuur 24: Chemische samenstelling van PM_{2,5} in Borgerhout-achtergrond (R801), 2016-2023 (µg/m³)



Vergeleken met het jaar voordien zien we in 2023 een duidelijke daling in de totale PM_{2,5}-concentratie. Alle deelfracties vertonen een daling, behalve zeezout.

¹¹ <https://www.vmm.be/feiten-cijfers/lucht/overzicht-per-vervuilende-stof/fijn-stof/indicator-chemische-samenstelling-pm2-5>

- In vergelijking met de landelijke meetplaats in Retie heeft Borgerhout (net als Gent) een hogere gemiddelde concentratie voor elementair koolstof en organische massa. Dit is een gevolg van lokale bijdragen door verkeer, gebouwenverwarming en mogelijk ook deeltjes die vrijkomen bij het koken.

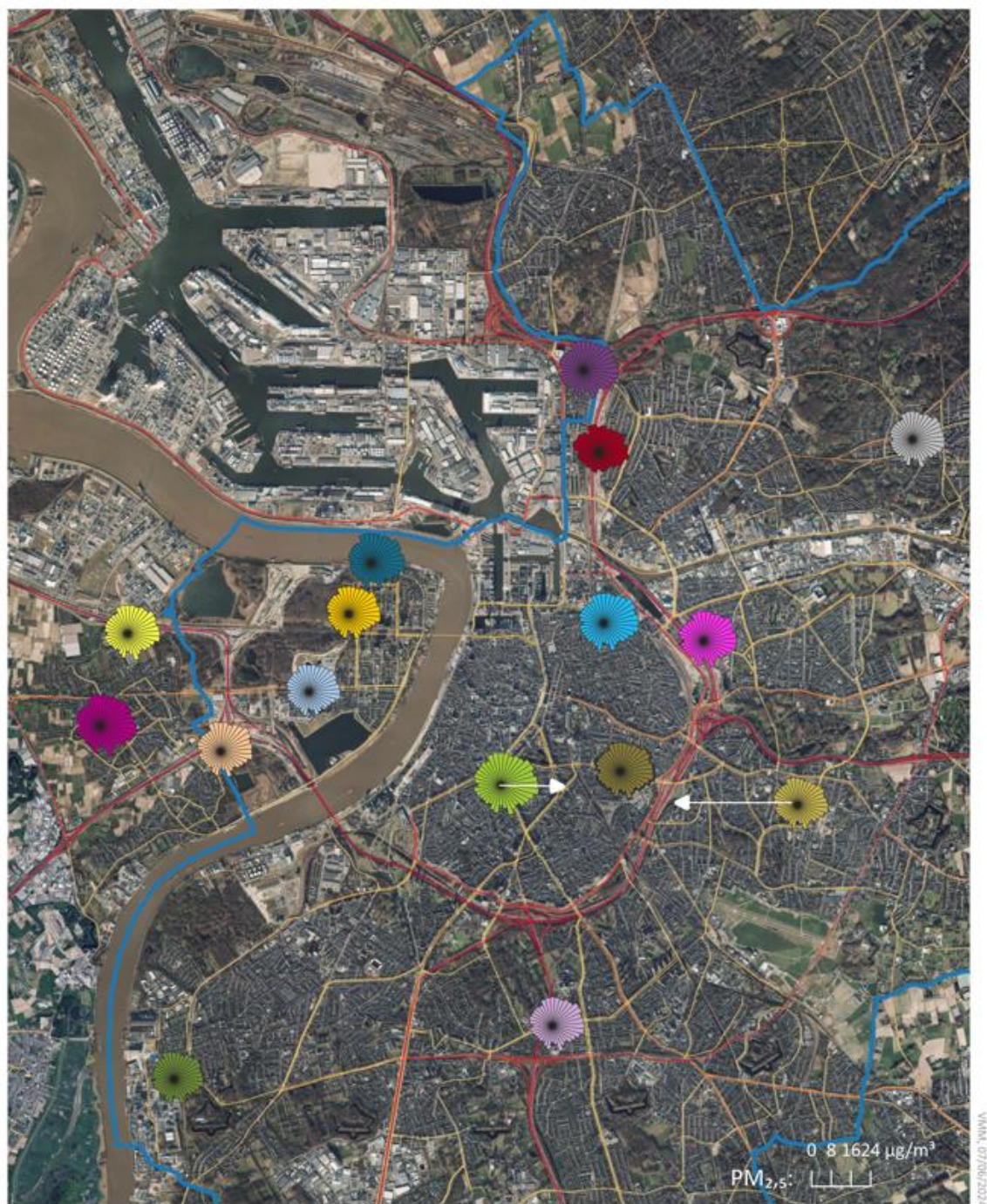
Figuur 25 toont de (zero)pollutierozen voor PM_{2,5} voor de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie. De pollutierozen van de 4 meetplaatsen in kader van de PFAS-problematiek op Linkeroever en in Zwijndrecht zijn apart besproken in hoofdstuk 5 en weergegeven in Figuur 55. Een algemene uitleg over de methodiek van pollutierozen lees je in bijlage 4.

- Voor Merkssem (MK02) zien we in sommige sectoren lichte afwijkingen ten opzichte van de overige meetplaatsen, wat kan komen doordat deze meetplaats pas midden maart 2023 werd opgestart (76 % data). Bijvoorbeeld de verhogingen vanuit sectoren 160° en 190-200° zijn door de latere opstart niet te zien op de roos in Merkssem.

De verschillen in absolute concentraties tussen de meetlocaties zijn klein: de regionale achtergrond is belangrijker dan de lokale invloed.

- Figuur 26 toont de pollutierozen voor PM_{2.5} voor 2023 op kaart.

Figuur 26: Pollutierozen PM_{2,5} voor de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie in 2023



Pollutierozen PM_{2,5} op meetplaatsen Antwerpse agglomeratie 2023

AL01	DU07	MK02	R803	R811	ZD01
AL09	HB23	R801	R804	R817	ZD08
AL10	M802	R802	R805	R818	

0 1.000 2.000 m

4.5 Emissies van elementair koolstof

Elementair koolstof bevindt zich vooral in de fijne fractie van het fijn stof. Het is een maat voor de roetconcentratie in de omgevingslucht. Deze deeltjes ontstaan bij onvolledige verbranding van fossiele brandstoffen, biomassa en biobrandstof.

Het verschil in terminologie tussen elementair koolstof (EC) en zwarte koolstof (BC) heeft te maken met de fysische of chemische eigenschappen van de deeltjes, die tot uiting komen bij het meten van deze pollutanten. De meettechniek voor het bepalen van zwarte koolstof maakt gebruik van de lichtabsorptiecapaciteiten van de deeltjes. Voor elementair koolstof wordt een thermische analysemethode gebruikt. Het gaat dus om zeer sterk aan elkaar verwante componenten, maar door de verschillende meetmethode zit er toch een variatie in de gemeten hoeveelheden.

De emissiedata betreffen elementair koolstof. De resultaten van de luchtkwaliteitsmetingen gaan over zwarte koolstof.

De emissies van EC zijn rechtstreeks gelinkt aan de PM_{2,5}-emissies. De berekening van de EC-emissies gebeurt aan de hand van percentages van de hoeveelheid PM_{2,5} uit literatuur of uit metingen.

Figuur 27 toont het aandeel van de sectoren in de emissies van elementair koolstof in 2022.

In de Antwerpse agglomeratie leveren volgende sectoren de grootste bijdrage aan EC-emissies:

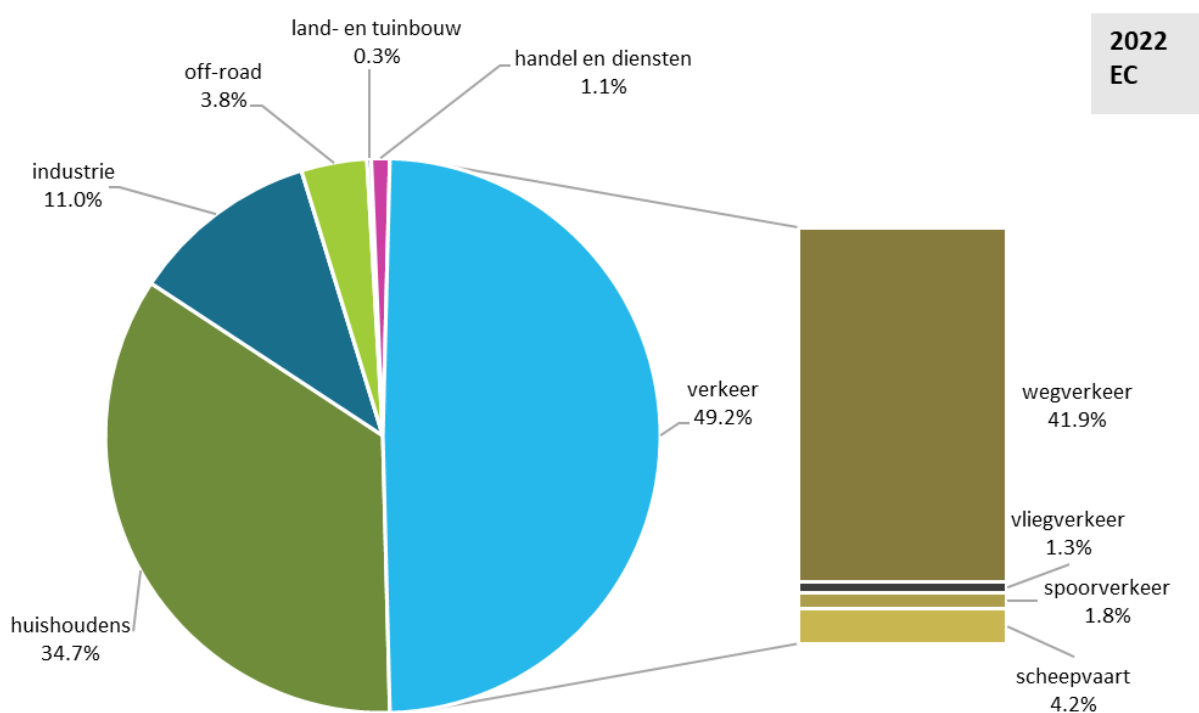
- 49 % van de EC-emissies komt door het verkeer.
 - Hiervan is wegverkeer de grootste bron met een bijdrage van 42 % aan de totale EC-emissies. Dit komt doordat EC vooral gevormd wordt door de verbranding van fossiele brandstoffen, met dieseluuitstoot als een van de grootste bronnen. Het aandeel van verkeer is groter dan bij PM₁₀ of PM_{2,5}.
- 35 % van de EC-emissies komt van de sector huishoudens.
 - 33 % van de totale EC-emissies is toe te wijzen aan de verbranding van hout in open haarden en kachels.

De emissies van elementair koolstof in de zone Antwerpse agglomeratie bedroeg in 2022 53,0 ton. Dit is 3,7 % van de totale Vlaamse EC-emissies.

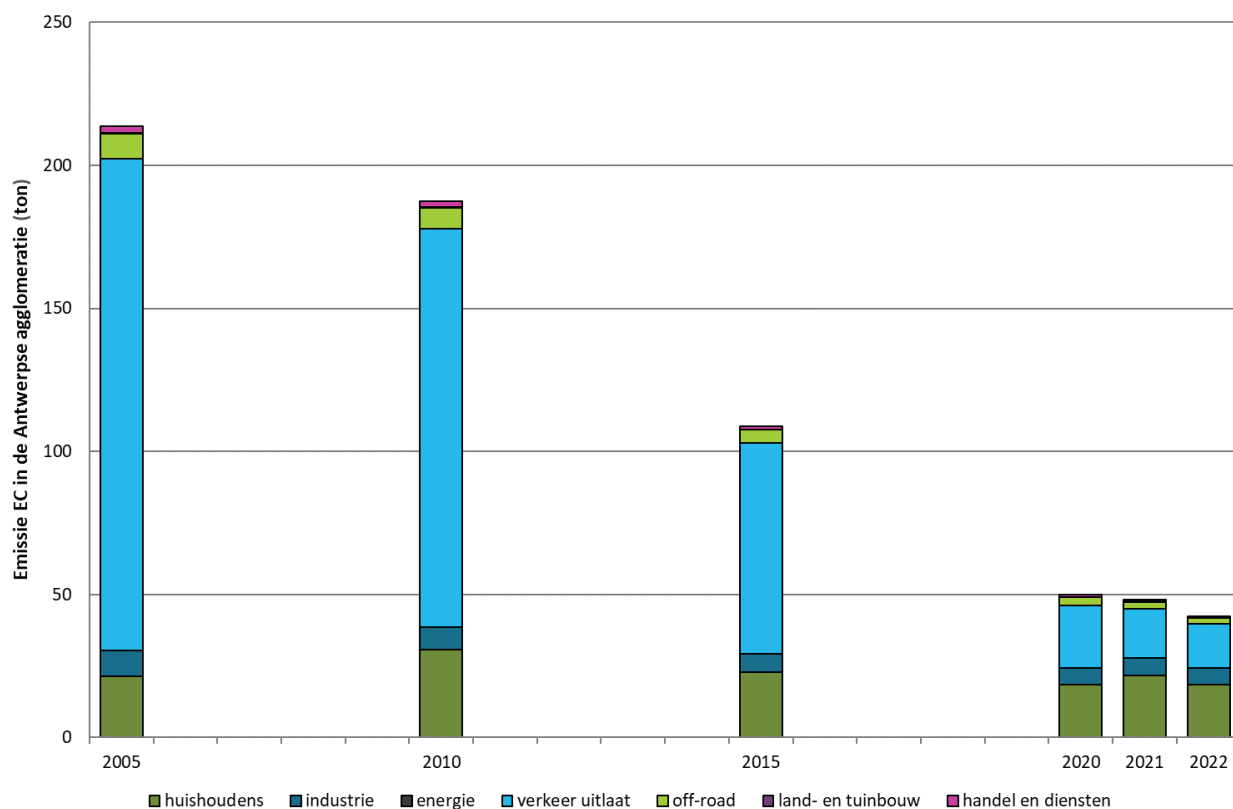
Figuur 28 toont de evolutie van de emissies van elementair koolstof door de verschillende sectoren in de Antwerpse agglomeratie.

De emissies van elementair koolstof daalden tussen 2005 en 2022 met 77 %. Dat komt bijna uitsluitend door de dalende uitlaatemissies van het wegverkeer door de introductie van milieuvriendelijkere en efficiëntere voertuigen. Ook huishoudens stoten heel wat elementair koolstof uit. In 2022 wordt door de emissie-inventaris een daling ingeschat voor de emissies door houtstook door huishoudens. Echter hierbij dient opgemerkt te worden dat deze inschatting wellicht niet helemaal correct is, aangezien bij deze inschatting rekening wordt gehouden met het aantal koudedagen in een jaar, maar niet met het effect van de energiecrisis (hoge gasprijzen) waardoor er meer mensen op houtstook zijn overgeschakeld. Dit is omdat de berekening van de houtstookemissies gebaseerd is op inputdata (onder andere kachelpark) die niet jaarlijks worden geüpdatet. Dus voor 2022 worden de houtstookemissies allicht onderschat. Bij de gemeten concentraties zagen we in 2022 immers net een stijging in pollutanten die gerelateerd zijn aan houtstook (bijvoorbeeld PAK's en PM).

Figuur 27: Aandeel van de sectoren in de emissies van elementair koolstof in de Antwerpse agglomeratie in 2022



Figuur 28: Trend van de EC-emissies door verschillende sectoren in de Antwerpse agglomeratie, 2005-2022



Bron: Team Emissie-inventaris Lucht VMM

4.6 Concentraties zwarte koolstof

Gezien het belang van lokale bronnen, zien we ook grotere verschillen in de gemeten concentraties zwarte koolstof tussen stedelijke achtergrondmeetplaatsen en verkeersmeetplaatsen dan voor PM₁₀ of PM_{2.5}.

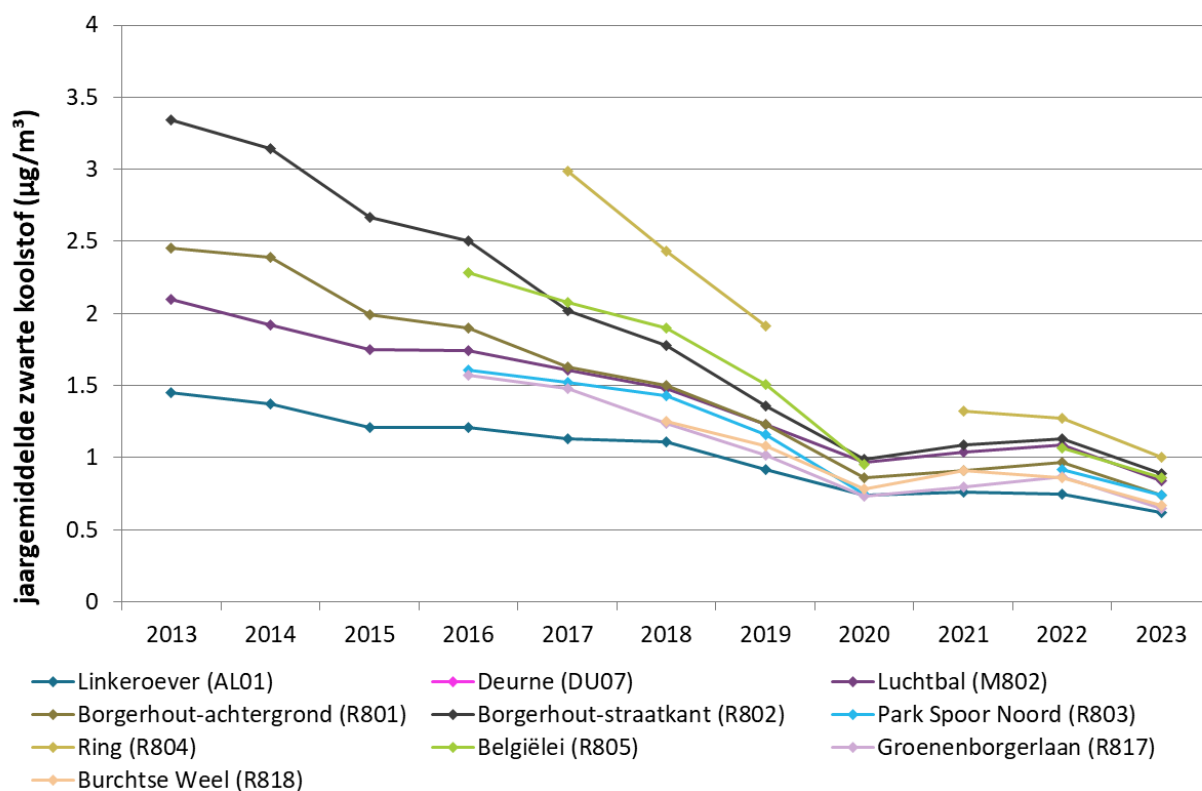
Op de meetstations met een volledige tijdreeks varieert de daling in de periode 2013-2023 tussen 57 % en 73 %.

Tabel 13: Jaargemiddelden zwarte koolstof op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2013 – 2023 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Linkeroever (AL01)	1,45	1,37	1,21	1,21	1,13	1,11	0,92	0,74	0,76	0,75	0,62
Deurne (DU07)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	"	0,86
Luchtbal (M802)	2,10	1,92	1,75	1,74	1,61	1,48	1,23	0,97	1,04	1,09	0,84
Borg-achtergrond (R801)	2,45	2,39	1,99	1,90	1,63	1,50	1,23	0,86	0,91	0,97	0,74
Borg-straatkant (R802)	3,34	3,14	2,67	2,50	2,02	1,78	1,36	0,99	1,09	1,13	0,89
Park Spoor Noord (R803)	-	-	-	1,61	1,52	1,43	1,16	0,75	"	0,92	0,74
Ring (R804)	-	-	-	-	2,99	2,43	1,91	"	1,32	1,27	1,00
Belgiëlei (R805)	-	-	-	2,28	2,08	1,90	1,51	0,95	"	1,07	0,86
Groenenborgerlaan (R817)	-	-	-	1,57	1,48	1,24	1,02	0,73	0,80	0,87	0,65
Burchtse Weel (R818)	-	-	-	-	-	1,25	1,08	0,78	0,91	0,86	0,67

" : onvoldoende data om een jaargemiddelde te berekenen

Figuur 29: Jaargemiddelden zwarte koolstof op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2013 – 2023



De concentraties verschillen tussen de meetplaatsen onderling bij zwarte koolstof meer dan bijvoorbeeld bij PM_{2,5}. Zwarte koolstof wordt alleen rechtstreeks uitgestoten (primair), waardoor het sterker beïnvloed wordt door lokale bronnen en er meer variatie is tussen de meetplaatsen. Verkeer is een belangrijke bron van zwarte koolstof, daardoor zien we de hoogste daggemiddelden op de verkeersgerichte meetplaatsen.

Bij de nieuw opgerichte meetplaats in Merksem (MK02) zien we op sommige periodes sterk verhoogde concentraties. Deze meetplaats is opgericht - in samenwerking met Lantis - om de mogelijke impact van de Oosterweelwerken op de luchtkwaliteit voor de omwonenden op te volgen. Zoals te zien in paragraaf 4.8 blijkt dat de BC-concentraties in Merksem vooral afkomstig zijn van de verbranding van fossiele brandstoffen (BC_{ff}). De concentraties van BC en BC_{ff} zijn op de meetplaats Merksem veel hoger dan op de meetplaats langs de Ring (R804), wat doet besluiten dat er een lokale bijdrage is van de Oosterweelwerken.

The figure consists of three vertically stacked line charts, each representing a different location category. All charts share the same axes: the y-axis is 'BC-dagwaarden (µg/m³)' ranging from 0 to 8, and the x-axis shows dates from 1/01/23 to 1/12/23.

- Top Chart (verkeersgericht):** Shows data for stations R802 (black), R804 (yellow), and R805 (green). It features several peaks, with the highest reaching approximately 5.5 µg/m³ in early February 2023.
- Middle Chart ((voor)stedelijk):** Shows data for stations R801 (brown), R803 (cyan), and R817 (purple). The concentrations are generally lower, with a notable peak of about 5 µg/m³ in early February 2023.
- Bottom Chart (overige):** Shows data for stations AL01 (blue), M802 (dark purple), R818 (orange), DU07 (magenta), and MK02 (black). This chart shows the most significant peaks, with MK02 reaching nearly 8 µg/m³ in late November 2023.

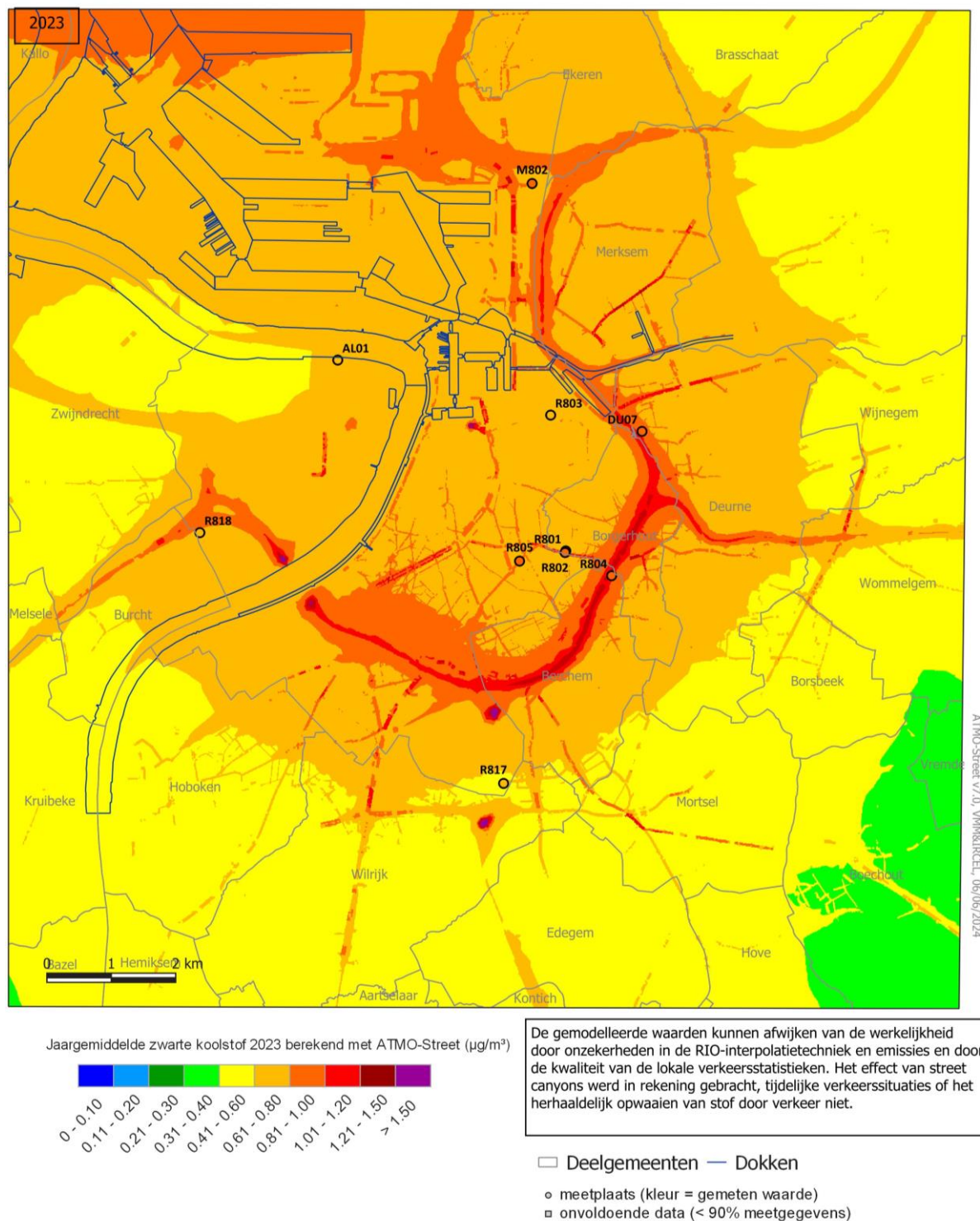
Op plaatsen waar de VMM niet beschikt over meetresultaten schatten we de concentraties in aan de hand van rekenkundige modellen. Voor zwarte koolstof gebruikt de VMM het ATMO-Street-model. Meer uitleg en de beperkingen van dit model lees je in paragraaf 3.2.3 en bijlage 4.

Op Figuur 31 zien we dat de hoogste concentraties zwarte koolstof samenvallen met de snelwegen en de belangrijkste verkeersassen. De tunnelmonden zijn ook opnieuw zichtbaar, zoals bij NO₂ en (in mindere mate) bij PM.

4.6.3 Toetsing aan de regelgeving

Voor zwarte koolstof bestaat er geen Vlaamse of Europese wetgeving. Ook de WGO heeft geen advieswaarden gepubliceerd voor zwarte koolstof..

Figuur 31: Gemodelleerd jaargemiddelde zwarte koolstof in de Antwerpse agglomeratie in 2023



4.6.4 Pollutierozen

Figuur 32 geeft de (zero)pollutierozen voor zwarte koolstof voor de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie. Een algemene uitleg over de methodiek van pollutierozen lees je in bijlage 4.

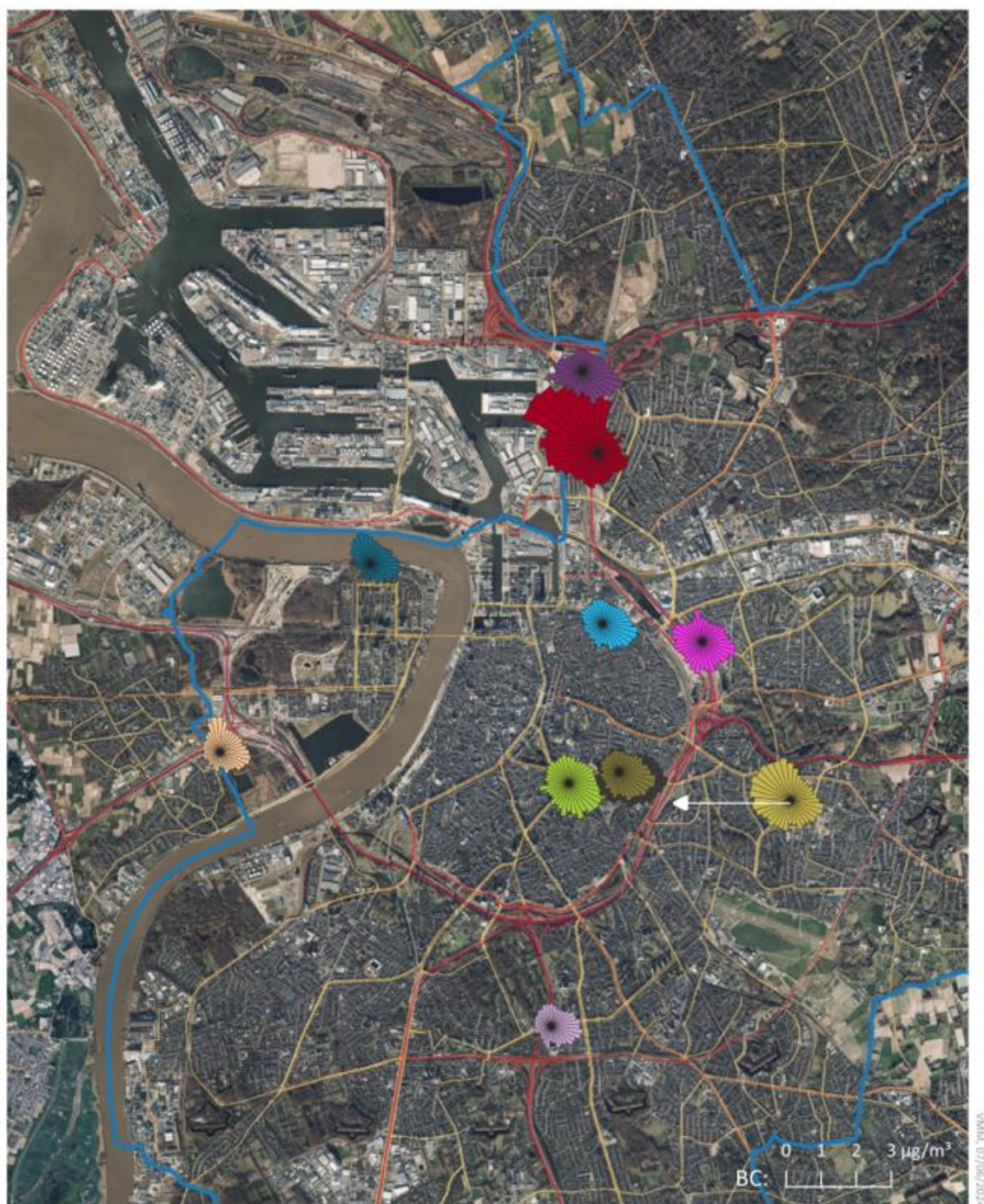
Alle locaties tonen verhoogde concentraties vanuit (zuid)oostelijke richting. Dit komt doordat continentale landlucht meer vervuild is.

Aangezien zwarte koolstof alleen rechtstreeks wordt uitgestoten, en niet ook secundair gevormd wordt zoals fijn stof, is voor zwarte koolstof de invloed van lokale bronnen groter.

- **AL01:** Op de meetplaats Linkeroever zijn de concentraties over het algemeen laag. We zien wel een lokale invloed vanuit het noordwesten, de richting van de Antwerpse haven.
- **DU07:** Op de meetplaats in Deurne zien we een lokale verhoging vanuit zuiden tot noordwesten, dus vanaf de Ring rond Antwerpen.
- **M802:** Op de meetplaats Luchtbal zien we verhoogde concentraties bij wind vanuit het westen, uit de richting van de Noorderlaan. De zeroeroos toont ook vanuit het zuidoosten een lokale verhoging.
- **MK02:** De meetplaats in de wijk Lambrechtshoeken in Merksem vertoont zeer sterk verhoogde concentraties vanuit het westen tot het noorden. Zowel de Ring rond Antwerpen als de werf van de Oosterweelwerken liggen in deze richting. Deze meetplaats werd pas midden maart 2023 opgericht en de pollutieroos werd dus opgesteld met minder data.
- **R801/R802:** De pollutieroos van de meetplaats Borgerhout-straatkant (R802) en de meetplaats Borgerhout-achtergrond (R801) op 30 m van de straatkant vertonen grote overeenkomsten. De concentraties op de locatie R801 zijn, in vergelijking met de straatkant (R802) wel altijd lager, behalve bij wind uit noordelijke richtingen waar ze samenvallen. Bovenop de regionale verhoging vanuit oostelijke richtingen, zien we op de meetplaats aan de straatkant nog een lokale verhoging vanuit het oosten tot het zuidwesten.
- **R803:** Op de meetplaats Park Spoor Noord is er weinig lokale invloed te zien.
- **R804:** Op de meetplaats aan de Ring zien we een sterke lokale verhoging bij wind vanuit het zuidwesten tot het noorden. Dit zagen we ook bij de NO₂- en NO-rozen. Bij deze windrichtingen wordt de invloed van de Ring gemeten.
- **R805:** Deze meetplaats ligt op de middenberm van de Belgiëlei en wordt omgeven door het verkeer. We zien hier niet alleen vanuit het zuidoosten een lokale verhoging, maar ook vanuit andere richtingen.
- **R817:** Op de meetplaats aan de Groenenborgerlaan is er weinig lokale invloed te zien.
- **R818:** Op de meetplaats Burchtse Weel zien we een lokale verhoging uit noordelijke richting, komende van de E17 autosnelweg en de werken voor de Oosterweelverbinding.

Figuur 33 toont de pollutierozen voor zwarte koolstof voor 2023 op kaart.

Figuur 33: Pollutierozen concentraties zwarte koolstof in de Antwerpse agglomeratie in 2023



Pollutierozen zwarte koolstof op meetplaatsen Antwerpse agglomeratie 2023

AL01	M802	R801	R803	R805	R818
DU07	MK02	R802	R804	R817	

0 1.000 2.000 m

4.7 Ultrafijn stof (UFP)

Ultrafijn stof zijn deeltjes met een diameter kleiner dan 100 nm (= 0,1 µm). Ongeveer 90 % van alle deeltjes in de lucht zijn ultrafijne stofdeeltjes. Door hun zeer kleine afmeting kan UFP diep doordringen in de longen, in de bloedstroom terechtkomen en zo schadelijke effecten elders in het lichaam veroorzaken.

In een stedelijke omgeving is verkeer de belangrijkste bron van ultrafijn stof, maar ook de industrie en huishoudens (gebouwenverwarming) dragen bij tot de uitstoot van UFP. UFP wordt ook secundair gevormd uit gasprecursoren (NO_x , SO_2 , O_3).

4.7.1 Metingen automatisch meetnet

Figuur 34 toont het aantal ultrafijnstofdeeltjes (deeltjes met een diameter tussen 10 en 100 nm) per grootteklasse op de meetplaats Borgerhout-achtergrond (R801) voor de periode 2013 tot en met 2023. Meetgegevens voor het jaar 2021 ontbreken als gevolg van technische problemen met het meettoestel.

In 2023 lag de gemiddelde UFP-concentratie op de meetplaats Borgerhout-achtergrond op 8.801 deeltjes/cm³. In 2022 was de jaarconcentratie 11.277 deeltjes/cm³, wat hoger was dan de voorgaande jaren. Een reden voor die hogere concentratie in 2022 is niet gevonden. In 2022 mat de VMM over heel Vlaanderen wel een stijging in pollutanten gerelateerd aan houtverbranding, ten gevolge van de energiecrisis. In 2023 lag de jaarconcentratie terug lager. In vergelijking met 10 jaar geleden, lag de gemiddelde UFP concentratie in 2023 14 % lager.

Ultrafijne stofdeeltjes kunnen op basis van hun grootte onderverdeeld in verschillende grootteklassen. De kleinste deeltjes met een diameter tussen 10 en 20 nm zijn de deeltjes die het meest voorkomen. In 2023 maken ze 36 % uit van het totaal aan gemeten UFP. Deeltjes in de grootteklassen 20-30 nm en 30-50 nm maken elk 22 % uit. Deeltjes in de grootteklasse 70-100 nm vormen het kleinste aandeel van de UFP-concentratie (9 %).

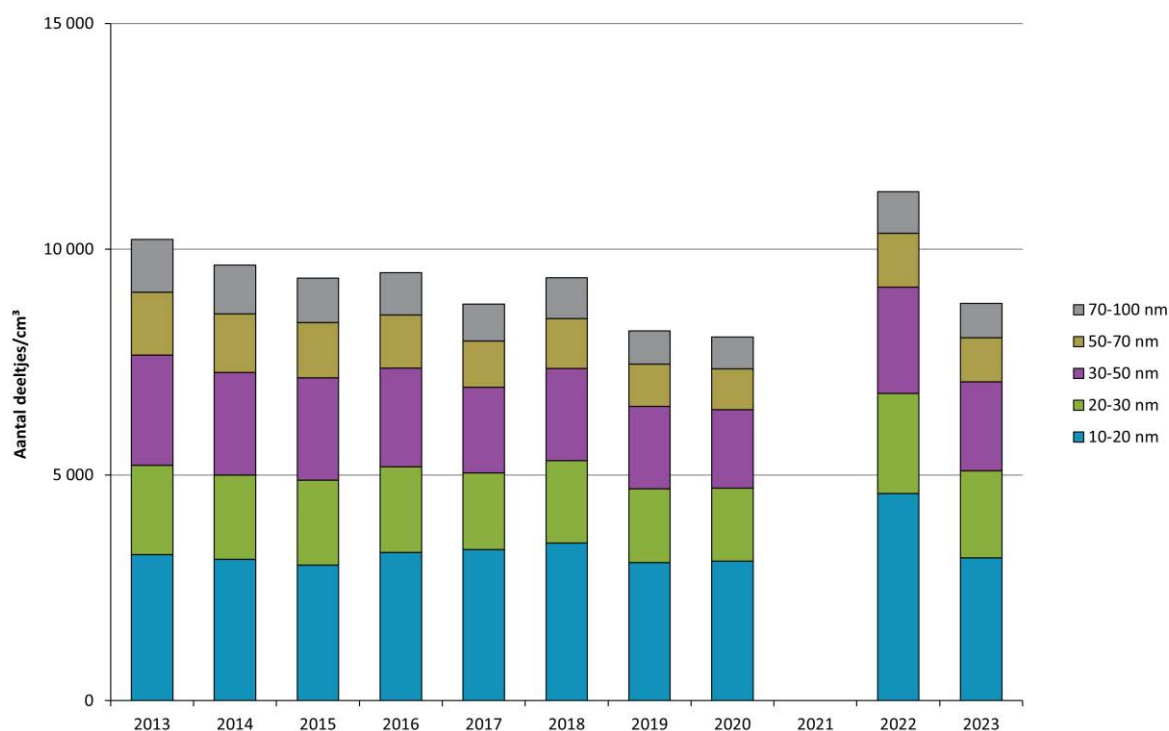
Variatie tussen week- en weekenddagen

Figuur 35 toont het gemiddelde dagverloop voor UFP op weekdays en in het weekend op de meetplaats Borgerhout-achtergrond (R801) in 2023.

De UFP-concentratie varieert in de tijd door veranderingen in de uitstoot en de weersomstandigheden. De UFP-concentratie varieert daardoor ook tijdens de dag en week.

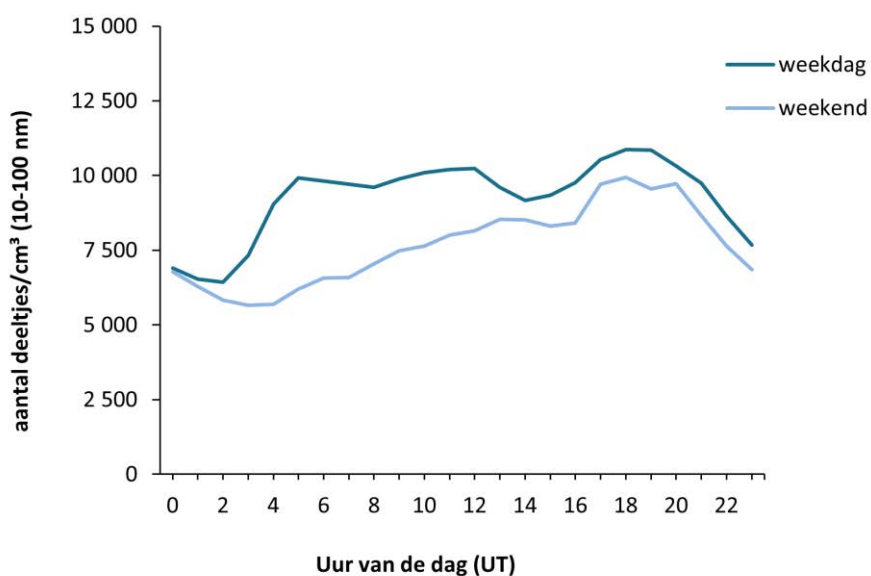
- Op weekdays zien we een stijging in de ochtend en opnieuw tijdens de avondspits. UFP-concentraties zijn hoger overdag dan 's nachts. In 2023 was de ochtendpiek minder uitgesproken: de gemiddelde concentratie 's ochtends lag lager en de piek was meer verspreid over de hele voormiddag.
- In het weekend ligt de UFP-concentratie gemiddeld lager dan op weekdays. De UFP-concentratie was in het weekend hoger in de namiddag en avond dan 's morgens.

Figuur 34: Aantal ultrafijn stofdeeltjes per grootteklasse op de meetplaats Borgerhout-achtergrond (R801), 2013-2023 (deeltjes/cm³).



Meetgegevens voor het jaar 2021 ontbreken als gevolg van verschillende technische problemen met het toestel.

Figuur 35: Gemiddeld dagverloop van ultrafijn stof (deeltjes/cm³) op de meetplaats Borgerhout-achtergrond (R801) op een weekday en in het weekend, in 2023.



4.7.2 Regelgeving

Voor UFP bestaat er geen Vlaamse of Europese wetgeving. Ook de WGO heeft geen advieswaarden geformuleerd voor UFP.

De WGO geeft wel een leidraad mee om onderscheid te maken tussen hoge en lage UFP-concentraties.

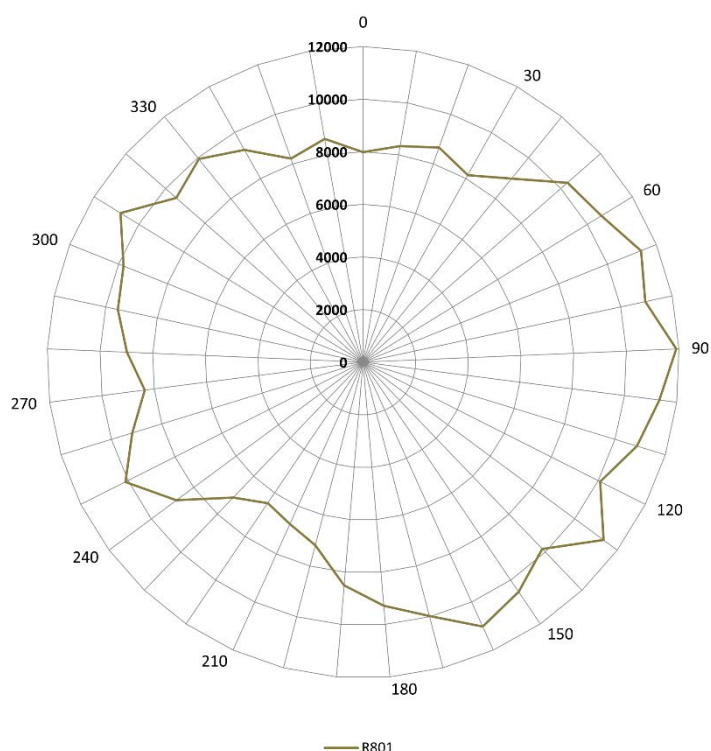
- Een daggemiddelde van minder dan 1.000 deeltjes/cm³ wordt als lage concentratie beschouwd en vindt men typisch terug in een omgeving die niet beïnvloed wordt door antropogene emissies.
- Daggemiddelden van 10.000 deeltjes/cm³ of uurgemiddelden van 20.000 deeltjes/cm³ worden gewoonlijk gemeten in een stedelijke omgeving.
- Locaties met daggemiddelden bóven de 10.000 deeltjes/cm³ of met uurgemiddelden bóven de 20.000 deeltjes/cm³ worden beschouwd als locaties met een hoge UFP-concentratie.

In 2023 had één derde van het totaal aantal dagen een UFP-daggemiddelde boven de 10.000 deeltjes/cm³, wat door de WGO als hoge concentratie wordt beschouwd. 4 % van de gemeten uurgemiddelden had in 2023 een concentratie boven de 20.000 deeltjes/cm³.

4.7.3 Pollutieroos

Figuur 36 toont de pollutieroos van UFP op de meetplaats in Borgerhout-achtergrond (R801). De hoogste concentraties werden gemeten bij oost tot zuidoostelijke wind (continentale landlucht is meer vervuild, dit zien we ook op de PM-rozen) en bij noordwestelijke wind. De vorm van de pollutieroos is redelijk cirkelvormig. UFP wordt rechtstreeks uitgestoten maar ook secundair gevormd, wat maakt dat er in de pollutieroos in Borgerhout niet een specifieke bron uit een bepaalde windrichting de overhand heeft. Het zijn op deze locatie eerder verschillende bronnen uit meerdere windrichtingen die samen de UFP-concentratie bepalen.

Figuur 36: Pollutieroos van ultrafijn stof (deeltjes/cm³) op de meetplaats Borgerhout-achtergrond (R801)



4.8 Bijdrage van houtverbranding aan zwarte koolstof en PM₁₀

4.8.1 Methode

Op alle meetplaatsen opgericht bij het invoeren van de LEZ gebeuren de metingen van zwarte koolstof met een aethalometer (Magee AE33) waarmee ook de bijdrage van houtverbranding aan zwarte koolstof gemeten wordt. Op de overige Antwerpse meetplaatsen werd vroeger zwarte koolstof met een MAAP-monitor gemeten. Eind 2019/begin 2020 werden de MAAP-monitoren overal vervangen door een Magee AE33.

De aethalometer Magee AE33 meet de absorptie van het licht door zwarte koolstof bij verschillende golflengten, van ultraviolet (UV) tot infrarood (IR). De lichtabsorptie door de deeltjes afkomstig van houtverbranding en afkomstig van de verbranding van fossiele brandstoffen tonen een verschillende afhankelijkheid van de gebruikte golflengte. Deeltjes afkomstig van houtverbranding absorberen relatief meer in het UV. Historisch gezien wordt zwarte koolstof bij een aethalometer bepaald bij infraroodlicht van 880 nm.

Het toestel bepaalt de bijdrage van houtverbranding aan zwarte koolstof (BC) door middel van de aethalometermethode¹². Bij deze methode gaat men ervan uit dat de gemeten absorptie bij elke golflengte de som is van de absorptie door deeltjes afkomstig van houtverbranding¹³ en afkomstig van fossiele brandstoffen. Zwarte koolstof afkomstig van fossiele brandstoffen wordt vooral geassocieerd met dieselroet.

$$BC = BC_{wb} + BC_{ff}$$

wb = woodburning = houtverbranding

ff = fossil fuel = fossiele brandstoffen

De VMM¹⁴ bepaalde de bijdrage van houtverbranding aan PM₁₀ in een aantal studies aan de hand van de concentratie levoglucosan. Deze organische verbinding is een pyrolyseproduct van cellulose en vormt een goede tracer voor de verbranding van biomassa.

De inschatting van de bijdrage van houtverbranding aan PM₁₀ gebeurt op basis van een studie¹⁵ gebaseerd op Vlaamse data, waarin een factor van 22,56 werd voorgesteld. Deze factor rekent ook secundair stof van houtverbranding mee. VITO¹⁶ gebruikte deze factor in een studie in Dessel rond de bijdrage van houtverbranding aan luchtverontreiniging door burgers. Vergelijking met andere methoden voor het berekenen van de bijdrage van houtverbranding aan PM₁₀ toonde aan dat vermenigvuldiging van de levoglucosanconcentraties met de factor 22,56 behoorde tot de meest waarschijnlijke methoden voor het bepalen van de bijdrage van houtverbranding aan PM₁₀.

De studie van VITO van 2017 vond een goede correlatie tussen de concentratie levoglucosan en de concentratie zwarte koolstof door de verbranding van hout. Ze vonden de volgende relatie:

$$\text{Levoglucosan } (\mu\text{g}/\text{m}^3) = 0,5 \times BC_{wb} (\mu\text{g}/\text{m}^3)$$

¹² J. Sandradewi et al. (2008), Using Aerosol Light Absorption Measurements for the Quantitative Determination of Wood Burning and Traffic Emission Contributions to Particulate Matter, Environmental Science & Technology 42 (9), 3316-3323

¹³ Voor de verschillende zwartekoolstof fracties worden verschillende naamgevingen gebruikt:

- Zo worden zowel de term houtverbranding als biomassaverbranding gebruikt. Verbranding van biomassa is in een huishoudelijke context vooral houtverbranding (BC_{wb}). In een industriële context zijn er meerdere mogelijkheden zodat daar ook de meer algemene term biomassaverbranding (BC_{bb} of BB) wordt gebruikt.
- De andere fractie is de zwartekoolstof fractie veroorzaakt door verbranding van fossiele brandstoffen (BC_{ff} of FF)

¹⁴ VMM (2011), Chemkar PM₁₀, Chemische karakterisering van fijn stof in Vlaanderen-2010

VMM (2013), Chemkar PM₁₀, Chemische karakterisering van fijn stof in Vlaanderen-2011-2012

¹⁵ W. Maenhout et al. (2016), Sources of the PM₁₀ aerosol in Flanders, Belgium, an re-assessment of the contribution from wood burning, Science of the Total Environment, 562, 550-560

¹⁶ M. Van Poppel et al. (2017), Inschatting van de bijdrage van houtverbranding door burgers aan luchtverontreiniging in Vlaanderen

Deze relatie werd bevestigd tijdens VMM-meetcampagnes in de winter 2019-2020 en 2020-2021 op respectievelijk 2 en 5 meetplaatsen.

In dit rapport gebruiken we de volgende relatie om de bijdrage van houtverbranding aan PM₁₀ in de Antwerpse agglomeratie te berekenen:

$$PM_{10_wb} (\mu g/m^3) = 22,56 \times 0,5 \times BC_{wb} (\mu g/m^3)$$

De formule geeft ook aan dat de 'black carbon' van houtverbranding maar ongeveer 9 % bedraagt van de totale bijdrage van houtverbranding aan fijn stof. Het overgrote deel van de bijdrage bestaat uit bruine koolstof ('brown carbon'¹⁷) en andere organische deeltjes. Deze verhouding van BC_{wb} vs PM_{10_wb} sluit nauw aan bij de factor gebruikt op de Franse meetnetten¹⁸.

Voor de berekening van de bijdrage van de verbranding van fossiele brandstoffen aan PM₁₀ hanteren we de op de Franse meetnetten¹⁸ gebruikte factor 2. Deze factor geeft ook aan dat BC een veel groter aandeel heeft in de totale PM-bijdrage bij verkeer (ongeveer 50 %) dan bij houtverbranding.

$$PM_{10_ff} (\mu g/m^3) = 2 \times BC_{ff} (\mu g/m^3)$$

4.8.2 Bijdrage van houtverbranding aan zwarte koolstof

Figuur 37 toont voor 2023 voor elke meetplaats de maandelijkse concentratie zwarte koolstof afkomstig van houtverbranding (BC_{wb}) en de concentratie zwarte koolstof afkomstig van fossiele brandstof (BC_{ff}).

In de wintermaanden¹⁹ is zowel de totale concentratie BC, als de concentratie BC_{wb} en BC_{ff} hoger dan in de zomermaanden, maar voor BC_{wb} is dit seizoensverschil groter dan voor BC_{ff}. In de winter hebben we vaker ongunstige weersomstandigheden - zoals temperatuursinversies - waarbij de luchtverontreiniging minder goed verdund wordt. Dit zorgt er mee voor dat de concentraties (BC, BC_{wb}, BC_{ff}) hoger liggen in de wintermaanden dan in de rest van het jaar. Bovendien is er in de winter meer uitstoot/meer houtverbranding, wat de concentratie BC_{wb} nog extra doet stijgen in de wintermaanden.

Tabel 14 toont de bijdragen van houtverbranding en van fossiele brandstoffen aan de concentratie zwarte koolstof voor 2023. Tabel 15 toont hetzelfde maar opgesplitst in winter- en zomermaanden.

In 2023 varieert de relatieve bijdrage van houtverbranding (**% BC_{wb} in BC**) tussen de 20 en 27 % en is deze - zoals voorgaande jaren - het hoogst op meetplaats Antwerpen-Groenenborgerlaan (R817). Niet onverwacht is dit percentage het laagst op de meetplaats aan de Antwerpse Ring, waar de invloed van verkeer belangrijker is.

De absolute concentratie van zwarte koolstof afkomstig van houtverbranding (**BC_{wb}**) varieert in 2023 tussen 0,15 en 0,20 µg/m³.

De concentratie zwarte koolstof afkomstig van fossiele brandstoffen (**BC_{ff}**) varieert in 2023 tussen 0,47 µg/m³ en 0,80 µg/m³. De hoogste concentratie wordt gemeten op de verkeersgerichte meetplaats aan de Ring (R804).

Op de 4 meetplaatsen waar BC al langer gemeten wordt met de aethalometer Magee AE33 kunnen we het verloop van de concentraties BC_{ff} en BC_{wb} bekijken voor de periode 2016-2023 (zie Figuur 38).

¹⁷ Brown carbon zijn lichtabsorberende organische deeltjes die niet zwart zijn.

¹⁸ LCSQA (2020), Guide méthodologique pour la mesure du « Black Carbon » par Aethalomètre multi longueur d'onde AE33 dans l'air ambiant

¹⁹ wintermaanden: januari-maart en oktober-december; zomermaanden: april-september

De relatieve bijdrage van houtverbranding aan zwarte koolstof (% BC_{wb} in BC) steeg over de jaren. Initieel kwam deze stijging vooral door een daling van de BC_{ff} -concentraties. In 2022 zorgden de hoge energieprijzen voor meer houtverbranding, waardoor de concentratie BC_{wb} steeg en zo ook de relatieve bijdrage % BC_{wb} in BC .

In 2023 zien we een daling tegenover vorig jaar in de relatieve bijdrage van houtverbranding aan zwarte koolstof. De daling van de energieprijzen zorgde voor minder houtverbranding in 2023.

In bijlage 7 staat een tabel met de jaargemiddelden voor BC/PM_{10} en de bijdragen afkomstig van houtverbranding en fossiele brandstoffen voor de periode 2016-2023 op de Antwerpse meetplaatsen.

4.8.3 Bijdrage van houtverbranding aan PM_{10}

Figuur 39 geeft per maand de bijdrage van houtverbranding en van fossiele brandstoffen aan PM_{10} weer.

Fijn stof afkomstig van houtverbranding bestaat uit deeltjes afkomstig van onvolledige verbranding. Dit fijn stof is waarschijnlijk even schadelijk als fijn stof afkomstig van andere verbrandingsbronnen zoals het verkeer²⁰.

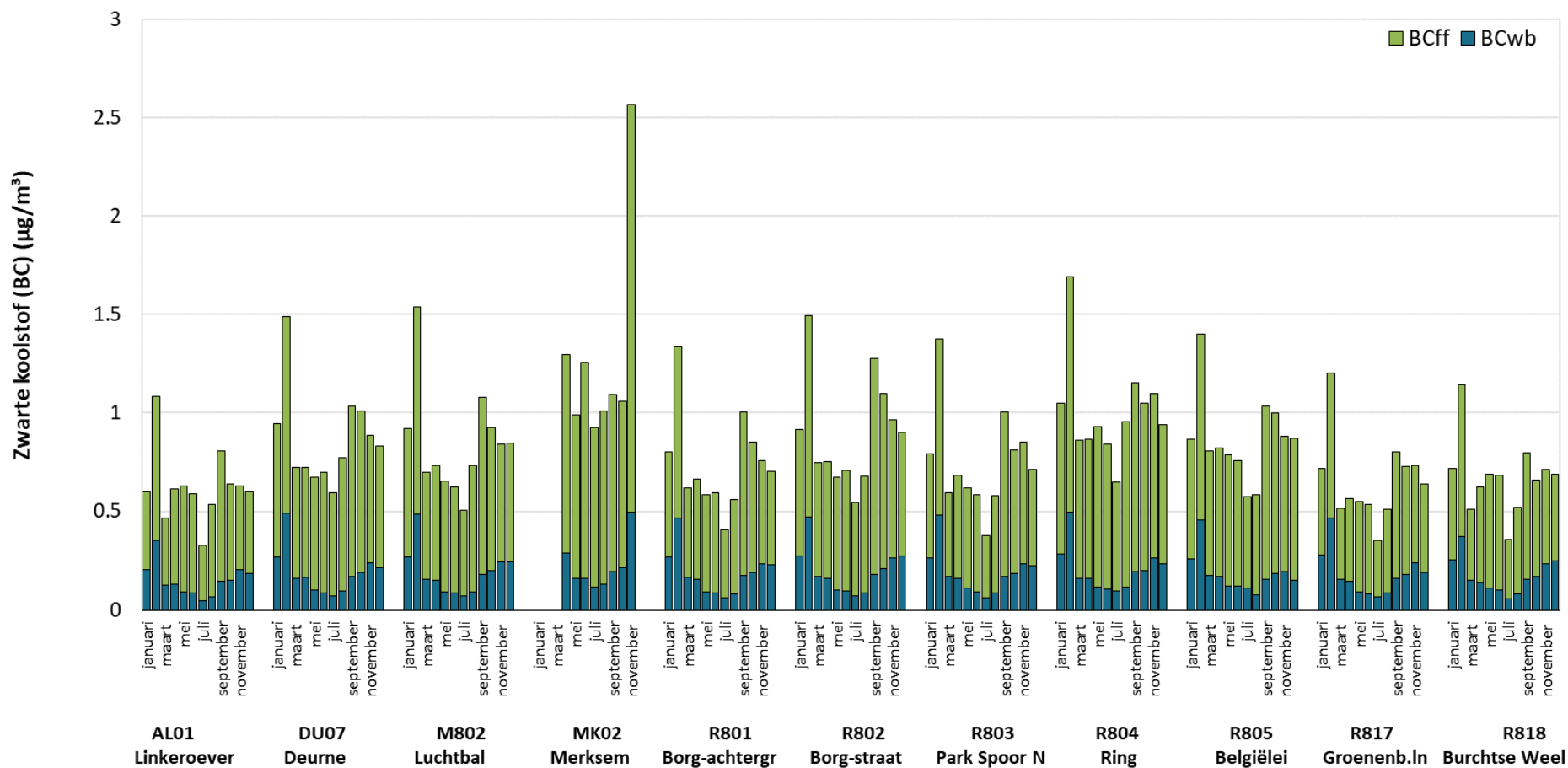
Omdat de bijdrage van houtverbranding en van fossiele brandstoffen aan PM_{10} met een respectievelijke vaste factor wordt berekend uit respectievelijk BC_{wb} en BC_{ff} zien we dezelfde patronen. Net zoals bij zwarte koolstof liggen voor PM_{10} de bijdragen van houtverbranding en fossiele brandstoffen in de wintermaanden hoger dan in de zomermaanden. Echter voor PM_{10} afkomstig van houtverbranding is dit verschil veel groter dan bij PM_{10} afkomstig van fossiele brandstoffen: in de wintermaanden zijn de concentraties PM_{10_wb} dubbel zo hoog dan in de zomermaanden.

Voor PM_{10_ff} kunnen we ervan uitgaan dat het verschil tussen de winter- en zomermaanden (zo'n 10 %) grotendeels komt door de ongunstige weersomstandigheden in de wintermaanden die verdunning van de vervuiling tegengaan. Voor PM_{10_wb} wijst het grotere verschil tussen beide seizoenen duidelijk op extra uitstoot/extra houtverbranding in de wintermaanden.

Op jaarbasis varieert de relatieve bijdrage van houtverbranding aan PM_{10} (PM_{10_wb}) tussen 9 % en 12 % in 2023. De relatieve bijdrage van fossiele brandstoffen aan PM_{10} (PM_{10_ff}) varieert op jaarbasis tussen 5 % en 8 % in 2023.

²⁰ B. Brunekreef et al. (2012), Ten principles for clean air. Eur Resp J 2012; 39 :525-528

Figuur 37: Maandelijkse gemiddelden van zwarte koolstof afkomstig van houtverbranding (BC_{wb}) en afkomstig van fossiele brandstoffen (BC_{ff}) op de Antwerpse meetplaatsen in 2023



Noot: Meetplaats MK02 werd pas in maart 2023 opgestart, vandaar de ontbrekende data voor jan-feb-mrt. Ook voor december kon er voor deze meetplaats geen maandgemiddelde berekend worden (wegens tijdelijke vereiste verplaatsing van meettrailer bij uittrillen van damwanden Oosterweelwerken).

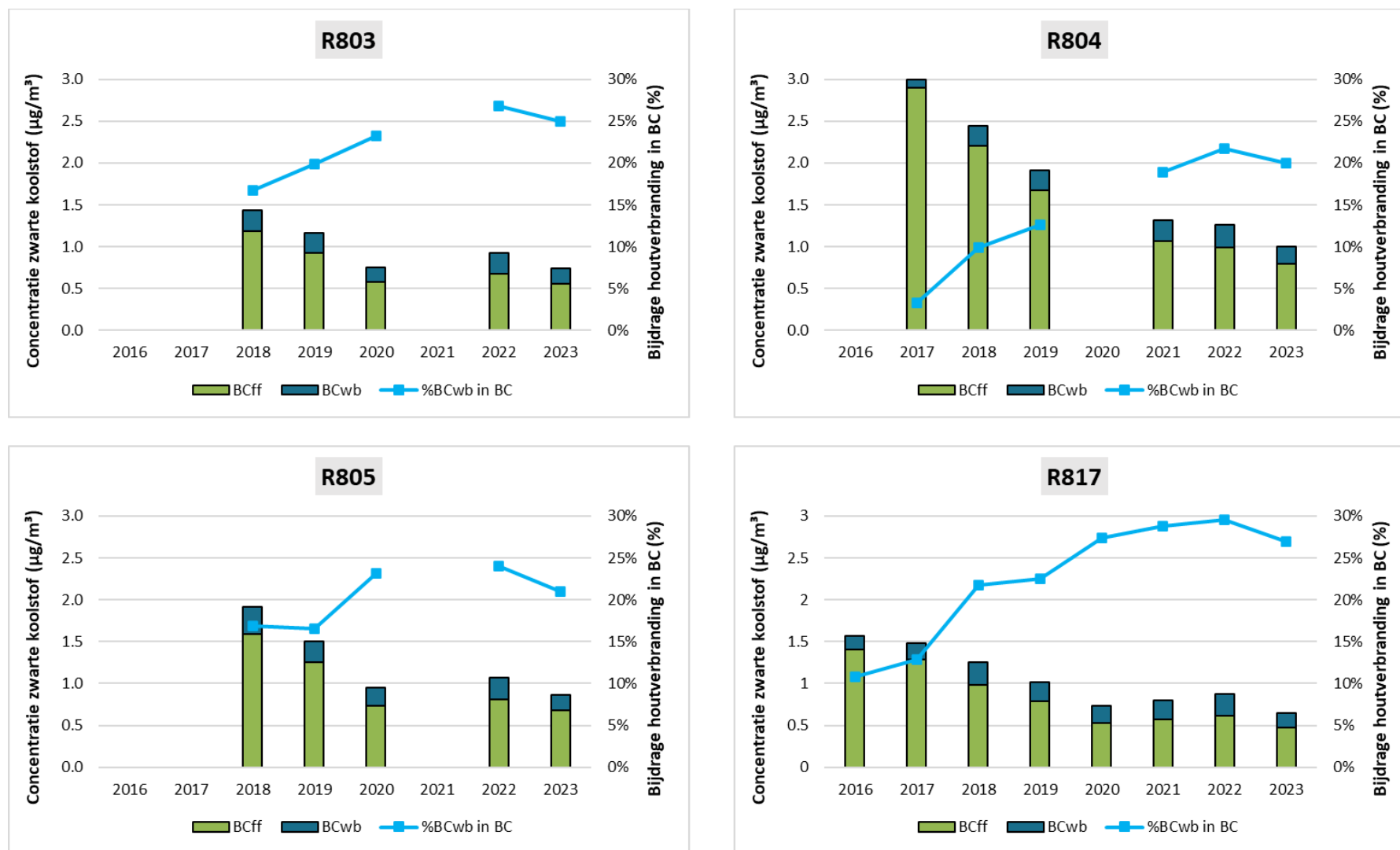
Tabel 14: Absolute en relatieve bijdrage van houtverbranding (wb) en fossiele brandstoffen (ff) aan zwarte koolstof (BC) en aan PM₁₀, voor het volledig jaar 2023

meetplaats	periode	BC (µg/m³)	BC _{ff} (µg/m³)	BC _{wb} (µg/m³)	% BC _{wb} in BC	PM ₁₀ (µg/m³)	PM _{10_ff} (µg/m³)	PM _{10_wb} (µg/m³)	% PM _{10_wb} in PM ₁₀
AL01 Linkeroever	jaar	0,62	0,48	0,15	23%	19,2	1,0	1,6	9%
DU07 Deurne	jaar	0,86	0,68	0,18	21%	19,4	1,4	2,1	11%
M802 Luchtbal	jaar	0,84	0,65	0,19	22%	21,4	1,3	2,1	10%
R801 Borgerhout-achtergr.	jaar	0,74	0,55	0,18	25%	19,6	1,1	2,1	11%
R802 Borgerhout-straatkant	jaar	0,89	0,70	0,20	22%	20,9	1,4	2,2	11%
R803 Park Spoor Noord	jaar	0,74	0,56	0,18	25%	21,1	1,1	2,1	10%
R804 Ring	jaar	1,00	0,80	0,20	20%	19,4	1,6	2,2	12%
R805 Belgiëlei	jaar	0,86	0,68	0,18	21%	23,2	1,4	2,0	9%
R817 Groenenborgerlaan	jaar	0,65	0,47	0,18	27%	19,3	0,9	2,0	10%
R818 Burchtse Weel	jaar	0,67	0,50	0,17	25%	19,7	1,0	1,9	10%

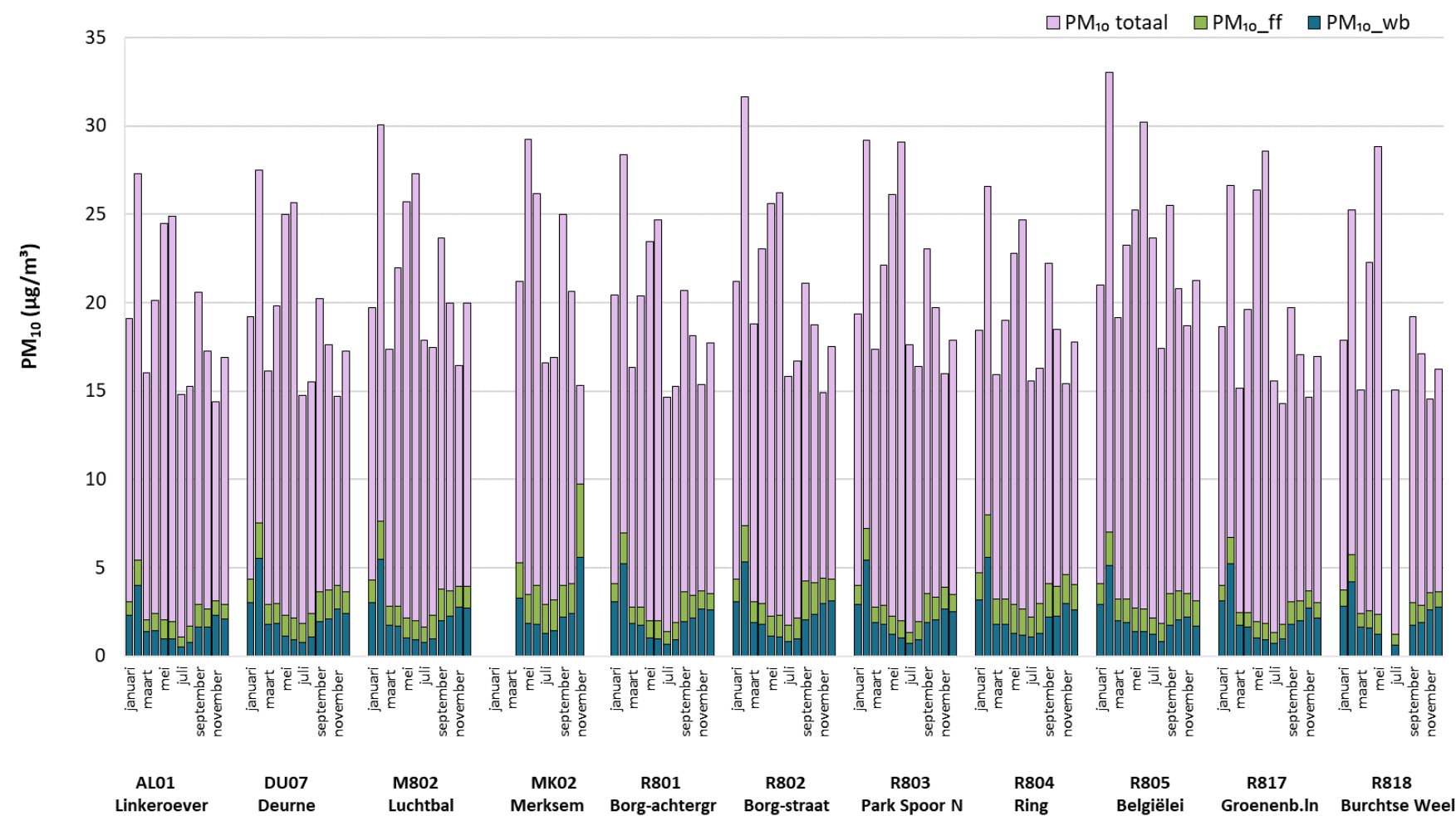
Tabel 15: Absolute en relatieve bijdrage van houtverbranding (wb) en fossiele brandstoffen (ff) aan zwarte koolstof (BC) en aan PM10, opgesplitst in zomer en winter, 2023

meetplaats	periode	BC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	BC _{ff} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	BC _{wb} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	% BC _{wb} in BC	PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM _{10_ff} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM _{10_wb} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	% PM _{10wb} in PM ₁₀
AL01 Linkeroever	zomer	0,58	0,49	0,09	16%	20,0	1,0	1,0	5%
	winter	0,67	0,47	0,20	30%	18,4	0,9	2,3	12%
DU07 Deurne	zomer	0,75	0,63	0,11	15%	20,1	1,3	1,3	6%
	winter	0,97	0,72	0,26	26%	18,6	1,4	2,9	15%
M802 Luchtbal	zomer	0,72	0,61	0,11	15%	22,3	1,2	1,2	6%
	winter	0,95	0,69	0,26	28%	20,5	1,4	3,0	14%
MK02 Merksem	zomer	1,09	0,92	0,17	16%	22,4	1,8	2,0	9%
	winter	-	-	-	-	-	-	-	-
R801 Borgerhout-achtergr.	zomer	0,64	0,53	0,11	17%	19,9	1,1	1,2	6%
	winter	0,84	0,58	0,26	31%	19,3	1,2	2,9	15%
R802 Borgerhout-straatkant	zomer	0,77	0,65	0,12	15%	21,4	1,3	1,3	6%
	winter	1,01	0,74	0,27	27%	20,4	1,5	3,1	15%
R803 Park Spoor Noord	zomer	0,64	0,53	0,11	18%	22,4	1,1	1,3	6%
	winter	0,85	0,59	0,26	30%	19,8	1,2	2,9	15%
R804 Ring	zomer	0,90	0,77	0,13	15%	20,1	1,5	1,5	7%
	winter	1,11	0,84	0,27	24%	18,7	1,7	3,0	16%
R805 Belgiëlei	zomer	0,76	0,63	0,12	16%	24,2	1,3	1,4	6%
	winter	0,97	0,73	0,23	24%	22,2	1,5	2,6	12%
R817 Groenenborgerlaan	zomer	0,55	0,45	0,10	19%	20,6	0,9	1,2	6%
	winter	0,75	0,50	0,25	33%	18,1	1,0	2,8	15%
R818 Burchtse Weel	zomer	0,61	0,50	0,11	17%	21,9	1,0	1,2	5%
	winter	0,73	0,50	0,23	32%	17,6	1,0	2,6	15%

Figuur 38: Evolutie van de bijdrage houtverbranding en bijdrage fossiele brandstoffen tot de concentratie zwarte koolstof voor de periode 2016-2023



Figuur 39: Maandelijke gemiddelden voor PM₁₀ afkomstig van houtverbranding (PM_{10_wb}), afkomstig van fossiele brandstoffen (PM_{10_ff}) en totaal PM₁₀ op de Antwerpse meetplaatsen in 2023



Noot: Meetplaats MK02 werd pas in maart 2023 opgestart, vandaar de ontbrekende data voor jan-feb-mrt. Ook voor december kon er voor deze meetplaats geen maandgemiddelde berekend worden (wegens tijdelijke vereiste verplaatsing van meettrailer bij uittrillen van damwanden Oosterweelwerken).

Noot2: Meetplaats R818 had in juni en augustus onvoldoende PM-data om een maandgemiddelde te berekenen wegens technische problemen met het toestel.

4.8.4 Gemiddeld dagverloop in de winter- en zomermaanden

Zwarte koolstof

Figuur 40 en Figuur 41 geven voor alle meetplaatsen voor alle dagen van de week het gemiddelde verloop²¹ weer van zwarte koolstof afkomstig van houtverbranding en zwarte koolstof afkomstig van fossiele brandstoffen.

Figuur 40 geeft het gemiddelde dagverloop voor de **wintermaanden** van 2023. Op de meetplaats in Merksem (MK02) is het dagverloop afwijkend, wellicht omdat we hier weinig winterdata hebben. Deze wordt bij onderstaande bespreking dan ook niet meegenomen.

- De concentraties zwarte koolstof afkomstig van **houtverbranding** (BC_{wb} , bovenste figuur) vertonen in de wintermaanden op alle meetplaatsen een gelijkaardig dagverloop. Op alle dagen is er een avondpiek. De ochtendpiek is niet op alle dagen even zichtbaar.
- Bij het verloop van de concentraties zwarte koolstof afkomstig van **fossiele brandstoffen** (BC_{ff} , onderste figuur) zien we meer verschillen tussen de meetplaatsen. Op de verkeersgerichte meetplaatsen zijn de concentraties overdag hoger. De meeste meetplaatsen tonen op weekdays een duidelijke ochtend- en een avondpiek, maar op de meetplaats aan de Ring (R804) blijven de concentraties op meerdere dagen ook in de namiddag hoog. In het weekend liggen de concentraties lager dan op weekdays en is de ochtendpiek minder duidelijk.

Figuur 41 geeft het gemiddelde dagverloop voor de **zomermaanden** van 2023.

- In de zomer zijn de concentraties van zwarte koolstof afkomstig van **houtverbranding** (BC_{wb} , bovenste figuur) veel lager dan in de wintermaanden en zien we quasi identieke concentraties over de hele dag, en op alle dagen. De concentraties op alle meetplaatsen liggen in dezelfde grootteorde, maar op de nieuwe meetplaats in Merksem (MK02) zijn de concentraties wel iets hoger (voor de zomermaanden heeft deze meetplaats wel voldoende data om mee te bespreken).
- Ook in de zomermaanden zien we meer variatie tussen de meetplaatsen bij de dagverlopen van zwarte koolstof afkomstig van **fossiele brandstoffen** (Figuur 41, onderaan) dan deze van BC_{wb} . Tijdens de zomermaanden zijn de avondpieken - in tegenstelling tot de wintermaanden - niet op alle dagen zichtbaar. De meetplaats aan de Ring (R804) en de meetplaats in Merksem (MK02) vertonen een afwijkend dagverloop. Aan de Ring zien we de hele dag verhoogde concentraties, niet alleen tijdens de spitsuren. De verkeersdruk op de Antwerpse Ring is de laatste jaren ook sterk gestegen en er is overdag veel vrachtverkeer bijgekomen. Op de meetplaats in Merksem die naast een werf van de Oosterweelwerken ligt, zijn er ook verhoogde concentraties van BC_{ff} .

PM₁₀

Figuur 42 en Figuur 43 geven voor alle dagen van de week het verloop van PM₁₀ afkomstig van houtverbranding (PM_{10_wb}), van PM₁₀ afkomstig van fossiele brandstoffen (PM_{10_ff}) en van PM₁₀, respectievelijk voor de winter- en zomermaanden.

²¹ Deze dagverlopen staan in UT (= universal time).

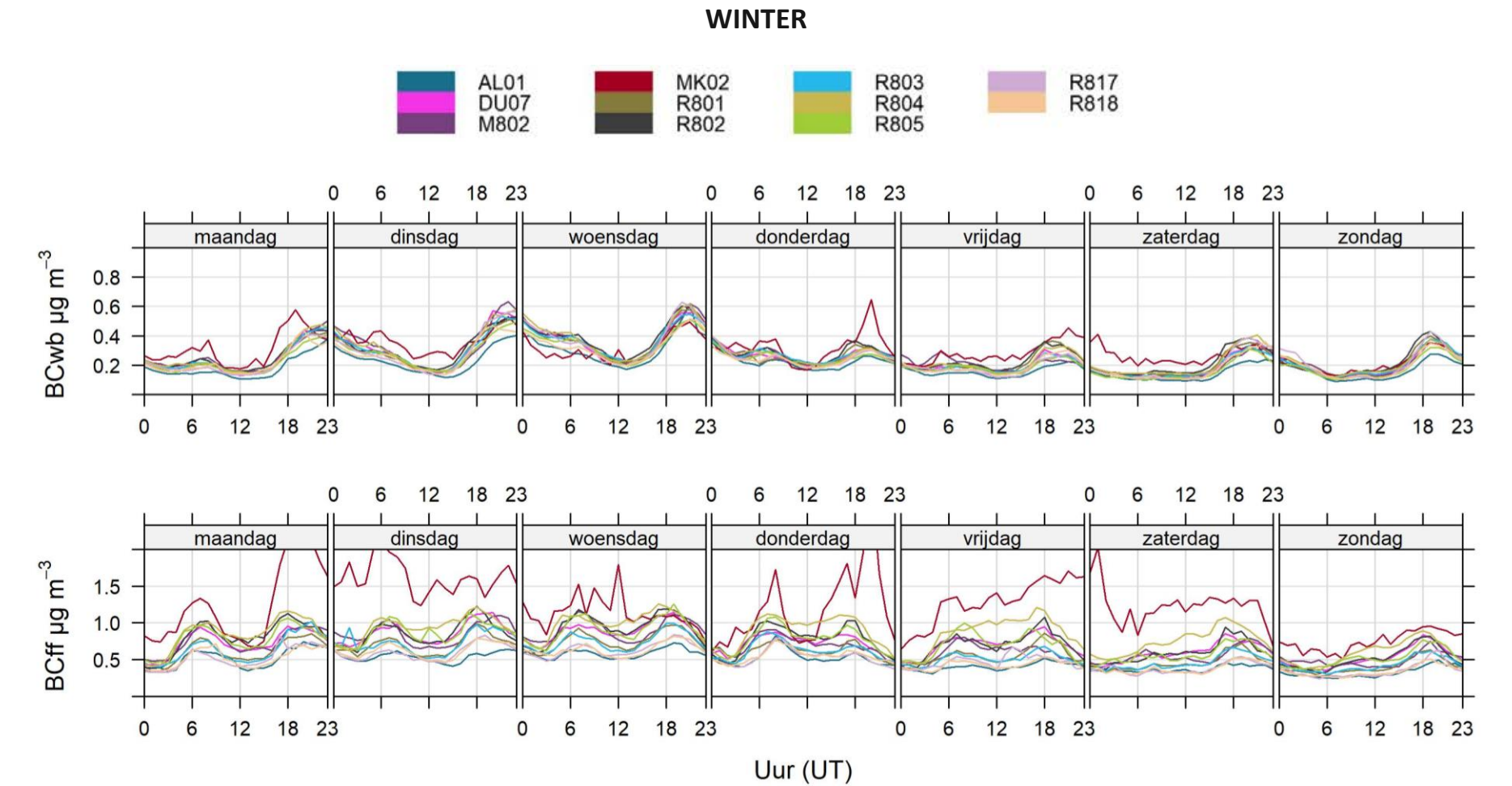
— In de winter verschilt UT 1 uur met lokale tijd, bv. 2 uur UT = 3 uur lokale tijd.

— In de zomer verschilt UT 2 uur met lokale tijd, bv. 2 uur UT = 4 uur lokale tijd.

Voor de wintermaanden heeft de meetplaats Merksem (MK02) onvoldoende data en wordt deze uit de bespreking weggelaten.

In het weekend is er minder variatie in de **PM₁₀**-concentraties gedurende de dag dan op weekdays. Tijdens de zomermaanden zien we op meerdere meetplaatsen PM₁₀-pieken. Dit is allicht het gevolg van hoge concentraties op beperkte momenten door (her)opwaaïend stof die het gemiddelde beïnvloeden, want bij PM_{2,5} zien we deze pieken in het dagverloop niet.

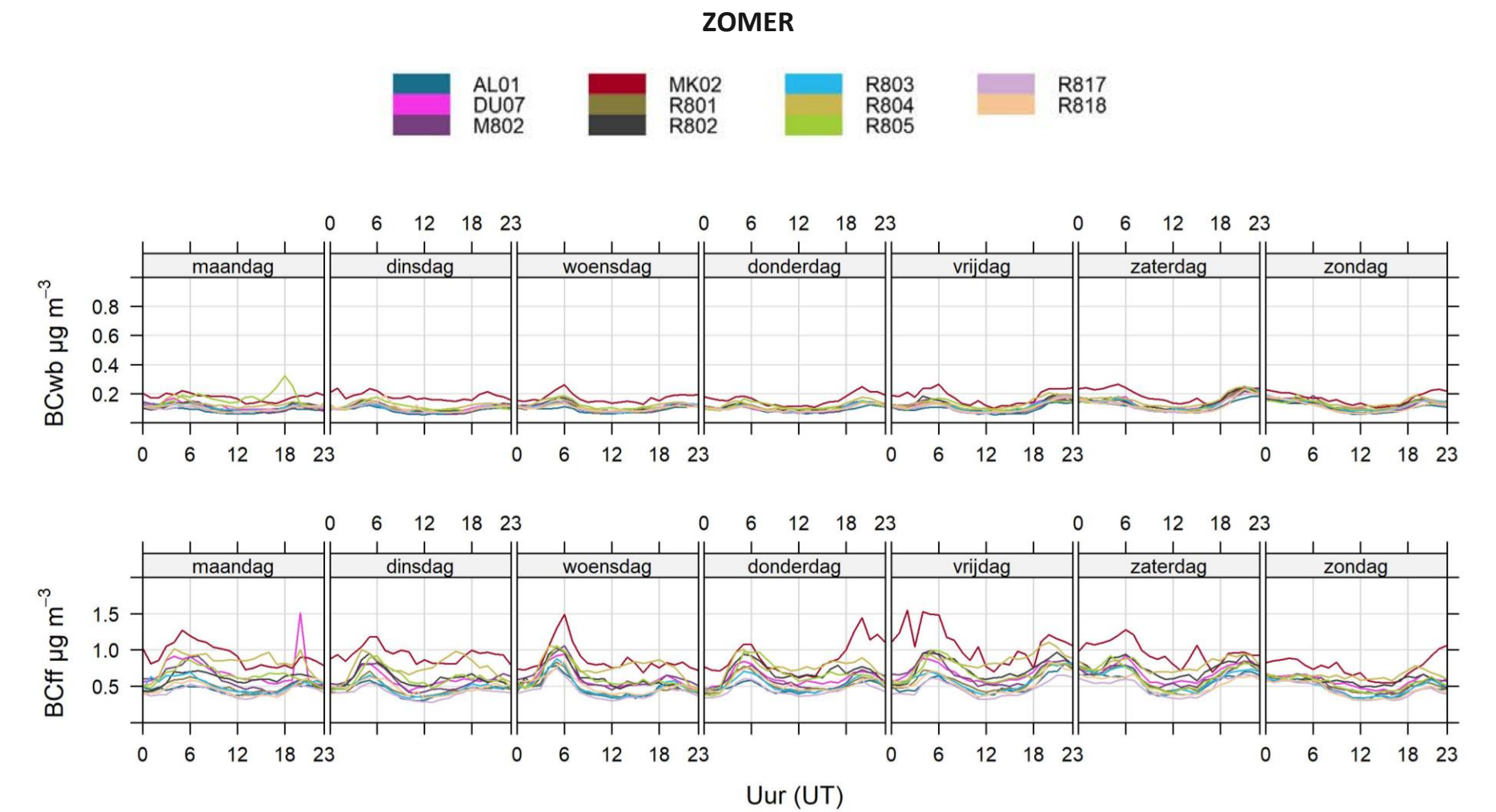
Figuur 40: Dagverlopen van zwarte koolstof afkomstig van houtverbranding (BC_{wb}) en afkomstig van fossiele brandstoffen (BC_{ff}) voor de wintermaanden 2023



Noot:

- Wintermaanden= januari, februari, maart, oktober, november, december
- Voor MK02 slechts 50 % data, door opstart midden maart en tijdelijke verplaatsing/uitbouw in december. -> Dit kan het dagverloop sterk beïnvloeden.

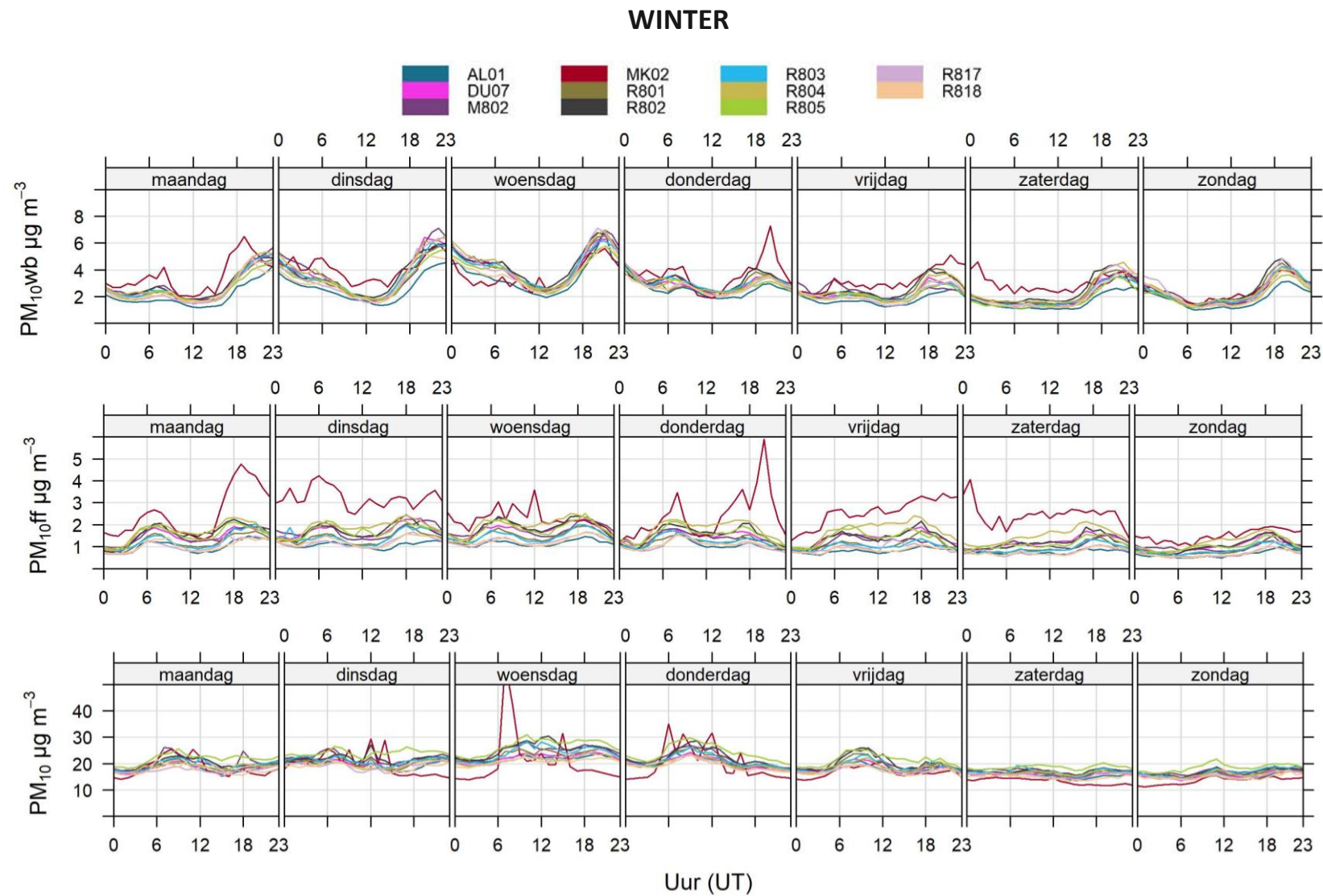
Figuur 41: Dagverlopen van zwarte koolstof afkomstig van houtverbranding (BC_{wb}) en afkomstig van fossiele brandstoffen (BC_{ff}) voor de zomermaanden 2023



Noot:

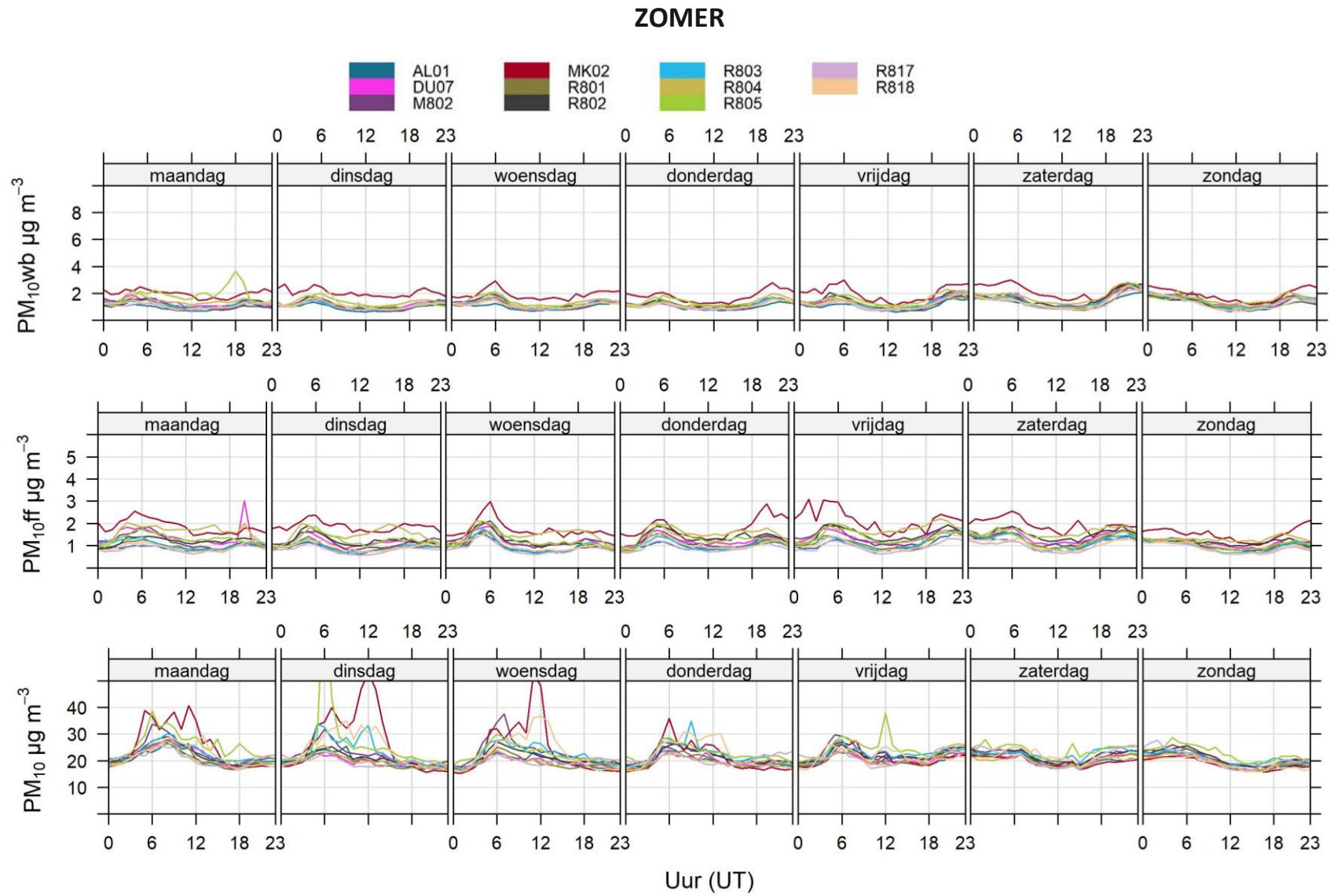
- Zomermaanden= april-september
- Voor MK02 99,7 % data

Figuur 42: Dagverlopen van PM₁₀ afkomstig van houtverbranding (PM_{10_wb}), afkomstig van fossiele brandstoffen (PM_{10_ff}) en totaal PM₁₀ voor de wintermaanden 2023



Noot: MK02 heeft slechts 50 % data voor de wintermaanden. -> Dit kan het dagverloop sterk beïnvloeden.

Figuur 43: Dagverlopen van PM₁₀ afkomstig van houtverbranding (PM_{10_wb}), afkomstig van fossiele brandstoffen (PM_{10_ff}) en totaal PM₁₀ voor de zomermaanden 2023



4.8.5 Bijdrage van houtverbranding in functie van de windrichting

Figuur 44 geeft voor de wintermaanden in 2023 voor elke meetplaats de concentraties zwarte koolstof afkomstig van houtverbranding en van fossiele brandstof weer in functie van de windrichting.

De hoogste concentraties zwarte koolstof afkomstig van **houtverbranding** (BC_{wb} , Figuur 44, links) werden op de meetplaatsen gemeten bij wind uit oostelijke richtingen. Deze verhoogde concentraties zijn een combinatie van:

- minder gunstige weersomstandigheden die gepaard gaan met wind uit deze richtingen. In de winter betekent dit meestal koud en droog weer met kans op temperatuursinversie, wat leidt tot hogere concentraties.
- meer houtverbranding op koudere dagen
- aanvoer van verontreinigde landlucht

De rozen zijn qua vorm vrij gelijkaardig voor elke meetplaats. Er zit wel een verschil in concentraties, vooral bij wind uit oostelijke richtingen.

Noot: Het meetnet is opgebouwd om de algemene luchtkwaliteit of specifieke industriële bronnen in Vlaanderen op te volgen. De meetplaatsen met AE33 aethalometers zijn niet specifiek gekozen in functie van mogelijke lokale bronnen van huishoudelijke houtverbranding. De impact van huishoudelijke houtverbranding zal lokaal op tal van plaatsen in Vlaanderen zeker groter zijn dan wat wordt gemeten op de huidige meetplaatsen uitgerust met een AE33 aethalometer.

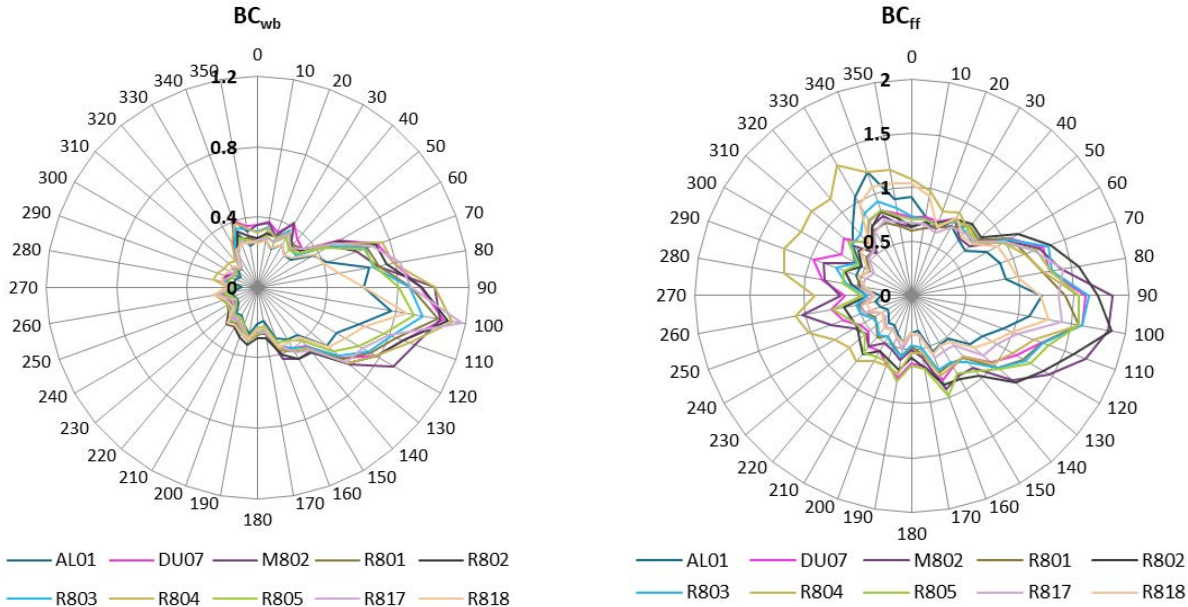
In de pollutierozen van zwarte koolstof afkomstig van de verbranding van **fossiele brandstoffen** (BC_{ff} , Figuur 44, rechts) zien we – naast de typische oostelijke verhoging, zie hierboven – wél iets meer verschil in de vorm van de rozen, wat duidt op invloed van lokale bronnen van fossiele brandstoffen.

Bijvoorbeeld:

- Op de meetplaats aan de Ring (R804) zien we duidelijk de invloed van het verkeer van de Ring.
- Op de meetplaats Luchtbal (M802) meten we hogere concentraties uit het westen. Dit is de richting vanuit het kruispunt Havanalaan-Noorderlaan en vanuit de haven. En ook uit het zuidoosten zien we een verhoging (werf Oosterweelwerken).

Zie ook de bespreking van de BC-pollutierozen in paragraaf 4.6.4.

Figuur 44: Pollutieroos voor zwarte koolstof afkomstig van houtverbranding (BC_{wb}) en fossiele brandstoffen (BC_{ff}) tijdens de wintermaanden 2023 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



5 METINGEN OP LINKEROEVER

Sinds het begin van de Oosterweelwerken heeft de VMM (in opdracht van Lantis) een extra meetstation opgericht aan de Burchtseweel (R818) om de invloed van de werken op te volgen. Op deze locatie wordt PM_{10} , $PM_{2,5}$, NO_2 en BC gemeten.

Midden 2021 bleek uit onderzoek van de Universiteit Antwerpen dat PFAS zich wijd verspreid hadden rond het bedrijf 3M te Zwijndrecht. Ook waren er aanwijzingen dat PFAS door de grondwerken voor de Oosterweelverbinding via fijn stof door de lucht verspreid werden. De VMM startte hierna onmiddellijk op Linkeroever met luchtmetingen van PFAS en met extra metingen van fijn stof in Zwijndrecht en Linkeroever. Dit laatste gebeurde in samenwerking met Lantis.

Figuur 45: Meetopstelling voor PFAS in Zwijndrecht



5.1 PFAS

5.1.1 Wat zijn PFAS

Poly- en perfluoralkylstoffen (PFAS) is een verzamelnaam voor meer dan 6000 stoffen die bestaan uit een koolstofketen en fluorverbindingen. PFAS hebben zeer uiteenlopende fysische en chemische eigenschappen dewelke vooral bepaald worden door de lengte van hun koolstofketen. Over het algemeen zijn ze zowel water- als vetafstotend en goed bestand tegen hoge temperaturen. Het is door deze eigenschappen dat ze al sinds de jaren '60 massaal gebruikt worden in verschillende toepassingen, van blusschuim tot textielbehandeling.

Wetenschappelijk onderzoek toonde aan dat PFAS – waaronder perfluorooctaansulfonzuur (PFOS) en perfluorooctaanzuur (PFOA) – persistent, bioaccumulerend en toxisch zijn. Ze worden wereldwijd aangetroffen in het milieu, in biota en de mens. Zo ook in de buurt van de 3M-fabriek in Zwijndrecht.

Het Vlaamse actieplan PFAS wil PFAS beter monitoren en zo de problematiek aanpakken. Meer informatie over dit actieplan staat op <https://www.vlaanderen.be/pfas-vervuiling>.

5.1.2 Metingen

Sinds de zomer van 2021 voert de VMM PFAS-metingen uit nabij de 3M-site en de Oosterweelwerf.

In 2023 werd op 7 locaties PFAS in zwevend stof gemeten – op 5 van deze locaties werd ook PFAS in gasfase gemeten – en op 8 locaties PFAS in depositie.

PFAS in zwevend stof werd ook gemeten op R818, maar alleen bij fijnstofmetingen boven een bepaalde drempelwaarde, en op 4 locaties op het 3M-terrein zelf. Over dit laatste vind je meer info op <https://www.vlaanderen.be/pfas-vervuiling/pfas-aanpak-regio-zwijndrecht/pfas-luchtmetingen-in-zwijndrecht-en-omgeving>.

5.1.3 Regelgeving

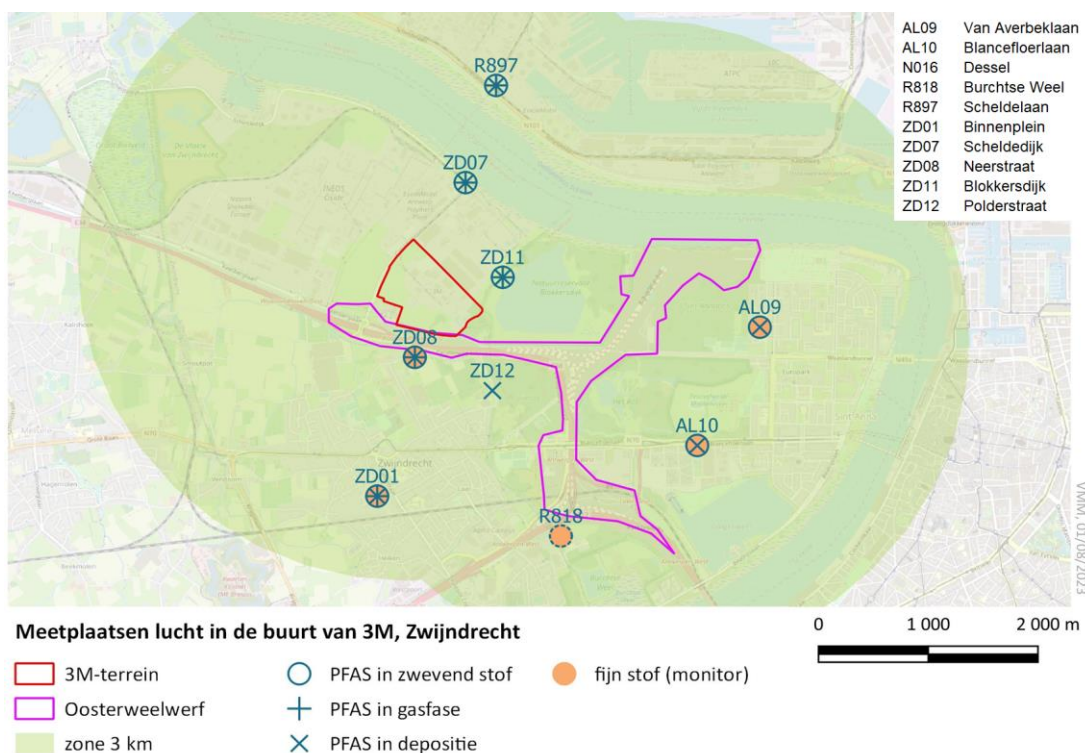
PFAS in zwevend stof en gas:

Voor de som van 4 PFAS-verbindingen (EFSA-PFAS = PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS) is een tijdelijke toetsingswaarde vastgelegd van 0,4 ng/m³ (jaargemiddelde concentratie) voor volwassenen ter hoogte van bewoning. Dit gaat ervan uit dat 20 % van de totale blootstelling aan PFAS via de lucht komt.

PFAS in depositie:

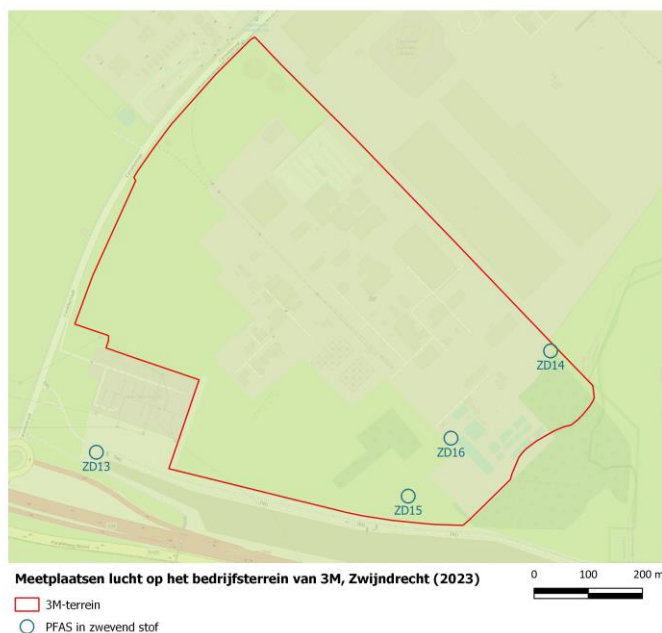
Er is momenteel geen toetsingskader voor PFAS-deposities. De risico's door blootstelling aan PFAS via depositie kunnen dus niet beoordeeld worden.

Figuur 46: PFAS-metnet in 2023



Noot: We meten PFAS ook op een achtergrondmeetplaats in Dessel: N016.

Figuur 47: Detailfiguur met PFAS-metplaatsen op het terrein van 3M



5.1.4 Resultaten 2023

PFAS in zwevend stof en gasfase:

- Op alle meetlocaties waren PFAS meetbaar in zowel zwevend stof als gasfase. De verbindingen die het meest voorkwamen in zwevend stof waren PFOS, PFOA en geperfluoreerde sulfonamidoacetaten. In gasfase waren vooral geperfluoreerde sulfonamides, zoals MePFBSA, en PFPrA dominant aanwezig. Deze laatste was echter louter indicatief meetbaar.
- Het gemiddelde PFAS-profiel van de meetlocaties nabij 3M (Zwijndrecht) is erg gelijkaardig als deze rondom de Oosterweelwerf (Linkeroever).
- De hoogste concentraties werden doorgaans gemeten in natuurgebied Blokbersdijk. Dit valt te verklaren door de korte afstand en windafwaartse ligging van deze locatie tot 3M.
- Zowel aan Blokbersdijk (natuurgebied) als aan de Neerstraat (woonzone) overschreed het jaargemiddelde de tijdelijke toetsingswaarde met meer dan 160 %. Bij Blokbersdijk komt dit door de nabijheid en ligging tot 3M. Aan de Neerstraat kwam dit door een piek in de PFOS-concentratie tijdens de droge periode in mei/juni waarbij een sterke noordoostenwind zowel aerosolen van de 3M-waterzuiveringsinstallatie als verontreinigd bodemstof naar de Neerstraat blies. Om een dergelijke verontreiniging te vermijden in de toekomst, heeft de overheid meteen actie ondernomen. Om de verontreinigingsbron te kunnen identificeren, werden er extra meetposten neergezet op het bedrijfsterrein. Verder werden bijkomende maatregelen opgelegd aan 3M, waaronder een stofmitigatieplan. Dat plan houdt stofbeperkende maatregelen in zoals het afdekken van onverharde zones en extra maatregelen tijdens werken met ingreep in de bodem, maar ook het uitrollen van een eigen fijnstofmeetnet door 3M. Dit meetnet stelt de overheid en 3M in staat om tijdig te reageren bij verhoogde fijnstofpieken. De resultaten zijn in real time te volgen op de VMM-website. Tenslotte werd er ook aan de waterzuiveringsinstallatie (WZI) gesleuteld om diens uitstoot te minimaliseren. Dit gebeurde onder andere door (1) een voorbehandeling van het met PFAS verontreinigde grondwater

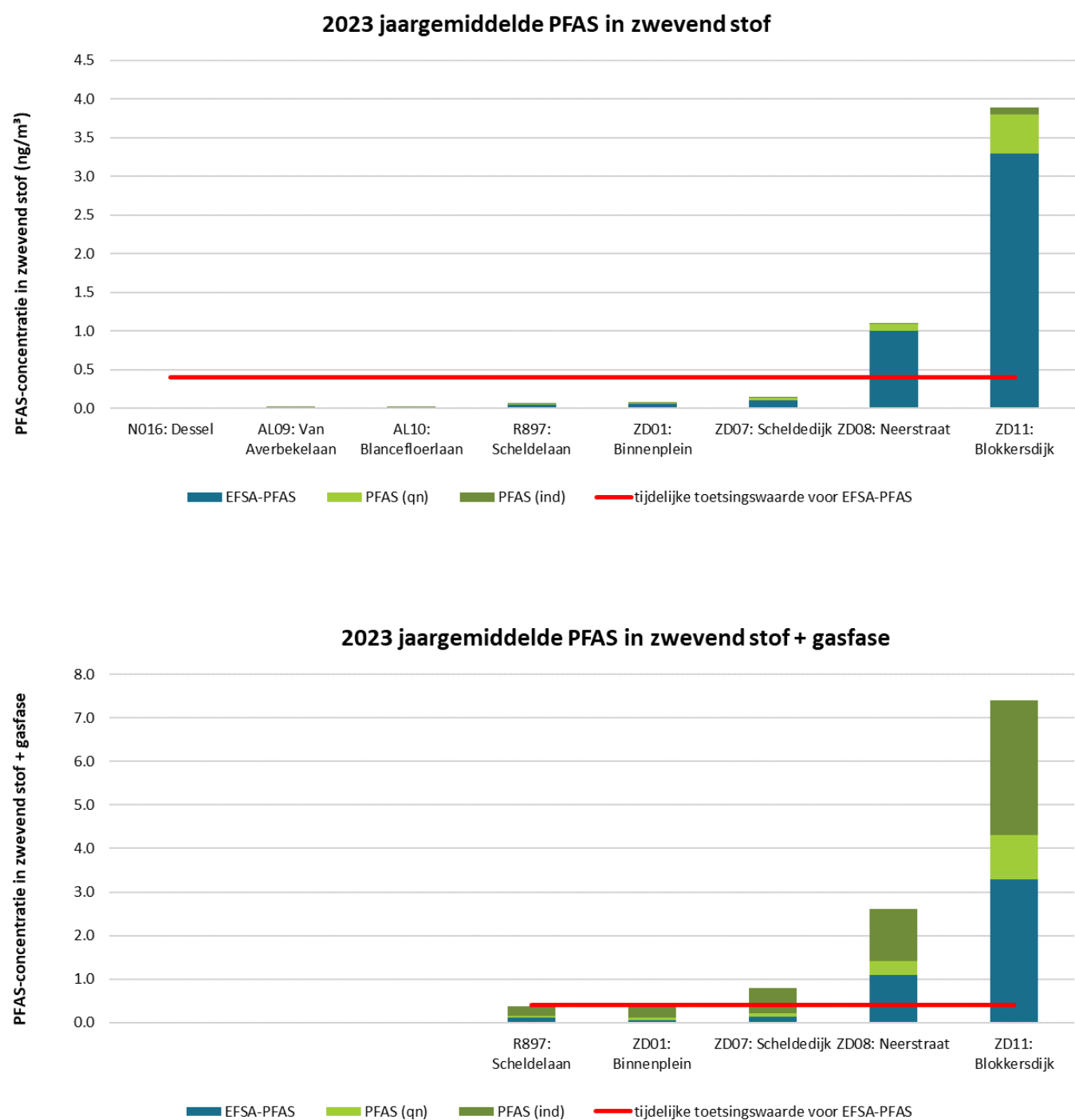
- De concentraties variëren sterk in tijd, ruimte en samenstelling. In de buurt van 3M en de Oosterweelwerf zijn de concentraties duidelijk verhoogd. De concentraties variëren ook sterk naargelang de weersomstandigheden (bijvoorbeeld wind en regen). Op meetlocaties windafwaarts van 3M en de Oosterweelwerf vinden we meer PFAS in zwevend stof dan op de windopwaartse locaties. Dat betekent dat de verhoogde concentraties het gevolg zijn van PFAS-houdende emissies uit de zone van 3M en de Oosterweelwerf. De verontreiniging is echter vooral van historische aard aangezien PFOS en PFOA niet meer geproduceerd worden in Zwijndrecht, maar nog wel kunnen voorkomen in bijvoorbeeld opwaaiend bodemstof.

PFAS in depositie:

- Op alle meetlocaties zijn PFAS meetbaar in bulkdepositie. De verbindingen die het meest voorkwamen waren PFOS, PFPrA (indicatief), PFBA en in mindere mate PFOA. Rondom de Oosterweelwerf was PFPrA het meest dominant aanwezig.
- Er zat weinig verschil in het gemiddelde PFAS-profiel van de meetlocaties nabij 3M (Zwijndrecht) en deze rondom de Oosterweelwerf (Linkeroever). Procentueel gezien was de bijdrage van PFPrA veel hoger rondom de Oosterweelwerf dan rondom 3M.
- De hoogste deposities werden doorgaans gemeten in Blokkersdijk. Ten gevolge van de sterke noordoostenwind tijdens de verhoogde PFAS-verontreiniging in mei/juni was de depositie tijdens deze periode hoger aan de Neerstraat dan in Blokkersdijk.
- De aanvoer van PFAS varieert sterk in tijd, ruimte en samenstelling. In de buurt van 3M en de Oosterweelwerf is de depositie duidelijk verhoogd. De deposities variëren ook sterk naargelang de weersomstandigheden (bijvoorbeeld wind en regen). Op meetlocaties windafwaarts van 3M en de Oosterweelwerf is de aanvoer van PFAS hoger dan op de windopwaartse locaties.

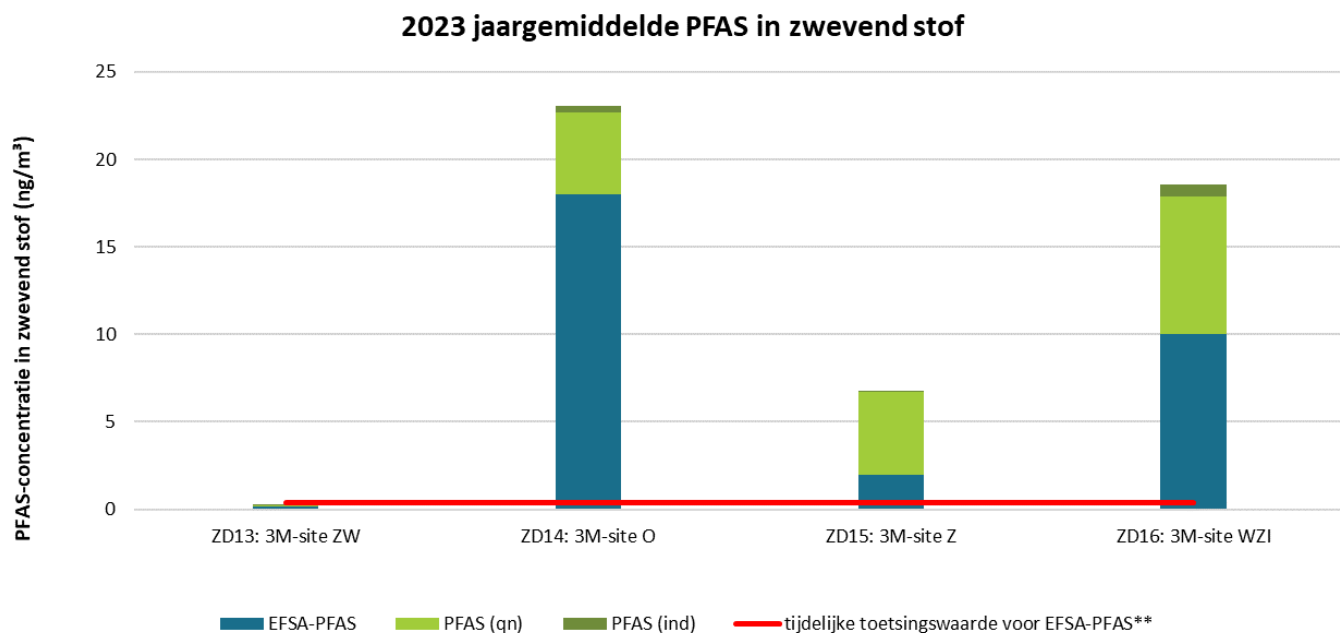
[illegible]

Figuur 48: Jaargemiddelden voor PFAS in zwevend stof (bovenaan) en zwevend stof + gasfase (onderaan) in 2023



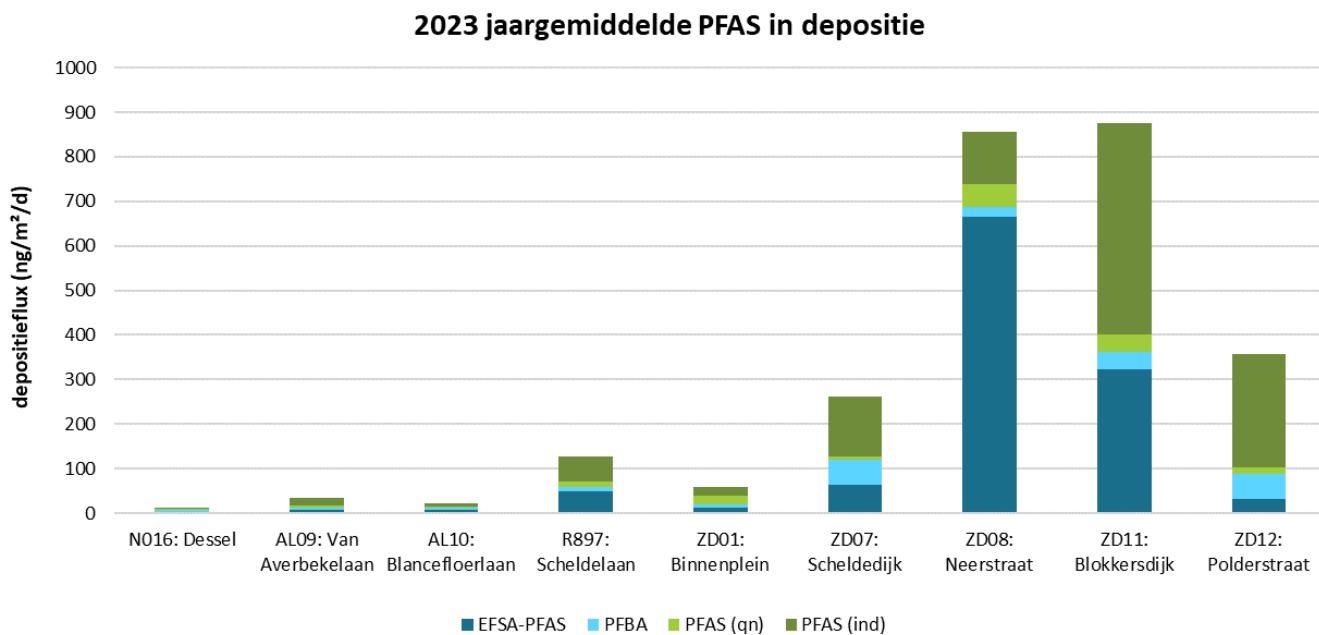
PFAS (qn) = kwantitatieve bepaling (meetonzekerheid < 50 %) ;
 PFAS (ind) = indicatieve bepaling (meetonzekerheid > 50 %)

Figuur 49: Jaargemiddelden voor PFAS in zwevend stof in 2023 op de locaties op het 3M-terrein



** : De tijdelijke toetsingswaarde van 0,4 ng/m³ wordt gebruikt voor woonzones. Bovenstaande locaties liggen op een bedrijfs-terrein en niet in een woonzone.

Figuur 50: Jaargemiddelden voor PFAS in depositie in 2023



5.2 Stofmetingen

Om tijdig te kunnen inspelen op verspreiding van mogelijk met PFAS vervuilde grond via de lucht door de infrastructuurwerken Linkeroever en Scheldetunnel, werden er extra meetplaatsen voor fijn stof opgericht. Dit doen we omdat het meten van PFAS in zwevend stof analyses in het labo vergen, waardoor deze resultaten pas na enkele weken beschikbaar zijn en dus niet direct ingezet kunnen worden om snel in te spelen op mogelijke stofverspreiding. De concentraties van fijn stof kunnen wel continu opgevolgd worden met automatische monitoren waardoor we veel sneller actie kunnen ondernemen.

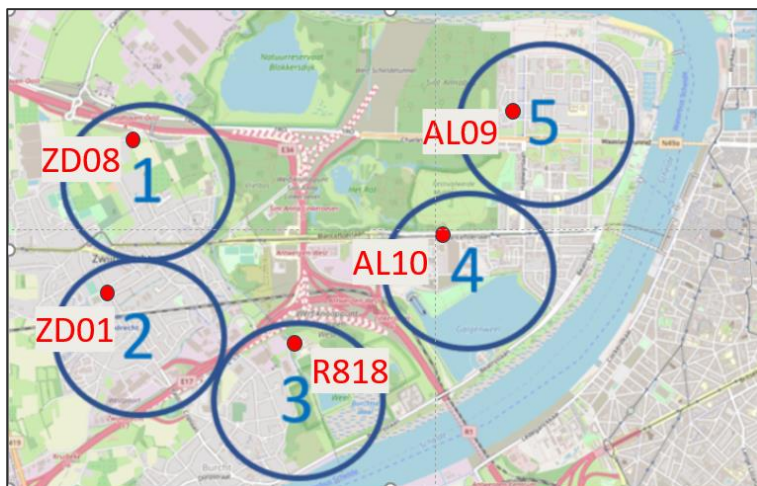
5.2.1 Meetnet

Om de verspreiding van stof door de werken maximaal in te perken, werden via de omgevingsvergunning van de werfzones een reeks stofbeheersmaatregelen opgelegd en werd een stofactiemeetplan opgemaakt in samenwerking met Lantis.

In de verschillende windrichtingen rond de werken registreren een aantal stofmonitoren continu de hoeveelheid fijnstof in de omgevingslucht. Deze meetlocaties liggen in:

- de noordelijke woonzone van Zwijndrecht (zone 1)
- het centrum van Zwijndrecht (zone 2)
- de noordelijke zone van Burcht (zone 3)
- de zuidelijke woonzone op Linkeroever (zone 4)
- de noordelijke woonzone op Linkeroever (zone 5)

Figuur 51: Overzicht van de meetplaatsen in kader van het stofactiemeetplan op Linkeroever



Tabel 16: Overzicht van de stofmeetplaatsen op Linkeroever in het kader van PFAS

Naam	Code	Lambert X	Lambert Y	Startdatum
Antwerpen, Van Averbekelaan	AL09	150543	213320	27/01/2022
Antwerpen, Blancefloerlaan	AL10	149979	212216	17/02/2022
Antwerpen, Burchtse Weel	R818	148723	211364	02/09/2017
Zwijndrecht, Binnenplein	ZD01	147007	211728	01/10/2021
Zwijndrecht, Neerstraat	ZD08	147399	213042	05/10/2021

Met dit stofmeetnet wordt de lokale bijdrage van de Oosterweelwerken naar de dorpskernen toe continu gemonitord. Door op elk ogenblik de PM₁₀-stofconcentratie in een woonkern te vergelijken met een andere meting uit het stofmeetnet, die op dat moment niet beïnvloed wordt door de werken (afhankelijk van de windrichting) kan op uurbasis de lokale bijdrage van de activiteiten op de werf opgevolgd worden.

- Wordt de **waarschuwingdrempel** overschreden, dan gaat de verantwoordelijke voor stofemissies op de werf ter plaatse om te kijken of de mogelijke maatregelen rond stofreducerende maatregelen op de werf genomen zijn en goed opgevolgd worden.
- Wordt de **actiedrempel** overschreden, dan worden aanvullende stofreducerende maatregelen genomen, zoals extra beneveling van de te bewerken gronden of worden bepaalde stofproducerende activiteiten tijdelijk stilgelegd. Dit gebeurt in afwachting van het dalen van de nettobijsdrage van de stofconcentraties in de omringende woonzone(s).

Het voorstel is momenteel gebaseerd op bescherming ten opzichte van fijn stof (PM₁₀). Als basis wordt de huidige WGO-dagadvieswaarde (45 µg/m³) voor PM₁₀ gebruikt. Hoewel PM_{2,5} gezondheidkundig nog relevanter is dan PM₁₀, weten we dat opwaaiend bodemstof of stof van infrastructuurwerken eerder uit grotere deeltjes bestaat, wat maakt dat PM₁₀ beter geschikt is om verspreiding van bodemstof op te volgen.

- **Netto PM₁₀:** lokale PM₁₀-concentratie op de meetplaats waarvan de laagste waarde van de vijf meetplaatsen wordt afgetrokken. Door te werken met nettobijdragen vermijden we dat algemene smogepisodes die volledig buiten de verantwoordelijkheid van Lantis liggen hen tot actie zouden dwingen.
- **3hmax:** hoogste (netto) uurwaarde die minstens 3 opeenvolgende uren wordt overschreden. Het werken met zo'n drempel is een compromis tussen voldoende snel kunnen reageren enerzijds en anderzijds vermijden dat zeer kortstondige events (bijvoorbeeld door een korte eenmalige stofpiek of door kortstondige lokale variaties in het weer) zorgen voor een drempeloverschrijding.

Actiedrempel (netto 3hmax) = $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$

- ZD01 (Zwijndrecht-Binnenplein): 36 keer in 2023. Deze overschrijdingen werden vooral gemeten in de periode juni-oktober, met de maand september die eruit springt. De stofpieken konden gelinkt worden aan lokale werken aan een nieuw skatepark.

103

- R818 (Burchtse Weel): 35 keer in 2023. Deze meetplaats ligt bij een school op korte afstand van de werfzone naast de E17 en wordt vooral bij noorderwind sterk beïnvloed door werfactiviteiten en werfverkeer.
- AL10 (Blancefloerlaan): 26 keer in 2023. Bijna al deze overschrijdingen werden opgetekend in de eerste jaarhelft.

Bij het overschrijden van de actiedrempel was de meetplaats Burchtse Weel (R818) koploper met 11 keer in 2023, gevolgd door Zwijndrecht-Binnenplein (ZD01) met 9 keer.

De drempels worden vooral overschreden tijdens droge periodes. 2023 werd gekenmerkt door veel neerslagdagen.

Onderstaande tabellen tonen aan dat op sommige meetplaatsen het aantal dagen met overschrijdingen van de drempels (sterk) gestegen is ten opzichte van 2022, terwijl op andere plaatsen er een (sterke) daling was. Van jaar tot jaar zijn er andere zones op Linkeroever waar er lokaal werken gebeuren, waardoor het ene jaar de ene meetplaats meer wordt blootgesteld aan stofhinder door bijvoorbeeld graafwerken en/of (her)opwaaiend stof.

Tabel 17: Verloop van het aantal dagen per jaar met overschrijding van de **waarschuwingdrempel** uit stofactieplan-Zwijndrecht

Naam	Code	2022*	2023	
Antwerpen, V Averbekeln	AL09	9	1	↓
Antwerpen, Blancefloerln	AL10	21	26	↑
Antwerpen, Burchtse Weel	R818	55	35	↓↓
Zwijndrecht, Binnenplein	ZD01	11	36	↑↑
Zwijndrecht, Neerstraat	ZD08	35	7	↓↓

*: pas opgestart midden februari 2022

Tabel 18: Verloop van het aantal dagen per jaar met overschrijding van de **actiedrempel** uit stofactieplan-Zwijndrecht

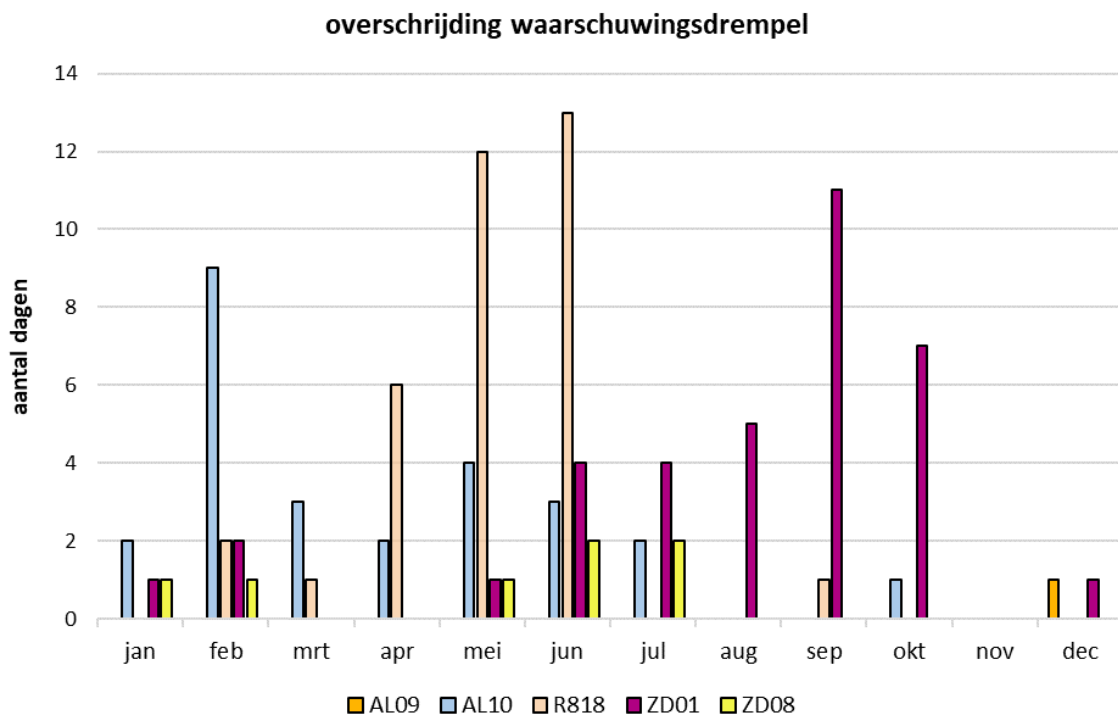
Naam	Code	2022*	2023	
Antwerpen, V Averbekeln	AL09	2	1	
Antwerpen, Blancefloerln	AL10	3	3	
Antwerpen, Burchtse Weel	R818	15	11	↓
Zwijndrecht, Binnenplein	ZD01	1	9	↑↑
Zwijndrecht, Neerstraat	ZD08	9	0	↓↓↓

*: pas opgestart midden februari 2022

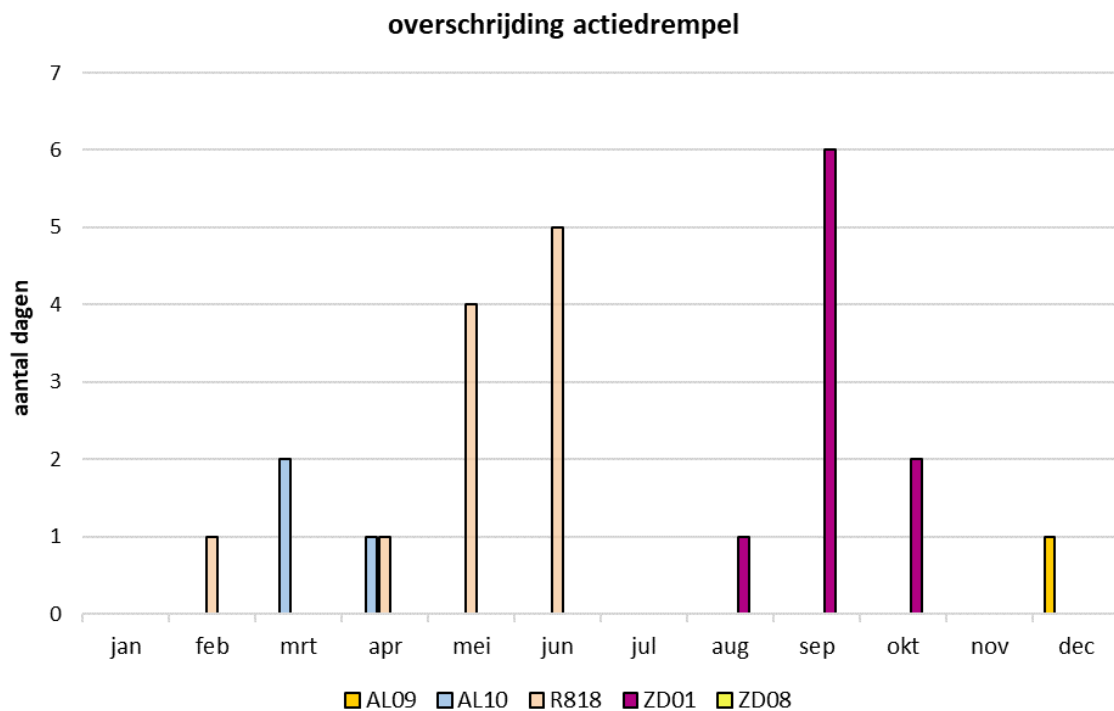
Het verloop van de uurwaarden per maand wordt voor PM₁₀ getoond in bijlage 6. De lokale pieken die we zien op de PM₁₀-grafieken, zien we meestal niet op de PM_{2,5}-grafieken, wat erop duidt dat het lokale verhogingen van PM_{coarse} zijn (= fractie met diameter tussen 2,5-10 µm). Dit wijst op opwaaiend bodemstof of stof van breek- of bouwwerken.

[illegible]

Figuur 52: Aantal dagen per maand met overschrijding van de **waarschuwingdrempel** uit stofactieplan-Zwijndrecht in 2023

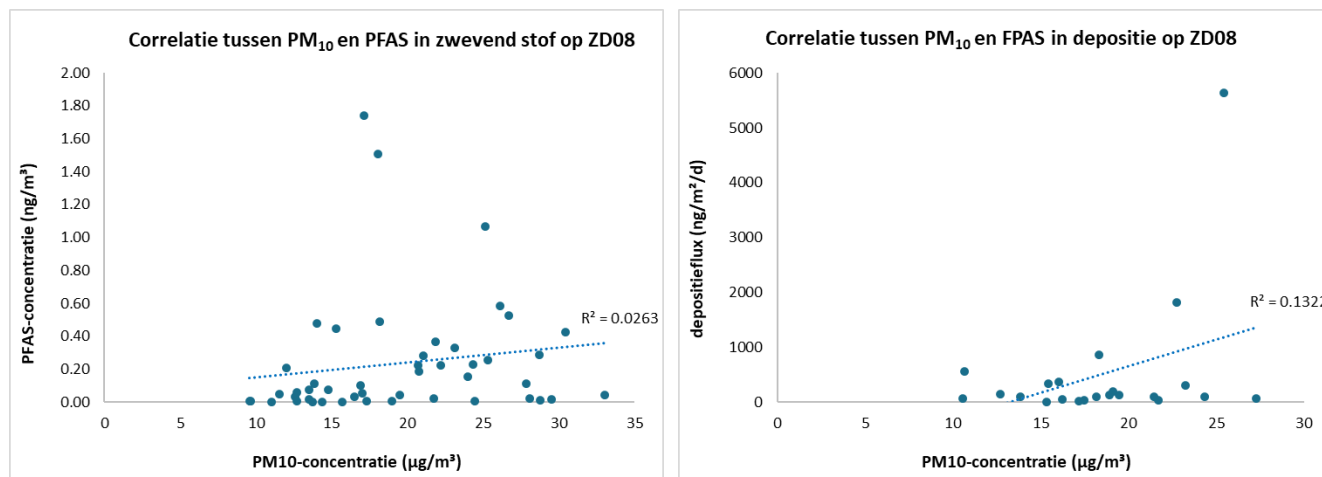


Figuur 53: Aantal dagen per maand met overschrijding van de **actiedrempel** uit stofactieplan-Zwijndrecht in 2023



Niet elke verhoging van netto fijnstofconcentratie is het gevolg van activiteiten op de Oosterweelwerven. Ook andere lokale activiteiten kunnen zorgen voor verhoogde stofwaarden. Bovendien gaat niet elke stofpiek gepaard met verspreiding van PFAS via de lucht, zie onderstaande figuren ter illustratie. Wel is het meten van fijnstofconcentratie en daarop preventief ingrijpen een snelle aanpak om mogelijke PFAS-verspreiding te verminderen.

Figuur 54: Correlatie tussen de PM₁₀-concentratie en PFAS-concentratie



5.2.4 Pollutierozen Linkeroever

Om te achterhalen in welke richting de lokale bronnen liggen, werd voor elke meetplaats de pollutieroos uitgetekend voor de verschillende stoffracties:

- PM_{2,5}
- PM₁₀
- PM_{coarse} of grof stof, wat het verschil is tussen PM₁₀ en PM_{2,5}.

Naast de gewone pollutieroos werd ook een zeropollutieroos opgemaakt. Zie bijlage 4 voor meer uitleg over deze methodiek. De pollutierozen worden eerder in het rapport ook op kaart getoond (Figuur 19 voor PM₁₀ en Figuur 26 voor PM_{2,5}).

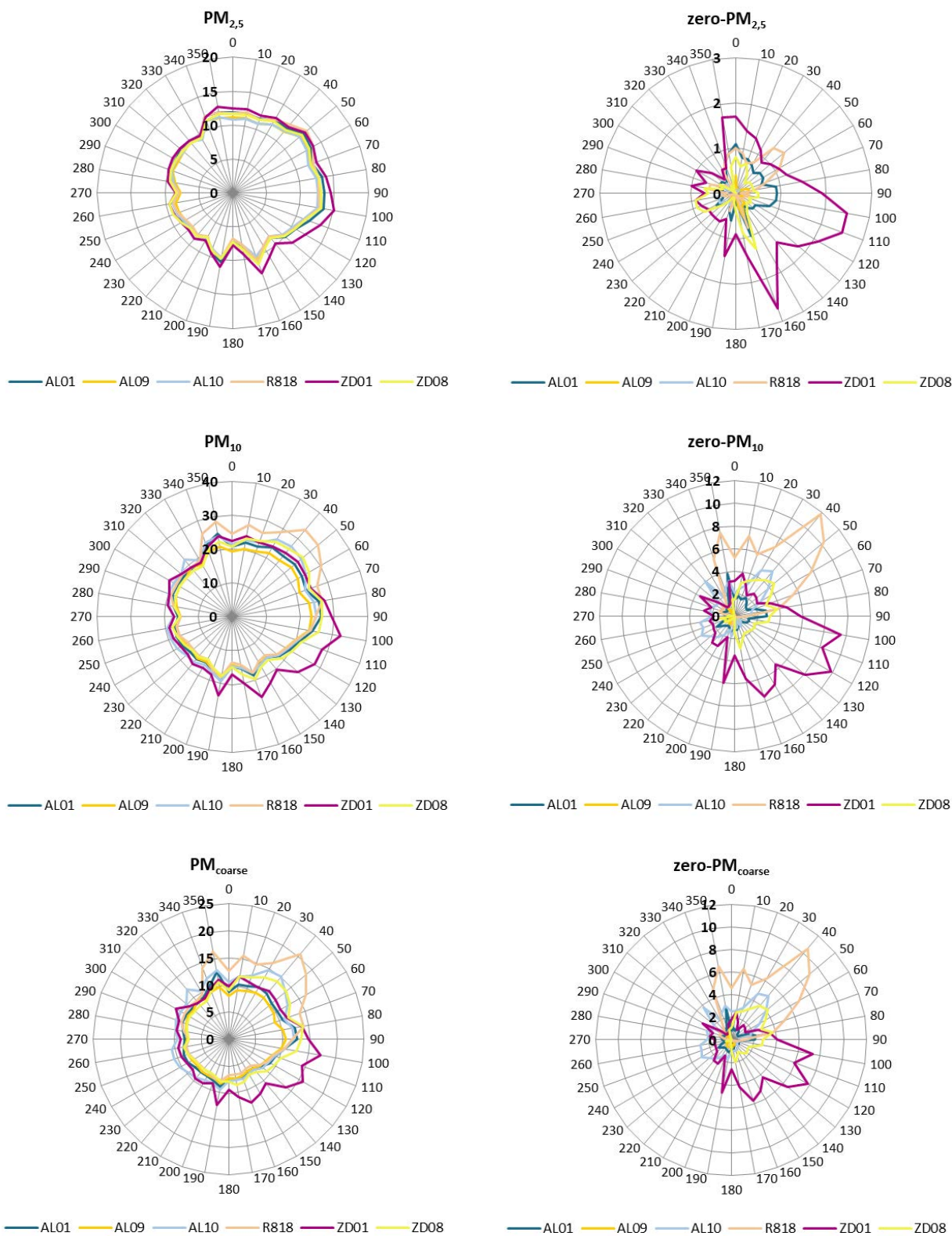
Vooral de rozen van grof stof of PM_{coarse} zijn interessant omdat bij opwaaiend bodemstof of stof van bouw- en breekwerken de deeltjes vaak tussen 2,5 en 10 µm groot zijn.

- **AL01** en **AL09**: Op deze meetplaatsen zien we weinig lokale bronnen van grof stof.
- **AL10**: Op de meetplaats aan de Blancefloerlaan (AL10) zien we vooral een lokale verhoging uit het noordoosten.
- **R818**: Voor de meetplaats Burchtse Weel (R818) zien we een grote lokale verhoging uit het noorden tot noordoosten. Dit is de richting van de werf van de Oosterweelwerken naast de E17.
- **ZD01**: Op de meetplaats aan het Binnenplein (ZD01) zien we een lokale verhoging van grof stof uit het zuidoosten door de aanleg van een nieuw skatepark.

- **ZD08:** Op de meetplaats aan de Neerstraat (ZD08) is er een lokale verhoging van grof stof uit het noordoosten. Dit kan ook gelinkt worden aan werken van Lantis ter hoogte van de nabijgelegen berm en aan transporten over de werfweg.

Actuele resultaten van dit fijnstofmeetnet op Linkeroever en toetsing aan de drempels van het stofactieplan, staan op de website van de VMM: <https://www.vmm.be/feiten-cijfers/lucht/luchtkwaliteit-in-jouw-buurt/zwijndrecht-antwerpen-linkeroever/fijnstofmeetnet>

Figuur 55: Gewone pollutie-roos (links) en zeropollutieroos (rechts) voor PM op Linkeroever in 2023



6 EFFECT VAN DE INVOERING VAN DE LAGE-EMISSIONZONE

In een lage-emissiezone worden de meest vervuilende voertuigen stapsgewijs gebannen om de luchtkwaliteit en de gezondheid van de inwoners in die zone te verbeteren.

6.1 Inleiding

In de haalbaarheidsstudie²² uit 2012 die de stad Antwerpen liet uitvoeren voor de invoering van de lage-emissiezone werden de grootste relatieve reducties gemodelleerd voor elementair koolstof, wat net zoals zwarte koolstof een maat is voor roet²³. Voor NO₂ was het te verwachten effect van de LEZ kleiner omdat de 'nieuwe' diesels ten tijde van de haalbaarheidsstudie uit 2012 nog altijd vrij veel NO₂ uitstootten²⁴. De uitstoot van NO_x daalt pas vanaf euro 6 en vooral vanaf de invoering van euro 6d. Het effect hiervan is dus pas zichtbaar vanaf de volgende fasen in de LEZ. Er werden beperkte relatieve dalingen in de concentraties PM₁₀ en PM_{2,5} gemodelleerd gezien deze polluenten veel minder worden beïnvloed door lokale maatregelen. In de verdere bespreking kijken we daardoor alleen naar de polluenten NO₂ en zwarte koolstof.

6.1.1 Hoe brengen we het effect van een LEZ best in kaart?

In 2020 werd er een uitgebreide evaluatie²⁵ uitgevoerd van het effect van de lage emissiezones. Het effect van een LEZ kan in kaart gebracht worden door de impact ervan op de vergroening van het wagenpark. In paragraaf 6.3 gaan we dieper in op het effect van de invoering van de LEZ op de vergroening van het wagenpark.

Om enkel het lokale effect van een LEZ bij volgende verstrengingen te kennen, heeft de VMM in 2024 door VITO emissieberekeningen laten uitvoeren in een scenario met LEZ (inclusief verstrengingen) en een scenario zonder LEZ. Dit wordt besproken in paragraaf 6.4.

Het belang van een LEZ wordt ook aangetoond aan de hand van voertuigemissie-monitoring. Hier gaan we dieper in op in paragraaf 6.4.2.

Een uitspraak doen over het effect van de lage-emissiezone op de concentraties in de omgevingslucht is niet evident. Een berekende daling in verkeersemisies door de LEZ vind je zelden één op één terug in de gemeten concentraties. Hiervoor zijn verschillende redenen:

- Wisselende meteorologische omstandigheden van jaar tot jaar kunnen een grote impact hebben op de gemeten concentraties.

²² Transport & Mobility Leuven (2012), Haalbaarheidsstudie voor invoering en beheer van lage-emissiezone(s) in de stad Antwerpen

²³ Het verschil tussen zwarte koolstof en elementair koolstof is vooral van meettechnische aard. Bij zwarte koolstof gebeurt de meting op basis van een optische methode, bij elementair koolstof wordt een thermische methode gebruikt.

²⁴ De huidige nieuwste diesels (euro 6d) lijken, op basis van de tot nu beschikbare meetgegevens, wel significant minder NO_x uit te stoten, maar zij vormen nog maar een klein deel van de vloot.

²⁵ Departement Omgeving (2020), Impact van de lage-emissiezones op het wagenpark, de luchtkwaliteit en sociaal kwetsbare groepen, Eindrapport – november 2020, <https://www.vlaanderen.be/publicaties/impact-van-de-lage-emissiezones-op-het-wagenpark-de-luchtkwaliteit-en-sociaal-kwetsbare-groepen-eindrapport>

- Er zijn behalve verkeer ook andere bronnen voor NO₂ en zwarte koolstof.
- Emissies en trends in de rest van Vlaanderen, andere gewesten en het buitenland dragen bij tot de concentratie van vervuilende stoffen in de Antwerpse agglomeratie.

Naast de hierboven vermelde algemene aspecten spelen ook nog enkele specifieke fenomenen die het meten van effecten moeilijk maken:

- Binnen de LEZ leiden bepaalde verkeersmaatregelen of wegenwerken tot andere verkeersstromen in de binnenstad en tot meer of minder verkeer in de omgeving van de meetplaatsen. Bijvoorbeeld de heraanleg van de Leien (de ‘knip’) van juni 2017 tot mei 2020, of de wegenwerken aan de Plantin en Moretuslei van midden 2019 tot voorjaar 2021. Ook ter hoogte van het station aan de Groenenborgerlaan (R817) waren er in 2018 en 2019 werken.
- Mensen hebben bij aanschaf van een nieuwe wagen geanticipeerd op de invoering van de LEZ, waardoor het wagenpark niet op één dag wijzigt. De invoering (en verdere verstrengingen) van de LEZ werd immers al een paar jaar eerder aangekondigd.
- De LEZ in Antwerpen zorgt ook voor een wijziging van het wagenpark buiten de LEZ en zal daar ook de concentraties beïnvloeden. Het evaluatierapport LEZ ^{Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.} toonde aan dat de invoering van de LEZ -samen met de aanpassing van de brandstofaccijnzen en de vergroening van de verkeersfiscaliteit- heeft geleid tot een versnelde vergroening van het wagenpark, zowel binnen de LEZ als in de rest van Vlaanderen. Hierdoor is het moeilijk om een achtergrondcorrectie uit te voeren op basis van locaties waar er ‘geen effect’ verwacht wordt.

Om het effect van de invoering van de LEZ in Antwerpen op de concentraties te beoordelen zouden we in het ideale geval de concentraties binnen de LEZ moeten vergelijken met de concentraties binnen een sterk vergelijkbare stedelijke omgeving waar er geen LEZ ingevoerd is. Zo zou de impact van het weer en van de autonome vernieuwing van het wagenpark in Vlaanderen op de concentraties kunnen worden ingeschat en zouden we een netto-effect van de LEZ kunnen berekenen. Maar verkeersgerichte luchtkwaliteitsmetingen in andere Vlaamse steden zijn beperkt en ook in deze steden zijn er vaak maatregelen of initiatieven die een impact hebben op de luchtkwaliteit. Bijvoorbeeld in Gent is er het circulatieplan ingevoerd in het voorjaar van 2017 en in 2020 ook een LEZ.

Alle bovenstaande redenen samen maken het moeilijk een algemene uitspraak te doen over het lokale netto-effect van de LEZ op de gemeten concentraties NO₂ en zwarte koolstof.

Om toch een idee te hebben van het effect van de lage-emissiezone op de concentraties, worden in paragraaf 6.5 de concentraties van de meetplaatsen in Antwerpen in 2023 vergeleken met het jaar voor de invoering van de LEZ (2016). We kijken of er verschillen zijn tussen de verschillende Antwerpse meetplaatsen. De verschillen in concentraties over de jaren binnen de Antwerpse agglomeratie worden ook vergeleken met de verschillen in concentraties van de overige meetplaatsen in Vlaanderen.

Ook modellering van de concentraties biedt een oplossing waarbij alle parameters constant worden gehouden en alleen de impact van het invoeren van een LEZ in kaart wordt gebracht. Hierop wordt ingegaan in 6.6.

[illegible]

6.2 Verdere verstrengingen

De volgende verstrenging²⁶ was oorspronkelijk voor 2025 gepland, maar werd op Vlaams niveau uitgesteld naar 2026. In het recente Vlaamse regeerakkoord (oktober 2024) staat dat de Vlaamse regering het wettelijke kader rond de LEZ niet verder wenst te verstrengen dan de voorwaarden die van kracht waren op 1 september 2023. De toekomstige verstrengingen zijn dus onder voorbehoud van de inhoud en timing van uitvoering van deze passage uit het regeerakkoord.

Toekomstige verstrengingen

Op basis van het huidig regelgevend kader ligt tot 1 januari 2026 de focus op het bannen van oude dieselwagens zonder roetfilter omdat die voertuigen zeer veel schadelijk roet uitstoten. Dieselwagens zonder roetfilter zijn euro 4 en ouder. Momenteel mogen euro 5 dieselwagens (en recenter) de LEZ vrij binnenrijden, en euro 4 dieselwagens zijn enkel toegelaten mits betaling. Oude benzinewagens (euro 2) zijn momenteel wel nog toegelaten omdat hun roetuitstoot gelijkaardig is aan de roetuitstoot van dieselwagens met roetfilter. Vanaf euro 5 moeten alle dieselwagens een roetfilter hebben, waardoor de BC-emissies dalen. Daarmee is de roetuitstoot grotendeels teruggedrongen, en zou de focus verschuiven naar het terugdringen van de uitstoot van stikstofoxiden (NO_x).

Vanaf 2026 zouden ook de recentere dieselwagens met een roetfilter in het vizier komen omdat die in de praktijk nog veel NO_x uitstoten. De uitstoot van NO_x daalt pas vanaf euro 6 en vooral vanaf de invoering van euro 6d-temp en 6d. Ook voor benzinewagens zouden de toegangscriteria geleidelijk strenger worden, maar benzinewagens tot ongeveer 25 jaar oud blijven toegelaten omdat benzinewagens (veel) minder stikstofoxiden uitstoten dan dieselwagens van dezelfde leeftijd.

6.3 Vergroening van het wagenpark

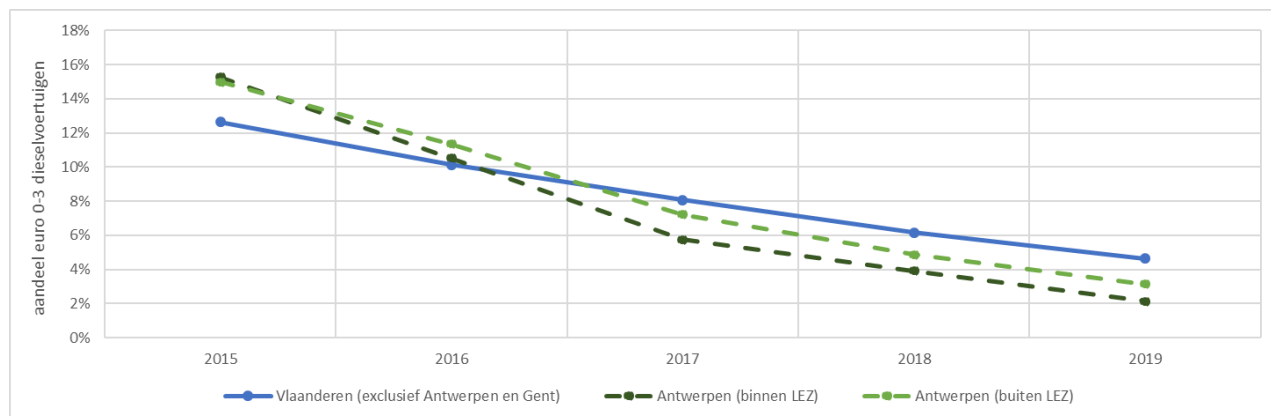
In het evaluatierapport LEZ^{Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.} werd aangetoond dat de invoering van een LEZ leidde tot een versnelde vergroening van het wagenpark, zowel binnen de LEZ als in de rest van Vlaanderen. Dit is een belangrijk effect want zo wordt de situatie vermeden dat oudere wagens alleen de LEZ gaan vermijden en blijven rondrijden buiten de LEZ.

In Antwerpen werd op 1 februari 2017 een lage-emissiezone ingevoerd. Alle oude dieselvoertuigen met een euronorm 0 tot en met 3 waren er vanaf dan niet meer toegelaten. Als op een euro 3 dieselvoertuig een roetfilter werd geïnstalleerd dan mocht het voertuig de lage-emissiezone wel nog binnen. Euro 3 dieselvoertuigen zonder roetfilter konden tijdelijk binnen tegen betaling. Op die manier bood de stad Antwerpen mensen de gelegenheid om de verkoop van hun voertuig nog even uit te stellen.

²⁶ <https://www.vmm.be/beleid/luchtbeleid/transportbeleid/lage-emissiezones-lez/criteria-lage-emissiezones-op-basis-van-euronormen>

Het aandeel²⁷ euro 0-3 diesellootvoertuigen lag in 2015 bij de personenwagens die in de stad Antwerpen zijn geregistreerd (Figuur 56) zowel binnen de LEZ (donkergroene stippellijn) als buiten de LEZ²⁸ (lichtgroene stippellijn) iets hoger dan het Vlaamse gemiddelde (exclusief Antwerpen en Gent – blauwe lijn). Dit aandeel daalde in Antwerpen in 2016 en 2017 wel beduidend sneller dan in de rest van Vlaanderen. De daling is het grootst in 2017, het jaar waarin de LEZ is ingevoerd. In dat jaar daalde het aandeel niet-toegelaten voertuigen bij de dieselpersonenwagens binnen de lage-emissiezone 2,2 keer sneller dan in de rest van Vlaanderen. In de rest van Antwerpen daalde het aandeel iets minder snel dan binnen de LEZ zelf maar ook daar is de daling groter (1,8 keer sneller) dan in de rest van Vlaanderen. In 2018 en 2019 was de daling minder groot. De meeste mensen hebben hun niet-toegelaten voertuig dus vervangen vlak voor of vlak na de invoering in 2017.

Figuur 56: Trend van het aandeel euro 0-3 dieselpersonenauto's tussen 2015 en 2019 voor de voertuigregistraties in Antwerpen (binnen en buiten de LEZ-zone) en in de rest van Vlaanderen



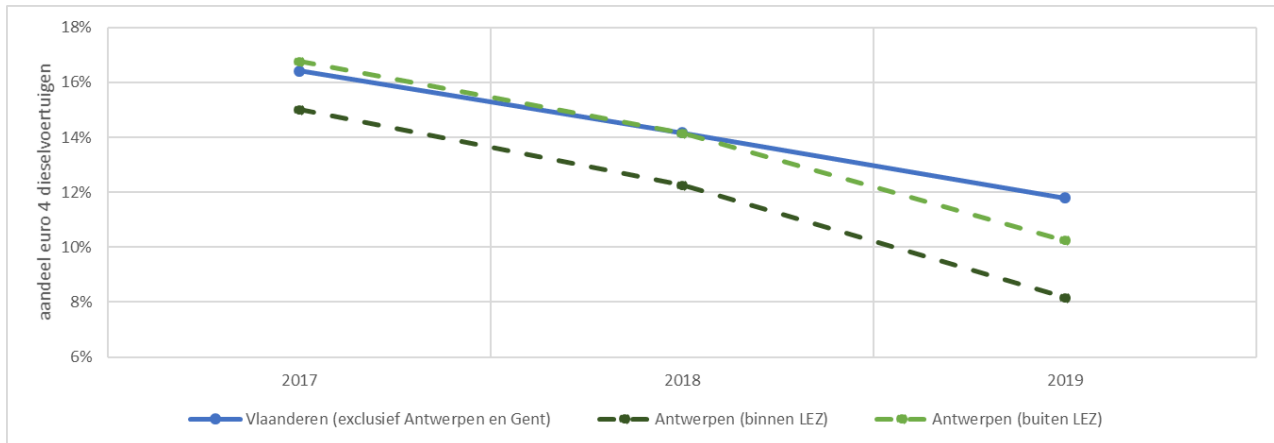
Sinds 1 januari 2020 zijn de toegangs criteria gewijzigd. Diesellootvoertuigen met euronorm 4 zijn sinds dan ook niet meer toegelaten. Hetzelfde rapport toonde ook aan dat in 2019 oude diesellootvoertuigen zonder roetfilter bijna dubbel zo snel verdwenen uit het wagenpark van de lage-emissiezone in Antwerpen dan in de rest van Vlaanderen. Dus al in het jaar vóór de verdere verstrenging van de LEZ heeft dit het wagenpark sterk beïnvloed.

²⁷ Opmerking bij de vermelde aandelen:

In de databank zijn vermoedelijk een niet te verwaarlozen aantal (zeer) oude voertuigen geregistreerd die niet meer in gebruik zijn. Het gaat om voertuigregistraties die nooit uit de databank zijn geschrapt. Dit blijkt onder andere uit het aandeel diesellootvoertuigen die voor 1992 op de markt zijn gebracht en euronorm 0 hebben. Dit aandeel blijft doorheen de jaren min of meer constant en was de laatste jaren soms hoger dan het aandeel euro 1 voertuigen (dit zijn voertuigen die voor het eerst zijn ingeschreven tussen 1992 en 1997), wat niet logisch te verklaren valt. In realiteit zal het resterend aandeel niet-toegelaten dieselwagens dat effectief nog in gebruik is dus kleiner zijn dan de aandelen vermeld in Figuur 56 en in Figuur 57. Dit geldt voor alle onderzochte gebieden.

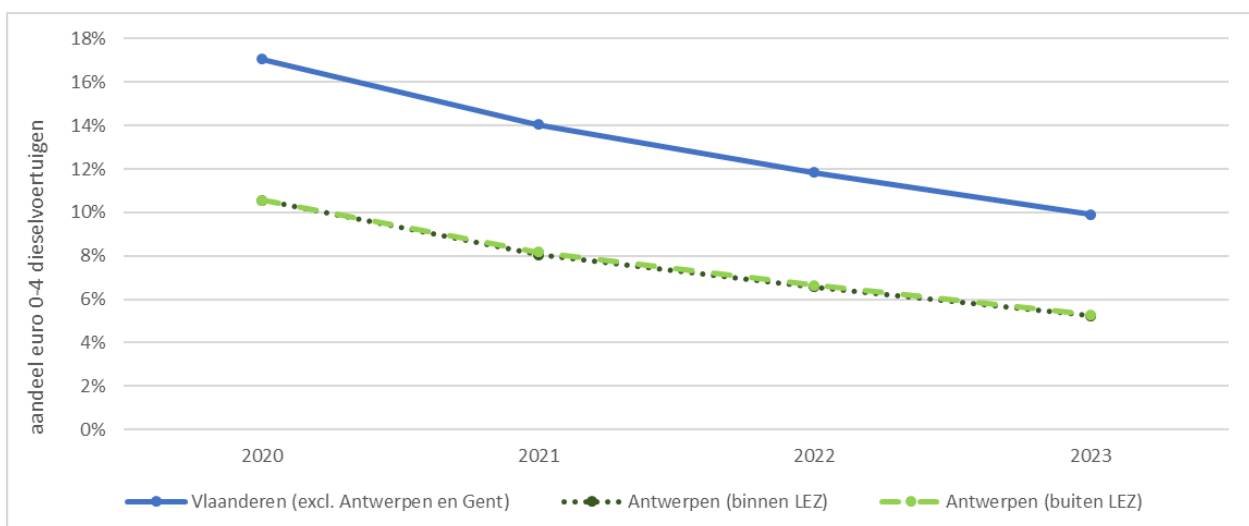
²⁸ Het onderscheid tussen de voertuigregistraties binnen en buiten de lage-emissiezone gebeurde op basis van de postcodes. Die postcodes vallen niet mooi samen met de afbakening van de lage-emissiezone waardoor we dus met een zekere foutenmarge rekening moeten houden.

Figuur 57: Trend van het aandeel euro 4 dieselveertuigen tussen 2017 en 2019 voor de voertuigregistraties in Antwerpen (binnen en buiten de LEZ-zone) en in de rest van Vlaanderen



Bovenstaande figuren tonen de trend tot en met 2019. In juni 2024 werd een korte evaluatie²⁹ uitgevoerd van de recente jaren. Hieruit blijkt dat de vergroening van het particuliere wagenpark (het versneld verdwijnen van de oudste dieselwagens uit het park) door de LEZ in Antwerpen nog steeds 3 jaar voor loopt op de vergroening van het wagenpark in de rest van Vlaanderen (Figuur 58). Er is hierbij nauwelijks verschil merkbaar tussen het gedeelte Antwerpen binnen en rondom de LEZ²⁸.

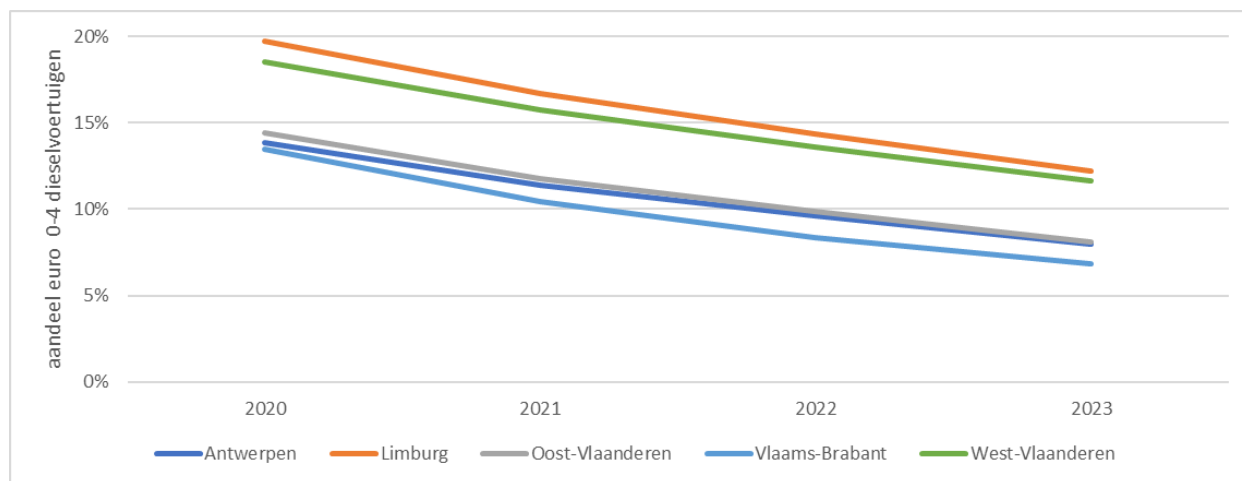
Figuur 58: Trend van het aandeel euro 0-4 dieselpersonenvoertuigen in privébezit in Antwerpen (binnen en buiten de LEZ) en in de rest van Vlaanderen (zonder Antwerpen en Gent)



²⁹ Opgelet: bij Figuur 58 en Figuur 59 worden alleen de particuliere wagens meegenomen (wagens in privébezit). Hierdoor zijn de percentages van deze figuren niet helemaal vergelijkbaar met de percentages uit de oudere analyse die getoond wordt in Figuur 56 en Figuur 57, waarbij alle personenvoertuigen werden beschouwd, niet enkel die in privébezit.

Het effect van de snellere vergroening van het oude dieselwagenpark (euro 0 tot en met 4) is ook merkbaar op provinciaal niveau, waarbij de vergroening in Limburg en West-Vlaanderen 3 jaar trager loopt ten opzichte van de andere Vlaamse provincies, zoals blijkt uit Figuur 59.

Figuur 59: Trend van het aandeel euro 0-4 dieselpersonenvoertuigen in privébezit in de verschillende Vlaamse provincies



Het aandeel dieselwagens is in Antwerpen lager dan in de rest van Vlaanderen (2023: 32,9 % in Vlaanderen versus 27,8 % binnen LEZ Antwerpen). Het aandeel benzinelwagens binnen de LEZ in Antwerpen bedroeg in 2023 71,6 % ten opzichte van 66,4 % in Vlaanderen.

Bovenstaande figuren bevestigen de conclusies uit de evaluatiestudie van 2020: een LEZ zorgt ervoor dat het wagenpark in de LEZ en net buiten de LEZ sneller vergroent.

Een LEZ heeft ook over het algemeen het bewustzijn over de impact van diesels beïnvloed waardoor, samen met de maatregelen rond fiscaliteit en accijnzen, dit tot een algemene daling van het aantal diesels heeft geleid. Daarbovenop zien we dus nog het bijkomend effect in de LEZ zelf.

6.4 Impact LEZ op emissies

6.4.1 Berekende emissies

In juni 2024 werd het effect berekend op de emissies in de volgende fasen van de LEZ. Om alleen het lokale effect van een LEZ bij de toekomstige fasen te kennen, heeft de VMM door VITO emissieberekeningen laten uitvoeren in een scenario met LEZ en een scenario zonder LEZ. In het scenario zonder LEZ wordt rekening gehouden met de vergroening van de Vlaamse vloot als gevolg van het beleid (waaronder de impact van LEZ op de globale vergroening van het park).

In de LEZ van Antwerpen zou het verdwijnen van de LEZ-zone betekenen dat de NO_x-emissies in 2026 ongeveer 31 % hoger liggen (en ongeveer 65% in 2028) in vergelijking met de situatie in hetzelfde jaar wanneer de LEZ (inclusief verstrengingen in resp. 2026 en 2028) behouden blijft.

Elke volgende fase brengt een emissiereductie teweeg. Die milieuwinst wordt ook steeds groter in de tijd. Verdere verstrengingen van de toelatingsvoorwaarden in een LEZ kunnen belangrijk zijn om de NO_x-emissies in de zones te verminderen.

6.4.2 Gemeten emissies in stedelijke rijcondities

Via emissiemeetcampagnes (remote sensing campagnes) krijgen we een beter zicht op de werkelijke uitstoot van voertuigen. In 2019 voerde Vlaanderen een remote sensing campagne uit, waarbij de uitstoot van ongeveer 200.000 voertuigen gemeten werd³⁰. In 2021 vond een remote sensing campagne plaats in Schotland³¹, in steden met geplande lage emissiezones. Omdat deze metingen een gedetailleerd inzicht geven in stedelijke rijcondities, tonen we enkele resultaten uit deze Schotse campagne.

Uit de Schotse campagne blijkt dat typische stedelijke rijcondities (koude start en lage snelheid) bijdragen aan hogere emissies. Zo zijn de NO_x-emissies van een euro 6 diesel personenwagen 40 % hoger bij stedelijke rijcondities dan op snelwegen. Euro V en euro VI vrachtwagens stoten in stedelijke rijcondities dubbel zoveel NO_x uit dan op snelwegen. Ook voor bussen geldt dat ze in deze rijcondities hogere NO_x-emissies hebben.

De NO_x-uitstoot van dieselpersonenwagens daalt pas sterk vanaf euro 6d-temp en euro 6d, terwijl dit voor benzinevoertuigen reeds een meer geleidelijke daling is vanaf de oudere euronormen (zie Figuur 60). Euro 5 dieselwagens, die vanaf 2026 geweerd zouden worden uit een LEZ, hebben een hoge NO_x-uitstoot. De invoering van de verstrenging in 2026 zou dus een belangrijk effect hebben op de NO_x-emissies en NO₂-concentraties.

Uit deze figuur blijkt ook dat op basis van reëel rijgedrag voor de recente euronorm 6d-temp en 6d dieselpersonenwagens hogere NO_x-emissies vastgesteld werden dan de wettelijke uitstootnormen (RDE-limiet). Voor benzinepersonenwagens worden de RDE-limieten wel gehaald voor de recente euronormen 6d-temp en 6d. Volgens de eerder geplande verstrengingen in Vlaanderen zouden euro 6 en 6d-temp geweerd worden in de LEZ vanaf 2028 en euro 6d vanaf 2031. Ook de verstrengingen in 2028 en 2031 zouden dus een effect hebben op de NO_x-emissies en NO₂-concentraties, in het bijzonder in stedelijke condities zoals blijkt uit onderstaande figuur.

Uit de campagne in Schotland blijkt ook dat bussen met euronorm VI d 80% minder emissies hebben dan bussen met euronorm VI. Volgens de geplande verstrengingen, zouden in Vlaanderen bussen met euronorm VI toegelaten zijn tot 2035, vanaf 2035 zouden ze moeten voldoen aan euronorm VIe. Bussen voor openbaar vervoer zouden vanaf 2027 emissievrij moeten rondrijden in de LEZ.

De NO_x-emissies zijn, ook voor recente euronormen, hoger in stedelijke omgeving dan er buiten. Moesten deze voertuigen in de toekomst geweerd worden uit de lage emissiezones zouden de NO_x-emissies en NO₂-concentraties in die zones sterk dalen.

³⁰ <https://www.vmm.be/beleid/luchtbeleid/transportbeleid/hoe-gaan-we-emissiefraude-in-het-verkeer-aanpakken>

³¹ ICCT, Assessment of real-world vehicle emissions in Scotland in 2021, juni 2023, <https://theicct.org/wp-content/uploads/2023/06/true-scotland-remote-sensing-jun23.pdf>

Figuur 60: NO_x-emissies van personenwagens per brandstof en euronorm, waarbij de gele stippellijn de maximaal toegelaten uitstoot aangeeft en de rode stippellijn de maximaal toegelaten uitstoot volgens Real Driving Emissions (RDE)

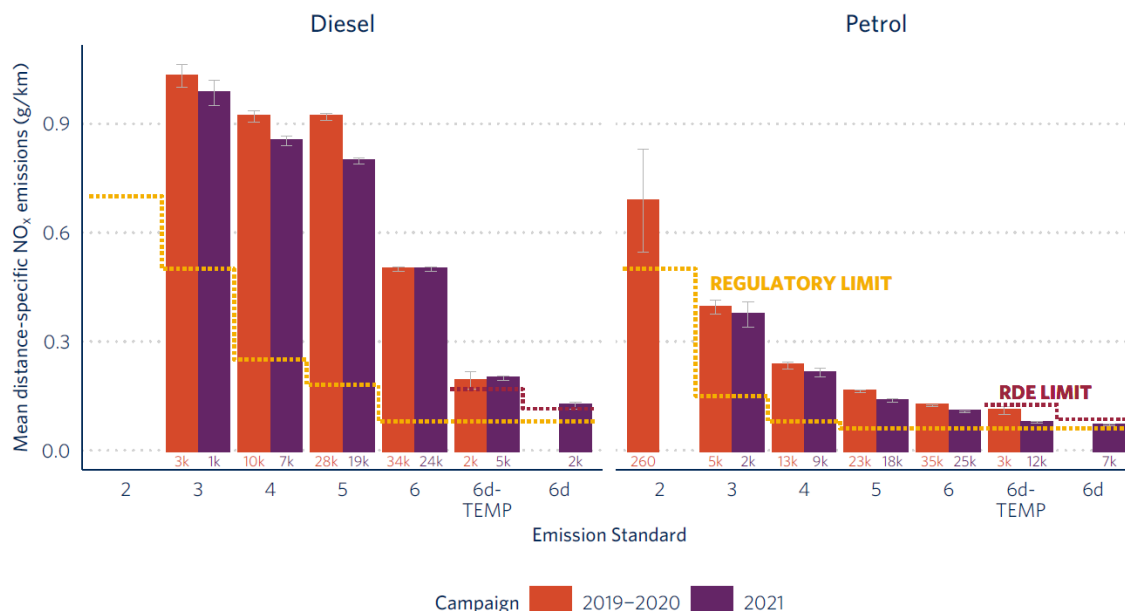


Figure 8. Mean distance-specific NO_x emissions from passenger cars measured in Scotland in 2019–2020 and 2021. The number of measurements is presented below each bar and only measurements of over 100 are presented. Whiskers represent the 95% confidence interval of the mean. Distance-specific NO_x emissions were not calculated for the 2017 measurements. Type-approval limits are indicated in dotted yellow line and RDE limits in red dotted line.

(bron: ICCT, Assessment of real-world vehicle emissions in Scotland in 2021)

6.5 Impact LEZ op gemeten concentraties

6.5.1 Jaargemiddelde concentraties in de Antwerpse agglomeratie

In dit stuk vergelijken we de concentraties van 2023:

- met deze van het laatste jaar voor de invoer van de LEZ, 2016
- met het vorige jaar, 2022.

NO₂

Bij de vergelijking van **2023 met 2016**, het jaar voor de invoer van de LEZ, zien we op alle Antwerpse meetplaatsen een daling die varieert tussen 10,8 en 20,2 µg/m³, of relatief uitgedrukt een daling tussen 38 % en 47 %. De verkeersgerichte meetstations Borgerhout-sraatkant (R802) en Belgiëlei (R805) vertonen de grootste absolute dalingen.

Bij de vergelijking van **2023 met 2022** zien we op alle Antwerpse meetplaatsen een daling die varieert tussen 2,2 en 10,6 µg/m³ of relatief uitgedrukt een daling tussen 12 % en 27 %.

De concentraties in 2023 waren overall sterk gedaald omdat -naast de algemene dalende tendens door dalende uitstoot- er ook een groot gunstig effect was van het weer.

Tabel 19 : Absolute en relatieve verschil in de jaargemiddelden bij vergelijking van 2023 met 2016 en 2022 voor NO₂ (µg/m³)

NO ₂		Jaargemiddelde (µg/m³)			2023 vs 2022		2023 vs 2016	
Code	Naam	2016	2022	2023	(µg/m³)	%	(µg/m³)	%
AL01	Linkeroever	27,0	20,0	16,2	-3,8	-19%	-10,8	-40%
R801	Borgerhout-achtergr	38,6	24,8	20,8	-4,0	-16%	-17,8	-46%
R802	Borgerhout-straat	45,0	28,7	24,8	-3,9	-14%	-20,2	-45%
R803	Park Spoor Noord	32,1	24,1	20,0	-4,1	-17%	-12,1	-38%
R804	Ring	-	33,9	30,0	-3,9	-12%	-	-
R805	Belgiëlei	42,6	28,5	24,0	-4,5	-16%	-18,6	-44%
R806	Van Maerlantstr.	-	39,5	28,9	-10,6	-27%	-	-
R811	Schoten	26,3	17,7	15,5	-2,2	-12%	-10,8	-41%
R817	Groenenborgerlaan	31,8	20,1	17,0	-3,1	-15%	-14,8	-47%
R818	Burchtse Weel	-	21,1	18,3	-2,8	-13%	-	-

Zwarte koolstof

Vergelijken we **2023 met 2016**, het jaar voor de invoering van de LEZ, dan variëren de dalingen in de Antwerpse meetstations tussen 0,59 en 1,61 µg/m³, of relatief tussen 49 % en 64 %. De concentraties daalden het sterkst op de verkeersgerichte meetplaatsen aan de Plantin en Moretuslei (R802) en aan de Belgiëlei (R805).

Bij de vergelijking van **2023 met 2022** zien we op alle Antwerpse meetplaatsen een daling die varieert tussen 0,13 en 0,27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ of relatief uitgedrukt een daling tussen 17 % en 25 %.

Tabel 20 : Absolute en relatieve verschil in de jaargemiddelden bij vergelijking van 2023 met 2016 en 2022 voor zwarte koolstof ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

BC Code	Naam	Jaargemiddelde (µg/m³)			2023 vs 2022		2023 vs 2016	
		2016	2022	2023	(µg/m³)	%	(µg/m³)	%
AL01	Linkeroever	1,21	0,75	0,62	-0,13	-17%	-0,59	-49%
R801	Borgerhout-achtergr	1,90	0,97	0,74	-0,23	-24%	-1,16	-61%
R802	Borgerhout-straat	2,50	1,13	0,89	-0,24	-21%	-1,61	-64%
R803	Park Spoor Noord	1,61	0,92	0,74	-0,18	-20%	-0,87	-54%
R804	Ring	-	1,27	1,00	-0,27	-21%	-	-
R805	Belgiëlei	2,28	1,07	0,86	-0,21	-20%	-1,42	-62%
R817	Groenenborgerlaan	1,57	0,87	0,65	-0,22	-25%	-0,92	-59%
R818	Burchtse Weel	-	0,86	0,67	-0,19	-22%	-	-

In de volgende paragraaf vergelijken we de trend binnen de LEZ met die op andere meetplaatsen in Vlaanderen.

[illegible]

6.5.2 Vergelijking met de overige meetstations in Vlaanderen

De trends op de meetstations buiten Antwerpen kunnen een indicatie geven van het netto-effect van de LEZ. Zoals al werd aangegeven in 6.1.1, is deze aanpak niet perfect.

NO₂

Gemiddeld over alle Vlaamse stations, zonder de NO₂-meetstations in de Antwerpse agglomeratie en beide meetstations in de Gentse LEZ, zien we in 2023 ten opzichte van 2016 voor NO₂ een absolute daling van 9 µg/m³ en een relatieve daling van 35 %.

De boxplots³² in Figuur 61 tonen aan dat de gemiddelde NO₂-daling op de LEZ-stations tussen 2016-2023 groter is dan de gemiddelde Vlaamse daling. Maar het overlappen van de boxplots toont aan dat ook buiten de LEZ er meetplaatsen zijn waar de NO₂-concentraties even sterk gedaald zijn.

We kunnen dus niet sluitend stellen dat de NO₂-concentraties in de Antwerpse LEZ sterker gedaald zijn dan erbuiten. Vanaf de volgende verstrenging (tot voor kort gepland in 2026), hadden we wel een effect op de NO₂-concentraties verwacht. De uitstoot van NO_x daalt pas vanaf euro 6 en vooral vanaf de invoering van euro 6d. De NO₂-concentraties zullen pas veel sterker dalen wanneer in de LEZ ook de recentere dieselwagens (euro 6) in 2028 niet meer zijn toegelaten.

Zwarte koolstof

Voor de meetstations voor zwarte koolstof in Vlaanderen, met uitzondering van de meetstations in de Antwerpse agglomeratie en beide Gentse LEZ-locaties, zien we in 2023 ten opzichte van 2016 gemiddeld een absolute daling van 0,56 µg/m³ en een relatieve daling van 43 %.

De boxplot toont aan dat de gemiddelde BC-daling op de LEZ-stations tussen 2016-2023 groter is dan de Vlaamse gemiddelde daling. Er is weinig overlap in de gemeten dalingen. Dit is een sterke aanwijzing dat de LEZ ervoor heeft gezorgd dat de concentraties zwarte koolstof lokaal extra daalden.

De huidige beperkingen van de LEZ focussen vooral op het terugdringen van de uitstoot van roetdeeltjes.

³² Een boxplot zegt iets over de spreiding van de data en is een visualisatie van vijf belangrijke beschrijvende statistieken, namelijk (van boven naar onderop de grafiek): het maximum, het derde kwartiel (=P75), de mediaan (=P50), het eerste kwartiel (=P25) en het minimum. Het kruisje duidt het gemiddelde aan. Tussen het eerste en het derde kwartiel wordt de interkwartielafstand genoemd. Deze opgevulde ruimte ('doos') omvat 50 % van de data.

The box plot displays the relative difference in NO₂ annual average between 2023 and 2016 for two regions. The y-axis, labeled 'Relatief verschil NO₂', ranges from -60% to 0% in 10% increments. The x-axis identifies the two groups: 'Vlaanderen (excl LEZ)' (blue) and 'LEZ' (green). The blue box shows a median decrease of approximately -38%, with a range from -54% to -21%. The green box shows a median decrease of approximately -43%, with a range from -47% to -38%.

Region	Min	Q1	Median	Q3	Max
Vlaanderen (excl LEZ)	-54%	-45%	-38%	-33%	-21%
LEZ	-47%	-46%	-43%	-40%	-38%

The boxplot displays the distribution of relative differences in black carbon emissions for two regions. The y-axis, labeled 'Relatief verschil zwarte koolstof', ranges from 0% to -70% in 10% increments. The x-axis identifies the two regions: 'Vlaanderen (excl LEZ)' (blue) and 'LEZ' (green). For 'Vlaanderen (excl LEZ)', the median is approximately -45%, with the interquartile range (IQR) spanning from about -51% to -40%. The whiskers extend from roughly -52% to -38%. For 'LEZ', the median is approximately -60%, with the IQR spanning from about -62% to -52%. The whiskers extend from roughly -64% to -48%. Both distributions are roughly symmetric.

Region	Min (whisker)	Q1	Median	Q3	Max (whisker)
Vlaanderen (excl LEZ)	-52%	-51%	-45%	-40%	-38%
LEZ	-64%	-62%	-60%	-52%	-48%

[illegible]

6.6 Impact LEZ op gemodelleerde concentraties

Op de conferentie “Healthy cities, healthy people” van 23 april 2024 (georganiseerd door de onafhankelijke ziekenfondsen en HEAL³³) stelden de onafhankelijke ziekenfondsen de resultaten van de studie over de impact van lage emissiezones in België op de gezondheid voor. In het najaar van 2024 zullen de onafhankelijke ziekenfondsen het rapport en een beleidsbrief publiceren. Uit de toelichting tijdens de conferentie blijkt dat in de periode 2016-2022 vergeleken met controlesteden in Vlaanderen de NO₂-concentraties (gemodelleerd met ATMO-Street) in Antwerpen sterker gedaald zijn sinds de invoering van de LEZ dan in de rest van Vlaanderen.

Om het effect op de NO₂-concentraties in de toekomst uit te voeren, voerde VITO in 2024 een modellering uit voor de jaren 2026, 2028, 2031 en 2035. Dit gebeurde met een screeningstool waardoor er geen uitspraken kunnen gedaan worden over absolute concentraties maar waarbij wel naar trends kan gekeken worden.

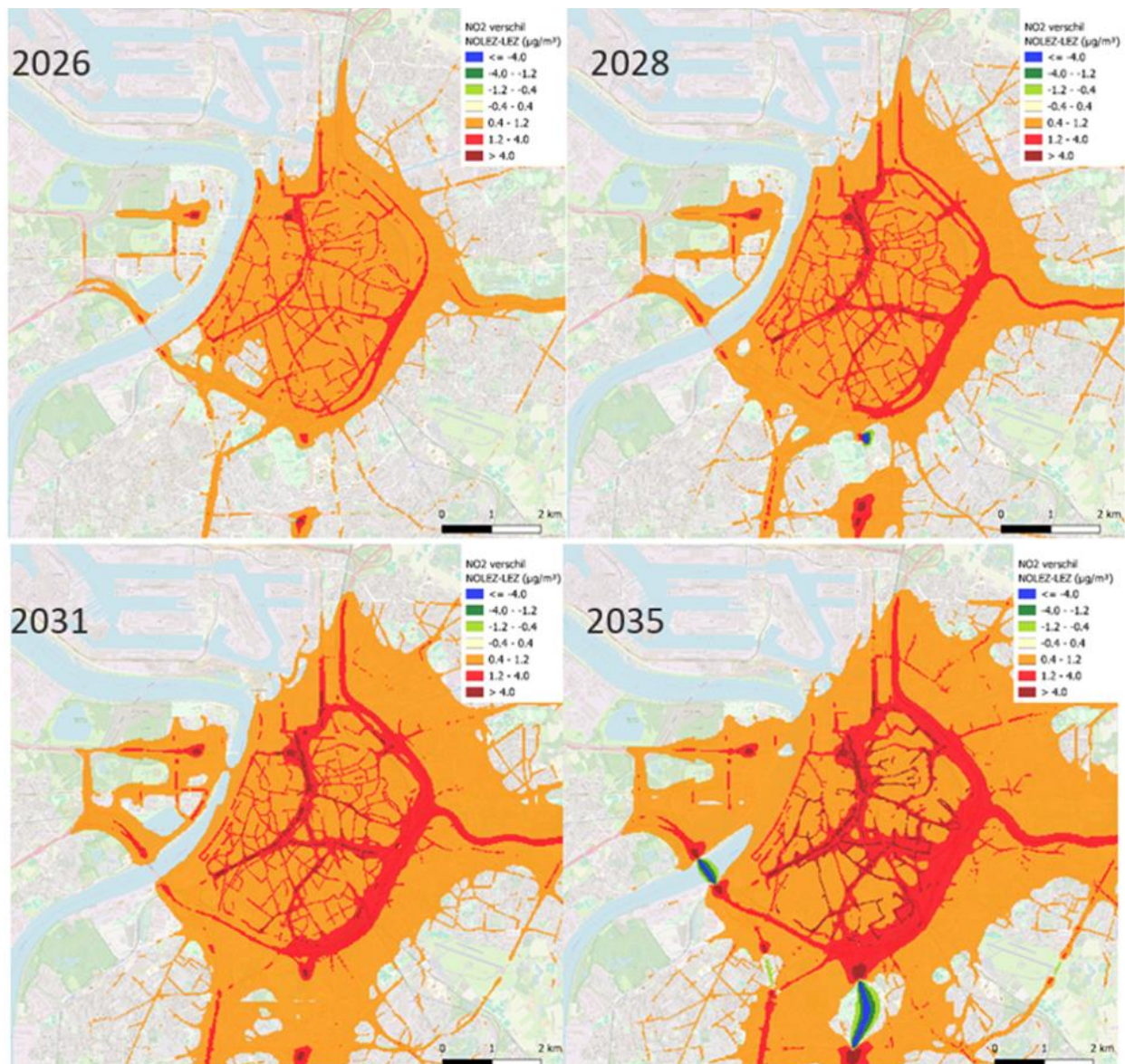
Er werd een scenario met LEZ en een scenario zonder LEZ doorgerekend. Figuur 62 bevat verschilkaarten voor NO₂ van een referentiescenario BAU mét LEZ (BAU= business as usual, dus met het huidige, geplande beleid) en een referentiescenario BAU zónder LEZ voor de jaren waarin een verstrenging van de toegangsvoorwaarden voorzien is voor Antwerpen (2026, 2028, 2031 en 2035). Zo kan het effect van de nieuwe toelatingsvoorwaarden van de LEZ in dat jaar in beeld gebracht worden.

Hieruit bleek dat elke volgende verstrenging een milieuwinst brengt (daling van de NO₂ concentraties) en dat die milieuwinst groter wordt bij elke volgende fase in de tijd. Omgekeerd geldt dat als de LEZ geen verdere verstrengingen kent de concentraties hoger zullen liggen dan met verstrengingen.

Het effect is het grootste op locaties met de hoogste concentraties, in het bijzonder de street canyons. Een LEZ heeft dus vooral impact daar waar de concentraties het hoogste zijn als gevolg van het verkeer in de stad.

³³ HEAL: Health and Environment Alliance, Europese koepel van gezondheidsorganisaties

Figuur 62: Verschilkaarten voor NO₂ in Antwerpen van een scenario BAU mét LEZ en een scenario BAU zónder LEZ voor de jaren waarin een verstrenging van de LEZ is voorzien



6.7 Impact LEZ op sociaal kwetsbare groepen

In de studie van de onafhankelijke ziekenfondsen toegelicht op de conferentie “Healty cities, healthy people” van 23 april 2024 werd voor sociaal kwetsbare groepen in Brussel de impact van invoering van de LEZ in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest nagegaan. Meer achtergestelde buurten, waar vaak sociaal kwetsbare mensen wonen, hebben de slechtste luchtkwaliteit. Invoering van een LEZ heeft de grootste impact op locaties met de slechtste luchtkwaliteit, waardoor kwetsbare inwoners van de LEZ het meeste baat hebben bij de invoering van een LEZ. In de meest achtergestelde buurten daalden de jaargemiddelden van NO₂ en zwarte koolstof sterker dan in minder achtergestelde buurten.

[illegible]

BIJLAGEN

[illegible]

bijlage 1 Informatie over geaccrediteerde metingen (normen ISO/IEC 17025:2005)

parameter	eenheid	toesteltype	meetprincipe analyse	volgens norm	meetonzekerheid	bepaling meet-onzekerheid	onder accreditatie	uitbesteding	type approval
PM ₁₀	µg/m³	FIDAS200	optical particle counter + conversion to mass concentration	-	13 % bij daggemiddelde van 50 µg/m³	volgens EN16450	ja ¹	nee	n.v.t..
PM _{2,5}				-	16 % bij daggemiddelde van 30 µg/m³				
NO	µg/m³	TS 42i	chemiluminescentie	EN14211	-	-	ja ¹	nee	ja
NO ₂					13 % bij uurgemiddelde van 200 µg/m³; 12 % bij jaargemiddelde van 40 µg/m³	volgens EN14211			
NO	µg/m³	API T200	chemiluminescentie	EN14211	-	-	ja ¹	nee	ja
NO ₂					11 % bij uurgemiddelde van 200 µg/m³; 12 % bij jaargemiddelde van 40 µg/m³	volgens EN14211			
zwarte koolstof	µg/m³	Magee AE33	lichtabsorptie	-	-	-	nee	nee	n.v.t.
UFP	deeltjes/cm³	SMPS 3938-TSI	DMA-optisch	-	-	-	nee	nee	n.v.t.

¹: BELAC 456-TEST - VMM Dienst Luchtkwaliteit

parameter	eenheid	toesteltype bemonstering	meetprincipe analyse	volgens norm	meetonzekerheid	bepaling meetonzekerheid	onder accreditatie	uitbesteding
PM _{2,5}	µg/m³	Derenda	gravimetrie	EN12341	9,8 % bij jaargemiddelde van 25 µg/m³ 11,3 % bij daggemiddelde van 30 µg/m³	volgens EN12341	ja ¹	nee
PFAS in zwevend stof	µg/m³	Leckel	UPLC-MS/MS	cf. WAC/IV/A/025	<50%	analytische MO	nee	ja
PFAS in depositie	ng/(m².dag)	Bergerhof kruik	UPLC-MS/MS	cf. WAC/IV/A/025	<50%	analytische MO	nee	ja

Stikstofoxides – NO/NO₂

Stikstofoxiden (NO_x) bestaan uit een mengsel van stikstofdioxide (NO₂) en stikstofmonoxide (NO). Bij verbrandingsprocessen op hoge temperaturen ontstaat in eerste instantie vooral NO. NO heeft een korte levensduur in de atmosfeer en is een kleur-, reuk- en smaakloos gas dat op zich weinig toxisch is. NO wordt door reacties met zuurstof en ozon omgezet tot NO₂. NO₂ heeft een langere levensduur in de atmosfeer en is schadelijk voor mens en ecosystemen. Het is een bruinrood gekleurd toxisch gas dat slecht ruikt en irritatie aan de luchtwegen kan veroorzaken. Een kwart van de jaarlijkse astmagevallen bij kinderen is te wijten aan NO₂. Zowel korte episodes van hoge concentraties, als langdurige blootstelling aan lage concentraties zijn schadelijk voor de gezondheid. Gezondheidseffecten treden al op vanaf 5 à 10 µg/m³.

NO_x dragen bij aan de vorming van fijn stof. Verder spelen NO_x een belangrijke rol in de milieuverzuring en de fotochemische smogvorming. NO_x kunnen net als SO₂ over grote afstanden getransporteerd worden en kunnen dus effecten veroorzaken in verafgelegen gebieden.

Stikstofoxiden worden voornamelijk uitgestoten bij verbrandingsprocessen op hoge temperaturen. Het gebruik van fossiele brandstoffen (steenkool, petroleumproducten en gas) is de belangrijkste bron van emissies van NO_x (NO₂).

Zwevend stof (PM = *Particulate Matter*) is een mengsel van vloeibare of vaste deeltjes met uiteenlopende samenstellingen en afmetingen. Zowel de natuur als menselijke activiteiten kunnen een bron zijn van deze deeltjes.

Naargelang hun oorsprong maakt men onderscheid tussen primaire en secundaire deeltjes. Primaire deeltjes ontstaan door rechtstreekse uitstoot in de atmosfeer door verschillende soorten bronnen of door mechanische verkleining van grover materiaal. Secundaire deeltjes ontstaan in de atmosfeer door chemische of fysische reacties uit gasvormige componenten zoals ammoniak, zwaveldioxide, stikstofoxiden of organische verbindingen.

Stofdeeltjes deelt men vaak in volgens de grootte op basis van de aerodynamische diameter (a.d.). Dit is de diameter van een bolvormig deeltje dat in de omgevingslucht hetzelfde gedrag vertoont als het stofdeeltje:

- TSP: Totaal stof. De VMM meet deze fractie niet in de omgevingslucht. Enkel aan deeltjes kleiner dan 10 μm kent men gezondheidsrisico's toe. De VMM rapporteert wel de emissies van TSP.
- PM_{10} en $\text{PM}_{2,5}$: stofdeeltjes met een a.d. kleiner dan 10 respectievelijk 2,5 μm ;

- ultrafijn stof (UFP): deeltjes met een a.d. kleiner dan $0,1 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{0,1}$);
- zwarte koolstof/elementair koolstof: bevindt zich voornamelijk in de fijne fractie van het fijn stof. Het is een maat voor de roetconcentratie in de omgevingslucht. Deze deeltjes ontstaan bij onvolledige verbranding van fossiele brandstoffen, biomassa en biobrandstof. Wanneer ze met een optische methode gemeten worden, spreken we van zwarte koolstof, anders van elementair koolstof.

Grotere deeltjes worden snel nadat ze in de atmosfeer terechtgekomen zijn door de zwaartekracht neergeslagen op de grond of uitgespoeld door regen. Ze kunnen daarna door heropwaaien terug in de lucht terecht komen, dit proces noemt men resuspensie. De fijnere deeltjes kunnen langer, tot enkele dagen of weken in de atmosfeer blijven. Bijgevolg kunnen deze fijnere deeltjes getransporteerd worden over langere afstanden.

Geen veilige drempelwaarde

Studies hebben verbanden aangetoond tussen de aanwezigheid van PM in de omgevingslucht en gezondheidseffecten op korte en lange termijn. Voor PM is er volgens de Wereldgezondheidsorganisatie (WGO) geen veilige drempelwaarde waaronder nadelige effecten niet voorkomen. Bij korte episodes – 24 uur – van luchtverontreiniging verergeren bestaande gezondheidsproblemen, zoals luchtweginfecties en astma. Verder kan fijn stof bloedvaten doen dichtslippen en hartaanvallen veroorzaken. Bij chronische blootstelling maakt de WGO melding van een vermindering van de longfunctie, een toename van chronische luchtwegaandoeningen en een verminderde levensverwachting.

Zelfs al voor de geboorte veroorzaakt fijn stof negatieve effecten. Niet enkel komen foetussen in aanraking met luchtvervuiling via de placenta waar roetdeeltjes zich opstapelen³⁴, maar onderzoek³⁵ van o.a. de UHasselt uit 2022 toonde aan dat deze roetdeeltjes ook in de in ontwikkeling zijnde organen (longen, lever, hersenen) van de foetus zelf terug te vinden zijn. Dit heeft een negatieve invloed op de ontwikkeling van de foetus.

Blootstelling aan PM_{2,5} wordt ook in verband gebracht met een verhoogd risico op hersenaandoeningen zoals de ziekte van Alzheimer.

Fijn stof is kankerverwekkend

Eind 2013 classificeerde het *International Agency for Research on Cancer* (IARC), het gespecialiseerde kankeragentschap van de WGO, fijn stof als kankerverwekkend voor de mens. Belangrijk is dat fijn stof niet enkel kan leiden tot longkanker; een langdurige blootstelling kan ook borstkanker en kankers van het spijsverteringsstelsel veroorzaken³⁶. Midden 2012 classificeerde het IARC ook al dieseluitletgasen als kankerverwekkend voor de mens. Dieselwagens stoten – ten opzichte van benzine wagens – veel meer stikstofoxiden en roetdeeltjes uit. Algemeen wordt aangenomen dat ook ultrafijn stof schadelijk is, maar de wetenschappelijke kennis hierover is nog beperkt.

Gemiddeld verlies van 15 gezonde maanden

Gemiddeld verliest een Vlaming 15 gezonde maanden over heel zijn leven bij een levenslange blootstelling aan de huidige fijnstofconcentraties³⁷. Dit is een gemiddelde waarde, bij bepaalde gevoelige personen, zoals

³⁴ Bové H. et al. 2019. Ambient black carbon particles reach the fetal side of human placenta. *Nature Communications* 10:3866 <https://www.nature.com/articles/s41467-019-11654-3.pdf>

³⁹ Bongaerts E. et al. 2022. Maternal exposure to ambient black carbon particles and their presence in maternal and fetal circulation and organs: an analysis of two independent population-based observational studies. *Lancet Planet Health*.2022; **6**: e804-e811.

³⁶ Wong C.M. et al. 2016. Cancer mortality risks from long-term exposure to ambient fine particle. *Cancer Epidemiol biomarkers prev*; 25(5): 839-45

³⁷ <https://indicatoren.omgeving.vlaanderen.be/indicatoren/verloren-gezonde-levensjaren-door-fijn-stof>

astmapatiënten, kinderen en ouderen, zal de impact groter zijn. Fijn stof is veruit de belangrijkste pollutant in de gezondheidsimpact door milieufactoren.

Hoge concentraties kunnen acuut effect hebben

Tijdens een fijnstofepisode doen mensen die bijzonder gevoelig zijn voor luchtverontreiniging best geen grote lichamelijke inspanningen. Tot deze groep behoren jonge kinderen, ouderen, personen met het chronisch obstructief longlijden (COPD³⁸) en personen met hart- en vaatziekten. Omwille van de kleine afmeting kunnen fijnstofdeeltjes gemakkelijk overal binnendringen en zijn de concentraties ervan binnenshuis niet significant lager dan in de buitenlucht.

Ook tal van andere effecten

Andere effecten van stofdeeltjes zijn verminderde zichtbaarheid en bevuilding van blootgestelde oppervlakken en materialen. Ze hebben mogelijk een invloed op het klimaat: naargelang de samenstelling kan fijn stof zowel voor afkoeling als voor opwarming zorgen. Bovendien draagt fijn stof bij tot de verzurende en vermestende depositie.

³⁸ Chronic Obstructive Pulmonary Disease

bijlage 3 Overzicht luchtkwaliteitsnormen

De Europese Commissie definieerde streef- en grenswaarden en alarmdrempels voor diverse polluenten. Deze Europese normen zijn opgenomen in de Vlaamse wetgeving. De Europese regelgeving is vaak gebaseerd op de richtlijnen opgesteld door de Wereldgezondheidsorganisatie (WGO). De WGO definieert advieswaarden voor verschillende polluenten. Die advieswaarden hebben als doel de risico's van gezondheidsschade door luchtverontreiniging te beperken en zijn meestal strenger dan de Europese grens- of streefwaarden. Bij de definiëring van deze Europese grens- of streefwaarden werd er, naast de gezondheidseffecten, rekening gehouden met de technische haalbaarheid. Daarnaast werd een kosten-batenanalyse uitgevoerd om de economische consequenties van de opgelegde concentratieniveaus in te schatten.

Nieuwe, strengere Europese richtlijn goedgekeurd

In navolging van de in 2021 aangescherpte WGO-advieswaarden lanceerde de Europese Commissie in oktober 2022 een voorstel voor herziening van de richtlijnen Luchtkwaliteit. Na onderhandelingen tussen het Europese Parlement en de lidstaten werd onder Belgische voorzitterschap van de raad van de Europese Unie in februari 2024 een akkoord bereikt over een aangepaste versie van dit voorstel. Na het doorlopen van het verdere goedkeuringsproces, werd de nieuwe richtlijn lucht op 14 oktober 2024 definitief goedgekeurd door de Raad van de Europese Unie en gepubliceerd in november onder het nummer 2024/2881. De meeste grenswaarden worden vanaf 2030 verstrengd en de meeste streefwaarden (behalve voor ozon) worden grenswaarden.

Zie ook: <https://www.vmm.be/nieuws/de-impact-van-het-europees-akkoord-over-luchtkwaliteit>
en <https://www.vmm.be/nieuws/nieuwe-europese-luchtkwaliteitsrichtlijn-goedgekeurd>

De VMM toetst in dit rapport aan

- de huidige, geldende EU-regelgeving
- de toekomstige EU-grenswaarden (geldig vanaf 2030)
- de WGO-advieswaarden.

Stikstofoxides – NO/NO₂

De Europese richtlijn 2008/50/EG legt grenswaarden en een alarmdrempel op voor NO₂. In de richtlijn 2008/50/EG is eveneens een kritiek niveau voor NO_x voor de bescherming van de vegetatie opgenomen.

De grenswaarden voor NO₂ moeten sinds 1 januari 2010 gerespecteerd worden. Richtlijn 2008/50/EG bood de kans om uitstel te vragen voor het behalen van de grenswaarden. De Europese commissie verleende uitstel voor de zones Antwerpse haven en Antwerpse agglomeratie. Tot 2015 werd in die zones de grenswaarde gesommeerd met de maximale overschrijdingsmarge (50 %) ,dit komt overeen met een jaargrenswaarde van 60 µg/m³. Vanaf 2015 verviel deze overschrijdingsmarge voor de zones Antwerpse haven en Antwerpse agglomeratie en moet er getoetst worden aan de jaargrenswaarde van 40 µg/m³.

In 2015 werd de jaargrenswaarde van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ echter overschreden in de luchtkwaliteitszone BEF02A 'Agglomeratie Antwerpen'. Daarop werd een saneringsplan opgesteld voor deze zone.

Regelgeving PM₁₀

Tabel 24: Huidige regelgeving voor PM₁₀ (richtlijn 2008/50/EG en WGO 2021)

*: Sinds 1 januari 2005 moet de grenswaarde voor PM₁₀ gerespecteerd worden.

Onderwerp	Middelingsstijd	Doelstelling
EU	1 dag	45 µg/m³; max. 18 overschrijdingen per jaar
	1 jaar	20 µg/m³
	Alarmdrempel	Gedurende 3 opeenvolgende dagen

Regelgeving PM_{2.5}

////////////////////

EU-regelgeving (2008/50/EG)	Middelingstijd	Doelstelling	Datum waarop de waarde moet bereikt zijn
Grenswaarde	Jaar	25 µg/m³	1 januari 2015
Indicatieve grenswaarde	Jaar	20 µg/m³	1 januari 2020
Nationale streefwaarde inzake vermindering van de blootstelling ten opzichte van de GBI in 2010	GBI	15,2 µg/m³	2020
Vlaamse streefwaarde inzake vermindering van de blootstelling ten opzichte van de GBI in 2010	GGBI	15,7 µg/m³	2020
Blootstellingsconcentratieverplichting	GBI	20 µg/m³	2015

Tabel 27: Advieswaarden voor PM_{2,5} (WGO 2021)

Tabel 28: Toekomstige Europese regelgeving voor PM_{2,5} geldig vanaf 2030 (richtlijn 2024/2881)

Daarnaast werd er voor PM_{2,5} nog een informatiedrempel gedefinieerd (50 µg/m³ op dagbasis).

Regelgeving zwarte koolstof

Momenteel bestaat er op Europees of Vlaams niveau geen regelgeving voor zwarte koolstof. De WGO formuleerde nog geen advieswaarden voor de gezondheid. Echter de WGO adviseerde wel het meten van deze pollutant.

Regelgeving ultrafijn stof

Momenteel bestaat er op Europees of Vlaams niveau geen regelgeving voor ultrafijn stof. Ook de WGO heeft geen advieswaarden geformuleerd voor UFP.

De WGO geeft wel een leidraad mee om onderscheid te maken tussen hoge en lage UFP-concentraties.

- Een daggemiddelde van minder dan 1.000 deeltjes/cm³ wordt als lage concentratie beschouwd en vindt men typisch terug in een omgeving die niet beïnvloed wordt door antropogene emissies.
- Daggemiddelden van 10.000 deeltjes/cm³ of uurgemiddelden van 20.000 deeltjes/cm³ worden gewoonlijk gemeten in een stedelijke omgeving.
- Locaties met daggemiddelden bóven de 10.000 deeltjes/cm³ of met uurgemiddelden bóven de 20.000 deeltjes/cm³ worden beschouwd als locaties met een hoge UFP-concentratie.

bijlage 4 Methodiek

In dit rapport worden verschillende methodieken gebruikt om gegevens weer te geven of te genereren. In deze biilage worden deze methodieken toegelicht.

Pollutierozen

Pollutierozen tonen per windrichting het gemiddelde van de gemeten concentraties volgens de op dat moment heersende windrichting. Potentiële vervuilende bronnen kunnen op die manier geïdentificeerd worden. Wanneer bijvoorbeeld uit een bepaalde windrichting steeds lucht met hogere concentraties wordt aangevoerd omdat daar een bron aanwezig is, zal de gemiddelde waarde hoger zijn in dit segment van de pollutieroos en 'wijst' de pollutieroos als het ware de richting van de bron aan door de langere balk. Bij aanvoer van lucht met lage concentraties zal de balk van de pollutieroos korter zijn. Hoe de pollutieroos er uiteindelijk uitziet, hangt niet alleen af van de concentraties maar ook van de windrichting. Als in de beschouwde periode weinig tot geen wind was uit een bepaalde richting, kan dit een bron maskeren.

Wanneer de pollutierozen vrij rond zijn van vorm, wijst dit op een dominante invloed van de achtergrondconcentraties. Uit dergelijke pollutierozen zijn de lokale invloeden moeilijker af te leiden. Daarom kunnen er ook zero-pollutierozen gemaakt, waarbij steeds de laagste meting, de achtergrond, werd afgetrokken. Per windsector – elke 10° – worden de metingen van de pollutierozen van een set meetplaatsen naast elkaar gelegd en de laagste concentratie wordt telkens afgetrokken van alle andere concentraties uit die sector. Op deze manier wordt de aanvoer van de achtergrondpollutie eruit gefilterd en kunnen lokale bronnen beter naar voren komen.

ATMO-Street model

De VMM meet op heel wat plaatsen de luchtkwaliteit. Op plaatsen zonder metingen gebruikt de VMM modellen die de luchtkwaliteit inschatten. Het model ATMO-Street wordt ingezet voor stoffen met een belangrijke impact op de gezondheid namelijk stikstofdioxide, zwarte koolstof (roet) en fijn stof.

ATMO-Street is de naam voor de modelketen RIO-IFDM-OSPM.

- RIO: via een ruimtelijk interpolatiemodel wordt de luchtkwaliteit in heel Vlaanderen ingeschat op basis van de luchtkwaliteitsmetingen.
- IFDM: berekent de lokale luchtkwaliteit op basis van meteorologische gegevens en de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen.
- OSPM: berekent de impact van het streetcanyon-effect.

RIO gebruikt meetresultaten en schat daarmee de luchtkwaliteit in heel Vlaanderen op een 'slimme' manier. Slim, omdat RIO ook informatie over landgebruik mee in rekening neemt. Dat is nodig want er bestaat een relatie tussen luchtkwaliteit en landgebruik. Zo is er meer luchtvervuiling in gebieden met veel bewoning en verkeer (zoals steden), dan op plaatsen in bosrijke zones. RIO maakt een inschatting van de 'achtergrondconcentraties' voor gebieden met een oppervlakte van 4x4 km². Binnen zo'n rooster cel van 4x4 km² kan RIO geen onderscheid maken tussen bijvoorbeeld kleinere bosgebieden en meer verstedelijkte

IFDM berekent de impact van de uitstoot van punt- en lijnbronnen op de luchtkwaliteit in de onmiddellijke omgeving van die puntbronnen (bv. een fabrieksschouw) of lijnbronnen (bv. uitstoot van het verkeer op een weg of een deel van een weg). Het IFDM-model gebruikt ook meteorologische gegevens. Zo beïnvloeden de windsnelheid en windrichting de verspreiding van de luchtvervuiling. Ook de temperatuur heeft een effect op de snelheid waarmee stoffen chemisch veranderen in de atmosfeer, zoals dit het geval is bij stikstofdioxide en ozon. De punten waarvoor IFDM-berekeningen plaatsvinden, zijn het dichtst geconcentreerd langs wegen en in de buurt van industrie. Via een verdere bewerking (interpolatie) krijgen we een gedetailleerde concentratiekaart met een hogere resolutie van bv. $10 \times 10 \text{ m}^2$ voor visualisatie. Het IFDM dispersiemodel is echter een '*open street*' model en houdt geen rekening met obstakels zoals bomen, geluidsschermen, gesloten huizenrijen... Hierdoor onderschat RIO-IFDM de concentraties in *street canyons*. In deze smalle straten is de natuurlijke ventilatie beperkt waardoor de luchtvervuiling zich opstapelt.

De ATMO-Streetkaarten zijn wetenschappelijk het meest onderbouwd en zijn de best beschikbare kaarten om de lokale luchtkwaliteit in te schatten. De controle gebeurde – zoals bij al onze modellen – door te vergelijken met echte metingen en toonde aan dat de modelketen beter presteert door de toevoeging van het OSPM-model.

- Met tijdelijke verkeerssituaties (bv. omleidingen of files) wordt geen rekening gehouden.
- De impact van nieuwe verkeerssituaties (nieuwe wegen, mobiliteitsplannen in uitvoering,...) zijn niet altijd onmiddellijk zichtbaar.
- Het herhaaldelijk opwaaien van stof door het verkeer en het effect van de aanwezigheid van groen (zoals bomen in een straat) worden niet in rekening gebracht.
- De lokale vervuiling die veroorzaakt wordt door onder andere houtkachels, open haarden en grote veeteeltbedrijven is niet zichtbaar op de kaarten. De vervuiling van deze bronnen wordt wel mee opgenomen in de 'achtergrondconcentratie' (met een lagere ruimtelijke resolutie van 4x4 km²).

Sinds 2021 nemen we de diffuse emissies van PM₁₀ en PM_{2,5} voorlopig niet meer op in de modelkaarten, omdat de onderliggende emissiedataset van het ATMO-Street-model maar beperkt rekening houdt met de emissiereducerende maatregelen van bedrijven. Dit leidde waarschijnlijk tot een overschatting van de reële situatie nabij bedrijven met veel diffuse emissies.

- Betere implementatie van de stofreducerende maatregelen in de rekentool waarin de bedrijven hun emissies rapporteren aan de Vlaamse overheid.

135

bijlage 5 Emissie-inventaris

Algemeen

De emissie-inventaris inventariseert de uitstoot van de luchtverontreinigende stoffen en broeikasgassen van alle bronnen en ondersteunt zo het luchtbeleid

Om de luchtkwaliteit te verbeteren, moet je de bronnen kennen. De emissie-inventaris inventariseert de Vlaamse uitstoot en duidt het aandeel van de sectoren aan. Zo kan men het beleid evalueren en, waar nodig, aanscherpen: men kan restricties opleggen aan bronnen door de wetgeving aan te passen en/of vergunningen te verlenen of te wijzigen.

Integrale milieujaarverslagen vormen de basis van de emissie-inventaris industrie

De bedrijven uit de industrie- en energiesector zijn jaarlijks verplicht om hun emissiegegevens te verstrekken. Dit is voor emissies boven bepaalde drempelwaarden. Voor (kleinere) bedrijven die onder de drempelwaarden uitstoten, gebeuren collectieve bijschattingen. Stofemissies van op- en overslag zijn gebaseerd op emissiefactoren en activiteitsdata.

Daarnaast inventariseert de VMM ook maatschappelijke en andere industriële activiteiten. Dit zijn voornamelijk de gebouwenverwarming van de huishoudens en de tertiaire sector, het verkeer, de offroad activiteiten, de land- en tuinbouw, de natuur en het landgebruik.

De emissie-inventaris voert zelf geen emissiemetingen uit

De emissies van de verschillende sectoren worden berekend en ingeschat onder meer op basis van statistische gegevens en emissiefactoren uit de wetenschappelijke literatuur en door gebruik te maken van modellen. Bij de opmaak van de emissie-inventaris is het belangrijk om niet alleen de grootte, de ligging en de aard van elke emissiebron te kennen, maar ook de juiste oorzaak van de emissies.

Luchtvervuiling is het resultaat van primaire en secundaire emissies

De primaire emissies zijn stoffen die rechtstreeks worden uitgestoten. Door chemische of fysische reacties kunnen vervuilende stoffen die eerder in de atmosfeer terecht kwamen, tot nieuwe vervuiling leiden. Dit is de zogenaamde secundaire emissie. Deze fractie zit niet volledig vervat in de emissie-inventaris maar wordt wel volledig gemeten in de omgevingslucht.

Emissies houtverbranding - inschatten van het kachelpark

Het houtverbruik wordt door het Vlaams Energie- en Klimaatagentschap (VEKA) geactualiseerd op basis van de graaddagen en het aantal huishoudens. Om de evolutie van het ketel/kachelpark met hout als brandstof in te schatten, voerde VITO in opdracht van VMM een studie³⁹ uit. Dat gebeurde door, waar mogelijk, het ketel/kachelpark 2019 resulterend uit de in 2019 uitgevoerde enquête, te combineren met het ketel/kachelpark 2011, dat bepaald werd op basis van een gelijkaardige enquête, en aannames te maken hoe deze ketel/kachelparken zich tot elkaar verhouden. Vergelijking van de parken in 2011 en 2019 leerde dat het niet eenvoudig is om voor alle relevante aspecten gefundeerde inschattingen te maken voor de

³⁹ Ontwikkelen methodologie voor de opvolging van de samenstelling van het kachelpark in Vlaamse huishoudens: <https://www.vmm.be/publicaties/ontwikkelen-methodologie-voor-de-opvolging-van-de-samenstelling-van-het-kachelpark-in-vlaamse-huishoudens>

tussenliggende jaren. Uiteindelijk werd beslist om de gegevens van 2011 en 2019 uit te middelen en op basis daarvan de inschattingen te maken voor de tussenliggende jaren.
Het kachelpark wordt niet jaarlijks geactualiseerd bij gebrek aan gegevens.

Probleem met verkeersdata op lokaal niveau

De mobiliteitscijfers die de VMM gebruikte om de emissies door wegverkeer te berekenen tot en met inventarisjaar 2020 werden aangeleverd door Departement Mobiliteit en Openbare Werken (MOW). Bij MOW hadden ze daarvoor een propagatiemodel, Promovia, dat op basis van tellingen (camera's, lussen,...) een hoeveelheid voertuigkilometer in Vlaanderen genereerde op snelwegen en het onderliggende wegennet. Tellingen op het onderliggende wegennet werden uitgevoerd door AWV (Agentschap Wegen en Verkeer). In 2016 besliste men bij AWV om de tellingen op het onderliggende wegennet stop te zetten (de onderhoudskosten van de tellussen was te hoog). Deze tellingen waren echter een belangrijke input en kalibratie voor Promovia. Tellingen op snelwegen bleven wel beschikbaar, die gebeuren bij het Vlaams Verkeerscentrum.

Vanaf 2017 is er dus geen mobiliteitsinformatie meer beschikbaar op het onderliggende wegennet (enkel op snelwegen). Bij MOW werd daarom beslist om voor het onderliggende wegennet in Promovia gebruik te maken van een pragmatische methodiek: er werden groeicijfers bepaald op basis van de trend in de voertuigkilometers in de periode 2012 - 2016, en die trend werd toegepast om voertuigkilometers voor de latere jaren in te schatten. Dit betekent dat de ingeschatte trend in mobiliteit op elk wegvak van het onderliggende wegennet in Vlaanderen dezelfde is. Omdat 2020 wegens de covid-pandemie een uitzonderlijk jaar is, werd voor het genereren van de voertuigkilometers in Vlaanderen in 2020 de afname van het verkeer op de snelwegen (2020 tov 2019) ook toegepast op het onderliggende wegennet.

Er wordt binnen de Vlaamse overheid al een paar jaar aan een alternatief gewerkt om terug op zoveel mogelijk locaties in Vlaanderen verkeersvolumes te hebben (die telgegevens moeten om te kunnen dienen, ieder jaar beschikbaar zijn op dezelfde locatie voor dezelfde tijdsperiode in het jaar (liefst continu ganse jaar)). Er werden wat oefeningen gedaan met floating car data, maar die hebben pas zin als ze gekalibreerd kunnen worden met tellingen. Daarom proberen het departement mobiliteit (MOW) en de VMM om toegang te krijgen tot alle ANPR data in Vlaanderen, worden er beperkt tijdelijke tellingen uitgevoerd voor MOW en heeft de VMM het project Flomove (**F**ijnmazig **L**okaal **P**ropagatie**M**odel van **V**erkeer) opgestart. Uiteindelijk werd ook nog een deel van de methodologie van Promovia gebruikt binnen het Flomove-project, wat tot de samensmelting **Flomovia** leidde.

Flomovia is een nieuw spreidingsmodel voor verkeersgegevens. Hiermee werken we op een zeer gedetailleerd en actueel verkeersnetwerk gebaseerd op de OpenStreetMap kaart. We gebruiken alle beschikbare verkeerstellingen:

- structurele tellingen op de snelwegen (van VVC),
- tijdelijke telcampagnes (van AWV) en
- lokale verkeerstellingen van Telraam.

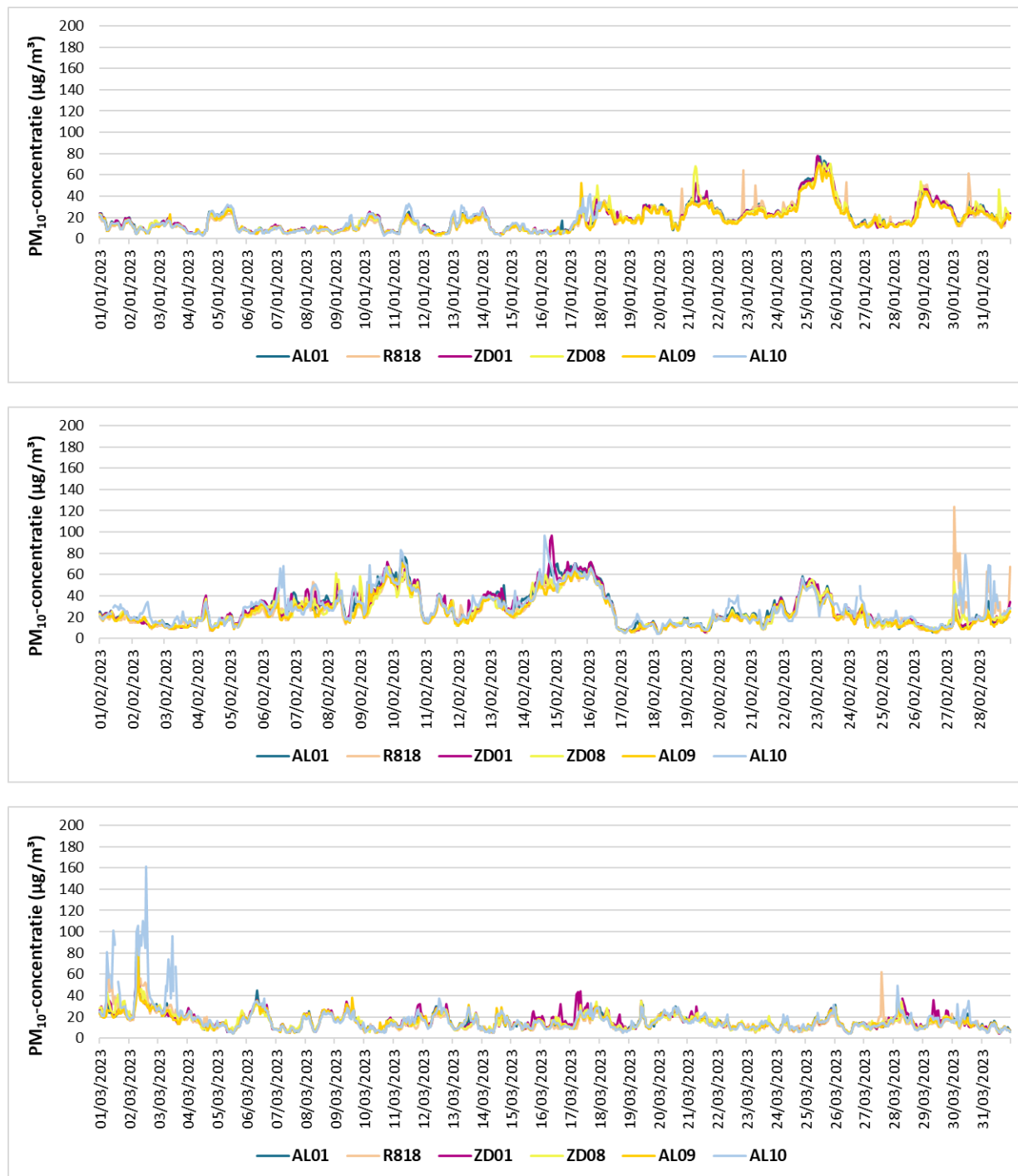
Voor de snelheden van voertuigen wordt floating car data gebruikt, die geven een realistische inschatting van werkelijke snelheden. Zo worden ook vertragingen indirect meegenomen. Deze nieuwe invoerbron modelleert de verkeersstromen op een andere manier en kan lokaal grote wijzigingen geven in de modelkaarten.

Voor de berekening van de verkeersemissies is dit het eerste rapport dat Flomovia gebruikt.

- Voor 2005, 2010, 2015 en 2020 hebben we geen Flomovia dataset. Voor die jaren werden de verkeersemisssies bepaald op het Promovia netwerk.
- Vanaf 2021 werden de emissies bepaald op het gedetailleerder Flomovia netwerk. Dit heeft het voordeel dat de gerapporteerde verkeersemisssies meer gebaseerd zijn op de lokale verkeersdata, en dus rekening houden met de invoering van een mobiliteitsplan of LEZ. Echter deze aanpak is ook niet zonder nadelen:

- Momenteel loopt er een optimalisatiestudie Flomovia die het model en de aannames erin nog eens allemaal onder de loep neemt, en de stabiliteit van het netwerk in de toekomst onderzoekt.

Figuur 63: Verloop PM₁₀-uurgemiddelden per maand op de meetplaatsen op Linkeroever in 2023



bijlage 7 Resultaten houtverbranding 2016-2023

Tabel 29: Absolute en relatieve bijdrage van houtverbranding (wb) en fossiele brandstoffen (ff) aan zwarte koolstof (BC) en aan PM₁₀, per jaar voor de periode 2016-2023

meetplaats	Jaar	BC (µg/m³)	BC _{ff} (µg/m³)	BC _{wb} (µg/m³)	% BC _{wb} in BC	PM ₁₀ (µg/m³)	PM _{10_wb} (µg/m³)	% PM _{10-wb} in PM ₁₀
AL01 Linkeroever	2016	-	-	-	-	-	-	-
	2017	-	-	-	-	-	-	-
	2018	-	-	-	-	-	-	-
	2019	-	-	-	-	-	-	-
	2020	0,74	0,57	0,17	24%	21,0	1,2	6 %
	2021	0,76	0,59	0,18	24%	21,1	2,0	9 %
	2022	0,75	0,57	0,18	24%	21,3	2,1	10 %
	2023	0,62	0,48	0,15	23%	19,2	1,6	9 %
DU07 Deurne	2016	-	-	-	-	-	-	-
	2017	-	-	-	-	-	-	-
	2018	-	-	-	-	-	-	-
	2019	-	-	-	-	-	-	-
	2020	-	-	-	-	-	-	-
	2021	-	-	-	-	-	-	-
	2022	-	-	-	-	-	-	-
	2023	0,86	0,68	0,18	21%	19,4	2,1	11 %
M802 Luchtbal	2016	-	-	-	-	-	-	-
	2017	-	-	-	-	-	-	-
	2018	-	-	-	-	-	-	-
	2019	-	-	-	-	-	-	-
	2020	0,97	0,74	0,22	23%	21,0	1,5	7 %
	2021	1,04	0,81	0,23	22%	22,0	2,6	12 %
	2022	1,09	0,83	0,26	24%	22,9	3,0	13 %
	2023	0,84	0,65	0,19	22%	21,4	2,1	10 %

[illegible]

