



Vlaanderen
is milieu

Luchtkwaliteit in de Antwerpse agglomeratie

jaarrapport 2022

Titel

Samenstellers

Inhoud

Wijze van refereren

Verantwoordelijke uitgever

Vragen in verband met dit rapport

Coverfoto

Depotnummer

D/2023/6871/028

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 2022 in de Antwerpse agglomeratie. Ook worden de meest recent beschikbare emissiedata (2021) besproken. De gerapporteerde verkeersemissiegegevens zijn afgeleid via het Vlaamse wegennet en houden geen rekening met de invoering van de LEZ in Antwerpen.

1. Samenvattende tabel

Onderstaande tabel geeft een samenvatting weer van de besproken pollutanten:

- Het aantal meetplaatsen in dit rapport die voldoen aan de Europese grenswaarden 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. Ook bronnen van buiten de Antwerpse agglomeratie beïnvloeden de gemeten concentraties.

Polluent	Toesteltype	Aantal meetplaatsen dat voldoet aan de EU-grenswaarden			Aantal meetplaatsen dat voldoet aan de WGO-advieswaarden			Concentratieverschil over voorbije 10 jaar	Belangrijkste bronnen
		Jaar	Dag	Uur	Jaar	Dag	Uur		
NO ₂	monitoren	✓ 11/11	-	✓ 11/11	✗ 0/11	✗ 0/11	✓ 11/11	-42% tot -44%	verkeer
	samplers	✓ 19/19	-	-	✗ 0/19	-	-		
PM ₁₀	monitoren	✓ 15/15	✓ 15/15	-	✗ 0/15	✗ 0/15	-	-13% tot -28%	huishoudens (houtverbranding)
PM _{2,5}	monitoren	✓ 15/15	-	-	✗ 0/15	✗ 0/15	-	-24% tot -35%	
BC	monitoren	-	-	-	-	-	-	-48% tot -68%	verkeer

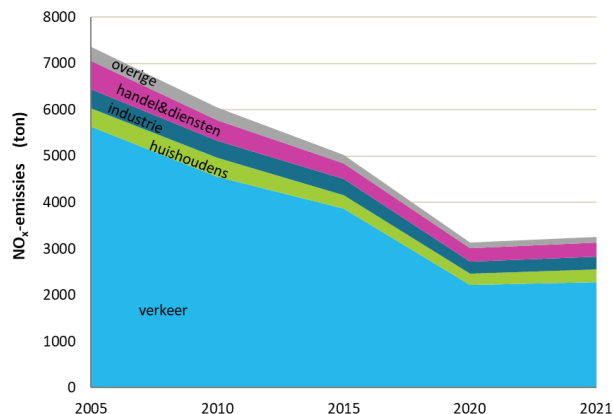
-: hiervoor bestaat momenteel geen grens- of advieswaarde

2. Stikstofdioxide – NO₂

Emissies

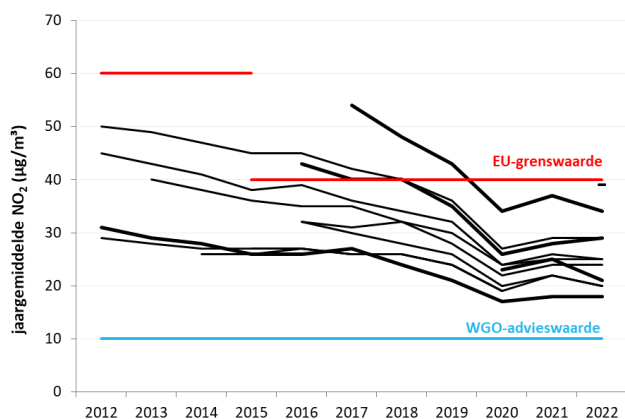
In de Antwerpse agglomeratie is in 2021 70 % van de NO_x (NO₂)-emissies afkomstig van verkeer. 59 % van de totale emissies komt door wegverkeer en 8 % door scheepvaart. Andere relevante sectoren zijn handel en diensten (9 %), huishoudens (9 %, vooral gebouwenverwarming met aardgas) en industrie (8 %).

In 2021 bedroeg de NO_x (NO₂)-emissie in de Antwerpse agglomeratie 3252 ton. Dit is 3,3 % van de totale Vlaamse NO_x (NO₂)-uitstoot.



Tussen 2005 en 2021 zijn de NO_x (NO₂)-emissies in de Antwerpse agglomeratie met 56 % 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 in de NO₂-jaargemiddelden. In 2022 zien we op de Antwerpse meetplaatsen een lichte daling of een stagnatie tegenover 2021.

Tussen 2012 en 2022 zijn de NO₂-concentraties op de Antwerpse meetstations met ongeveer 40 % gedaald.

Toetsing regelgeving luchtkwaliteit

- De Europese jaargrenswaarde werd in 2022 op alle Antwerpse meetplaatsen gerespecteerd. Het ATMO-Street-model berekent wel nog in beperkte mate overschrijdingen langs de Antwerpse Ring, nabij tunnelmonden, langs belangrijke verkeersassen en in *street canyons*.
- De WGO-advieswaarden (op dag- en jaarbasis) werden op geen enkele meetplaats in de Antwerpse agglomeratie behaald.
- De Europese uurgrenswaarde en de WGO-uuradvieswaarde werden in 2022 gerespecteerd.

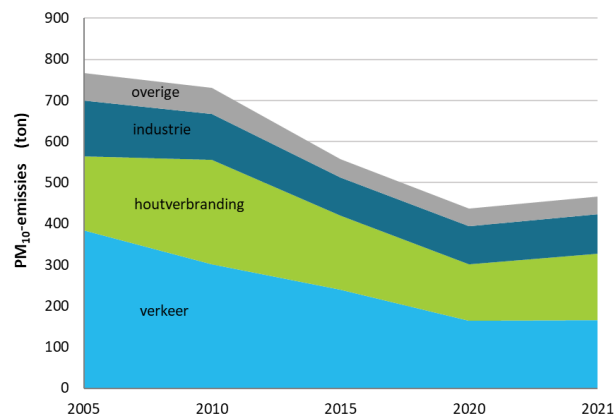
3. Fijn stof – PM₁₀

Emissies

In de Antwerpse agglomeratie komt 40 % van de emissies van **primaire PM₁₀** in 2021 van de sector huishoudens, vooral door houtverbranding in open haarden en kachels.

De sector verkeer was de tweede belangrijkste bron met een bijdrage van 35 %. Vooral de niet-uitlaatemissies (= slijtage van banden, remmen en wegdek) van wegverkeer is hierbij belangrijk.

In 2021 stootte de zone Antwerpse agglomeratie 467 ton primaire PM₁₀ uit. Dit was 2,8 % van de Vlaamse primaire PM₁₀-emissies dat jaar.

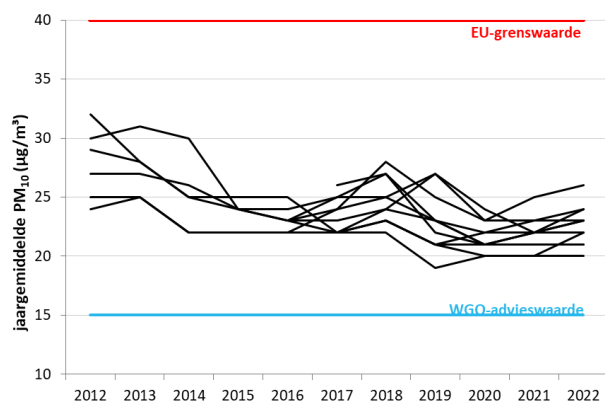


Tussen 2005 en 2021 zijn de emissies van **primaire PM₁₀** in de Antwerpse agglomeratie met 39 % gedaald. Deze daling komt vooral door minder emissies van het wegverkeer door de introductie van milieuvriendelijkere en efficiëntere voertuigen.

Ten opzichte van het vorige jaar, 2020, zien we een stijging van 7 % in de primaire PM₁₀-emissies. Deze stijging werd veroorzaakt door meer uitstoot van gebouwenverwarming door huishoudens: er was meer houtstook, deels door meer koude dagen en deels door de gestegen energieprijzen.

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. Secundair fijn stof wordt in de atmosfeer gevormd uit voorlopverbindingen. De belangrijkste precursoren zijn ammoniak (NH₃), stikstofoxiden (NO_x) en zwaveldioxide (SO₂) en verschillende semivluchtige organische verbindingen.

Trend luchtkwaliteit



Over de periode van 2012 – 2022 zagen we de eerste jaren een duidelijke daling, maar sinds 2016 is het verloop eerder schommelend. Bij vergelijking van de jaargemiddelden 2022 ten opzichte van 2021, zien we op ongeveer de helft een stagnatie en op de andere helft een stijging. Ook op het merendeel van de Vlaamse stations zagen we een stijging.

Tussen 2012 en 2022 meten we op de Antwerpse meetstations een daling van 13 % tot 28 %.

Toetsing regelgeving luchtkwaliteit

- De Europese grenswaarden (op dag- en jaarbasis) voor PM₁₀ werden gerespecteerd op alle Antwerpse meetplaatsen in 2022.
- Maar de WGO-advieswaarden (op dag- en jaarbasis) werden op alle meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie overschreden. Ook in de rest van Vlaanderen werden deze nergens behaald.

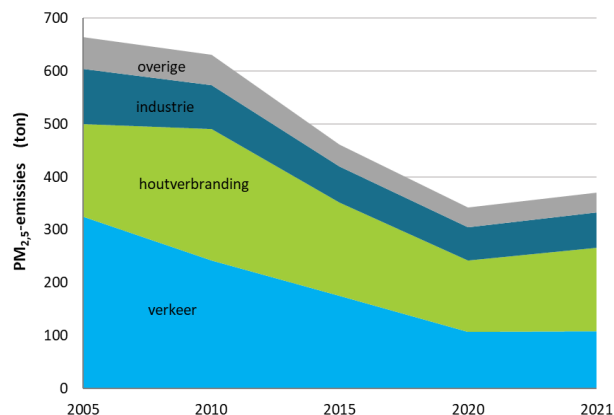
4. Fijn stof – PM_{2,5}

Emissies

In 2021 komt 49 % van de emissies van **primaire PM_{2,5}** in de Antwerpse agglomeratie van de huishoudens, vooral van houtverbranding.

De sector verkeer is met 29 % de tweede grootste bron van primaire PM_{2,5}-emissies, vooral het wegverkeer draagt hieraan bij.

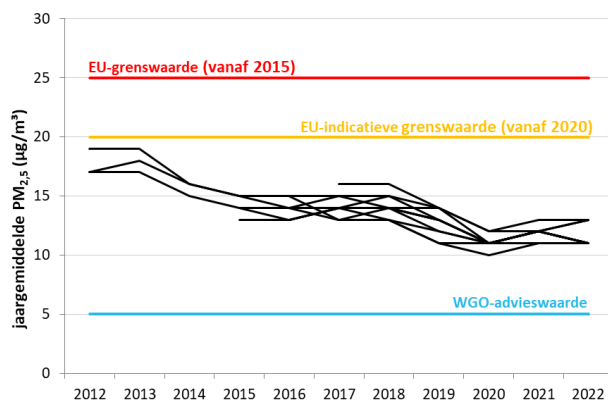
De primaire PM_{2,5}-emissies in de zone Antwerpse agglomeratie bedroegen 371 ton in 2021. Dit is 3,2 % van de totale Vlaamse primaire PM_{2,5}-emissies.



Tussen 2005 en 2021 daalden de emissies van **primaire PM_{2,5}** in de Antwerpse agglomeratie met 44 %. Zoals voor PM₁₀ ligt deze daling vooral aan minder uitlaatemissies van het wegverkeer door de introductie van milieuvriendelijkere en efficiëntere voertuigen.

Net zoals bij PM₁₀, is de uitstoot van PM_{2,5} in 2021 hoger dan in 2020. Deze stijging werd veroorzaakt door meer uitstoot van gebouwenverwarming door huishoudens: er was meer houtstook, deels door meer koude dagen en deels door de gestegen energieprijzen.

Trend luchtkwaliteit



Over de periode van 2012-2022 daalden de PM_{2,5}-jaargemiddelden geleidelijk. De laatste jaren lijkt de daling minder en zien we een schommelend verloop.

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

Tussen 2012 en 2022 noteren we op de Antwerpse meetstations een daling tussen 24 % en 35 %.

Toetsing regelgeving luchtkwaliteit

- De (indicatieve) Europese jaargrenswaarde voor PM_{2,5} werd gerespecteerd op alle meetplaatsen.
- De WGO-advieswaarden (op dag- en jaarbasis) werden in 2022 op alle Antwerpse meetplaatsen overschreden. Dit was ook zo in de rest van Vlaanderen.

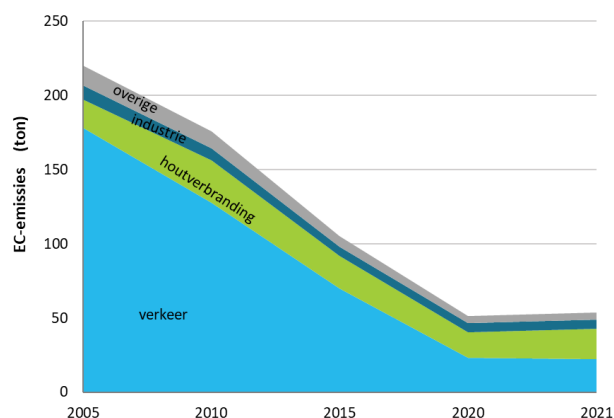
5. Zwarte koolstof/Elementair koolstof

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

Emissies

In de Antwerpse agglomeratie draagt verkeer 42 % bij aan de emissies van elementair koolstof in 2021, vooral door wegverkeer. EC wordt vooral gevormd door de verbranding van fossiele brandstoffen, met dieselmotoren als een van de grootste bronnen. Huishoudens zijn verantwoordelijk voor 39 % van de EC-emissies, grotendeels door de verbranding van hout in open haarden en kachels.

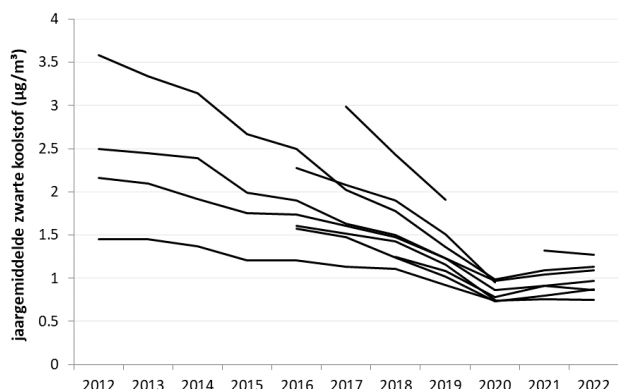
De emissies van elementair koolstof in de zone Antwerpse agglomeratie bedroeg 53,5 ton in 2021. Dit is 3,3 % van de totale Vlaamse EC-emissies.



De emissies van elementair koolstof zijn tussen 2005 en 2021 met 76 % gedaald. Dat komt bijna uitsluitend door de dalende uitlaatemissies van het wegverkeer door de introductie van milieuvriendelijkere en efficiëntere voertuigen.

In 2021 zijn de EC-emissies 5 % hoger dan in 2020. Deze stijging komt door een stijging bij de huishoudens (gebouwenverwarming). Door de stijgende energieprijzen schakelen meer mensen weer over naar houtkachels.

Trend luchtkwaliteit



De meetstations tonen dalende concentraties van zwarte koolstof in de periode 2012-2022. In 2022 zien we op de helft van de Antwerpse meetplaatsen een stijging ten opzichte van 2021.

Op de Antwerpse meetstations zien we een daling van 48 % tot 68 % tussen 2012 en 2022.

Toetsing regelgeving luchtkwaliteit

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

De relatieve bijdrage van houtverbranding aan de concentratie **zwarte koolstof** (% BC_{wb} in BC) varieerde in 2022 tussen 21 % en 30 % 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.

Op jaarbasis varieert de relatieve bijdrage van houtverbranding aan **PM₁₀** (PM_{10_wb}) tussen 10 % en 14 % over de meetplaatsen. Tijdens de wintermaanden is de bijdrage van houtverbranding aan de PM₁₀-concentraties drie tot vier keer zo hoog als tijdens de zomermaanden.

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

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 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.

Het is niet evident om een wetenschappelijk onderbouwde uitspraak te doen over het effect van de LEZ op de concentraties NO₂ en zwarte koolstof. Immers, de invoering van de LEZ leidde niet alleen binnen de LEZ tot een versnelde vergroening van het wagenpark, maar ook in de rest van Vlaanderen.

Bij **zwarte koolstof** zien we wel 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.

De huidige beperkingen van de LEZ focussen vooral op het terugdringen van de uitstoot van roetdeeltjes. Het terugdringen van stikstof wordt belangrijker vanaf de volgende verstrenging in 2026. Misschien zien we nadien ook voor NO₂ een netto-effect van de LEZ.

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

NO₂-jaargemiddelde 2022 vs 2016

Relatief verschil NO₂

■ Vlaanderen (excl LEZ) ■ LEZ Antw

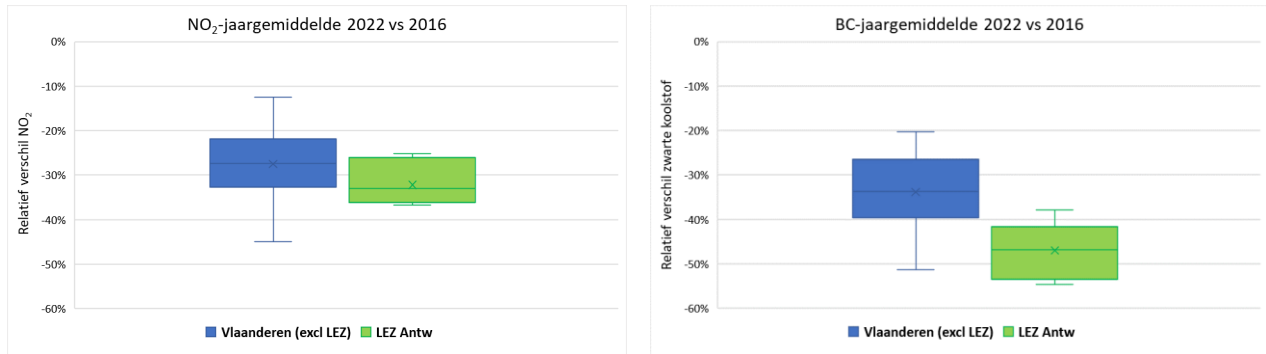
Region	Min	Q1	Median	Mean	Q3	Max
Vlaanderen (excl LEZ)	-45%	-33%	-28%	-28%	-22%	-13%
LEZ Antw	-37%	-36%	-33%	-32%	-27%	-25%

BC-jaargemiddelde 2022 vs 2016

Relatief verschil zwarte koolstof

■ Vlaanderen (excl LEZ) ■ LEZ Antw

Region	Min	Q1	Median	Mean	Q3	Max
Vlaanderen (excl LEZ)	-52%	-40%	-33%	-33%	-27%	-21%
LEZ Antw	-54%	-53%	-48%	-46%	-42%	-38%



INHOUD

Samenvatting.....	3
1 Inleiding.....	17
2 Het meetnet	18
3 Stikstofoxiden.....	22
3.1 Emissie van NO _x (NO ₂)	22
3.2 NO ₂ -concentraties	24
3.2.1 Metingen automatisch meetnet	24
3.2.2 Passieve samplers	27
3.2.3 ATMO-Street model.....	30
3.2.4 Toetsing aan de grenswaarden	32
3.2.5 Pollutierozen	34
3.3 NO-concentraties	37
3.3.1 Metingen automatisch meetnet	37
3.3.2 Pollutierozen	40
4 Fijn stof.....	43
4.1 Emissie van PM ₁₀	43
4.2 PM ₁₀ -concentraties	45
4.2.1 Metingen automatisch meetnet	45
4.2.2 ATMO-Street model.....	49
4.2.3 Toetsing aan de grenswaarden	51
4.2.4 Pollutierozen	53
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.....	61
4.4.3 Toetsing aan de grenswaarden	63
4.4.4 Chemische samenstelling van PM _{2,5}	64
4.4.5 Pollutierozen	65
4.5 Emissies van elementair koolstof.....	68
4.6 Concentraties zwarte koolstof	70
4.6.1 Metingen automatisch meetnet	70
4.6.2 ATMO-Street model.....	73
4.6.3 Toetsing aan de regelgeving	75
4.6.4 Pollutierozen	75
4.7 Bijdrage van houtverbranding aan zwarte koolstof en PM ₁₀	78
4.7.1 Methode	78
4.7.2 Bijdrage van houtverbranding aan zwarte koolstof	79

[illegible]

Tabel 1 : Overzicht van de automatische meetplaatsen en gemeten pollutanten in de Antwerpse agglomeratie in 2022.....	19
Tabel 2 : Overzicht van de NO ₂ -meetplaatsen passieve samplers in 2022	20
Tabel 3: NO ₂ -jaargemiddelden op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2012 – 2022 (µg/m ³)	25
Tabel 4: Aantal dagen met een concentratie > 25 µg/m ³ NO ₂ op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2012-2022.....	32
Tabel 5: Aantal uren met een concentratie > 200 µg/m ³ NO ₂ op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2012-2022.....	33
Tabel 6: NO-jaargemiddelde op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2012 – 2022 (µg/m ³)	37
Tabel 7: PM ₁₀ -jaargemiddelden op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2012 – 2022 (µg/m ³)	46
Tabel 8: Aantal dagen met PM ₁₀ -concentratie > 50 µg/m ³ op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2012-2022	51
Tabel 9: Aantal dagen met PM ₁₀ -concentratie > 45 µg/m ³ op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2012-2022	52
Tabel 10: PM _{2,5} -jaargemiddelden op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2012 – 2022 (µg/m ³)	58
Tabel 11: Aantal dagen met PM _{2,5} -concentratie > 15 µg/m ³ op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2012-2022.....	63
Tabel 12: Jaargemiddelden zwarte koolstof op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2012 – 2022 (µg/m ³)	71
Tabel 13: Absolute en relatieve bijdrage van houtverbranding (BC _{wb}) aan de totale hoeveelheid zwarte koolstof (BC) en aan PM ₁₀ , voor het volledig jaar 2022	82
Tabel 14: Absolute en relatieve bijdrage van houtverbranding (BC _{wb}) aan de totale hoeveelheid zwarte koolstof (BC) en aan PM ₁₀ , opgesplitst in zomer en winter, 2022	83
Tabel 15: Overzicht van de stofmeetplaatsen op Linkeroever in het kader van PFAS.....	98
Tabel 16: Aantal dagen met overschrijding van de waarschuwingsdrempel uit stofactieplan-Zwijndrecht (maart-december 2022)	99
Tabel 17: Aantal dagen met overschrijding van de actiedrempel uit stofactieplan-Zwijndrecht (maart-december 2022)	99
Tabel 18 : Absolute en relatieve verschil in de jaargemiddelden bij vergelijking van 2022 ten opzichte van 2016 en 2020 voor NO ₂ (µg/m ³).....	105
Tabel 19 : Absolute en relatieve verschil in de jaargemiddelden bij vergelijking van 2022 ten opzichte van 2016 en 2020 voor zwarte koolstof (µg/m ³)	106
Tabel 20: Grenswaarden en alarmdrempel voor NO ₂ en kritiek niveau voor NO _x (richtlijn 2008/50/EG).....	115
Tabel 21: Advieswaarden voor NO ₂ en kritiek niveau voor NO _x (WGO 2000 en 2021)	115
Tabel 22: Regelgeving voor PM ₁₀ (richtlijn 2008/50/EG en WGO 2005).....	116

Luchtkwaliteit in de Antwerpse agglomeratie – jaarrapport 2022

LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1: Boxplot met relatieve verschillen tussen 2016 en 2022 voor de NO ₂ - en BC-jaargemiddelden.....	9
Figuur 2: Ligging van de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie eind 2022 en afbakening van de zone Antwerpse agglomeratie	21
Figuur 3: Aandeel van de sectoren in de NO _x (NO ₂)-emissies in de Antwerpse agglomeratie in 2021	23
Figuur 4: Trend van de NO _x (NO ₂)-emissies in de Antwerpse agglomeratie, 2005-2021	23
Figuur 5: NO ₂ -jaargemiddelden op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2012 – 2022	25
Figuur 6: Verloop van de NO ₂ -dagwaarden in 2022	26
Figuur 7: Indicatieve NO ₂ -jaargemiddelden met passieve samplers in Antwerpen voor 2017-2022 (µg/m ³).	28
Figuur 8: Ligging en resultaten van de passieve samplers in Antwerpen, 2022	29
Figuur 9: Gemodelleerd NO ₂ -jaargemiddelde in de Antwerpse agglomeratie in 2022	31
Figuur 10: Pollutierozen voor NO ₂ voor de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie in 2022 (µg/m ³): klassieke roos (links) en zero-roos (rechts)	35
Figuur 11: Pollutierozen NO ₂ voor de meetplaatsen van de Antwerpse agglomeratie in 2022	36
Figuur 12: NO-jaargemiddelde op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2012 – 2022	38
Figuur 13: Verloop van de NO-dagwaarden in 2022	39
Figuur 14: Pollutierozen voor NO voor de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie in 2022 (µg/m ³): klassieke roos (links) en zero-roos (rechts)	41
Figuur 15: Pollutierozen NO voor de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie in 2022	42
Figuur 16: Aandeel van de sectoren in de primaire PM ₁₀ -emissies in de Antwerpse agglomeratie in 2021	44
Figuur 17: Trend van primaire PM ₁₀ - emissies van verschillende sectoren in de Antwerpse agglomeratie, 2005 – 2021	44
Figuur 18: PM ₁₀ -jaargemiddelden op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2012 – 2022	47
Figuur 19: Verloop van de PM ₁₀ -dagwaarden in 2022	48
Figuur 20: Gemodelleerd PM ₁₀ -jaargemiddelde in de Antwerpse agglomeratie in 2022	50
Figuur 21: Aantal dagen met PM ₁₀ -concentratie > 50 µg/m ³ op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2012 – 2022	52
Figuur 22: Pollutierozen voor PM ₁₀ voor de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie in 2022 (µg/m ³): klassieke roos (links) en zero-roos (rechts)	54
Figuur 23: Pollutierozen PM ₁₀ voor de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie in 2022	55
Figuur 24: Aandeel van de sectoren in de emissies primair PM _{2,5} in de Antwerpse agglomeratie in 2021	57
Figuur 25: Trend van primaire PM _{2,5} -emissies van verschillende sectoren in de Antwerpse agglomeratie, 2005-2021	57
Figuur 26: PM _{2,5} -jaargemiddelden op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2012 – 2022	59
Figuur 27: Verloop van de PM _{2,5} -dagwaarden in 2022	60

[illegible]

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 al 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 in 2022 in de Antwerpse agglomeratie. De VMM mat er de pollutanten stikstofoxides, fijn stof en zwarte koolstof. 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 en de trend in de emissies (= uitstoot) en worden de voornaamste bronnen van de pollutanten besproken. 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 in kader van 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 2021. 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, Merksem en Wilrijk. Het district Berendrecht-Zandvliet-Lillo wordt niet weerhouden door zijn industriële karakter. Dit district valt volledig in de zone Antwerpse haven¹. Het district Hoboken valt volledig binnen de zone Antwerpse agglomeratie. Een uitzondering hierop wordt gemaakt bij de afbakening van de zones voor de zware metalen. Hierbij wordt de wijk Moretusburg in Hoboken² als een aparte zone gedefinieerd.

De speciale beschermingszones die in VLAREM II (artikel 1.1.2) rond Antwerpen gedefinieerd werden, (Borsbeek, Edegem, Mortsels, Schoten, Wijnegem en Wommelgem) werden toegevoegd aan de zone Antwerpse agglomeratie. Zwijsdrecht 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 2.

¹ 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/lucht/lokaal/antwerpen-haven/luchtkwaliteit-in-de-antwerpse-haven>

² <https://www.vmm.be/lucht/evolutie-luchtkwaliteit/beleidsplannen/hoboken/saneringsplan-hoboken> of <https://www.vmm.be/lucht/lokaal/hoboken/hoboken>

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)

De meetplaats Burchtse Weel is eind 2017 opgericht in samenwerking met Lantis naar aanleiding van de Oosterweelwerken op Linkeroever.

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 in kader van de Oosterweelverbinding. De resultaten hiervan worden weergegeven in hoofdstuk 4 en kort besproken in hoofdstuk 5.

In Deurne werd midden 2022 een nieuw meetstation (DU07) opgericht om eventuele stofhinder van de Oosterweelwerken op Rechteroever op te volgen.

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 (NO₂ en NO)
- PM₁₀
- PM_{2,5}
- zwarte koolstof (BC)

De specificaties over o.a. 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 2022

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	✓ ¹	✓ ¹	-	-	-	-
AL10	Antwerpen-Blancefloerlaan	Blancefloerlaan, Antwerpen	voorstedelijk-industrieel	149979	212216	✓ ²	✓ ²	-	-	-	-
DU07	Deurne-Ten Eekhave	Ten Eekhavelei, Antwerpen (Deurne)	stedelijk-achtergrond	155591	212938	✓ ³	✓ ³	✓ ³	-	✓ ³	✓ ³
HB23	Hoboken	Curiestraat, Antwerpen (Hoboken)	voorstedelijk-industrieel	148054	206698	✓	✓	-	-	-	-
M802 ⁴	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 ⁴	Zwijndrecht, Binnenplein	Binnenplein, Zwijndrecht	voorstedelijk-achtergrond	147007	211728	✓	✓	-	-	-	-
ZD08 ⁴	Zwijndrecht, Neerstraat	Neerstraat, Zwijndrecht	voorstedelijk-achtergrond	147399	213042	✓	✓	-	-	-	-

¹: metingen opgestart in januari 2022

²: metingen opgestart in februari 2022

³: metingen opgestart in juni 2022

⁴: 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 2022 werden er NO₂-metingen uitgevoerd op 19 locaties in Antwerpen 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.

De sampler van de Rubenslei (AT40) werd eind 2021 verhuisd naar een nieuwe meetplaats in de Plantin en Moretuslei (AT86), waar hogere concentraties verwacht werden.

Tabel 2 : Overzicht van de NO₂-meetplaatsen passieve samplers in 2022

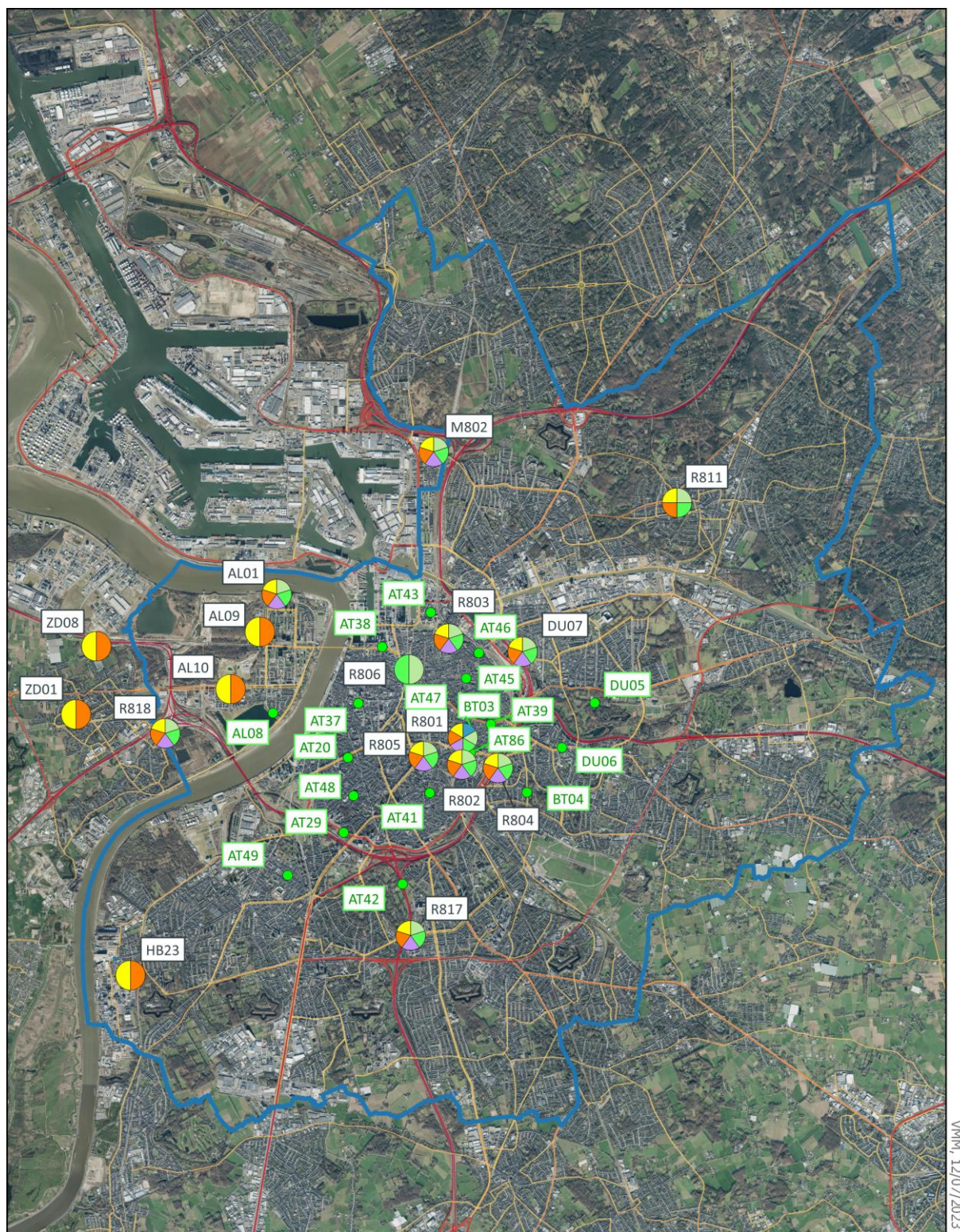
Meetplaats Code	Naam	Adres	Lamb X	Lamb Y
AL08	Antwerpen-Galgenweellaan	Galgenweellaan, Antwerpen	150793	211755
AT20	Antwerpen-Amerikalei	Amerikalei, Antwerpen	152235	210896
AT29	Antwerpen-Desguinlei	Desguinlei, Antwerpen	152153	209450
AT37	Antwerpen-Steenhouwersvest	Steenhouwersvest, Antwerpen	152434	211942
AT38	Antwerpen-Tunnelplaats	Tunnelplaats, Antwerpen	152894	213029
AT39	Antwerpen-Turnhoutsebaan	Turnhoutsebaan, Antwerpen	154981	211538
AT41	Antwerpen-Paradeplein	Paradeplein, Antwerpen	153808	210214
AT86 ¹	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-Osystaat	Osystaat, 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

¹: metingen opgestart in december 2021

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

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

Figuur 2: Ligging van de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie eind 2022 en afbakening van de zone Antwerpse agglomeratie



Metingen in de Antwerpse agglomeratie eind 2022

■ PM10
■ PM2.5
■ Zwarte koolstof
■ NO₂
■ NO
■ UFP

● NO₂ passieve sampler

 Europese zone BEF02A

0 1 2 km



3 STIKSTOFOXIDEN

Stikstofoxiden (NO_x) bestaan uit een mengsel van stikstofdioxide (NO_2) 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 NO_2 een toxisch gas dat de luchtwegen kan irriteren. Een kwart⁴ van de jaarlijkse astmagevallen bij kinderen zou komen door NO_2 . Ook voor het milieu is NO_2 schadelijk, omdat het via depositie mee kan leiden tot verzuring en vermisting 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 (NO_2)

De recentst beschikbare emissiedata voor de Antwerpse agglomeratie gaan over het jaar 2021. Meer informatie over de emissie-inventaris staat in bijlage 5.

Figuur 3 toont het aandeel van de sectoren in de NO_x (NO_2)-emissies in 2021.

- 70 % van de NO_x (NO_2)-emissies in de Antwerpse agglomeratie komt door verkeer. 59 % van de totale emissies komen van wegverkeer. Scheepvaart was verantwoordelijk voor 8 % van de NO_x -emissies in de Antwerpse agglomeratie.
- Andere relevante sectoren zijn handel en diensten (9 %), huishoudens (9 %) en industrie (8 %).

Figuur 4 toont de evolutie van de NO_x (NO_2)-emissies per sector voor de zone Antwerpse agglomeratie.

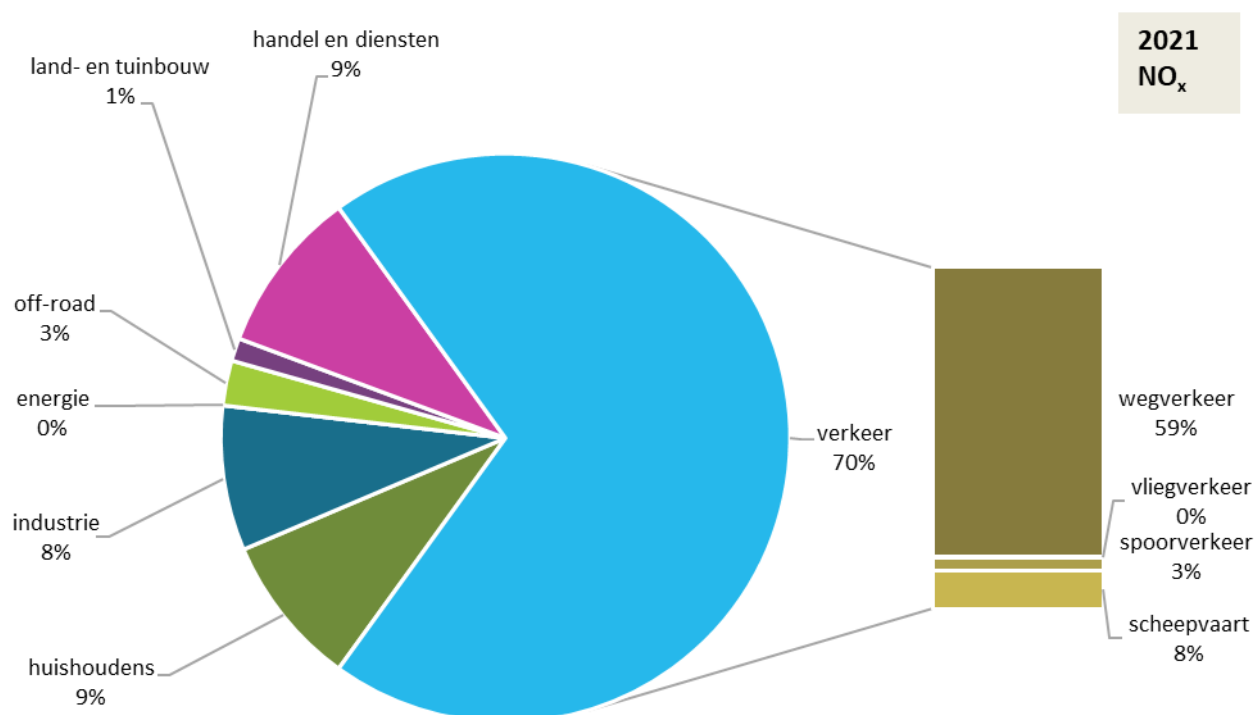
In 2021 bedroeg de NO_x (NO_2)-emissie in de Antwerpse agglomeratie 3252 ton. Dit is 3,3 % van de totale Vlaamse NO_x (NO_2)-uitstoot.

Tussen 2005 en 2021 zijn de NO_x (NO_2)-emissies in de Antwerpse agglomeratie met 56 % gedaald. Deze daling is voor 80 % dankzij dalende emissies van het wegverkeer.

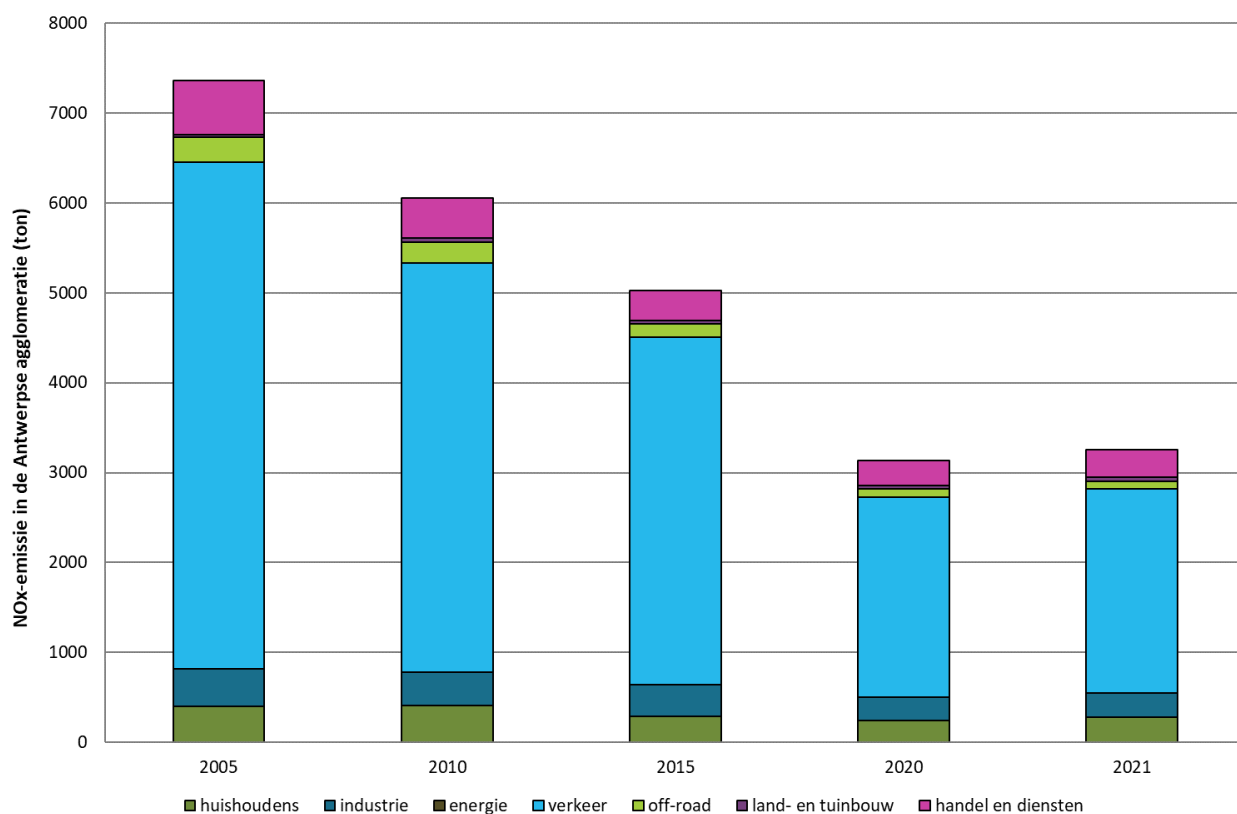
In 2020 waren de emissies sterk gedaald doordat er minder uitstoot van verkeer was door de coronamaatregelen. In 2021 zien we een lichte stijging in vergelijking met 2020 van 4 % (absoluut 120 ton). Deze stijging is voor de helft te wijten aan gestegen NO_x -emissies door (weg)verkeer en voor de andere helft door gestegen emissies van gebouwenverwarming van huishoudens en van handel en diensten.

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

Figuur 3: Aandeel van de sectoren in de NO_x(NO₂)-emissies in de Antwerpse agglomeratie in 2021



Figuur 4: Trend van de NO_x(NO₂)-emissies in de Antwerpse agglomeratie, 2005-2021



Bron: Team Emissie-inventaris Lucht VMM

Het departement Mobiliteit en Openbare Werken (MOW) en de VMM zoeken samen naar een oplossing om de uitstoot door het wegverkeer in de toekomst wel fijnmaziger en reëler te kunnen weergeven, op basis van het nieuwe gedetailleerde mobiliteitspropagatiemodel FLOMOVIA. Omdat dit model momenteel nog niet helemaal op punt bleek te staan, is de weergave van de verkeersemissies in dit rapport toch nog gebaseerd op een berekening met een verkeersmodel dat geen rekening houdt met de situatie op het lokale wegennet. De data voor 2021 zijn afgeleid uit eerdere emissiecijfers voor Antwerpen. De hier gerapporteerde emissiegegevens houden dus geen rekening met de LEZ. Meer info zie bijlage 5.

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

Figuur 5 toont de evolutie van de NO₂-jaargemiddelden voor de periode 2012-2022. Voor alle meetplaatsen zien we op lange termijn een dalende trend in de jaargemiddelde NO₂-concentratie. De knik in het verloop in 2020 komt doordat de NO₂-concentraties in 2020 zeer sterk gedaald waren door het effect van de coronamaatregelen, waardoor er minder uitstoot van verkeer was (zie bijlage 6). In 2022 zien we op de Antwerpse meetplaatsen een lichte daling of een stagnatie tegenover 2021. Slechts 1 meetplaats, die aan de Belgiëlei, stijgt licht. Ook op de overige meetplaatsen in Vlaanderen zien we in 2022 een stagnatie van de NO₂-jaargemiddelden op 60 % van de meetplaatsen, een daling op 25 % van de meetplaatsen en een stijging op slechts 15% van de meetplaatsen.

Wanneer we de laatste 10 jaar bekijken (2012-2022), zien we voor de Antwerpse meetplaatsen met een volledige tijdreeks, een sterke daling van ongeveer 40 %.

Tabel 3: NO₂-jaargemiddelden op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2012 – 2022 (µg/m³)

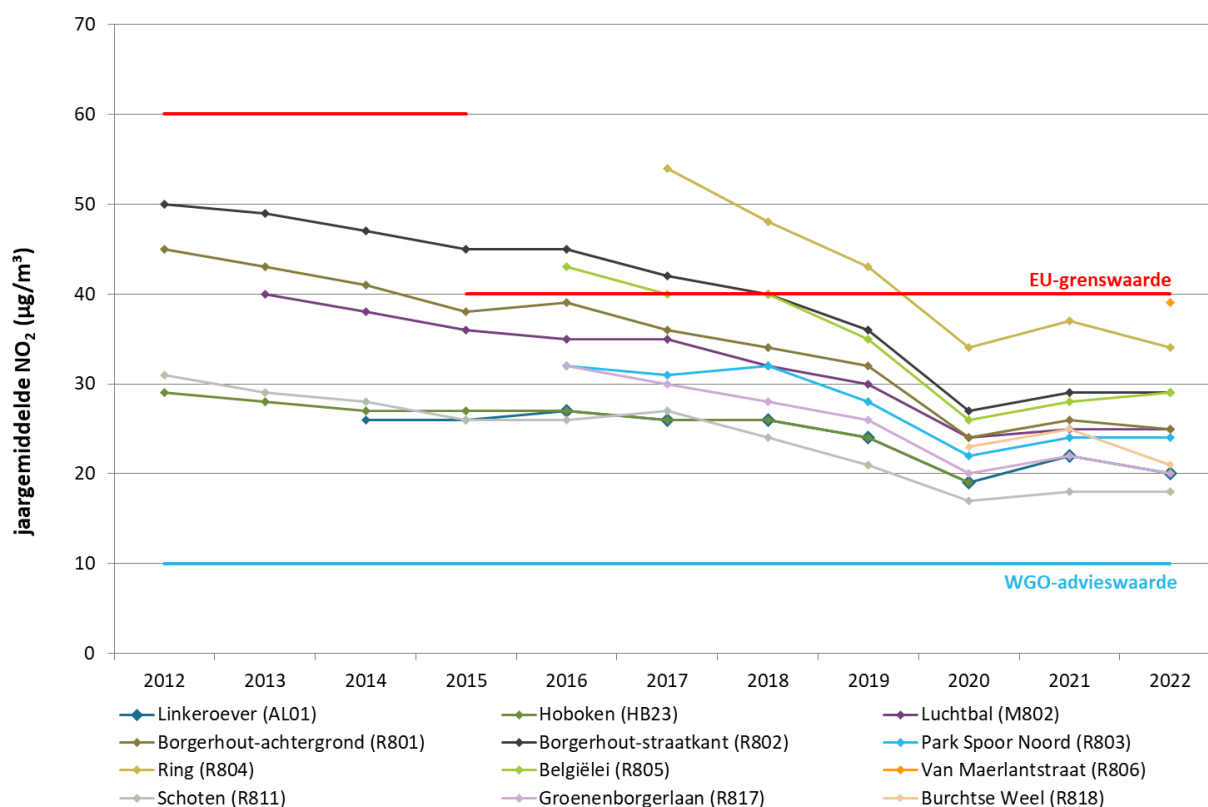
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Linkeroever (AL01)	-	-	26	26	27	26	26	24	19	22	20
Hoboken (HB23)	29	28	27	27	27	26	26	24	19	-	-
Luchtbal (M802)	-	40	38	36	35	35	32	30	24	25	25
Borg-achtergrond (R801)	45	43	41	38	39	36	34	32	24	26	25
Borg-straatkant (R802)	50	49	47	45	45	42	40	36	27	29	29
Park Spoor Noord (R803)	-	-	-	-	32	31	32	28	22	24	24
Ring (R804)*	-	-	-	-	-	54	48	43	34	37	34
Belgiëlei (R805)	-	-	-	-	43	40	40	35	26	28	29
Van Maerlantstraat (R806)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39
Schoten (R811)	31	29	28	26	26	27	24	21	17	18	18
Groenenborgerlaan (R817)	-	-	-	-	32	30	28	26	20	22	20
Burchtse Weel (R818)	-	-	-	-	-	-	-	-	23	25	21

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

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

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

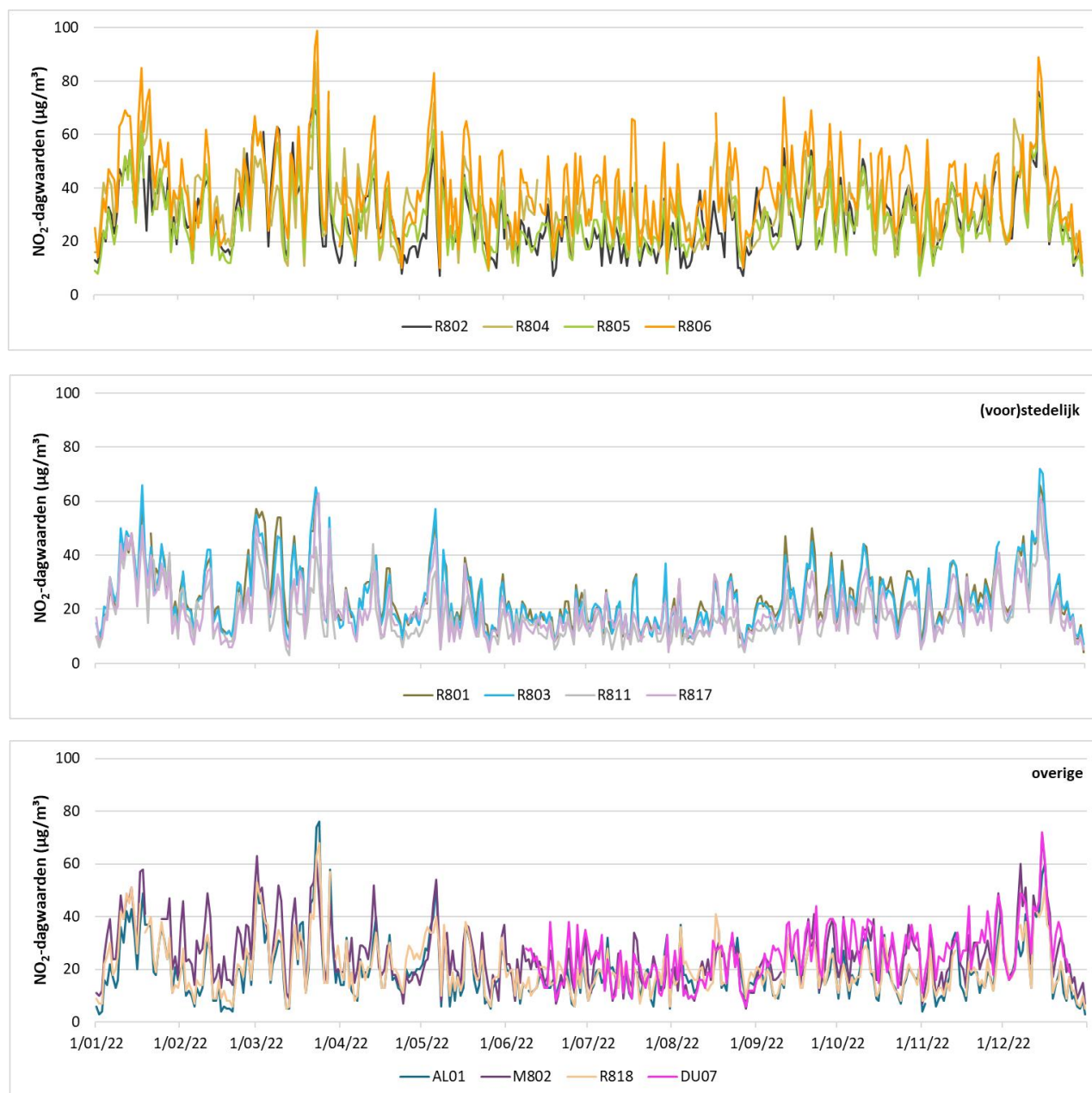
Figuur 5: NO₂-jaargemiddelden op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2012 – 2022



Figuur 6 toont het verloop van de dagwaarden voor de individuele meetstations.

De bovenste figuur groepeerde de verkeersgerichte meetstations. Op de meetplaats in de Van Maerlantstraat (R806), waar er een toestel vlakbij de stoeprand staat, worden hoge concentraties gemeten. In het algemeen zien we hogere dagwaarden bij meetstations die meer beïnvloed worden door verkeer.

Figuur 6: Verloop van de NO₂-dagwaarden in 2022



3.2.2 Passive samplers

Naast de metingen met automatische monitoren meet de VMM sinds 2017 ook NO₂ met passieve samplers in Antwerpen. In 2022 waren er 19 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 onmiddellijke bewoning in de 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 al weer meer verkeer en stegen de concentraties terug naar een meer normaal niveau. In 2022 zien we op het merendeel van de locaties een lichte daling. Over alle meetplaatsen bedraagt de daling in 2022 gemiddeld 0,6 µg/m³ of 2 % in vergelijking met 2021.

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

Op 3 meetplaatsen zien we in 2022 een stijging ten opzichte van 2021: AT38-Tunnelplaats, AT45-Lange Beeldekensstraat en AT46-Pothoekstraat. De Lange Beeldekensstraat was in 2021 gedeeltelijk afgesloten voor verkeer door nutswerken, waardoor het jaargemiddelde voor 2021 waarschijnlijk wat lager was dan normaal.

Het hoogste indicatieve jaargemiddelde was 39 µg/m³ in 2022 en werd gemeten aan de Turnhoutsebaan (AT39), een drukke invalsweg in Antwerpen en in de Pothoekstraat (AT46), een belangrijke, smalle verkeersader in Antwerpen.

Figuur 7 toont de gekalibreerde, indicatieve jaargemiddelden voor de meetplaatsen in Antwerpen voor de periode 2017-2022.

Figuur 8 toont de ligging en de resultaten van de meetlocaties van de samplers in Antwerpen.

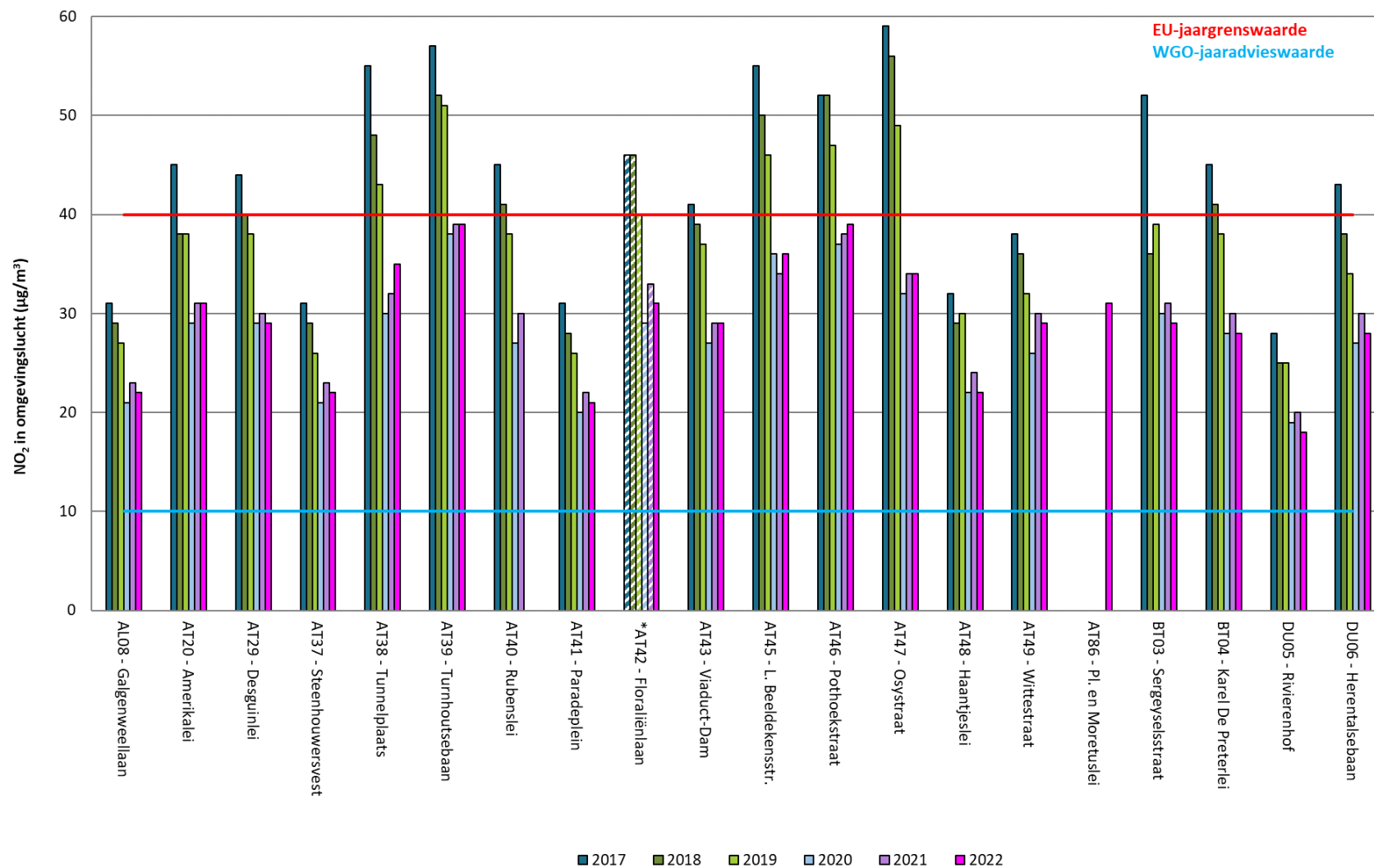
Opgelet! Nieuwe kleurenschaal

Voor de jaargemiddelden van 2022 wordt een nieuwe kleurschaal gebruikt die gebaseerd is op de advieswaarden die de WGO in 2021 definieerde.

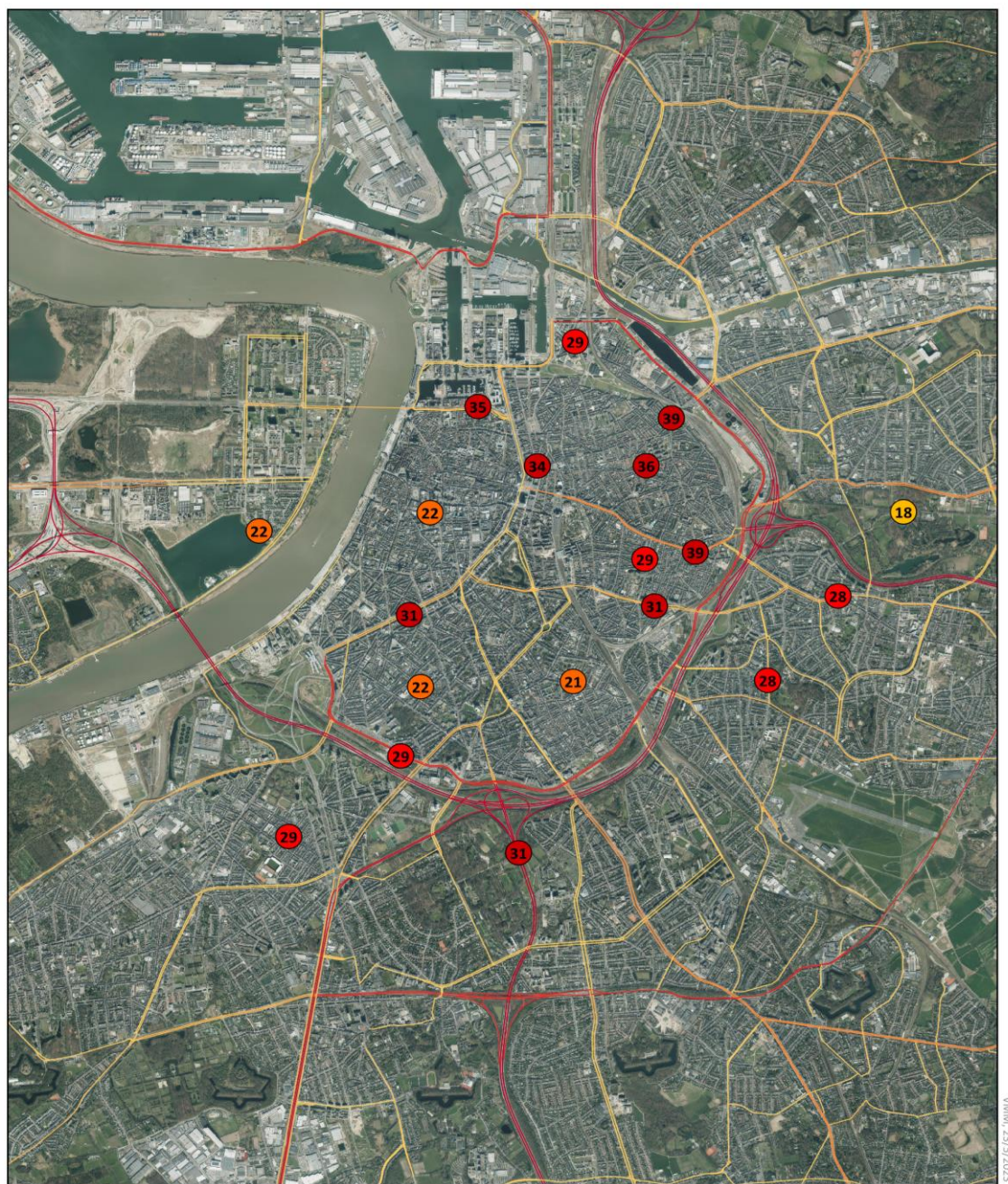
De luchtkwaliteit wordt niet slechter

In vergelijking met de vroeger gebruikte concentratieklassen zullen de kaarten “roder” kleuren. Dit wil niet zeggen dat de luchtkwaliteit erop achteruitgaat. Integendeel, we stellen vast dat de luchtkwaliteit al verschillende decennia verbetert. Het betekent wel dat er al gezondheidsrisico's zijn bij lagere concentraties dan vroeger werd ingeschat. [Meer info](#)

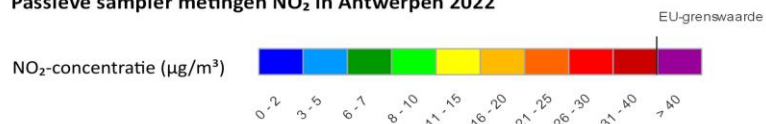
Figuur 7: Indicatieve NO₂-jaargemiddelden met passieve samplers in Antwerpen voor 2017-2022 (µg/m³)



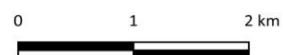
Figuur 8: Ligging en resultaten van de passieve samplers in Antwerpen, 2022



Passieve sampler metingen NO₂ in Antwerpen 2022



• getal in bol = jaargemiddelde NO₂-concentratie



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 2022. Voor de berekening van de verkeersemissies gebruikt het model:

- 1) gegevens over het **wagenpark** (bv. 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 2021).
- 2) **verkeersgegevens** voor 2022 afkomstig van het propagatiemodel **FLOMOVIA**. Als input voor ATMO-Street, werken we (sinds 2021) met verkeersemissies afgeleid van mobiliteitsdata uit dit nieuwe propagatiemodel.
 - We gebruiken jaarlijks een zeer gedetailleerd nieuw verkeersnetwerk gebaseerd op de OpenStreetMap kaart van 1 januari. Wijzigingen in het verkeersnetwerk na 1 januari zijn pas het volgende jaar zichtbaar. Voor berekening van de emissies in 2022 gebruikten we dus de gekende situatie op 1 januari 2022.
 - 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.

Het gebruik van FLOMOVIA leidt op sommige locaties tot een andere spreiding van het verkeer in vergelijking met de vorige methode.

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

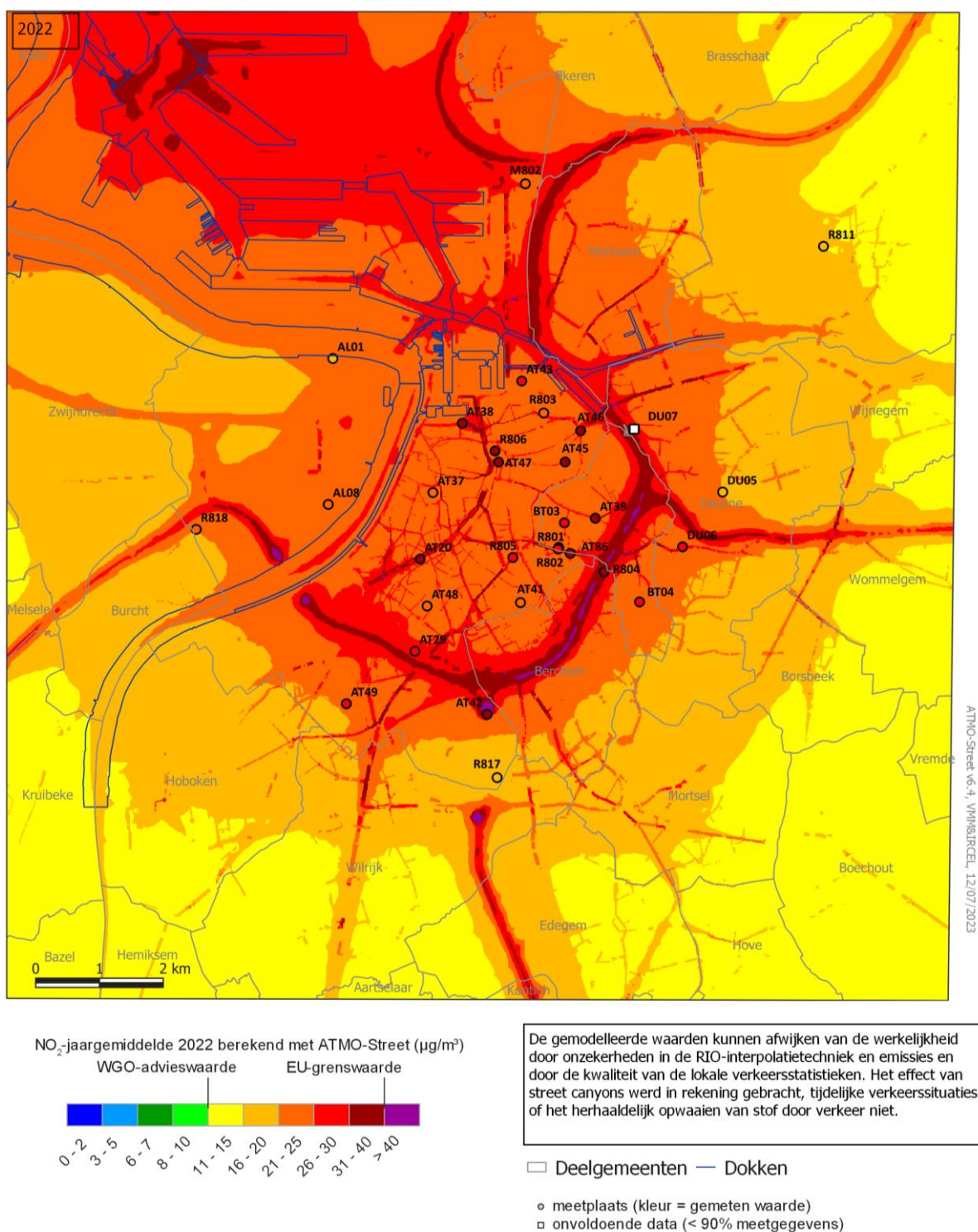
- De impact van nieuwe verkeerssituaties is niet altijd onmiddellijk zichtbaar.
- Met tijdelijke verkeerssituaties (bv. omleidingen of files) wordt geen rekening gehouden.
- Het herhaaldelijk opwaaien van stof door het verkeer en het effect van de aanwezigheid van groen (zoals bomen in een straat) worden 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).

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 9 toont de gemodelleerde NO₂-jaargemiddelden in de Antwerpse agglomeratie voor 2022, naast de gemeten jaargemiddelden met de monitoren en de passieve samplers. De hoogste concentraties worden gemodelleerd langs de Antwerpse Ring en langs de belangrijkste verkeersassen van de binnenstad. Ook de tunnelmonden zijn zichtbaar.

Figuur 9: Gemodelleerd NO₂-jaargemiddelde in de Antwerpse agglomeratie in 2022



Opgelet: nieuwe kleurenschaal, uitleg zie bijlage 4

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

In 2022 respecteerden alle **automatische** meetplaatsen de 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.

Maar de berekeningen met het **ATMO-Street model** (Figuur 9) tonen aan dat langs de Antwerpse Ring, nabij tunnelmonden en nog in beperkte mate langs belangrijke verkeersassen en in *street canyons* de jaargrenswaarde kan worden overschreden.

De WGO-jaaradvieswaarde voor NO₂ van 10 µg/m³ werd op geen enkele meetplaats (automatische monitoren, passieve samplers) in de Antwerpse agglomeratie behaald.

Sinds 2021 heeft de WGO ook een advieswaarde voor daggemiddelden gedefinieerd. Een daggemiddelde van $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mag maximaal 3 keer per jaar overschreden worden.

Zoals blijkt uit Tabel 4 is dit een zeer ambitieuze advieswaarde die nog nooit in de Antwerpse agglomeratie behaald werd. Dit geldt ook voor de overige Vlaamse meetplaatsen.

Tabel 4: Aantal dagen met een concentratie $> 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_2 op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2012-2022

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Linkeroever (AL01)	-	-	178	155	173	161	161	127	75	110	90
Hoboken (HB23)	203	200	185	179	170	171	172	131	77	-	-
Luchtbal (M802)	258"	255	283	250	255	257	236	218	139	163	150
Borg-achtergrond (R801)	320	285	301	278	294	267	257	212	144	171	143
Borg-straatkant (R802)	330	316	320	309	324	309	298	265	183	207	188
Park Spoor Noord (R803)	-	-	-	-	226	232	226	175	114	144	135
Ring (R804)*	-	-	-	-	-	345	327	310	255	266	259
Belgiëlei (R805)	-	-	-	-	316	302	306	273	172	187	182
Van Maerlantstraat (R806)	-	-	-	-	-	-	-	-	133"	253"	280
Schoten (R811)	221	196	196	171	167	173	130	103	61	74	67
Groenenborgerlaan (R817)	-	-	-	-	230	212	187	143	83	106	90
Burchtse Weel (R818)	-	-	-	-	-	-	-	185	141	150	93

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

De Europese regelgeving laat 18 uren met een concentratie hoger dan $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_2 toe. De WGO laat geen enkel uur met een concentratie hoger dan $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ toe.

Alleen de meetplaatsen van het automatische meetnet kunnen aan de regelgeving voor uurgemiddelden getoetst worden omwille van de meetperiode. 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 2012-2022.

De afgelopen 10 jaar werd de Europese uurgrenswaarde op alle Antwerpse meetplaatsen gerespecteerd. De WGO-advieswaarde werd wel nog meerdere jaren overschreden. In 2022 werd de WGO-advieswaarde gerespecteerd: het hoogste uurgemiddelde in de Antwerpse agglomeratie bedroeg 191 µg/m³ op de meetplaats Van Maerlantstraat (R806).

Tabel 5: Aantal uren met een concentratie > 200 µg/m³ NO₂ op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2012-2022

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Linkeroever (AL01)	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hoboken (HB23)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
Luchtbal (M802)	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Borg-achtergrond (R801)	6	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0
Borg-sraatkant (R802)	6	4	5	2	1	0	0	0	0	0	0
Park Spoor Noord (R803)	-	-	-	-	1	0	0	0	0	0	0
Ring (R804)*	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0
Belgiëlei (R805)	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0
Van Maerlantstraat (R806)	-	-	-	-	-	-	-	-	2"	2"	0
Schoten (R811)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Groenenborgerlaan (R817)	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0
Burchtse Weel (R818)	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0

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

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

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

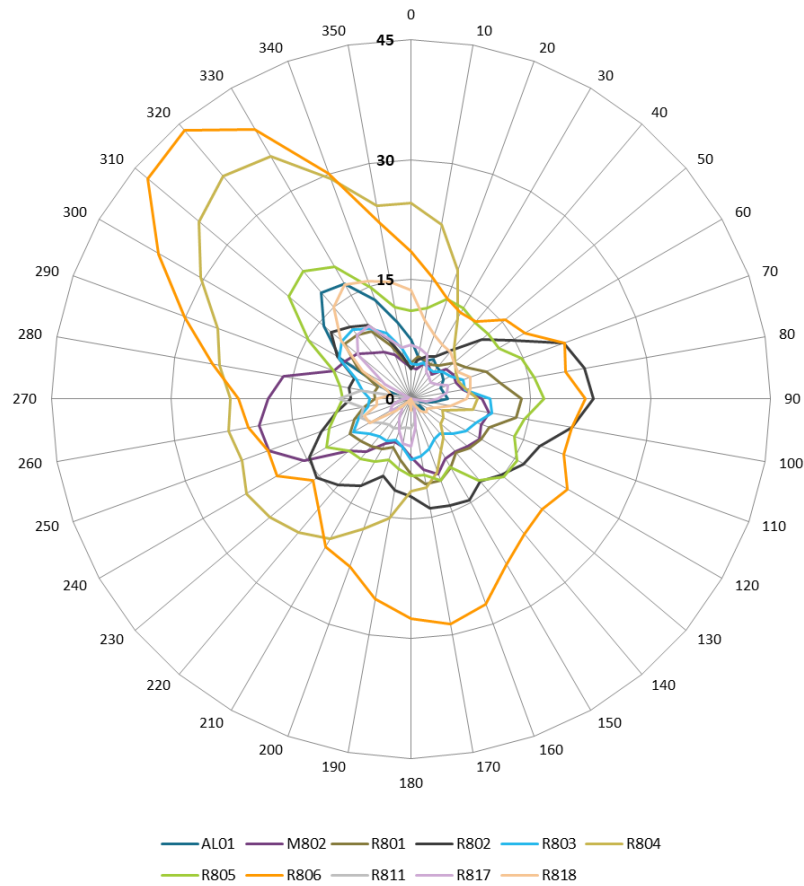
": Dit meetstation heeft minder dan de vereiste 90% gegevensvastlegging voor dit jaar.

3.2.5 Pollutierozen

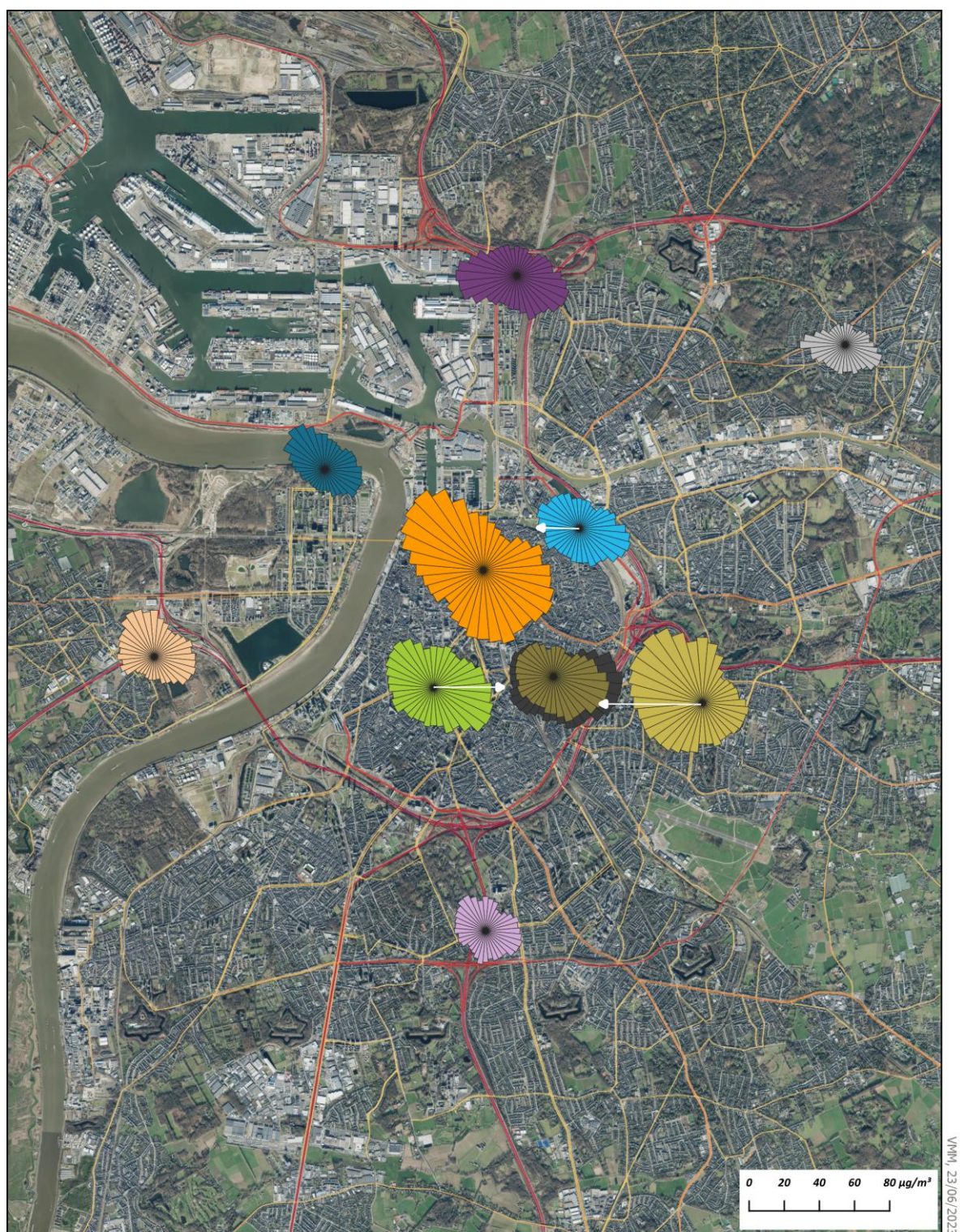
Figuur 10 geeft de pollutierozen voor NO₂ voor de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie. Links wordt een klassieke pollutieroos getoond, rechts een zeropollutieroos waarbij de achtergrondconcentratie er werd uitgefilterd. Een algemene uitleg over de methodiek van (zero)pollutierozen staat in bijlage 4.

- **AL01:** Op de meetplaats Linkeroever zien we een verhoging uit het noordwesten, uit de richting van de Antwerpse haven.
- **M802:** Op de meetplaats aan de Luchtbal zien we een verhoging uit het westen. Ten westen van deze meetplaats ligt de Noorderlaan. In deze richting zijn ook parkeerplaatsen. Verder westwaarts ligt de Antwerpse haven.
- **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. We meten op deze locaties niet alleen de invloed van de Plantin en Moretuslei (ten zuiden van de meetplaatsen), maar ook de invloed van de Montensstraat in oostelijke richting. Beide meetstations liggen op dezelfde afstand van de Montensstraat. Dat de meetplaats Borgerhout-achtergrond (R801) bij wind vanuit oostelijke richting meer is afgeschermd van de Montensstraat door een hoog gebouw verklaart waarschijnlijk de lagere concentraties bij oostelijke wind in vergelijking met het station aan de straatkant (R802).
- **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 verhoogde concentraties en een grote lokale invloed uit alle richtingen, 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 11 toont de NO₂-pollutierozen voor 2022 op de kaart.



Figuur 11: Pollutierozen NO₂ voor de meetplaatsen van de Antwerpse agglomeratie in 2022

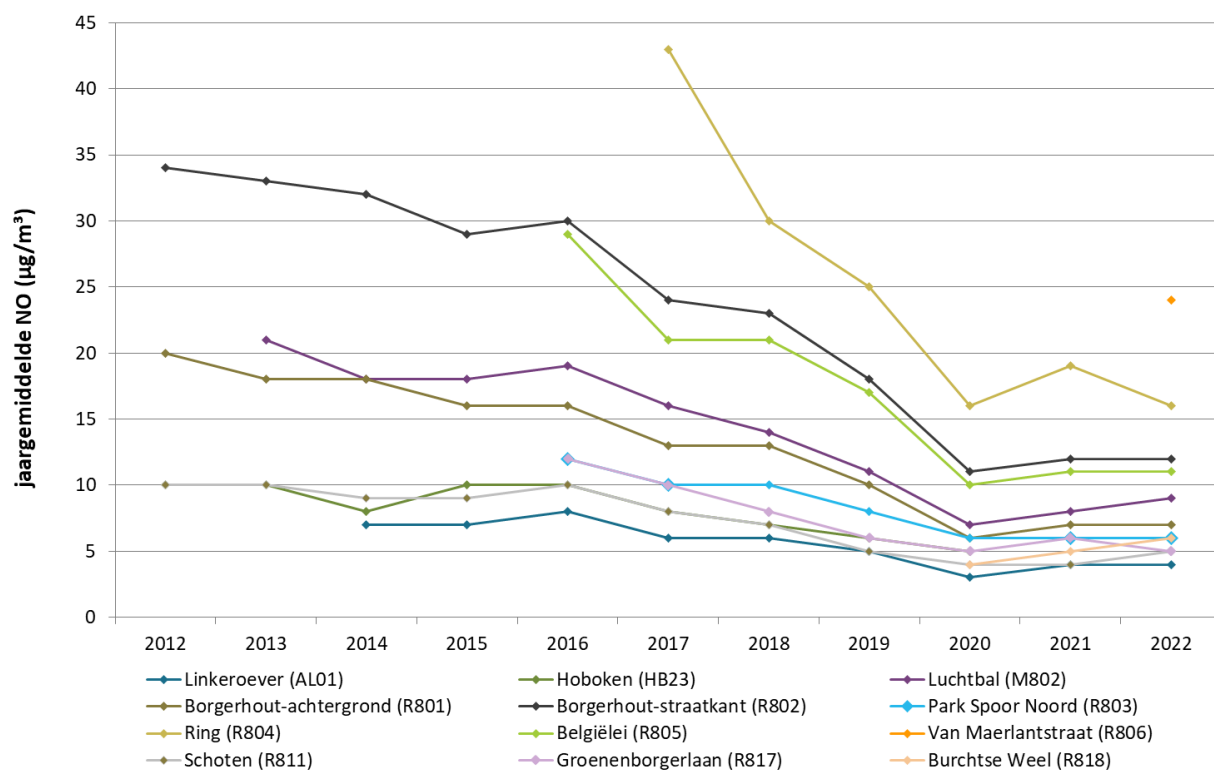


Pollutierozen NO₂ op meetplaatsen Antwerpse agglomeratie 2022

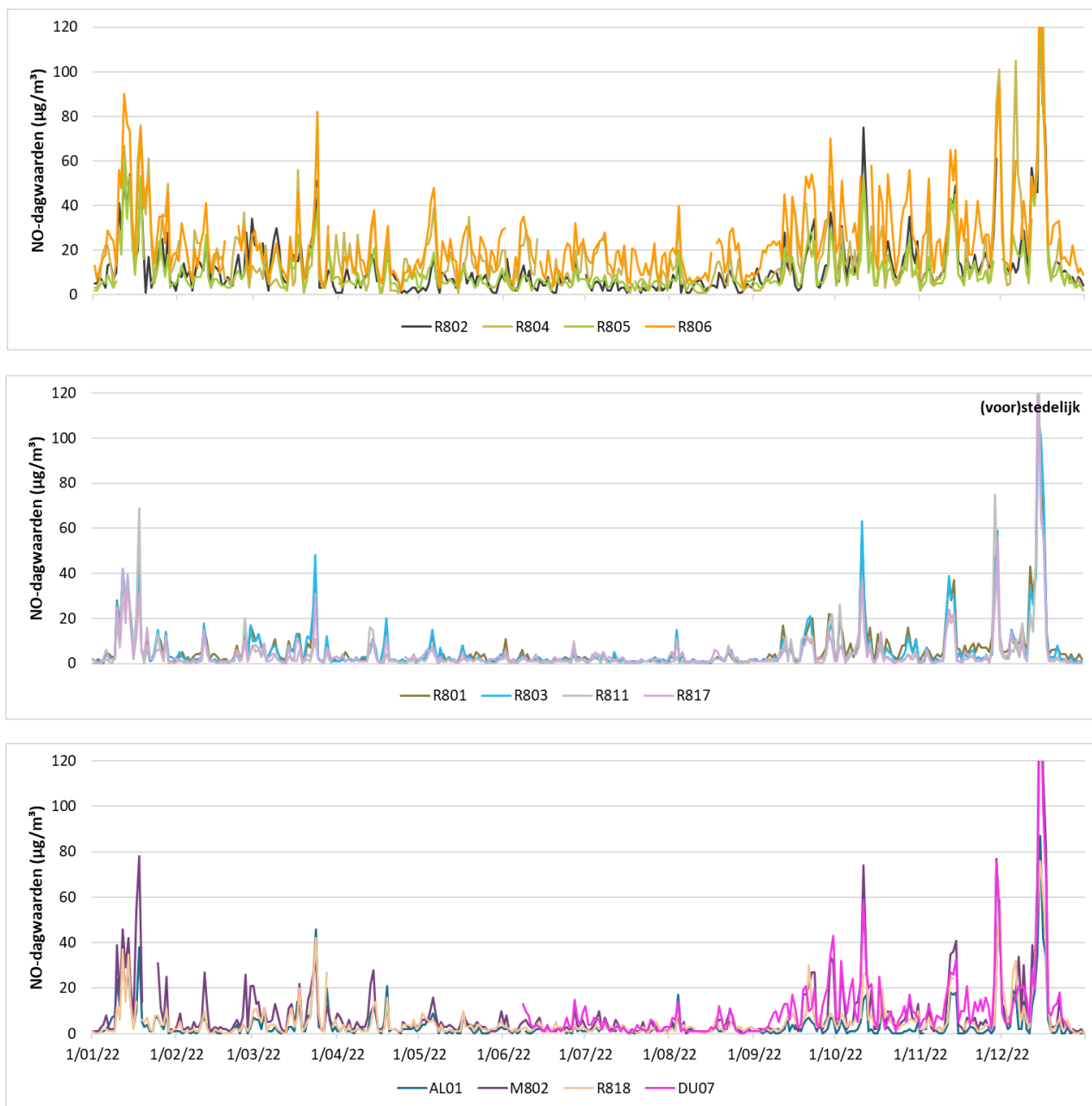
AL01	R803	R811
M802	R804	R817
R801	R805	R818
R802	R806	

0 1000 2000 m

Figuur 12: NO-jaargemiddelde op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2012 – 2022



Figuur 13: Verloop van de NO-dagwaarden in 2022



3.3.2 Pollutierozen

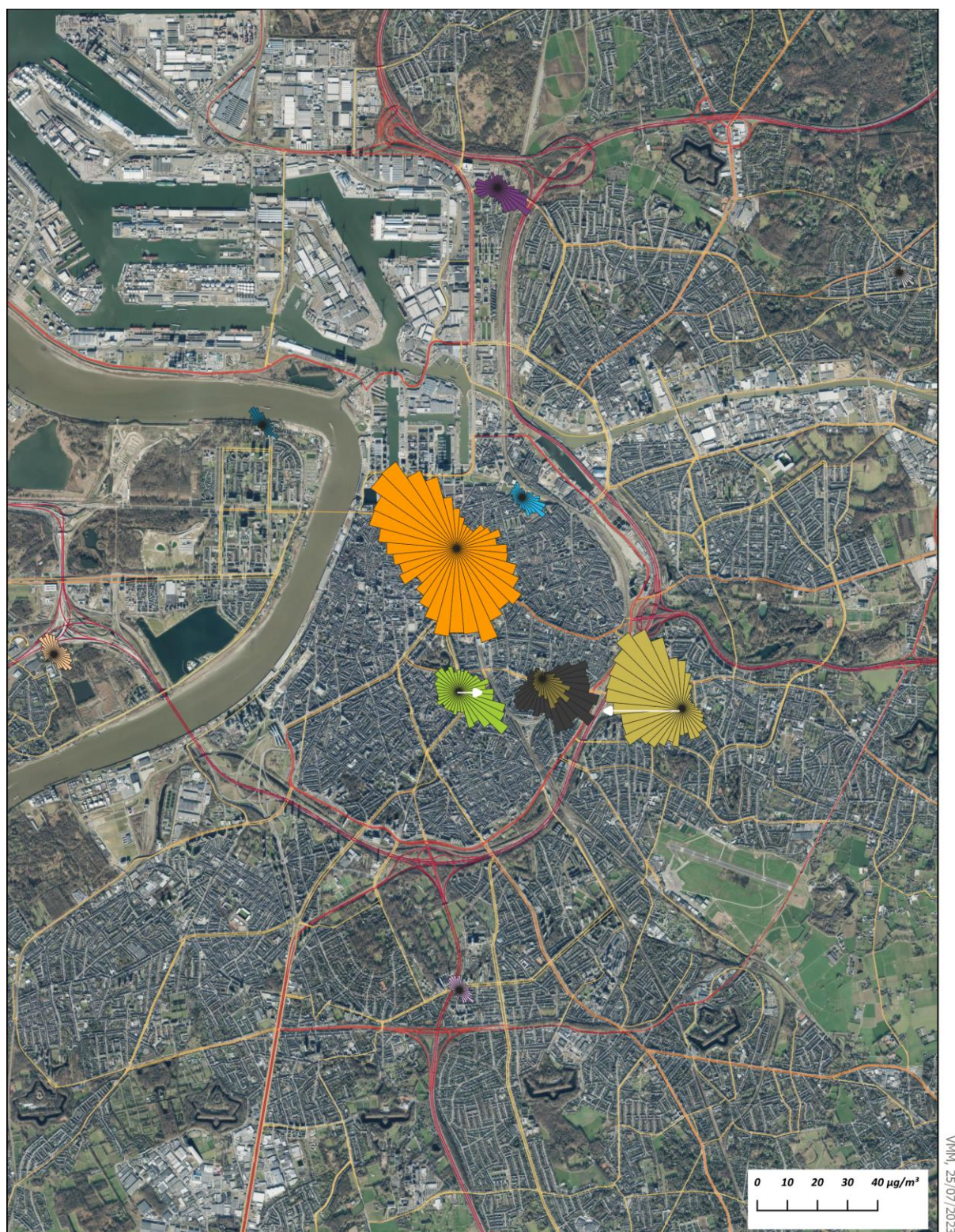
Figuur 14 geeft de (zero)pollutierozen voor NO voor de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie. Een algemene uitleg over de methodiek van pollutierozen staat in bijlage 4.

De vorm van de pollutierozen van NO zijn wat verschillend van deze van NO₂. De relatieve verschillen tussen de gemeten concentraties bij verschillende windrichtingen zijn ook groter dan bij NO₂.

Toch zijn de meeste vaststellingen die gemaakt werden bij de bespreking van de NO₂-rozen hier ook geldig.

- **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.
- **M802:** Op de meetplaats Luchtbal merken we verhoogde concentraties bij wind uit het westen (Noorderlaan, parking, Antwerpse haven) en uit het zuidoosten.
- **R801/R802:** Op de meetplaats Borgerhout-straatkant (R802) meten we vanuit het noordoosten tot het zuidwesten verhoogde concentraties. Op de meetplaats Borgerhout-achtergrond (R801) meten we verhoogde concentraties bij wind vanuit het zuidoosten. Zoals bij NO₂, zijn de NO-concentraties altijd een stuk lager dan op de meetplaats R802 aan de straatkant, behalve bij wind vanuit noordelijke richting, waar ze samenvallen.
- **R803:** Op de meetplaats Park Spoor Noord zien we weinig lokale invloed.
- **R804:** Op de meetplaats aan de Ring in Antwerpen zien we een grote invloed van het verkeer op de autostrade bij wind vanuit het zuidwesten tot het noordoosten.
- **R805:** Deze meetplaats Belgiëlei bevindt zich op de middenberm van de Belgiëlei en wordt dus langs alle kanten omgeven door verkeer, wat te zien is op de pollutieroos.
- **R806:** Op de meetplaats in de Van Maerlantstraat zien we verhoogde NO-concentraties uit alle richtingen, vooral uit noordwestelijke en zuidelijke richting. De meetplaats bevindt zich op het voetpad, vlak langs de straatkant.
- **R811:** Op de meetplaats in Schoten zien we weinig lokale invloed.
- **R817:** Op de meetplaats aan de Groenenborgerlaan zien we weinig lokale invloed.
- **R818:** Op de meetplaats Burchtse Weel zien we weinig lokale invloed, enkel een kleine, lokale verhoging vanuit het noorden. Dit is de invloed van de nabijgelegen E17 autosnelweg.

Figuur 15: Pollutierozen NO voor de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie in 2022



Pollutierozen NO op meetplaatsen Antwerpse agglomeratie 2022

AL01	R802	R805	R817
M802	R803	R806	R818
R801	R804	R811	

0 1.000 2.000 m

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 placenta⁵ en in vitale organen⁶ 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 2021.

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

Figuur 16 toont het aandeel van de sectoren in de emissies van **primair PM₁₀** in 2021.

- De sector huishoudens was de belangrijkste bron van primair PM₁₀ in de Antwerpse agglomeratie met 40 %.
 - 36 % 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 35 %.
 - 27 % van de totale primaire PM₁₀-emissies komt van het wegverkeer. Bijna 80 % hiervan is afkomstig van niet-uitlaatemissies, onder meer door de slijtage van remmen en banden.
 - Spoorverkeer zorgt voor 6 % van de totale primaire PM₁₀-emissies (ook vooral niet-uitlaatemissies) en scheepvaart voor 2 % (enkel uitlaatemissies).

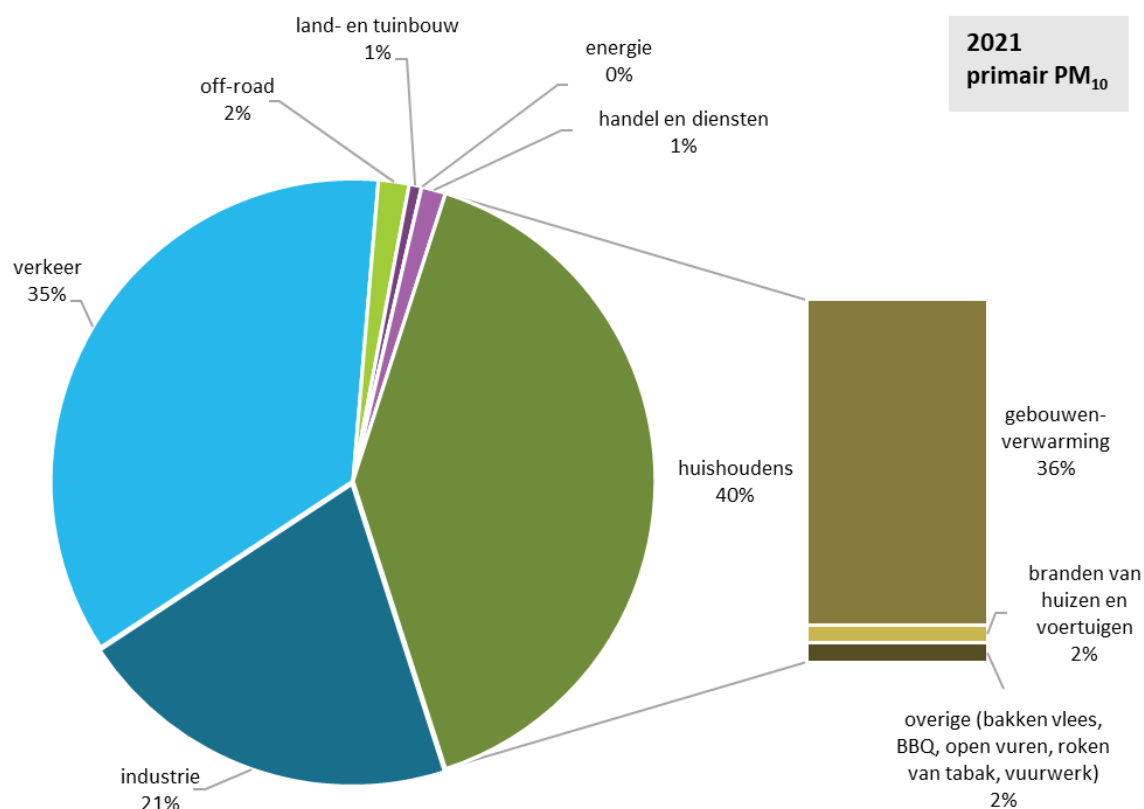
Figuur 17 toont de trend van de rechtstreeks uitgestoten (primaire) PM₁₀-emissies door de verschillende sectoren in de Antwerpse agglomeratie sinds 2005.

In 2021 stootte de zone Antwerpse agglomeratie 467 ton primair PM₁₀ uit. Dit was 2,8 % van de Vlaamse primaire PM₁₀-emissies dat jaar.

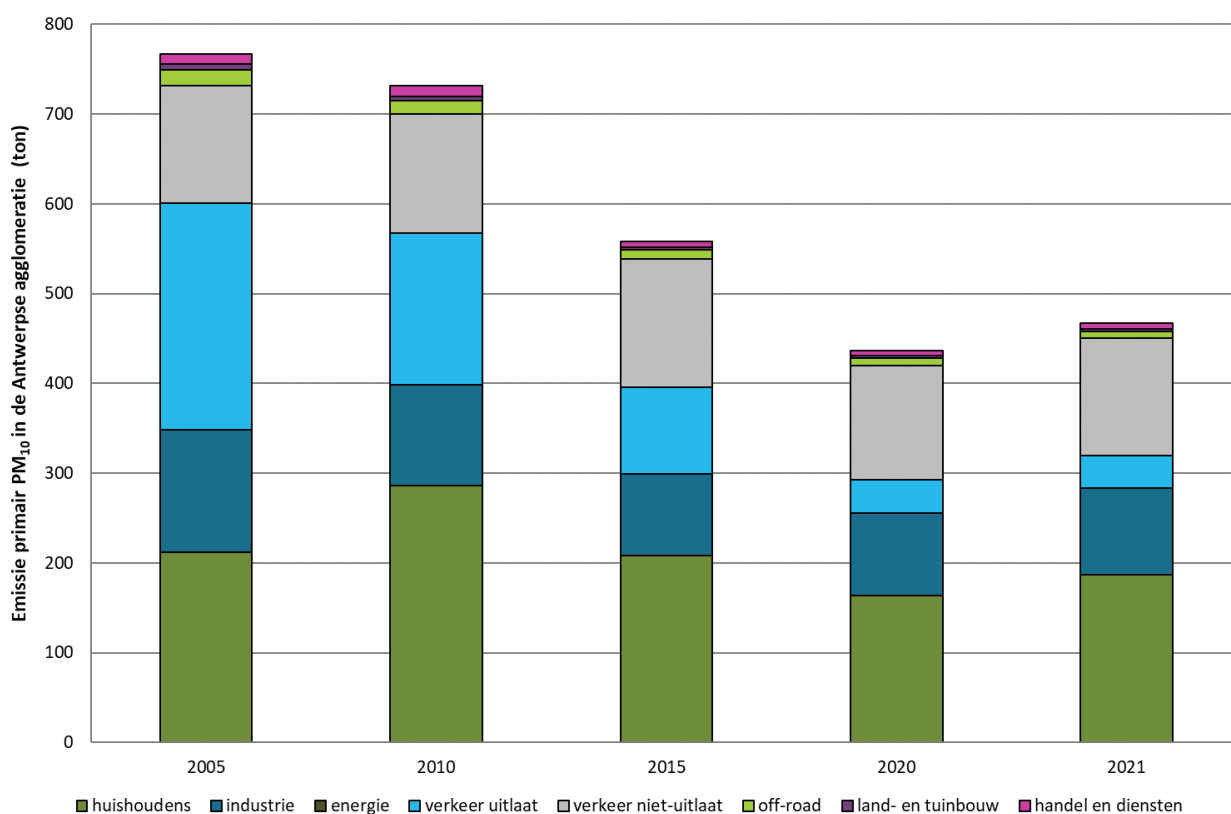
⁵ Bové H. et al. 2019. Ambient black carbon particles reach the fetal side of human placenta. Nature Communications 10:3866.
<https://www.nature.com/articles/s41467-019-11654-3.pdf>

⁶ 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 16: Aandeel van de sectoren in de primaire PM₁₀-emissies in de Antwerpse agglomeratie in 2021



Figuur 17: Trend van primaire PM₁₀-emissies van verschillende sectoren in de Antwerpse agglomeratie, 2005 – 2021



Bron: Team Emissie-inventaris Lucht VMM

Tussen 2005 en 2021 zijn de emissies van **primair PM₁₀** in de Antwerpse agglomeratie met 39 % gedaald. Deze daling komt hoofdzakelijk (2/3^e) door minder uitlaatemissies van het wegverkeer door de introductie van milieuvriendelijkere en efficiëntere voertuigen.

Ten opzichte van het vorige jaar, 2020, stijgen de primaire PM₁₀-emissies met 7 % door meer uitstoot van huishoudelijke gebouwenverwarming.

De emissies door huishoudens fluctueerden in het verleden, afhankelijk van het verbruik van brandhout bij huishoudelijke verwarming, gekoppeld aan strenge winters. De laatste jaren zagen we eerder een stagnatie/lichte daling van de emissies door de sector huishoudens. Echter in 2021 steeg de uitstoot door huishoudens weer:

- deels doordat er meer koude dagen waren, waardoor er meer gestookt werd.
- deels doordat meer mensen teruggripen naar houtverwarming door de hoge energieprijzen.

De weergave van de verkeersemisies in dit rapport is nog gebaseerd op een berekening met een verkeersmodel dat geen rekening houdt met de situatie op het lokale wegennet. De hier gerapporteerde emissiegegevens houden dus geen rekening met de invoering van de LEZ in Antwerpen. (meer uitleg zie 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 voorloperverbindingen (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 is gemiddeld 63 % van PM₁₀ afkomstig uit het buitenland en de andere gewesten⁷.

Verkeer is een belangrijke lokale bron van elementair koolstof, organische massa en mineraal stof. Naast deze primaire emissies zorgt verkeer ook nog 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.

4.2 PM₁₀-concentraties

4.2.1 Metingen automatisch meetnet

Tabel 7 toont de jaargemiddelden PM₁₀ voor de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie. In 2022 mat de VMM de hoogste PM₁₀-concentraties op de meetplaats op de middenberm van de Belgiëlei, een drukke verkeersas en street canyon.

Figuur 18 geeft de evolutie van de PM₁₀-jaargemiddelden op de verschillende meetplaatsen. Over de periode van 2012 - 2022 zagen we de eerste jaren een duidelijke daling, maar sinds 2016 schommelt het verloop eerder.

⁷ Felix Deutsch en Wouter Lefebvre (VITO), 2019, Referentietraak Kenniscentrum Luchtkwaliteit, Deeltaak Import/export balans

Bij vergelijking van de jaargemiddelden 2022 ten opzichte van 2021, is de trend sterk variabel:

- een status quo op 5 van de 11 Antwerpse meetplaatsen
- een stijging op 6 meetplaatsen.

Ook in de rest van Vlaanderen zagen we op de 70 % van de meetplaatsen een stijging in de PM₁₀-jaargemiddelden in 2022 t.o.v. 2021.

Op de meetstations met een volledige tijdreeks zien we in de periode 2012-2022 een daling in de PM₁₀-concentraties tussen 13 % en 28 %.

Tabel 7: PM₁₀-jaargemiddelden op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2012 – 2022 (µg/m³)

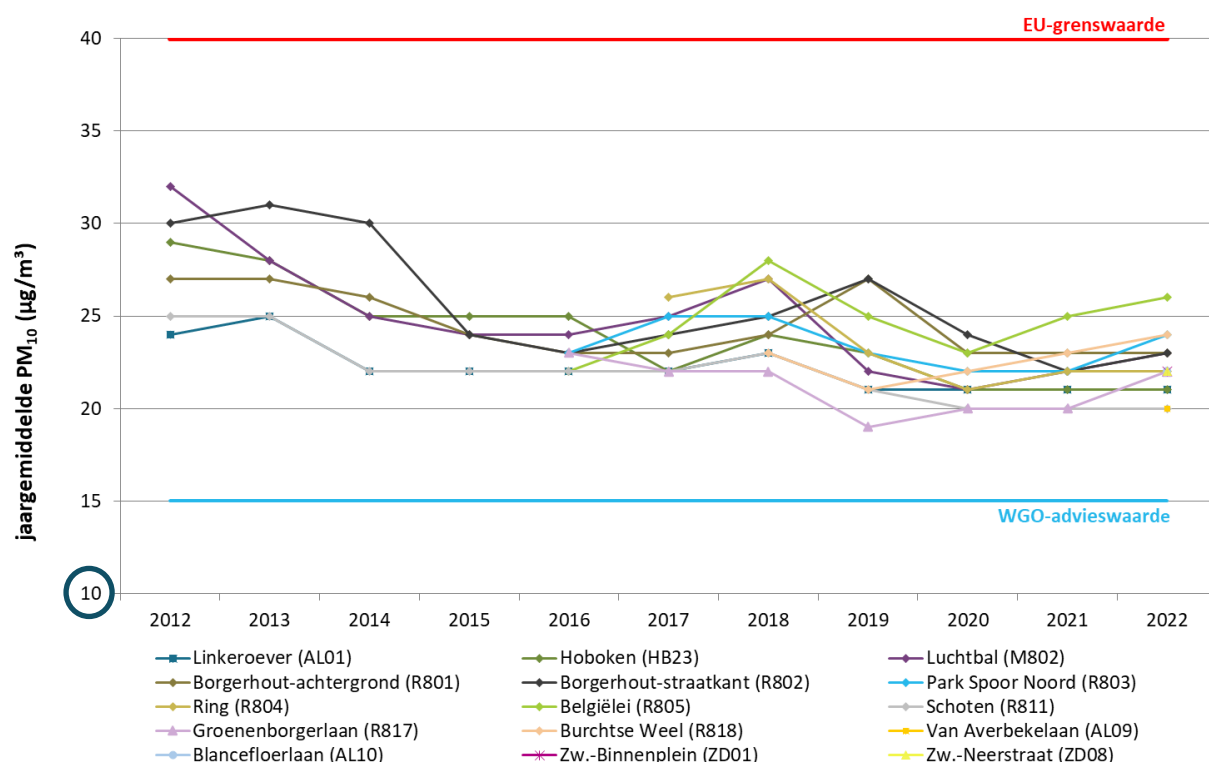
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Linkeroever (AL01)	24	25	22	22	22	22	23	21	21	21	21
Hoboken (HB23)	29	28	25	25	25	22	24	23	21	21	21
Luchtbal (M802)	32	28	25	24	24	25	27	22	21	22	23
Borg-achtergrond (R801)	27	27	26	24	23	23	24	27	23	23	23
Borg-sraatkant (R802)	30	31	30	24	23	24	25	27	24	22	23
Park Spoor Noord (R803)	-	-	-	-	23	25	25	23	22	22	24
Ring (R804)*	-	-	-	-	-	26	27	23	21	22	22
Belgiëlei (R805)	-	-	-	-	22	24	28	25	23	25	26
Schoten (R811)	25	25	22	22	22	22	23	21	20	20	20
Groenenborgerlaan (R817)	-	-	-	-	23	22	22	19	20	20	22
Burchtse Weel (R818)	-	-	-	-	-	-	23	21	22	23	24
Van Averbekelaan (AL09)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20
Blancefloerlaan (AL10)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22
Zwijndrecht-Binnenpl (ZD01)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22
Zwijndrecht-Neerstr (ZD08)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22

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

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

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

Figuur 18: PM₁₀-jaargemiddelden op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2012 – 2022



Figuur 19 toont het verloop van de PM₁₀-dagwaarden in 2022 per meetplaats. Het globale verloop is vrij gelijkaardig op alle meetstations en wordt sterk beïnvloed door de weersomstandigheden.

Bij de meetplaatsen op Linkeroever die zijn opgericht in het kader van de stofbeheersingsmaatregelen rond de werken van de Oosterweelverbinding zien we wél lokale pieken.

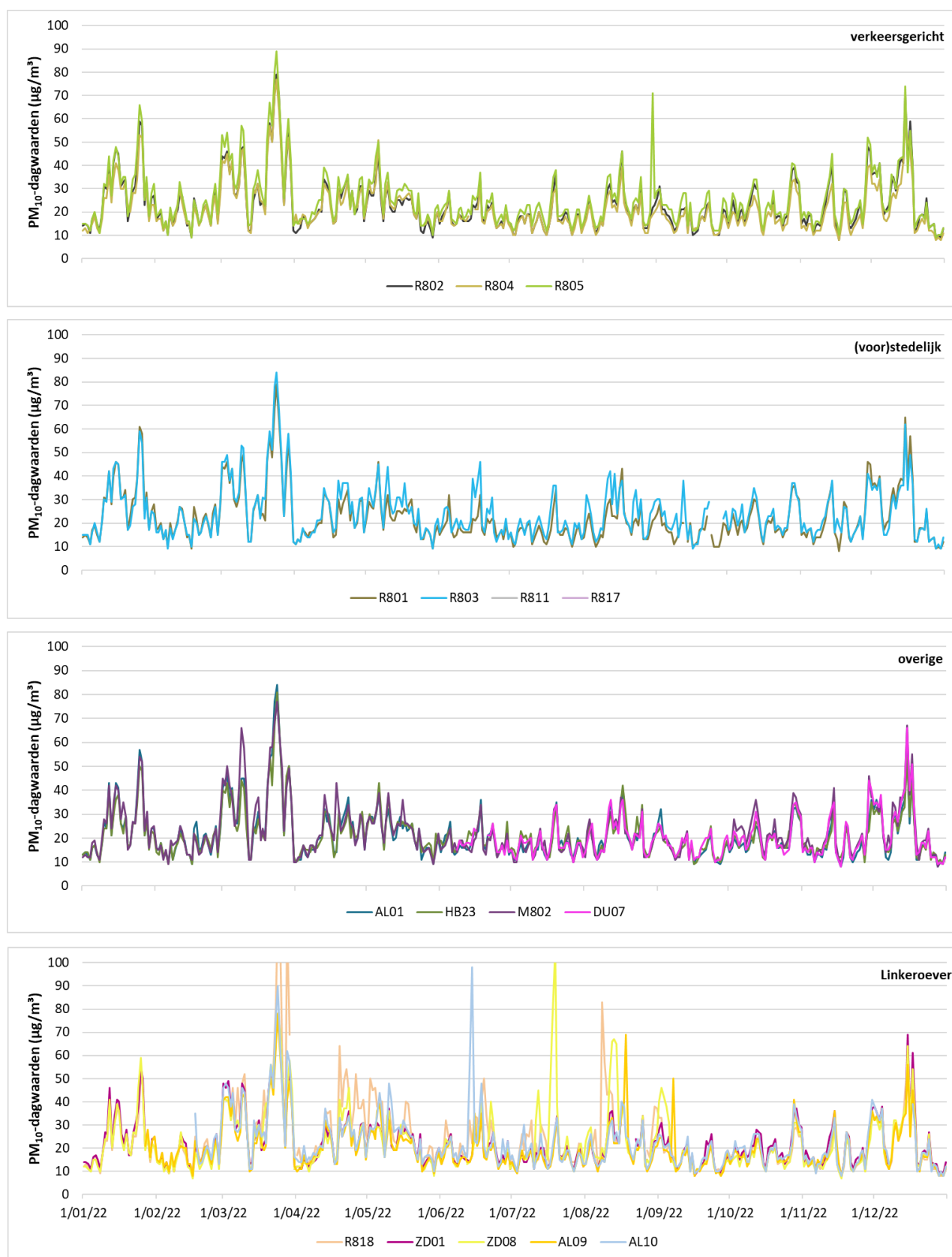
Bij vergelijking van de PM₁₀- en PM_{2,5}-dagwaarden blijkt dat deze lokale pieken vooral grof stof zijn. Dit is het stof met een diameter tussen 2,5 en 10 µm, wat typisch is bij (her)opwaaiend stof. Zie ook hoofdstuk 5.

Typisch zien we in de lentemaanden perioden met verhoogde PM₁₀-dagwaarden. Vaak is het nog koud, waardoor er enerzijds ongunstige verdunningsomstandigheden optreden ('temperatuursinversie') en anderzijds meer uitstoot van huishoudelijke verwarming is (met de verbranding van hout in open haarden en kachels als belangrijkste bron). Daarnaast bevorderen de verhoogde ammoniakemissies door het uitrijden van mest, de vorming van secundair fijn stof ('lentesmog').

Smogepisodes

- In 2022 werd er op 3 momenten een informatiebericht voor PM-smog rondgestuurd, namelijk van 25 januari tot 27 januari, van 21 maart tot 27 maart en van 15 december tot 17 december.
- Dit ging gepaard met een stookadvies van de VMM, waarin werd afgeraden om op dagen waarop de lucht reeds sterk verontreinigd was deze nog extra te belasten met houtstook als bijverwarming of voor sfeerdoeleinden.
- Voor het eerst in 8 jaar werd in 2022 smogalarm afgekondigd en een snelheidsbeperking op ringwegen en bepaalde snelwegen afgekondigd, namelijk van 25 tot 26 maart.

Figuur 19: Verloop van de PM₁₀-dagwaarden in 2022



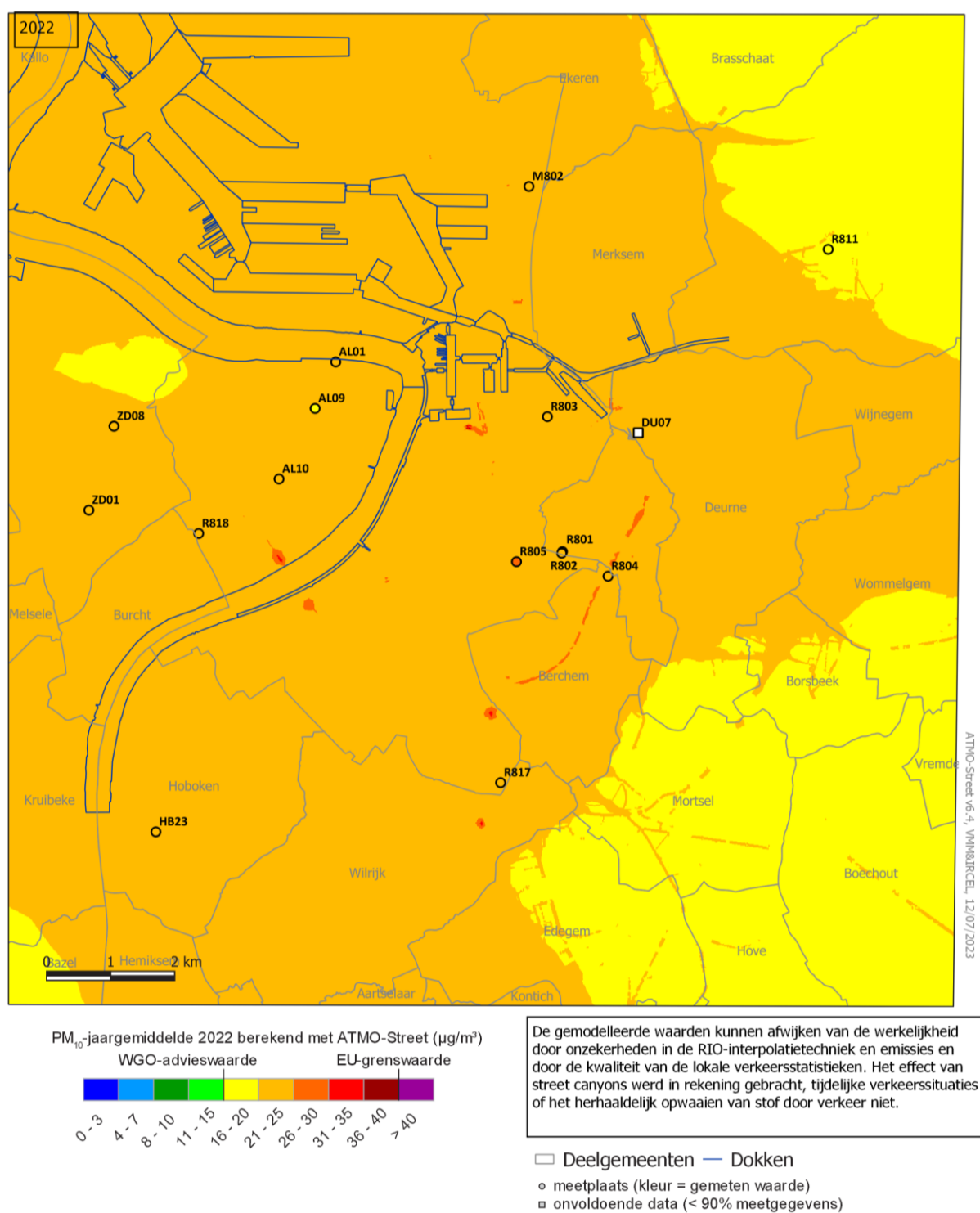
4.2.2 ATMO-Street model

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 20 toont de gemodelleerde jaargemiddelde PM₁₀-concentratie in de Antwerpse agglomeratie voor 2022. Belangrijk is dat voor de opmaak van deze gemodelleerde kaart voor 2022 de meest recent beschikbare emissiedata werden gebruikt: voor wegverkeer is dit 2022, voor industrie en scheepvaart 2021. De impact van de LEZ werd mee doorgerekend.

In de Antwerpse agglomeratie berekent het model overwegend een PM_{10} -concentratie tussen 21 en $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Alleen op een beperkte zone van de Antwerpse Ring en aan de tunnelmonden berekent het model iets hogere concentraties in 2022.

Figuur 20: Gemodelleerd PM₁₀-jaargemiddelde in de Antwerpse agglomeratie in 2022



Opgelet: nieuwe kleurenschaal, uitleg zie bijlage 4

4.2.3 Toetsing aan de grenswaarden

De regelgeving voor PM₁₀ is opgenomen in bijlage 3.

Toetsing van het jaargemiddelde

In de periode 2012-2022 werd de Europese jaargrenswaarde van 40 µg/m³ op geen enkele meetplaats in de Antwerpse agglomeratie overschreden (zie Tabel 7).

Omgekeerd respecteerde geen enkele meetplaats in de Antwerpse agglomeratie de WGO-advieswaarde van 15 µg/m³ in de periode 2012-2022. Ook in de rest van Vlaanderen werd deze advieswaarde nergens behaald.

Trend en toetsing van de daggemiddelden

Europa

Tabel 8 toont per meetplaats het aantal dagen met een daggemiddelde hoger dan 50 µg/m³ voor de periode 2012-2022.

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

Tabel 8: Aantal dagen met PM₁₀-concentratie > 50 µg/m³ op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2012-2022

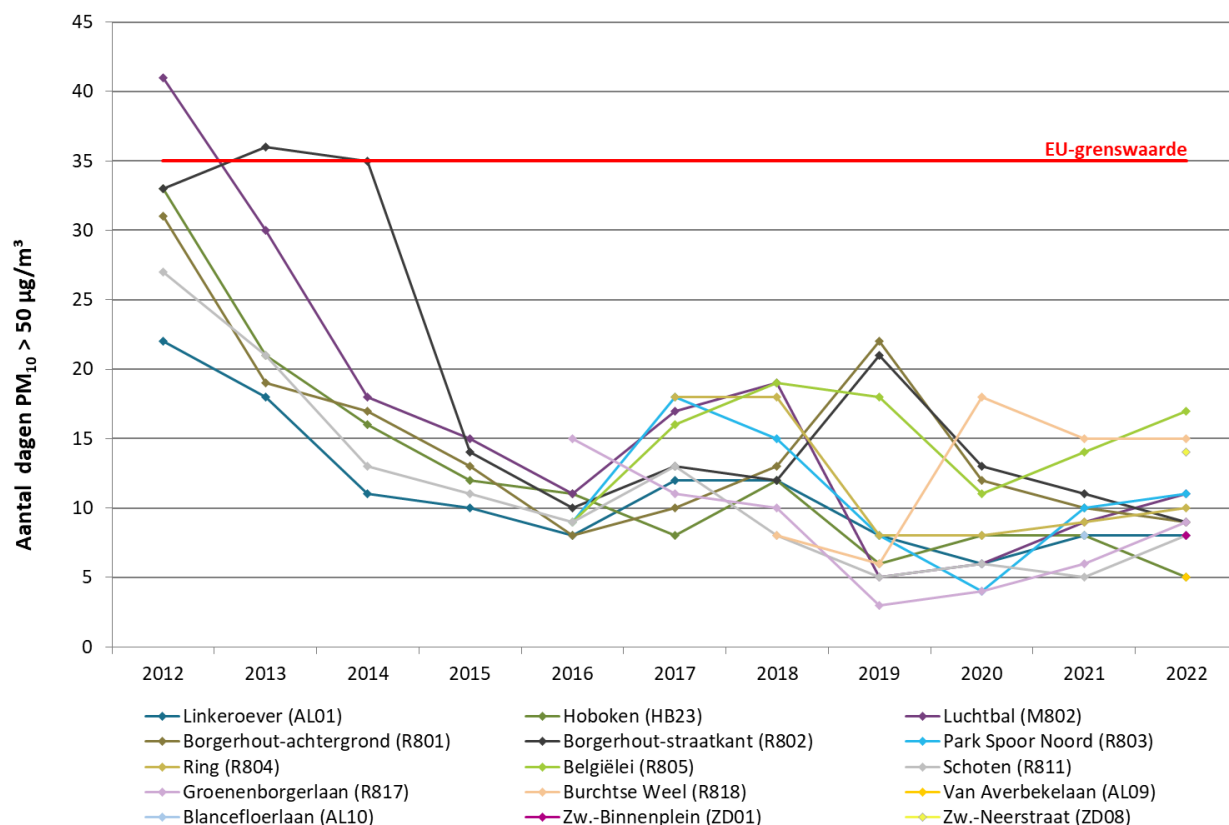
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Linkeroever (AL01)	22	18	11	10	8	12	12	8	6	8	8
Hoboken (HB23)	33	21	16	12	11	8	12	6	8	8	5
Luchtbal (M802)	41	30	18	15	11	17	19	5	6	9	11
Borg-achtergrond (R801)	31	19	17	13	8	10	13	22	12	10	9
Borg-straatkant (R802)	33	36	35	14	10	13	12	21	13	11	9
Park Spoor Noord (R803)	-	-	-	-	9	18	15	8	4	10	11
Ring (R804)*	-	-	-	-	-	18	18	8	8	9	10
Belgiëlei (R805)	-	-	-	-	9	16	19	18	11	14	17
Schoten (R811)	27	21	13	11	9	13	8	5	6	5	8
Groenenborgerlaan (R817)	-	-	-	-	15	11	10	3	4	6	9
Burchtse Weel (R818)	-	-	-	-	-	-	8	6	18	15	15
Van Averbekelaan (AL09)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
Blancefloerlaan (AL10)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
Zwijndrecht-Binnenpl (ZD01)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
Zwijndrecht-Neerstr (ZD08)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14

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.

Figuur 21 toont het verloop van het aantal dagen met een daggemiddelde hoger dan 50 µg/m³ voor de periode 2012-2022. Globaal genomen daalt het verloop, alhoewel het de laatste jaren eerder schommelt.

Figuur 21: Aantal dagen met PM₁₀-concentratie > 50 µg/m³ op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2012 – 2022



WGO

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

Tabel 9 toont per meetplaats het aantal dagen met een daggemiddelde hoger dan 45 µg/m³ voor de periode 2012-2022.

Tabel 9: Aantal dagen met PM₁₀-concentratie > 45 µg/m³ op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2012-2022

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Linkeroever (AL01)	26	23	15	15	13	16	22	13	15	10	10
Hoboken (HB23)	44	33	22	19	17	11	21	15	11	9	9
Luchtbal (M802)	57	45	26	23	20	26	29	11	11	14	15
Borg-achtergrond (R801)	42	35	26	21	14	15	21	34	20	18	18
Borg-straatkant (R802)	48	46	42	22	19	24	21	34	23	15	19
Park Spoor Noord (R803)	-	-	-	-	16	28	21	13	13	13	20
Ring (R804)*	-	-	-	-	-	24	29	17	13	12	14
Belgiëlei (R805)	-	-	-	-	14	24	29	27	17	23	25
Schoten (R811)	34	24	22	20	14	19	15	10	9	9	8
Groenenborgerlaan (R817)	-	-	-	-	19	12	15	5	7	8	11
Burchtse Weel (R818)	-	-	-	-	-	-	14	9	20	21	26
Van Averbekelaan (AL09)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
Blancefloerlaan (AL10)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15
Zwijndrecht-Binnenpl (ZD01)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16
Zwijndrecht-Neerstr (ZD08)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21

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.

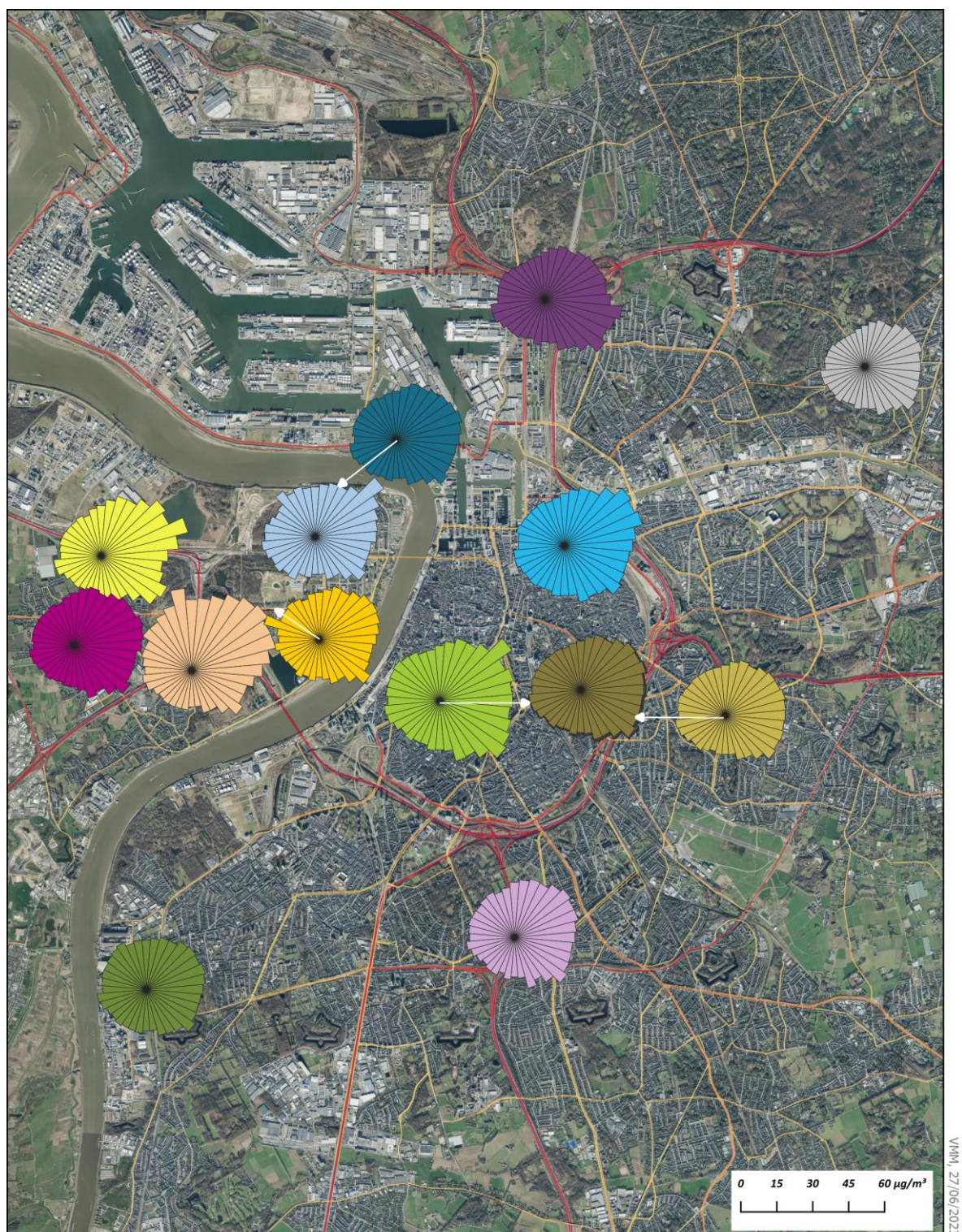
Tegenover 10 jaar geleden is het aantal dagen met een concentratie boven $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sterk gedaald.

Figuur 22 geeft de (zero)pollutierozen voor PM₁₀ voor de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie. De pollutierozen voor de 4 meetplaatsen in kader van de PFAS-problematiek op Linkeroever en in Zwijndrecht zijn apart besproken in hoofdstuk 5 en weergegeven in Figuur 52. Een algemene uitleg over de methodiek van pollutierozen lees je in bijlage 4.

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.

- **M802:** op de zero-roos van de meetplaats Luchtbal zien we een lokale verhoging uit het zuidoosten. Mogelijks is dit stof vanaf de Oosterweelwerken.
- **R803:** Op de meetplaats in Park Spoor Noord zien we een verhoging van PM_{10} uit het noord- en zuidoosten. Waarschijnlijk zijn deze het gevolg van activiteiten in het park.
- **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. Deze verhoging is grotendeels het gevolg van niet-uitlaatemissies (zoals slijtage van banden en van remmen en heropwaaiende deeltjes).
- **R818:** Op de meetplaats aan de Burchtse Weel zien we een sterke, lokale verhoging uit noordwestelijke tot noordoostelijke richting, waar er werken in het kader van de Oosterweelverbinding plaatsvinden. Dit zien we veel minder bij $PM_{2,5}$, wat aantoont dat deze lokale verhoging gaat over grof stof (= deeltjes tussen 2,5 en 10 μm), wat typisch is bij heropwaaiend bodemstof.

Figuur 23: Pollutierozen PM₁₀ voor de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie in 2022



Pollutierozen PM₁₀ op meetplaatsen Antwerpse agglomeratie 2022

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

0 1000 2000 m

4.3 Emissie van PM_{2,5}

Zoals al gezegd zijn de meest recent beschikbare emissiedata die voor 2021.

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

Figuur 24 toont het aandeel van de sectoren in de emissies van **primair PM_{2.5}** in 2021.

- 49 % van de emissies van primair PM_{2,5} in de Antwerpse agglomeratie komt van huishoudens.
 - 44 % van de totale primaire PM_{2,5}-emissies komt van gebouwenverwarming, vooral van houtverbranding.
- 29 % komt van verkeer.
 - 22 % van de totale primaire PM_{2,5}-emissies komt van het wegverkeer, 5 % 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. Toch zijn ook bij PM_{2,5} de laatste jaren de niet-uitlaatemissies het grootste deel van de verkeersemmissies.

Figuur 25 toont de trend van de rechtstreeks uitgestoten (primaire) PM_{2,5}-emissies door de verschillende sectoren in de Antwerpse agglomeratie.

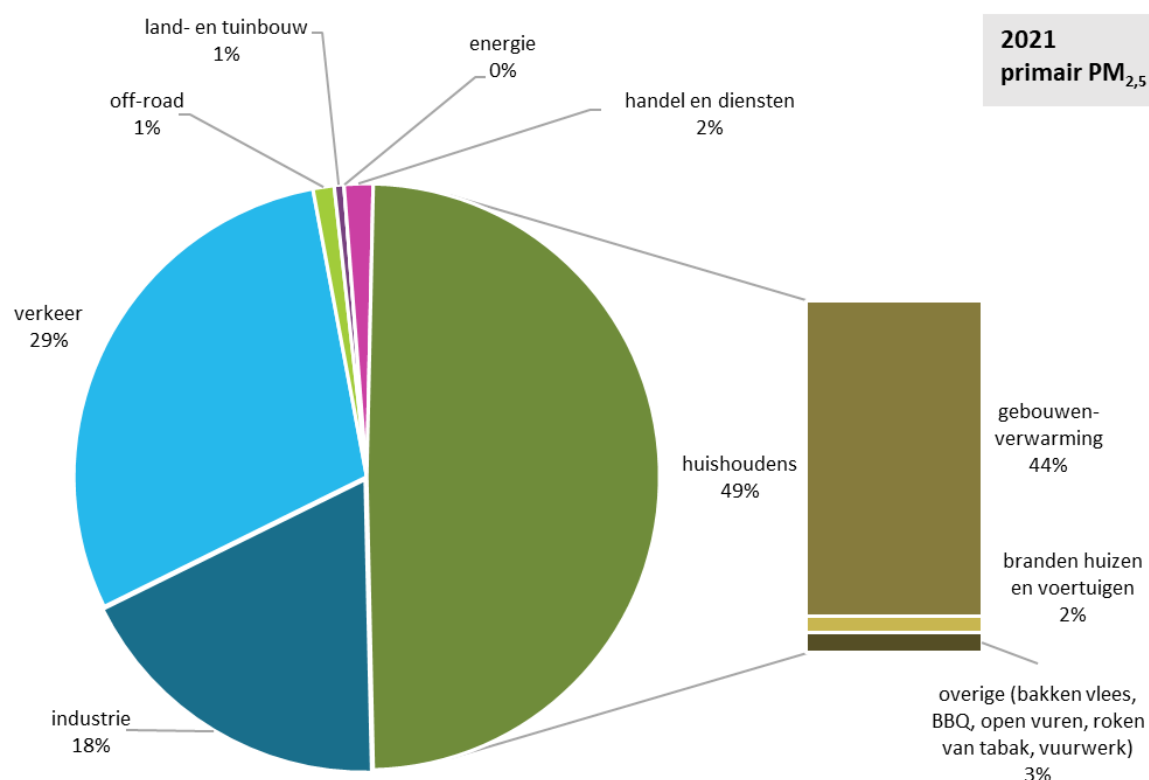
De primaire PM_{2,5}-emissies in de zone Antwerpse agglomeratie bedroegen 371 ton in 2021. Dit is 3,2 % van de totale Vlaamse primaire PM_{2,5}-emissies.

Tussen 2005 en 2021 zijn de emissies van **primair PM_{2,5}** in de Antwerpse agglomeratie met 44 % gedaald. Zoals voor PM₁₀ daalden deze vooral door minder uitlaatemissies van het wegverkeer door de introductie van milieuvriendelijkere en efficiëntere voertuigen.

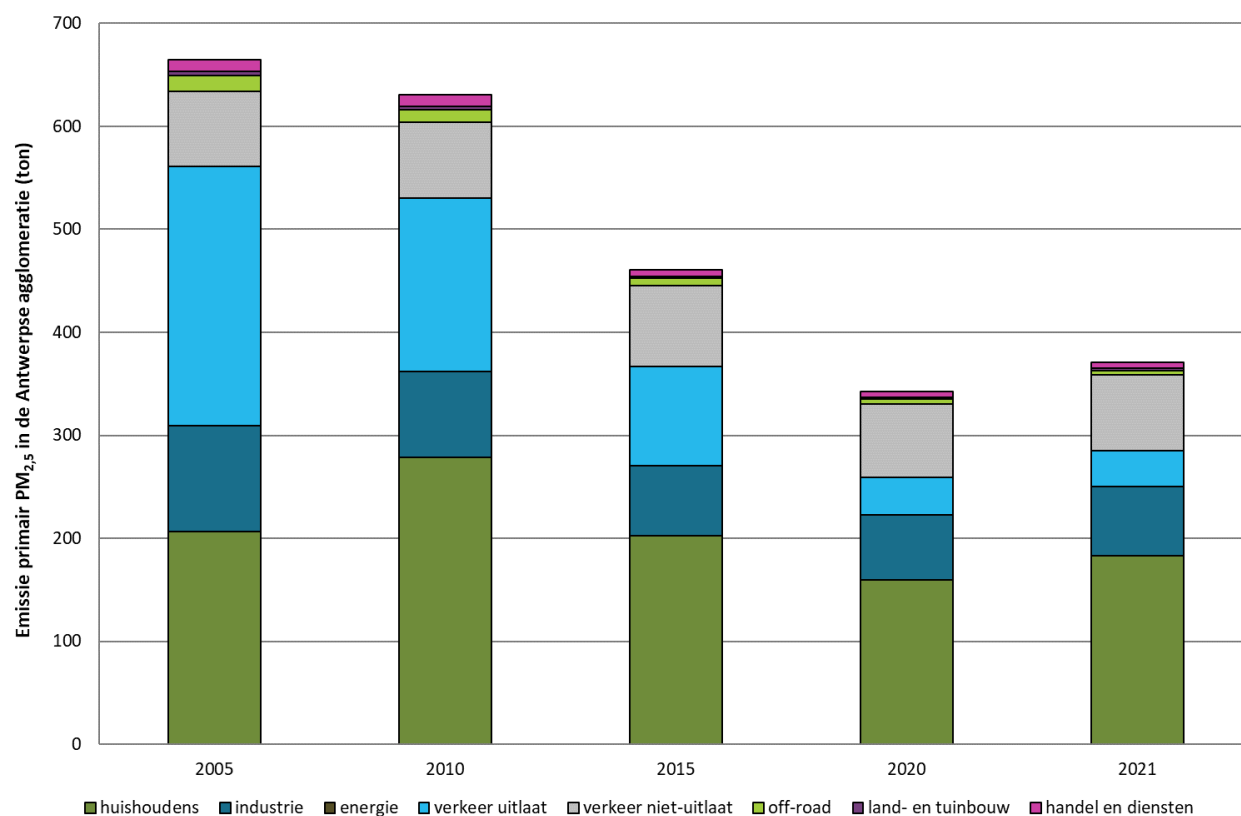
In 2021 zijn de emissies 8 % hoger dan het coronajaar 2020, toen de emissies sterk daalden door de coronamaatregelen. Deze stijging in 2021 is het gevolg van een stijging van de emissies door de huishoudens, die vooral PM_{2,5} uitstoten door houtstook. Er was meer houtstook omdat er in 2021 meer koudedagen waren en omdat meer mensen overschakelden naar houtkachels door de stijgende energieprijzen sinds het najaar van 2021.

De weergave van de verkeersemissies in dit rapport is nog gebaseerd op een berekening met een verkeersmodel dat geen rekening houdt met de situatie op het lokale wegennet. De hier gerapporteerde emissiegegevens houden dus geen rekening met de invoering van de LEZ in Antwerpen (meer uitleg zie bijlage 5).

Figuur 24: Aandeel van de sectoren in de emissies primair PM_{2,5} in de Antwerpse agglomeratie in 2021



Figuur 25: Trend van primaire PM_{2,5}-emissies van verschillende sectoren in de Antwerpse agglomeratie, 2005-2021



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 gewesten⁸.

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 2012-2022.

Figuur 26 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 2012 – 2022 (µg/m³)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Linkeroever (AL01)	-	-	-	13	13	14	14	13	11	12	11
Hoboken (HB23)	-	-	-	15	15	13	14	13	11	12	11
Luchtbal (M802)	-	-	-	14	14	14	14	12	11	12	11
Borg-achtergrond (R801)	17	18	16	15	14	14	14	13	11	12	11
Borg-sraatkant (R802)	19	19	16	15	15	15	14	14	12	12	13
Park Spoor Noord (R803)	-	-	-	-	14	15	15	13	11	12	13
Ring (R804)*	-	-	-	-	-	16	16	14	11	12	11
Belgiëlei (R805)	-	-	-	-	13	14	15	14	12	13	13
Schoten (R811)	17	17	15	14	13	14	13	12	11	12	11
Groenenborgerlaan (R817)	-	-	-	-	14	13	13	11	11	11	11
Burchtse Weel (R818)	-	-	-	-	-	-	13	11	10	11	11
Van Averbekelaan (AL09)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11
Blancefloerlaan (AL10)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
Zwijndrecht-Binnenpl (ZD01)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12
Zwijndrecht-Neerstr (ZD08)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11

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

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

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

Over de periode van 2012-2022 daalden de PM_{2,5}-jaargemiddelden geleidelijk. De laatste jaren lijkt de daling minder en zien we een schommelend verloop.

De trend van 2022 tegenover 2021 is variabel:

- Op iets meer dan de helft van de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie zijn de jaargemiddelden in 2022 licht (-1 µg/m³) gedaald tegenover 2021.
- Op drie meetplaatsen noteren we een status-quo.
- Op twee meetplaatsen stijgen de jaargemiddelden licht (+ 1 µg/m³), nl. de verkeersgerichte meetplaats aan de Plantin en Moretuslei (R802) en aan de achtergrondmeetplaats aan Park Spoor Noord (R803).

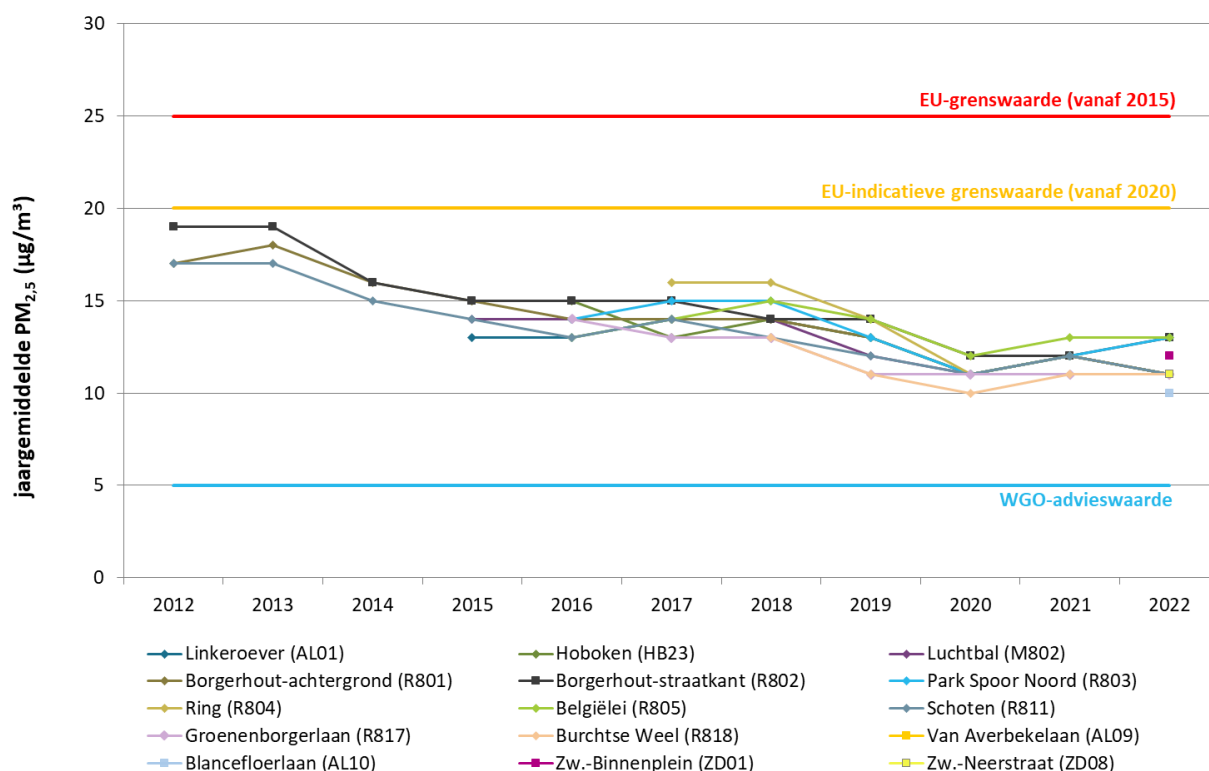
Een gelijkaardig beeld zien we in de rest van Vlaanderen: 60 % van de meetplaatsen noteren een status-quo en 34% een lichte daling.

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

De jaargemiddelden verschillen weinig tussen de meetplaatsen. Op de verkeersgerichte meetplaatsen is het jaargemiddelde slechts 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ hoger dan op de achtergrondmeetplaatsen. Dit duidt op het belang van de achtergrondconcentratie bij $\text{PM}_{2,5}$.

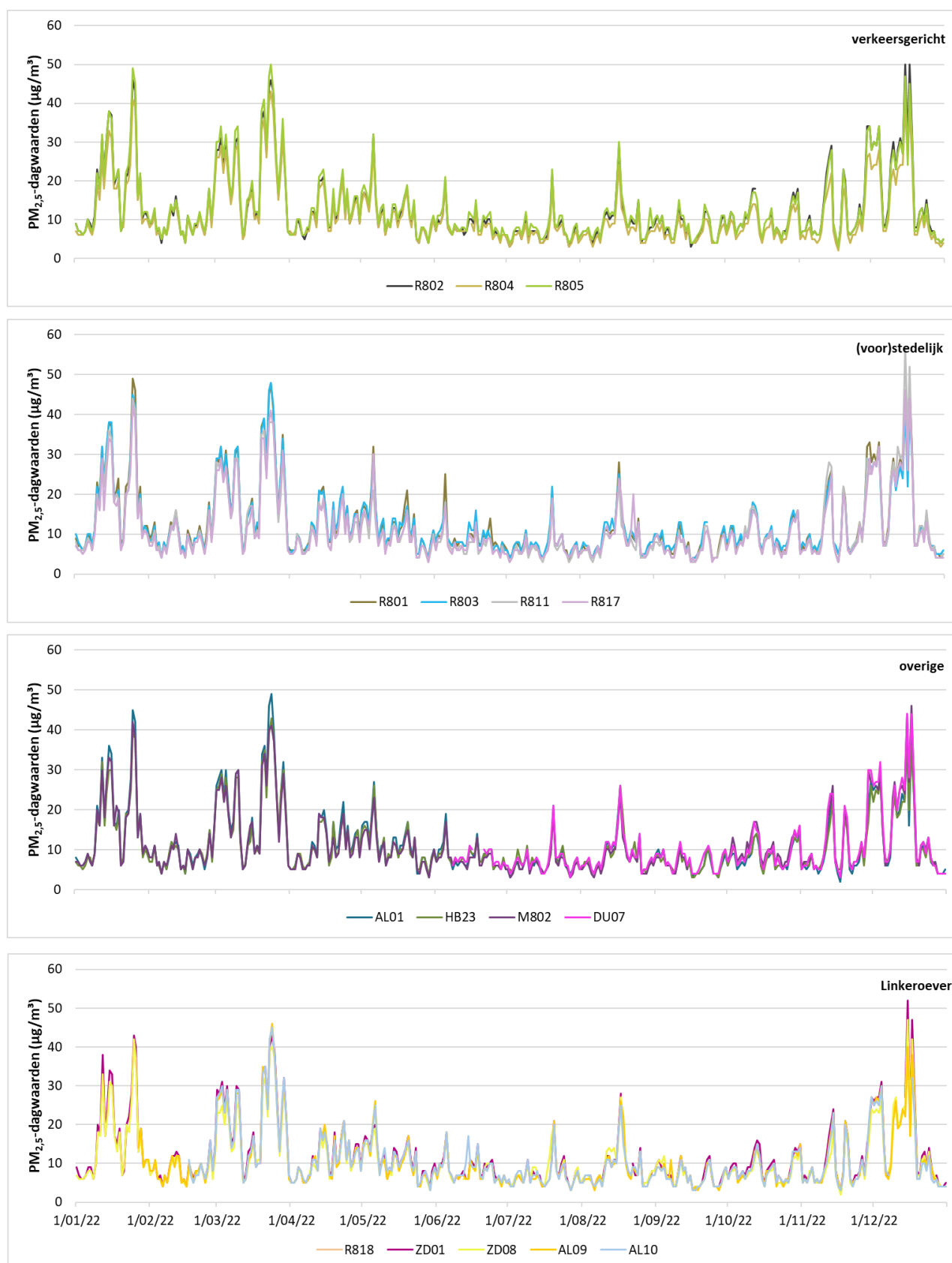
Op de meetstations met een volledige tijdreeks zien we een daling tussen 24 % en 35 % tussen 2012 en 2022.

Figuur 26: $\text{PM}_{2,5}$ -jaargemiddelden op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2012 – 2022



Figuur 27 vertoont het verloop van de $\text{PM}_{2,5}$ -dagwaarden in 2022 per meetplaats. Opvallend is dat het verloop en de gemeten concentraties zeer gelijkaardig zijn voor de verschillende meetplaatsen, wat weer duidt op het belang van de regionale invloed op de $\text{PM}_{2,5}$ -concentraties.

Figuur 27: Verloop van de PM_{2,5}-dagwaarden in 2022



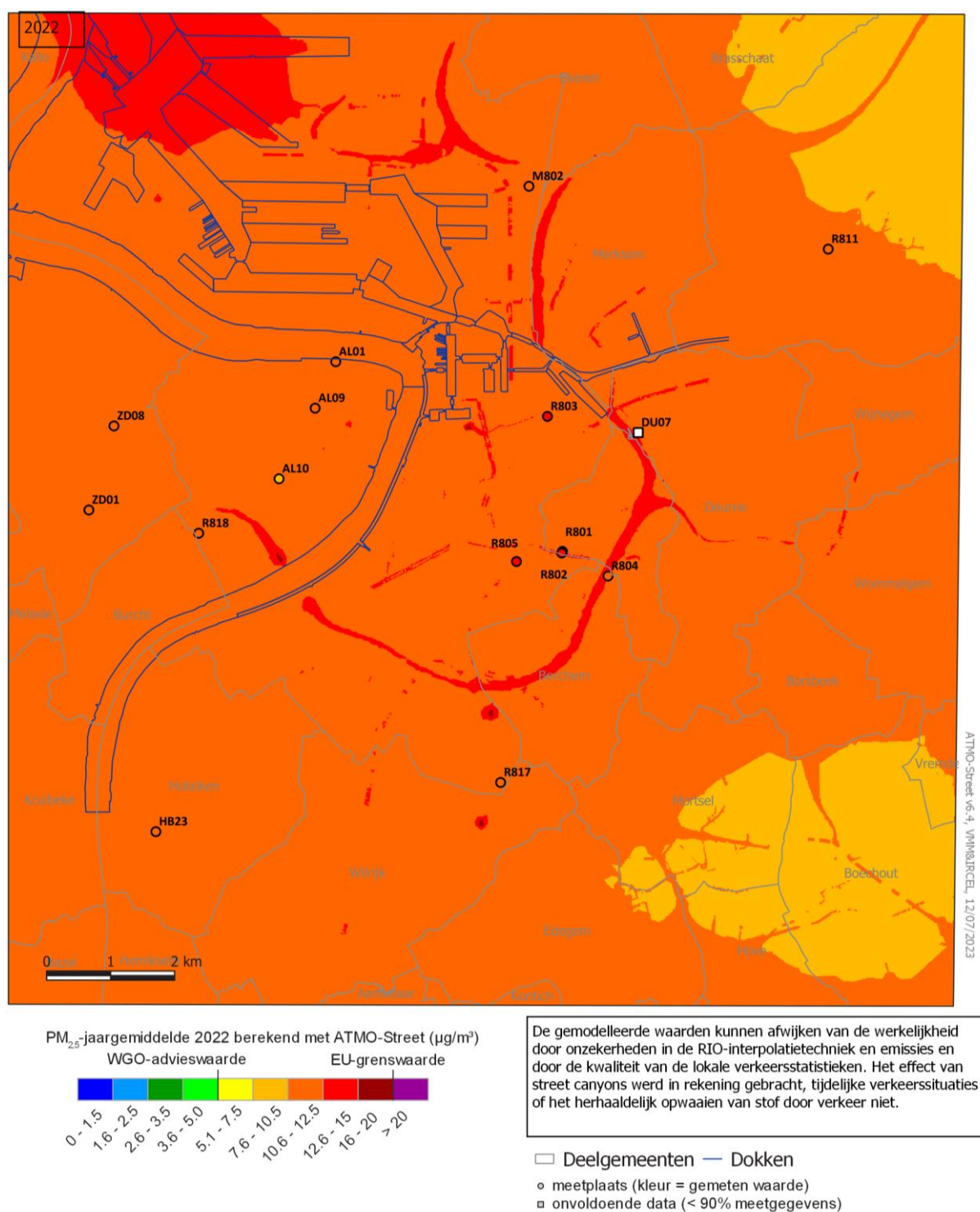
4.4.2 ATMO-Street model

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 28 toont de gemodelleerde jaargemiddelde PM_{2,5}-concentratie in de Antwerpse agglomeratie en omgeving in 2022. De impact van de LEZ werd mee doorgerekend.

De gemodelleerde PM_{2,5}-concentraties liggen in de Antwerpse agglomeratie overwegend tussen 10,5 en 12,5 µg/m³. Iets hogere concentraties worden gemodelleerd langs de Ring en de belangrijkste verkeersassen. Ook de tunnelmonden zijn zichtbaar op de kaart.

Figuur 28: Gemodelleerd PM_{2,5}-jaargemiddelde in de Antwerpse agglomeratie in 2022



Opgelet: nieuwe kleurenschaal, uitleg zie bijlage 4

4.4.3 Toetsing aan de grenswaarden

De regelgeving voor PM_{2,5} is opgenomen in bijlage 3.

Toetsing van het jaargemiddelde

Europa

De Europese grenswaarde voor het jaargemiddelde van 25 µg/m³ PM_{2,5} wordt vlot gehaald op alle Antwerpse meetplaatsen.

De indicatieve Europese grenswaarde van 20 µg/m³ (geldig vanaf 2020) wordt gehaald sinds 2009.

WGO

De WGO-advieswaarde van 5 µg/m³ voor het jaargemiddelde wordt in 2022 op alle Antwerpse meetplaatsen overschreden. Dit is ook zo in de rest van Vlaanderen.

Trend en toetsing van de daggemiddelden

Europa

Europa definieerde geen grenswaarde voor PM_{2,5}-daggemiddelden.

WGO

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 11 toont per meetplaats het aantal dagen dat er een PM_{2,5}-daggemiddelde hoger dan 15 µg/m³ werd gemeten voor de periode 2012-2022.

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 (bv. wegenwerken).

Tabel 11: Aantal dagen met PM_{2,5}-concentratie > 15 µg/m³ op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2012-2022

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Linkeroever (AL01)	-	-	-	84	103	104	108	94	75	85	73
Hoboken (HB23)	-	-	-	115	114	93	108	98	73	80	67
Luchtbal (M802)	-	-	-	103	105	105	116	94	74	83	70
Borg-achtergrond (R801)	131	149	139	103	99	105	100	96	73	73	72
Borg-sraatkant (R802)	152	155	140	112	119	110	118	115	84	85	87
Park Spoor Noord (R803)	-	-	-	-	103	118	125	101	77	89	87
Ring (R804)*	-	-	-	-	-	134	142	111	80	85	72
Belgiëlei (R805)	-	-	-	-	99	100	123	105	80	106	93
Schoten (R811)	129	138	115	96	102	93	91	82	71	77	73
Groenenborgerlaan (R817)	-	-	-	-	116	94	94	88	73	74	77
Burchtse Weel (R818)	-	-	-	-	-	-	97	79	66	64	70
Van Averbekelaan (AL09)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58
Blancefloerlaan (AL10)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	51
Zwijndrecht-Binnenpl (ZD01)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	69
Zwijndrecht-Neerstr (ZD08)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64

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.

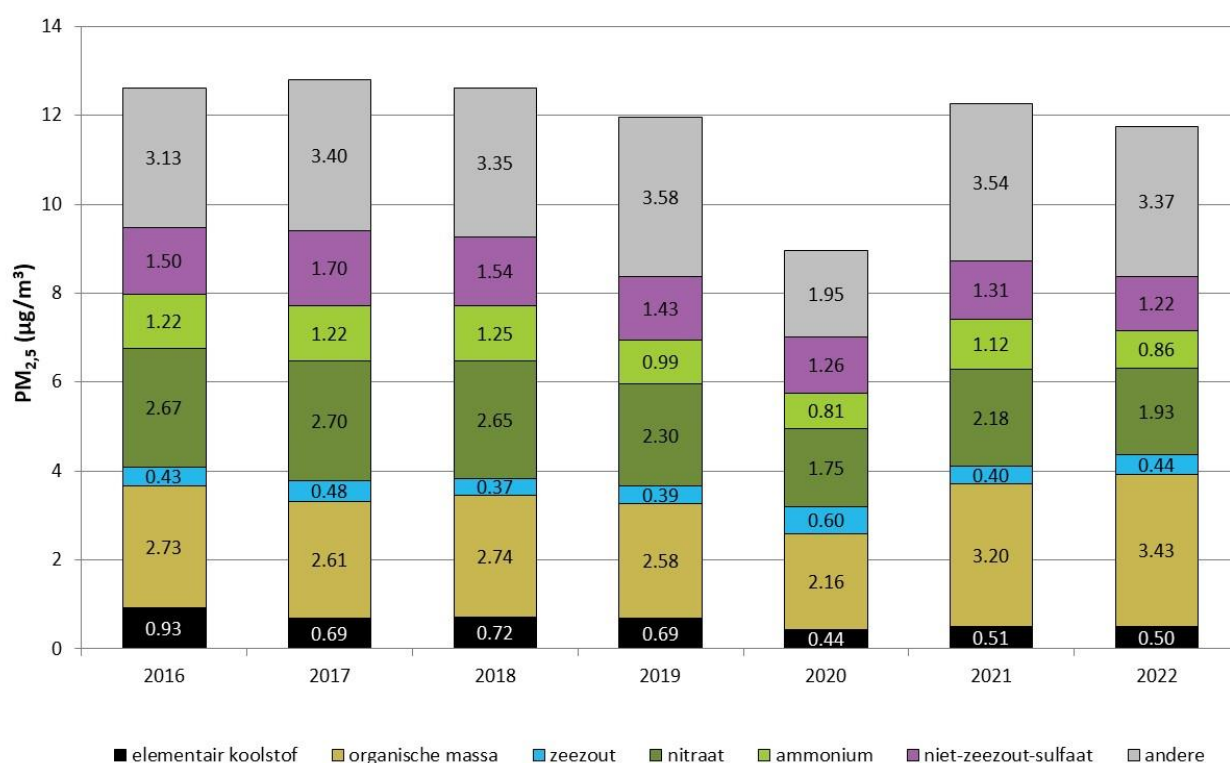
4.4.4 Chemische samenstelling van PM_{2,5}

De VMM bepaalt de chemische samenstelling van PM_{2,5} op 3 meetlocaties⁹, 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 een van de 4 stalen) een chemische analyse uit in het labo. Over een heel jaar gaat dit over ongeveer 90 geanalyseerde filters.

In 2022 bestond de PM_{2,5}-fractie in Borgerhout-achtergrond (R801) gemiddeld uit:

- 34 % secundaire anorganische ionen (= som van ammonium, nitraat en niet-zeezout-sulfaat)
- 29 % organische massa (= koolstofbevattende deeltjes die o.a. ontstaan bij houtverbranding)
- 4 % elementair koolstof (= dieselroet)
- 4 % zeezout
- 29 % andere (onder meer gebonden water en mineraal stof)

Figuur 29: Chemische samenstelling van PM_{2,5} in Borgerhout-achtergrond (R801), 2016-2022 (µg/m³)



Vergeleken met het jaar voordien zien we in 2022 een lichte daling in de totale PM_{2,5}-concentratie. Deze daling is vooral het gevolg van een daling van de secundaire anorganische ionen (-13 %), waarschijnlijk door gunstigere weersomstandigheden en/of minder uitstoot van de gasvormige voorlopers (ammoniak, stikstofdioxide en zwaveldioxide).

⁹ <https://www.vmm.be/lucht/fijn-stof/chemische-samenstelling-pm2-5>

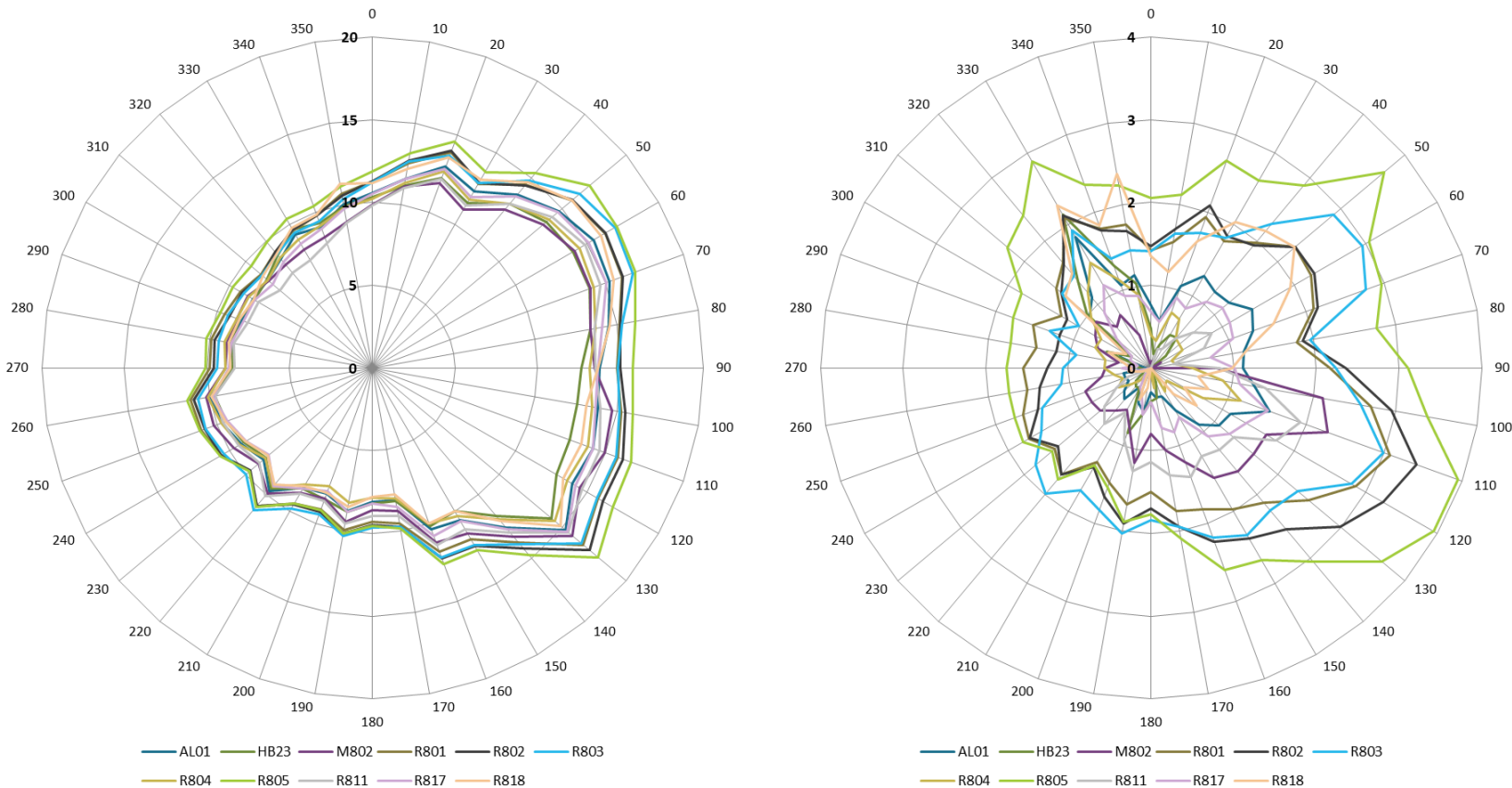
In vergelijking met de landelijke meetplaats in Retie heeft Borgerhout (net als Gent) een hogere gemiddelde concentratie voor elementair koolstof en organische massa. Dit is ongetwijfeld een gevolg van lokale bijdragen door verkeer, gebouwenverwarming en mogelijk ook deeltjes die vrijkomen bij het koken.

Figuur 30 toont de (zero)pollutierozen voor PM_{2,5} voor de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie. De pollutierozen voor de 4 meetplaatsen in kader van de PFAS-problematiek op Linkeroever en in Zwijndrecht zijn apart besproken in hoofdstuk 5 en weergegeven in Figuur 52. Een algemene uitleg over de methodiek van pollutierozen lees je in bijlage 4.

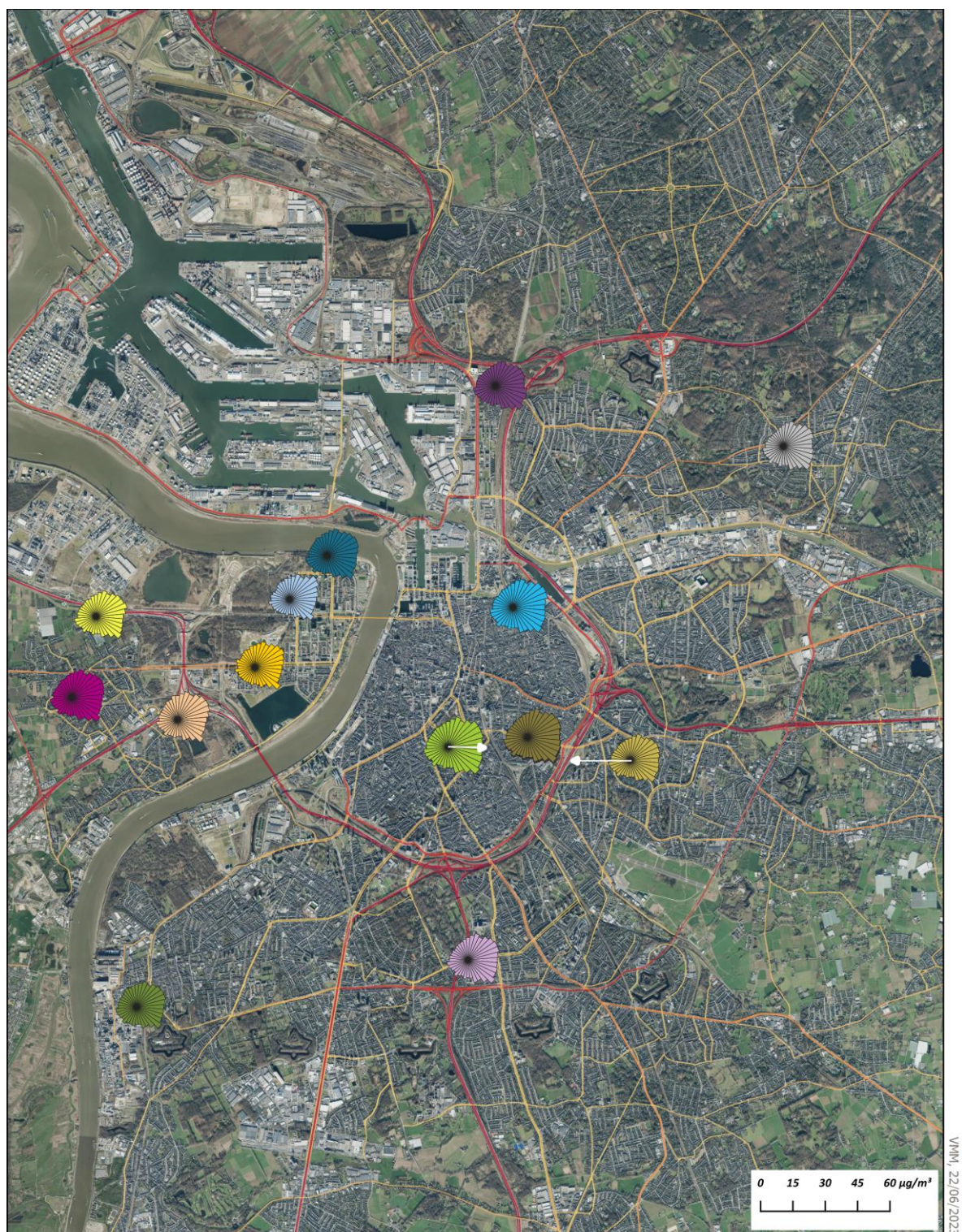
Van noordoostelijke tot zuidoostelijke richting worden gemiddeld hogere PM_{2,5}-concentraties gemeten op alle meetplaatsen. Zoals bij PM₁₀ zijn deze verhogingen niet door lokale bronnen veroorzaakt, maar zijn ze een regionaal fenomeen. Dit is omdat uit deze windrichtingen vervuilde continentale landlucht wordt aangevoerd en deze windrichtingen vaak gepaard gaan met minder gunstige verspreidingsomstandigheden.

Figuur 31 toont de pollutierozen voor PM_{2.5} voor 2022 op kaart.

Figuur 30: Pollutierozen voor PM_{2.5} op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie in 2022 (µg/m³): klassieke roos (links) en zeroeroos (rechts)



Figuur 31: Pollutierozen PM_{2,5} voor de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie in 2022



Pollutierozen PM_{2,5} op meetplaatsen Antwerpse agglomeratie 2022



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 polluenten. 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 32 toont het aandeel van de sectoren in de emissies van elementair koolstof in 2021.

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

- 42 % van de EC-emissies komt door het verkeer.
 - Hiervan is wegverkeer de grootste bron met een bijdrage van 35 % aan de totale EC-emissies. Dit komt doordat EC vooral gevormd wordt door de verbranding van fossiele brandstoffen, met dieseluittoot als een van de grootste bronnen. Het aandeel van verkeer is groter dan bij PM₁₀ of PM_{2,5}.
- 40 % van de EC-emissies komt van de sector huishoudens.
 - 38 % 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 2021 53,5 ton. Dit is 3,3 % van de totale Vlaamse EC-emissies.

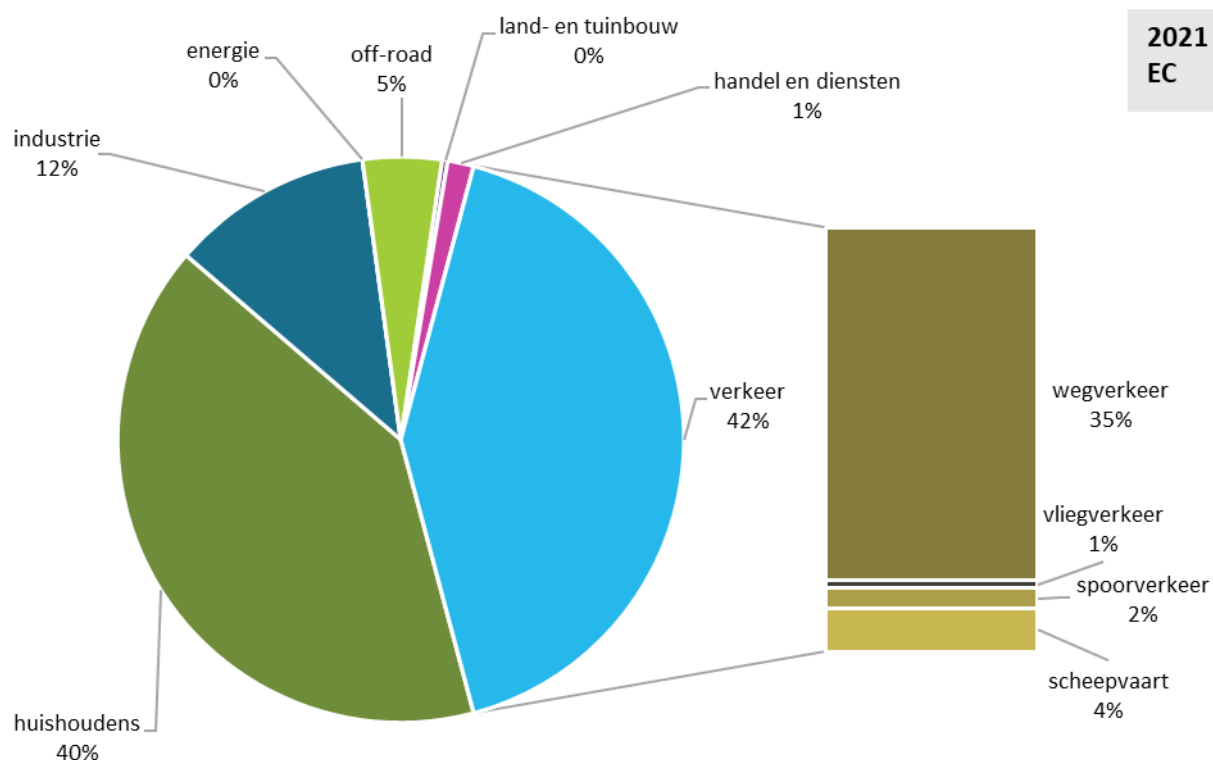
Figuur 33 toont de evolutie van de emissies van elementair koolstof door de verschillende sectoren in de Antwerpse agglomeratie.

De emissies van elementair koolstof daalden tussen 2005 en 2021 met 76 %. Dat komt bijna uitsluitend door de dalende uitlaatemissies van het wegverkeer door de introductie van milieuvriendelijkere en efficiëntere voertuigen. Ook de emissies door huishoudens bevatten heel wat elementair koolstof. In het verleden fluctueerden deze emissies van jaar tot jaar door meteorologische omstandigheden: strenge winters zorgden voor een verhoogd verbruik van brandhout. De laatste jaren is deze bijdrage vrij constant.

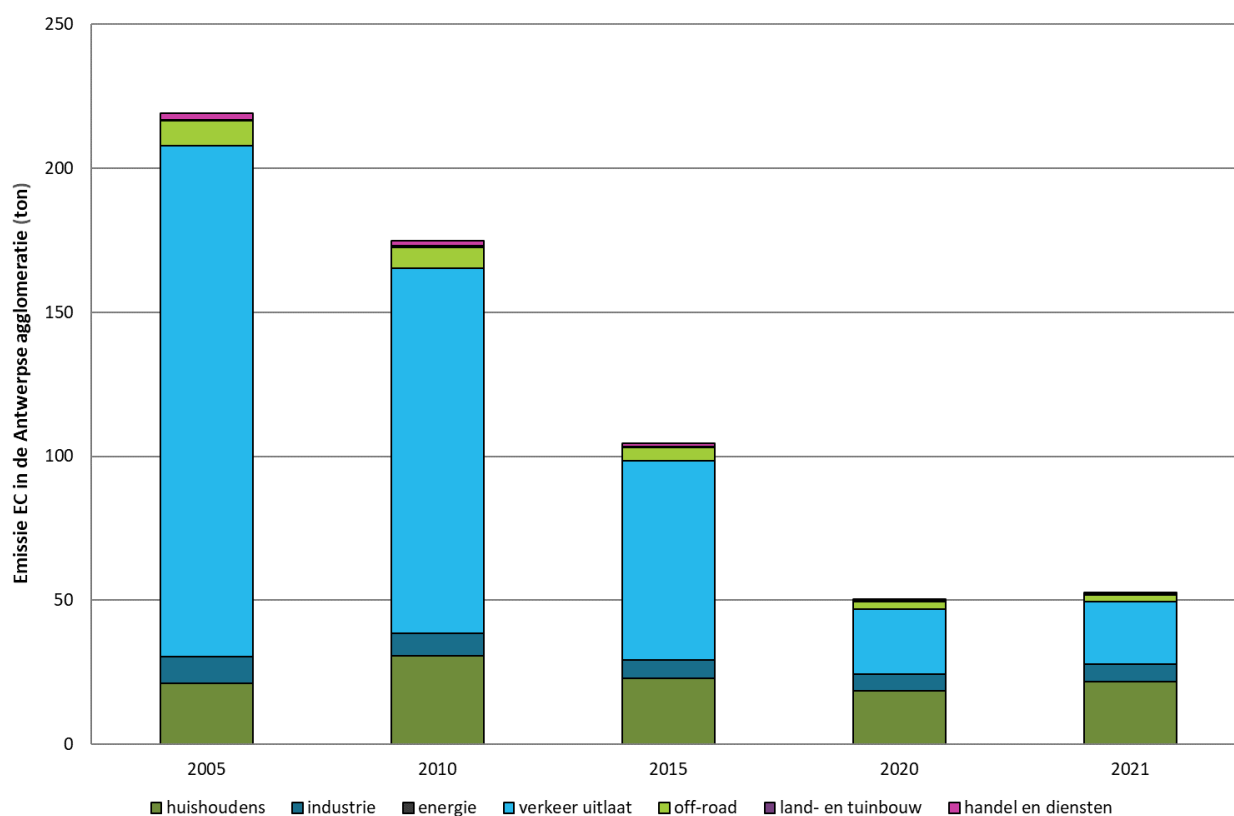
In 2021 zijn de EC-emissies 5% hoger dan in 2020. Deze stijging is te wijten aan een stijging bij de huishoudens (gebouwenverwarming). Door de stijgende energieprijzen schakelen meer mensen over naar houtkachels.

De weergave van de verkeersemissies in dit rapport is nog gebaseerd op een berekening met een verkeersmodel dat geen rekening houdt met de situatie op het lokale wegennet. De hier gerapporteerde emissiegegevens houden dus geen rekening met de invoering van de LEZ in Antwerpen (meer uitleg zie bijlage 5).

Figuur 32: Aandeel van de sectoren in de emissies van elementair koolstof in de Antwerpse agglomeratie in 2021



Figuur 33: Trend van de emissies van elementair koolstof door verschillende sectoren in de Antwerpse agglomeratie, 2005-2021



Bron: Team Emissie-inventaris Lucht VMM

4.6 Concentraties zwarte koolstof

Zwarte 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.

Zwarte koolstof wordt door de verschillende bronnen onmiddellijk uitgestoten (primaire emissies). Het wordt in de atmosfeer niet gevormd uit voorlopercomponenten. Hierdoor worden de concentraties elementair koolstof (of zwarte koolstof) in de omgevingslucht -veel meer dan deze van PM₁₀ en PM_{2,5}- bepaald door lokale bronnen.

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}.

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 gaan over elementair koolstof, de resultaten van de luchtkwaliteitsmetingen over zwarte koolstof.

4.6.1 Metingen automatisch meetnet

Tabel 12 toont de jaargemiddelden zwarte koolstof voor de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie.

In het verleden werden op de verkeersgerelateerde meetplaatsen aan de Ring (R804), de Belgiëlei (R805) en de Plantin en Moretuslei (R802) hogere concentraties zwarte koolstof gemeten. De laatste jaren is het verschil tussen de verkeersgerichte meetplaatsen en de achtergrondmeetplaatsen sterk verkleind. Dit zien we ook bij de 2 naburige meetplaatsen aan de Plantin en Moretuslei (R801 en R802)¹⁰. In 2012 maten we nog een verschil in jaargemiddelden van 1,08 µg/m³ (30 %), nu in 2022 nog maar een verschil van 0,16 µg/m³ (14 %).

Figuur 34 toont de globaal dalende trend voor de concentraties zwarte koolstof tussen 2012 en 2022. In 2022 zien we op de helft van de Antwerpse meetplaatsen een stijging ten opzichte van 2021. De grootste stijging (absoluut en relatief) noteren we op de meetplaats Groenenborgerlaan (R817). Ook op de overige meetplaatsen in Vlaanderen zien we op 75 % van de meetplaatsen een stijging van 2021 naar 2022.

Op de meetstations met een volledige tijdreeks varieert de daling in de periode 2012-2022 tussen 48 % en 68 %.

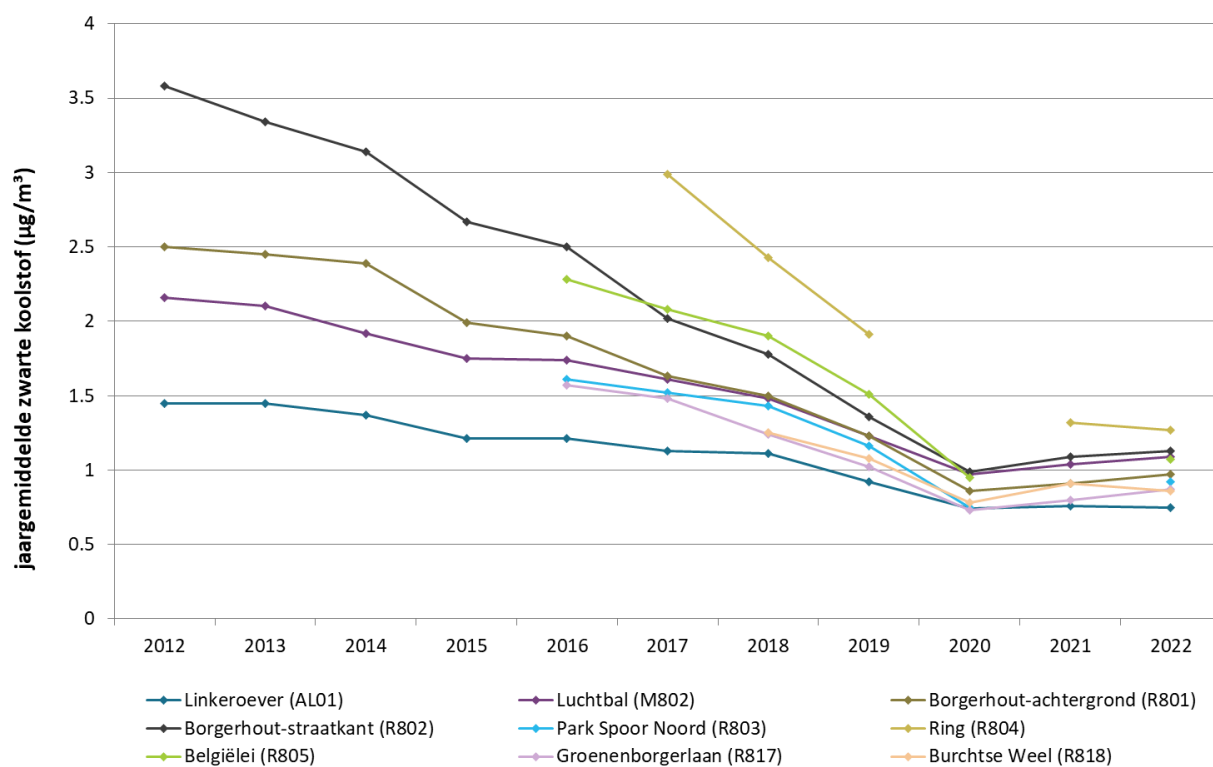
¹⁰ R802, Borgerhout-straatkant: een verkeersgerichte meetplaats op 7,5 meter van de straatkant
R801, Borgerhout-achtergrond: een stedelijke meetplaats op 30 meter van de straatkant

Tabel 12: Jaargemiddelden zwarte koolstof op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2012 – 2022 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Linkeroever (AL01)	1,45	1,45	1,37	1,21	1,21	1,13	1,11	0,92	0,74	0,76	0,75
Luchtbal (M802)	2,16	2,10	1,92	1,75	1,74	1,61	1,48	1,23	0,97	1,04	1,09
Borg-achtergrond (R801)	2,50	2,45	2,39	1,99	1,90	1,63	1,50	1,23	0,86	0,91	0,97
Borg-straatkant (R802)	3,58	3,34	3,14	2,67	2,50	2,02	1,78	1,36	0,99	1,09	1,13
Park Spoor Noord (R803)	-	-	-	-	1,61	1,52	1,43	1,16	0,75	"	0,92
Ring (R804)	-	-	-	-	-	2,99	2,43	1,91	"	1,32	1,27
Belgiëlei (R805)	-	-	-	-	2,28	2,08	1,90	1,51	0,95	"	1,07
Groenenborgerlaan (R817)	-	-	-	-	1,57	1,48	1,24	1,02	0,73	0,80	0,87
Burchtse Weel (R818)	-	-	-	-	-	-	1,25	1,08	0,78	0,91	0,86

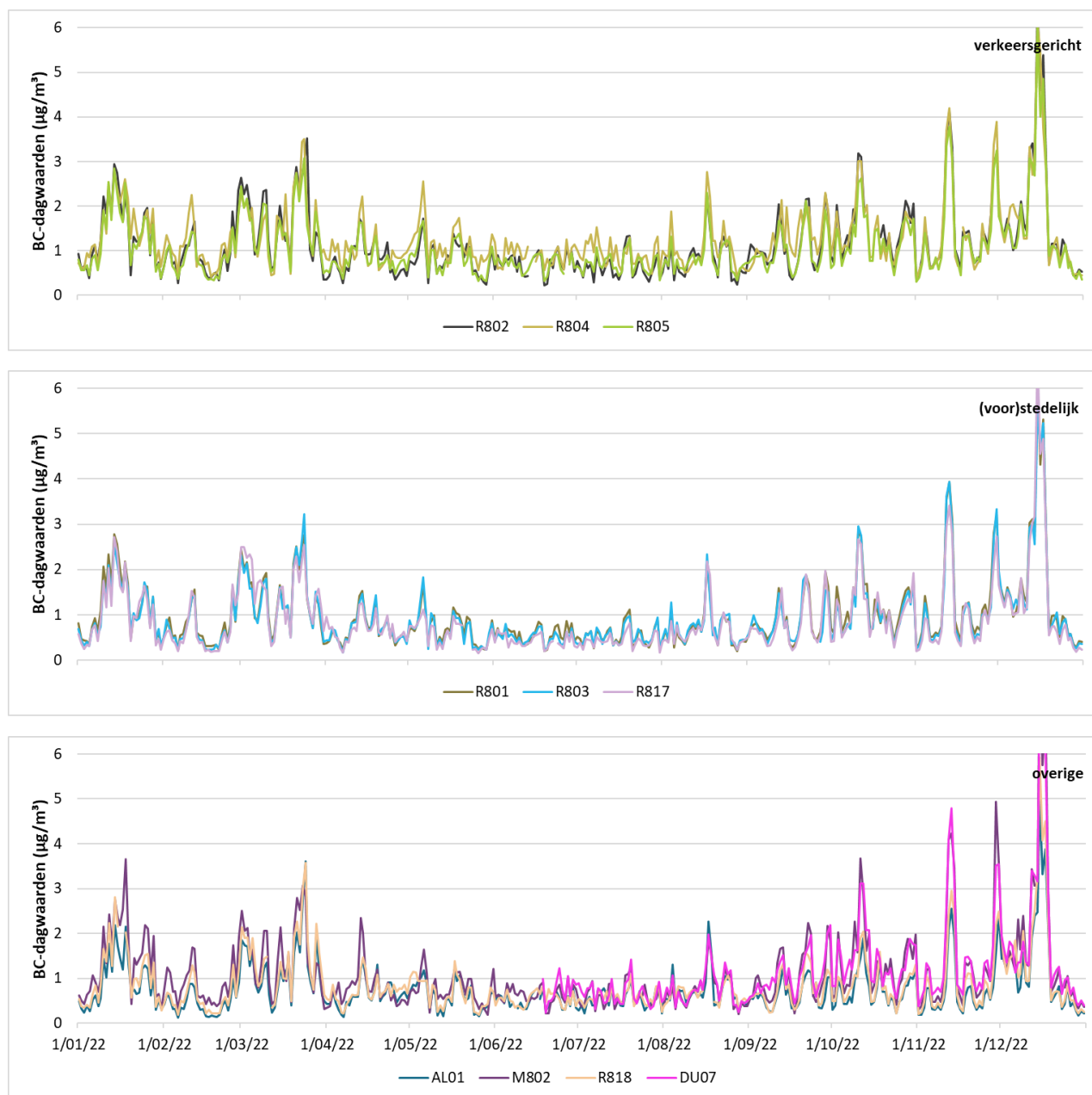
" : onvoldoende data om een jaargemiddelde te berekenen

Figuur 34: Jaargemiddelden zwarte koolstof op de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie voor de periode 2012 – 2022



Figuur 35 toont het verloop van de dagwaarden in 2022 per meetplaats. De algemene trend is, zoals bij alle polluenten, vrij gelijkaardig en wordt sterk beïnvloed door de weersomstandigheden. 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. De meetplaats aan de Ring (R804) is de koploper.

Figuur 35: Verloop van de zwarte koolstof-dagwaarden in 2022



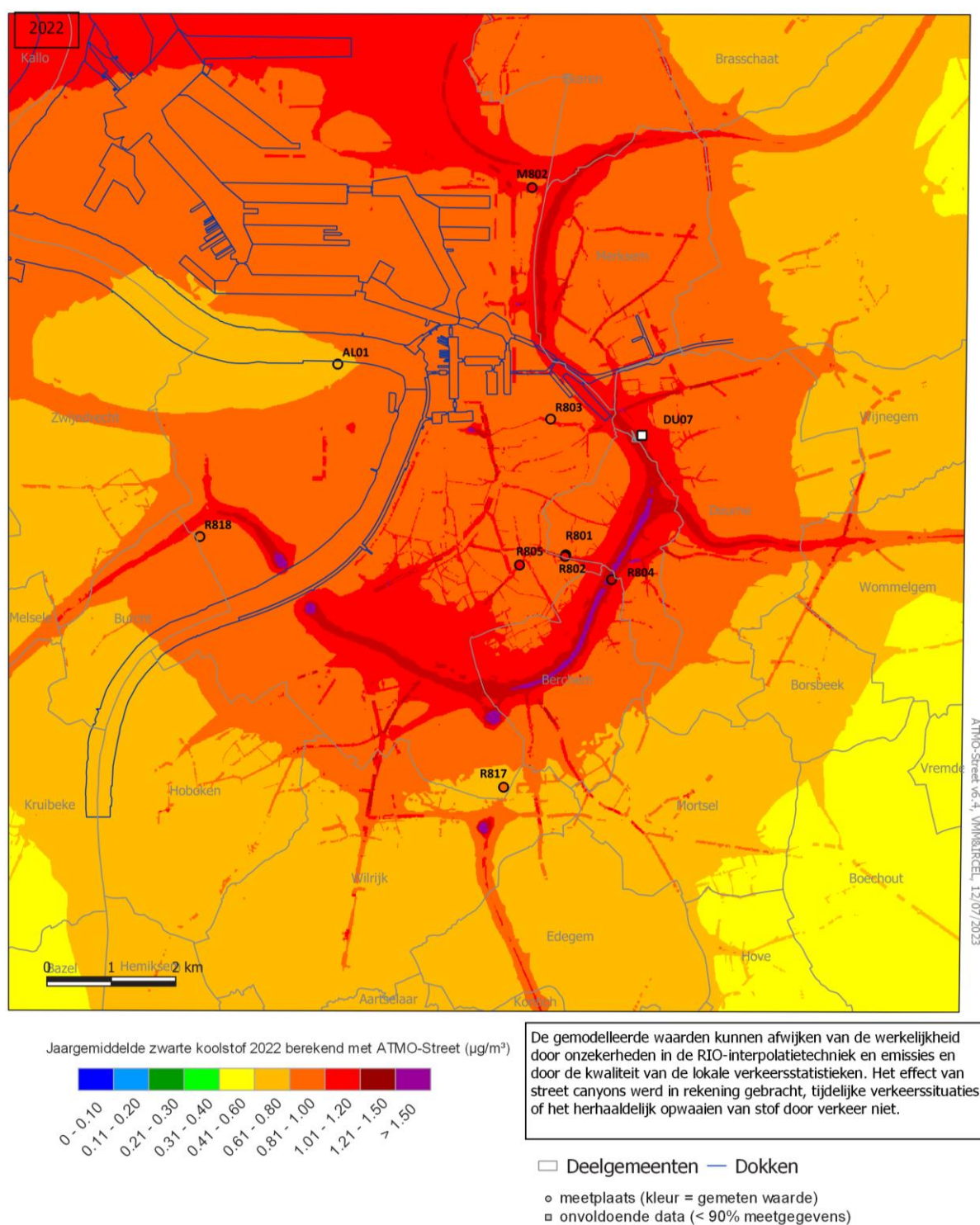
4.6.2 ATMO-Street model

Op plaatsen waar de VMM niet beschikt over meetresultaten schatten we de concentraties in aan de hand van rekenkundige modellen. Voor 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.

Figuur 36 toont de gemodelleerde jaargemiddelde concentraties van zwarte koolstof in de Antwerpse agglomeraties en omgeving in 2022. De impact van de LEZ werd mee doorgerekend.

Op Figuur 36 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.

Figuur 36: Gemodelleerd jaargemiddelde zwarte koolstof in de Antwerpse agglomeratie in 2022



Opgelet: nieuwe kleurenschaal, uitleg zie bijlage 4

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.

4.6.4 Pollutierozen

Figuur 37 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.

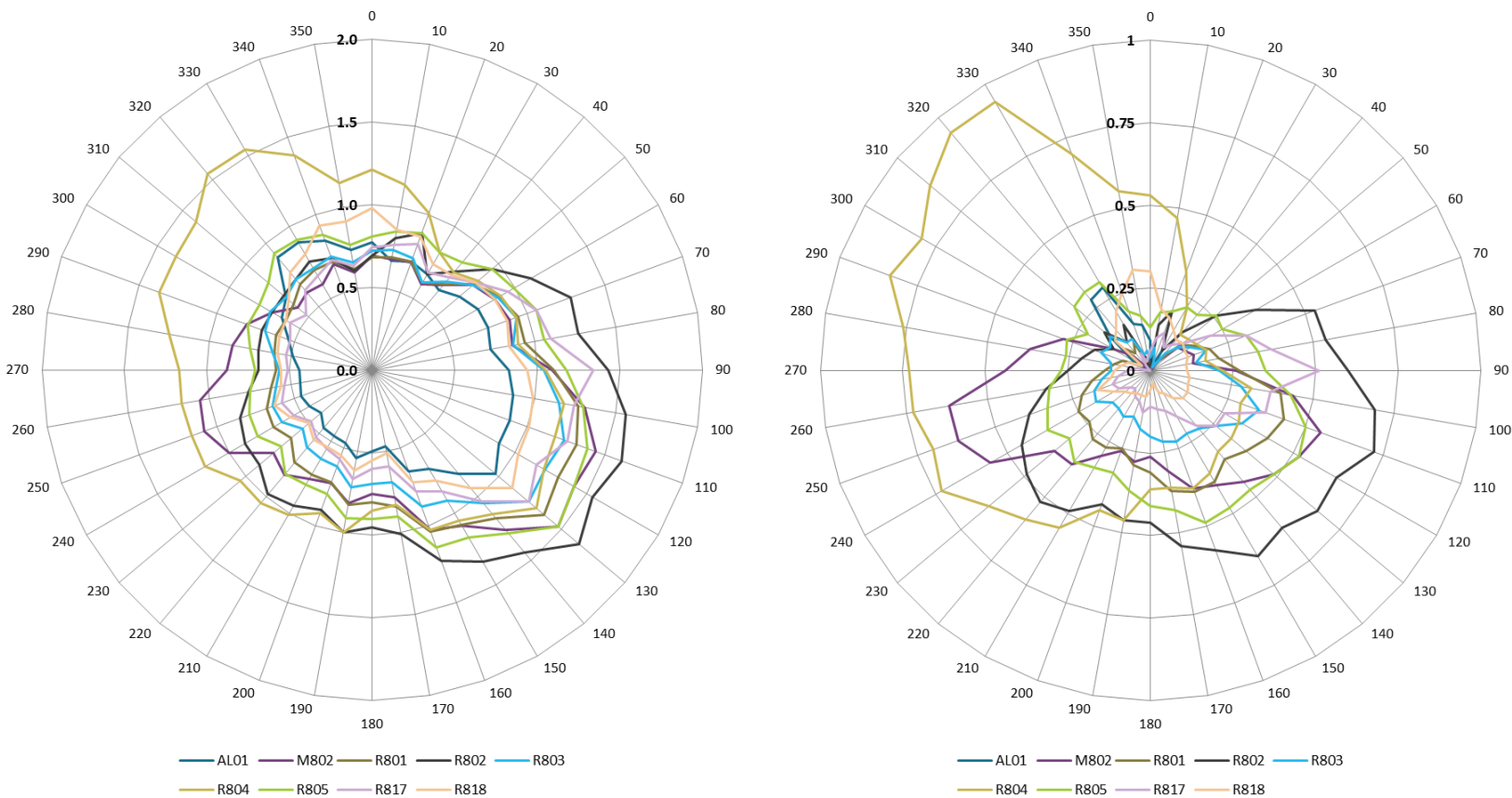
Alle locaties tonen verhoogde concentraties vanuit (zuid)oostelijke richting. Dit komt doordat continentale landlucht meer vervuild is.

Aangezien zwarte koolstof enkel rechtstreeks wordt uitgestoten, en niet 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.
- **M802:** Op de meetplaats Luchtbal zien we verhoogde concentraties bij wind vanuit het westen, uit de richting van de Noorderlaan. De zero-roos toont ook vanuit het zuidoosten een lokale verhoging.
- **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 het oosten tot het zuiden, zien we op de meetplaatsen nog een lokale component uit deze windrichting.
- **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 in het kader van de Oosterweelverbinding.

Figuur 38 toont de pollutierozen voor zwarte koolstof voor 2022 op kaart.

Figuur 37: Pollutierozen voor zwarte koolstof voor de meetplaatsen in de Antwerpse agglomeratie in 2022 (µg/m³): klassieke roos (links) en zeroroos (rechts)



Figuur 38: Pollutierozen concentraties zwarte koolstof in de Antwerpse agglomeratie in 2022



Pollutierozen zwarte koolstof op meetplaatsen Antwerpse agglomeratie 2022

AL01	R802	R805
M802	R803	R817
R801	R804	R818



4.7 Bijdrage van houtverbranding aan zwarte koolstof en PM₁₀

4.7.1 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 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 aethalometermethode¹¹. Bij deze methode gaat men ervan uit dat de gemeten absorptie bij elke golflengte de som is van de absorptie door deeltjes afkomstig van houtverbranding¹² 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 VMM¹³ 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 studie¹⁴ gebaseerd op Vlaamse data, waarin een factor van 22,56 werd voorgesteld. Deze factor rekent ook secundair stof van houtverbranding mee. VITO¹⁵ 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:

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

¹¹ 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

¹² Voor de verschillende zwartekoolstof fracties zijn er verschillende naamgevingen in gebruik:

- 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 men daar ook de meer algemene term biomassaverbranding (BC_{bb} of BB) gebruikt.
- De andere fractie is de zwartekoolstof fractie veroorzaakt door verbranding van fossiele brandstoffen (BC_{ff} of FF)

¹³ 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

¹⁴ 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

¹⁵ 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. De data van de vorige jaren werden herrekend (omdat er eerder gerekend werd met een andere relatie tussen BC_{wb} en levoglucosan, gebaseerd op een meer beperkte meetperiode in 2018 en 2019). De formule die we nu gebruiken is dezelfde als die in de VITO-studie van 2017:

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

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'¹⁶) en andere organische deeltjes. Deze verhouding van BC_{wb} vs PM_{10_wb} sluit nauw aan bij de factor gebruikt op de Franse meetnetten¹⁷.

Voor de berekening van de bijdrage van de verbranding van fossiele brandstoffen aan PM₁₀ hanteren we de op de Franse meetnetten¹⁷ 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.

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

4.7.2 Bijdrage van houtverbranding aan zwarte koolstof

Figuur 39 toont voor 2022 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 wintermaanden¹⁸ 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 verschil tussen winter en zomer relatief 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 13 toont de bijdragen van houtverbranding en van fossiele brandstoffen aan de concentratie zwarte koolstof voor 2022. Tabel 14 toont hetzelfde maar opgesplitst in winter- en zomermaanden.

In 2022 varieert de relatieve bijdrage van houtverbranding (**% BC_{wb} in BC**) tussen de 21 en 30 % en is deze 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 2022 tussen 0,23 en 0,27 µg/m³ en is het hoogst op de meetplaats aan de Ring (R804) en aan de Plantin en Moretuslei (R802), 2 meetplaatsen waar ook de BC-concentratie het hoogst is.

¹⁶ Brown carbon zijn lichtabsorberende organische deeltjes die niet zwart zijn

¹⁷ LCSQA (2020), Guide méthodologique pour la mesure du « Black Carbon » par Aethalomètre multi longueur d'onde AE33 dans l'air ambiant

¹⁸ wintermaanden: januari-maart en oktober-december; zomermaanden: april-september

Tijdens de zomermaanden is het verschil tussen de meetplaatsen voor de concentratie zwarte koolstof afkomstig van houtverbranding ($0,09\text{--}0,14\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$) kleiner dan tijdens de wintermaanden ($0,28\text{--}0,42\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$).

De concentratie zwarte koolstof afkomstig van fossiele brandstoffen (BC_{ff}) varieert in 2021 tussen $0,57\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ en $0,99\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$. De hoogste concentratie wordt gemeten op de verkeersgerichte meetplaats Borgerhout-straatkant (R802) en op de meetplaats Luchtbal (M802). Ook voor BC_{ff} liggen op alle meetplaatsen de concentraties tijdens de wintermaanden hoger dan tijdens de zomermaanden.

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 2016-2022 (zie Figuur 40). Tot 2020 zagen we een daling in de concentratie zwarte koolstof, dankzij een daling van de bijdrage door fossiele brandstoffen. Hierdoor steeg tot 2020 de relatieve bijdrage van houtverbranding aan zwarte koolstof (% BC_{wb} in BC).

In 2022 zien we op de meeste Antwerpse meetplaatsen een stijging in de BC-concentratie: zowel de concentratie BC_{ff} als de concentratie BC_{wb} is op de meeste meetplaatsen gestegen t.o.v. 2021. Op de meetplaatsen waar we een daling in de BC-concentratie meten van 2021 naar 2022, is dit vooral te danken aan een daling van BC_{ff} .

In bijlage 8 staat een tabel met de jaargemiddelden voor BC/ PM_{10} en de bijdragen afkomstig van houtverbranding en fossiele brandstoffen voor de periode 2016-2022 op de Antwerpse meetplaatsen.

4.7.3 Bijdrage van houtverbranding aan PM_{10}

Figuur 41 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 verkeer¹⁹.

Omdat de bijdrage van houtverbranding en van fossiele brandstoffen aan PM_{10} met een respectievelijk 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 $\text{PM}_{10_{\text{wb}}}$ 3 tot 4 maal hoger dan in de zomermaanden.

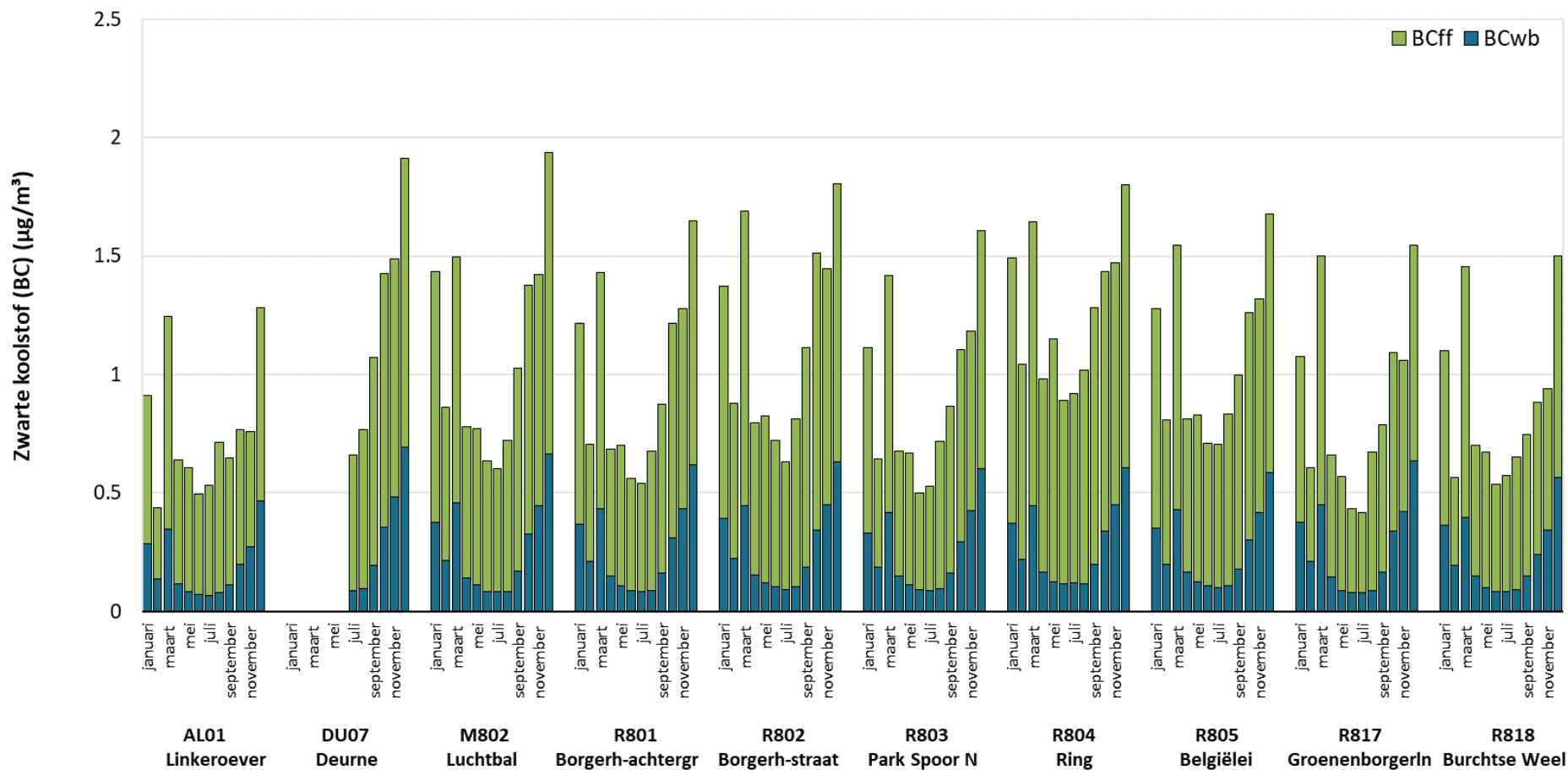
Voor $\text{PM}_{10_{\text{ff}}}$ kunnen we ervanuitgaan dat het verschil tussen de winter- en zomermaanden grotendeels komt door de ongunstige weersomstandigheden in de wintermaanden die verdunning van de vervuiling tegengaan. Voor $\text{PM}_{10_{\text{wb}}}$ wijst het grote verschil tussen beide seizoenen duidelijk op extra uitstoot/extra houtverbranding in de wintermaanden.

Op jaarbasis varieert de relatieve bijdrage van houtverbranding aan PM_{10} ($\text{PM}_{10_{\text{wb}}}$) tussen 10 % en 14 % in 2022. De relatieve bijdrage van houtverbranding is het hoogst op de meetplaats aan de Antwerpse Ring (R804), maar er zit weinig verschil tussen de meetplaatsen.

De relatieve bijdrage van fossiele brandstoffen aan PM_{10} ($\text{PM}_{10_{\text{ff}}}$) varieert op jaarbasis tussen 5 % en 9 % in 2022. De relatieve bijdrage van fossiele brandstoffen is het hoogst op de meetplaats aan de Antwerpse Ring (R804).

¹⁹ B. Brunekreef et al. (2012), Ten principles for clean air. Eur Resp J 2012; 39 :525-528

Figuur 39: Maandelijks gemiddelden van zwarte koolstof afkomstig van houtverbranding (BC_{wb}) en afkomstig van fossiele brandstoffen (BC_{ff}) op de Antwerpse meetplaatsen in 2022



Noot: meetplaats DU07 werd pas in juni 2022 opgestart, vandaar de ontbrekende data

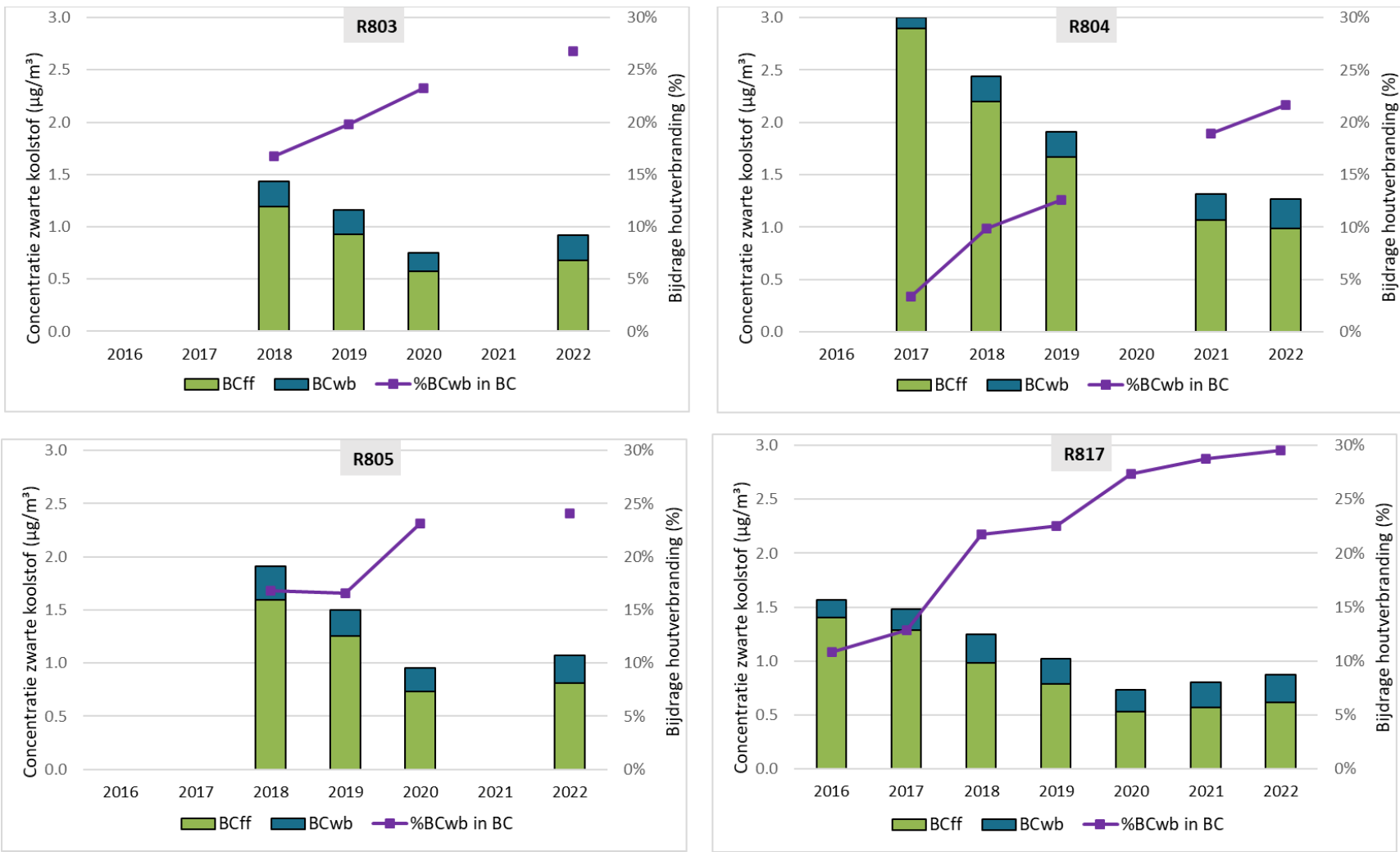
Tabel 13: Absolute en relatieve bijdrage van houtverbranding (BC_{wb}) aan de totale hoeveelheid zwarte koolstof (BC) en aan PM₁₀, voor het volledig jaar 2022

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	0,75	0,57	0,18	24%	21,3	1,1	2,1	10%
M802 Luchtbal	jaar	1,09	0,83	0,26	24%	22,9	1,7	3,0	13%
R801 Borgerhout-achtergr.	jaar	0,96	0,71	0,26	27%	22,5	1,4	2,9	13%
R802 Borgerhout-straatkant	jaar	1,13	0,86	0,27	24%	23,0	1,7	3,0	13%
R803 Park Spoor Noord	jaar	0,92	0,68	0,25	27%	24,3	1,4	2,8	12%
R804 Ring	jaar	1,27	0,99	0,27	21%	21,6	2,0	3,1	14%
R805 Belgiëlei	jaar	1,07	0,81	0,26	24%	25,6	1,6	2,9	11%
R817 Groenenborgerlaan	jaar	0,87	0,62	0,26	30%	22,1	1,2	2,9	13%
R818 Burchtse Weel	jaar	0,86	0,63	0,23	27%	24,1	1,3	2,6	11%

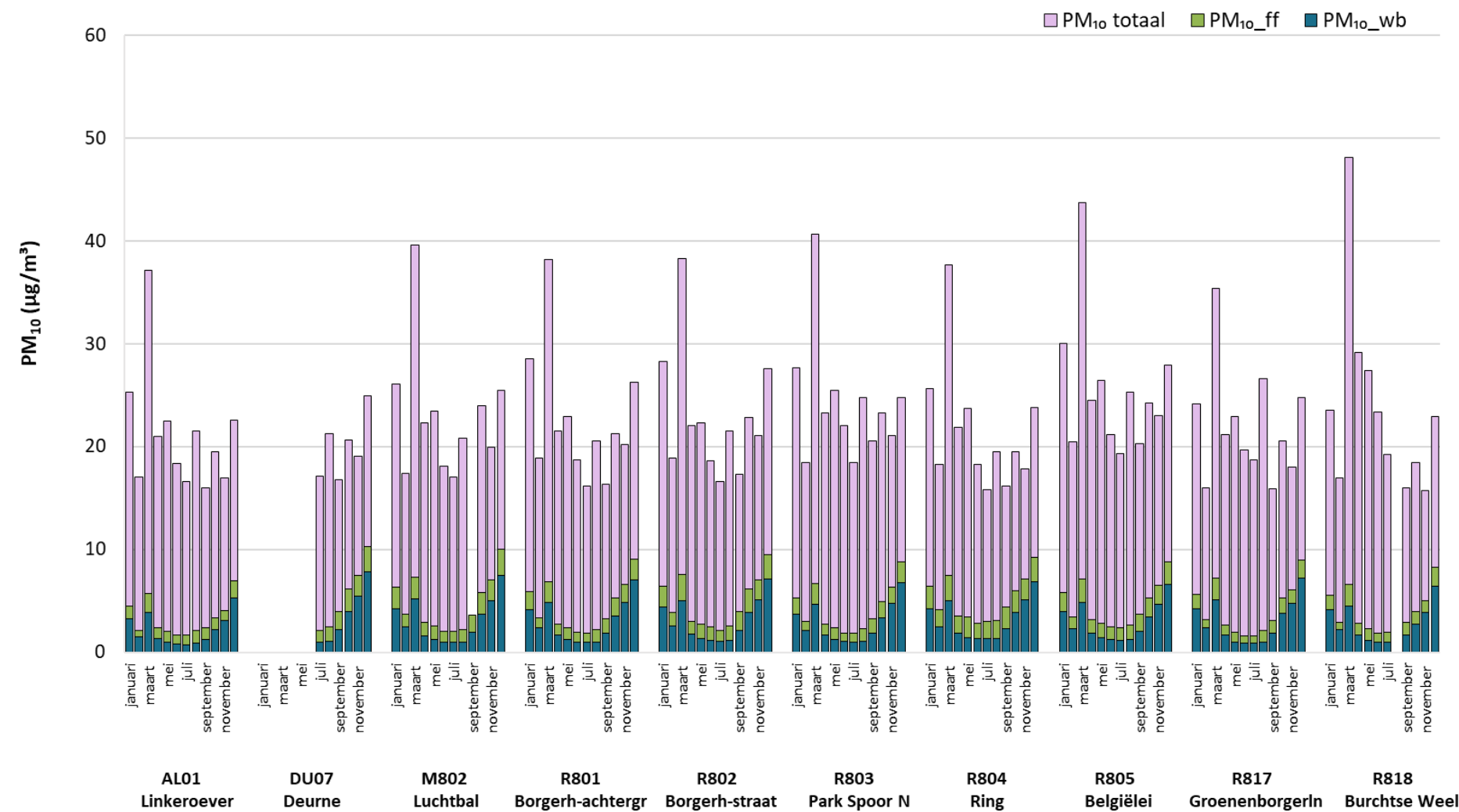
Tabel 14: Absolute en relatieve bijdrage van houtverbranding (BC_{wb}) aan de totale hoeveelheid zwarte koolstof (BC) en aan PM₁₀, opgesplitst in zomer en winter, 2022

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	zomer	0,61	0,52	0,09	15%	19,3	1,0	1,0	5%
	winter	0,90	0,62	0,28	31%	23,2	1,2	3,2	14%
M802 Luchtbal	zomer	0,75	0,64	0,11	15%	20,1	1,3	1,3	6%
	winter	1,43	1,01	0,42	29%	25,6	2,0	4,7	18%
R801 Borgerhout-achtergr.	zomer	0,67	0,56	0,11	16%	19,4	1,1	1,3	7%
	winter	1,26	0,86	0,40	32%	25,7	1,7	4,5	18%
R802 Borgerhout-straatkant	zomer	0,82	0,69	0,13	16%	19,7	1,4	1,4	7%
	winter	1,46	1,04	0,42	29%	26,4	2,1	4,7	18%
R803 Park Spoor Noord	zomer	0,66	0,54	0,12	18%	22,5	1,1	1,3	6%
	winter	1,19	0,81	0,38	32%	26,1	1,6	4,3	16%
R804 Ring	zomer	1,04	0,90	0,14	13%	19,2	1,8	1,6	8%
	winter	1,49	1,08	0,41	28%	23,9	2,2	4,6	19%
R805 Belgiëlei	zomer	0,81	0,68	0,13	16%	22,8	1,4	1,5	7%
	winter	1,32	0,94	0,38	29%	28,4	1,9	4,3	15%
R817 Groenenborgerlaan	zomer	0,59	0,48	0,11	19%	20,9	1,0	1,2	6%
	winter	1,16	0,75	0,41	35%	23,3	1,5	4,6	20%
R818 Burchtse Weel	zomer	0,65	0,54	0,11	17%	24,0	1,1	1,2	5%
	winter	1,08	0,73	0,35	32%	24,2	1,5	4,0	17%

Figuur 40: Evolutie van de bijdrage houtverbranding en bijdrage fossiele brandstoffen tot de concentratie zwarte koolstof voor de periode 2016-2022



Figuur 41: Maandelijks gemiddelden voor PM₁₀ afkomstig van houtverbranding (PM_{10_wb}), afkomstig van fossiele brandstoffen (PM_{10_ff}) en totaal PM₁₀ op de Antwerpse meetplaatsen in 2022



Zwarte koolstof

Figuur 42 geeft het gemiddelde dagverloop voor de **wintermaanden** van 2022.

- Figuur 43 geeft het gemiddelde dagverloop voor de **zomermaanden** van 2022.

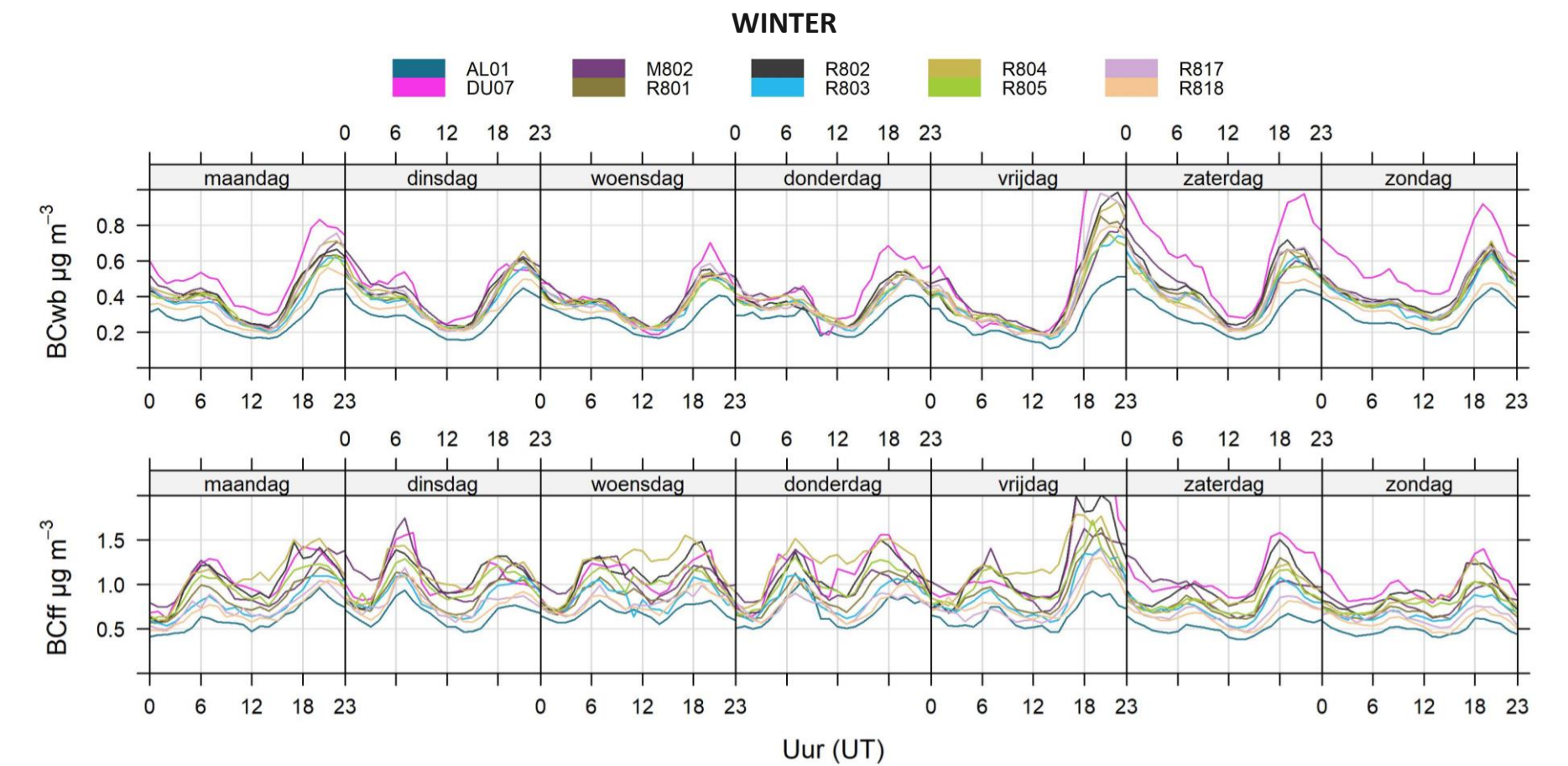
- PM₁₀**

Omdat de bijdrage van houtverbranding en van fossiele brandstoffen aan PM_{10} met een respectievelijke vaste factor (formule zie paragraaf 4.7.1) wordt berekend uit respectievelijk BC_{wb} en BC_{ff} zien we dus dezelfde patronen in het weekverloop.

- 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 **PM_{10-ff}**-concentraties is het concentratieniveau tijdens de zomermaanden iets lager dan tijdens de wintermaanden. Tijdens de zomermaanden zijn de onderlinge verschillen tussen de meetplaatsen kleiner, behalve de meetplaats aan de Ring (R804).

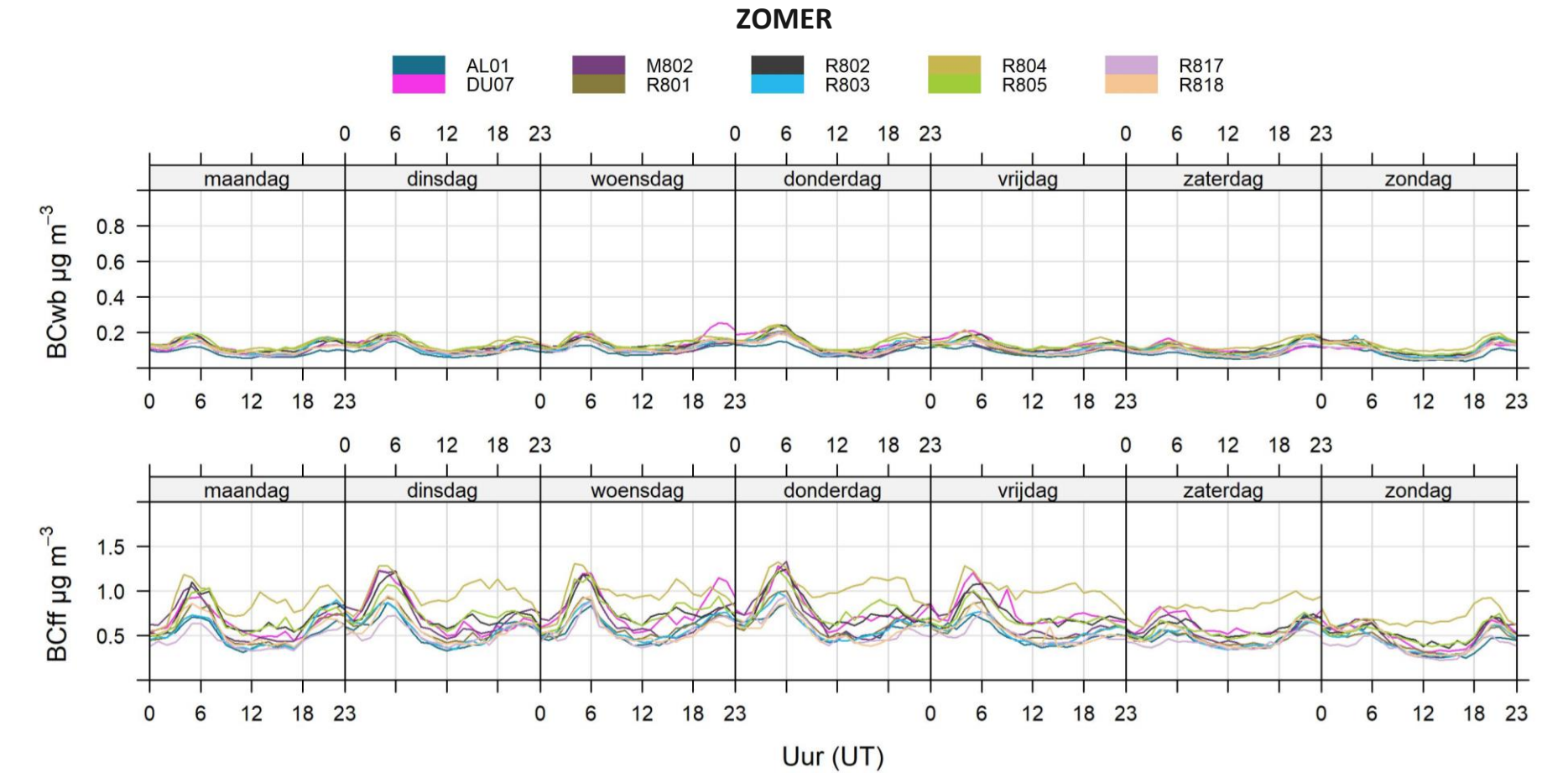
Figuur 42: Dagverlopen van zwarte koolstof afkomstig van houtverbranding (BC_{wb}) en afkomstig van fossiele brandstoffen (BC_{ff}) voor de wintermaanden 2022



Noot:

- Wintermaanden= januari, februari, maart, oktober, november, december
- Voor DU07 alleen data voor oktober-december

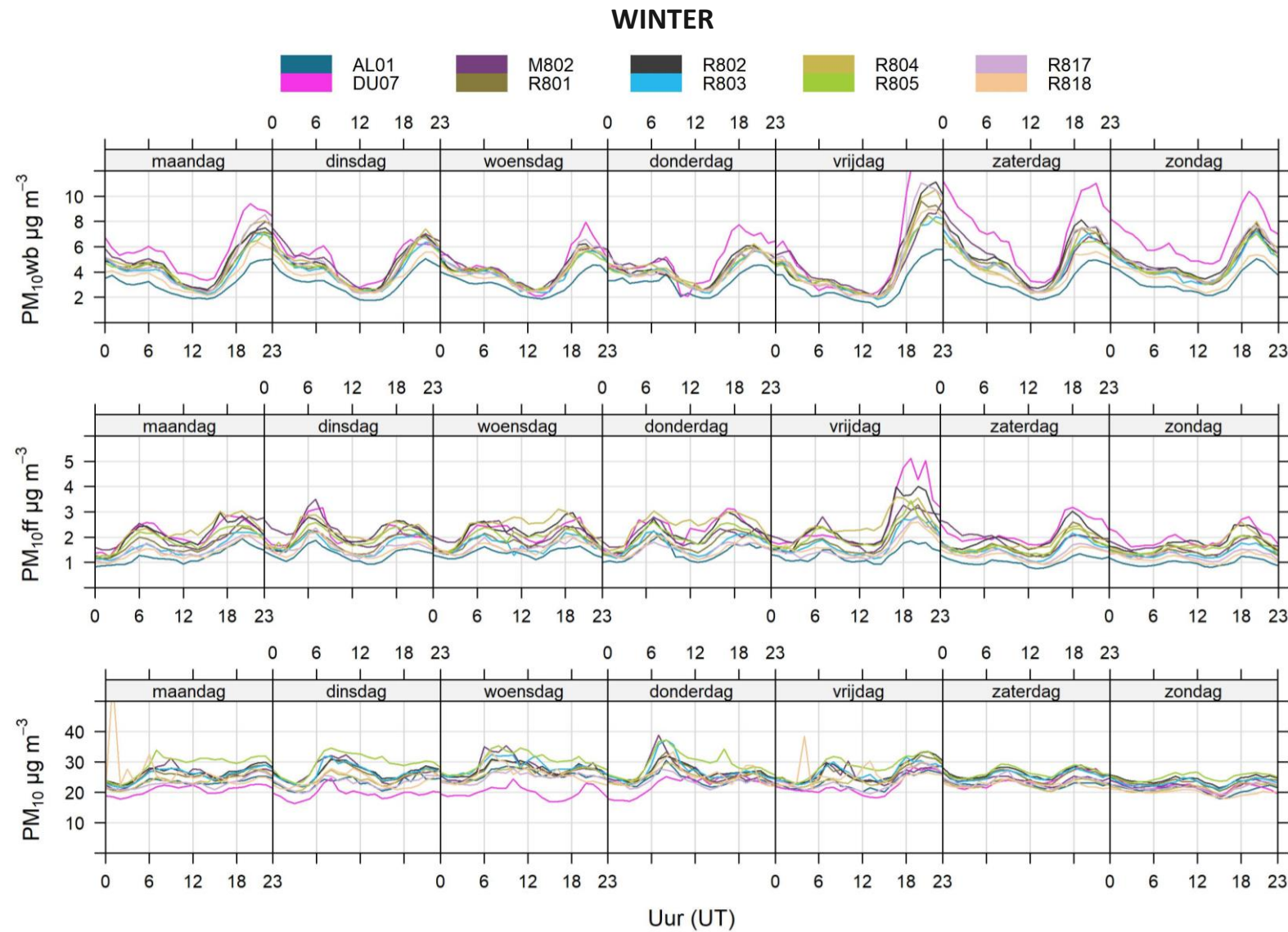
Figuur 43: Dagverlopen van zwarte koolstof afkomstig van houtverbranding (BC_{wb}) en afkomstig van fossiele brandstoffen (BC_{ff}) voor de zomermaanden 2022



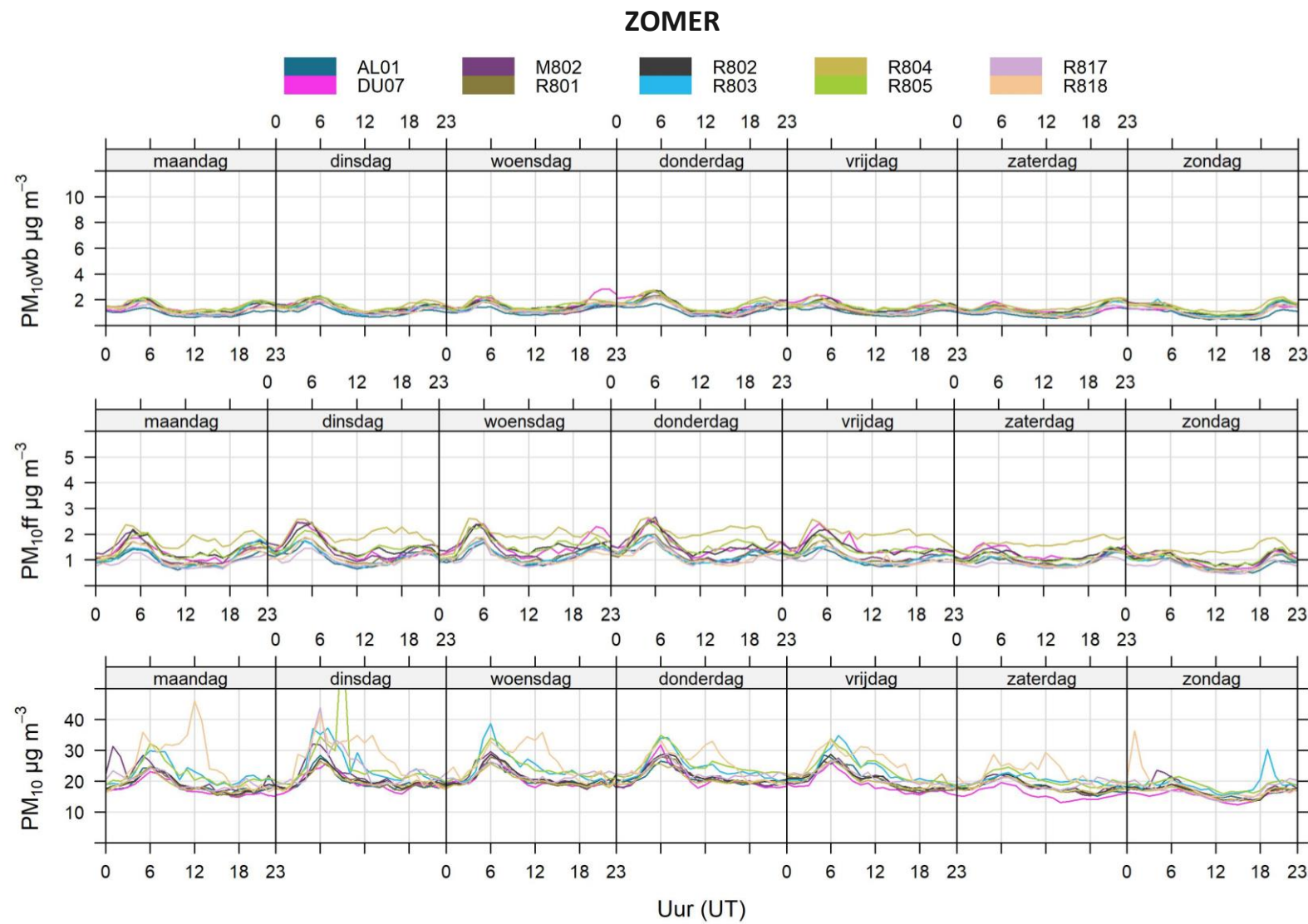
Noot:

- Zomermaanden= april-september
- Voor DU07 enkel data voor juni-september

Figuur 44: Dagverlopen van PM₁₀ afkomstig van houtverbranding (PM_{10_wb}) en afkomstig van fossiele brandstoffen (PM_{10_ff}) en totaal PM₁₀ voor de wintermaanden 2022



Figuur 45: Dagverlopen van PM₁₀ afkomstig van houtverbranding (PM_{10_wb}) en afkomstig van fossiele brandstoffen (PM_{10_ff}) en totaal PM₁₀ voor de zomermaanden 2022



4.7.5 Bijdrage van houtverbranding in functie van de windrichting

Figuur 46 geeft voor de wintermaanden in 2022 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 46, 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, wat aangeeft dat er in de directe omgeving van de meetplaatsen weinig impact is van houtverbranding.

De concentraties op de meetplaats in Luchtbal (M802) zijn voor de meeste windrichtingen het hoogst.

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 46, rechts) zien we 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.

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 heeft rond het bedrijf 3M en waren er aanwijzingen dat PFAS door de grondwerken voor de Oosterweelverbinding via fijn stof door de lucht verspreid werd. De VMM startte hierna onmiddellijk op Linkeroever met luchtmetingen van PFAS en met extra metingen van fijn stof. Dit laatste gebeurde in samenwerking met Lantis.

Figuur 47: Meetopstelling voor PFAS in Zwijndrecht



5.1 PFAS

5.1.1 Wat zijn PFAS

Poly- en perfluoralkylstoffen (PFAS) zijn een grote, heterogene groep van meer dan 6000 stoffen met zeer uiteenlopende fysische en chemische eigenschappen. Ze zijn zowel water- als vetafstotend en goed bestand tegen bijvoorbeeld hitte en zuren. PFAS worden sinds de jaren '60 massaal gebruikt in verschillende toepassingen, zoals oppervlaktebehandeling van tapijten, textiel, leer, karton en papier, als surfactant in blusschuim, in de mijnbouw en de olie-industrie, ...

Wetenschappelijk onderzoek toonde aan dat een aantal 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, waar tijdens de werken aan de Oosterweelverbinding verschillende PFAS-verbindingen teruggevonden werden.

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>.

Sinds de zomer van 2021 voert de VMM PFAS-metingen uit nabij de 3M-site en de Oosterweelwerf. In 2022 werd op 6 locaties PFAS in zwevend stof gemeten en op 11 locaties PFAS in depositie. PFAS in zwevend stof werd ook op R818 gemeten maar alleen bij fijnstofmetingen boven een bepaalde drempelwaarde.

PFAS in zwevend stof:

- Dat betekent dat de verhoogde concentraties het gevolg zijn van PFAS-houdende emissies uit de zone van 3M en de Oosterweelwerf. Op basis van de meetlocaties kan geen onderscheid gemaakt worden tussen beide. PFOS en PFOA zijn langeketen-PFAS die niet meer geproduceerd worden in Zwijndrecht, maar wel kunnen voorkomen in bv. opwaaiend bodemstof.

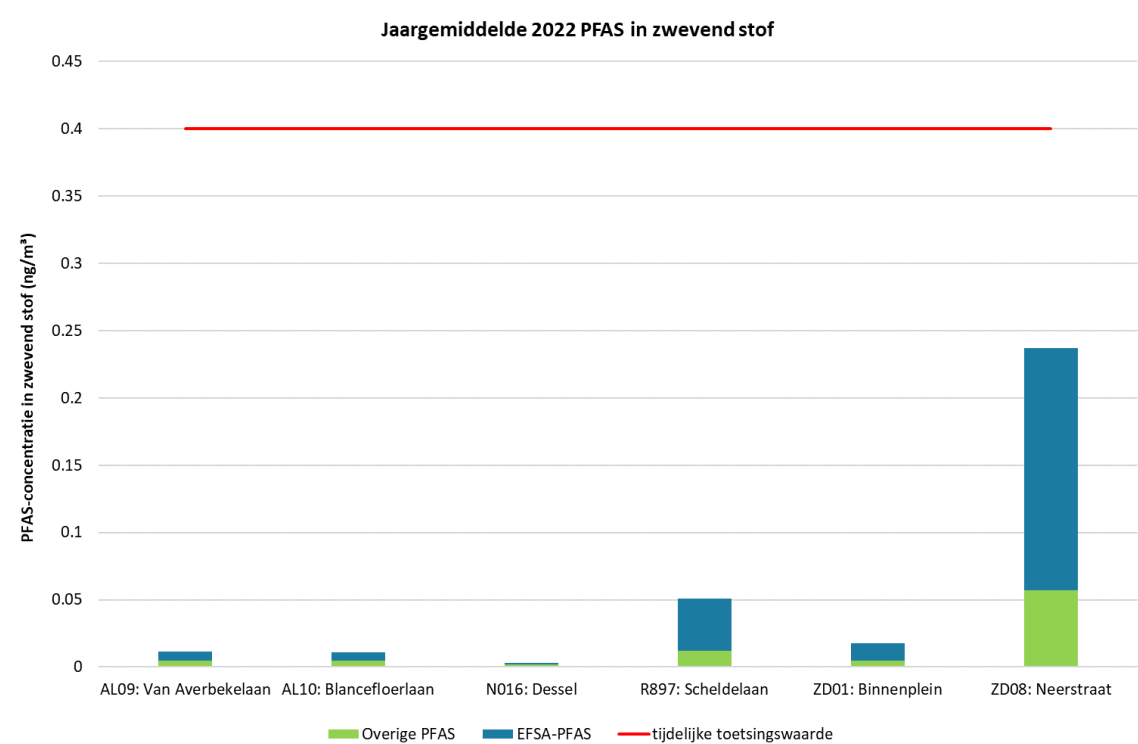
Meer info: <https://www.vmm.be/lucht/lokaal/zwijndrecht-antwerpen-linkeroever/pfas-in-zwevend-stof>

- Op alle meetlocaties zijn PFAS meetbaar in bulkdepositie. De verbindingen die het meest voorkwamen zijn PFOS gevolgd door PFBA, PFOA en vervolgens PFHxA.
- 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 (bv. wind en regen). Op meetlocaties windafwaarts van 3M en de Oosterweelwerf is de aanvoer van PFAS hoger dan op de windopwaartse locaties.
- De hoogste deposities aan EFSA-PFAS werden doorgaans gemeten in natuurgebied Blokkersdijk in Zwijndrecht. Voor de volledige som aan PFAS werden er echter op de Neerstraat hogere deposities gemeten dan in Blokkersdijk.

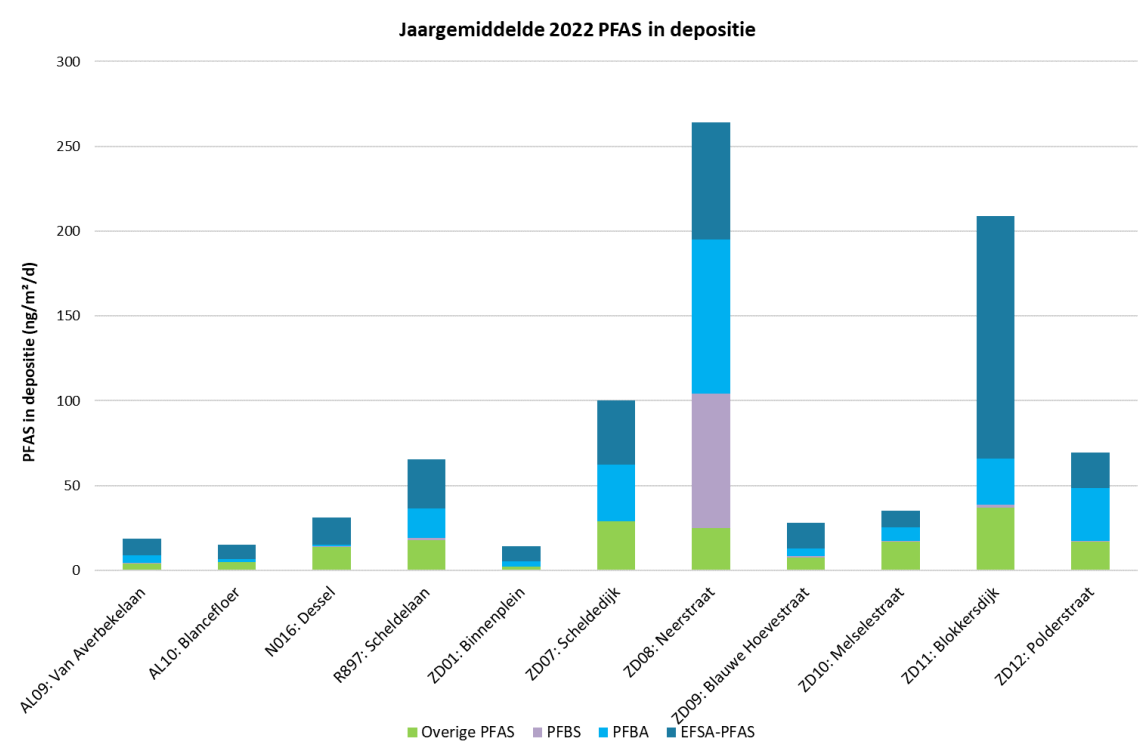
Er is momenteel geen toetsingskader voor PFAS-deposities. De risico's door blootstelling aan PFAS via depositie kunnen dus niet beoordeeld worden.

Meer info: <https://www.vmm.be/lucht/lokaal/zwijndrecht-antwerpen-linkeroever/pfas-in-neervallend-stof>

Figuur 48: Jaargemiddelden voor PFAS in zwevend stof in 2022



Figuur 49: Jaargemiddelden voor PFAS in depositie in 2022



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 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.

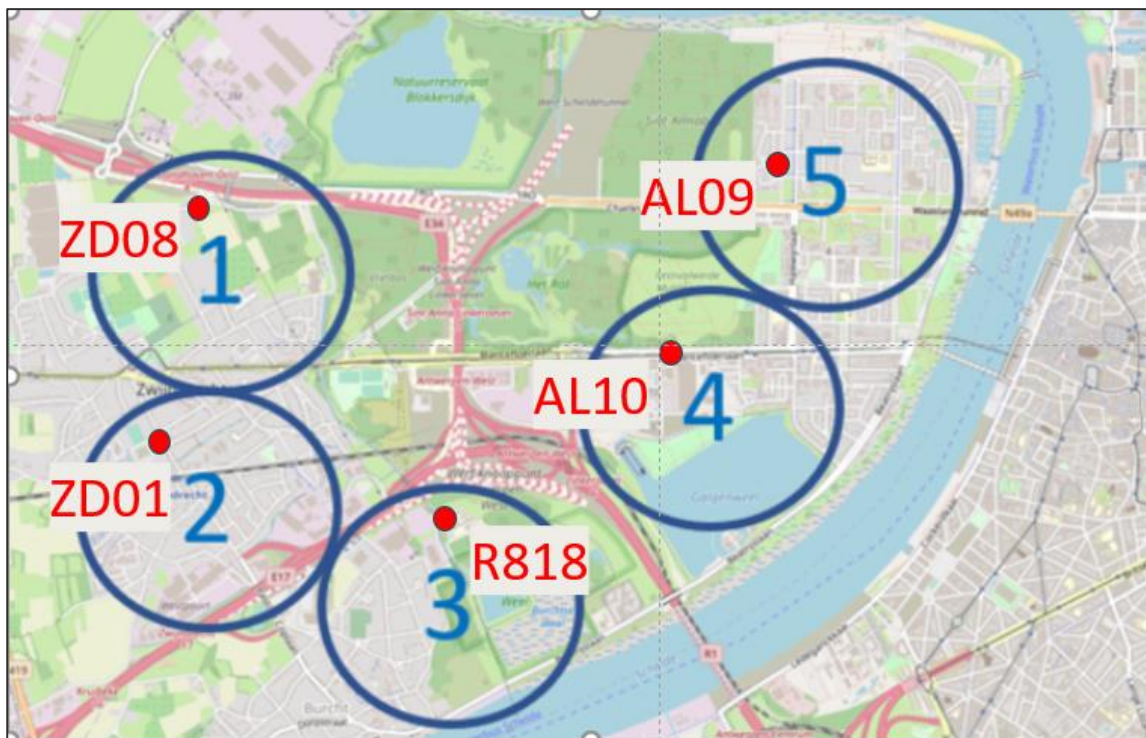
5.2.1 Meetnet

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

Figuur 50: Overzicht van de meetplaatsen in kader van het stofactieplan op Linkeroever



Tabel 15: 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

5.2.2 Regeling drempels voor infrastructuurwerken

Met dit stofmeetnet wordt de lokale bijdrage van de Oosterweelwerken naar de dorpskernen toe continu gemonitord. Door op elk ogenblik de PM_{10} -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.

Wanneer er stofpieken geregistreerd worden richting woongebied, dan wordt, aan de hand van een waarschuwings- en actiedrempel, actie op het terrein ondernomen.

- 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 in afwachting van het dalen van de nettobijdrage van de stofconcentraties in de omringende woonzone(s).

Bepaling van drempels

Het voorstel is momenteel gebaseerd op bescherming ten opzichte van fijn stof (PM_{10}). Als basis wordt de huidige WGO-dagadvieswaarde ($45 \mu\text{g}/\text{m}^3$) voor PM_{10} gebruikt. Hoewel $PM_{2,5}$ gezondheidkundig nog relevanter is dan PM_{10} , weten we dat opwaaiend bodemstof of stof van infrastructuurwerken eerder uit grotere deeltjes bestaat, wat maakt dat PM_{10} beter geschikt is om verspreiding van bodemstof op te volgen.

Om te kunnen inspelen op stofevents op de werf is er voor gekozen om met een 3hmax drempel te werken op de netto PM_{10} -waarden. Daarbij definiëren we:

- **Netto PM_{10} :** lokale PM_{10} -concentratie op de meetplaats min de laagste waarde van de 5 meetplaatsen uit Tabel 15. 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 (bv. door een korte éénmalige stofpiek of door kortstondige lokale variaties in het weer) zorgen voor een drempeloverschrijding.

Waarschuwingdrempel (netto 3hmax) = $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$

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

Dit stofactieplan startte midden februari 2022. Onderstaande tabellen tonen per meetplaats het aantal dagen dat de waarschuwingsdrempel of de actiedrempel overschreden werden.

- De meetplaats met de meeste lokale stofevents is de meetplaats aan de Burchtse Weel (R818). Deze meetplaats ligt bij een school op korte afstand van de werfzone en wordt vooral bij noorderwind sterk beïnvloed door werfactiviteiten en werfverkeer.
- Ook op de meetplaats Neerstraat (ZD08) zien we veel lokale overschrijdingen in de periode maart-september.
- De meetplaats aan de Blancefloerlaan (AL10) noteerde in 2022 het derde hoogste aantal lokale overschrijdingen.

Naam	Code	Mrt	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	TOTAAL
Antwerpen, V Averbekeln	AL09			2	1		2	2	1	1		9
Antwerpen, Blancefloerln	AL10	3	2	6	3		2	3	1	1		21
Antwerpen, Burchtse Weel	R818	10	12	9	6	7	10				1	55
Zwijndrecht, Binnenplein	ZD01						1	3	1	1	5	11
Zwijndrecht, Neerstraat	ZD08	6	3	1	2	8	7	6			2	35

Naam	Code	Mrt	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	TOTAAL
Antwerpen, V Averbekeln	AL09							1	1			2
Antwerpen, Blancefloerln	AL10	1		2								3
Antwerpen, Burchtse Weel	R818	3	4	4	2		2					15
Zwijndrecht, Binnenplein	ZD01										1	1
Zwijndrecht, Neerstraat	ZD08	1				4	3	1				9

Voor PM_{2,5} zien we een vrij gelijkaardig verloop voor alle meetplaatsen. Bij de PM₁₀-grafiek zien we lokale pieken voor een aantal meetstations, wat erop duidt dat het lokale verhogingen van PM_{coarse} zijn (= fractie met diameter tussen 2,5-10 µm). Dit wijst op heropwaaiend bodemstof.

Hetzelfde wordt waargenomen bij de figuren in bijlage 7 die per maand het verloop van de uurwaarden voor $PM_{2.5}$ en PM_{10} tonen.

Figuur 51: Gemiddelde variatie gedurende de dag van de PM₁₀- en PM_{2,5}-concentraties in 2022



- $PM_{2,5}$
- PM_{10}
- PM_{coarse} of grof stof, wat het verschil is tussen PM_{10} en $PM_{2,5}$.

- $PM_{2,5}$
- PM_{10}
- PM_{coarse} of grof stof, wat het verschil is tussen PM_{10} en $PM_{2,5}$.

Vooral de rozen van grof stof of PM_{coarse} zijn interessant omdat bij heropwaaiend bodemstof de deeltjes vaak tussen 2.5 en 10 µm groot zijn.

- 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/lucht/lokaal/zwijndrecht-antwerpen-linkeroever/fijnstofmeetnet>

[illegible]

6 EFFECT VAN DE INVOER VAN DE LAGE-EMISSIONEZONE OP DE CONCENTRATIES

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 haalbaarheidsstudie²¹ uit 2012 die de stad Antwerpen liet uitvoeren voor de invoering van de lage-emissiezone werden slechts beperkte relatieve dalingen in de concentraties PM₁₀ en PM_{2,5} gemodelleerd ten gevolge van de invoering ervan. De grootste relatieve reducties werden gemodelleerd voor elementair koolstof, wat net zoals zwarte koolstof een maat is voor roet²². 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 uitstootten²³.

In de verdere bespreking kijken we daardoor alleen naar de polluenten NO₂ en zwarte koolstof.

6.1.1 Uitdagingen bij het meten van het effect van een LEZ

Een uitspraak doen over het effect van de lage-emissiezone op de concentraties in de omgevingslucht is niet evident.

Een berekende daling in verkeersemissies 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.
- 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.

²¹ Transport & Mobility Leuven (2012), Haalbaarheidsstudie voor invoering en beheer van lage-emissiezone(s) in de stad Antwerpen

²² 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 een thermische methode gebruikt.

²³ De huidige nieuwste diesels (euro 6d) lijken, op basis van de tot nu beschikbare meetgegevens, wel significant minder NOx uit te stoten, maar zij vormen nog maar een klein deel van de vloot.

- 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 LEZ²⁴ toonde aan dat de invoer 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 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 concentraties NO₂ en zwarte koolstof.

Om toch een idee te hebben van het effect van de lage-emissiezone op de concentraties, worden in paragraaf 6.3 de concentraties van de meetplaatsen in Antwerpen in 2022 vergeleken met het jaar voor de invoer 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.

6.2 Verdere verstrenging sinds 2020

De toelatingsvoorwaarden om binnen te mogen in de Antwerpse LEZ werden verstrengd op 1 januari 2020. Sinds de verstrenging hebben EURO3-dieselwagens geen toegang meer en EURO4-diesels alleen na betaling. Bij benzinewagens worden sinds 2020 EURO1-wagens geweerd.

De volgende verstrenging²⁵ was oorspronkelijk voor 2025 gepland, maar is op Vlaams niveau uitgesteld naar 2026.

Tot 1 januari 2026 ligt de focus op het bannen van oude dieselwagens zonder roetfilter omdat die voertuigen zeer veel schadelijk roet uitstoten. Oude benzinewagens zijn wel nog toegelaten omdat hun roetuitstoot gelijkaardig is aan de roetuitstoot van dieselwagens met roetfilter. Zodra de roetuitstoot maximaal is

²⁴ Departement Omgeving & Vlaamse Milieumaatschappij (2020), Impact van de lage-emissiezones op het wagenpark, de luchtkwaliteit en sociaal kwetsbare groepen, Eindrapport – november 2020, <https://www.vmm.be/nieuws/archief/milieu-en-sociale-impact-van-lage-emissiezones>

²⁵ <https://www.slimnaarantwerpen.be/nl/lez/check-uw-voertuig/toelatingsvoorwaarden-vanaf-1-1-2020#vanaf-2025>

6.3 Vergelijking 2022 ten opzichte van 2016 en ten opzichte van 2021

- met deze van het laatste jaar voor de invoer van de LEZ, namelijk 2016 en
- met het vorig jaar, 2021.

Bij de vergelijking van **2022 met 2016**, het jaar voor de invoer van de LEZ, zien we op alle Antwerpse meetplaatsen een daling die varieert tussen 7,0 en 16,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, of relatief uitgedrukt een daling tussen 25 % en 37 %. De verkeersgerichte meetstations Borgerhout-straatkant (R802) en Belgiëlei (R805) vertonen de grootste dalingen.

Bij de vergelijking van **2022 met 2021** zien we op alle Antwerpse meetplaatsen een daling die varieert tussen 0,3 en 4,0 µg/m³ of relatief uitgedrukt een daling tussen 1 % en 16 %. Uitgezonderd op de meetplaats aan de Belgiëlei waar we een stijging zien t.o.v. 2021 met 0,5 µg/m³ (2 %).

De daling op de meetplaats aan de Burchtse Weel is opvallend, dit kan een gevolg zijn van de tijdelijke verlegging van de E17 in kader van de Oosterweelwerken. Ook op de meetplaats aan de Ring zien we een grote daling.

Tabel 18 : Absolute en relatieve verschil in de jaargemiddelden bij vergelijking van 2022 ten opzichte van 2016 en 2020 voor NO₂ (µg/m³)

NO ₂		Jaargemiddelde (µg/m³)				2022 vs 2021		2022 vs 2016	
Code	Naam	2016	2019	2021	2022	(µg/m³)	%	(µg/m³)	%
AL01	Linkeroever	27,0	23,9	21,5	20,0	-1,5	-7%	-7,0	-26%
R801	Borgerhout-achtergr	38,6	31,6	26,0	24,8	-1,2	-5%	-13,8	-36%
R802	Borgerhout-straat	45,0	35,9	29,1	28,7	-0,4	-1%	-16,3	-36%
R803	Park Spoor Noord	32,1	28,0	24,4	24,1	-0,3	-1%	-8,0	-25%
R804	Ring	-	43,3	37,0	33,9	-3,1	-8%	-	-
R805	Belgiëlei	42,6	35,4	28,0	28,5	0,5	2%	-14,1	-33%
R811	Schoten	26,3	21,1	18,2	17,7	-0,5	-3%	-8,6	-33%
R817	Groenenborgerlaan	31,8	25,6	22,0	20,1	-1,9	-9%	-11,7	-37%
R818	Burchtse Weel	-	-	25,1	21,1	-4,0	-16%	-	-

Zwarte koolstof

Vergelijken we **2022 met 2016**, het jaar voor de invoer van de LEZ, dan variëren de dalingen in de Antwerpse meetstations tussen 0,46 en 1,37 µg/m³, of relatief tussen 38 % en 55 %. De concentraties daalden het sterkst op de verkeersgerichte meetplaatsen aan de Plantin en Moretuslei (R802) en aan de Belgiëlei (R805).

Bij de vergelijking van **2022 met 2021** zien we in de Antwerpse meetstations een gemengd beeld:

- Op een aantal meetplaatsen dalen de concentraties met 0,01 tot 0,05 µg/m³ (1 % tot 5 %).
- Op een aantal meetplaatsen stijgen de concentraties met 0,04 tot 0,07 µg/m³ (4 % tot 9 %).

Tabel 19 : Absolute en relatieve verschil in de jaargemiddelden bij vergelijking van 2022 ten opzichte van 2016 en 2020 voor zwarte koolstof (µg/m³)

BC Code	Naam	Jaargemiddelde (µg/m ³)				2022 vs 2021 (µg/m ³)		2022 vs 2016 (µg/m ³)	
		2016	2019	2021	2022		%		%
AL01	Linkeroever	1,21	0,92	0,76	0,75	-0,01	-1%	-0,46	-38%
R801	Borgerhout-achtergr	1,90	1,23	0,91	0,97	0,06	7%	-0,93	-49%
R802	Borgerhout-straat	2,50	1,36	1,09	1,13	0,04	4%	-1,37	-55%
R803	Park Spoor Noord	1,61	1,16	-	0,92	-	-	-0,69	-43%
R804	Ring	-	1,91	1,32	1,27	-0,05	-4%	-	-
R805	Belgiëlei	2,28	1,51	-	1,07	-	-	-1,21	-53%
R817	Groenenborgerlaan	1,57	1,02	0,80	0,87	0,07	9%	-0,70	-45%
R818	Burchtse Weel	-	1,08	0,91	0,86	-0,05	-5%	-	-

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

6.3.2 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, is ook deze aanpak niet perfect omdat we weten dat de invoering van de LEZ ook tot wijzigingen heeft geleid buiten Antwerpen. Zoals aangetoond in het evaluatierapport LEZ²⁶ leidt de invoer van een LEZ tot een versnelde vergroening van het wagenpark, zowel binnen de LEZ als in de rest van Vlaanderen.

NO₂

Gemiddeld over alle Vlaamse stations, zonder de NO₂-meetstations in de Antwerpse agglomeratie, zien we in 2022 ten opzichte van 2016 voor NO₂ een absolute daling van 6,5 µg/m³ en een relatieve daling van 26 %.

De boxplot in Figuur 53 toont aan dat de gemiddelde NO₂-daling op de LEZ-stations tussen 2016-2022 iets groter is dan de gemiddelde Vlaamse daling, maar te weinig verschilt om te zeggen dat de NO₂-concentraties

²⁶ 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>

in de Antwerpse LEZ sterker gedaald zijn dan erbuiten. Ook buiten de LEZ Antwerpen zien we meetplaatsen met een grote daling, met de grootste daling voor de meetplaats aan de G. Callierlaan in Gent (R702) waar er ook invloed is van de verkeersmaatregelen in Gent (circulatieplan sinds 2017 en LEZ sinds 2020).

Zwarte koolstof

Voor de meetstations voor zwarte koolstof in Vlaanderen, met uitzondering van de meetstations in de Antwerpse agglomeratie, zien we in 2022 ten opzichte van 2016 gemiddeld een absolute daling van 0,47 µg/m³ en een relatieve daling van 35 %.

De boxplot toont aan dat de gemiddelde BC-daling op de LEZ-stations tussen 2016-2022 groter is dan de Vlaamse gemiddelde daling.

De LEZ heeft er dus voor 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.

[illegible]

NO₂-jaargemiddelde 2022 vs 2016

Relatief verschil NO₂

■ Vlaanderen (excl LEZ) ■ LEZ Antw

Region	Min	Q1	Median	Q3	Max
Vlaanderen (excl LEZ)	-45%	-33%	-27%	-22%	-12%
LEZ Antw	-37%	-36%	-33%	-26%	-25%

BC-jaargemiddelde 2022 vs 2016

Relatief verschil zwarte koolstof

0%
-10%
-20%
-30%
-40%
-50%
-60%

■ Vlaanderen (excl LEZ) ■ LEZ Antw

Region	Min	Q1	Median	Q3	Max
Vlaanderen (excl LEZ)	-51%	-39%	-34%	-27%	-20%
LEZ Antw	-54%	-53%	-47%	-42%	-38%

[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.

¹: BELAC 456-TEST - VMM Dienst Lucht

bijlage 2 Beschrijving van de polluenten

Stikstofoxides – NO/NO₂

Bijproduct van verbrandingsprocessen

Stikstofoxiden (NO_x) bestaan uit een mengsel van stikstofdioxide (NO_2) 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 NO_2 . NO_2 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 NO_2 . Zowel korte episodes van hoge concentraties, als langdurige blootstelling aan lage concentraties zijn schadelijk voor de gezondheid. Gezondheidseffecten treden al op vanaf $5 \text{ à } 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

NOx dragen bij aan de vorming van andere pollutanten

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).

Fijn stof – PM₁₀, PM_{2.5}, UFP, en zwarte koolstof

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.

Opdeling naar oorsprong: primair en secundair

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.

Opdeling naar grootte: TSP, PM₁₀, PM_{2.5} en UFP

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 μm ($\text{PM}_{0,1}$);
- 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 opstapelen²⁷, maar onderzoek²⁸ 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 $\text{PM}_{2,5}$ 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 veroorzaken²⁹. 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.

²⁷ 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>

²⁸ 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>

²⁹ 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

Gemiddeld verliest een Vlaming 15 gezonde maanden over heel zijn leven bij een levenslange blootstelling aan de huidige fijnstofconcentraties³⁰. Dit is een gemiddelde waarde, bij bepaalde gevoelige personen, zoals astmapatiënten, kinderen en ouderen, zal de impact groter zijn. Fijn stof is veruit de belangrijkste pollutant in de gezondheidsimpact door milieufactoren.

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 (COPD³¹) 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.

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.

³¹ 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.

WGO scherpte in 2021 advieswaarden aan

Op basis van nieuwe wetenschappelijke studies rond gezondheidseffecten van polluenten, blijkt dat de uitstoot van schadelijke stoffen de gezondheid meer schaadt dan eerder was gedacht, daarom stelde de Wereldgezondheidsorganisatie op 22 september 2021 nieuwe advieswaarden voor die voor verschillende stoffen verstrengd werden. In dit rapport wordt aan deze verstrengde advieswaarden getoetst.

Europa doet een voorstel voor een nieuwe, strengere richtlijn

De Europese Commissie heeft in oktober 2022 een voorstel voor herziening van de richtlijnen Luchtkwaliteit gelanceerd. In het voorstel zien we enerzijds een verstrenging van de meeste grenswaarden en anderzijds worden de meeste streefwaarden verstrengd naar grenswaarden.

Dit voorstel is momenteel nog in bespreking tussen de lidstaten en deze wetgeving is dus nog niet van kracht. Daarom toetst de VMM de data van 2022 nog niet aan de regelgeving uit dit voorstel, maar enkel aan de huidige EU-regelgeving en de huidige 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 22: Regelgeving voor PM₁₀ (richtlijn 2008/50/EG en WGO 2005)

Onderwerp		Middelingstijd	Doelstelling
EU-richtlijn 2008/50/EG*	Grenswaarde voor de bescherming van de menselijke gezondheid	1 dag	50 µg/m ³ ; max. 35 overschrijdingen per jaar
		1 jaar	40 µg/m ³
WGO 2021	Advieswaarden	1 dag	45 µg/m ³ ; max. 3 overschrijdingen per jaar
		1 jaar	15 µg/m ³

Regelgeving PM_{2,5}

Tabel 23: Europese regelgeving voor PM_{2.5} (2008/50/EG)

EU-regelgeving (2008/50/EG)	Middelingsstijd	Doelstelling	Datum waarop de waarde moet bereikt zijn
Grenswaarde	Jaar	25 µg/m ³	1 januari 2015
Indicatieve grenswaarde	Jaar	20 µg/m ³	1 januari 2020
Nationale streefwaarde inzake vermindering van de blootstelling ten opzichte van de GBI in 2010	GBI	15,2 µg/m ³	2020
Vlaamse streefwaarde inzake vermindering van de blootstelling ten opzichte van de GBI in 2010	GGBI	15,7 µg/m ³	2020
Blootstellingsconcentratieverplichting	GBI	20 µg/m ³	2015

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

Tabel 24: Advieswaarden voor PM_{2,5} (WGO 2021)

WGO-advieswaarden (WGO 2021)	Middelingstijd	Doelstelling
Advieswaarde	Jaar	5 µg/m ³
	Dag	15 µg/m ³ - max. 3 overschrijdingen per jaar

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. De WGO heeft ook nog geen advieswaarden, maar een ultrafijn stof concentratie van meer dan 10.000 deeltjes/cm³ (daggemiddelde) of 20.000 deeltjes/cm³ (uurgemiddelde) wordt door de WGO wel als “hoog” beschouwd. Een ultrafijn stof concentratie van < 1.000 deeltjes/cm³ (daggemiddelde) wordt door de WGO “laag” beschouwd.

Er is een Europese referentiemethode in opmaak voor het meten van ultrafijn stofdeeltjes, gebaseerd op de reeds bestaande technische specificatie³².

³² CEN/TS 16976:2016 – Ambient Air – Determination of the particle number concentration of atmospheric aerosol

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.

119

- Meer informatie verzamelen over de bronkarakteristieken van deze diffuse emissies (emissiehoogte, diameter van de schouw, ...) zodat het model de spreiding van de emissies met grotere nauwkeurigheid kan berekenen.
- Meer informatie verzamelen over de tijdsprofielen van deze emissies voor de modelkaarten die de actuele luchtkwaliteit tonen.

Opgelet! Voor de modelkaarten van 2022 wordt een **nieuwe kleurenschaal** gebruikt die gebaseerd is op de advieswaarden die de WGO in 2021 definieerde.

De luchtkwaliteit wordt niet slechter

In vergelijking met de vroeger gebruikte concentratieklassen zullen de kaarten “roder” kleuren. Dit betekent echter niet dat de luchtkwaliteit op zich erop achteruitgaat. Integendeel, we stellen vast dat de luchtkwaliteit al verschillende decennia verbetert. Het betekent wel dat er al gezondheidsrisico’s zijn bij lagere concentraties dan voorheen werd ingeschat.

Meer info vind je op <https://www.irceline.be/nl/nieuws/jaargemiddelde-concentratieschalen-aangepast-aan-de-strengere-wgo-advieswaarden>

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.

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 genereert op snelwegen en het onderliggende wegennet. Tellingen op het onderliggende wegennet werden uitgevoerd door AWW (Agentschap Wegen en Verkeer). In 2016 besliste men bij AWW 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 (MOW).

[illegible]

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, lopen er haalbaarheidsstudies bij MOW, en heeft de VMM het project FLOMOVE (**F**ijnmazig **L**okaal Propagatie**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.

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.

- de geografische data uit FLOMOVIA kan nog niet opgeladen en verwerkt worden in het datawarehouse bij VMM. Het is dus ook nog niet mogelijk om uit de geografisch gespreide emissies voor Antwerpen uit Vlaanderen te knippen.
- de emissie-inventaris rapporteert sinds dit jaar de uitstoot van het wegverkeer op basis van verkochte hoeveelheden brandstof (dat is een verplichting voor het internationaal rapporteren van de uitstoot door het wegverkeer in een land).

[illegible]

- voor de bespreking van de trend van de emissies kunnen we de historische zichtjaren (2005, 2010, 2015, 2020) niet herrekenen met FLOMOVIA omdat we voor deze jaren de gedetailleerde lokale verkeersinfo niet hebben. Dit geeft een sprong in de trendgrafiek.
- FLOMOVIA gebruikt als input ook tijdelijke telcampagnes van AWW en de Telraamdata waarvan de locaties van de meetpunten en de telperiode van jaar tot jaar kunnen variëren. Dit kan het in de toekomst moeilijk maken om bij een eventuele trend het onderscheid te maken tussen het effect van de gewijzigde telmeetpunten en een effectieve trend.

bijlage 6 Invloed van de coronamaatregelen op het verkeer in
2020-2021

Om de verspreiding van het COVID-19-virus tegen te gaan, kondigde de Belgische overheid gedurende bepaalde maanden in 2020 nationale maatregelen af. Niet-essentiële winkels moesten sluiten en ook niet-essentiële verplaatsingen werden verboden. Thuiswerk was in bepaalde maanden verplicht en in andere maanden sterk aanbevolen. Hierdoor daalde het verkeer drastisch, zeker tijdens de eerste, strengste periode met maatregelen die tot midden mei duurden. Maar ook in de overige maanden in 2020 was er duidelijk minder verkeer, vooral in het najaar tijdens de tweede, iets minder strenge lockdown vanaf midden oktober 2020.

In 2021 was er nog altijd veel virus in omloop, maar waren minder strenge maatregelen qua verplaatsingen van kracht, hoewel thuiswerken een belangrijke pijler bleef in de bestrijding van het virus.

Figuur 54 toont de evolutie van de filezwaarte³³ in de periode 2013-2022.

De filezwaarte op de hoofdwegen in het Vlaamse gewest is tot 2018 blijven stijgen, met voor het Vlaams gewest een piek in mei 2018 en voor de regio Antwerpen een piek in december 2019-januari 2020. In 2020 was er een zeer sterke daling door de start van de coronamaatregelen. In april 2021 steeg het jaargemiddelde van de filezwaarte voor het eerst sinds het begin van de coronacrisis opnieuw. Eind 2022 was de filezwaarte ongeveer op hetzelfde niveau als voor de coronacrisis.

De meeste en langste files doen zich voor in de regio's Antwerpen en Brussel. In de regio Antwerpen nam de filezwaarte tot begin 2020 sneller toe dan in en rond Brussel. De sterke daling in filezwaarte vanaf maart 2020 was veel groter in de regio's Antwerpen en Brussel dan elders. In dezelfde regio's is vanaf april 2021 ook weer de grootste stijging te zien.

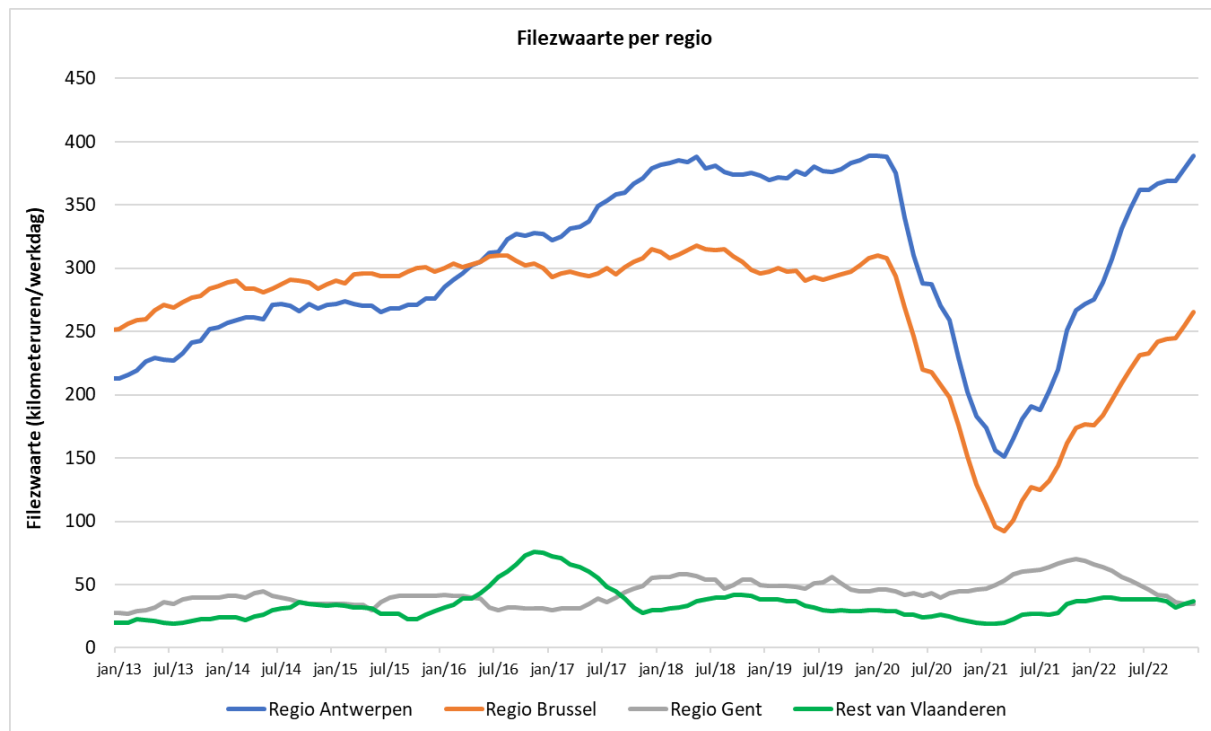
Figuur 55 geeft het dagelijks aantal afgelegde voertuigkilometers (de ‘verkeersprestatie’) weer op de Vlaamse snelwegen voor de jaren 2019-2022.

De impact van de coronacrisis liet zich sterk voelen op de Vlaamse snelwegen, vooral in het voorjaar van 2020 en in het najaar van 2020. Maar ook in 2021 lag het aantal voertuigkilometers van de niet-vrachtwagens op de Vlaamse snelwegen nog altijd een stuk lager dan het niveau van voor de coronacrisis (jaar 2019). In 2022 lijkt het aantal voertuigkilometers weer meer genormaliseerd, hoewel het aantal nog iets lager blijft dan in 2019.

Voor 2020 en in mindere mate voor 2021 zagen we dat het verkeer werd beïnvloed door de coronamaatregelen en er hierdoor minder verkeer was en dus ook minder uitstoot van wegverkeer. In 2022 lijkt dit niet meer het geval te zijn.

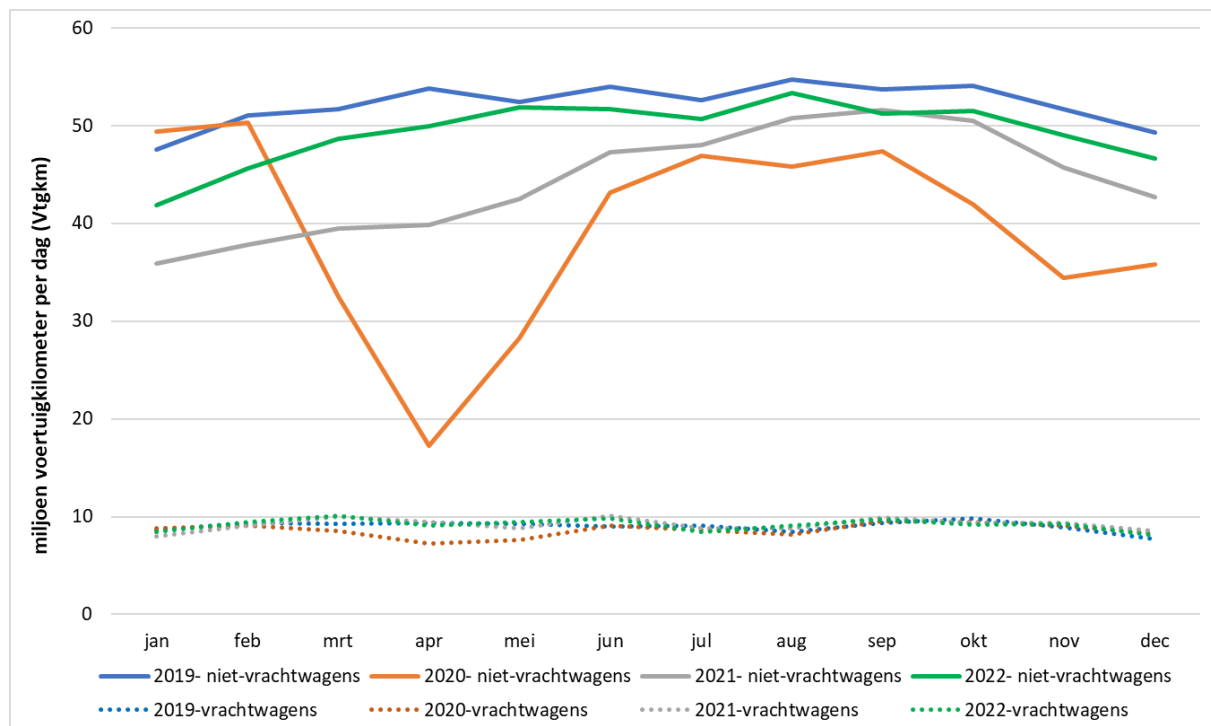
³³ De filezwaarte geeft aan wat de gemiddelde omvang is van de files en combineert filelengte met fileduur en wordt gerapporteerd als voortschrijdend jaargemiddeld (d.w.z. de waarde gerapporteerd voor de maand januari 2022 is gebaseerd op de 12 voorgaande maanden, nl. februari 2021-januari 2022).

Figuur 54: Evolutie van de filezwaarte, voortschrijdend jaargemiddelde (kilometeruren per werkdag), 2013-2022



Bron: Vlaams verkeerscentrum

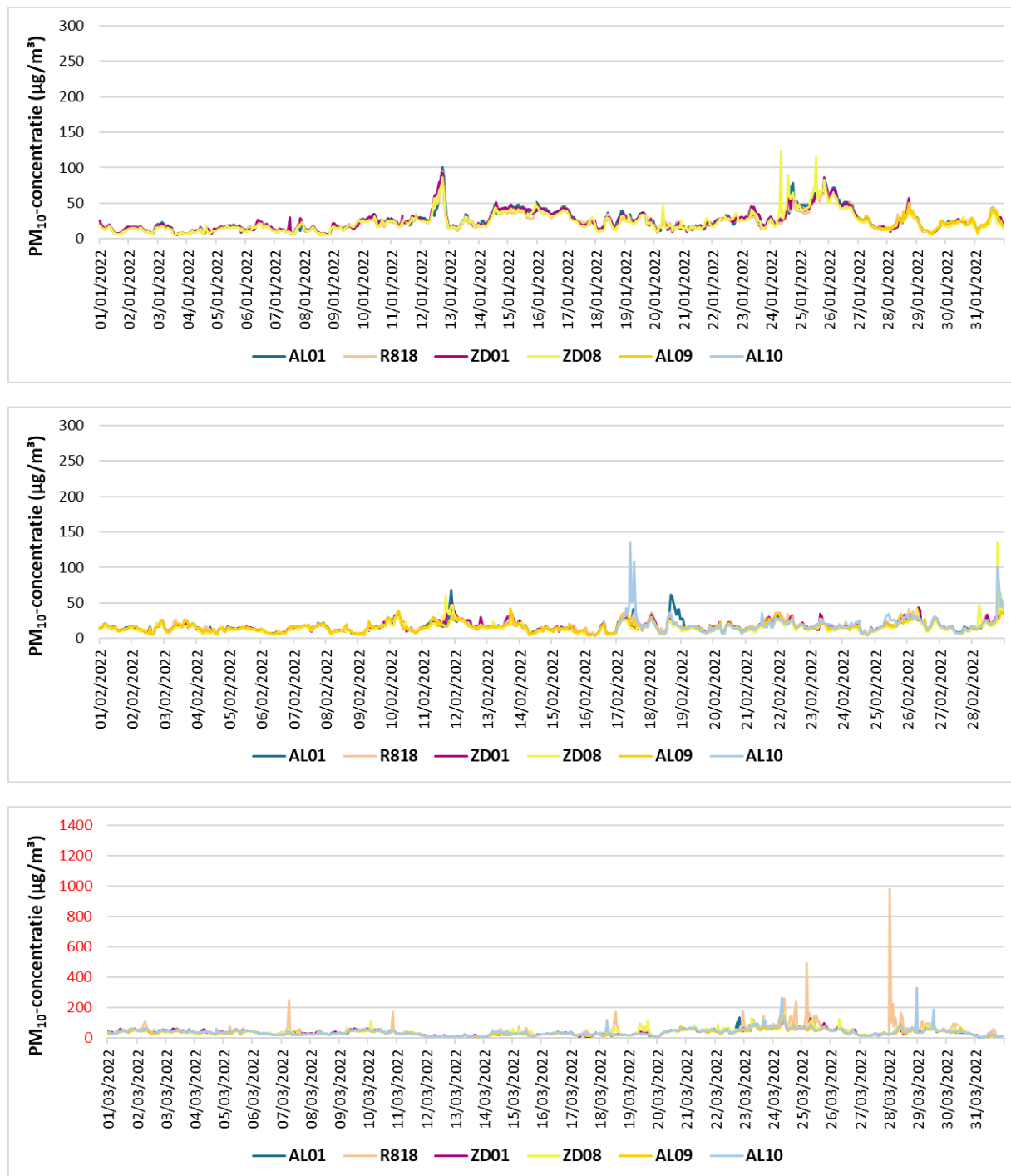
Figuur 55: Vergelijking van de verkeersprestaties (voertuigkilometers) op de Vlaamse snelwegen in 2019-2022



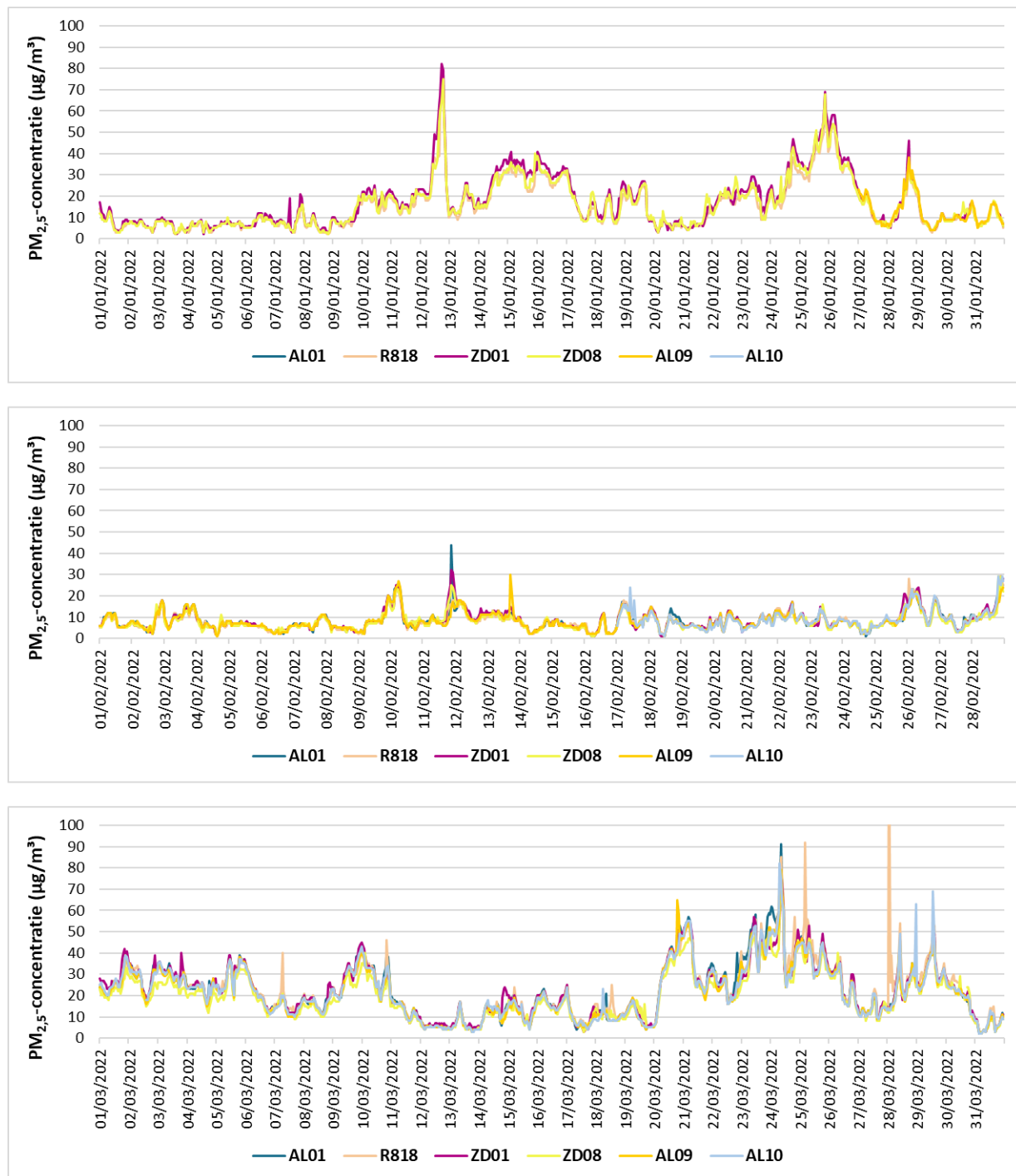
Bron: Vlaams verkeerscentrum

bijlage 7 Verloop van de uurwaarden per maand op Linkeroever

Figuur 56: Verloop PM₁₀-uurgemiddelden per maand op de meetplaatsen op Linkeroever in 2022



Figuur 57: Verloop PM_{2,5}-uurgemiddelden per maand op de meetplaatsen op Linkeroever in 2022



bijlage 8 Resultaten houtverbranding 2016-2022

Tabel 25: Absolute en relatieve bijdrage van houtverbranding (BC_{wb}) aan de totale hoeveelheid zwarte koolstof (BC) en aan PM_{10} , per jaar voor de periode 2016-2022

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 %
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 %
R801 Borgerhout-achtergr.	2016	-	-	-	-	-	-	-
	2017	-	-	-	-	-	-	-
	2018	-	-	-	-	-	-	-
	2019	-	-	-	-	-	-	-
	2020	0,86	0,64	0,22	26%	23,2	1,5	7 %
	2021	0,91	0,68	0,23	25%	22,8	2,6	11 %
	2022	0,96	0,71	0,26	27%	22,5	2,9	13 %

[illegible]

