



Standaardeffecten van lokale Mobiliteitsmaatregelen op Luchtkwaliteit

Studie uitgevoerd in opdracht van: Vlaamse Milieumaatschappij
Referentie: 2310356/MAP
Februari 2024



VLAAMSE
MILIEUMAATSCHAPPIJ



Vision on technology
for a better world

vito.be

Standaardeffecten van lokale Mobiliteitsmaatregelen op Luchtkwaliteit

VITO

Boeretang 200

2400 MOL

Belgium

BTW No: BE0244.195.916

vito@vito.be – www.vito.be

IBAN BE34 3751 1173 5490 BBRUBEBB

Auteurs

Degraeuwe Bart, VITO

Hofman, Jelle, VITO

Vranckx, Stijn, VITO

Van Zeebroeck, Bruno, TMLLeuven

Verspreidingslijst

Elst Evelyne, VMM

Wynands, Annemie, VMM

Depotnummer: D/2024/6871/026

Distributie: openbaar

Ref: 2310356/MAP

Dit rapport is de weerslag van een onafhankelijk wetenschappelijk onderzoek op basis van de stand van de kennis van wetenschap en techniek beschikbaar bij VITO op het moment van het onderzoek. Alle intellectuele eigendomsrechten, waaronder het auteursrecht, op dit rapport berusten bij de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek ("VITO"), Boeretang 200, BE-2400 Mol, RPR Turnhout BTW BE 0244.195.916. Dit rapport kan zonder de voorafgaande schriftelijke toestemming van VITO niet geheel of gedeeltelijk worden gereproduceerd of worden gebruikt voor het instellen van claims, voor het voeren van gerechtelijke procedures, voor reclame of antireclame en ten behoeve van werving in meer algemene zin. Tenzij uitdrukkelijk anders bepaald is de informatie zoals verstrekt in dit rapport van vertrouwelijk aard en kan dit rapport, of delen ervan, niet worden verspreid aan derden. In het geval dat reproductie of verspreiding wel is toegestaan, vb. door de vermelding "algemene verspreiding", is bronvermelding verplicht.

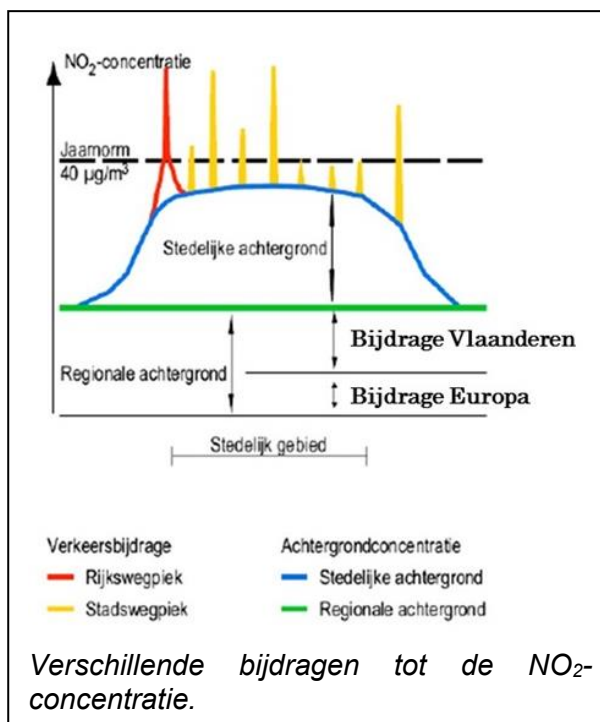
SAMENVATTING

Dit rapport presenteert een diepgaande analyse van 20 lokale mobiliteitsmaatregelen die de luchtkwaliteit kunnen verbeteren door de emissie van schadelijke stoffen zoals stikstofdioxide (NO₂) en fijnstof (PM_{2.5}) te verminderen. Twee groepen van maatregelen komen aan bod: lokale maatregelen in één specifieke straat en gemeentelijke maatregelen met een impact in een groter deel van een gemeente. De doelgroep van deze studie zijn lokale besturen die op eenvoudige wijze willen inschatten welke maatregelen op een bepaalde locatie de luchtkwaliteit kunnen verbeteren en hoe groot deze verbetering zou kunnen zijn.

Iedere maatregel wordt uitvoerig toegelicht met een beschrijving en de te verwachten impact op de verkeersintensiteiten, verkeersamenstelling en luchtkwaliteit door middel van recente voorbeelden uit Vlaanderen of uit de internationale literatuur. Vervolgens wordt een eenvoudige berekeningswijze voorgesteld om zelf de impact van veranderende verkeersintensiteiten en samenstelling op de luchtkwaliteit te berekenen in een specifieke straat of gemeente. Hiervoor wordt het rekenmodel CAR-Vlaanderen gebruikt dat onlangs nog geactualiseerd werd voor Vlaanderen (achtergrondconcentraties en emissiefactoren). Waar CAR-Vlaanderen niet alle aspecten van de maatregel kan modelleren worden extra Excel-rekenbladen voorzien om de nodige invoerdata voor CAR te genereren.

Op basis van deze studie kan gesteld worden dat de grootste globale luchtkwaliteitsimpact kan verwacht worden van grootschalige (gemeentelijke) maatregelen. Toch kan de impact van lokale maatregelen (specifieke straat(en)) erg effectief zijn voor specifieke knelpunten of situaties. Zo zal het invoeren van een schoolstraat resulteren in aanzienlijke reducties van de verkeersintensiteit nabij de schoolpoort en specifiek de blootstelling van een kwetsbare doelgroep (kinderen) verlagen tijdens spitsuren. Zowel voor de gemeentelijke als de lokale maatregelen werd een ranking voorgesteld op basis van de te verwachten impact. Aangezien dit rapport lokale (gemeentelijke) maatregelen bespreekt zullen deze dan ook effect hebben op de lokale verkeersbijdrage aan luchtverontreiniging.

Wanneer we de luchtkwaliteitsimpact van dergelijke maatregelen bekijken lijkt dit soms klein door de grote Vlaamse achtergrondbijdrage. Het is dan ook van belang om knelpuntlocaties te bepalen in je gemeente met een grote lokale verkeersbijdrage aangezien hier de grootste potentiële impact van lokale maatregelen kan behaald worden. De figuur hiernaast verduidelijkt dit met een schematische weergave van de brontoewijzing voor NO₂; overall is er een regionale achtergrond afkomstig van bronnen in Europa en Vlaanderen, in steden zijn NO₂-concentraties hoger ten gevolge van de vele stedelijke bronnen, en langsheen drukke (binnenstedelijke) wegen zijn er uitschieters veroorzaakt door het lokale verkeer. Het is op die laatste locaties dat maatregelen de grootste impact zullen hebben.



Naast de impact op mobiliteit en luchtkwaliteit (focus van deze studie), is het als beleidsmaker bovendien cruciaal om alle aspecten van leefbaarheid (veiligheid, geluid, fysieke activiteit, klimaat, bereikbaarheid...) te beschouwen in de uiteindelijke beleidskeuzes. De meest efficiënte en duurzame maatregelen zullen locatie-specifieke maatregelen zijn die zowel resulteren in een positieve impact op luchtkwaliteit als op de algemene leefbaarheid. Deze studie evalueert verschillende mobiliteitsmaatregelen naar hun impact op de luchtkwaliteit maar benadrukt dan ook dat een bredere afweging van alle leefbaarheidsaspecten cruciaal is bij de uiteindelijke beslissingsvorming.

INHOUDSTAFEL

2

Samenvatting	I
Inhoudstafel	III
Lijst van Figuren.....	VIII
Lijst van tabellen	XI
Lijst van afkortingen	XII
1 Inleiding.....	1
2 Algemene werkwijze	3
2.1 Huidige situatie inschatten.....	3
2.1.1 Inschatting van de actuele luchtkwaliteit	3
2.1.2 Inschatting van de actuele verkeerssituatie	7
2.2 Impact van de maatregel bepalen	7
2.2.1 Impact van een maatregel op de verkeerstromen	7
2.2.2 Impact van de vlootsamenstelling op emissies inschatten	8
2.2.3 Impact van een maatregel op de luchtkwaliteit	10
3 Verkeersmaatregelen.....	14
3.1 Invoeren van een knip in een straat	17
3.1.1 Wat en waarom?	17
3.1.2 Impact op verkeer.....	17
3.1.3 Impact op de luchtkwaliteit	17
3.1.4 Voorbeelden in Vlaanderen	18
3.1.5 Zelf aan de slag.....	20
3.1.6 Conclusies.....	20
3.2 Invoeren van een schoolstraat	21
3.2.1 Wat en waarom	21
3.2.2 Impact op verkeer.....	21
3.2.3 Impact op de luchtkwaliteit	22
3.2.4 Voorbeelden in Vlaanderen	22
3.2.5 Zelf aan de slag.....	25
3.2.6 Conclusie.....	27
3.3 Instellen van eenrichtingsverkeer	29
3.3.1 Wat en waarom?	29
3.3.2 Impact op verkeer.....	29
3.3.3 Impact op de luchtkwaliteit	29
3.3.4 Voorbeelden in Vlaanderen	30
3.3.5 Zelf aan de slag.....	30
3.3.6 Conclusies.....	30

3.4	Invoeren fietsstraat	31
3.4.1	Wat en waarom?	31
3.4.2	Impact op verkeer.....	31
3.4.3	Impact op de luchtkwaliteit	32
3.4.4	Voorbeelden in Vlaanderen.....	32
3.4.5	Zelf aan de slag.....	32
3.4.6	Conclusies.....	32
3.5	Wijzigende snelheden	34
3.5.1	Wat en waarom?	34
3.5.2	Impact op verkeer.....	34
3.5.3	Impact op de luchtkwaliteit	35
3.5.4	Voorbeelden in Vlaanderen.....	35
3.5.5	Zelf aan de slag.....	36
3.5.6	Conclusies.....	37
3.6	Optimalisatie van verkeerslichten.....	39
3.6.1	Wat en waarom?	39
3.6.2	Impact op verkeer.....	39
3.6.3	Impact op de luchtkwaliteit	40
3.6.4	Voorbeelden in Vlaanderen.....	41
3.6.5	Zelf aan de slag.....	41
3.6.6	Conclusie.....	42
3.7	Afzuigen tunnelmissies (via schoorstenen)	43
3.7.1	Wat en waarom?	43
3.7.2	Impact op de verkeersstromen	43
3.7.3	Impact op de luchtkwaliteit	43
3.7.4	Voorbeelden in Vlaanderen.....	44
3.7.5	Zelf aan de slag.....	44
3.7.6	Conclusies.....	45
3.8	Groeninrichting	46
3.8.1	Wat en waarom?	46
3.8.2	Impact op verkeer.....	46
3.8.3	Impact op luchtkwaliteit	46
3.8.4	Voorbeelden in Vlaanderen.....	47
3.8.5	Zelf aan de slag.....	48
3.8.6	Conclusies.....	48
3.9	Afscherming d.m.v. schermen en bermes	50
3.9.1	Wat en waarom?	50
3.9.2	Impact op verkeer.....	51
3.9.3	Impact op de luchtkwaliteit	51

3.9.4	Voorbeelden in Vlaanderen	51
3.9.5	Zelf aan de slag	52
3.9.6	Conclusies	52
3.10	Elektrificatie van het wagenpark	53
3.10.1	Wat en waarom	53
3.10.2	Impact op verkeer	53
3.10.3	Impact op de luchtkwaliteit	54
3.10.4	Zelf aan de slag	54
3.10.5	Voorbeelden in Vlaanderen	54
3.10.6	Conclusies	55
3.11	Instellen van lage-emissiezones (LEZ)	57
3.11.1	Wat en waarom?	57
3.11.2	Impact op verkeer	57
3.11.3	Impact op de luchtkwaliteit	58
3.11.4	Voorbeelden in Vlaanderen	60
3.11.5	Zelf aan de slag	60
3.11.6	Conclusie	61
3.12	Stimuleren van schoon openbaar vervoer	62
3.12.1	Wat en waarom?	62
3.12.2	Impact op verkeer	62
3.12.3	Impact op de luchtkwaliteit	62
3.12.4	Voorbeelden in Vlaanderen	62
3.12.5	Zelf aan de slag	62
3.12.6	Conclusie	63
3.13	Stedelijke distributie: concept stadsdistributiecentrum (hub aan de rand van de stad)	64
3.13.1	Wat en waarom?	64
3.13.2	Impact op het verkeer	67
3.13.3	Impact op de luchtkwaliteit	67
3.13.4	Voorbeelden (in Vlaanderen).	68
3.13.5	Zelf aan de slag	68
3.13.6	Conclusies	68
3.14	Weren van doorgaand vrachtverkeer uit centrum	70
3.14.1	Wat en waarom?	70
3.14.2	Impact op het verkeer	70
3.14.3	Impact op de luchtkwaliteit	71
3.14.4	Voorbeelden in Vlaanderen	72
3.14.5	Zelf aan de slag	73
3.14.6	Conclusie	73

3.15	Invoeren van een Circulatieplan	75
3.15.1	Wat en waarom	75
3.15.2	Impact op verkeer.....	75
3.15.3	Impact op luchtkwaliteit	77
3.15.4	Voorbeelden in Vlaanderen.....	77
3.15.5	Zelf aan de slag.....	78
3.15.6	Conclusies.....	78
3.16	Invoeren van betalend parkeren, inclusief de milieudifferentiatie van parkeertarieven	79
3.16.1	Wat en waarom?	79
3.16.2	Impact op verkeer.....	79
3.16.3	Impact op luchtkwaliteit	80
3.16.4	Voorbeelden in Vlaanderen.....	81
3.16.5	Zelf aan de slag.....	81
3.16.6	Conclusies.....	82
3.17	Stimuleren van Fietsverkeer.....	83
3.17.1	Wat en waarom?	83
3.17.2	Impact op verkeer.....	85
3.17.3	Impact op de luchtkwaliteit	86
3.17.4	Voorbeelden in Vlaanderen.....	86
3.17.5	Zelf aan de slag.....	87
3.17.6	Conclusies.....	87
3.18	Invoeren van deelsystemen (auto/fiets).....	89
3.18.1	Wat en waarom?	89
3.18.2	Impact op verkeer.....	89
3.18.3	Impact op de luchtkwaliteit	91
3.18.4	Voorbeelden in Vlaanderen.....	91
3.18.5	Zelf aan de slag.....	92
3.18.6	Conclusies.....	92
3.19	Stimuleren van het openbaar vervoer	93
3.19.1	Wat en waarom?	93
3.19.2	Impact op verkeer.....	93
3.19.3	Impact op de luchtkwaliteit	95
3.19.4	Voorbeelden in Vlaanderen.....	95
3.19.5	Zelf aan de slag.....	95
3.19.6	Conclusies.....	95
3.20	Instellen van (dynamische) parkeergeleidingssystemen	97
3.20.1	Wat en waarom?	97
3.20.2	Impact op verkeer.....	97

3.20.3	Impact op luchtkwaliteit	98
3.20.4	Voorbeelden in Vlaanderen	98
3.20.5	Zelf aan de slag	99
3.20.6	Conclusies	99
4	Besluit	101
LITERATUUR		1
5	Bijlagen	5
5.1	Bijlage A	6

LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1-1: Evolutie van NO _x en PM _{2.5} emissies in Vlaanderen. Bron: https://www.vmm.be/lucht/stikstof/uitstoot-stikstofoxiden https://www.vmm.be/lucht/fijnstof/uitstoot-pm2-5	1
Figuur 2-1: Jaargemiddelde NO ₂ -concentratie in Vlaanderen. Detail van Mechelen met de E19 en enkele street canyons in het centrum. Bron: https://www.vmm.be/lucht/stikstof/concentratie-stikstofdioxide	3
Figuur 2-2: Jaargemiddelde PM _{2.5} -concentratie in Vlaanderen. Detail van Mechelen met de E19 en enkele street canyons in het centrum. Bron: https://www.vmm.be/lucht/fijnstof/concentratie-pm2-5	4
Figuur 2-3: Jaargemiddelde concentratie van zwarte koolstof (BC) in Vlaanderen. Detail van Mechelen met de E19 en enkele street canyons in het centrum. Bron: https://www.vmm.be/lucht/fijnstof/concentratie-zwarte-koolstof	5
Figuur 2-4: Curieuzeneuzen: de NO ₂ -concentratie op 20.000 locaties in Vlaanderen. Bron: https://www.standaard.be/curieuzeneuzen/map/#8.3/51.025/4.387	5
Figuur 2-5: Dagelijkse verkeerssamenstelling van 1/9/2023 tot 31/10/2023 in de Groenveldstraat in Heverlee. (bron: https://telraam.net/nl/location/9000001752/2023-09-01/2023-10-31).	7
Figuur 2-6: Screenshot uit het Excelrekenblad 'Vlootsamenstelling_en_emissies.xlsx', tabblad 'vlootsamenstelling'. In de blauwe tabel wordt aangegeven welke voertuigtypes toegelaten zijn. In de groene tabel verschijnen de resultaten: emissieverhoudingen tussen de Alternatieve vloot en de basisvloot. Deze resultaten kunnen gebruikt worden in CAR-Vlaanderen (screenshot in de groene kader rechts onderaan).	10
Figuur 2-7: Configuratie van schoolstraat in CAR Vlaanderen. Lijn 1: jaargemiddeld zonder schoolstraat, lijn 2: jaargemiddeld met schoolstraat, lijn 3: uurgemiddelde zonder schoolstraat, lijn 4 uurgemiddelde met schoolstraat.	12
Figuur 2-8: NO ₂ concentratie in de schoolstraat. Lijn 1: jaargemiddeld zonder schoolstraat, lijn 2: jaargemiddeld met schoolstraat, lijn 3: uurgemiddelde zonder schoolstraat, lijn 4 uurgemiddelde met schoolstraat.....	13
Figuur 3-1: Voorbeeld van een impactfiche voor een schoolstraat als lokale mobiliteitsmaatregel	15
Figuur 3-2: knip nabij het centrum van Kontich.....	17
Figuur 3-3: Resultaten van slagboomstudie (Bron: Hofman et al. 2022)	19
Figuur 3-4: Schoolstraat.....	21
Figuur 3-5 Percentage verandering in concentratie van verkeerspolluenten (NO _x , BC en UFP) bij 3 scholen tijdens de ochtendspits ten opzichte van een referentieperiode op dezelfde dag net voor de ochtendspits.....	23
Figuur 3-6 Impact van de invoering van een knip (eenrichtingsverkeer) en schoolstraat in Kampenhout op de lokale bijdrage (boven) en totale concentratie (onder) aan NO ₂ (blauw), NO (oranje) en fijn stof (PM1; groen) tijdens de implementatieuren.	24
Figuur 3-7: illustratie van impact van een fictieve schoolstraat met Traffic scout (groen=afname verkeer, rood= toename verkeer, blauwe pijl=schoollocatie).....	25
Figuur 3-8: Configuratie van schoolstraat in CAR Vlaanderen. Lijn 1: jaargemiddeld zonder schoolstraat, lijn 2: jaargemiddeld met schoolstraat, lijn 3: uurgemiddelde zonder schoolstraat, lijn 4 uurgemiddelde met schoolstraat.	26
Figuur 3-9: NO ₂ concentratie in de schoolstraat. Lijn 1: jaargemiddeld zonder schoolstraat, lijn 2: jaargemiddeld met schoolstraat, lijn 3: uurgemiddelde zonder schoolstraat, lijn 4 uurgemiddelde met schoolstraat.....	27
Figuur 3-10: Eenrichtingsstraat.....	29
Figuur 3-11: Fietsstraat in Bonheiden (links), het netwerk van fietsstraten in Bonheiden (rechts).....	32

Figuur 3-12: Snelheidsafhankelijkheid van de emissiefactoren van NO _x en PM _{2.5} voor personenwagens en vrachtwagens in de Belgische vloot van 2025 (Bron: FASTRACE en COPERT.).....	34
Figuur 3-13: Snelheidsverdeling op de Kapucijnenvoer (limiet 30 km/u) en de Naamse Steenweg (limiet 50 km/u).	37
Figuur 3-14: Berekening van een gewogen NO _x -emissiefactor op basis van de snelheidsverdeling.	37
Figuur 3-15: verkeerslichten (bron MOW, 2022).....	39
Figuur 3-16: Verschillende configuraties voor een tunnelmond: geen maatregelen, schermen aan de tunnelmond, actieve en passieve schouw. Bron: Integrale analyse schouwen en impact op luchtkwaliteit, Oosterweelverbinding, Lantis, 29 maart 2022 (intern rapport).	43
Figuur 3-17: NO ₂ -verschilkaart tussen situaties met en zonder schouw: links het verschil tussen passieve schouw en de situatie zonder schouw, rechts het verschil tussen een actieve schouw en de situatie zonder schouw. Dit is de tunnelmond van de Oosterweeltunnel op de linkeroever van de Schelde De verkeersintensiteit in de rijrichting naar de E34 is 25000 voertuigen per dag. De tunnel is 1.8 km lang (Bron: VITO en Lantis).	44
Figuur 3-18: Groene gevel van Greenhouse Antwerpen, een coworking gebouw aan de Singel in Antwerpen (bron: https://sempergreenwall.com/nl/nieuws/greenhouse-antwerp-verduurzaamt-met-groene-gevel/)	47
Figuur 3-19: Berekening van de concentraties in de Bothastraat in Antwerpen met (onderste lijn; bomenfactor: 1,5) en zonder bomen (bovenste lijn; bomenfactor: 1).	48
Figuur 3-20: Modelwaarden (rood), metingen (blauwe vierkanten) en achtergrondconcentraties (zwarte lijn) (NO ₂ , alle in µg/m ³) uitgezet tegen hun afstand tot het midden van de snelweg (geval 5). Paarse stippen geven de verschillende rijbanen weer. De rode stippellijnen tonen de modelwaarden die zijn gecorrigeerd voor te hoge achtergrondconcentraties, de nieuwe achtergrond wordt gegeven in de gestippelde zwarte lijn (Lefebvre and Vranckx, 2013)......	51
Figuur 3-21: Berekening van de concentraties langs de Staatsbaan in Lubbeek zonder scherm.	52
Figuur 3-22: Evolutie van de nieuw registraties per brandstof van 2008 tot 2023. In het groen het aandeel elektrische voertuigen. Het overgrote deel van deze voertuigen zijn niet-privaat. Bron: https://ecoscore.be/fiches > Distribution.....	55
Figuur 3-23: Baten (emissiereductie) tegenover weerstand (aantal wagens dat niet meer binnen mag).....	59
Figuur 3-24: Illustratie van de logica van een stadsdistributiecentrum (CDU-central distribution unit) (GOOD MOVE fiche vraag 2, Waarom zijn er zoveel vrachtwagens in en rond Brussel? maart 2017).....	65
Figuur 3-25: Kosten van een e-vrachtfiets, compacte dieselbestelauto, compacte e-bestelauto en compacte distributie wagen (links) exclusief en (rechts) inclusief loonkosten (die niet verschillen per voertuigtype).....	66
Figuur 3-26: Werking van een vrachtwagensluis – (AWV-website) (links) verbodsbord doorgaand vrachtverkeer (verkeersnet.nl) (rechts).....	70
Figuur 3-27: NO ₂ -metingen in Houhalen-Helchteren in het kader van Curieuzeneuzen. Bron: https://viewer.curieuzeneuzen.be/	72
Figuur 3-28: Invoerdata voor de situatie met 14% zwaar vrachtverkeer en zonder zwaar vrachtverkeer op de Diestsesteenweg in Leuven.	73
Figuur 3-29: Resultaten voor NO ₂ en PM _{2.5} met en zonder vrachtverkeer.....	73
Figuur 3-30: Traffic scout doorrekening bij invoering van eenrichtingswegen (rechts) en bij invoering van knip in het centrum (links) van Lubbeek.....	77
Figuur 3-31: impact op de luchtkwaliteit van een doorgedreven modal shift	77
Figuur 3-32: Ingeven van een verminderd aantal lichte dieselveertuigen die niet aan Euro 6 voldoen.	81
Figuur 3-33: Schaalfactor voor de emissies ten gevolge van een verminderd aantal lichte dieselveertuigen die niet aan Euro 6 voldoen.	82

Figuur 3-34: aanleg van (dubbelrichting) fietspad in Sint-Pieters-Leeuw (Pelikaanberg) waarbij één rijstrook van het autoverkeer wordt vervangen door een fietspad (Bron: Fietsberaad)	83
Figuur 3-35: Met de 'bike to work' campagne ondersteunt de Fietsersbond bedrijven en hun werknemers zoveel mogelijk werknemers op de fiets te krijgen (Bron Fietsberaad).	84
Figuur 3-36: Een beveiligde fietsenstalling (bron fietsberaad).	84
Figuur 3-36: Cambio deelwagens (foto Cambio.be)	89
Figuur 3-38: overzicht van de aanbieders van deelauto's in België	91
Figuur 3-38: Bussen van de Lijn	93

LIJST VAN TABELLEN

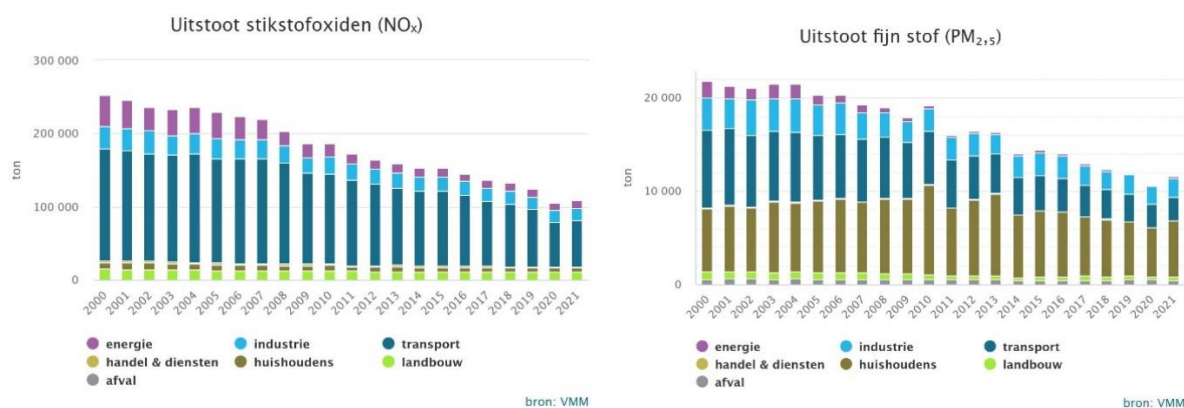
Tabel 2-1: Huidige Europese limieten, Vlaamse streefwaarden, voorgestelde limieten van de EC en advieswaarden van de WGO voor NO ₂ en PM _{2.5}	6
Tabel 2-2: Vereenvoudigde indeling van het voertuigenpark in 24 types om de impact van de vlootsamenstelling op NO _x en PM _{2.5} emissies in te schatten.....	8
Tabel 3-1: Brontoewijzing voor de NO ₂ -concentratie op een stedelijke achtergrondlocatie en in een drukke straat canyon in een Vlaamse centrumstad. Gebaseerd op een brontoewijzing per sector en ruimtelijk (canyon, lokaal, regionaal, buiten Vlaanderen) met Chimere, IFDM en OSPM).	16
Tabel 3-2: Herschaling van de effecten van de schouwen op de Oosterweeltunnel naar een tunnel in typische stedelijke omgeving.....	44
Tabel 3-3: Toelichting bij de bomenfactor, zoals toegepast in CAR-Vlaanderen.....	48
Tabel 3-4: Gemiddeld effect op de verkeersbijdrage en onzekerheid (95% betrouwbaarheidsinterval) van het vier meter hoge referentiescherm en het zeven meter hoge scherm op 10 meter achter het scherm in de Proeftuin Schermen (Hooghwerff et al., 2009).	51
Tabel 3-5: PM _{2.5} -emissiefactoren in de stad voor Euro 4 en Euro 6d medium diesel, benzine en elektrische personenwagens opgesplitst naar oorsprong: uitlaat, resuspensie (opwaaiend stof), wegslijtage en slijtage van banden en remmen.	54
Tabel 3-6: Relatieve daling van de BC-concentraties in Antwerpen en Vlaanderen	59
Tabel 3-7: Relatieve dalingen van de NO ₂ -concentraties in Antwerpen en Vlaanderen.	60
Tabel 3-8: Overzicht van de impact van circulatieplannen op verkeer in en rond enkele Vlaamse steden.	76

LIJST VAN AFKORTINGEN

NO ₂	Stikstofdioxide
PM _{2.5}	Particulate Matter smaller than 2.5 µm, fijn stof kleiner dan 2.5 µm
PM ₁₀	Particulate Matter smaller than 10 µm, fijn stof kleiner dan 10 µm
EC	Elemental Carbon, elementaire koolstof
VMM	Vlaamse Milieumaatschappij
WGO	Wereldgezondheidsorganisatie
LEZ	Lage-emissiezone, Low Emission Zone
EF	Emissiefactor

1 INLEIDING

De luchtkwaliteit in Vlaanderen is de laatste jaren sterk verbeterd. Concentraties van bv. stikstofdioxide (NO₂) en fijn stof (PM_{2.5}) overschrijden nog maar zelden de huidige jaargemiddelde normen¹ van respectievelijk 40 µg/m³ en 20 µg/m³. Deze reducties werden gerealiseerd door emissiereducties in alle sectoren en vooral in wegtransport (Figuur 1-1). Zo hebben alle dieservoertuigen sinds de invoering van de Euro 5/V standaard in 2009 een roetfilter. Dit heeft geleid tot een sterke daling van de uitstoot van fijn stof (PM_{2.5}). Omdat de Belgische vloot toen voor de helft uit dieselwagens bestond was de impact van de invoering van de nieuwe Euronorm in Vlaanderen groter dan elders. Voor NO_x-emissies was de invoering van een nieuwe testprocedure een keerpunt. Vooral Euro 5 dieselwagens maar ook de eerste Euro 6 dieselwagens stootten ongeveer 5 keer meer NO_x uit dan de norm door het dieselgate-schandaal. Met de invoering van een nieuwe testprocedure, Real Driving Emissions, werd de NO_x-uitstoot van Euro 6d-temp en Euro 6d dieselwagens sterk gereduceerd. De vernieuwing van het wagenpark doet dan de rest. Ook de verschuiving naar meer benzine en elektrische wagens heeft deze evolutie versneld. Hoewel het ook een doelstelling van het Vlaams Luchtbeleidsplan is om het aantal gereden kilometers te verminderen² heeft dit in de praktijk niet tot een daling van de emissies geleid. Na de twee coronajaren is het aantal afgelegde kilometers op de Vlaamse wegen terug gestegen. Verdere inspanningen om de wegverkeeremissies te laten dalen blijven nodig omdat het de ambitie is om op lange termijn (2050) de concentraties te doen dalen tot de aanbevolen waarden van de Wereldgezondheidsorganisatie: een jaargemiddelde van 10 µg/m³ voor NO₂ en 5 µg/m³ voor PM_{2.5}



Figuur 1-1: Evolutie van NO_x en PM_{2.5} emissies in Vlaanderen. Bron: <https://www.vmm.be/lucht/stikstof/uitstoot-stikstofoxiden> <https://www.vmm.be/lucht/fijnstof/uitstoot-pm2-5>

Verkeeremissies zijn altijd een belangrijke bijdrage geweest tot de blootstelling aan NO₂ en fijn stof omdat het een van de belangrijkste bronnen is en omwille van de nabijheid van de emissiebronnen. Daarom zijn maatregelen die deze emissies aanpakken essentieel om de toekomstige doelstellingen te halen. Maatregelen worden genomen op alle niveaus. Op Europees niveau worden emissiestandaarden voor voertuigen vastgelegd. Zo werd op 13

¹ De [luchtkwaliteitsnormen](#) gelden sinds 2010/2015 en zijn momenteel in herziening.

² <https://www.vmm.be/publicaties/vlaams-luchtbeleidsplan-2030-voortgangsrapport-2023>

maart 2024 de nieuwe Euro 7 norm goedgekeurd door het Europees Parlement³. Ook op nationaal en gewestelijk vlak zijn er maatregelen om de vergroening van het wagenpark te stimuleren. De belangrijkste maatregelen zijn de belastingvoordelen voor elektrische (salaris)wagens. Zulke maatregelen zorgen ervoor dat op Europees en nationaal vlak de concentraties dalen. Toch blijven er vaak lokaal nog *hot spots* over met uitzonderlijk hoge concentraties. Dit geldt zeker voor NO₂. NO₂-concentraties kunnen hoog oplopen op en langs wegen en nemen sterk af verder van de weg. Om op zulke locaties de concentraties en blootstelling van de bevolking te verminderen zijn lokale maatregelen erg belangrijk. Deze maatregelen zijn het onderwerp van dit rapport.

De maatregelen die in dit rapport besproken worden zijn eerder kleinschalig. Grootschalige projecten waarvoor een milieu-effectenrapportage en gedetailleerde verkeers- en luchtkwaliteitsmodellering nodig is vallen buiten de scope van dit rapport. De doelgroep zijn lokale besturen die op eenvoudige wijze willen inschatten welke maatregelen op een bepaalde locatie de luchtkwaliteit kunnen verbeteren en hoe groot deze verbetering zou kunnen zijn.

Het is belangrijk om te vermelden dat men geen te hoge verwachtingen mag hebben van één enkele lokale mobiliteitsmaatregel.

- Door de sterke reductie van de verkeersemissies in de afgelopen 10 jaar wordt het potentieel van bijkomend maatregelen kleiner. De volledige elektrificatie van wegtransport zal op langere termijn het belang van verkeersmaatregelen bijna volledig doen verdwijnen. Elektrische voertuigen hebben enkel nog niet-uitlaat emissies van fijn stof.
- De concentraties van NO₂ en voornamelijk fijn stof worden mede bepaald door verkeersemissies van elders en door emissies van andere sectoren.
- De impact op de verkeersintensiteiten is soms beperkt.

Maar dat neemt niet weg dat iedere microgram telt om de doelstellingen op lange termijn te halen, een impact heeft op de gezondheid van de omwonenden en dat een pakket maatregelen een groter effect zal hebben.

De structuur van het rapport is als volgt. Hoofdstuk 2 geeft u enkele inzichten en handvaten om zelf een inschatting te maken van de impact op luchtkwaliteit van maatregelen. Hierbij wordt een bestaand programma, CAR-Vlaanderen, gebruikt. Om voor sommige maatregelen de nodig invoerdata voor CAR-Vlaanderen aan te maken zijn twee Excel-rekenbladen gemaakt. Deze zijn beschikbaar op dezelfde webpagina als dit rapport. In Hoofdstuk 3 worden dan 20 maatregelen in detail besproken. Voor iedere maatregel wordt een korte beschrijving gegeven, gevolgd door de impact op verkeer en luchtkwaliteit. Er volgen enkele voorbeelden en dan een berekeningswijze om de impact op verkeer en luchtkwaliteit te bepalen. Afsluitend is er een samenvattende tabel. Naast de impact op mobiliteit en luchtkwaliteit hebben we geprobeerd om hier bij ieder maatregel ook kort in te gaan op aspecten zoals gezondheid, het sociale, leefbaarheid, geluid, energie... Bv. vanuit het perspectief van luchtkwaliteit is een overstap van een dieselwagen naar een elektrische wagen of elektrische fiets ongeveer hetzelfde (niet-uitlaat PM buiten beschouwing). Maar vanuit energiestand helemaal niet: een elektrische wagen verbruikt 50 keer meer energie per kilometer dan een elektrische fiets. Een overstap naar de fiets is ook gezonder, zorgt voor minder ruimtegebruik, minder geluidshinder en dus een betere leefbaarheid. Deze tabellen zijn ook als apart document beschikbaar.

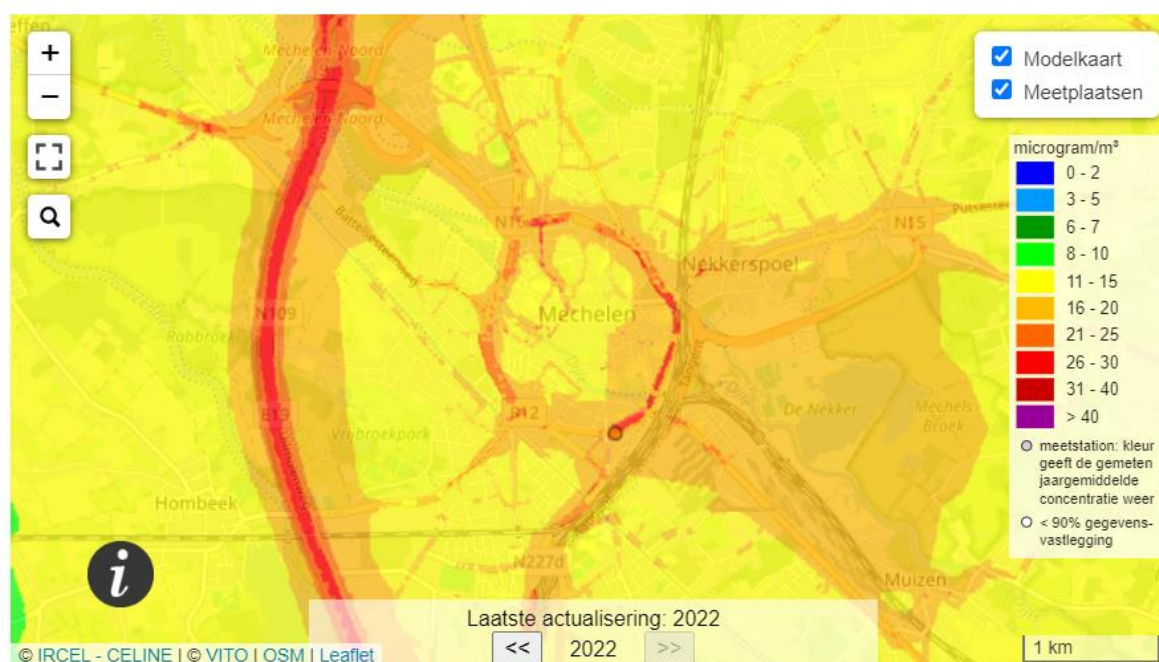
³ <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20240308IPR19017/euro-7-parliament-adopts-measures-to-reduce-road-transport-emissions>

2 ALGEMENE WERKWIJZE

In dit hoofdstuk stellen we een algemene aanpak voor om de impact van verkeersmaatregelen op de luchtkwaliteit in te schatten. Eerst en vooral is het belangrijk om de huidige situatie in te schatten zowel voor verkeer als luchtkwaliteit. De verkeersintensiteiten en de verkeerssamenstelling moeten gekend zijn omdat deze de emissies bepalen. Het aandeel van verkeersemissies in de concentraties van pollutanten bepaalt wat met verkeersmaatregelen bereikt kan worden. Ook andere sectoren dan verkeer (bv. industrie, verwarming van gebouwen, scheep- en luchtvaart) hebben een aandeel in de concentratie. Het bepalen van de herkomst van luchtverontreiniging wordt ook brontoewijzing genoemd. Vervolgens wordt ingeschat hoe groot de impact van de gekozen maatregelen is op de verkeersintensiteit en -samenstelling. Tenslotte wordt die impact vertaald naar een impact op de concentratie van pollutanten. De grootste effecten zijn te verwachten op de concentraties van NO_2 . De effecten op de fijn-stofconcentraties ($\text{PM}_{2.5}$ en PM_{10}) zijn doorgaans kleiner. Enkel de impact op de concentratie van zwarte koolstof (black carbon, BC) is vergelijkbaar met de impact op NO_2 . Deze fractie van fijn stof wordt immers hoofdzakelijk uitgestoten door voertuigen met een verbrandingsmotor. Hoewel het ruimtelijk patroon van BC-concentraties vergelijkbaar is met dat van NO_2 zijn de BC-emissies de laatste jaren wel sterker gedaald dan de NO_x -emissies. Hierna gaan we dieper in op iedere stap.

2.1 Huidige situatie inschatten

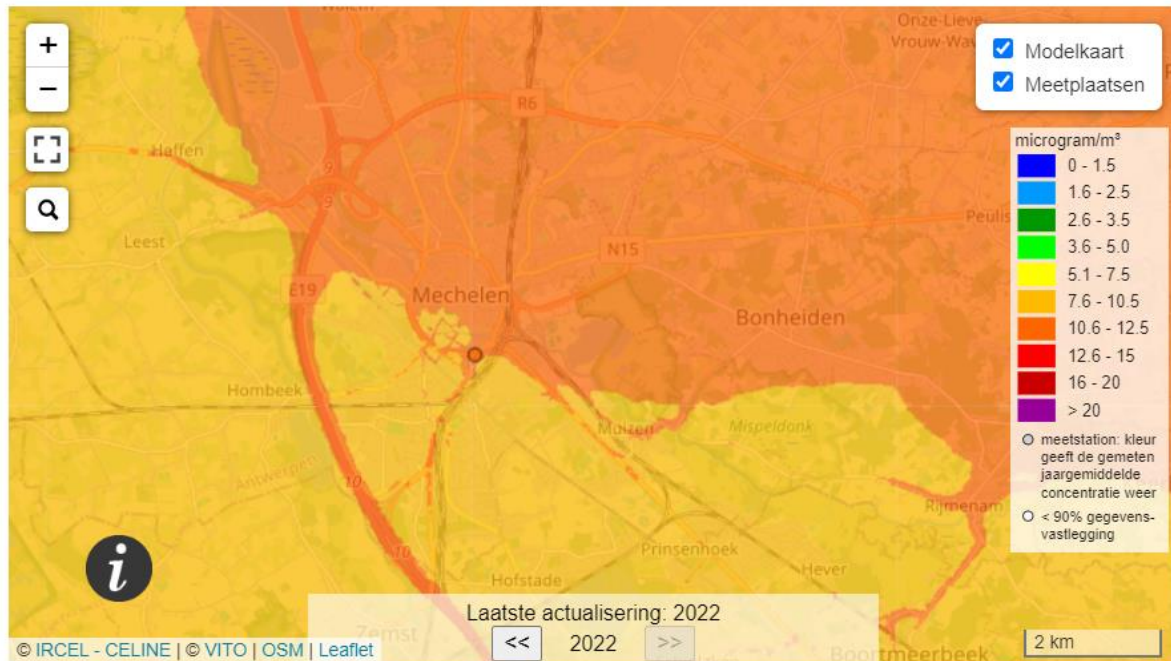
2.1.1 Inschatting van de actuele luchtkwaliteit



Figuur 2-1: Jaargemiddelde NO_2 -concentratie in Vlaanderen. Detail van Mechelen met de E19 en enkele straat canyons in het centrum. Bron: <https://www.vmm.be/lucht/stikstof/concentratie-stikstofdioxide>

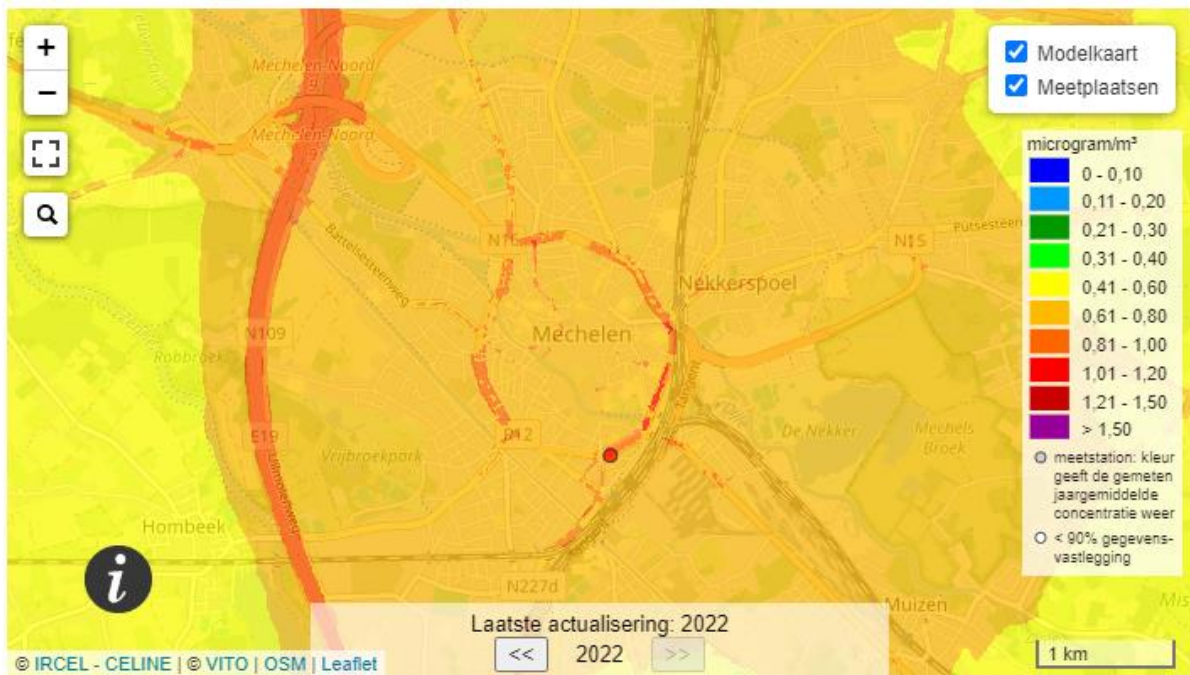
De Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) publiceert jaarlijks een kaart met de **jaargemiddelde NO_2 -concentratie** in Vlaanderen (Figuur 2-1). Eenzelfde kaart is ook beschikbaar voor $\text{PM}_{2.5}$,

en PM₁₀ (en BC). De publicatie loopt iets meer dan één jaar achter op het actuele kalenderjaar. De resolutie van de kaarten is 10 meter. Deze kaarten houden rekening met het effect van *street canyons*: in drukke straten met hoge gebouwen aan beide kanten blijven emissies van voertuigen langer hangen met als gevolg hogere concentraties van pollutanten. Op de NO₂ kaart zijn deze *canyons* naast autosnelwegen duidelijk zichtbaar.



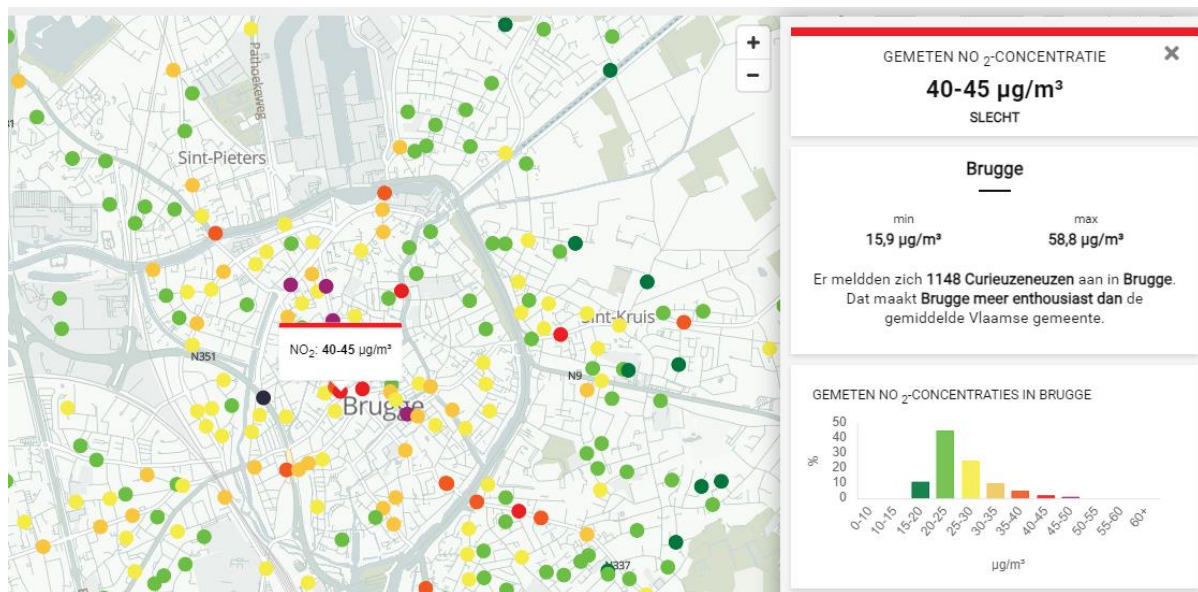
Figuur 2-2: Jaargemiddelde PM_{2.5}-concentratie in Vlaanderen. Detail van Mechelen met de E19 en enkele street canyons in het centrum. Bron: <https://www.vmm.be/lucht/fijnstof/concentratie-pm2-5>

Ook voor PM_{2.5} is een gelijkaardige kaart beschikbaar (Figuur 2-2) maar zijn wegen minder uitgesproken zichtbaar omdat het aandeel van de emissies van wegverkeer in de totale PM_{2.5} emissies kleiner is dan voor NO₂. Daarom zal in dit rapport de nadruk vooral liggen op de impact van verkeersmaatregelen op de NO₂-concentraties. De enige fractie fijn stof die wel sterk beïnvloed wordt door verkeer is zwarte koolstof (black carbon, BC). Het ruimtelijk patroon van de BC-concentraties is gelijkaardig aan dat van NO₂ en volgt de drukste verkeersassen (Figuur 2-3). De emissieverhouding tussen BC en NO_x is wel gedaald omdat de BC-emissies sterker gedaald dan NO_x-emissies. Tussen 2000 en 2021 daalden de NO_x-emissies van transport met 59% (van 153 kton naar 63 kton) en de emissies van zwarte koolstof met 82% (van 4.2 kton naar 0.74 kton). Dit is te wijten aan de invoering van diesel-roetfilters en het stijgend aandeel benzinerwagens.



Figuur 2-3: Jaargemiddelde concentratie van zwarte koolstof (BC) in Vlaanderen. Detail van Mechelen met de E19 en enkele street canyons in het centrum. Bron: <https://www.vmm.be/lucht/fijn-stof/concentratie-zwarte-koolstof>

Een andere interessante bron van informatie over NO_2 -concentraties zijn de resultaten van het project **Curieuzeneuzen**. In mei 2018 werd er op 20.000 locaties in Vlaanderen de maandgemiddelde NO_2 -concentratie gemeten met passieve samplers. De resultaten zijn beschikbaar op de website van het project (<https://viewer.curieuzeneuzen.be/>).



Figuur 2-4: Curieuzeneuzen: de NO_2 -concentratie op 20.000 locaties in Vlaanderen. Bron: <https://www.standaard.be/curieuzeneuzen/map/#8.3/51.025/4.387>

Het is ook mogelijk om **zelf een meetcampagne op te zetten**. Op de website <https://samenvoerzuiverelucht.eu/zelf-meten> is informatie te vinden over hoe verschillende pollutanten gemeten kunnen worden. Bv. de lokale verkeersbijdrage tot de NO₂-concentratie kan gemeten worden door gelijktijdig passieve samplers te installeren op een achtergrondlocatie en een straatlocatie. Daarnaast werd ook een praktische tool, “Een blauwdruk voor het opzetten van een gemeentelijk sensor netwerk voor luchtkwaliteit” (Hofman et al., 2021b), ontwikkeld waar lokale besturen mee aan de slag kunnen indien ze zelf campagnes met luchtkwaliteitssensoren willen opzetten.

	Stikstofdioxide (NO ₂)	Fijn stof (PM _{2.5})
Huidige Europese norm	40 µg/m ³ jaargemiddelde 200 µg/m ³ uurgemiddelde	20 µg/m ³ jaargemiddelde
Vlaamse streefwaarde voor 2030	20 µg/m ³ jaargemiddelde	
Voorstel van de Europese Commissie	20 µg/m ³ jaargemiddelde	10 µg/m ³ jaargemiddelde
Advieswaarde van de Wereldgezondheidsorganisatie (WGO)	10 µg/m ³ jaargemiddelde 25 µg/m ³ daggemiddelde	5 µg/m ³ jaargemiddelde

Tabel 2-1: Huidige Europese limieten, Vlaamse streefwaarden, voorgestelde limieten van de EC en advieswaarden van de WGO voor NO₂ en PM_{2.5}.

De huidige situatie kan afgetoetst worden aan de geldende Europese limietwaarden en toekomstige streefwaarden⁴. De huidige jaargemiddelde NO₂-limiet bedraagt 40 µg/m³ en een uurgemiddelde concentratie van 200 µg/m³ mag niet meer dan 18 keer per jaar overschreden worden. Aan beide limietwaarden wordt tegenwoordig bijna overal voldaan. De jaargemiddelde PM_{2.5}-limiet bedraagt 20 µg/m³. Ook aan deze limiet wordt in Vlaanderen voldaan. In oktober 2019 keurde de Vlaamse Regering het luchtbeleidsplan 2030⁵ goed. Hierin werden meer ambitieuze limieten vastgelegd. Het is de ambitie om tegen 2030 in iedere gemeente het aantal mensen dat blootgesteld wordt aan concentraties hoger dan 20 µg/m³ te halveren ten opzichte van 2016. Hieraan is nog lang niet overal voldaan (zie Figuur 2-1). Ook de Europese Commissie heeft op 26 oktober 2022 een voorstel gepubliceerd om de luchtkwaliteitsnormen te verstrengen. Voor NO₂ zou in 2030 overal voldaan moeten zijn aan een jaargemiddelde van 20 µg/m³ en in 2050 aan een jaargemiddelde van 10 µg/m³. De jaargemiddelde limiet voor PM_{2.5} gaat naar 10 µg/m³. Deze limieten blijven nog steeds boven de jaargemiddelde advieswaarden van de Wereldgezondheidsorganisatie (WGO). Deze bedragen 10 µg/m³ voor NO₂ en 5 µg/m³ voor PM_{2.5}⁶.

Niet alle vervuiling is afkomstig van verkeer. Afhankelijk van de locatie kunnen er andere bronnen bijdragen zoals energieopwekking, industrie, huishoudelijke verwarming, afvalverbranding, scheepvaart, luchtvaart of landbouw. Ook het aandeel van verkeer op de locatie van de geplande interventie kan ingeschat worden aan de hand van de luchtkwaliteitskaarten van de VMM. De VMM ontwikkelt in het kader van het LIFE CityTRAQ project een screeningstool die zal toelaten om aan lokale brontoewijzing te doen (<https://www.vmm.be/lucht/projecten/life-city-traq>). Dit betekent dat je na selectie van een locatie niet alleen de totale concentratie te zijn krijgt maar ook het aandeel van verschillende

⁴ https://environment.ec.europa.eu/topics/air/air-quality/eu-air-quality-standards_en

⁵ <https://www.vmm.be/lucht/evolutie-luchtkwaliteit/beleidsplannen/luchtbeleidsplan-2030>

⁶ <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>

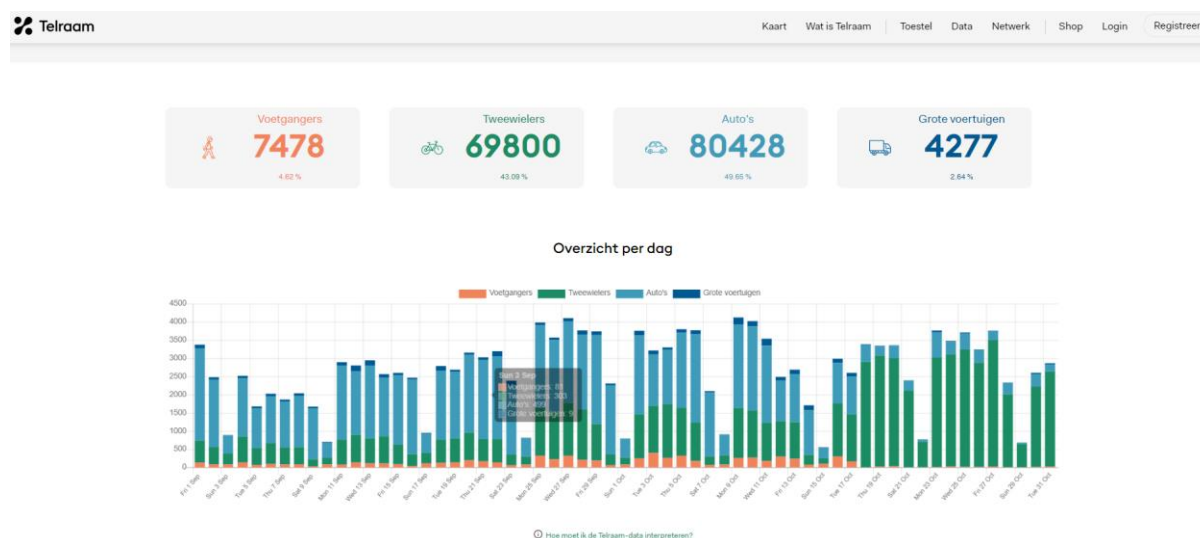
sectoren waaronder het lokale en overige verkeer. De maximale impact van een lokale verkeersmaatregel is begrensd tot de bijdrage van het lokale verkeer.

2.1.2 Inschatting van de actuele verkeerssituatie

De pollutantenconcentraties zijn afhankelijk van emissies. De verkeersemissies zijn dan weer afhankelijk van de verkeerssituatie (intensiteit + samenstelling). Om de actuele verkeerssituatie zo goed mogelijk in kaart te brengen is het aan te raden om verkeerstellingen te doen. Verkeerstellingen kunnen op verschillende manieren gebeuren:

- Tellussen in het wegdek. Deze zijn permanent en in of net onder de bovenste deklaag van het wegdek gefreesd. Deze liggen op autosnelwegen en belangrijke N-wegen.
- Telslangen. Een telslang is een holle rubberen slang waar op het moment dat er een voertuig overheen rijdt, een luchtpuls wordt gestuurd naar de telkast, die dit registreert. Ze kunnen overal aangebracht worden.
- Verkeersregelinstallatie (VRI): Dit is een synoniem voor moderne intelligent verkeerslichten. Dit type verkeerslichten laat ook toe verkeer te tellen.
- Telraam. Telraam werkt met een toestel dat permanent de straat scant en op basis van artificiële intelligentie het verkeer in kaart brengt.

Alle methodes maken een onderscheid tussen licht en zwaar verkeer en onderscheiden ook fietsers. Figuur 2-5 toont de dagelijkse verkeersintensiteiten en samenstelling gedurende twee maanden in de Groenveldstraat in Heverlee op basis van een telraam. Er is nog heel wat andere informatie beschikbaar zoals intensiteiten per uur en snelheden. Zulke informatie is essentieel om de huidige situatie en de impact van maatregelen in te schatten.



Figuur 2-5: Dagelijkse verkeerssamenstelling van 1/9/2023 tot 31/10/2023 in de Groenveldstraat in Heverlee. (bron: <https://telraam.net/nl/location/9000001752/2023-09-01/2023-10-31>).

2.2 Impact van de maatregel bepalen

2.2.1 Impact van een maatregel op de verkeerstromen

Wanneer de huidige verkeersstromen gekend zijn moet ingeschat worden welk aandeel hiervan beïnvloed wordt door de geplande maatregelen. Een maatregel kan zowel de

intensiteit als de samenstelling van het verkeer beïnvloeden. Verder kan de impact permanent zijn, tijdelijk of slechts gedurende enkele uren van de dag geïmplementeerd worden. Het is belangrijk om zowel de impact op de jaargemiddelde verkeersintensiteit als de impact op het moment dat de maatregel actief is te kennen. De eerste bepaalt de impact op de jaargemiddelde concentratie van pollutanten, de laatste laat toe om de verandering van de luchtkwaliteit te berekenen op het moment dat de maatregel actief is. Dit is zinvol aangezien sommige lokale maatregelen worden toegepast op specifieke momenten van de dag waarop er veel (kwetsbare) mensen worden blootgesteld (vb. schoolstraat).

2.2.2 Impact van de vlootsamenstelling op emissies inschatten

Om de impact van de vlootsamenstelling op emissies in te schatten werd een Excel rekenblad gemaakt. Hierin zijn de emissies⁷ per voertuigcategorie, brandstof en Euronorm geaggregeerd tot de belangrijkste bijdragen. Het volledige emissiemodel van de voertuigvloot bevat een 700-tal voertuigtypes, ingedeeld per categorie, segment, brandstof en emissiestandaard. Dit werd herleid tot 24 combinaties van categorie, brandstof en Euronorm.

Categorie	Brandstof	Euronormen
Lichte voertuigen (personenwagens, bestelwagens, tweewielers)	Benzine (incl. hybride)	Pre-Euro 5, Euro 5, Euro 6
	Diesel (incl. hybride)	Pre-Euro 5, Euro 5, Euro 6, Euro 6d-temp, Euro 6d
	Elektrisch en brandstofcel	alle
	Andere	alle
Lichte vrachtwagens (≤ 20 ton)	Diesel	Pre-Euro 5, Euro 5, Euro 6
	Elektrisch en brandstofcel	Alle
	Andere	Alle
Zware vrachtwagens (> 20 ton)	Diesel	Pre-Euro 5, Euro 5, Euro 6
	Elektrisch en brandstofcel	Alle
	Andere	Alle
Bussen	Diesel	Pre-Euro 6, Euro 6
	CNG	Euro 6
	Elektrisch en brandstofcel	Alle
	Andere	Alle

Tabel 2-2: Vereenvoudigde indeling van het voertuigenpark in 24 types om de impact van de vlootsamenstelling op NO_x en PM_{2.5} emissies in te schatten

Tabel 2-2 geeft een overzicht van deze indeling. De categorie *lichte voertuigen* bestaat uit personenwagens, bestelwagens en tweewielers. De scheiding tussen lichte en zware vrachtwagens ligt bij 20 ton. De categorie bussen bevat zowel stadsbussen als autocars. Wat energiebron (brandstof) betreft wordt er onderscheid gemaakt tussen benzine (incl. hybride), diesel (incl. hybride), elektriciteit (en brandstofcel op waterstof) en andere (LPG, CNG, en LNG). Een derde opdeling is volgens Euronorm. Voor lichte voertuigen werden alle Pre-Euro5 voertuigen in één type per brandstof ondergebracht omdat ze in 2025 nog slechts verantwoordelijk zijn voor 9.4% van de NO_x emissies van wegtransport (op Vlaams niveau). De andere Euronormen zijn apart opgenomen omdat de mogelijke maatregelen onderscheid zullen maken tussen deze normen. Voor lichte dieselveertuigen wordt er onderscheid gemaakt tussen Euro 6, Euro 6d-temp en Euro 6d. Deze drie normen verschillen sterk op het

⁷ De emissies komen uit het scenario BAU-S0BAU20 van het Lucht- en klimaatplan (ronde 2). Hieruit werden de verkeerssamenstelling en bijhorende emissies op stedelijke wegen gebruikt. Gegevens voor de jaren 2025, 2030, 2035 en 2040.

vlak van NO_x-emissies. De eerste dateert van voor het dieselgate schandaal, de 2 daaropvolgende normen bevatten een nieuwe, strengere methode om NO_x emissies te meten (Real Driving Emissions). Vrachtwagens worden zoals in CAR-Vlaanderen opgedeeld in lichte en zware vrachtwagens waarbij de grens licht op 20 ton. Ook bij vrachtwagens worden alle Pre-Euro 5 normen samengenomen omdat ze in 2025 slechts 3.8% van de NO_x-emissies van wegtransport vertegenwoordigen. Bij vrachtwagens is er slechts één Euro 6 norm (in de emissiefactoren). Voor bussen wordt enkel onderscheid gemaakt tussen voor en na Euro 6.

Om de emissiereductie in te schatten ten gevolge van een wijziging in de vlootsamenstelling (b.v. invoering van een Lage-emissiezone) moet de maatregel ingevoerd worden in het Excel rekenblad, 'Vlootsamenstelling_en_emissies.xlsx', (zie Figuur 2-6). In het tabblad 'vlootsamenstelling' kan de gebruiker voor ieder van de 24 types aangeven of dat type toegelaten is of niet door een 1 of 0 in de kolom 'toegelaten' in te voeren (tabel met blauwe rand). Dit is de enige kolom waarin de gebruiker verondersteld is wijzigingen aan te brengen. In Vlaanderen is er een regelgevend kader voor de toelatingsvoorwaarden tot een lage-emissiezone⁸. Dit kader geeft aan wanneer welke toelatingsvoorwaarden van kracht worden. De toelatingsvoorwaarden voor ieder periode werden vertaald naar de vlootindeling van het Excel rekenblad en zijn te vinden in het tabblad 'Vlaams regelgevend kader LEZ'.

In het onderstaande voorbeeld (zie Figuur 2-6) bekijken we de impact onder het regelgevend kader in 2031. Dan zijn alleen lichte diesel-voertuigen die voldoen aan de Euro 6d standaard toegelaten. Lichte benzinevoertuigen moeten voldoen aan Euro 4. Vrachtwagens moeten voldoen aan Euro VI. Andere, oudere, voertuigen en de bijhorende emissies worden verwijderd uit de vloot. Voorts wordt er verondersteld dat de overige voertuigen de kilometers zullen rijden van de niet toegelaten voertuigen. Daarom worden de voertuigkilometers en emissies van de toegelaten voertuigen van dezelfde categorie opgeschaald om terug het origineel aantal kilometers te bekomen. Omdat doorgaans de meest vervuilende voertuigtypes niet meer toegelaten worden leidt dit tot minder emissies binnen de categorie. De verhouding tussen de emissies na en voor het bannen van enkele types binnen een categorie wordt berekend. Deze berekeningen gebeuren in de tabbladen met naam <Jaar>_<Polluent>. Data voor jaren 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2035 en 2040 en voor de polluenten NO_x en PM_{2.5} zijn beschikbaar. De resultaten van de berekening zijn ook beschikbaar in de groene tabel het tabblad 'vlootsamenstelling'. De resultaten zijn verhoudingen tussen de emissies van de alternatieve vloot en de basisvloot voor de vier voertuigcategorieën. In het voorbeeld bedragen in 2030 de NO_x-emissies van lichte voertuigen in de alternatieve vloot 63.7% van de emissies van de basisvloot. In daaropvolgende jaren is de emissiereductie kleiner omdat het aandeel van de niet toegelaten voertuigen verkleint. De verhoudingen kunnen in CAR toegepast worden in het menu **scaling/emission factors**. Een screenshot van dit menu staat in de oranje kader in Figuur 2-6. Meer uitleg over CAR-Vlaanderen volgt in paragraaf 2.2.3. De categorie *Lichte voertuigen* heet in CAR-Vlaanderen 'Car's' (sic), *Lichte vrachtwagens* komt overeen met 'Medium heavy traffic', *Zware vrachtwagens* met 'Heavy traffic' en *Bussen* met 'Buses'. Merk op dat de schaalfactoren verschillend zijn voor NO_x- en PM-emissies. CAR-Vlaanderen past dezelfde schaalfactor toe op alle polluenten. De reductie van NO_x is doorgaans groter dan die van PM omdat PM ook een belangrijk aandeel niet-uitlaatemissies bevat (slijtage van remmen en banden). Deze laatste emissies worden enkel beïnvloed door het aantal voertuigen en niet door uitlaatgasbehandeling (katalysatoren en roetfilters).

⁸ <https://www.vmm.be/lucht/evolutie-luchtkwaliteit/lage-emissiezone/regelgevend-kader/criteria-lage-emissiezones-op-basis-van-euronormen#section-0>

Configuratie van een Lage Emissie Zone en impact op NO_x en PM_{2.5} emissies per voertuigcategorie

Handleiding

1) Vul de blauwe cellen in kolom 'Toegelaten' (F14-F39) in:

- 0 voor de niet toegelaten types of
- 1 voor toegelaten types.

Binnen iedere categorie worden de voertuigkilometers en emissies van de toegelaten voertuigtypes herschaald zodat the aantal voertuigkilometers binnen de categorie gelijk blijft.

2) Lees de emissieverhouding tussen LEZ- en basisvloot af voor combinaties van pollutant en jaar in de groene cellen. Deze verhoudingen kunnen als schaaftactor in CAR-Vlaanderen gebruikt worden in het getoonde invoervenster.

3) Meer informatie over aantallen, voertuigkilometers en emissies is te vinden in de tabbladen <jaar>_<polluent>. Daar gebeurt ook de berekening.

INVOER: toegelaten voertuigen in LEZ

CATEGORIE	BRANDSTOF	EURONORM	Toegelaten
LICHTE VOERTUIGEN	BENZINE	Pre-EURO 5	1
LICHTE VOERTUIGEN	BENZINE	EURO 5	1
LICHTE VOERTUIGEN	BENZINE	EURO 6	1
LICHTE VOERTUIGEN	DIESEL	Pre-EURO 5	1
LICHTE VOERTUIGEN	DIESEL	EURO 5	1
LICHTE VOERTUIGEN	DIESEL	EURO 6	1
LICHTE VOERTUIGEN	DIESEL	EURO 6DT	1
LICHTE VOERTUIGEN	DIESEL	EURO 6D	1
LICHTE VOERTUIGEN	ANDERE	ALLE	1
LICHTE VOERTUIGEN	ELEKTRISCH	ALLE	1
LICHTE VRACHTWAGENS	DIESEL	Pre-EURO 5	1
LICHTE VRACHTWAGENS	DIESEL	EURO 5	1
LICHTE VRACHTWAGENS	DIESEL	EURO 6	1
LICHTE VRACHTWAGENS	ANDERE	ALLE	1
LICHTE VRACHTWAGENS	ELEKTRISCH	ALLE	1
ZWARE VRACHTWAGENS	DIESEL	Pre-EURO 5	1
ZWARE VRACHTWAGENS	DIESEL	EURO 5	1
ZWARE VRACHTWAGENS	DIESEL	EURO 6	1
ZWARE VRACHTWAGENS	ANDERE	ALLE	1
ZWARE VRACHTWAGENS	ELEKTRISCH	ALLE	1
BUSSEN	DIESEL	Pre-EURO 6	1
BUSSEN	DIESEL	EURO 6	1
BUSSEN	CNG	EURO 6	1
BUSSEN	ELEKTRISCH	EURO 6	1

RESULTAAT: schaaftactoren voor CAR-Vlaanderen

Emissieverhouding Alternatieve-Vloot/Basis-Vloot														
Polluent	NO _x	PM _{2.5}	NO _x	PM _{2.5}	NO _x	PM _{2.5}	NO _x	PM _{2.5}	NO _x	PM _{2.5}	NO _x	PM _{2.5}	NO _x	PM _{2.5}
Jaar	2025	2025	2026	2026	2027	2027	2028	2028	2029	2029	2030	2030	2035	2035
LICHTE VOERTUIGEN	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
LICHTE VRACHTWAGENS	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
ZWARE VRACHTWAGENS	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
BUSSEN	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
HELE VLOOT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Invoervenster CAR

Street file: C:\project\CAR-Vlaanderen\0.1\taal2.txt
 Year: 2022
 Scaling / emission factors:
 1.00 Car's
 1.00 Heavy traffic
 1.00 Medium heavy traffic
 1.00 Buses

Figuur 2-6: Screenshot uit het Excelrekenblad 'Vlootsamenstelling_en_emissies.xlsx', tabblad 'vlootsamenstelling'. In de blauwe tabel wordt aangegeven welke voertuigtypes toegelaten zijn. In de groene tabel verschijnen de resultaten: emissieverhoudingen tussen de Alternatieve vloot en de basisvloot. Deze resultaten kunnen gebruikt worden in CAR-Vlaanderen (screenshot in de groene kader rechts onderaan).

Voorbeelden van hoe dit rekenblad gebruikt wordt voor specifiek maatregelen zijn te vinden in de volgende paragrafen:

- 3.10 Elektrificatie van het wagenpark
- 3.11 Instellen van lage-emissiezones (LEZ)
- 3.13 Stedelijke distributie: concept stadsdistributiecentrum (hub aan de rand van de stad)

2.2.3 Impact van een maatregel op de luchtkwaliteit

De impact van een groot aantal van de hier beschreven maatregelen kan met behulp van CAR-Vlaanderen zelf op basis van lokale informatie uit uw gemeente doorgerekend worden. CAR-Vlaanderen laat toe de impact op luchtkwaliteit te berekenen van maatregelen die onderstaande elementen beïnvloeden:


- de verkeersintensiteiten
- de aandelen van licht en zwaar verkeer
- de samenstelling van het voertuigenpark (verandering in gemiddelde emissiefactor)

We beschrijven hier kort hoe een berekening met CAR verloopt, wat voldoende handvaten zou moeten geven om hier als beleidsmaker zelf mee aan de slag te gaan.

Het programma kan gedownload worden van de website van de VMM⁹. Daar is ook een handleiding beschikbaar¹⁰. De zipfile moet uitgepakt worden (unzip). Een installatie is niet nodig, gewoon dubbelklikken op het bestand **LNE.CAR.Vlaanderen.exe** in de folder **CAR-Vlaanderen3.0.1** volstaat om het programma op te starten.

⁹ <https://www.vmm.be/lucht/evolutie-luchtkwaliteit/modelleringsstools/car-vlaanderen>



¹⁰ https://www.vmm.be/lucht/evolutie-luchtkwaliteit/modelleringsstools/car-vlaanderen/handleiding_car-vlaanderen_v3-0_finaal_tw.pdf

CAR-Vlaanderen is een rekenblad waaraan straten toegevoegd kunnen worden met hun relevante eigenschappen. Een nieuwe straat wordt toegevoegd met de knop , vervolgens worden de relevante eigenschappen van de straat ingegeven:

- **Stad (City)** en **straatnaam (Street name)**: CAR-Vlaanderen bevat een databank met steden en straatnamen in Vlaanderen.
- **Etmaalintensiteit (Intensity (mvt/etm))**: het jaargemiddeld aantal voertuigen per 24 uur. Dit is het totaal aantal voertuigen dat op één jaar op een locatie passeert gedeeld door het aantal dagen in een jaar. Bv een straat waar op werkdagen en weekend dagen respectievelijk 2000 en 500 voertuigen per dag passeren heeft een jaargemiddelde etmaalintensiteit van $52 \text{ weken} \times (5 \text{ werkdagen} \times 2000 + 2 \text{ weekend} \times 500) / 365 = 1567 \text{ mvt/etm}$
- De **verkeerssamenstelling**: fracties van de etmaalintensiteit voor lichte voertuigen (light), middelzware voertuigen (Medium heavy), vrachtwagens (Heavy) en bussen (Buses). Voor een precieze definitie zie tabel 1 op p. 8 in de handleiding¹⁰.
- **Snelheidsregime (Speed type)**: buitenweg (outside road), doorstromend stadsverkeer (running traffic), normaal stadsverkeer (normal traffic) of stagnerend verkeer (stagnant traffic). Voor meer uitleg zie p. 9 in de handleiding¹⁰.
- **Wegtype (Road type)**:
 - basistype (2),
 - straat waarbij de afstand weg-as-gevel kleiner dan 3 maal de hoogte van de bebouwing (3a),
 - street canyon waarbij de afstand weg-as-gevel kleiner dan 1.5 maal de hoogte van de bebouwing (3b),
 - eenzijdige bebouwing (4).

Voor een precieze definitie zie Figuur 1 op p. 10 in de handleiding¹⁰. Het wegtype is erg belangrijk voor de concentraties in de straat. In een street canyon kunnen de concentraties dubbel zo hoog zijn als de achtergrond.

- **Bomenfactor (Trees factor)**: gaande van 1 (geen of hier en daar) over 1.25 (minder dan 15 meter tussen kruinen) tot 1.5 (rakende kruinen)
- **Afstand tot de weg-as (Dist. To centre (m))**.
- **Fractie stagnerend verkeer (Fraction traffic jams)**: Voor meer uitleg zie p. 20 en 21 in de handleiding¹⁰.

Wanneer een straat volledig geconfigureerd is worden de gegevens bewaard door op  te klikken. Wanneer alle straten geconfigureerd zijn wordt de berekening gestart door eerst op 'next' en vervolgens op de knop  te klikken.

Een voorbeeld: impact van een schoolstraat

Een schoolstraat wordt enkel afgesloten voor één uur 's ochtends en 's avonds op schooldagen. In dit voorbeeld wordt getoond hoe zowel het effect op de jaargemiddelde concentraties als het effect tijdens de uren met schoolstraat berekend wordt.

Veronderstel een etmaalintensiteit, voorafgaand aan de maatregel, van 600 voertuigen. Iedere schooldag brengen 500 ouders hun kinderen naar school met de wagen. Dit geeft op jaargemiddelde basis een etmaalintensiteit van 499 voertuigen:

$$182 \text{ schooldagen} \times 500 \text{ voertuigen} \times 2 \text{ (brengen en halen)} / 365 = 499 \text{ voertuigen/etmaal}$$

We veronderstellen dat dit school-gerelateerd verkeer (83% van het totaal) stagnerend is. De resterende 101 (600 - 499) voertuigen per etmaal, is verkeer van lokale bewoners (dus niet school-gerelateerd).

Verder is de straat een street canyon (type 3b) met hier en daar wat bomen (bomenfactor 1.25). Met deze informatie kunnen de jaargemiddelde concentraties berekend worden voor de situatie zonder en met schoolstraat. Als alle autoverkeer tijdens de ochtend van 8 tot 9 uur en tijdens de namiddag van 15 tot 16 uur verboden wordt valt de etmaalintensiteit terug tot 101 voertuigen per etmaal. Dit verkeer is doorstromend. Deze twee situaties zijn geconfigureerd in de eerste twee lijnen in Figuur 2-7.

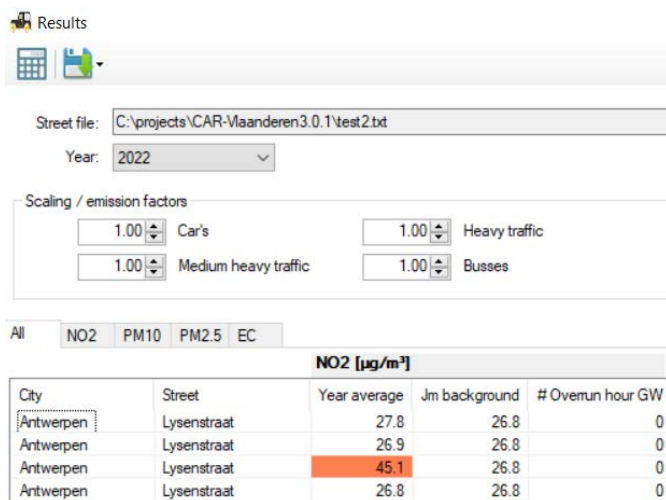
Normaal berekent CAR-Vlaanderen het effect op de jaargemiddelde concentratie. Om de impact te kennen tijdens de uren dat de schoolstraat actief is kunnen we de intensiteiten tijdens die uren ingeven als etmaalintensiteit. 's Morgens van 8 tot 9 uur zijn er 500 voertuigbewegingen. Als deze situatie een hele dag zou aanhouden leidt dit tot 12000 voertuigen per etmaal. We verwaarlozen hier het verkeer van de bewoners tijdens de schoolstraaturen). Met een schoolstraat zijn er geen voertuigen tijdens de aankomst en vertrekuren. De overeenkomstige etmaalintensiteit is dus 0 voertuigen. Deze twee situaties komen zijn geconfigureerd in de laatste twee lijnen in Figuur 2-7.

The screenshot shows a window titled 'Street' with a toolbar and a text field for the 'Street file' path: 'C:\projects\CAR-Vlaanderen3.0.1\test2.txt'. Below is a table with the following data:

City	Street	X	Y	Intensity	Fraction light	Fraction medium	Fraction high	Autobus	Speed type
Antwerpen	Lysenstraat	154255.39	208136.16	600	1	0	0	0	Stagnant traffic
Antwerpen	Lysenstraat	154255.39	208136.16	101	1	0	0	0	Normal traffic
Antwerpen	Lysenstraat	154255.39	208136.16	12000	1	0	0	0	Stagnant traffic
Antwerpen	Lysenstraat	154255.39	208136.16	0	1	0	0	0	Normal traffic

Figuur 2-7: Configuratie van schoolstraat in CAR Vlaanderen. Lijn 1: jaargemiddeld zonder schoolstraat, lijn 2: jaargemiddeld met schoolstraat, lijn 3: uurgemiddelde zonder schoolstraat, lijn 4 uurgemiddelde met schoolstraat.

Na configuratie van de verkeerssituatie kunnen de concentraties berekend worden. Figuur 2-8 toont de resultaten. De impact op de jaargemiddelde NO₂ concentratie is een daling van 0.9 µg/m³ (van 27.8 naar 26.9 µg/m³). Tijdens de uren dat de schoolstraat actief is, is de impact met een daling van 18.3 µg/m³ veel groter. Ook de impact op PM₁₀ en PM_{2.5} wordt berekend maar is doorgans kleiner. De relatieve impact op EC is vergelijkbaar met die op NO₂. In het voorbeeld werd de simulatie uitgevoerd voor het jaar 2022. De simulatie kan ook in 2025 en 2030 worden uitgevoerd. Hierbij wordt rekening gehouden met emissiereducties voor wegtransport en andere sectoren. Daardoor liggen zowel de achtergrondconcentraties als de concentraties in straten lager.



Figuur 2-8: NO₂ concentratie in de schoolstraat. Lijn 1: jaargemiddeld zonder schoolstraat, lijn 2: jaargemiddeld met schoolstraat, lijn 3: uurgemiddelde zonder schoolstraat, lijn 4 uurgemiddelde met schoolstraat.

Ook een verandering van de vlootsamenstelling kan in CAR-Vlaanderen in rekening gebracht worden met schaalfactoren. Als bijlage bij dit rapport is op de website van de VMM een Excel-rekenblad beschikbaar (Rekenblad "Vlootsamenstelling_en_emissies.xls"). Dit rekenblad is beschreven in paragraaf 2.2.2. Voor 24 voertuigtypes kan bepaald worden of ze toegelaten zijn of niet. Vervolgens wordt de verhouding berekend tussen de emissiefactor van de nieuwe vloot en de basisvloot voor verschillende voertuigcategorieën. Deze verhoudingen of schaalfactoren kunnen ingegeven worden in CAR-Vlaanderen onder het menu 'Scaling/emission factors' (zie Figuur 2-8). Verhouding worden berekend voor Lichte voertuigen, Lichte Vrachtwagens, Zware Vrachtwagens en Bussen die overeenstemmen met respectievelijk cars, medium heavy traffic, heavy traffic, buses in CAR-Vlaanderen. In het rekenblad zijn data voor 2025, 2030, 2035 en 2040 beschikbaar.

CAR-Vlaanderen is enkel geschikt voor lokale maatregelen in stedelijke omgeving (bebouwing op <30m van de weg). Voor complexe berekeningen of berekeningen in buitengebied bestaan er andere instrumenten zoals IMPACT¹¹.

¹¹ <https://omgeving.vlaanderen.be/nl/klimaat-en-milieu/impact-luchtkwaliteits-en-geurmodellering-voor-agro-industriële-bronnen-en-verkeer>

3 VERKEERSMAATREGELEN

In dit hoofdstuk bespreken we 20 maatregelen die ingedeeld worden in maatregelen in één specifieke straat en maatregelen over de ganse gemeente of stad. Maatregelen op straatniveau (of enkele straten) hebben een erg lokale verkeers- en luchtkwaliteitsimpact. Gemeentelijke maatregelen worden op gemeentelijk of wijkniveau geïmplementeerd en hebben een grootschaligere verkeers- en luchtkwaliteitsimpact. We poogden de maatregelen te rangschikken van grote naar kleine impact, maar de impact zal steeds afhangen van de lokale situatie zodat de volgorde soms kan afwijken van de voorgestelde volgorde.

Maatregelen in één straat (gerangschikt van groot naar kleine impact)





- Invoeren van een knip in een straat
- Invoeren van een schoolstraat
- Invoeren fietsstraat
- Instellen van eenrichtingsverkeer
- Wijzigende snelheden
- Optimalisatie van verkeerslichten
- Afzuigen tunnelemissies (via schoorstenen)
- Groeninrichting (beperken negatieve invloed van bomen, depositie van fijn stof op groene gevels)
- Afscherming d.m.v. schermen

Gemeentelijke maatregelen (gerangschikt van groot naar kleine impact)

- Elektrificatie van het wagenpark
- Instellen van lage-emissiezones
- Stimuleren van schoon openbaar vervoer
- Stedelijke distributie: concept binnenstadservice
- Weren van doorgaand vrachtverkeer uit centrum
- Invoeren van een circulatieplan
- Invoeren van betalend parkeren, inclusief de milieudifferentiatie van parkeertarieven
- Stimuleren fietsverkeer
- Invoeren van deelsystemen (auto/fiets)
- Stimuleren van het openbaar vervoer
- Instellen van (dynamische) parkeergeleidingssystemen

In de bespreking van ieder maatregel wordt de volgende structuur gehanteerd. In de paragraaf **Wat en waarom?** wordt de maatregel eerst beschreven. Dan bespreken we de **impact op verkeer**. Dit kan een impact zijn op de verkeersintensiteit en/of op de samenstelling van de vloot. Hieruit volgt de **impact op de luchtkwaliteit**. Dan geven we enkele **voorbeelden in Vlaanderen of uit de internationale literatuur**. In de paragraaf **Zelf aan de slag** stellen we een eenvoudige methode voor om de impact op verkeer en luchtkwaliteit via CAR-Vlaanderen te berekenen. De methode wordt geïllustreerd met een voorbeeld. Tenslotte volgt een **samenvattende impactfiche** (Figuur 3-1) met de belangrijkste conclusies. Lokale mobiliteitsmaatregelen hebben zowel een lokale als ruimere (gemeentelijke) impact op zowel verkeersstromen als luchtkwaliteit en kunnen bovendien invloed hebben op meerdere milieu-

en beleidsdomeinen zoals leefbaarheid, veiligheid, geluid, broeikasgassen en fysieke activiteit. We trachten dit visueel voor te stellen met behulp van een impactfiche die voor elke maatregel wordt opgemaakt en bestaat uit:






- De titel
- Een korte beschrijving maatregel
- Een korte beschrijving van de belangrijkste effecten
- Een tabel geeft een overzicht van de te verwachten impact op verkeersstromen (🚗) en luchtkwaliteit (🌫️) met een kleurcode met onderscheid tussen:
 -  de lokale impact wanneer de maatregel van kracht is (voor lokale maatregelen)
 -  de impact in de ruimere buurt, gemeente of stad (voor gemeentelijke maatregelen)
 -  Andere aspecten van leefbaarheid waarop de maatregel een impact heeft zoals geluidhinder, verkeersveiligheid, bereikbaarheid, fysieke activiteit. Voor de klimaatimpact van maatregelen verwijzen we naar de maatregelentool van het burgemeestersconvenant¹².
 -  Neveneffecten of andere aandachtspunten

-80 tot -100%
-30 tot -80%
0 tot -30%
0 tot + 30%

I

WAT Een schoolstraat is een straat bij een school waar tijdens de drukste breng en afhaalmomenten enkel fietsers, voetgangers en prioritaire voertuigen verkeer toegelaten worden .

IM A T Sterke verbetering van de luchtkwaliteit aan de school tijdens de breng en afhaalmomenten .

	VERKEER 	LU HTKWALITEIT 	ANDERE 
LOKAAL 	80 tot 00 of 20 / 60 en 300/ 200 voertuigen/spitsuur	25 tot 50 of 6 tot 2 g O ₂ /m ³ (wanneer van kracht)	eluidshinder Veiligheid Bereikbaarheid / Fysieke activiteit
NEVENEFFE TEN 	eroriëntering v/h verkeer		

voor 300 tot 200 voertuigen per spitsuur

Figuur 3-1: Voorbeeld van een impactfiche voor een schoolstraat als lokale mobiliteitsmaatregel

De effecten op verkeer en luchtkwaliteit geven we absoluut en/of relatief weer afhankelijk van de context. De absolute impacts op verkeersstromen geven we enkel op straatniveau (lokaal). We gaan daarbij uit van een kalmere straat met 2000 voertuigen per etmaal en een drukker straat met 8000 voertuigen per etmaal. Gemiddeld gezien heeft een uur in de spits 15% van deze verkeersvolumes. Dat betekent 300 voertuigen per spitsuur (5 voertuigen per minuut – 1 voertuig elke 12 seconden) en 1200 voertuigen voor een drukker straat (20 voertuigen per minuut - 1 voertuig elke 3 seconden). De cijfers in de samenvattende slide/conclusie geven de absolute impact in een spitsuur waar de maatregel van kracht is voor de kalmere en de

¹² <https://www.vlaanderen.be/lokaal-energie-en-klimaatbeleid/burgemeestersconvenant/maatregelentool-emissiereductie>

drukkere straat. Voor luchtkwaliteit heeft de relatieve impact betrekking op een typische jaargemiddelde achtergrond in een Vlaamse centrumstad van $\pm 15 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$. De grote centrumsteden, Antwerpen of Gent, laten we hier buiten beschouwing. Van deze achtergrond komt ongeveer de helft ($\pm 7.5 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$) van Vlaanderen, en de andere helft van buiten Vlaanderen (Burlanden, Brussel en Wallonië). Vlaamse verkeersemisies zijn verantwoordelijk voor bijna 40% van deze Vlaamse bijdrage tot de achtergrond, ofwel $\pm 3 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$. Van deze $\pm 3 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ is $2/3^{\text{de}}$ afkomstig van lokale verkeersemisies (stad en omgeving) en $1/3^{\text{de}}$ van verder gelegen Vlaamse verkeer. In diezelfde stad kan de concentratie in een drukke canyon oplopen tot $\pm 30 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$. De bijdragen van buiten Vlaanderen, andere sectoren in Vlaanderen en niet-lokaal verkeer zijn dezelfde als voor een achtergrondlocatie in de stad (in totaal $\pm 13 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ of 43%). De bijdrage van het lokale verkeer met het effect van de *street canyon* bedraagt iets meer dan de helft van de totale concentratie. Deze cijfers geven een idee van de maximale impact op de jaargemiddelde NO_2 -concentratie op een achtergrondlocatie en in een drukke canyon. Voor open straten of minder drukke straten ligt de bijdrage van lokaal verkeer ergens tussenin. Op het moment dat een maatregel van kracht is kan de ogenblikkelijke impact groter zijn dan de impact op het jaargemiddelde. De brontoewijzing voor NO_2 , die in de tweede helft van 2024 beschikbaar zal zijn op de website van de Vlaamse Milieumaatschappij, maakt deze analyse toegankelijk voor iedere locatie in Vlaanderen.

Bijdrage	Stedelijke achtergrond		Drukke straat canyon	
	Absoluut ($\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$)	Relatief (%)	Absoluut ($\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$)	Relatief (%)
Buiten Vlaanderen	7.5	50%	7.5	25%
Ander sectoren in Vlaanderen	4.5	30%	4.5	15%
regionaal Vlaams verkeer	1	7%	1	3%
lokaal verkeer	2	13%	17	57%
Totaal	15	100%	30	100%

Tabel 3-1: Brontoewijzing voor de NO_2 -concentratie op een stedelijke achtergrondlocatie en in een drukke straat canyon in een Vlaamse centrumstad. Gebaseerd op een brontoewijzing per sector en ruimtelijk (canyon, lokaal, regionaal, buiten Vlaanderen) met Chimere, IFDM en OSPM).

3.1 Invoeren van een knip in een straat

3.1.1 Wat en waarom?

Een knip is een verkeersmaatregel waarbij bepaalde voertuigen een straat niet mogen doorrijden. Een knip verhindert sluipverkeer, zorgt ervoor dat gemotoriseerd verkeer niet dwars door de stad kan rijden of bakent een voetgangerszone af. Een knip kan zowel tijdelijk (gedurende bepaalde uren; vaak spitsuren) als continu worden geïmplementeerd. Onderstaande figuur illustreert een knip tijdens de spitsuren met een verdwijnpaal. De verdwijnpaal is zichtbaar en maakt doorgaand autoverkeer onmogelijk tijdens de spits. Daarnaast bestaan ook permante knippen met een fysieke opstelling, zoals paaltjes, bloembakken, aanplantingen, ...



Figuur 3-2: knip nabij het centrum van Kontich

3.1.2 Impact op verkeer

Deze maatregel heeft impact op de intensiteit van verkeer, niet op de samenstelling van het wagenpark en de gemiddelde emissiefactor.

In de straat met de knip leidt deze tot een sterke afname van het verkeer. Het effect is echter sterk afhankelijk van de locatie. Het vroegere doorgaande verkeer zal zich heroriënteren en tot meer verkeer leiden in naburige straten. Hoe meer doorgaand verkeer er in de initiële situatie was hoe groter de impact van de knip zal zijn, hoe minder doorgaand verkeer er was, hoe kleiner de impact zal zijn. We stellen daarom voor te werken met een zeer ruime vork van -30 tot -80% voor de verkeerstrom in de straat die geknipt wordt.

3.1.3 Impact op de luchtkwaliteit

Tijdens de implementatie van een knip wordt gemotoriseerd verkeer (tijdelijk) niet toegelaten waardoor een grote lokale impact op verkeersgerelateerde pollutanten (NO, NO₂, BC, UFP,

PM) kan verwacht worden. De potentiële luchtkwaliteitsimpact van een lokale verkeersmaatregel hangt steeds af van de verkeersdrukte en resulterende lokale verkeersbijdrage van de beoogde straat.

3.1.4 Voorbeelden in Vlaanderen

Een proefproject nabij Kampenhout kwantificeerde de lokale verkeersbijdrage nabij een school als 90% voor NO, 24% voor NO₂ en 7% voor PM₁. In dit geval hebben verkeersmaatregelen dan ook de grootste potentiële impact op NO, gevolgd door NO₂ en PM. Concreet resulteerde de invoering van (i) een knip (enkelrichting) en (ii) een schoolstraat in Kampenhout in, respectievelijk, 35% en 60% afname van de lokale bijdrage voor NO, 33% en 89% afname van de lokale bijdrage voor NO₂ en geen significante impact op PM₁ (Hofman et al., 2021a). Deze reducties werden gerealiseerd terwijl de maatregelen van kracht waren: de aankomst en vertrekuren van de school. De impact op jaarbasis is kleiner.

In Roeselare werd de impact van de invoering van een slagboom (tijdelijke knip tijdens spitsuren) op zowel de luchtkwaliteit (NO, NO₂ en BC) als verkeer geëvalueerd (Hofman et al., 2022). Hoewel er een duidelijk verband werd aangetoond tussen de lokale verkeersintensiteit en de lokale luchtkwaliteit (lokale verkeersbijdrage), werd er een verwaarloosbare impact van het openen van de slagboom waargenomen. Dit werd verklaard door een gemiddelde toename van ongeveer 1.9 voertuigen/uur bij het openen van de slagboom. De slagboom had dus geen invloed op de lokale verkeersdoorstroming en resulterende luchtkwaliteit omdat de lokale verkeersbijdrage op deze specifieke locatie te verwaarlozen was (Hofman et al., 2022). Een juiste locatiekeuze voor de specifieke lokale maatregel is dan ook van cruciaal voor het creëren van impact! De resultaten van de slagboomstudie worden weergegeven in onderstaande infographic.

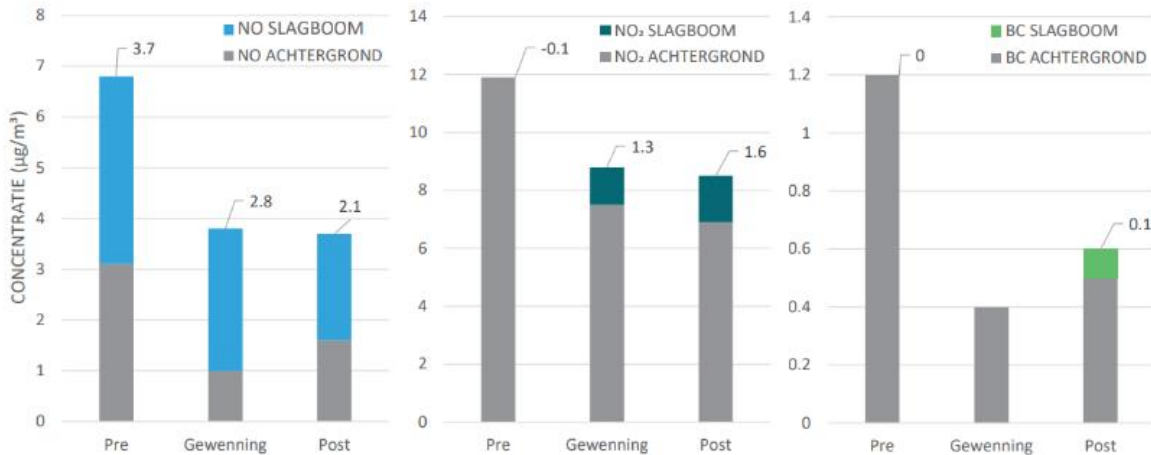


Resultaten



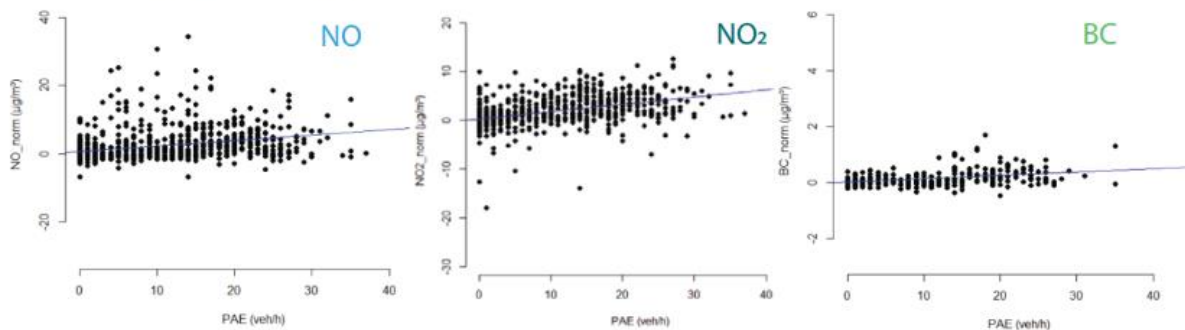
IMPACT SLAGBOOM OP LOKALE VERKEERSBIJDRAGE

- Vergelijkbare dynamiek van de pollutanten op beide meetlocaties
- Verkeersbijdrage $\text{NO} > \text{NO}_2 > \text{BC}$
- Impact slagboom op lokale verkeersbijdrage te verwaarlozen voor NO_x ($3.6 \rightarrow 3.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en BC ($0 \rightarrow 0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$)



VERKEERSTELLINGEN

- Algemene verkeerstoename tussen 2021 en 2022 zichtbaar (ook buiten slagboomuren)
- Verband tussen verkeersintensiteit (PAE) en resulterende verkeersbijdrage (NO_x/BC)
- Directe impact van openen slagboom resulteert in een gemiddelde toename van ~ 1.9 voertuigen/uur (tov vorige uur)



CONCLUSIES

- Op basis van zowel de luchtkwaliteitsmetingen als verkeerstellingen lijkt de invoering van de slagboom een verwaarloosbare impact te hebben op de verkeersdoorstroming (~ 1.9 voertuigen/uur) en lokale luchtkwaliteit.
- In de toekomst kan de impact van de slagboom verder worden opgevolgd op basis van gerichte verkeerstellingen en de waargenomen relatie tussen verkeersintensiteit (PAE) en lokale verkeersbijdrage ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Figuur 3-3: Resultaten van slagboomstudie (Bron: Hofman et al. 2022)

3.1.5 Zelf aan de slag

De impact van een knip kan eenvoudig doorgerekend worden met CAR-Vlaanderen. Eerst is een meting nodig van het actuele verkeer en een inschatting van het effect op de verkeersstromen in de straat zelf en naburige straten. Dan kan zoals in het voorbeeld in paragraaf 2.2.3 de impact in alle relevante straten worden doorgerekend.

3.1.6 Conclusies

- Een knip in een straat maakt doorgaand verkeer onmogelijk.
- De impact in de straat op het doorgaand verkeer is daarom groot.
- Op buurtniveau heeft de maatregel geen impact tenzij hij ertoe bijdraagt een modale shift teweeg te brengen. Zonder modale shift zal het verkeer (licht) toenemen wegens omrijden.






In combinatie met andere maatregelen, kan de hele wijk er baat bij hebben. In het kader van een circulatieplan worden knippen strategisch ingericht, eventueel samen met eenrichtingsstraten (zie 3.15 Invoeren van een Circulatieplan) om het verkeer doelbewust te sturen en zal er in de buurt een vermindering van verkeer optreden.

K

-80 tot -100%
-30 tot -80%
0 tot -30%
0 tot + 30%

WAT Tijdelijk of permanent wordt de doorgang voor (gemotoriseerde) voertuigen verboden .

IM A T orte beschrijving belangrijkste impact

	VERKEER 	LU HTKWALITEIT 	ANDERE 
LOKAAL 	30 tot 80 of 0 / 360 en 20 / 60 voertuigen/spitsuur	tot 28 of 2 tot 6 g O ₂ /m ³ (open of canyon)	Bereikbaarheid Fysieke activiteit Veiligheid
NEVENEFTE TEN 	eroriëntering van verkeer		

voor 300 tot 200 voertuigen per spitsuur

3.2 Invoeren van een schoolstraat

3.2.1 Wat en waarom

Een schoolstraat is een straat of weg in de buurt van een school waar tijdens de drukste breng- en afhaalmomenten geen gemotoriseerd verkeer toegelaten wordt. Enkel fietsers en voetgangers, prioritaire voertuigen en eventueel bewoners hebben op die momenten toegang tot de straat. Sinds 20 oktober 2018 is het concept 'schoolstraat' wettelijk verankerd in de wegcode. De straat wordt dikwijls afgesloten met nadar hekken voorzien van een verkeersbord C3, verboden toegang met daaronder het opschrift "schoolstraat".



Figuur 3-4: Schoolstraat

Het doel van een schoolstraat is de bezoekers van de school aan te zetten om met de fiets of te voet te komen om zo de verkeersdruk aan de schoolpoort te verbeteren. Als je met de auto komt moet je sowieso enkele honderden meter te voet gaan wat het interessanter kan maken om het hele traject per fiets of te voet af te leggen.

Daarnaast draagt een schoolstraat ook bij tot een veiligere en aangename omgeving bij het begin en einde van de lessen. Dit zorgt voor een extra argument om met de fiets of te voet naar de school te komen. Het aantal actieve verplaatsingen neemt dus toe en heeft een positieve invloed op de gezondheid van de scholieren. Een schoolstraat kan een belangrijke eerste stap vormen in de richting van een aangename en gezonde schoolomgeving (Den Hond, 2020).

3.2.2 Impact op verkeer

Deze maatregel heeft impact op de intensiteit van het verkeer, niet op de samenstelling van het wagenpark en de gemiddelde emissiefactor.

Tijdens de implementatie van een schoolstraat wordt gemotoriseerd verkeer niet toegelaten waardoor lokaal een grote impact op de verkeersstromen kan verwacht worden. Vaak treedt echter herbestemmingsverkeer op (afzetten/parkeren gebeurt op andere locatie buiten de schoolstraat) en neemt het aandeel actieve verplaatsingen (verschuiving van passieve naar actieve modi) toe. Het verkeer dat niet de school als bestemming heeft zal omrijden en dus een ietwat langere afstand afleggen. Dat stelde men bijvoorbeeld vast bij het instellen van een schoolstraat in verschillende gemeenten. Meer details over deze case staan hieronder onder "Voorbeelden in Vlaanderen".

De TNO-studie evalueerde deze maatregel niet. We gaan uit van reducties tussen 80 en 100% tijdens de aanwezigheid van de schoolstraat.

3.2.3 Impact op de luchtkwaliteit

Tijdens de implementatie van een schoolstraat wordt gemotoriseerd verkeer lokaal niet toegelaten waardoor een grote impact op verkeersgerelateerde pollutanten (NO, NO₂, BC, UFP, PM) verwacht worden. Dit effect treedt enkel op tijdens de implementatie; vaak 30min-1u aan het begin en einde van de schooldag, en vervalt tijdens de andere uren van de dag waardoor het jaargemiddelde effect op de luchtkwaliteit beperkt is.

De potentiële luchtkwaliteitsimpact van een lokale verkeersmaatregel hangt steeds af van de verkeersdruk van de beoogde stra(a)t(en). Deze verschilt van pollutant tot pollutant. Een proefproject nabij Kampenhout kwantificeerde de lokale verkeersbijdrage nabij een school als 90% voor NO, 24% voor NO₂ en 7% voor PM₁. In dit geval hebben verkeersmaatregelen dan ook de grootste potentiële impact op NO, gevolgd door NO₂ en PM. Concreet resulteerde de invoering van (i) een enkelrichtingsstraat en (ii) een schoolstraat in Kampenhout in, respectievelijk, 35% en 60% afname van de lokale bijdrage voor NO, 33% en 89% afname van de lokale bijdrage voor NO₂ en geen significante impact op PM₁.

In Londen resulteerden schoolstraten nabij verschillende scholen in gemiddelde concentratiereducties tot 8 µg/m³ (34%) voor NO en tot 6 µg/m³ (23%) voor NO₂ tijdens de maatregel (Gellatly, 2021). De resulterende impact op daggemiddelde concentraties bedraagt volgens de studie 5% voor NO en 2% voor NO₂. In bevragingen gaven 18% van de ouders aan minder met de wagen naar school te komen (Gellatly, 2021).

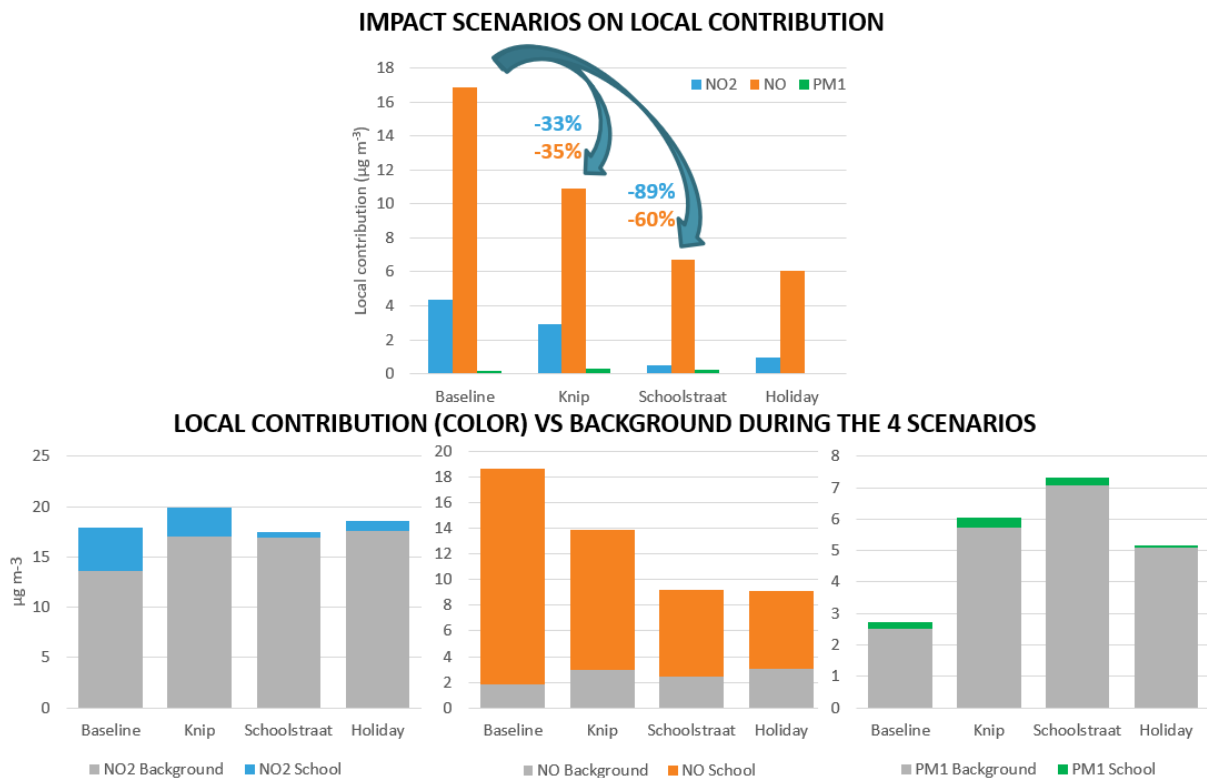
3.2.4 Voorbeelden in Vlaanderen

In Vlaanderen vonden enkele projecten met schoolstraten plaats waarvan de impact telkens goed werd gedocumenteerd. VITO onderzocht samen met het Provinciaal Instituut voor Hygiëne (PIH) en Vlaams Instituut Gezond Leven de impact van schoolstraten in 5 basisscholen in Vlaanderen (Den Hond, 2020). Wat betreft **mobilititeit** reden in de schoolbuurt (schoolstraat + naburige straat) 30% minder voertuigen tijdens de afsluitperiode en 6% minder auto's gemeten over de ganse dag. Bovendien was er na 3 weken implementatie een (lichte) verschuiving waarneembaar van passieve (auto/bus) naar actieve (trappen/stappen) vervoersmiddelen, in functie van de leeftijd van de scholieren; +2% in de eerste graad; +4% in de tweede graad basisonderwijs; +6% in de derde graad basisonderwijs (op basis van bevragingen). De belangrijkste impact was een aangenamere en gezondere schoolomgeving. Voor wat betreft **luchtkwaliteit** werd in 3 scholen 3 pollutanten opgevolgd die een goede indicator zijn om de invloed van wegverkeer op te volgen, met name stikstofoxiden (NO_x: NO+NO₂), roet (BC) en ultrafijn stof (UFP). De impact werd geëvalueerd door het percentage verandering in concentratie aan verkeerspolluenten te evalueren ten opzichte van een referentieperiode van 30 minuten vóór de start van de schoolstraat. Voor invoering van de schoolstraat (normale ochtendspits) werd telkens een concentratieverhoging waargenomen ten opzichte van de referentieperiode voor NO_x (32-77%), BC (18-58%) en UFP (15-19%). De invoering van de schoolstraat resulteerde voor alle scholen in aanzienlijke reducties van deze ochtendpiek voor NO_x (-23% - 22%), BC (-27-38%) en UFP (-9-8%), zoals weergegeven op Figuur 3-5. De stedelijke achtergrondconcentratie had een duidelijke invloed op de waargenomen ochtendpiek ter hoogte van de schoolpoort.



Figuur 3-5 Percentage verandering in concentratie van verkeerspolluenten (NO_x, BC en UFP) bij 3 scholen tijdens de ochtendspits ten opzichte van een referentieperiode op dezelfde dag net voor de ochtendspits.

In het kader van het VLAIO City Of Things project werd de lokale luchtkwaliteitsimpact van de invoering van een schoolstraat in Kampenhout geëvalueerd door middel van sensoren op een achtergrond en schoollocatie. De lokale verkeersbijdrage ter hoogte van de school (=schoollocatie – achtergrond) werd bepaald voor NO, NO₂ en PM₁. De invoering van een knip (eenrichtingsstraat) en schoolstraat resulteerde in respectievelijke reducties in de lokale bijdrage; met name 33% en 89% voor NO₂ en 35% en 60% voor NO (Figuur 3-6). Geen significante impact van de verkeersmaatregelen werd waargenomen voor fijn stof (PM₁).



Figuur 3-6 Impact van de invoering van een knip (eenrichtingsverkeer) en schoolstraat in Kampenhout op de lokale bijdrage (boven) en totale concentratie (onder) aan NO₂ (blauw), NO (oranje) en fijn stof (PM1; groen) tijdens de implementatieuren.

Indien de waargenomen impact in Kampenhout wordt uitgedrukt als percentage verandering ten opzichte van een referentieperiode net voor de ochtendspits (zoals voorgaande case in) verkrijgen we voor de invoering van de schoolstraat een concentratietoename van 94% voor NO_x (voormeting). De invoering van de schoolstraat resulteert voor Kampenhout in een NO_x-percentage verandering van -28% (nameting), vergelijkbaar met school 3 uit de eerste case (Figuur 3-5).

In het kader van het Europese H2020 COMPAIR project werd een proefproject in Herzele opgezet in het laatste trimester van 2023 (<https://www.herzele.be/schoolstraat>). Hier werd vanaf 2 werkweken voor de invoering van een schoolstraat tot 2 werkweken na invoering van de schoolstraat verkeersstellingen verricht door middel van Telraam (15 min voor tot en met 15 min na afsluiten). Wat betreft **mobiliteit** werden tijdens de afsluitperiode in de straat van de school 175 extra fietsers geteld en 100 bijkomende voetgangers. Er werden gemiddeld 150 auto's minder geteld. In de naburige straten werden gemiddeld 30 fietsers en 5 voetgangers extra geteld. In andere straten van Herzele werd extra verkeer genoteerd met soms filevorming tot gevolg. (www.herzele.be/schoolstraat)

Om aan te geven wat vermoedelijk gebeurt met het verkeer dat niet de school als bestemming heeft gebruikten we een simulatie uit met Traffic scout. Traffic Scout is een vereenvoudigd model dat mobiliteitsimpacts op lokaal niveau inschat en neemt geen modale verdeling in beschouwing. (<https://traffic-scout.net/>.) We sloten in een landelijke gemeente de straten voor een school fictief af in het model. De impacts zijn zichtbaar in de onderstaande figuur.

De blauwe pijl geeft aan waar de school zich bevindt en de straten die afgesloten worden. De kleuren en cijfers op de figuur geven de verschillen in verkeerintensiteiten aan voor en na het invoeren van de schoolstraat. De groene kleur geeft een vermindering van het verkeer aan, de rode kleur geeft een verhoging van het verkeer aan. Merk op dat er ook aan de randen van de kaart licht rode (roze) straten zijn. Dit zijn straten/wegen die een beetje extra verkeer te verwerken krijgen. De reden is dat de schoolstraat ook als een sluipteg werd gebruikt om het druk verkeer op de hoofdwegen te vermijden. Ten gevolge van de schoolstraat wordt dit verkeer dus opnieuw naar de hoofdweg gestuurd. Het totale verkeersvolume neemt heel lichtjes toe.



Figuur 3-7: illustratie van impact van een fictieve schoolstraat met Traffic scout (groen=afname verkeer, rood= toename verkeer, blauwe pijl=schoollocatie)

3.2.5 Zelf aan de slag

Zoals steeds is de situatie in elke gemeente en schoolomgeving anders. Het kan dus nuttig zijn een inschatting te maken van wat een schoolstraat in jouw gemeente kan opbrengen. De eerste stap zal steeds het in kaart brengen zijn van de manier waarop schoolgangers naar school komen en hoe ver ze van school wonen. Een goede en representatieve voormeting (voor de invoering van de schoolstraat) van modal split, verkeer en eventueel luchtkwaliteit is hierbij cruciaal. Op basis daarvan kan al een potentieel van modal shift ingeschat worden. Als de gemeente over een verkeersmodel beschikt kan het ook nagaan hoe verkeersstromen zich zullen aanpassen.

Eens de schoolstraat ingevoerd is, is het weerom belangrijk om te meten hoe de situatie evolueert op basis van verkeerstellingen bij de school, maar ook op andere punten in de gemeente. Deze nameting (na invoering van de schoolstraat) moet op dezelfde manier gebeuren als de voormeting om vergelijkbaar te zijn. Er moet ook onderscheid gemaakt worden tussen jaargemiddelde impact en impact wanneer de maatregel van kracht is en er moet voldoende aanpassingstijd beschouwd worden tussen het invoeren van de maatregel (schoolstraat) en het karakteriseren van de effecten (gedragwijzigingen gebeuren nu eenmaal niet van vandaag op morgen).

De berekening van de impact van een schoolstraat op de luchtkwaliteit kan worden doorgerekend in CAR-Vlaanderen:

Een schoolstraat wordt enkel afgesloten voor één uur 's ochtends en 's avonds op schooldagen. In dit voorbeeld wordt getoond hoe zowel het effect op de jaargemiddelde concentraties als het effect tijdens de uren met schoolstraat berekend wordt.

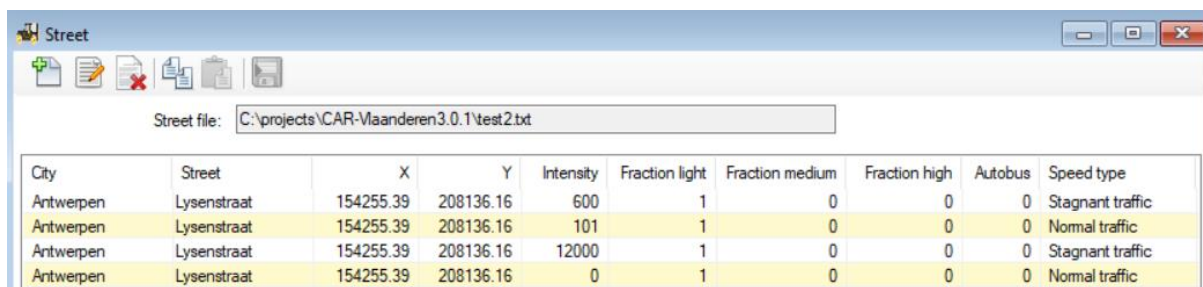
Veronderstel een etmaalintensiteit, voorafgaand aan de maatregel, van 600 voertuigen. Iedere schooldag brengen 500 ouders hun kinderen naar school met de wagen. Dit geeft op jaargemiddelde basis een etmaalintensiteit van 499 voertuigen:

182 schooldagen x 500 voertuigen x 2 (brengen en halen) / 365 = 499 voertuigen/etmaal

We veronderstellend dat dit school-gerelateerd verkeer (83% van het totaal) stagnerend is. De resterende 101 (600 - 499) voertuigen per etmaal, is verkeer van lokale bewoners (dus niet school-gerelateerd).

Verder is de straat een street canyon (type 3b) met hier en daar wat bomen (bomenfactor 1.25). Met deze informatie kunnen de jaargemiddelde concentraties berekend worden voor de situatie zonder en met schoolstraat. Als alle autoverkeer tijdens de ochtend van 8 tot 9 uur en tijdens de namiddag van 15 tot 16 uur verboden wordt valt de etmaalintensiteit terug tot 101 voertuigen per etmaal. Dit verkeer is doorstromend. Deze twee situaties zijn geconfigureerd in de eerste twee lijnen in Figuur 2-7.

Normaal berekent CAR-Vlaanderen het effect op de jaargemiddelde concentratie. Om de impact te kennen tijdens de uren dat de schoolstraat actief is kunnen we de intensiteiten tijdens die uren ingeven als etmaalintensiteit. 's Morgens van 8 tot 9 uur zijn er 500 voertuigbewegingen. Als deze situatie een hele dag zou aanhouden leidt dit tot 12000 voertuigen per etmaal. We verwaarlozen hier het verkeer van de bewoners tijdens de schoolstraaturen). Met een schoolstraat zijn er geen voertuigen tijdens de aankomst en vertrekuren. De overeenkomstige etmaalintensiteit is dus 0 voertuigen. Deze twee situaties komen zijn geconfigureerd in de laatste twee lijnen in Figuur 2-7.



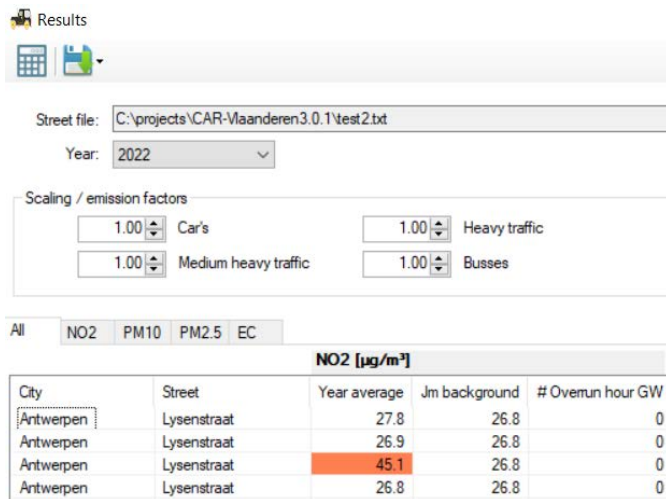
The screenshot shows a window titled 'Street' with a toolbar and a file path 'C:\projects\CAR-Vlaanderen3.0.1\test2.txt'. Below is a table with the following data:

City	Street	X	Y	Intensity	Fraction light	Fraction medium	Fraction high	Autobus	Speed type
Antwerpen	Lysenstraat	154255.39	208136.16	600	1	0	0	0	Stagnant traffic
Antwerpen	Lysenstraat	154255.39	208136.16	101	1	0	0	0	Normal traffic
Antwerpen	Lysenstraat	154255.39	208136.16	12000	1	0	0	0	Stagnant traffic
Antwerpen	Lysenstraat	154255.39	208136.16	0	1	0	0	0	Normal traffic

Figuur 3-8: Configuratie van schoolstraat in CAR Vlaanderen. Lijn 1: jaargemiddeld zonder schoolstraat, lijn 2: jaargemiddeld met schoolstraat, lijn 3: uurgemiddelde zonder schoolstraat, lijn 4 uurgemiddelde met schoolstraat.

Na configuratie van de verkeerssituatie kunnen de concentraties berekend worden. Figuur 2-8 toont de resultaten. De impact op de jaargemiddelde NO₂ concentratie is een daling van 0.9 µg/m³ (van 27.8 naar 26.9 µg/m³). Tijdens de uren dat de schoolstraat actief is, is de impact met een daling van 18.3 µg/m³ veel groter. Ook de impact op PM₁₀

en PM_{2.5} wordt berekend maar is doorgans kleiner. De relatieve impact op EC is vergelijkbaar met die op NO₂. In het voorbeeld werd de simulatie uitgevoerd voor het jaar 2022. De simulatie kan ook in 2025 en 2030 worden uitgevoerd. Hierbij wordt rekening gehouden met emissiereducties voor wegtransport en andere sectoren. Daardoor liggen zowel de achtergrondconcentraties als de concentraties in straten lager.



Figuur 3-9: NO₂ concentratie in de schoolstraat. Lijn 1: jaargemiddeld zonder schoolstraat, lijn 2: jaargemiddeld met schoolstraat, lijn 3: uurgemiddelde zonder schoolstraat, lijn 4 uurgemiddelde met schoolstraat.

3.2.6 Conclusie






- Grote vermindering van verkeersstromen en verkeergerelateerde pollutanten (NO_x, UFP en BC) in de schoolstraat, maar heel beperkt in de tijd (start- en einduur school).
- Stimuleert een modal shift naar actievere vervoersmodi
- Grijpt in op een concreet knelpunt, met name de blootstelling van kwetsbare doelgroep (kinderen) tijdens spitsuren met hoge concentraties aan luchtverontreiniging.
- Impact gaat veel ruimer dan luchtkwaliteit, aangezien de maatregel ingrijpt op verschillende aspecten van leefbaarheid, met name fysieke activiteit (modal shift), veiligheid, welbevinden, geluid en klimaat.
- Verhoging van verkeersstromen in de ruimere omgeving omdat het verkeer dat de schoolstraat niet meer gebruikt een andere weg neemt.
 - De globale impact kan licht positief of licht negatief zijn afhankelijk van het feit of de modal shift van het schoolbestemmingsverkeer overweegt of dan wel het omrijden voor het overige verkeer.
 - De belangrijkste impact is een aangenamere schoolomgeving bij de start en einde van elke schooldag → lokale verlaging van kortstondige piekblootstelling

-80 tot -100%
-30 tot -80%
0 tot -30%
0 tot + 30%

I

WAT Een schoolstraat is een straat bij een school waar tijdens de drukste breng en afhaalmomenten enkel fietsers, voetgangers en prioritaire voertuigen verkeer toegelaten worden .

IM A T Sterke verbetering van de luchtkwaliteit aan de school tijdens de breng en afhaalmomenten .

	VERKEER 	LU HTKWALITEIT 	ANDERE 
LOKAAL 	80 tot 00 of 20 / 60 en 300/ 200 voertuigen/spitsuur	25 tot 50 of 6 tot 2 g O ₂ /m ³ (wanneer van kracht)	eluidshinder Veiligheid Bereikbaarheid / Fysieke activiteit
NEVENEFTE TEN 	eroriëntering v/h verkeer		

voor 300 tot 200 voertuigen per spitsuur

3.3 Instellen van eenrichtingsverkeer

3.3.1 Wat en waarom?

Eenrichtingsverkeer kan ingevoerd worden om meer plaats te maken voor andere infrastructuur zoals een fietspad, voetpad, beplanting of parkeergelegenheid. Het kan ook deel uitmaken van een strategie om doorgaand verkeer onmogelijk te maken in het kader van een circulatieplan.



Figuur 3-10: Eenrichtingsstraat

3.3.2 Impact op verkeer

Deze maatregel heeft impact op de intensiteit van verkeer, niet op de samenstelling van het wagenpark en de gemiddelde emissiefactor.

Instellen van eenrichtingsverkeer leidt doorgaans tot een vermindering van de verkeersintensiteit. Door het wegvallen van kruisend verkeer kan de doorstroming in de toegelaten richting toenemen. Hoe de vrijgekomen ruimte gebruikt wordt bepaalt het effect op het autogebruik en andere modi. Extra parking zal autogebruik aanmoedigen. Meer ruimte voor voetgangers en fietsers kan leiden tot een modal shift. De eenrichtingsstraat zal ook gevolgen hebben in de omliggende straten. De heroriëntering van het verkeer kan daar leiden tot extra verkeer.

De TNO-studie schatte de lokale reductie van verkeer in op 30 tot 45%. Als de vrijgekomen ruimte herbestemd wordt kan de lokale impact groter zijn (30% tot 80%). Als we ons beperken tot het louter instellen van de eenrichtingsstraat zonder bijkomende maatregelen is de inschatting uit het TNO-rapport goed. We nemen deze over.

3.3.3 Impact op de luchtkwaliteit

Tijdens de implementatie van eenrichtingsverkeer wordt lokaal de hoeveelheid gemotoriseerd verkeer gehalveerd/gereduceerd en de doorstroming verbeterd waardoor lokaal een impact op verkeersgerelateerde pollutanten (NO, NO₂, BC, UFP, PM) kan verwacht worden. Zo toonde een studie van Fan et al. (2019) via een combinatie van real-world emissiemetingen en modellering emissiereducties aan voor CO (21%), HC (22%) en NO_x (24%). Op het niveau van de gemeente wordt echter een beperkte impact verwacht aangezien de maatregel resulteert in heroriëntering van het verkeer. De grootste luchtkwaliteitsimpact kan verwacht

worden uit een transitie van passieve naar actieve verplaatsingen, aangezien enkelrichtingsverkeer vaak resulteert in meer ruimte en leefbaarheid voor actieve transportmodi (voetgangers en fietsers). De potentiële luchtkwaliteitsimpact van een lokale verkeersmaatregel hangt steeds af van de verkeersdrukke van de beoogde stra(a)t(en).

3.3.4 Voorbeelden in Vlaanderen

Een proefproject nabij Kampenhout kwantificeerde de lokale verkeersbijdrage nabij een school als 90% voor NO, 24% voor NO₂ en 7% voor PM₁. In dit geval hebben verkeersmaatregelen dan ook de grootste potentiële impact op NO, gevolgd door NO₂ en PM. Concreet resulteerde de invoering van (i) een knip (eenrichtingsverkeer) en (ii) een schoolstraat in Kampenhout in, respectievelijk, 35% en 60% afname van de lokale bijdrage voor NO, 33% en 89% afname van de lokale bijdrage voor NO₂ en geen significante impact op PM₁ (Hofman et al., 2021a).

3.3.5 Zelf aan de slag

De impact van eenrichtingsverkeer kan eenvoudig doorgerekend worden met CAR-Vlaanderen. Eerst is een meting nodig van het actuele verkeer en een inschatting van het effect op de verkeersstromen in de straat zelf en naburige straten. Dan kan zoals in het voorbeeld in paragraaf 2.2.3 de impact in alle relevante straten worden doorgerekend.

3.3.6 Conclusies






- Het louter instellen van een eenrichtingsverkeer vermindert de verkeersstroom in de straat met minder dan 50% omdat de overgebleven richting vlotter te gebruiken is.
- Lokaal heeft de maatregel een aanzienlijke impact.
- Op buurtniveau heeft de maatregel geen impact tenzij hij ertoe bijdraagt een modale shift teweeg te brengen. Zonder modale shift zal het verkeer (licht) toenemen wegens omrijden.
- In combinatie met andere maatregelen, kan de reductie groter zijn. In het kader van een circulatieplan worden eenrichtingstraten strategisch ingericht, eventueel samen met knips (zie hoofdstuk 3.15 Invoeren van een Circulatieplan) om het verkeer doelbewust te sturen en zal er in de buurt een vermindering van verkeer optreden.

-80 tot -100%
-30 tot -80%
0 tot -30%
0 tot +30%

I

WAT Eenrichtingsverkeer instellen en de vrijgekomen ruimte herbestemmen

IM A T Minder verkeer en betere doorstroming. afhankelijk van invulling van de vrijgekomen ruimte: parkeergelegenheid, fietspad of groen.

	VERKEER 	LU HTKWALITEIT 	ANDERE 
LOKAAL 	30 tot 5 of 0 / 35 en 20 / 50 voertuigen/spitsuur	tot 6 of 2. tot 3.2 g O ₂ /m ³	Bereikbaarheid Veiligheid
NEVENEFFE TEN 	eroriëntering van verkeer		

voor 300 tot 200 voertuigen per spitsuur

3.4 Invoeren fietsstraat

3.4.1 Wat en waarom?

Volgens de Belgische wegcode is een fietsstraat een straat die is ingericht als fietsroute, waar specifieke gedragsregels gelden ten aanzien van fietsers, maar waarop ook motorvoertuigen zijn toegestaan. Motorvoertuigen mogen geen fietsers inhalen en de maximumsnelheid bedraagt 30 km/u. Een geheel van fietsstraten kan ook als fietszone aangeduid worden. De bedoeling van fietsstraten is vlotte veilige fietsverbindingen te creëren. Dit lukt het best als ze onderdeel uitmaken van het fietsnetwerk¹³.



3.4.2 Impact op verkeer

Deze maatregel heeft impact op de verkeersintensiteit, niet op de samenstelling van het wagenpark en de gemiddelde emissiefactor.

Het instellen van een fietsstraat kan leiden tot een vermindering van autoverkeer in de fietsstraat. Het instellen van een fietsstraat is vooral succesvol als de fiets de dominante modus is. Fietsberaad geeft als ondergrens 500 fietsers per dag en een bovengrens van maximaal 1000 gemotoriseerde voertuigen per dag die de straat gebruiken. De fietsstraat zal hoogstwaarschijnlijk leiden tot meer fietsers en minder wagens op die as. De snelheid in de fietsstraat (30 km/u) ligt waarschijnlijk lager dan voorheen (mogelijk 50km/u) wat kan leiden tot hogere emissies.

Daarnaast is het waarschijnlijk dat auto's zullen omrijden om de fietsstraat te mijden wat dus voor extra autokilometers zorgt. Eventueel kunnen door de aanleg van de fietsstraat ook enkele automobilisten de overstap maken naar de fiets. Autorijden wordt immers minder aantrekkelijk wegens een beetje extra tijdverlies en fietsen wordt een beetje aangenamer.

Het is wel zo dat de straten die tot fietsstraat worden omgevormd meestal geen heel drukke straten zijn. De impact zal dan ook klein zijn en groter naarmate het autoverkeer meer geremd wordt. Het netto-effect zal van situatie tot situatie verschillen, maar het globale effect zal in de meeste gevallen nagenoeg nul zijn.

Het TNO-rapport behandelde deze maatregel niet. We stellen voor te rekenen met een reductie van 5%, maar zoals gezegd zal het cijfer sterk afhangen van de situatie.

¹³ <https://fietsberaad.be/adviezen/fietsstraten-het-advies-van-fietsberaad-vlaanderen/>

3.4.3 Impact op de luchtkwaliteit

Aangezien de impact op verkeersstromen in de meeste gevallen verwaarloosbaar zal zijn, zal dit ook het geval zijn voor de luchtkwaliteit. Bijkomend moet men er wat betreft luchtkwaliteit ook rekening mee houden dat als de snelheid verlaagt van 50 naar 30 km/u dit een beperkte negatieve invloed kan hebben op de emissies en dus de luchtkwaliteit.

3.4.4 Voorbeelden in Vlaanderen.

Heel wat Vlaamse gemeenten hebben één of meerdere fietsstraten. We geven hier het voorbeeld van Bonheiden. Bonheiden creëerde een netwerk van fietsstraten wat het een stuk aangenamer maakt om zich als fietser te verplaatsen in Bonheiden. De fietsstraten verhogen in het algemeen de veiligheid van de fietser omdat het autoverkeer vertraagt en geen fietsers mag inhalen. De figuren hieronder tonen een fietsstraat en het fietsstratennetwerk van Bonheiden.



Figuur 3-11: Fietsstraat in Bonheiden (links), het netwerk van fietsstraten in Bonheiden (rechts).

3.4.5 Zelf aan de slag

Met CAR-Vlaanderen kan, zoals beschreven in paragraaf 2.2, de verandering in verkeersstromen en snelheid vertaald worden naar concentraties. De snelheid in de fietsstraat zal afnemen. Dit kan in CAR gesimuleerd worden door het snelheidstype te veranderen van vlot naar stagnerend verkeer (van *running* naar *stagnant* in CAR-Vlaanderen).

3.4.6 Conclusies








- Het invoeren van een fietsstraat heeft zin in het kader van een globale visie op fiets en mobiliteitsbeleid, met potentiële impact op verschillende aspecten van leefbaarheid (fysieke activiteit, veiligheid, bereikbaarheid, geluid, klimaat, ...) in een gemeente.
- Als op zich staande maatregel heeft het echter een verwaarloosbare impact op verkeer en luchtkwaliteit.

-80 tot -100%
-30 tot -80%
0 tot -30%
0 tot +30%

I

WAT Een fietsstraat geeft voorrang aan fietsers en laat autos als gast toe met snelheidsbeperking van 30 km/u en inhaalverbod .

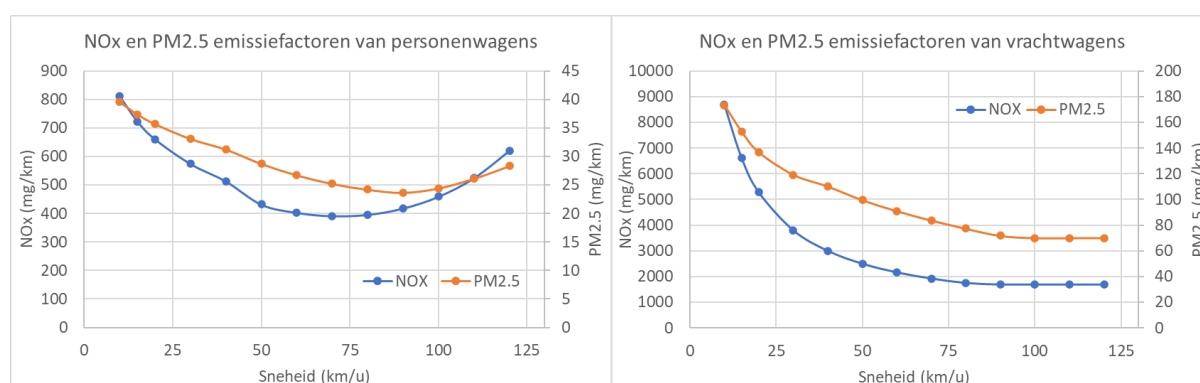
IM A T aangenaamere en veiligere fietsomgeving met weinig of geen impact op luchtkwaliteit tenzij in combinatie met andere maatregelen zoals een circulatieplan

	VERKEER 	LU HTKWALITEIT 	ANDERE   
LOKAAL 	0 tot 5 of tot 5 tot 60 voertuigen/spitsuur	tot 2 of 0,35 g O ₂ /m ³	fysieke activiteit
NEVENEFFEN 	Eventueel omrijden van gemotoriseerd verkeer		

3.5 Wijzigende snelheden

3.5.1 Wat en waarom?

Aanpassing van snelheden kan gebeuren omwille van verschillende redenen. De belangrijkste reden is veiligheid. Zo worden op verschillende autosnelwegen in Vlaanderen de snelheden stroomopwaarts van files verlaagd om te voorkomen dat voertuigen plots moeten remmen als ze de staart van de file bereiken (bv. de dynamische snelheidslimieten op de E313 tussen Geel en Antwerpen-Oost). Andere redenen om de snelheid te verlagen zijn een betere doorstroming en verbetering van de leefbaarheid (minder geluidshinder). Ook luchtkwaliteit kan een reden zijn om de maximale snelheid tijdelijk te verlagen (vb. smog borden). De emissies per kilometer van voertuigen met verbrandingsmotor hangt immers af van de snelheid. Voor personenwagens zijn de emissiefactoren minimaal bij snelheden tussen de 60 tot 90 km/u voor NO_x en rond de 90 km/u voor PM_{2.5}. Voor vrachtwagens dalen de emissiefactoren met toenemende snelheid, boven de 80 km/u blijven ze min of meer constant (Figuur 3-12). Het is dus duidelijk dat het niet realistisch is om in woonkernen de emissies te verminderen via een optimalisatie van de snelheden omdat dit een verhoging van de snelheid zou betekenen. Maar op snelwegen is dit wel een mogelijkheid.



Figuur 3-12: Snelheidsafhankelijkheid van de emissiefactoren van NO_x en PM_{2.5} voor personenwagens en vrachtwagens in de Belgische vloot van 2025 (Bron: FASTRACE en COPERT.)

3.5.2 Impact op verkeer

De impact van veranderende snelheden op verkeersstromen is heel beperkt. We bekijken hieronder drie gevallen van veranderende snelheden.

Snelheid en de capaciteit van (snel)wegen

De maximale doorstroming (voertuigen per uur) op snelwegen wordt bereikt bij snelheden tussen 80 en 95 km/u. De redenering mag echter niet omgedraaid worden. Het is immers niet zo dat je de capaciteit van een snelweg kan verhogen door de snelheidslimiet te verlagen naar 90 km/u (en dus zeker niet 70 km/u). Als de snelheidslimiet 120 km/u is, zal een verkeersstroom op maximale capaciteit ook “van nature” trager rijden. Zeggen dat hogere snelheden de capaciteit verlagen, is dus niet correct. Het is wel zo dat meer verkeer ervoor zorgt dat de gerealiseerde snelheid uiteindelijk lager wordt dan de snelheidslimiet (van 100 of 120 km/u) bij een verkeersstroom op capaciteit.

In het Nederlandse handboek, capaciteitswaarden infrastructuur autosnelwegen (CIA) staat dit op volgende manier beschreven¹⁴:

“Harms (Harms, 2006) heeft gevonden dat strenge handhaving van de snelheidslimiet kan leiden tot een capaciteitsreductie. Het invoeren van een strenge handhaving van de maximumsnelheid leidt dan tot minder dynamiek in het verkeer. Indien de maximumsnelheid 70 tot 80 km/h is en streng gehandhaafd wordt, dan is de dynamiek nog lager dan bij hogere snelheidslimieten. De capaciteitsreductie doet zich vooral voor bij weefvakken en invoegstroken in combinatie met de strenge handhaving van de maximumsnelheid.”

Op andere wegen wordt de capaciteit in de eerste plaats beïnvloed door de kruispunten, niet door de maximumsnelheid.

Impact van snelheidsregimes op routekeuze

Maximumsnelheden kunnen de afwikkeling van verkeersstromen en de routekeuze beïnvloeden. Als de snelheid op een weg door een centrum van 50 km/u naar 30 km/u gaat en op de ringweg van 50 km/u naar 70 km/u, zal ook de reistijd via die wegen verhogen of verminderen. Aangezien de reistijd de belangrijkste indicator is voor de routekeuze, zullen minder mensen voor de 30 km/u route door het centrum kiezen en meer mensen voor de 70 km/u route langs de ringweg. Dit is een principe dat ook gehanteerd wordt bij het opmaken van een verkeerscirculatieplan.

Afhankelijk van de verandering in verkeersstromen en ondanks het feit dat bij 30 km/u de emissies van een wagen hoger liggen (zie Figuur 3-12) is het dus mogelijk dat een vermindering van de maximumrijdsnelheid toch een verbetering van de luchtkwaliteit met zich meebrengt in de stadskern. Dit is wat gebeurt bij het invoeren van circulatieplannen. Alles zal afhangen van hoe de verkeersstromen zich aanpassen en hoeveel extra kilometers eventueel worden afgelegd.

Het TNO-rapport nam deze maatregel niet op. Zoals hierboven gesteld is het niet realistisch met wijzigende snelheden de emissies te beïnvloeden. We maken daarom geen inschatting op de verkeersvolumes.

3.5.3 Impact op de luchtkwaliteit

De impact op de luchtkwaliteit van wijzigende snelheden is in het algemeen beperkt. Een kleine impact is mogelijk bij het verlagen van de snelheden op autosnelwegen naar 90 km/u, maar dat is geen optie voor lokale overheden.

Daarnaast is ook een impact mogelijk via het aanpassen van relatieve snelheden zodat verkeersstromen zich verplaatsen van wegen in drukke woonzones (met lagere maximum en reële snelheid) naar wegen buiten die woonzones (met hogere maximum en reële snelheid) uitgelegd. In dit geval kunnen in de drukke woonzone de emissies per voertuig stijgen, maar kunnen de totale emissies dalen omdat het verkeersvolume afneemt. Het is in dat geval dus belangrijk het gezamenlijk effect te bekijken van de verhoogde emissiefactor per kilometer en de gereduceerde verkeersstromen.

3.5.4 Voorbeelden in Vlaanderen

Een grondige studie naar de impact van snelheidslimieten op luchtkwaliteit is de evaluatie van snelheidsbeperking tot 90 km/u op autosnelwegen bij hoge fijn-stofconcentraties (Lefebvre et

¹⁴ Rijkswaterstaat, Capaciteitswaarden Infrastructuur Autosnelwegen, 2015

al., 2009). Snelheidsbeperkingen worden afgekondigd wanneer er voor 2 opeenvolgende dagen een PM₁₀-concentratie boven de 70 µg/m³ of een PM_{2.5}-concentratie boven de 50 µg/m³ voorspeld wordt. Volgens de studie situeren de plaatsen met een belangrijke daling in de NO₂-concentraties zich tijdens smogperiodes vooral langs de E40 tussen Gent en Brussel, langs de Brusselse Ring en op de E17, maar de dalingen blijven klein met een maximale daling van bijna 8% (zeer lokaal) en rond de 3% in de onmiddellijke omgeving van snelwegen. Voor PM_{2.5} blijven dalingen van meer dan 1% beperkt tot de redelijk ruime omgeving van de autosnelwegen waarop deze maatregelen genomen zijn, met afnamepieken tot 3% op een maximale afstand van ongeveer 500m van de autosnelwegen. Voor dieselroet zijn de concentratiedalingen een stuk groter, in het bijzonder in de directe omgeving van de betrokken autosnelwegen (tot 28%). Deze resultaten dateren van 2009. Tegenwoordig zullen de effecten kleiner zijn omdat de verkeersemisies sterk gedaald zijn.

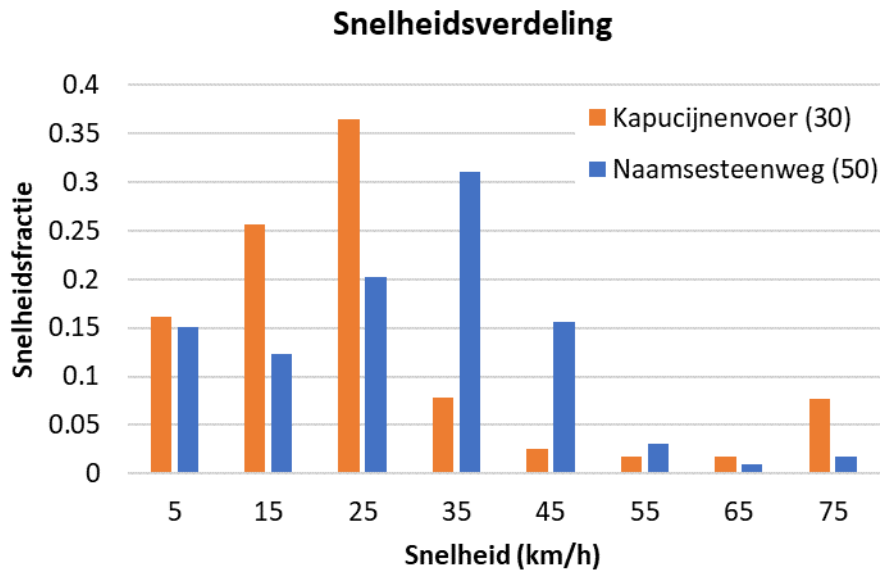
De laatste jaren zijn SMOG-alarmen eerder zeldzaam¹⁵. Het laatste dateert van 25-26 maart 2022. Van 2007 tot 2014 waren er jaarlijks enkele dagen SMOG-alarm. Dit is het gevolg van de dalende concentraties. De drempelwaarden om een alarm af te kondigen zijn niet gewijzigd.

Deze resultaten zijn van een beperkte relevantie voor een stedelijke context. Hier gaat het meestal om snelheidsverlagingen van 70 naar 50 km/u of van 50 naar 30 km/u. Hierbij zullen de emissies licht stijgen maar de effecten op de concentraties zullen eerder klein zijn.

3.5.5 Zelf aan de slag

In CAR-Vlaanderen kan de snelheidslimiet in een straat niet aangepast worden, enkel het snelheidsregime. De verandering van de emissiefactor t.g.v. gewijzigde snelheden kan ingeschat worden met het Excel-rekenblad 'Emissiefactor_ifv_snelheid.xlsx'. Iet de snelheidslimiet is van belang maar wel de snelheidsverdeling: het aandeel van iedere snelheid die voorkomt bij een bepaalde snelheidslimiet. Als er geen data van vóór en na de snelheidsverandering beschikbaar zijn kunnen twee gelijkaardige straten met verschillende snelheidslimiet gekozen worden. Figuur 3-13 toont de snelheidsverdeling in een straat met limiet 30 km/u (Kapucijnenvoer, Leuven) en een straat met limiet 50 km/u (Naamse Steenweg, Leuven). Met deze snelheidsverdelingen en de snelheidsafhankelijke emissiefactoren uit Figuur 3-12 kan een gewogen NO_x emissiefactor berekend worden voor beide straten. Deze bedraagt 641 mg NO_x/km (berekening in Figuur 3-14) voor de zone 30 en 602 mg NO_x/km voor de zone 50, een verschil van 6%. De verhouding NO_x-emissiefactor van 30 km/u ligt 33% hoger dan die van 50 km/u (574 tegenover 431 mg NO_x/km). Het is dus belangrijk om de snelheidsverdeling in rekening te brengen. De verhouding tussen de emissiefactoren kan in het veld 'scaling / emission factors' (herschalen van emissiefactoren) in CAR-Vlaanderen ingevoerd worden (zie Figuur 2-8)

¹⁵ <https://www.irceline.be/nl/documentatie/faq/hoeveel-smogalarmen-zijn-er-al-geweest-in-belgie>



Figuur 3-13: Snelheidsverdeling op de Kapucijnenvoer (limiet 30 km/u) en de Naamse Steenweg (limiet 50 km/u).

Emissiefactor voor Snelheidsverdeling			
Voorbeeld zone 30 met snelheidsverdeling			
Snelheid (km/u)	EF NOx (mg/km)	Snelheidsverdeling	EF_NOx*fractie
5	811.6	0.161	130.7
15	723.0	0.2561	185.2
25	617.2	0.3649	225.2
35	543.6	0.0786	42.7
45	472.3	0.0262	12.4
55	417.5	0.0179	7.5
65	397.4	0.0177	7.0
75	394.0	0.0775	30.5
		Gewogen EF_NOx	641.2

Figuur 3-14: Berekening van een gewogen NOx-emissiefactor op basis van de snelheidsverdeling.

3.5.6 Conclusies

In een stad zullen snelheidsverlagingen eerder leiden tot lichtjes hogere emissies. Maar andere neveneffecten zoals wijzigende verkeersstromen kunnen het uiteindelijke effect sterker beïnvloeden in beide richtingen. Waardoor een snelheidsverlaging toch een positief effect kan hebben op de luchtkwaliteit omdat de verkeerstromen wijzigen.








Ook het brandstofverbruik is minimaal tussen 50 en 80 km/u. Snelheidsverlagingen onder de 50 km/u zullen dus voor conventionele wagens leiden tot een hoger verbruik en CO₂-uitstoot.

W

-80 tot -100%
-30 tot -80%
0 tot -30%
0 tot + 30%

WAT O_x en $M_{2.5}$ emissies van personenwagens zijn minimaal tussen 60 en 0 km/u. Snelheid aanpassen naar optimaal snelheidsregime wat betreft emissies.

IM A T Eerder negatieve globale impact omdat in een stedelijke omgeving de snelheden meestal lager zijn dan 0 km/u en voor minimale emissies de snelheden verhoogd zouden moeten worden.

	VERKEER 	LU HTKWALITEIT 	ANDERE   
LOKAAL 	niet realistisch om met wijzigende snelheden luchtkwaliteit te beïnvloeden	Van 50 naar 0 km/u tot 2 of 0.35 g O_2/m^3	eluidshinder Veiligheid
		Van 50 naar 30 km/u tot 2 of 0.35 g O_2/m^3	eluidshinder Veiligheid
NEVENEFTE TEN 			

3.6 Optimalisatie van verkeerslichten

3.6.1 Wat en waarom?



Figuur 3-15: verkeerslichten (bron MOW, 2022)

Onder optimalisatie van verkeerslichten verstaan we het implementeren van een gedefinieerde regelstrategie. Een regelstrategie voor verkeerslichten laat zich het beste omschrijven als: “de afweging die vooraf is gemaakt over de afwikkeling van verschillende vervoerswijzen op een kruispunt met verkeerslichten”. Of, met andere woorden: Welke modaliteit is, binnen gedefinieerde randvoorwaarden, belangrijker dan de andere? (MOW, 2022)

Een regelstrategie heeft een strategisch beleidskader nodig. In Vlaanderen is dit strategisch beleidskader het STOP principe. STOP geeft de orde van prioriteit voor het faciliteren van verschillende verkeersdeelnemers, eerst Stappers, dan Trappers (fietsers), dan openbaar vervoer en uiteindelijk het privé gemotoriseerd vervoer. Verder worden de prioriteiten per modus beïnvloed door de wegategorisering (netwerktopologie), de ruimtelijke context zoals bijvoorbeeld een industriezone. Zo wordt er onrechtstreeks een ecologisch en verkeersveiligheidsaspect aan gekoppeld. Waar bijvoorbeeld de verblijfsfunctie primeert, zal de regeling de doorstroom en instroom van gemotoriseerd verkeer ontmoedigen. Waar de verkeersfunctie primeert zal een efficiënte doorstroming de prioriteit krijgen. Ideaal wordt ook het weeraspect meegenomen zodat bij zware regenval, sneeuw- of hagelbuien actieve weggebruikers een hogere prioriteit krijgen. Hoogwaardig openbaar vervoer (HOV) zal steeds prioriteit krijgen in de afwikkeling van het kruispunt.

3.6.2 Impact op verkeer

Deze maatregel heeft meestal beperkt en indirect impact op de intensiteit van verkeer en helemaal niet op de samenstelling van het wagenpark. De maatregel kan ook wel de emissies beïnvloeden door voertuigen in een ander motorregime te laten werken door bv. start & stop verkeer te beperken.

Onder het wat en waarom hierboven gaven we aan dat regelstrategieën **van** verkeerslichten het doel hebben verkeersstromen te beïnvloeden. Ze kunnen de instroom van autoverkeer in woongebieden beperken en de doorstroming van doorgaand verkeer op hoofdwegen faciliteren.

Waar de doorstroming wordt verbeterd zal dat op korte termijn een vermindering van het stop & go verkeer met zich meebrengen. Op termijn kan een betere doorstroming wel leiden tot extra verkeer. Ook kan eventueel op de aantakende wegen wat extra stop & go verkeer ontstaan.

Waar de instroom in een verblijfsgebied wordt beperkt kan dat eventueel tot extra stop & go verkeer leiden. Het is maatschappelijk wel te verkiezen om wat extra stop & go verkeer te hebben bij het binnenrijden van een verblijfsgebied dan extra verkeer te hebben in het verblijfsgebied.

Op kruispunten of wegen waar de luchtkwaliteit een probleem stelt is het in theorie ook te overwegen de verkeerslichtenregeling specifiek aan te passen om de luchtkwaliteit te verbeteren. We geven hieronder enkele impacts van verkeerslichtenregelingen die de literatuur beschrijft.

We vonden twee modelstudies die concluderen dat lichtenregelingen een aanzienlijke impact kunnen hebben op emissies. Fazzini en coauteurs (2022) bestudeerden de impact van een betere verkeerslichtenregeling in twee wijken van Bologna. Volgens hun modelsimulaties daalden emissies van NO_x en PM met 80 tot 90% (Fazzini et al., 2022).

De Coensel en coauteurs (2012) vonden op basis van simulaties van een groene golf dat emissies daalden met 10% tot max 40% in ideale omstandigheden. Hun team simuleerde een 50 km/u weg met 5 verkeerslichten op 200 m van elkaar gelegen. Ze vermelden wel dat het optimaliseren slechts in één rijrichting kan (De Coensel et al., 2012). Een groene golf betekent dat voertuigen, (auto's, bussen, fietsers...) op een verkeersweg met meerdere verkeerslichten aan elk van die lichten groen hebben en zo vlot kunnen doorrijden. De voorwaarde kan zijn dat een bepaalde snelheid moet gerespecteerd worden.

We merken bij deze twee studies op dat het gaat om modelstudies. Het is niet altijd mogelijk modelresultaten in de realiteit te reproduceren. De studies nemen ook geen neveneffecten van de maatregelen in rekening. Zeker in het geval van Bologna waar nogal wat congestie in de bestudeerde wijken is, is het waarschijnlijk dat bij het verminderen van de congestie er nieuw verkeer en dus ook emissies bijkomen.

Daarnaast combineerde Munir en coauteurs (2022) real-world observaties met een model, waarbij een proef werd opgezet waarbij de lichtenregeling werd aangepast in functie van de luchtkwaliteit, nl. de NO₂ concentraties. Ze vonden dat gedurende de periode met een lichtenregeling gekoppeld aan de NO₂ concentraties de gemiddelde NO₂ concentraties, tegen de verwachting in, stegen. De piekconcentraties daalden wel. De auteurs geven aan dat het moeilijk is om de impact van lichtenregelingen op luchtkwaliteit precies te meten aangezien veel factoren luchtkwaliteit beïnvloeden zoals bijvoorbeeld het weer en het seizoen (Munir et al., 2022). Bovendien hield deze studie geen rekening met de eventuele impact in naburige straten.

De TNO studie uit 2011 hield rekening met een lokale impact van een reductie van 8% of een range tussen 0 en 20% van de emissies (Voogt et al., 2011). Op basis van de geciteerde literatuur schatten we het reductiepotentieel voorzichtiger in, tussen 0 en 10%.

3.6.3 Impact op de luchtkwaliteit

Luchtkwaliteit is niet de eerste bekommernis van de Vlaamse regelstrategie, maar wel een onrechtstreekse aangezien ze oog heeft voor de ruimtelijke context en de leefbaarheid in verblijfsgebieden.

Het CARBOTRAF¹⁶ project simuleerde aan de hand van real-world observaties en modellen de impact van een intelligent transportsysteem (ITS), door middel van optimalisatie van verkeerslichten en dynamische verkeersborden, op de roetconcentraties in twee Europese steden, Graz en Glasgow (Vranckx et al., 2015a, Mascia et al., 2017). Implementatie van ITS-maatregelen leidde tot potentiële veranderingen in de totale BC-emissies over het hele netwerk gaande van -5% tot +2% (Mascia et al., 2017, Vranckx et al., 2015b, Vranckx et al., 2015a). In het stadscentrum varieerde het gemiddelde effect (over alle windrichtingen en maatregelen) op de resulterende BC-concentraties tussen -0,3 en 0, $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Maximale invloed van de ITS-maatregelen op de BC-concentratie varieerde van -0,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ tot bijna -2,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

3.6.4 Voorbeelden in Vlaanderen

Verkeerslichtenregeling doseert inkomend autoverkeer tijdens de Noorderlijn werken in Antwerpen. Tijdens de werken aan 'oord erlijn' in Antwerpen heeft TML de aannemer ondersteund bij het uitwerken van de minder-hinder-aanpak. De minder-hinder-maatregelen zorgen ervoor dat ondanks de werken de bereikbaarheid van de stad gegarandeerd blijft. Noorderlijn was een groot infrastructuurproject waarbij onder andere de noordelijke Leien van gevel-tot-gevel opnieuw aangelegd werden, inclusief de realisatie van een nieuwe tramlijn en een nieuwe ongelijkvloerse kruising van de Leien met de as Centraal station – Meir.

Een ongelijkvloerse kruising betekent dat verschillende modi niet op hetzelfde niveau kruisen. De 'knip van de Leien' hield in dat tussen juni 20 en december 20 8 de belangrijke noord-zuidverbinding dwars door het centrum met 2x2 rijstroken voor doorgaand verkeer en twee ventwegen met elk twee rijstroken onmogelijk werd.

TML liet onder andere de verkeerslichten voor het inkomend verkeer zo afstellen dat de hoeveelheid autoverkeer in de omgeving van de werken beperkt werd tot wat de overblijvende capaciteit van de stadswegen aankon. Dat zorgde er toen voor dat de omgeving van het Centraal station en de Rooseveltplaats, hét overstappunt waar zowat alle regionale bussen en trams samenkomen, vlot bereikbaar bleef voor De Lijn. Buiten het centrum rijdt het openbaar vervoer vaak op een eigen bedding, in het centrum rijdt het vaker gemengd. Door het autoverkeer te doseren aan de rand van de stad kon het openbaar vervoer de files naar de stad passeren op de eigen bedding en in de stad vlot doorrijden.

Bij de circulatieplannen van Gent en Mechelen wordt ervoor gezorgd dat het autoverkeer zo vlot mogelijk kan doorrijden op de ringwegen om ertoe bij te dragen de auto uit de stad te houden.

In geen van deze voorbeelden werd de impact op luchtkwaliteit bestudeerd.

3.6.5 Zelf aan de slag

Om de impact van verkeerslichtenregeling op de verkeersstromen in te schatten is een micro-verkeersmodel nodig. De impact op de jaargemiddelde luchtkwaliteit is erg klein. Als een verkeerslichtenregeling de intensiteiten en/of de doorstroming in bepaalde straten sterk beïnvloed kan dit eenvoudig doorgerekend worden met CAR-Vlaanderen. De intensiteit kan rechtstreeks ingevoerd worden, de doorstroming wordt kwalitatief beschreven (normal traffic, stagnant traffic, outside road, running traffic).

¹⁶ <https://www.ait.ac.at/themen/integrated-mobility-systems/projects/carbotraf>

3.6.6 Conclusie






- Verkeerslichtenregelingen zijn vooral nuttig binnen een breder mobiliteitsbeleid.
- Het heeft weinig zin om de verkeerslichten van één kruispunt te optimaliseren wat betreft luchtkwaliteit. Dit moet gebeuren over een heel traject zodat de doorstroming op dit traject verbeterd ("groene golf").
- Binnen het breder mobiliteitsbeleid kunnen ze helpen belangrijke verkeersstromen uit de woongebieden te houden om zo in de woongebieden de luchtkwaliteit (en vele andere aspecten van leefbaarheid) te verbeteren.

O

-80 tot -100%
-30 tot -80%
0 tot -30%
0 tot + 30%

WAT Met verkeersregelstrategieën de afwikkeling van het verkeer beïnvloeden

IM A T Verwaarloosbare impact op luchtkwaliteit, wel nuttig gebruikt om verkeersstromen te sturen en leefbaarheid te verhogen

	VERKEER 	LU HTKWALITEIT 	ANDERE 
LOKAAL 	Lokaal bij verkeerslicht tot 0	0 tot 0 tot 0.2 g O ₂ /m ³	Leefbaarheid (bij beperken instroom in kader circulatieplan)
NEVENEFFE TEN 			

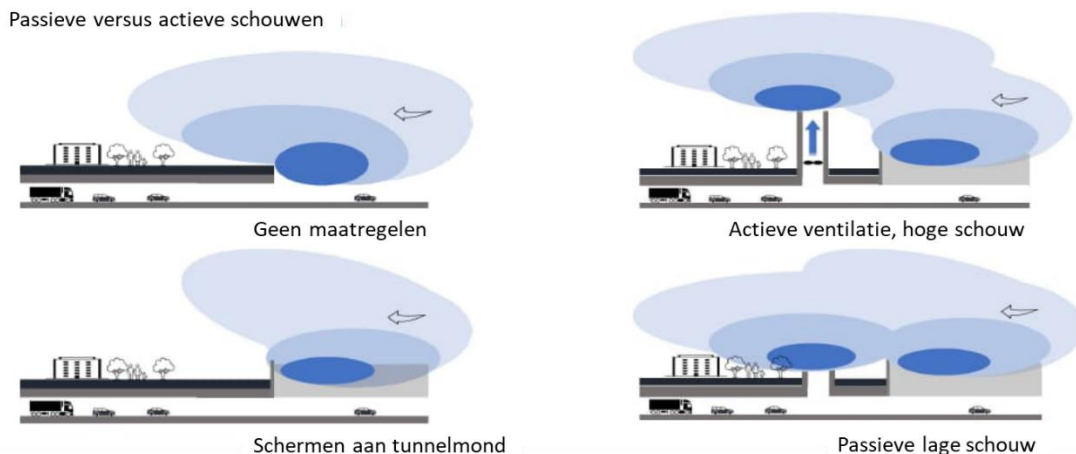
3.7 Afzuigen tunnelmissies (via schoorstenen)

3.7.1 Wat en waarom?

De aanwezigheid van tunnels leidt tot verhoogde concentraties van pollutanten aan de tunnelmonden. Normaal verlaten alle emissies van voertuigen de tunnel langs de tunnelmonden. Hier treden dan verhoogde concentraties op, zeker bij lange tunnels. Door een deel van de emissies af te zuigen via een schoorsteen dalen de emissies aan de tunnelmonden. Figuur 3-16 toont verschillende configuraties voor een tunnelmond:

- geen maatregelen, alle emissies verlaten de tunnel langs de tunnelmond (Figuur 3-16 links boven)
- actieve schouw: emissies worden via een opening in het dak van de tunnel met een ventilator afgezogen naar een schouw (Figuur 3-16 rechts boven)
- passieve schouw: de luchtstroming gegenereerd door het verkeer duwt een deel van de lucht in een schouw (Figuur 3-16 rechts onder)
- berm en/of schermen: de tunnelmond wordt afgeschermd met berm en/of schermen (Figuur 3-16 links onder)

Het actief afzuigen van lucht uit de tunnel vergt veel energie. Een passieve schouw verbruikt geen energie maar de debieten die met deze oplossing bereikt kunnen worden liggen lager dan met actieve afzuiging. Een passieve schouw zuigt typisch 20% van het tunneldebiet af, een actieve schouw ongeveer 30%. Bij een actieve schouw ligt het debiet dus 50% hoger dan bij een passieve. Met een voldoende hoge schouw blijft de impact rond de schouw beperkt. De verbetering van de luchtkwaliteit die met schouwen bereikt kan worden is eerder beperkt.



Figuur 3-16: Verschillende configuraties voor een tunnelmond: geen maatregelen, schermen aan de tunnelmond, actieve en passieve schouw. Bron: Integrale analyse schouwen en impact op luchtkwaliteit, Oosterweelverbinding, Lantis, 29 maart 2022 (intern rapport).

3.7.2 Impact op de verkeersstromen

Afzuigen van tunnelemissies via een schoorsteen heeft geen impact op de verkeersstromen.

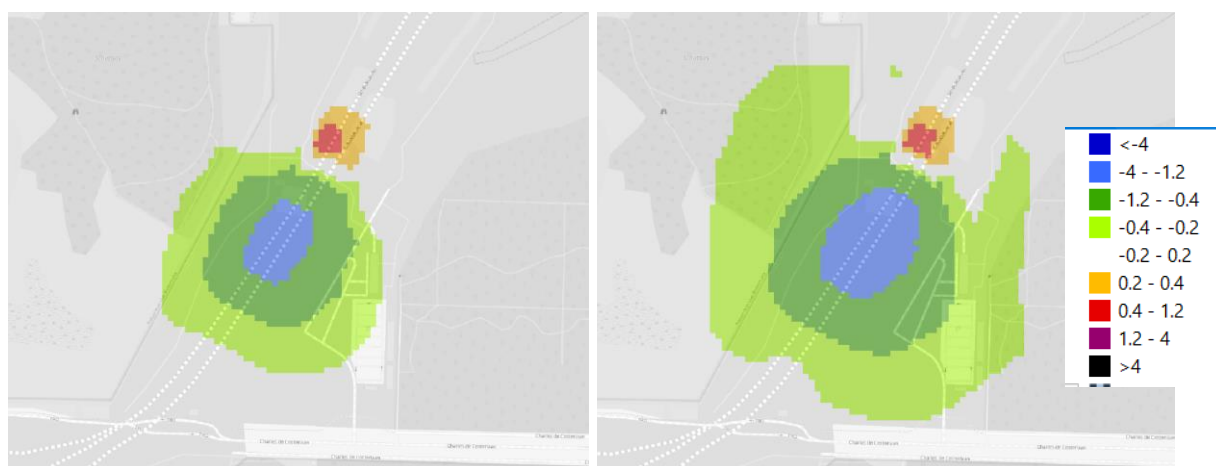
3.7.3 Impact op de luchtkwaliteit

Actieve of passieve afzuiging via een schouw verplaatst emissies van de tunnelmonden naar de schouw. Het netto-effect op de luchtkwaliteit is positief. De concentraties aan de tunnelmonden die meestal onder of gelijk met het maaiveld liggen verlagen. Het effect rond

de schouw is beperkt omdat de emissies op hoogte plaats vinden. De grootte van de impact is evenredig met de verkeersintensiteiten in de tunnel.

3.7.4 Voorbeelden in Vlaanderen

In het kader van de Oosterweelverbinding deed VITO voor Lantis berekeningen over het effect van actieve en passieve schouwen op enkele tunnels. Een actieve schouw kan ongeveer 30% van het debiet afvoeren, een passieve schouw slechts 15%. Figuur 3-17 toont het verschil tussen enerzijds de situatie zonder schouw en anderzijds de situatie met een passieve of actieve schouw op het portaal van de Oosterweeltunnel op linkeroever. Deze tunnel is 1.8 km lang en heeft drie rijvakken in iedere richting. Zowel actieve als passieve afzuiging leidt tot reducties van de NO₂-concentraties aan de tunnelmonden. Aan de rand van de weg gaat het om reducties van rond de 1.2 µg/m³ en 2.8 µg/m³, respectievelijk voor een passieve en actieve schouw. De kleine verbeteringen rechtvaardigde de extra kosten voor actieve afzuiging niet. Het gaat hier om tunnels op de drukste snelwegen in Vlaanderen. De effecten op de meeste andere locaties zullen dus evenredig kleiner zijn.



Figuur 3-17: NO₂-verschilkaart tussen situaties met en zonder schouw: links het verschil tussen passieve schouw en de situatie zonder schouw, rechts het verschil tussen een actieve schouw en de situatie zonder schouw. Dit is de tunnelmond van de Oosterweeltunnel op de linkeroever van de Schelde. De verkeersintensiteit in de rijrichting naar de E34 is 25000 voertuigen per dag. De tunnel is 1.8 km lang (Bron: VITO en Lantis).

3.7.5 Zelf aan de slag.

Tunnel	lengte	Etmaal-intensiteit	NO ₂ -reductie aan de wegrand (µg/m ³)	
			Passieve schouw	Actieve schouw
Scheldetunnel	1800	25000	-1.2	-2.8
Voorbeeldtunnel	200	5000	-0.03	-0.06

Tabel 3-2: Herschaling van de effecten van de schouwen op de Oosterweeltunnel naar een tunnel in typische stedelijke omgeving.

De impact op de luchtkwaliteit van een afzuigstelsel met schouw kan niet op een eenvoudige manier doorgerekend worden. Hiervoor zijn gespecialiseerde dispersiemodellen of CFD-

modellen¹⁷ nodig. Als eerste benadering kan wel een bestaande doorrekening voor de Scheldetunnel van de Oosterweelverbinding herschaald worden. VITO voerde in opdracht van Lantis een studie uit over het effect van actieve en passieve schouwen op de luchtkwaliteit aan de tunnelmonden.

3.7.6 Conclusies

Het actief afzuigen van de emissies kan de luchtkwaliteit enigszins verbeteren. Het vergt zeer veel energie, is duur en kan ook extra geluidshinder veroorzaken. Door de geleidelijke vergroening van het wagenpark wordt de impact op lange termijn kleiner. Daarom wordt het zelden toegepast. Een alternatief is een passieve schouw waarbij de stroming veroorzaakt door het autoverkeer gebruikt wordt om een deel van de lucht af te voeren via een schouw. Door extra passieve maatregelen zoals schermen en bermen kan de impact van de tunnelmond verder verminderd of beter gespreid worden.






Voor typische tunnels in stedelijke omgeving met een lengte van om en bij de 200 meter en verkeersintensiteiten rond de 5000 voertuigen per dag leidt afzuiging van de emissies hooguit tot reducties van ongeveer 0.1 µg/m³ in de omgeving van de tunnelmond.

A

-80 tot -100%
-30 tot -80%
0 tot -30%
0 tot + 30%

WAT Tunnelemisssies worden afgezogen via een schoorsteen i.p.v. ze langs de tunnelmonden te laten ontsnappen.

IM A T Er is geen impact op de verkeersintensiteit. De concentraties aan de tunnelmonden dalen een klein beetje, ter hoogte van de schouw is er een beperkte verhoging. ctieve ventilatie kost veel energie. Een alternatief zijn passieve schouwen, bermen of schermen.

	VERKEER 	LU HTKWALITEIT 	ANDERE 
LOKAAL 	0	tot 0. of 0.06 g O ₂ /m ³ (actieve schouw)	eluidshinder (ventilatoren)
NEVENEFFE TEN 			oog energieverbruik

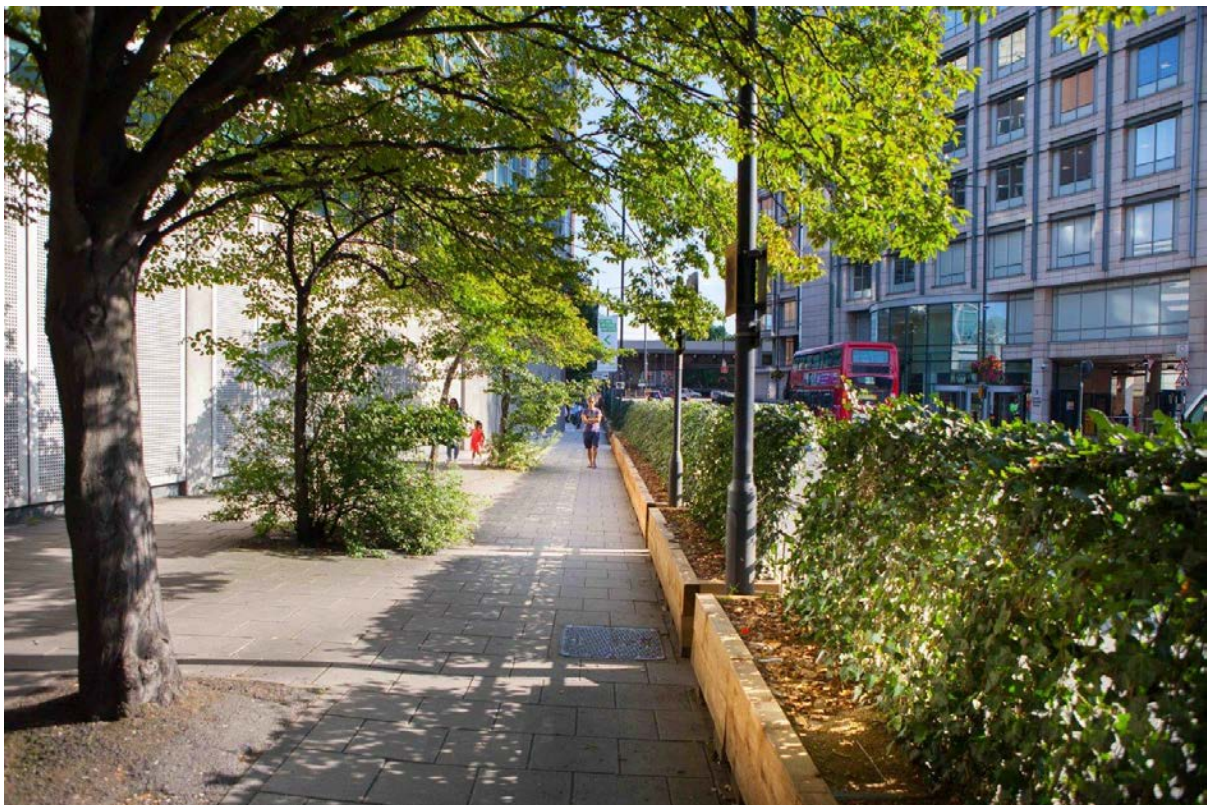
Voor een tunnel van 200 m lang met 5000 voertuigen per dag per rijrichting

¹⁷ CFD: Computational Fluid Dynamics

3.8 Groeninrichting

3.8.1 Wat en waarom?

Groeninrichting omvat alle vormen van beplanting in een straat: bomen, hagen maar ook groene gevels. Groen leidt enerzijds tot een vermindering van de concentraties van polluenten door depositie (afzetting van polluenten op/in groenoppervlak). Anderzijds kunnen bomen en hagen leiden tot een veranderend verspreidingspatroon van polluenten door het beïnvloeden van de luchtdoorstroming (ventilatie/verspreiding) in een straat. Dit kan afhankelijk van de plaatsing en karakteristieken van de vegetatie zowel resulteren in een positieve als negatieve impact op de lokale luchtkwaliteit. Vegetatie kan bijvoorbeeld als groenscherm naast wegen gebruikt worden om de blootstelling ter hoogte van het voetpad te verlagen, terwijl bomen met grote/dichte boomkruinen in street canyons de ventilatie of luchtdoorstroming (verdunding van lokale emissies) zullen belemmeren wat kan resulteren in een slechtere lokale luchtkwaliteit.



3.8.2 Impact op verkeer

Stedelijke of gemeentelijke groeninrichting heeft, afhankelijk van de straatinrichting, geen of een verwaarloosbare impact op de verkeersdoorstroming.

3.8.3 Impact op luchtkwaliteit

Stedelijk groen heeft een impact op de lokale luchtkwaliteit door (i) de indirecte beïnvloeding van de verspreiding/dispersie van luchtverontreiniging en (ii) de directe interactie met fijn stof en gasvormige polluenten (filterend effect). Vooral de indirecte impact heeft potentieel de grootste impact op de lokale luchtkwaliteit.

De aanplanting, vorm en dichtheid (bladoppervlakte) van de vegetatie zijn hierin bepalende factoren. Zo werd aangetoond dat aaneengesloten bomenrijen met brede kruinen de natuurlijke ventilatie in een *street canyon* (smalle, drukke straat met hoge gebouwen aan beide

kanten) bemoeilijken. Door de verminderde natuurlijke ventilatie blijft de lokale vervuiling dan ook langer hangen en kan de luchtkwaliteit verslechteren (Hofman et al., 2019, Morakinyo and Lam, 2016, Wania et al., 2012, Vos et al., 2013). Dit effect wordt niet waargenomen in een open landschap of indien bomen verder uit elkaar geplaatst worden (Amorim et al., 2013, Jeanjean et al., 2015). Slimme implementatie van stedelijk groen waarbij de verspreiding van emissies wordt geoptimaliseerd kan echter wel leiden tot gereduceerde blootstelling (bv. groenbuffers tussen verkeer en fietsers/voetgangers) (Wania et al., 2012, Morakinyo et al., 2016, Jeanjean et al., 2017a, Janhäll, 2015). Groene gevels zijn ook een voorbeeld van stedelijk groen die geen impact zal hebben op de natuurlijke ventilatie in street canyons, maar wel een verhoogde depositie van pollutanten zal bewerkstelligen.

Veel studies vergelijken de omgevingsconcentraties in parken met omgevingsconcentraties in nabijgelegen straten als argument voor het filterende effect van stedelijk groen. Hierbij gaan ze voorbij aan het feit dat parken geen verkeersbronnen bevatten. De waargenomen impact kan dan ook verklaard worden door de grotere afstand tot de bron. Studies die wel de directe filtercapaciteit trachten te kwantificeren resulteren vaak in beperkte lokale PM reducties 0.6-2% (Hofman et al., 2014), 2.5-7% (Bealey et al., 2007), 0-6% (Tiwary et al., 2009), 0.2-1% (Nowak et al., 2006) en <2% (Jeanjean et al., 2017b). De grootste impact lijkt dan ook te worden toegeschreven aan het indirecte effect van stedelijk groen op de verspreiding van de lokale verkeersemissies.

Daarnaast dient vermeld te worden dat stedelijk groen belangrijke neveneffecten ("ecosysteemdiensten") levert zoals verkoeling via schaduw en evapo-transpiratie (verdamping en transpiratie uit het bladoppervlak) (Rizwan et al., 2008, Gago et al., 2013), biodiversiteit (Fuller and Gaston, 2009), leefbaarheid (Chen and Jim, 2008, Jim and Chen, 2009, Nowak and Dwyer, 2007), psychologische effecten (tot rust brengen, sneller genezingsproces (Ulrich, 1984)), gevoel van veiligheid (Zhao and Huang, 2021),...

3.8.4 Voorbeelden in Vlaanderen



Figuur 3-18: Groene gevel van Greenhouse Antwerpen, een coworking gebouw aan de Singel in Antwerpen (bron: <https://sempergreenwall.com/nl/nieuws/greenhouse-antwerp-verduurzaamt-met-groene-gevel/>)

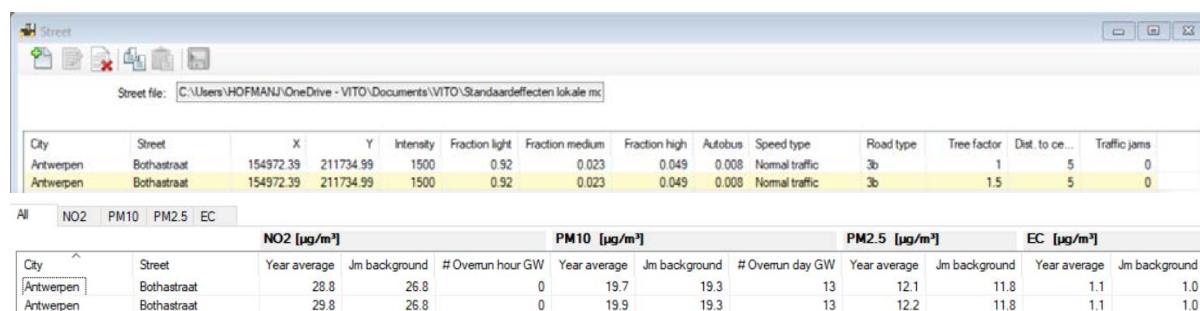
3.8.5 Zelf aan de slag

De impact van groen op de luchtkwaliteit is moeilijk te bepalen. Zowel de depositie van fijn stof op planten als de verandering van luchtstromen in een straat door beplanting zijn complex processen. Om de lokale verspreidingseffecten nauwkeurig te bepalen zijn studies met CFD-modellen waar vegetatie realistisch wordt voorgesteld (Hofman et al., 2016) nodig. De negatieve impact van boomkruinen wordt wel geïmplementeerd in CAR-Vlaanderen, via de bomenfactor (Tabel 3-3). Een bomenfactor van 1,5 leidt ertoe dat de lokale verkeersbijdrage van PM of NO₂ met 50% verhoogd wordt.

Bomenfactor	Hoeveelheid bomen
1	Hier en daar bomen of in het geheel niet
1,25	Eén of meer rijen bomen met een onderlinge afstand van minder dan 15 meter met openingen tussen de kronen
1,5	De kronen raken elkaar en overspannen minstens een derde gedeelte van de straatbreedte.

Tabel 3-3: Toelichting bij de bomenfactor, zoals toegepast in CAR-Vlaanderen¹⁸.

Als rekenvoorbeeld berekenen we de impact van de bomenfactor voor de Bothastraat in Antwerpen, waar verkeersintensiteiten beschikbaar zijn voor 2024 via Telraam met ongeveer 1500 voertuigen/etmaal (auto's grote voertuigen). Wanneer we de Bothastraat met deze verkeersintensiteit configureren in CAR-Vlaanderen (Figuur 3-19), met enerzijds een bomenfactor van 1 en anderzijds een bomenfactor van 1,5 resulteert dit in een jaargemiddelde concentratieverschil van 1 µg/m³ voor NO₂ (3%; 29.8 vs. 28.8 µg/m³), 0.2 µg/m³ voor PM₁₀ (0.5%; 19.9 vs. 19.7 µg/m³) en 0.1 µg/m³ voor PM_{2.5} (0.8%; 12.2 vs. 12.1 µg/m³). Hoewel de boomkruinen dus een aanzienlijke impact kunnen hebben op de lokale verkeersbijdrage (~50%), zal het netto-effect kleiner zijn (0.5-3%) door de bijdrage van de stedelijke achtergrond (26.8 voor NO₂, 19.3 voor PM₁₀ en 11.8 voor PM_{2.5} (Figuur 3-19)).



Figuur 3-19: Berekening van de concentraties in de Bothastraat in Antwerpen met (onderste lijn; bomenfactor: 1,5) en zonder bomen (bovenste lijn; bomenfactor: 1).

3.8.6 Conclusies

Hoewel stedelijk groen een direct effect heeft op de lokale luchtkwaliteit via depositie van stof en opname van gasvormige pollutanten via bladeren, wordt dit effect eerder als klein beschouwd. Een groter effect wordt toegeschreven aan de impact van stedelijk groen op de verspreiding en verdunnen van verkeersemisies in straten (vb. street canyon).

¹⁸ https://www.vmm.be/lucht/evolutie-luchtkwaliteit/modelleringsstools/car-vlaanderen/handleiding_car-vlaanderen_v3-0_finaal_tw.pdf

Daarnaast zorgt stedelijk groen voor verkoeling in de zomer (schaduw en evapo-transpiratie) en positieve effecten op biodiversiteit, leefbaarheid, psychologische effecten, veiligheid, ...






Groene gevels zorgen voor een verhoogde depositie van fijn stof, en dus lagere concentraties, zonder de natuurlijke ventilatie negatief te beïnvloeden.

G

-80 tot -100%
-30 tot -80%
0 tot -30%
0 tot +30%

WAT Verschillende vormen van beplanting zoals bomen en hagen of groene gevels.

IM A T Bomen en hagen hinderen de ventilatie en leiden tot iets hogere concentraties. Depositie van fijn stof op vegetatie reduceert concentraties een beetje.

	VERKEER 	LU HTKWALITEIT 	ANDERE 
LOKAAL 	0	roengevels: tot 0.2 g O ₂ /m of 3 of Bomen: 0 tot 0.6 g O ₂ /m	Leefbaarheid Stedelijk klimaat Biodiversiteit
NEVENEFTE TEN 			

3.9 Afscherming d.m.v. schermen en bermen

3.9.1 Wat en waarom?

Schermen¹⁹ en bermen worden in de eerste plaats gebruikt om de geluidsoverlast in de buurt van wegen te verminderen. Maar schermen hebben ook een positief effect op de luchtkwaliteit door de emissies op te stuwen naar hogere luchtlagen zodat er aan de grond achter de schermen een lagere blootstelling aan verkeersemissies is. Hoge schermen zijn daarbij effectiever dan lage schermen. De afscherming neemt toe naarmate de schermen hoger zijn en korter bij de bron geplaatst worden. Een optimale schermwerking wordt verzekerd door langs beide zijden van de weg schermen te plaatsen. De impact van de schermen loopt op tot verminderingen van 20% van de bijdrage van lokale verkeersemissies. Op grotere



afstand neemt de impact van de schermen af, de bijdrage van de verkeersbron neemt immers eveneens af. Ook de continuïteit van het scherm is van belang. Ter hoogte van openingen in een schermwand zijn er verhoogde concentraties.

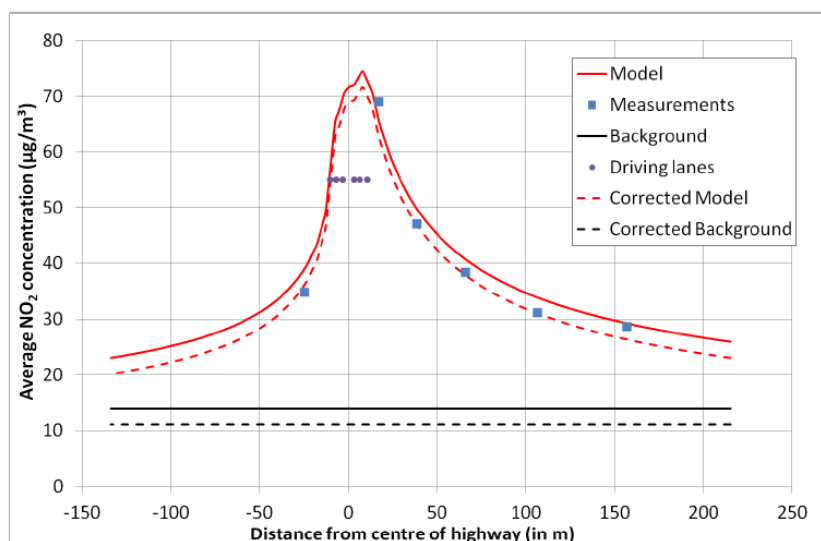
Bermen dragen net als schermen bij tot de afscherming van het achterliggende gebied voor verkeersemissies. Voorwaarde hierbij is wel dat de bermen voldoende steil zijn. Een berm die op gaat in het landschap heeft weinig impact op de luchtstroming en een dus nagenoeg verwaarloosbare effecten naar luchtkwaliteit. Steile bermen zorgen wel voor afscherming maar zijn minder effectief dan een scherm met dezelfde hoogte. Zo bedraagt de reductie van de concentratie achter een berm met een helling van 20° evenveel als de reductie van een scherm dat 4 keer lager is dan deze berm. Een berm met helling van 45° geeft een reductie die even groot is als een scherm dat half zo hoog is als de berm.

Het effect op de concentraties verandert in functie van de afstand tot een scherm of berm. De relatieve reductie van de verkeersbijdrage blijft dezelfde in de afgeschermd zone, ongeacht de afstand. Maar de absolute reducties nemen snel af. De verkeersbijdrage van pollutantconcentraties neemt immers snel af met toenemende afstand. Dit is te zien op Figuur 3-20 die de resultaten toont van een meetcampagne langs een snelweg in Vlaanderen. De NO₂ concentratie neemt sterk af met de afstand tot de weg. Ten opzichte van de piek op de weg zelf, hebben we nog een bijdrage van 50% op 50m, 33% op 100m en 18% op 200m. De relevante effecten van een scherm of berm zijn dus beperkt tot ongeveer de eerste 250 m achter een scherm of berm.

¹⁹ Afbeelding geluidscherm

<https://wegenverkeer.be/natuur-en-milieu/geluid-en-trillingen/maatregelen-de-overdracht>

Naast de afname op grondniveau zorgen schermen en bermen voor een toename van de concentraties op hoogte en boven de weg zelf. Er blijft meer vervuiling lokaal boven de weg hangen aangezien daar de ventilatie wat afneemt.



Figuur 3-20: Modelwaarden (rood), metingen (blauwe vierkanten) en achtergrondconcentraties (zwarte lijn) (NO₂, alle in µg/m³) uitgezet tegen hun afstand tot het midden van de snelweg (geval 5). Paarse stippen geven de verschillende rijbanen weer. De rode stippellijnen tonen de modelwaarden die zijn gecorrigeerd voor te hoge achtergrondconcentraties, de nieuwe achtergrond wordt gegeven in de gestippelde zwarte lijn (Lefebvre and Vranckx, 2013).

3.9.2 Impact op verkeer

Schermen en bermen hebben geen impact op de verkeersintensiteit of samenstelling.

3.9.3 Impact op de luchtkwaliteit

Hoogte scherm	4 meter	7 meter
NO ₂	14% (± 10%)	35% (± 26%)
NO _x	20% (± 6%)	42% (± 13%)
PM ₁₀	34% (± 25%)	45% (± 48%)

Tabel 3-4: Gemiddeld effect op de verkeersbijdrage en onzekerheid (95% betrouwbaarheidsinterval) van het vier meter hoge referentiescherm en het zeven meter hoge scherm op 10 meter achter het scherm in de Proeftuin Schermen (Hooghwerff et al., 2009).

Om het effect de verkeersbijdrage tot de concentratie in te schatten in functie van de hoogte van het scherm en de afstand kan een studie van het Nederlandse Rijkswaterstaat gebruikt worden (Hooghwerff et al., 2009). Op basis van een meetcampagne achter verschillende schermen langs een autosnelweg kwamen zij tot de reducties getoond in Tabel 3-4.

3.9.4 Voorbeelden in Vlaanderen

Schermen en bermen worden zowat overal in Vlaanderen regelmatig toegepast.

3.9.5 Zelf aan de slag

Als voorbeeld nemen we een drukke gewestweg, de Staatsbaan in Lubbeek. Volgens www.telraam.net heeft deze weg een etmaalintensiteit van ongeveer 10000 voertuigen per dag²⁰. 8 van de voertuigen zijn auto's, 2 grote voertuigen en tweewielers. We voeren deze gegevens in CAR-Vlaanderen.

City	Street	X	Y	Intensity	Fraction light	Fraction medium	Fraction high	Autobus	Speed type
Lubbeek	Staatsbaan	182597.39	176580.78	10000	0.88	0	0.11	0.01	Outside road

		NO2 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		
City	Street	Year average	Jm background	# Overrun hour GW	Year average	Jm background	# Overrun day GW
Lubbeek	Staatsbaan	20.9	12.8	0	18.3	16.0	10

Figuur 3-21: Berekening van de concentraties langs de Staatsbaan in Lubbeek zonder scherm.

De achtergrondconcentratie van NO_2 is $12.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en de jaargemiddelde concentratie langs de weg is $20.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De verkeersbijdrage bedraagt dus $8.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Het is deze bijdrage die met een scherm verminderd kan worden. Als er een scherm van 4 meter hoog geplaatst wordt zal de verkeersbijdrage tot de NO_2 -concentratie op 10 m van de weg afnemen met 14% tot $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De totale NO_2 -concentratie bedraagt dan $19.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, een afname van $1.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Voor een scherm van 7 meter hoog zal de afname $2.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bedragen.

3.9.6 Conclusies

Schermen en bermen zijn een efficiënte maatregel om de concentraties in de buurt van wegen sterk te verminderen.

In een stedelijke context zijn schermen, en zeker bermen, echter niet altijd toepasbaar omdat er een redelijke afstand tot de bewoning bewaard moet blijven.

A

-80 tot -100%
-30 tot -80%
0 tot -30%
0 tot +30%

WAT Schermen of bermen langs de weg verminderen de concentraties op grondniveau achter het scherm of de berm.

IM A T Tot ongeveer 250 meter achter het scherm of de berm is er een belangrijke vermindering van de concentraties.

	VERKEER	LU HTKWALITEIT	ANDERE
LOKAAL	0	tot 3 of tot 3 g O_2/m^3	eluidshinder (doel van schermen)
NEVENEFFE TEN			Visuele hinder

ercentages van de verkeersbijdrage tot 0. Voor een weg met 0.000 voertuigen per dag.

²⁰ <https://telraam.net/nl/location/9000000734>

3.10 Elektrificatie van het wagenpark

3.10.1 Wat en waarom

Elektrificatie van wegtransport is de lange-termijndoelstelling van het Europese verkeersbeleid²¹. Vanaf 2035 mogen geen nieuwe wagens met verbrandingsmotor meer verkocht worden. Dit moet leiden tot een volledige elektrificatie van het personenvervoer. Voor vrachtvervoer zal dit nog langer duren. Op federaal en Vlaams niveau wordt elektrificatie gestimuleerd met belastingvoordelen voor elektrische wagens (salariswagens, korting op de belasting op inverkeerstelling (BIV) en de jaarlijkse verkeersbelasting). In dit rapport ligt de focus echter op lokale maatregelen. Ook het lokale beleidsniveau kan aan de elektrificatie bijdragen door:

- De eigen vloot te elektrificeren.
- Publieke laadinfrastructuur te voorzien.

Elektrificatie van het wagenpark hoeft niet altijd het vervangen van een conventionele door een elektrische wagen te zijn. Een wagen vervangen door elektrische fiets of speedpedelec is op verschillende vlakken interessanter:

- Schaarse grondstoffen voor batterijen worden efficiënter benut. Een batterij van een elektrische wagen heeft een capaciteit van rond de 70 kWh, die van een elektrische fiets of speedpedelec respectievelijk rond de 0.5 kWh en 1 kWh. Met de batterij van één elektrische wagen kunnen dus een 100-tal elektrische fietsen gebouwd worden.
- Het verbruik van een elektrische wagen ligt rond de 15 kWh/100km, dat van een elektrische fiets of speedpedelec respectievelijk rond de 0.5 en 1 kWh/100km.
- De overstap van de wagen naar de fiets bevordert de gezondheid.
- Voor de prijs van één elektrische wagen kunnen een 10-tal elektrische fietsen aangekocht worden. Deze hebben het potentieel om jaarlijks meer kilometers af te leggen met minder energie dan één wagen.

3.10.2 Impact op verkeer

Elektrificatie heeft in de eerste plaats een impact op de vlootsamenstelling: conventionele voertuigen worden vervangen door elektrische. Er is geen directe impact op de verkeersvolumes. Een studie van het Federaal Planbureau (Franckx, 2023) vergeleek de levenscycluskost (Total Cost of Ownership, TCO) van kleine, middelgrote en grote elektrische wagens met vergelijkbare conventionele wagens. De conclusie is dat een grote overlap is tussen levenscycluskost van elektrische wagens en conventionele wagens. Omdat de gebruikskost (de batterij opladen) van een elektrische wagen lager is heeft het jaarlijks aantal afgelegde kilometers een grote impact op de levenscycluskost. Bij 30.000 km per jaar is een elektrische wagen duidelijk voordeliger. Voor een gemiddeld gebruik rond de 15.000 km per jaar wordt het verschil tussen conventionele en elektrische wagens klein. Een elektrische wagen als salariswagen wordt al bij minder intensief gebruik interessanter dan een conventionele wagen vanwege de belastingvoordelen. De vergelijking evolueert sowieso geleidelijk in het voordeel van de elektrische wagen. In een eerdere studie van het Federaal Planbureau (Franckx, 2019) hadden enkel middelgrote elektrische wagens een iets lagere levenscycluskost bij intensief gebruik (>20000 km/jaar).

²¹ <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/economy/20221019STO44572/eu-ban-on-sale-of-new-petrol-and-diesel-cars-from-2035-explained>

3.10.3 Impact op de luchtkwaliteit

Volledige elektrificatie zal een grote impact hebben op de luchtkwaliteit. Alle verbranding-gerelateerde emissies verdwijnen: NO_x, CO, onverbrande koolwaterstoffen, uitlaat-fijnstof, ammoniak. Vermits in Vlaanderen ongeveer 30% van de NO_x emissies afkomstig is van wegverkeer zullen bij volledige elektrificatie de concentraties ongeveer evenredig dalen. Alleen het niet-uitlaat fijn stof blijft over. Dit zijn opwaaiend stof en stof afkomstig van de slijtage van de weg, en van remmen en banden. Voor PM_{2.5} zijn is vooral de slijtage van banden en remmen van belang. Omdat elektrische wagens zwaarder zijn, zijn hun emissies van banden hoger dan die van conventionele wagens. De emissies van remmen van elektrische wagens zijn echter lager omdat zij gebruikmaken van remrecuperatie. Eerder werd aangenomen dat de effecten van een hogere massa en de remrecuperatie elkaar compenseerden waardoor de emissies van banden en remmen van elektrische en conventionele voertuigen vergelijkbaar waren (Timmers and Achten, 2016). Dit zijn ook de niet-uitlaat emissiefactoren die we gebruiken (zie Tabel 3-5). Bij dieselwagens die voldoen aan Euro 4 of ouder was het grootste deel van de PM_{2.5}-emissies nog afkomstig van de uitlaat. Voor de huidige Euro 6d wagens maken de uitlaatemissies nog maar een kleine fractie uit van de totale PM_{2.5}-emissies (respectievelijk 21% en 6% bij Euro 6d diesel en benzine personenwagens). In september 2023 verscheen een nieuwe versie van het handboek met niet-uitlaat-emissiefactoren en daarin wordt wel een onderscheid gemaakt tussen elektrische en conventionele voertuigen (Ntziachristos and Boulter, 2023). Uit meer recente metingen blijkt dat de reductie ten gevolge van remrecuperatie toch zwaarder doorweegt dan het hogere gewicht waardoor elektrische wagens 33% lagere emissies van banden en remmen hebben. Elektrificatie kan de PM_{2.5}-emissies van wegverkeer wel reduceren maar niet volledig doen verdwijnen.

PM _{2.5} Emissiefactor (mg/km)	Euro 4		Euro 6d		Elektrisch
	Diesel	Benzine	Diesel	Benzine	
PM _{2.5} Uitlaat	63.9 (81%)	1.3 (8%)	4.1 (21%)	0.9 (6%)	0 (0%)
PM _{2.5} Resuspensie	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
PM _{2.5} Wegslijtage	4 (5%)	4.1 (25%)	4 (21%)	4.1 (25%)	4.1 (27%)
PM _{2.5} banden en remmen	11.1 (14%)	11.1 (68%)	11.1 (58%)	11.1 (69%)	11.1 (73%)
PM _{2.5} Totaal	79.0	16.5	19.3	16.1	15.2

Tabel 3-5: PM_{2.5}-emissiefactoren in de stad voor Euro 4 en Euro 6d medium diesel, benzine en elektrische personenwagens opgesplitst naar oorsprong: uitlaat, resuspensie (opwaaiend stof), wegslijtage en slijtage van banden en remmen.

3.10.4 Zelf aan de slag

De impact van een (gedeeltelijke) elektrificatie kan doorgerekend worden op dezelfde manier als een lage-emissiezone. In het Excel-rekenblad kan de nieuwe vloot geconfigureerd worden. De berekende schaalfactoren voor de emissies worden dan in CAR-Vlaanderen gebruikt.

3.10.5 Voorbeelden in Vlaanderen

Er waren in 2022 7626 publieke laadpunten in Vlaanderen²² en het aantal neemt snel toe; t.o.v. 2021 was er een toename van 28%. Met het actieplan *Clean Power for Transport* wil de

²² <https://www.vlaanderen.be/statistiek-vlaanderen/mobiliteit/publieke-laadpunten-voor-elektrische-wagens>

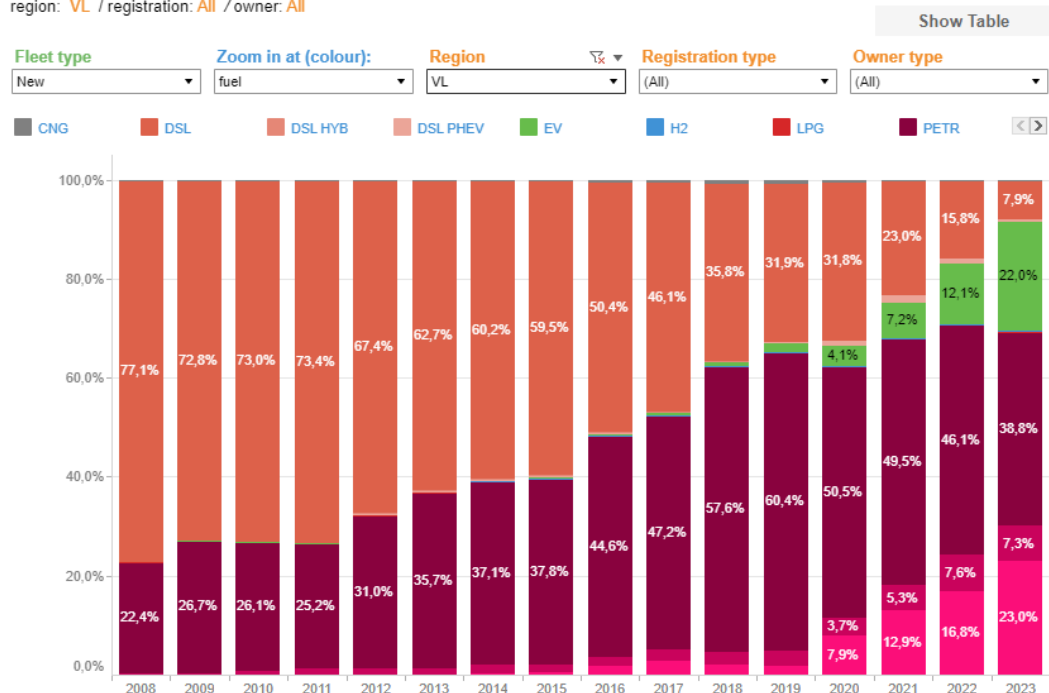
Vlaamse overheid lokale overheden ondersteunen en begeleiden om een laadinfrastructuur uit te bouwen²³.

Figuur 3-22 toont de evolutie van inschrijvingen van nieuwe voertuigen in Vlaanderen per brandstof. Het aandeel elektrische wagens is de laatste jaren sterk toegenomen tot 22% in 2023, vooral ten gevolge van fiscale stimuli.

Een voorbeeld van de lokale impact van elektrificatie werd door de VMM doorgerekend met behulp van ATMO-Plan²⁴ in Roeselare. Er werd een simulatie gedaan waarbij 5% van de wagens elektrisch rijden. Dit resulteerde langs drukke wegen in een daling van de NO₂-concentratie met 0.5% en gemiddeld over de stad in een daling van 0.2%. In absolute termen gaat het om een reductie van respectievelijk 0.1 en 0.0375 µg NO₂/m³.

Distribution of the number of New registrations per fuel

region: VL / registration: All / owner: All



Figuur 3-22: Evolutie van de nieuw registraties per brandstof van 2008 tot 2023. In het groen het aandeel elektrische voertuigen. Het overgrote deel van deze voertuigen zijn niet-privaat. Bron: <https://ecoscore.be/fiches> > Distribution

3.10.6 Conclusies

De impact van elektrificatie hangt sterk af van de graad van implementatie. De elektrificatie van enkele dienstwagens van de stad zal eerder een signaalfunctie hebben dan een merkbare impact op de luchtkwaliteit. De impact van volledig elektrificatie is groot.

23

https://assets.vlaanderen.be/image/upload/v1626703852/Brochure_oplaadpunten_in_steden_en_ge-meenten_-_welke_mogelijkheden_zijn_er_ywhc8g.pdf







24 <https://atmosys.vito.be/en/atmo-plan>

E

-80 tot -100%
-30 tot -80%
0 tot -30%
0 tot + 30%

WAT Conventionele, benzine en dieselloertuigen vervangen door elektrische voertuigen .

IM A T Volledige elektrificatie leidt tot het vermijden van alle uitlaatemissies, enkel niet uitlaat fijn stof blijft.

	VERKEER 	LU HTKWALITEIT 	ANDERE 
LOKAAL 	0	Tot 5 of tot g O ₂ /m ³ (drukke canyons)	limaat (CO ₂) eluid
GEMEENTE 	0	Tot 3 of 2 g O ₂ /m ³ (stedelijke achtergrond)	
NEVENEFFE TEN 			Dure maatregel (EVs en laadinfrastructuur)

Effecten voor volledige elektrificatie in de stad

3.11 Instellen van lage-emissiezones (LEZ)

3.11.1 Wat en waarom?

Sinds 2015 bestaat in Vlaanderen een decreet waardoor steden lage-emissiezones (LEZ) kunnen invoeren op hun grondgebied. In een LEZ worden de meest vervuilende voertuigen stapsgewijs gebannen om de luchtkwaliteit in die zone te verbeteren en zo ook de gezondheid van de inwoners. Tot 1 januari 2026 ligt de focus op het bannen van oude dieselwagens zonder roetfilter omdat die voertuigen zeer veel schadelijk roet (BC) uitstoten. Oude benzinewagens zijn wel nog toegelaten omdat hun roetuitstoot gelijkaardig is aan de roetuitstoot van dieselwagens met roetfilter. Zodra de roetuitstoot maximaal is teruggedrongen, verschuift de focus naar de uitstoot van stikstofoxiden (NO_x). Op dat ogenblik zullen ook de recentere dieselwagens met een roetfilter in het vizier komen omdat die ongeveer evenveel stikstofoxiden blijven uitstoten als de oudere dieselwagens zonder roetfilter. Ook voor benzinewagens worden de toegangscriteria geleidelijk strenger maar benzinewagens maar dat proces verloopt veel trager omdat benzinewagens (veel) minder stikstofoxiden uitstoten dan dieselwagens van dezelfde leeftijd. De belangrijkste effecten van de invoering van een LEZ zijn:

- Een versnelde vergroening van het wagenpark binnen de stad maar ook daarbuiten.
- Concreet betekent dit dat het aandeel oude benzinewagens daalt en het aandeel dieselwagens stijgt.
- Vooral binnen de LEZ maar ook daarbuiten dalen de emissies van NO_x en BC
- Een gezondere leefomgeving, vooral voor sociaal kwetsbare groepen

Het is zoeken naar een goed evenwicht tussen de effectiviteit en het sociaal draagvlak. Met de juiste ondersteunende maatregelen zorg je ervoor dat de positieve sociale effecten groter zijn dan de negatieve sociale effecten, zoals:

- Het toekennen van een slooppremie.
- Oude benzinewagens wel nog toelaten.
- and having via camera's met nummerplaatherkenning. Soms moet de weginfrastructuur hiervoor aangepast worden zodat wagens die niet toegelaten worden nog de mogelijkheid hebben om de LEZ te vermijden.
- Het voorzien van vrijstellingen op de toelatingsvoorwaarden (bv. voor gehandicapten, mantelzorgers, ...).
- De mogelijkheid voorzien om een dagpas aan te kopen voor voertuigen die niet aan de toegangsvorwaarden voldoen.
- Lagere tarieven voor voertuigen die net nog binnen mogen voor sociaal zwakkeren.

3.11.2 Impact op verkeer

Deze maatregel heeft nauwelijks impact op de intensiteit van het verkeer. Mensen kiezen ervoor om hun wagen te vervangen maar gaan niet minder rijden. Er is wel een impact op de samenstelling van het wagenpark en dus de gemiddelde emissiefactor. Deze daalt omdat de meeste inwoners en (frequente) bezoekers van een LEZ, met een oud dieservoertuig, dit voertuig verkopen. Hierdoor verdwijnen oude dieselwagens sneller uit de LEZ dan in de rest van Vlaanderen. Wie een oud voertuig vervangt, kiest vaker voor een (tweedehands) benzinevoertuig dan voor een recentere dieservoertuig omdat een benzinevoertuig veel langer is toegelaten in een LEZ. In het evaluatierapport dat de Vlaamse Overheid liet opmaken wordt aangetoond dat het aandeel benzinevoertuigen bij de tweedehandsinschrijvingen beduidend sneller steeg binnen de LEZ Antwerpen (+10%) en Gent (+13%) dan in de rest van Vlaanderen (+6%). Ook bij de nieuwe inschrijvingen steeg het benzineaandeel sterk maar dat was ook in de rest van Vlaanderen het geval. De impact van de lage-emissiezones reikt immers verder

dan de lage-emissiezone alleen. Mensen die in de nabije of ruime omgeving van de LEZ wonen en er frequent een bestemming hebben, hebben hun voertuig ook vervangen. Daarnaast hebben ongetwijfeld ook een aantal mensen uit voorzorg een benzine- in plaats van een dieselveertuig gekocht omdat verschillende steden aangaven dat ze overwogen om een lage-emissiezone in te voeren. Al deze factoren, in combinatie met de gunstigere verkeersfiscaliteit, hebben ervoor gezorgd dat we in Vlaanderen een grotere verschuiving van diesel- naar benzinevoertuigen zien dan in Wallonië, waar (nog) geen lage-emissiezones zijn ingevoerd en de verkeersfiscaliteit benzinevoertuigen niet bevoordeelt.

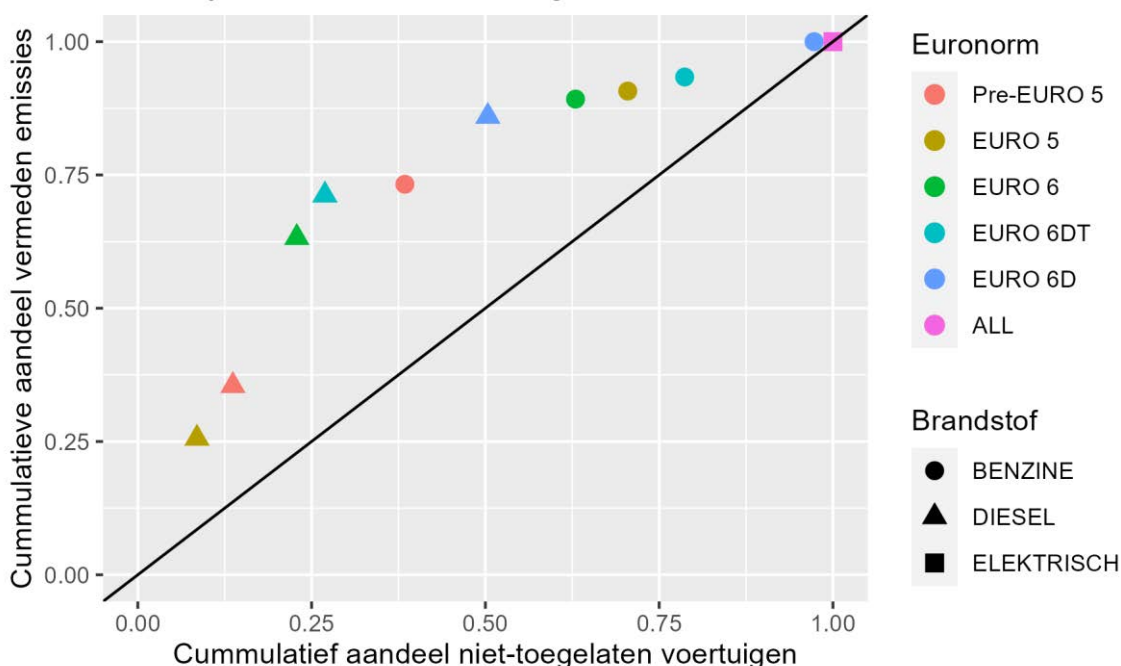
3.11.3 Impact op de luchtkwaliteit

De impact op de luchtkwaliteit van een LEZ wordt bepaald door het aantal oudere voertuigen die niet wordt toegelaten en de grootte van de zone. Door de oudste en meest vervuilende voertuigen te bannen worden er relatief veel emissies vermeden door een beperkt aantal voertuigen de toegang te ontfagen. Dit wordt geïllustreerd met Figuur 3-23. Hiervoor werden combinaties van brandstof en Euronorm geordend van de meest vervuilende naar de schoonste. Dan werden de cumulatieve NO_x-emissies en het cumulatief aantal wagens berekend en tegen elkaar uitgezet in de grafiek. Helemaal links onderaan staan de Euro-5-dieselwagens (lichtbruine driehoek). Deze stoten het meeste NO_x/km uit. Hoewel deze voertuigen maar 8.5% van de vloot uitmaken zijn ze verantwoordelijk voor 26% van de NO_x-emissies. Dan volgen de Euro4-dieselwagens. Vanwege het dieselgate-schandaal zijn deze iets minder vervuilend dan de Euro5-dieselwagens. Het ligt echter moeilijk om nieuwere wagens te bannen en oudere toch toe te laten. Euro 5 dieselwagens hebben bovendien als voordeel dat ze allemaal een roetfilter hebben en dus minder roet en fijn stof uitstoten. Alle lichte dieselveertuigen van Euro 5 of ouder zijn verantwoordelijk voor 35% van de NO_x-emissies maar maken slechts 14% van het aantal lichte voertuigen uit. Door alle lichte dieselveertuigen van Euro 5 of ouder te bannen zullen de NO_x-emissies echter niet met 35% dalen. De toegelaten voertuigen zullen deze kilometers voor hun rekening nemen. Daardoor dalen de emissies van lichte voertuigen met 27%. Dit effect wordt meegenomen in het Excel rekenblad 'Vlootsamenstelling_en_emissies.xlsx'. Het voorbeeld hierboven kan geverifieerd worden in het tabblad '2025_NOx'. et overzichtsbld 'LEZ-configuratie' geeft enkel reductie t.o.v. de totale stedelijke vloot.

Een tweede belangrijke factor is de grootte van de LEZ. Het verkeer in de stadscentra is maar een fractie van het totale verkeer. Vele stadscentra zijn autoluw waardoor ook de emissies er laag zijn. Zo bedragen de NO_x-emissies van verkeer in de Gentse binnenstad (binnen de R40, zonder de R40) slechts ±2% van het verkeer op het Gentse grondgebied. Een groot deel van de vervuiling in steden wordt veroorzaakt door emissies uit de omgeving. Autosnelwegen zijn bv. verantwoordelijk voor ongeveer 41% van de verkeersemisies in Vlaanderen. Doordat een LEZ ook invloed heeft buiten de LEZ door wijzigingen van het wagenpark worden deze ook beïnvloed door de LEZ (dit wordt niet meegerekend in het Excel-rekenblad).

Het aantal voertuigen waaraan men een beperking kan opleggen en de substitutie door toegelaten voertuigen waaraan men beperkingen oplegt bepalen het effect van een LEZ op het grondgebied. In een straat heeft een LEZ een hoger lokaal effect.

Vermeden NOX emissies vs. niet-toegelaten voertuigen Stedelijke vloot lichte voertuigen in 2025



Figuur 3-23: Baten (emissiereductie) tegenover weerstand (aantal wagens dat niet meer binnen mag)

In het evaluatierapport van de Vlaamse Overheid lezen we dat de uitstoot van stikstofoxiden (NO_x) (-5%) en roet (BC) (-19%) sterk gedaald is in de LEZ van Antwerpen (modellering na verstrenging toegangsvoorwaarden in 2019). Dit is te verklaren doordat er in de LEZ minder (oude) dieselwagens en meer benzinewagens rondrijden. De roetuitstoot daalde door de LEZ tussen 2018 en 2019 meer dan dubbel zo snel als zonder de LEZ het geval zou zijn geweest. De lagere uitstoot heeft voor een betere luchtkwaliteit gezorgd. Dat geldt vooral voor roet (BC), waarvoor het effect van de LEZ in Antwerpen ook duidelijk te zien is in de meetresultaten.

Zwarte koolstof	Daling 2019 vs. 2016		Daling 2019 vs. 2018	
	Antwerpen	Vlaanderen*	Antwerpen	Vlaanderen*
Absoluut (µg/m ³)	0,29-1,14 µg/m ³	0,13-0,60 µg/m ³ Gem. 0,32 µg/m ³	0,17-0,52 µg/m ³	0,02-0,23 µg/m ³ Gem. 0,14 µg/m ³
Relatief (%)	24%-46%	17%-31% Gem. 24%	14%-24%	2% - 16% Gem. 11%

*Vlaanderen exclusief de Antwerpse meetstations

Tabel 3-6: Relatieve daling van de BC-concentraties in Antwerpen en Vlaanderen

Ook de concentraties aan stikstofdioxide (NO₂) daalt sterk, zowel in de LEZ zelf als in de rest van Vlaanderen. Dit komt doordat ook in de rest van Vlaanderen meer benzine- dan dieselwagens werden aangekocht, door de komst van de LEZs maar ook de aanpassing van de brandstofaccijnzen en de vergroening van de verkeersfiscaliteit spelen hierin een rol. Het sneller verdwijnen van de oude dieselwagens binnen de LEZs heeft geen bijkomend effect op de NO₂-concentraties in de LEZ zelf omdat recentere dieselwagens bijna evenveel stikstofoxide uitstoten als oude dieselwagens. Wanneer in de LEZ ook de recentere

dieselwagens niet meer zijn toegelaten, zullen we er sterkere dalingen van de NO₂-concentraties meten dan in de rest van Vlaanderen.

Stikstofdioxide	Daling 2019 vs. 2016		Daling 2019 vs. 2018	
	Antwerpen	Vlaanderen*	Antwerpen	Vlaanderen*
Absoluut (µg/m ³)	3,1 - 9,1 µg/m ³	0,9 - 9 µg/m ³ Gem. 3,5 µg/m ³	1,7 - 4,7 µg/m ³	-0,4 - 3,9 µg/m ³ Gem. 1,8 µg/m ³
Relatief (%)	11% - 20%	5% - 32% Gem. 14%	7% - 12%	-2% - 17% Gem. 8%

*Vlaanderen exclusief de Antwerpse meetstations

Tabel 3-7: Relatieve dalingen van de NO₂-concentraties in Antwerpen en Vlaanderen.

Een betere luchtkwaliteit leidt tot een gezondere leefomgeving. Vooral sociaal kwetsbare groepen, zoals mensen met een laag inkomen, werklozen en huurders, hebben daar baat bij. Zij worden niet alleen aan hogere concentraties aan luchtvervuiling blootgesteld maar ondervinden ook meer of sneller gezondheidseffecten door deze luchtvervuiling. Sociaal kwetsbare inwoners kunnen dus meer dan anderen profiteren van maatregelen die de luchtkwaliteit verbeteren, zoals de invoering van een lage-emissiezone. Een belangrijk aandeel van de inwoners van de lage-emissiezones van Antwerpen en Gent is sociaal kwetsbaar en wordt blootgesteld aan hoge concentraties aan luchtvervuiling. Voor deze inwoners is de gezondheidswinst door de komst van de lage-emissiezones het grootst.

3.11.4 Voorbeelden in Vlaanderen

In Vlaanderen hebben Gent en Antwerpen een LEZ. De toelatingsvoorwaarden in de twee steden zijn Vlaams bepaald en dus dezelfde: tot 31/12/2025 zijn dieselloze voertuigen die aan de Euro 4 of ouder voldoen en benzinevoertuigen die aan Euro 1 of ouder voldoen niet toegelaten. Vanaf 1/1/2026 zijn ook Euro 5 dieselloze voertuigen en Euro 2 benzinevoertuigen niet meer toegelaten. Meer informatie is te vinden op de website van de VMM²⁵ en de websites van de steden Gent²⁶ en Antwerpen²⁷. Ook Brussel heeft een LEZ met gelijkaardige toelatingsvoorwaarden. Wallonië plant een LEZ over het ganse grondgebied vanaf 1/1/2025. Er zijn vanaf dan geen voertuigen ouder dan Euro 4 meer toegelaten. In de daaropvolgende jaren zullen de toelatingsvoorwaarden aangescherpt worden.

De stad e nt had plannen om de LEZ uit te breiden. Verschillende scenario's werden bestudeerd: ook de R40 opnemen of uitbreiden tot een groot gebied binnen de R4. Uiteindelijk werd besloten om de LEZ niet uit te breiden. Er werd beslist om andere maatregelen te nemen om de luchtkwaliteit te bevorderen zoals een slooppremie voor personenwagens en motorfietsen, vergroening van de stadsvloot en subsidies voor milieuvriendelijke mobiliteit²⁸.

3.11.5 Zelf aan de slag

Met Excel-rekenblad 'vlootstamenstelling_en_emissies.xlsx', beschreven in paragraaf 2.2.2 (Impact van de vlootsamenstelling op emissies inschatten) kan de reductie van de emissiefactoren t.g.v. een verbod op bepaalde voertuigtypen ingeschat worden. Deze reducties worden dan als schaalfactor voor de emissies gebruikt in CAR-Vlaanderen.

²⁵ <https://www.vmm.be/lucht/evolutie-luchtkwaliteit/lage-emissiezone/regelgevend-kader/criteria-lage-emissiezones-op-basis-van-euronormen#section-4>

²⁶ <https://stad.gent/nl/mobiliteit-openbare-werken/lage-emissiezone>

²⁷ <https://www.slimnaarantwerpen.be/nl/lez>

²⁸ <https://stad.gent/nl/groen-milieu/nieuws-evenementen/stad-gent-zet-op-betere-luchtkwaliteit-door-voort-te-bouwen-op-de-huidige-lez>

3.11.6 Conclusie

De invoering van een LEZ heeft de volgende effecten op het verkeer, de luchtkwaliteit en de gezondheid:

- Geen wijzigingen in de verkeersintensiteiten.
- Wijzigingen in de verkeerssamenstelling: het aandeel benzineauto's steeg beduidend sneller binnen de LEZ's dan in de rest van Vlaanderen; ook in de rest van Vlaanderen een positief effect
- Een duidelijke positief effect op de luchtkwaliteit, vooral voor BC en in mindere mate ook op NO₂.
- Een positief effect op de gezondheid van de inwoners van een LEZ, vooral dan sociaal kwetsbare groepen. Zij wonen op locaties met de hoogste concentraties aan verontreinigende stoffen en zijn vatbaarder voor de gezondheidsimpact ervan.









I

LEZ

-80 tot -100%
-30 tot -80%
0 tot -30%
0 tot + 30%

WAT Oudere meer vervuilende voertuigen worden niet toegelaten tot het stadcentrum.

IM A T De gemiddelde emissiefactor van het wagenpark in de LEZ waardoor de luchtkwaliteit verbetert. De impact hangt af van welke voertuigen nog worden toegelaten en de grootte van de LEZ. Ook sociale en verkeerstechnische aspecten moeten bekeken worden.

	VERKEER 	LU HTKWALITEIT 	ANDERE   
LOKAAL 	0 (kilometers) aandeel benzine	tot of tot 5.6 g O ₂ /m ³ (drukke canyons)	gezondheid
GEMEENTE 	0 (kilometers) aandeel benzine	Tot . of 0. g O ₂ /m ³ (stedelijke achtergrond)	
NEVENEFTE TEN 	an mobiliteit van sociaal zwakkeren beperken		

Voor een invoering in 2026 volgens het Vlaams wetgevend kader voor lage emissiezones, i.e. Enkel Euro6 en hoger diesel en Euro3 en hoger benzine zijn toegelaten.

3.12 Stimuleren van schoon openbaar vervoer

3.12.1 Wat en waarom?

Openbaar vervoer met hoge emissies (bv. dieselbussen) kunnen vervangen worden door schonere alternatieven zoals elektrische bussen, waterstofbussen of trams. Deze maatregel heeft geen impact op de verkeersintensiteit, maar wel op de vervuilende uitstoot van het openbaar vervoer.



3.12.2 Impact op verkeer

Deze maatregel heeft impact op de samenstelling van het voertuigenpark, niet op de verkeersstromen.

3.12.3 Impact op de luchtkwaliteit

De vervanging van traditioneel openbaar vervoer (zwaar verkeer) naar schoon vervoer zonder uitlaat emissies zal resulteren in een emissiereductie van verkeersgerelateerde pollutanten (o.a. UFP, NO_x, roet) en bijgevolg een betere luchtkwaliteit. Voor wat betreft fijn stof valt op te merken dat niet-uitlaat emissies (>50% van stofemissies (Vmm, 2012)) nog steeds zullen bijdragen (Zeebroeck and Ceuster, 2013).

3.12.4 Voorbeelden in Vlaanderen

De Lijn werkt aan de elektrificatie van haar vloot²⁹. De ambitie is om tegen 2035 de volledige vloot te elektrificeren. Er lopen al proefprojecten in Leuven, Antwerpen en Gent. De grootste uitdaging is het realiseren van oplaadinfrastructuur in de stelplaatsen en snellaadpunten bij haltes.

3.12.5 Zelf aan de slag

In het Excel-rekenblad 'Vlootsamenstelling_en_emissies.xlsx' zijn verschillende bustypes beschikbaar:

- Dieselbussen: Pre-Euro 6 en Euro 6
- CNG-bussen
- Elektrische bussen

²⁹ <https://www.delijn.be/nl/content/over-de-lijn/toekomst-waarden/elektrificatie/>

Door de samenstelling te wijzigen of bepaalde types volledig uit te sluiten kan voor de categorie bussen de emissiereductie berekend worden. Deze kan dan gebruikt worden in CAR-Vlaanderen. In straten dicht bij belangrijke busterminals kan dit een grote impact hebben. We geven een fictief voorbeeld. Stel dat op de Diestsevest in Leuven aan de busterminal van het station 16000 voertuigen per dag passeren waarvan 2000 bussen. Als deze bussen allemaal elektrisch zouden zijn kan de NO₂-concentratie tot 5 µg/m³ dalen (geldig voor het park van 2025). Dit is een extreem voorbeeld. In een canyon met een gemiddeld aantal bussen zal de reductie rond de 1 µg NO₂/m³ bedragen.

3.12.6 Conclusie







Zeker op plaatsen met veel busverkeer (grote busterminals) kan deze maatregel een belangrijke impact hebben. De impact op de gemiddelde luchtkwaliteit in de stad zal kleiner zijn omdat bussen in totaliteit verantwoordelijk zijn voor respectievelijk 6% van de NO_x-emissies en 3% van de PM_{2.5} emissies van wegverkeer (voertuigvloot van 2025).

S

-80 tot -100%
-30 tot -80%
0 tot -30%
0 tot + 30%

WAT Oude dieselbussen vervangen door nieuwere dieselbussen of elektrische bussen.

IM A T Lokaal waar veel bussen rijden kan de impact groot zijn, de impact op de gemiddelde stedelijke luchtkwaliteit is eerder klein.

	VERKEER 	LU HTKWALITEIT 	ANDERE 
LOKAAL 	0	Tot of .2 g O ₂ /m ³ (drukke canyons)	eluidshinder (bij elektrificatie)
GEMEENTE 	0	Tot of 0. g O ₂ /m ³ (stedelijke achtergrond)	
NEVENEFTE TEN 			

Voor een volledige elektrificatie van het openbaar vervoer in 2026.

3.13 Stedelijke distributie: concept stadsdistributiecentrum (hub aan de rand van de stad)

3.13.1 Wat en waarom?

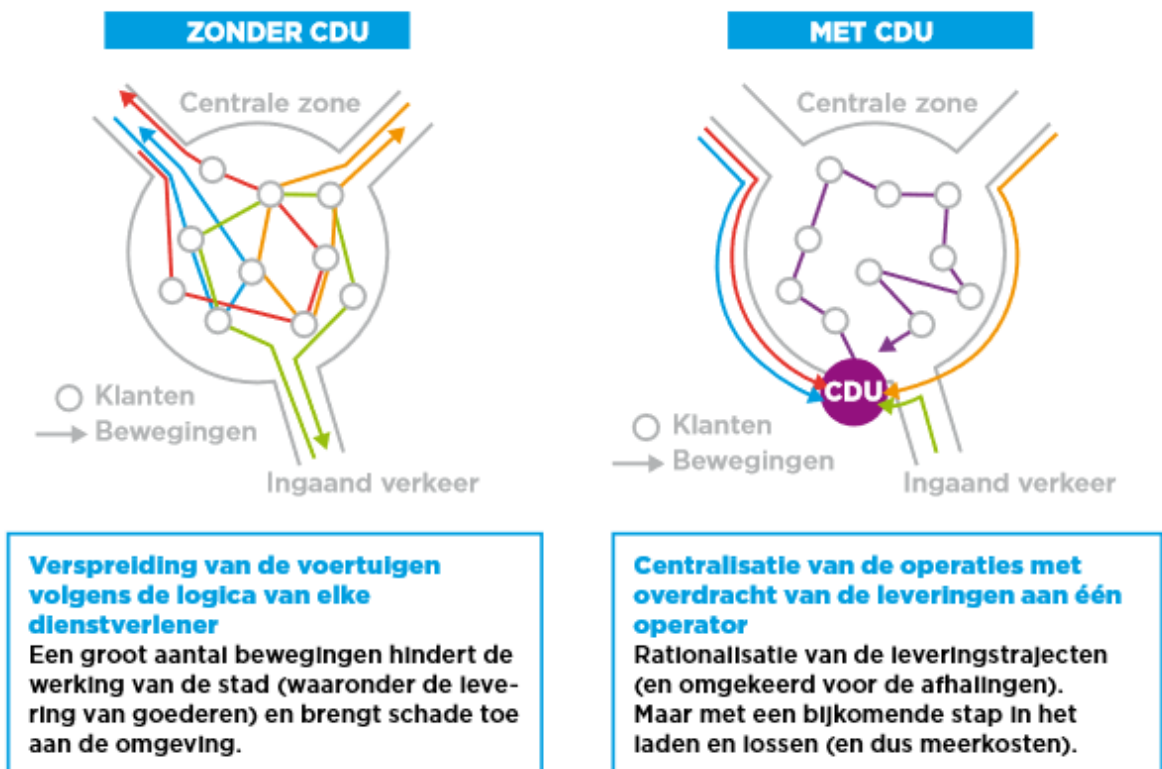
Stedelijke of stadsdistributie staat voor het bezorgen van goederen in de stad. Het bezorgen van goederen in de stad gaat gepaard met een zekere overlast wat betreft emissies, geluid en verkeersveiligheid. Simulaties voor het gebied tussen de ringweg en de E403 in Roeselare gaven aan dat een reductie van het vrachtverkeer met 5, 10 of 15%, leidt tot gebiedsdekkende reducties van 0.0175 tot 0.025 $\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ of 0.175 tot 0.25%)³⁰. Om die overlast te verminderen kan men het aantal voertuigbewegingen beperken en/of het bezorgen met kleinere en/of milieuvriendelijkere voertuigen laten gebeuren die minder overlast veroorzaken. Op die manier zijn de voertuigen die de stad inrijden zo goed mogelijk beladen en vermijdt men overbodige kilometers. Met ander woorden, in plaats van vele halfllege vracht- of bestelwagens de stad te laten inrijden, rijden enkel volle vracht- of bestelwagens de stad in. Dat kan op verschillende manieren gebeuren en op verschillende schalen zoals onderstaande typologie van stedelijke distributie illustreert ³¹:

- **Gesloten netwerk** dat meer volume kan opnemen en meerdere steden in een regio kan bedienen (bijv. distributiecentra van pakketvervoerders). Dit kan een grote verlader voor zichzelf organiseren en dat zal hij al doen uit efficiëntie overwegingen
- **Samenwerkingsverband** tussen beroepsdistributeurs (regionaal). Hier gaan verschillende grote verladers samenwerken om hun goederendistributie te optimaliseren en de beladingsgraden te optimaliseren. In plaats van elk met een distributievoertuig in verschillende steden te rijden, kan elke distributeur bijvoorbeeld één stad voor zijn rekening nemen met een beter gevuld voertuig.
- **Hub aan de rand van de stad** of stadsdistributieservice. Hierbij worden goederen aan de rand van een stad in een specifiek distributiecentrum aan de rand van de stad afgezet en vervolgens zo efficiënt mogelijk in de stad afgeleverd. Functionaliteiten en toepassingen variëren van een generiek stedelijk consolidatiecentrum tot een hub voor specifieke materialen zoals bouwhub. In een bouwhub worden enkel bouwproducten behandeld.
Een hub aan de rand kan ook de electrificatie van de beleving faciliteren. Het laat namelijk toe om voor de beleving elektrische voertuigen in te zetten.
- **Microhub** voor consolidatie op gebiedsniveau binnen een stad. In plaats van een groot distributiecentrum aan de rand van de stad te hebben heeft men hier kleine distributiecentra in verschillende stadswijken. Vanaf hier kunnen dan kleinere voertuigen de distributie voor zich nemen.
- **Afhaalpunt** binnen een stad. Hier heeft de bundeling dus impact op de consument die zich verplaatst naar een concentratiepunt.

Wij focussen hier op de hub aan de rand van de stad of stadsdistributiecentrum. Figuur 3-24 illustreert de impact van een stadsdistributiecentrum.

³⁰ Vlaamse Milieumaatschappij, 2024, Aanzet tot luchtkwaliteitsplan Roeselare (in voorbereiding)

³¹ Kin et al, 2022 Cilolab - Deliverable 4.3: Potentieel en uitdagingen van ontkoppelconcepten voor efficiënte stedelijke logistiek



Figuur 3-24: Illustratie van de logica van een stadsdistributiecentrum (CDU-central distribution unit) (GOOD MOVE fiche vraag 2, Waarom zijn er zoveel vrachtwagens in en rond Brussel? maart 2017)

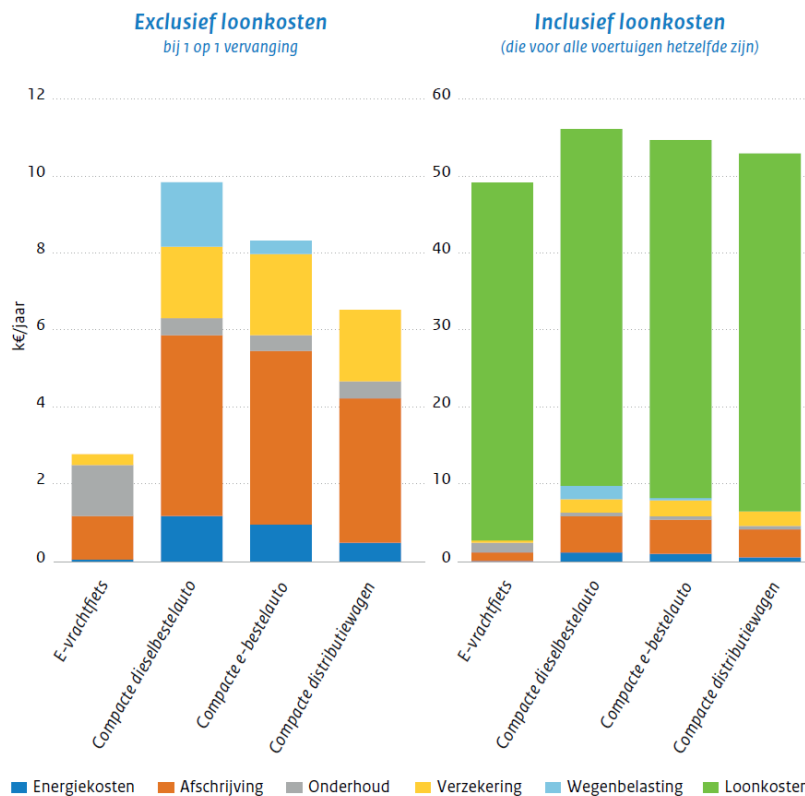
Haalbaarheid

Er is al heel wat onderzoek gedaan en er zijn al heel wat pilootprojecten geweest rond zulke hubs. Een belangrijke conclusie is dat stadsdistributie die werkt met een hub aan de rand van de stad steeds voor een extra overlaadkost zorgt. Die extra kost voor de logistieke dienstverlener wordt in de meeste gevallen niet gecompenseerd door een betere beladingsgraad en efficiëntie voor de last mile. Daarnaast kan het ook duurder zijn om meerdere kleinere voertuigen in te zetten dan 1 grote vrachtwagen. Om de business case voor stadsdistributie hubs met overslag toch interessant te maken moet de uitbater van de stadshub toegevoegde waarde creëren waarvoor de klant bereid is te betalen. Een alternatief kan eventueel zijn dat de stad een kader creëert dat het veel aantrekkelijker maakt om via een stadsdistributiehub te werken. Dat kan bijvoorbeeld door het instellen van een zero emissie zone voor vrachtvervoer of een verbod op bepaalde (grote) voertuigen, of gewoon de verplichting om via een stadsdistributiecentrum te werken. In de sectie voorbeelden hieronder illustreren we dit met de Nederlandse Binnenstadservice, stadsdistributie met creatie van toegevoegde waarde.

We geven nog mee dat bij het promoten van LEVV (lichte elektrische vrachtvoertuigen) zoals vrachtfietsen voor stadsdistributie volgende beschouwingen spelen:

- Bij het werken met LEVV (lichte elektrische vrachtvoertuigen) zal de uitstoot van pollutanten lager liggen.

- Bij stadsdistributie met vrachtfietsen stellen lokale overheden zich vragen bij de veiligheid. Het mengen van verschillende soorten fietsen op fietspaden kan voor minder veiligheid zorgen³².
- Uit TCO-berekeningen van het Nederlandse Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (IM, 2022, Stedelijke distributie met vrachtfietsen en andere LEVV's) blijkt dat het inzetten van een elektrische vrachtfiets 10 tot 15% goedkoper is dan het inzetten van een elektrische of dieselbestelbus. Als echter 1.5 vrachtfiets nodig zijn om de bestelbus te vervangen valt de vrachtfiets oplossing 25% duurder uit. De aankoopprijs, (energiekost, afschrijving, onderhoud en verzekering) voor een elektrische bestelbus is een beetje hoger dan die van de dieselbestelwagen, na het in rekening brengen van een subsidie van 10% van de aankoopprijs. De verkeersbelastingen zijn gevoelig lager voor een elektrisch voertuig dan voor een dieselveertuig in Nederland. De kost van de voertuigen speelt ook slechts voor 20% in de kost van de distributie als ook het loon wordt meegenomen. Al deze elementen zorgen ervoor dat de vrachtfiets slechts 10 tot 15% goedkoper uitkomt in die Nederlands vergelijking. Onderstaand figuur illustreert dit.



Figuur 3-25: Kosten van een e-vrachtfiets, compacte dieselbestelauto, compacte e-bestelauto en compacte distributie wagen (links) exclusief en (rechts) inclusief loonkosten (die niet verschillen per voertuigtype)

³² KIM, stedelijke bevoorrading, 2017

3.13.2 Impact op het verkeer

Deze maatregel heeft impact op de intensiteit van verkeer, en meestal ook op de samenstelling van het wagenpark en de gemiddelde emissiefactor.

Er is geen eenduidig antwoord op de vraag hoe de verkeersstromen zullen evolueren bij het opzetten van een stadsdistributiecentrum. Een betere bundeling van stromen zorgt normaal voor minder voertuigkilometers voor zover die stromen met eenzelfde voertuig worden uitgevoerd. Als echter kleinere voertuigen worden gebruikt kan het aantal voertuigkilometers toenemen omdat extra voertuigen nodig zijn.

Het KIM (Nederlands Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid) stelt dat het feit dat een bestelwagen of kleine vrachtwagen wordt vervangen door meerdere LEVV (lichte elektrische vrachtoertuigen) het lastig maakt om met zekerheid te stellen dat LEVV's en dus systemen van stadsdistributie zorgen voor een lager aantal voertuigkilometer in de stad. Daarnaast wijst het IM er ook op dat dankzij LEVV's ook nieuwe transportdiensten kunnen aangeboden worden en daarom dus extra voertuigen in het stadsbeeld kunnen opduiken. Als de overslag in de stadshub gebeurt op voertuigen van dezelfde grootte zal de stadsdistributie met meer zekerheid een positieve invloed hebben op het aantal voertuigkilometers. Wat betreft impact op emissies en luchtkwaliteit spelen naast voertuigkilometers natuurlijk ook de milieukarakteristieken van het voertuig een rol. Daarnaast is het ook aangewezen andere elementen zoals veiligheid, trillingen en lawaai mee te nemen in de beslissing. Om een bepaalde oplossing te kiezen zal het best zijn de situatie goed te analyseren.

De vorige TNO-studie ging uit van een daling van het aantal vrachtkilometer van tussen 2.5% en 20%, met een meest waarschijnlijke waarde van 5%. We stellen voor de TNO-inschatting naar beneden bij te stellen en uit te gaan van een vork van 2.5% tot 10%, maar zoals gezegd is het heel belangrijk de situatie en randvoorwaarden goed in te schatten.

Om de impact op de globale verkeersstromen te kennen is het belangrijk het aandeel van goederenverkeer in de totale verkeersstromen te kennen. Het aandeel van het goederenverkeer ligt tussen 1% en 15%. Het Brussels Good Move plan zegt dat vrachtwagens 6% van het verkeer bedragen bij de ingang van het Gewest, 3% op het intra-Brussels netwerk en 1% in de woonwijken. Bestelwagens vertegenwoordigen 8% bij de ingang van het gewest en op het plaatselijk wegennet. Gemiddeld gezien gaat het Brussels Hoofdstedelijk Gewest uit van een aandeel van 10% goederenverkeer. De bijdragen aan NO_x en PM van het goederenverkeer ligt rond de 30%³³. In Traffic scout, een vereenvoudigd verkeersmodel voor gemeenten, is ongeveer 5% in de regio Leuven zwaar goederenverkeer. Als we het uitdrukken in personenwagenequivalenten dan is het aandeel ongeveer dubbel zo hoog (een vrachtwagen telt voor 2).

De samenstelling van het park zal veranderen in functie van de randvoorwaarden van de toegangsvoorwaarden van het stadscentrum. De impact zal verschillen als het verbod enkel geldt voor grote vrachtwagens dan wel voor alle distributie voertuigen met verbrandingsmotor.

3.13.3 Impact op de luchtkwaliteit

De impact op de luchtkwaliteit hangt vooral af van hoe de maatregel geïmplementeerd wordt. Als er geen eisen worden opgelegd aan het type vrachtwagen dat in de stad gebruikt mag worden zal de impact beperkt zijn.

³³ (Good Move, Mobiliteitsdiagnose, waarom zijn er zoveel vrachtwagens in en rond Brussel, 2017)

3.13.4 Voorbeelden (in Vlaanderen).

We geven hieronder een voorbeelden van hoe de businesscase voor stedelijk distributiecentrums interessant kan gemaakt worden, via toegevoegde waarde te creëren voor de verladers en/of bestemmingen. We beschikken echter niet over cijfers die de impact op de emissies en luchtkwaliteit weergeven.

De uitbater van de stadshub kan toegevoegde waarde creëren voor de verlader die de goederen in de stad moet leveren en/of de bestemming in de stad. Als de verlader en/of de eindbestemming voor die toegevoegde waarde bereid is te betalen kan een leefbare business case ontstaan. De toegevoegde waarde is bijvoorbeeld dat bestemmingen nog slechts éénmaal per dag of om de x dagen worden beleverd wat ook hen een efficiëntiewinst oplevert. Via die beleving kunnen ze ook eventueel te verzenden goederen meegeven.

De Nederlandse Goederenhubs werken volgens deze logica. Bestemmingen die beleverd worden door Goederenhubs betalen een abonnement. Een basisabonnement voor gemiddeld 3 gecombineerde leveringen en afhaalopdrachten per week kost 33.66 EUR excl. BTW. Voor een dagelijkse stop bedraagt de kost 61.20 euro excl. BTW³⁴. Goederenhubs richten zich op winkels en bedrijven, niet op particulieren, tenzij ze heel frequente leveringen zouden hebben en bereid zouden zijn te betalen voor de dienst. Zonder die leefbare businesscase zou er geen leefbare stadshub zijn.

Het EEA-rapport zegt dat de Binnenstadservice-Goederenhubs de enige stadshubdienstverlening is die met een haalbare businesscase stadsdistributie uitbaat (Mayeres et al., 2019).

Er zijn Binnenstadservice-Goederenhubs nabij 18 Nederlandse steden. Elk van die steden heeft 100 000 inwoners of meer (www.goederenhubs.nl). Relatief grote steden garanderen een grote concentratie van bestemmingen en vergroten op die manier ook de levenskansen van een stadsdistributiecentrum.

3.13.5 Zelf aan de slag

Met CAR-Vlaanderen kan het effect van veranderde vrachstromen op de luchtkwaliteit worden doorgerekend zoals beschreven in paragraaf 2.2.3. De verschuiving van zware naar lichte voertuigen kan gemodelleerd worden door de fracties (cars, medium heavy, heavy, buses) van de etmaalintensiteit aan te passen. Het vergroenen van de vloot kan gemodelleerd worden met de emissiereductiefactoren voor voertuigcategorieën 'medium heavy traffic' en 'heavy traffic' die bepaald worden met het Excel-rekenblad *Vlootsamenstelling_en_emissies.xlsx* beschreven in paragraaf 2.2.2.

3.13.6 Conclusies

- In het beste geval heeft een stadsdistributiecentrum impact op 10% tot 20% van het verkeer in de stad en 30% van de emissies omdat dit de aandelen van vrachtverkeer zijn in respectievelijk de verkeersvolumes en emissies. Het is niet omdat er impact is op deze emissies dat ze daarom verdwijnen, tenzij in het geval waar alle voertuigen zouden elektrisch rijden (waarbij we dan de niet uitlaat emissies achterwege laten).
- Louter het feit om de distributie te herorganiseren via een stadsdistributie centrum zal het totaal aandeel vrachtverkeer in de stad slechts beperkt verminderen. De voertuigen waarmee distributie gebeurt zullen gemiddeld gesproken kleiner zijn.

³⁴ www.binnenstadservice.nl (geconsulteerd op 8-11-2023)







- Als de stad oplegt dat het goederenverkeer in de stad elektrisch moet verlopen zal de impact op de emissies wel significant zijn.
- Andere argumenten die zullen bijdragen tot de besluitvorming met betrekking tot het invoeren van een stadistributiecentrum zijn andere leefbaarheidsaspecten (bereikbaarheid, verkeersveiligheid, klimaat, geluid,...) zolang het aantal/grootte van de gebruikte distributievoertuigen niet teveel stijgt.

S

-80 tot -100%
-30 tot -80%
0 tot -30%
0 tot + 30%

WAT Door de goederenstromen efficiënter te organiseren vanuit een stadsdistributiecentrum de overlast van (zwaar) vrachtverkeer in de stad verminderen .

IM A T De verkeerstromen en bijhorende emissies voor beleving dalen voor zover de grootte van de belevingsvoertuigen niet te sterk afneemt . De impact op luchtkwaliteit is beperkt .

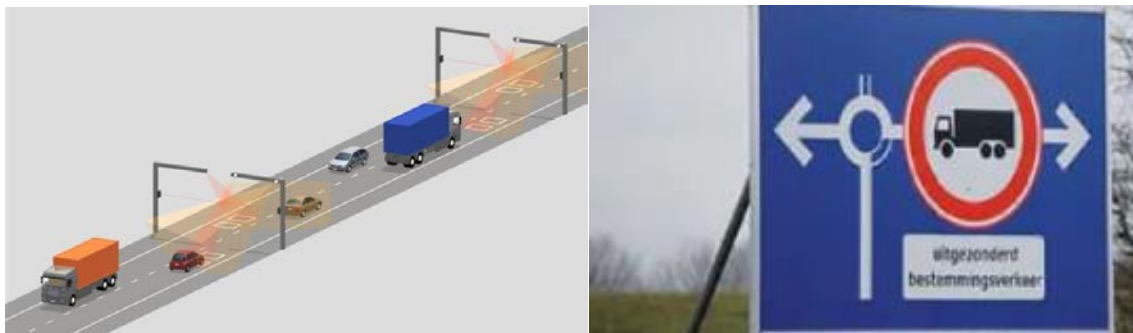
	VERKEER 	LU HTKWALITEIT 	ANDERE 
LOKAAL 	tot 0 vrachtkilometers	Tot 0.3 of 0. g O ₂ /m ³ (drukke canyons)	Leefbaarheid Veiligheid
GEMEENTE 	tot 0 vrachtkilometers	Tot 0. of 0.0 g O ₂ /m ³ (stedelijke achtergrond)	
NEVENEFTE TEN 	Mogelijk extra voertuigen (weliswaar kleiner)		

voor 300 tot 200 voertuigen per spitsuur waarvan 5 vrachtvervoer

3.14 Weren van doorgaand vrachtverkeer uit centrum

3.14.1 Wat en waarom?

Het weren van doorgaand vrachtverkeer uit het centrum betekent dat men geen doorgaand vrachtverkeer in het centrum van de gemeente toelaat. Het bestemmingsverkeer, vrachtwagens die moeten leveren in het centrum, blijft toegelaten. Doorgaand (vracht)verkeer wordt geweerd uit het stadscentrum omdat het de leefbaarheid vermindert omwille van trillingen, geluid, onveiligheid, emissies en slechtere luchtkwaliteit. Het zwaar vrachtverkeer heeft, in vergelijking met ander verkeer, de grootste direct voelbare impact op de leefbaarheid in de stad. De bijdrage aan een slechtere luchtkwaliteit is afhankelijk van de hoeveelheid en type doorgaande zware vrachtwagens. Andere aspecten van de leefbaarheid zoals bereikbaarheid, veiligheid, geluid, welbevinden, zullen echter belangrijker zijn dan de impact op luchtkwaliteit. Een belangrijke kanttekening bij de maatregel is dat er een alternatieve route voor het doorgaand vrachtverkeer moet voorhanden zijn.



Figuur 3-26: Werking van een vrachtwagensluis – (AWV-website) (links) verbodsbord doorgaand vrachtverkeer (verkeersnet.nl³⁵) (rechts)

Doorgaand vrachtverkeer kan gedetecteerd worden door een elektronische vrachtwagensluis. Via detectielussen en laserstralen op hoogte worden vrachtwagens gedetecteerd. Als de tijd tussen de twee sluisen gelijk is aan de normale doorrijtijd dan gaat het om doorgaand verkeer. Als de rijtijd langer is dan normaal, is er een stop geweest en gaat het dus niet om doorgaand verkeer. Doorgaande vrachtwagens kunnen dan geverbaliseerd worden dankzij nummerplaatherkenning. Meer uitleg is te vinden op de AWV-website ³⁶.

3.14.2 Impact op het verkeer

Deze maatregel heeft impact op de intensiteit van vrachtverkeer, niet op de samenstelling van het wagenpark en de gemiddelde emissiefactor.

Om de impact op de verkeersstromen te kennen is het belangrijk het aandeel doorgaand vrachtverkeer te kennen. Dit zal zeer afhankelijk zijn van de lokale situaties. We gaan ervan uit dat in steden met een circulatieplan zoals bijvoorbeeld Leuven en Gent het doorgaand vrachtverkeer nul zal zijn vermits er gewoon geen doorgaand verkeer mogelijk is. In het Brussels Gewest stelt de overheid bijvoorbeeld vast dat op de Brusselse Ring 10% van het verkeer vrachtverkeer is. Op het intra-Brussels netwerk is dat nog 3% en in de wijken nog

³⁵ <https://www.verkeersnet.nl/verkeersveiligheid/9773/verbodsborden-doorgaand-vrachtverkeer-bieden-geen-oplossing/>

³⁶ <https://wegenenverkeer.be/controles/vrachtvervoer/elektronische-vrachtwagensluis>, consultatie, 13-12-2023

slechts 1%. Dat laatste vrachtverkeer is allemaal bestemmingsverkeer³⁷. In andere steden die vlotter doorkruist kunnen worden met de vrachtwagen zijn die percentages veel hoger. Het verkeersonderzoek van Ronse in 2020 gaf aan dat 63% van het vrachtverkeer op de grote invalswegen in Ronse doorgaand is. Het aandeel vrachtverkeer is er ook hoger dan gemiddeld in Vlaanderen op vergelijkbare wegen³⁸. Om de impact in te schatten is het is dus belangrijk het percentage doorgaand vrachtverkeer te kennen. Dat kan sterk afhankelijk zijn van de lokale situatie zodat tellingen dikwijls nodig zijn.

Naast het belang van het doorgaand verkeer moet ook de vraag van de beschikbare alternatieve route gesteld worden. Als er geen alternatieve route is kan de extra reistijd groot worden en het totaal aantal kilometers toenemen, wat de totale uitstoot zal doen toenemen. De lokale hinder kan wel afnemen.

In de Zeelandse gemeente Oud-Vossemeer werd tussen 2012 en 2019 een proef gedaan om met verkeersborden doorgaand vrachtverkeer uit de kern van Oud-Vossemeer te weren. De uitkomst gaf geen voldoening. Dagelijks reden er slechts vijf doorgaande vrachtwagens minder door het dorpscentrum. Daarnaast ontstond hinder op andere wegen wegens verkeer dat op zoek ging naar alternatieve routes. De verkeersborden werden weggenomen en er werd gekeken naar alternatieven zoals de aanleg van een rondweg^{39,40}. Dit voorbeeld geeft aan dat met een verbod voor doorgaand vrachtverkeer doordacht moet worden omgesprongen. Het is belangrijk dat er alternatieve wegen beschikbaar zijn en er moeten ook voldoende potentieel aan doorgaand vrachtverkeer zijn.

Het TNO-rapport gaf een potentiële vermindering van 16% van de vrachtwagenintensiteit, met een meest waarschijnlijke waarde van 6%. TNO baseerde zijn schatting op cijfers voor doorgaand vrachtverkeer op de centrumzones van Antwerpen en Leuven. De aandelen doorgaand vrachtverkeer waar ze rekening mee hielden waren respectievelijk 16% en 6%. Zoals het voorbeeld van Ronse hierboven aangeeft kan het aandeel doorgaand vrachtverkeer aanzienlijk hoger liggen in bepaalde gemeenten. We stellen daarom voor het potentieel te verhogen tot 30% vermindering van het vrachtverkeer.

3.14.3 Impact op de luchtkwaliteit

De impact op luchtkwaliteit zal evenredig zijn met de hoeveelheid doorgaand vrachtverkeer. Uit het project Curieuzeneuzen (zie paragraaf 2.1.1) bleek dat enkele locaties langs gewestwegen de hoogste concentraties NO₂ vertoonden in Vlaanderen. De oorzaak is vaak een hoog aandeel vrachtverkeer. Een voorbeeld is de N74 in Helchteren. Daar werd 75 µg/m³ gemeten, ver boven de huidige norm van 40 µg/m³. Om de luchtkwaliteit maar vooral ook de leefbaarheid in de dorpskernen van Houthalen en Helchteren te verbeteren en de doorstroming van het verkeer te bevorderen werd hier gekozen voor tunnels onder de dorpskernen. Meer informatie is te vinden op de website van Noord-Zuid Limburg⁴¹. Een impactstudie van zulk een complex project valt buiten de scope van dit rapport.

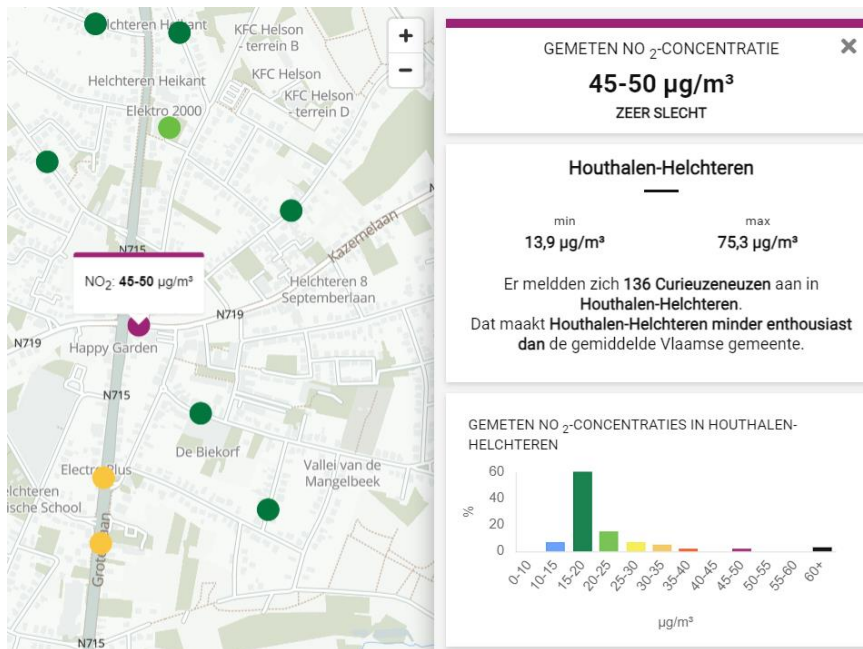
³⁷ Good Move- Brussel, 2020 Vraag 2, Waarom zijn er zoveel vrachtwagens in en rond Brussel? https://mobilite-mobiliteit.brussels/sites/default/files/2020-12/GM_Q2_Marchandise_NL_V2.pdf

³⁸ THV Tractebel-Arcadis, 2020, Rond Ronse, bijlage verkeersonderzoek

³⁹ Verkeerskunde, 2019, Mislukte proef met verbodsborden doorgaand vrachtverkeer. <https://www.verkeerskunde.nl/artikel/mislukte-proef-met-verbodsborden-doorgaand-vrachtverkeer>

⁴⁰ <https://www.transport-online.nl/site/82888/onderzoek-nauwelijks-doorgaand-vrachtverkeer-in-zeeland/>

⁴¹ <https://www.noordzuidlimburg.be/n74>



Figuur 3-27: NO₂-metingen in Houthalen-Helchteren in het kader van Curieuzeneuzen. Bron: <https://viewer.curieuzeneuzen.be/>

3.14.4 Voorbeelden in Vlaanderen

Tal van gemeenten hebben plannen om het doorgaand vrachtverkeer te verbieden.

Waasland

In het Waasland gaat het niet om het verbieden van doorgaand vrachtverkeer in het centrum van één gemeente, maar om het verbieden van vrachtverkeer in een groot gebied tussen E17 en E34. De aangewezen route voor vrachtwagens loopt via de hoofdwegen R4-E17 en R2-E34. Lokaal vrachtverkeer met oorsprong of bestemming in het gebied is wel toegelaten. Het overtreden van het verbod is een ernstige derdegraads overtreding. De boete bedraagt 174 EUR. Bij het instellen van het verbod was overleg met de naburige gemeenten om te vermijden daar overlast te veroorzaken⁴². Het Vlaams Netwerk Ondernemingen (Voka) klaagt wel de moeilijke beleving aan van bedrijven die net buiten de implementatiezone liggen omdat ze moeilijker te bereiken zijn.⁴³

Elektronische dubbelpolige vrachtwagensluis in Zelzate (Zelzate-Sas Van Gent)

In Zelzate is in de Kanaalstraat tussen de Zelzatebrug en de Tractaatweg een vrachtwagensluis actief sinds 2014 om te verhinderen dat vrachtwagens uit Nederland de kortste weg nemen naar Zeebrugge of Gent. Vrachtwagens waren immers geneigd om niet via de Oostelijke R4 tot de E34 te rijden, maar wel via de Noordelijke R4 door het centrum van Zelzate.

Het principe van de dubbelpolige vrachtwagensluis werd in de inleidende paragraaf uitgelegd. In Vlaanderen is ook een vrachtwagensluis actief op de N073 Ham-Beringen.

⁴² <https://www.sint-niklaas.be/onze-dienstverlening/mobiliteit/en-rond-de-stad#tabs-37984>

⁴³ <https://www.voka.be/nieuws/verbod-op-doorgaand-vrachtverkeer-treft-lokale-ondernemers>

3.14.5 Zelf aan de slag

De impact op luchtkwaliteit van deze maatregel kan doorgerekend worden m.b.v. CAR-Vlaanderen. We geven een voorbeeld. Volgens Telraam heeft de Diestsesteenweg in Leuven een etmaalintensiteit van ongeveer 11000 voertuigen per dag. Hiervan zijn 14% vrachtwagens (1540 vrachtwagens per dag). We vergelijken de situatie met en zonder (met de assumptie dat alle vrachtwagens doorgaand vrachtverkeer zijn) vrachtwagens in een deel van de steenweg dat als street canyon beschouwd kan worden (ter hoogte van nummer 71 is de Diestsesteenweg 12 meter breed en hebben de gebouwen 2 tot 3 verdiepen, wegtype 3b in CAR-Vlaanderen). Figuur 3-28 toont de invoergegevens met en zonder vrachtverkeer en Figuur 3-29 toont de resultaten. Lokaal leidt het verbod op al het vrachtverkeer hier tot een reductie van 2.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_2 wat kan gezien worden als de bovengrens van de luchtkwaliteitsimpact (al het vrachtverkeer is doorgaand).

City	Street	X	Y	Intensity	Fraction light	Fraction medium	Fraction high	Autobus	Speed type
Leuven	Diestsesteenweg	174689.43	174897.97	11000	0.86	0	0.14	0	Normal traffic
Leuven	Diestsesteenweg	174689.43	174897.97	9460	1	0	0	0	Normal traffic

Figuur 3-28: Invoerdata voor de situatie met 14% zwaar vrachtverkeer en zonder zwaar vrachtverkeer op de Diestsesteenweg in Leuven.

		NO2 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		
City	Street	Year average	Jm background	# Overun hour GW	Year average	Jm background
Leuven	Diestsesteenweg	26.9	17.3	0	18.7	15.8
Leuven	Diestsesteenweg	24.0	17.3	0	17.4	15.8

Figuur 3-29: Resultaten voor NO_2 en $\text{PM}_{2.5}$ met en zonder vrachtverkeer.

3.14.6 Conclusie

Weren van doorgaand vrachtverkeer kan impact hebben op verkeersstromen en luchtkwaliteit als (doorgaande) vrachtwagens een significant deel uitmaken van de verkeersstromen. Bovendien zal er een locatiespecifieke afweging moeten gemaakt worden van de bijdrage van







het doorgaand ten opzichte van het bestemmingsvrachtverkeer. Het omgeleide vrachtverkeer kan wel elders voor gelijkaardige hinder zorgen.

W

-80 tot -100%
-30 tot -80%
0 tot -30%
0 tot + 30%

WAT Doorgaand vrachtverkeer in de stadskern verbieden

IM A T De belangrijkste impact betreft de leefbaarheid en is afhankelijk van de hoeveelheid verkeer dat wegvalt. De impact op luchtkwaliteit zal in de meeste gevallen beperkt zijn, beter in het (dichtbevolkt) gebied met verbod, slechter in (dunbevolkt) gebied erbuiten.

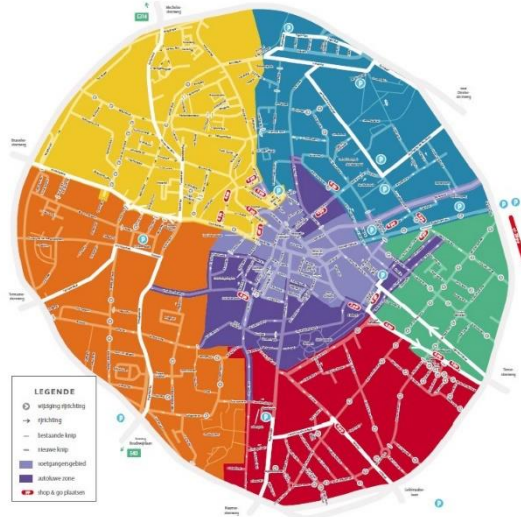
	VERKEER 	LU HTKWALITEIT 	ANDERE 
LOKAAL 	30 (centrum)	Tot of 0.3 g O ₂ /m ³ (drukke canyons)	eluidshinder Veiligheid
GEMEENTE 	30 (centrum) tot 30 (omleiding)	Tot 0.2 of 0.03 g O ₂ /m ³ (stedelijke achtergrond)	
NEVENEFTE TEN 	Meer verkeer op de omleiding	Verslechtering langs de omleiding	eluidshinder Veiligheid (langs omleiding)

Inschatting op basis van 500 voertuigen per spitsuur (zeer drukke weg), 0 vrachtwagens.

3.15 Invoeren van een Circulatieplan

3.15.1 Wat en waarom

Met een circulatieplan past een stad of gemeente de verkeersstromen in een bepaald gebied aan om bijvoorbeeld de leefbaarheid te verbeteren, het verkeer veiliger te maken; de verkeersdruk te verminderen, sluipverkeer te verminderen, Men zou ook kunnen zeggen dat een circulatieplan verkeer op de juiste plek wil krijgen, weghouden van plaatsen waar vooral geleefd wordt, en leiden naar plaatsen die geschikt zijn om autoverkeer te faciliteren.



In de praktijk komt het er dikwijls op neer dat doorgaand verkeer wordt ontmoedigd door het centrum in sectoren op te delen. Binnen een sector kunnen auto's alle bestemmingen bereiken, maar om van de ene naar de andere sector te rijden moeten ze terug via een grotere weg, dikwijls een ringweg. De figuur illustreert de sectoren van het Leuvense circulatieplan, elk in een andere kleur. Er is geen rechtstreeks gemotoriseerd individueel verkeer mogelijk tussen de gekleurde sectoren. Dat moet steeds via de ringweg.

3.15.2 Impact op verkeer

Deze maatregel heeft impact op de intensiteit van verkeer, niet op de samenstelling van het wagenpark en de gemiddelde emissiefactor.

Een circulatieplan maakt het gebruik van de auto minder interessant voor verplaatsingen in de stad door de verplaatsingen met de auto trager en minder comfortabel te maken. Dit is de meest effectieve manier om een modal shift te creëren weg van de auto zoals ook al verduidelijkt werd onder 3.12 Stimuleren van schoon openbaar vervoer. Bij een circulatieplan kost het dus relatief meer tijd om de verplaatsingen binnen de stad met de auto te maken en terzelfdertijd wordt het aantrekkelijker te wandelen of te fietsen. Het gevolg ervan is dat het doorgaand verkeer door de stad aanzienlijk afneemt, er meer gefietst en gewandeld wordt en het leven in de stad aangenamer wordt. Het autoverkeer op de ringwegen zal meestal wel toenemen omdat er omgereden wordt. Concrete cases van circulatieplannen illustreren dit. Het is wel zo dat de evaluaties van circulatieplannen niet altijd de effecten buiten het stadscentrum, op de ringwegen evalueren.

Tabel 3-8 toont de impact van circulatieplannen op het verkeer in enkele Vlaamse steden. De circulatieplannen van Leuven⁴⁴ en Gent⁴⁵ hadden als doel het doorgaand verkeer uit de

⁴⁴ Asperges, *Verkeerscirculatieplannen*, TML-talk februari 2023

⁴⁵ *Mobiliteitsbedrijf-Transport & Mobility Leuven, evaluatie circulatieplan Gent, 2018*
<https://stad.gent/sites/default/files/page/documents/Evaluatie%20Circulatieplan%20Gent.pdf>

binnenstad te halen. Het recente circulatieplan van Mechelen⁴⁶ had als doel de Vesten leefbaarder te maken en het doorgaand verkeer daar weg te halen. Daar werd ook geïnvesteerd in alternatieve weginfrastructuur, de zogenaamde Tangent die de E19 met de N15 (Bonheiden) en de N26 (Leuven) verbindt langs het station.

In Lubbeek, een landelijke gemeente, voerde TML een doorrekening uit met Trafficscout om de impact van een (fictief) circulatieplan in te schatten. Traffic Scout is een vereenvoudigd model dat mobiliteitsimpacts op lokaal niveau inschat. (<https://traffic-scout.net/>). We creëerden in een eerste scenario een soort van lussen door op de wegen naar het centrum slechts in één richting autoverkeer toe te laten en zo doorgaand verkeer sterk te ontmoedigen. In een tweede scenario maakten we het helemaal onmogelijk om het centrum van de gemeente te doorkruisen. Tijdens de ochtendspits (tussen 8 en 9 uur) en de avondspits (tussen 17 en 18 uur) gaat het om enkele honderden extra voertuigkilometers. De Traffic scout scenario's houden geen rekening met een veranderende modale keuze. Automobilisten die moeten omrijden wegens een knip of één richtingsverkeer veranderen niet van modi in het model, maar rijden gewoon om. Voor een landelijke gemeente met weinig verkeer met oorsprong en bestemming in de gemeente zal dit de realiteit benaderen. Het circulatieplan zorgt er wel voor dat er minder verkeer in de kern is zodat de emissies daar wel afnemen, wat de bedoeling is. De figuur hieronder illustreert dit.

	Verkeer in binnenstad	Verkeer rond stad
Gent	Fietsers: +25% uto 's: -12% OV: +8% (en toename commerciële snelheid +5%)	Een lichte toename in de verliestijd, 1 tot 2 minuten, op de ringweg wat wijst op extra verkeer.
Leuven	Fietsers: +44% uto 's: -19%	
Mechelen	Wenst vooral de vesten terug een leef of verblijffunctie geven -30% autoverkeer op vesten in spits (- ongeveer - 85% op binnenring, ongeveer + 25% op buitenring) Autoverkeer in binnenstad wijzigt niet	+15 à 20% op R6, +3% op E 19 (het gaat om 3% bovenop algemene groei in verkeer op snelwegen)
Traffic scout berekening Lubbeek	Scenario eenrichtingswegen	336 extra km tijdens 2 spitsuren
Traffic scout berekening Lubbeek	Scenario centrum geknipt	550 extra km tijdens 2 spitsuren

Tabel 3-8: Overzicht van de impact van circulatieplannen op verkeer in en rond enkele Vlaamse steden.

⁴⁶ SWECO, Vesten Mechelen, evaluatie verkeerscijfers 2012-2023 <https://denieuwevesten.mechelen.be/de-vesten-vandaag/evaluatie/autoverkeer>



Figuur 3-30: Traffic scout doorrekening bij invoering van eenrichtingswegen (rechts) en bij invoering van knip in het centrum (links) van Lubbeek

We vermelden ook nog het voorbeeld van simulaties van de impact van een doorgedreven modal shift. Bij een modal shift weg van de auto zullen de emissies van het autoverkeer afnemen. Een simulatie voor Roeselare illustreert dit. Er werden simulaties gedaan voor een afname van 5, 20 en 52% van het autoverkeer binnen de ringweg en de E403. Het modale aandeel daalde dus van 63% tot respectievelijk 60, 50 en 30%. Onderstaande tabel geeft de impact op de luchtkwaliteit aan.

Potentieel van de maatregel	Absoluut ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Relatief
Lokaal – minimaal	0,07	0,175 %
Lokaal – maximaal	0,75	4 %
Gebiedsdekkend – minimaal	0,015	0,4 %
Gebiedsdekkend - maximaal	0,13	1,5 %

Figuur 3-31: impact op de luchtkwaliteit van een doorgedreven modal shift

Het is duidelijk dat impact van een doorgedreven modal shift significant is. De grote uitdaging is om maatregelen te vinden die het mogelijk maken zulke modal shift te realiseren.

Het TNO-rapport gaf geen inschatting van de impact van een circulatieplan. Op basis van de voorbeelden gaan we uit van reducties tot 10 à 30% op de plaatsen waar de stad autoverkeer wil verminderen. Elders komt er wel verkeer bij.

3.15.3 Impact op luchtkwaliteit

Afhankelijk van de doelstellingen van het circulatieplan zal de impact positief of negatief zijn. In verkeersluwe zones zal de luchtkwaliteit verbeteren. Op de wegen waar het verkeer naartoe geleid wordt zal de situatie verslechteren.

3.15.4 Voorbeelden in Vlaanderen

We gaven de Vlaamse voorbeelden onder de impact op verkeersstromen.

3.15.5 Zelf aan de slag

Het is heel moeilijk om zelf een preciezere inschatting te maken van wat de impacts op het verkeer zullen zijn na de invoering van een circulatieplan dan de algemene conclusies die we hierboven vermelden. Op basis van de resultaten van een verkeersmodellering kunnen effecten op de luchtkwaliteit met CAR-Vlaanderen worden ingeschat.

3.15.6 Conclusies

Circulatieplannen hebben een grote impact op de afwikkeling van verkeer.







In het verkeersluwe centrum kan een verbetering van de luchtkwaliteit verwacht worden, daarbuiten kan er echter een verslechtering optreden.

-80 tot -100%
-30 tot -80%
0 tot -30%
0 tot + 30%

I

WAT Doorgaand gemotoriseerd verkeer (met uitzondering van OV en elektrische fietsen) door het centrum wordt onmogelijk gemaakt gemotoriseerd verkeer kan wel overal in de stad komen.

IM A T Daling in het autoverkeer in het centrum en verbetering luchtkwaliteit, mogelijk stijging erbuiten .

	VERKEER 	LU HTKWALITEIT 	ANDERE 
LOKAAL 	0 tot 30 (Mogelijke toename in sommige straten)	Tot of 5 g O ₂ /m ³ (drukke canyons)	
GEMEENTE 	0 tot 30 (Mogelijke toename in sommige straten)	Tot of 0.6 g O ₂ /m ³ (stedelijke achtergrond)	Verkeersveiligheid eluidshinder Fysieke activiteit
NEVENEFTE TEN 	(op ringwegen of doorgaande wagen rond stad wel stijging)	Marginale verslechtering op ringwegen/doorgaande wegen rond stad	

3.16 Invoeren van betalend parkeren, inclusief de milieudifferentiatie van parkeertarieven

3.16.1 Wat en waarom?

Betalend parkeren wordt in nagenoeg alle steden toegepast. Het parkeertarief kan ook aangepast worden aan de Euronorm waaraan het voertuig voldoet. De milieunorm is een benaderende variabele voor de milieu impact van het voertuig. Betalend parkeren helpt mensen om naar alternatieven voor de auto te zoeken. Als het parkeertarief rekening houdt met de milieu impact van het voertuig (Euronorm), helpt het extra om het gebruik van de meeste vervuulende auto's achterwege te laten.

Het is belangrijk te weten dat betalend parkeren de autogebruiker helpt om de maatschappelijke impact van het gebruik van de auto te kennen. Autogebruik heeft immers vele kosten, een deel van de kosten neemt de bezitter voor zijn rekening. Vele andere kosten neemt die autobezitter niet voor zijn rekening, of slechts ten dele, het gaat om de externe kosten zoals de impact op de luchtkwaliteit en de gezondheid van zijn medemens, de bijdrage aan de klimaatopwarming, het gebruik van openbare ruimte, verlies aan biodiversiteit, het tijdverlies dat hij veroorzaakt aan andere weggebruikers, het verhogen van het isolement van niet autogebruikers.

In Frankrijk, Duitsland en het Verenigd Koninkrijk wordt ongeveer 2% van het landoppervlak besteed aan weginfrastructuur en parkeerruimte. Zolang die kosten niet opgenomen zijn in de kosten van parking zal er steeds te veel parking aangeboden worden en zullen mensen meer met de auto rijden dan wat maatschappelijk aangewezen is. Dit leidt dus tot welvaartsverliezen voor de maatschappij als geheel (Russo et al., 2019).

Parkeertarieven zijn een manier om autogebruikers bewust te laten worden van al deze maatschappelijke kosten waarvoor ze als autogebruiker verantwoordelijk zijn.

3.16.2 Impact op verkeer

Deze maatregel heeft impact op de intensiteit van verkeer. Als de tarieven gedifferentieerd zijn voor milieu impacts, zal er ook impact zijn op de samenstelling van het wagenpark en de gemiddelde emissiefactor.

De literatuur duidt twee belangrijke impacts op verkeersstromen aan van (niet gedifferentieerde) parkeertarieven: lager voertuigbezit en minder afgelegde autokilometers.

In New York is de beschikbaarheid van parkeerruimte bij het huis een betere voorspeller dan inkomen of andere huishoudkarakteristieken voor **voertuigbezit** (Guo, 2013). In Amsterdam schat men dat een verhoging van de residentiële parkeertarieven met 10% het autobezit met 8% doet dalen (Groote et al., 2016). De impact zal in andere steden met lagere parkeertarieven en waar bus en fiets minder goede substituten zijn van de auto wel lager zijn, maar zeker niet onbestaand.

Daarnaast zorgt te laag geprijsde parkeerruimte ook voor extra autokilometers, onder andere doordat te veel auto's zoeken naar parkeerplaatsen. Verder geeft Litman aan dat gratis parking op de werkplaats autopendelen met 15% doet toenemen (Litman, 2021).

Het Nederlandse Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM) stelt in haar rapport ‘*Sturen bij parkeren*’⁴⁷ dat het verhogen van parkeertarieven met 25 à 50% in de binnenstad leidt tot een vermindering van het verkeer in de binnenstad met 2 à 6% (Kansen et al., 2018).

Parkeertarieven hebben vooral impact op de bezoekers van de stad en minder op de inwoners van de stad.

Wij hebben geen weet van studies in Vlaamse steden die de impact van parkeerbeleid in kaart brachten. Amsterdam levert wel een goed gedocumenteerd voorbeeld. De parkeertarieven stegen er op 14 april 2019 gemiddeld gezien met 66% of gemiddeld 1.67 euro/uur. Het gevolg was een algemene daling van het verkeer met 2 tot 3% (Ostermeijer et al., 2022).

Bij milieudifferentiatie van parkeertarieven is het vooral de bedoeling om de samenstelling van het wagenpark dat de stad binnenrijdt te beïnvloeden. Het is niet in de eerste plaats de bedoeling om de verkeersstromen te beïnvloeden. Milieudifferentiatie is vooral interessant als een deel van het wagenpark sterk vervuילend is en men deze wagens wil mijden. Ook om zero emissie (ZE) voertuigen aan te moedigen is het een mogelijk instrument. Parijs wil vanaf de herfst 2022 de parkeertarieven voor SUV's drastisch verhogen⁴⁸.

In de jaren 2000 kon er een merkbare impact zijn. Een studie van CE Delft over milieudifferentiatie van parkeertarieven (Schroten and Blom, 2011) komt uit bij emissiereducties bij de parkeerders van 3 tot 7% voor PM₁₀ en voor 2 tot 6% voor NO_x. Voor het centrumgebied liggen de reducties respectievelijk tussen 0.9 en 2.3% en tussen 0.5 en 1.3%.

aas t betalend parkeren dat vooral "op straat" parkeren betreft is het ook mogelijk het "niet op straat" parkeren te verminderen door bijvoorbeeld niet langer minimumnormen te hanteren voor parkeerplaatsen bij nieuwe ontwikkelingen.

Om gedifferentieerde parkeertarieven toe te passen bestaat er speciale infrastructuur, waarbij de parkeermeter via het ingeven van de nummerplaat toegang heeft tot de emissiestandaard van het voertuig. Zonder deze speciale infrastructuur is het de parkeerplicht, die toegang heeft tot de DIV-gegevens (o.a. de emissiestandaard van het voertuig), die de controles uitvoert.

Het is goed te beseffen dat maatregelen die de reële kost van autogebruik doorrekenen aan de gebruiker, zoals betalend parkeren, veel effectiever zijn om het autogebruik te verminderen dan het stimuleren van de alternatieven: openbaar vervoer, fietsen, deelmobiliteit, ... (zie ook hoofdstuk 3.19 Stimuleren van het openbaar vervoer). Uiteraard heb je wel alternatieven nodig als je autogebruik ontmoedigt.

Het vorige TNO-rapport schatte de impact op de verkeersintensiteiten in tussen 2 à 6% voor parkeertarieven en 0 tot 1% voor de milieudifferentiatie. Onze inschatting ligt in dezelfde grootteorde.

3.16.3 Impact op luchtkwaliteit

Met CAR-Vlaanderen, zoals beschreven in paragraaf 2.2.3, worden de verandering in verkeersstromen vertaald naar concentraties.

⁴⁷ <https://www.kimnet.nl/publicaties/rapporten/2018/06/18/sturen-in-parkeren>

⁴⁸ <https://www.eurotopics.net/fr/314806/triplement-du-prix-du-stationnement-des-suv-a-paris>

3.16.4 Voorbeelden in Vlaanderen

In Vlaanderen kennen nagenoeg alle steden betalend parkeren. Dikwijls hebben steden hun grondgebied ingedeeld in verschillende zones met verschillende tarieven. Hiernaast een voorbeeld van de gedifferentieerde parkeertarieven in Gent zoals op de website van de stad te vinden zijn (consultatie op 28-11-2023).

PARKEERTARIEVEN OP STRAAT				
maandag t.e.m. zaterdag (niet op zon- en feestdagen)				
9u - 19u	ROOD	ORANJE	GEEL	GROEN
1 uur	3,00	1,80	1,80	1,00
2 uur	7,00	3,60	3,60	2,00
3 uur	11,50	5,40	5,40	3,00
4 uur	-	7,20	7,20	3,50
5 uur	-	9,00	9,00	3,50
Dagtarief (24u)	-	-	-	3,50
19u - 23u	ROOD	ORANJE	GEEL	GROEN
1 uur	1,80	1,50	gratis	gratis
2 uur	3,60	3,00	gratis	gratis
3 uur	5,40	4,50	gratis	gratis
4 uur	7,20	6,00	gratis	gratis

Er bestaan echter weinig of geen studies die de impact van parkeerbeleid op de verkeersstromen in kaart brengen.

Amsterdam levert wel een goed gedocumenteerd voorbeeld. De parkeertarieven stegen er op 14 april 2019 gemiddeld gezien met 66%, 1.67 EU/uur. Het gevolg was een algemene daling van het verkeer met 2 tot 3% (Ostermeijer et al., 2022).

Milieudifferentiatie wordt in Vlaanderen niet toegepast voor parkeertarieven.

3.16.5 Zelf aan de slag

Om een bovengrens van betalend parkeren in te schatten kan gerekend worden met een bovengrens van 5% reductie in verkeer. Dit kan doorgerekend worden met CAR-Vlaanderen. Als de impact op luchtkwaliteit significant is in dat geval loont het de moeite om preciezer in te schatten wat de impact op de luchtkwaliteit zal zijn bij een lagere impact. In de meeste gevallen, zeker in kleinere gemeenten, zal betalend parkeren een veel beperktere impact hebben.

Met het Excel-rekenblad, Vlootsamenstelling-en-emissies.xlsx, kan ingeschat worden wat de emissiereductie is ten gevolge van minder vervuulende wagens in de stad bij een gedifferentieerd parkeertarief. In plaats van 0 (niet toegelaten) of 1 (toegelaten) kan ook een getal tussen 0 en 1 ingevoerd worden. Veronderstel bijvoorbeeld dat voor lichte voertuigen met norm Pre-Euro 5 en Euro 5 een verhoogd parkeertarief geldt zodat hun aantal daalt met respectievelijk 20 en 10%. In het Excel rekenblad kan dan bij deze voertuigtypes 0.8 en 0.9 ingevuld worden in de kolom 'Toegelaten' (zie Figuur 3-32).

INVOER: toegelaten voertuigen in LEZ			
CATEGORIE	BRANDSTOF	EURONORM	Toegelaten
LICHTE VOERTUIGEN	BENZINE	Pre-EURO 5	1
LICHTE VOERTUIGEN	BENZINE	EURO 5	1
LICHTE VOERTUIGEN	BENZINE	EURO 6	1
LICHTE VOERTUIGEN	DIESEL	Pre-EURO 5	0.8
LICHTE VOERTUIGEN	DIESEL	EURO 5	0.9
LICHTE VOERTUIGEN	DIESEL	EURO 6	1
LICHTE VOERTUIGEN	DIESEL	EURO 6DT	1
LICHTE VOERTUIGEN	DIESEL	EURO 6D	1
LICHTE VOERTUIGEN	ANDERE	ALLE	1
LICHTE VOERTUIGEN	ELEKTRISCH	ALLE	1

Figuur 3-32: Ingeven van een verminderd aantal lichte dieselveertuigen die niet aan Euro 6 voldoen.

RESULTAAT: schaalfactoren voor CAR-Vlaanderen

Emissieverhouding LEZ-Vloot/Basis-Vloot

Polluent	NOX	PM2.5	NOX	PM2.5	NOX	PM2.5
Jaar	2025	2025	2030	2030	2035	2035
LICHTE VOERTUIGEN	0.969	0.978	0.982	0.993	0.991	0.996
LICHTE VRACHTWAGENS	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
ZWARE VRACHTWAGENS	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
BUSSEN	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
HELE VLOOT	0.977	0.983	0.987	0.995	0.994	0.997

Figuur 3-33: Schaalfactor voor de emissies ten gevolge van een verminderd aantal lichte dieselveertuigen die niet aan Euro 6 voldoen.

3.16.6 Conclusies







- Betalend parkeren is een maatschappelijk gezien interessante en logische maatregel aangezien hij de autogebruiker inzicht geeft in de maatschappelijke kost van parkeren. Hij kan bovendien ook voor overheidsinkomsten zorgen.
- Afhankelijk van de hoogte van de tarieven kan de impact oplopen tot enkele percenten minder verkeer.
- De milieudifferentiatie van parkeertarieven had zeker in het verleden een impact. Vandaag zal die impact beperkter zijn aangezien de uitstoot van wagens sterk terugliep in de voorbije decennia.
- Daarnaast kan een vermindering van het autoverkeer leiden tot meer leefbaarheid en verkeersveiligheid.
- Mensen die de auto niet meer gebruiken kunnen de fiets gebruiken en zo bijdragen aan een betere gezondheid voor zichzelf.

-80 tot -100%
-30 tot -80%
0 tot -30%
0 tot + 30%

B

WAT Betalen voor parkeerplaats (om maatschappelijke kost zichtbaar te maken)

IM A T Er kan impact op verkeersstromen zijn afhankelijk van de hoogte van het tarief. De impact op luchtkwaliteit is beperkt.

	VERKEER 	LU HTKWALITEIT 	ANDERE 
LOKAAL 	0 tot -5 % (intensiteit) 0 tot -10% (park)	Tot -8% of -2.5 µg NO ₂ /m ³ (drukke canyons)	Minder parkeerplaatsen → meer voor ruimte voetgangers en fietsers
BUURT 	0 tot -5 % (intensiteit) 0 tot -10% (park)	Tot -2% of -0.3 µg NO ₂ /m ³ (stedelijke achtergrond)	
NEVENEFTE TEN 	Remt verkeer algemeen af		

3.17 Stimuleren van Fietsverkeer

3.17.1 Wat en waarom?

Fietsverkeer kan op verschillende manieren gestimuleerd worden⁴⁹:

- Verbeteren van de (fiets)infrastructuur zodat fietsen sneller, veiliger en aangenamer wordt.
- Organiseren van een campagne/beloningssystemen om mensen het nodige extra zetje te geven om te beginnen fietsen.
- De toegankelijkheid van de fiets verbeteren via het beschikbaar maken van deelfietsen, premie voorzien bij de aankoop van de fiets.
- De combinatie met openbaar vervoer vlotter laten verlopen.
- Goede, veilige fietsparkeermogelijkheden voorzien.

We illustreren hieronder kort wat we onder elk van de thema's verstaan.

(Fiets)infrastructuur

Fietsen aantrekkelijker maken kan door specifieke infrastructuur aan te leggen voor de fietser. Gescheiden fietspaden zijn hier een goed voorbeeld van. Vertragen of verminderen van het gemotoriseerd verkeer op bepaalde assen kan even efficiënt of efficiënter zijn om fietsen te stimuleren. Betere infrastructuur zorgt ervoor dat fietsen sneller, veiliger en aangenamer wordt wat tot meer gebruik zal leiden.



Figuur 3-34: aanleg van (dubbelrichting) fietspad in Sint-Pieters-Leeuw (Pelikaanberg) waarbij één rijstrook van het autoverkeer wordt vervangen door een fietspad (Bron: Fietsberaad ⁵⁰)

Organiseren van campagnes - beloningssystemen

Campagnes kunnen proberen om de mening over, en de beleving van fietsen te veranderen. Ze kunnen ook mensen belonen als ze beginnen fietsen. Om effectief te zijn is het belangrijk dat beloningssystemen effectief de gedragsverandering belonen en niet bestaand gedrag. Er

⁴⁹ <https://fietsberaad.be/themas/fietsen-stimuleren/>

⁵⁰ <https://fietsberaad.be/praktijk/dubbelrichtingsfietspad-als-schakel-tussen-halle-en-lennik-sint-pieters-leeuw/>

bestaan ook een permanente beloningen zoals de fietsvergoeding. Het is onduidelijk wat de rol is van een permanente beloning met betrekking tot fietsgebruik⁵¹.



Figuur 3-35: Met de 'bike to work' campagne ondersteunt de Fietsersbond bedrijven en hun werknemers zoveel mogelijk werknemers op de fiets te krijgen (Bron Fietsberaad)⁵².

Betere toegankelijkheid van de fiets via deelfietsen en/of aankoop premies

Deelfietsen maken fietsen toegankelijker maar hebben een (vrij) hoge maatschappelijke kost. Ze hebben ook een kritische massa nodig. Aankooppremies voor een fiets hebben het nadeel dat ze geen garantie inhouden tot gebruik van de fiets.



De combinatie met openbaar vervoer, bus en trein, vlotter laten verlopen

Een betere combinatie met openbaar vervoer maakt een verplaatsing van punt A naar punt B sneller en aangenamer.

Goede en veilige fietsparkeermogelijkheden voorzien

Aangename, nette plaatsen waar mensen hun fiets kunnen achterlaten zonder het risico op diefstal zijn belangrijk. Dit element kan ook onder infrastructuur of ten dele ook onder

combinatie met OV gerangschikt worden.

Figuur 3-36: Een beveiligde fietsenstalling (bron fietsberaad).

Fietsen stimuleren leidt in de eerste plaats tot een betere gezondheid (fysieke activiteit) voor zover de nieuwe fietsverplaatsingen voorheen met OV of met de auto werden gedaan. Als de verplaatsingen voorheen te voet werden gedaan is er geen of beperktere gezondheidswinst.

Daarnaast zijn er ook baten voor andere leefbaarheidsaspecten zoals, bereikbaarheid, geluid, emissies, veiligheid, stress, luchtkwaliteit en klimaat. Deze voordelen zijn net als de gezondheidsbaten het grootst bij een modal shift weg van de auto.

⁵¹ Mobiel21 voor Fietsberaad, 2020, Cahier6 Beloonssystemen om meer mensen op de fiets te krijgen

⁵² <https://fietsberaad.be/nieuws/1530-collegas-fietsen-11-keer-rond-de-aarde/>

3.17.2 Impact op verkeer

Deze maatregel heeft impact op de intensiteit van verkeer, niet op de samenstelling van het wagenpark en de gemiddelde emissiefactor.

Om via het stimuleren van de fiets de (auto)verkeersstromen echt te beïnvloeden is het belangrijk dat automobilisten de auto laten staan en de fiets gaan gebruiken. Onder nieuwe fietsers is het aandeel fietsers dat de auto laat groter naarmate de kenmerken van de fiets sneller is en dus wat dichterbij de buurt van de auto komt wat betreft kenmerken. De literatuur citeert cijfers tussen 10 en 20% voor de gewone fiets, iets meer voor de gebruikers van de elektrische fiets en tot soms 50% bij gebruikers van de speedpedelec.

Ook hierbij geldt, zoals bij het stimuleren van openbaar vervoer, dat als men via het stimuleren van de fiets een modal shift van auto naar fiets wil bekomen, het stimuleren van fietsverkeer moet samengaan met het ontmoedigen van het autogebruik zodat autogebruik onaantrekkelijker wordt.

Als de fietsers verplaatsingen maken die voorheen niet gemaakt werden, als ze voorheen het OV namen of wandelden zal er geen impact zijn op verkeer en luchtkwaliteit.

In het laatste rapport 'Fietstellingen in Brussel' van Pro Velo zeggen slechts 10% van de fietsers dat ze bij afwezigheid van de fiets de auto zouden gebruiken⁵³. In vorige rapporten was dat 20%⁵⁴. In een beperkte enquête onder woon-werk e-fietsers geeft bijna de helft aan dat ze bij afwezigheid de auto zouden gebruiken⁵⁵. In een testproject van speedpedelecs gebruikten 20% van de testers ook na de testperiode nog de speedpedelec, waarvan ongeveer 15% voormalige automobilisten.⁵⁶

Dit betekent dat een fietsstimulerende maatregel in een gemeente van 20 000 inwoners bijvoorbeeld 500 mensen 2 keer per week de fiets doet nemen voor een heen en terugrit, dat gemiddeld per dag (500 mensen * 2 verplaatsingen/dag * 2 maal per week/7 dagen in een week) dagelijks 285 nieuwe fietsverplaatsingen plaats hebben. Als we ervan uitgaan dat 15%, ervan in een spitsuur plaatshebben betekent dat 43 verplaatsingen. Als we er verder van uitgaan dat 20% van die verplaatsingen zonder fietsstimulering met de auto zouden zijn gemaakte betekent het dus dat we in de gemeente gemiddeld 9 autoverplaatsingen per spitsuur uitsparen of een zestigtal per dag. Deze verplaatsingen zijn vermoedelijk verdeeld over verschillende straten wat betekent dat de gemiddelde impact op de verkeersstromen van één bepaalde fietsstimulerende maatregel beperkt zal zijn. De impact zal hoger liggen als er veel e-bikes en speedpedelecs gebruikt worden en/of als het aantal bereikte mensen groter is. Dit betekent niet dat fiets stimuleren geen zin heeft als alleenstaande maatregel, maar best in combinatie met andere maatregelen genomen wordt voor zover het verminderen van het autoverkeersvolume (en de uitstoot) het belangrijkste doel is. Fiets stimuleren heeft natuurlijk steeds een positieve impact op de volksgezondheid voor zover de mensen er meer door gaan bewegen.

Om de impact van het stimuleren van fietsverkeer op de verkeersstromen in te schatten bestaan er dus onzekerheden op twee niveaus. De eerste onzekerheid heeft betrekking op

⁵³ Pro Velo, 2022, Fietsobservatorium in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest, tellingen en gegevensanalyse, verslag 2022

⁵⁴ TML-Mobiped, 2018, Benchmark e-VLS Brussel, vertrouwelijk rapport

⁵⁵ Mobielt1, 2014, Het e-fietspotentieel, aanbevelingen voor beleid en bedrijven.

⁵⁶ Avere, 2020, Conclusies van 365 Snel project-Speedpedelecs in woon-werkverkeer

de impact van het stimuleringsbeleid op het aantal nieuwe fietsers, de tweede onzekerheid heeft betrekking op hoeveel van de nieuwe fietsers de auto laten staan.

Dit alles betekent niet dat fietsen niet moet gestimuleerd worden. Er zal in elk geval een positieve impact op de leefbaarheid (fysieke activiteit, verkeersveiligheid, geluid, klimaat, ...) verkregen worden, en de te verwachten impact zal enkel toenemen bij een pakket aan maatregelen (verschillende stimulerende maatregelen + afraden autoverkeer). Verder is een gedragsverandering tweewegbrengen bij mensen dikwijls een werk van langere adem dan het organiseren van één promotiecampagne of het aanleggen van één fietspad of fietsenstalling.

Het betekent wel dat één fietsstimuleringsmaatregel een beperkt effect zal hebben op de autoverkeersstromen. Voor een globaal pakket fietsmaatregelen zal het effect groter zijn, maar zolang het autoverkeer niet ontmoedigd wordt zal de impact beperkt blijven.

Het vorige TNO-rapport schatte de impact van een geïntegreerd pakket fietsmaatregelen op het verkeersvolume autoverkeer in op een daling van 0 tot 15% met een gemiddelde van 5%. De door TNO geanalyseerde studies konden de gevonden effecten op het autoverkeer slechts indirect koppelen aan stimulering van de fiets. Om de hoge effecten te bekomen was ook bij hen de combinatie van maatregelen nodig. Het is daarnaast ook niet duidelijk of er terzelfdertijd geen maatregelen werden genomen die het autoverkeer ontmoedigden.

Wij stellen een voorzichtiger inschatting in van 0 tot 3% afname in autoverkeersstromen. De impact kan hoger zijn als de maatregel samengaat met het ontmoedigen van het autoverkeer. Door bijvoorbeeld de openbare ruimte te herverdelen en rijstroken en of parkeermogelijkheden voor het autoverkeer toe te wijzen aan andere functies, zoals verblijfsruimte, groen, fiets of voetgangersinfrastructuur, ...

3.17.3 Impact op de luchtkwaliteit

Aangezien de impact op de verkeersstromen beperkt is zal ook de impact op de luchtkwaliteit zeer beperkt zijn. Zoals hierboven gezegd is er zeker wel impact op gezondheid en afhankelijk van de stimuleringsmaatregelen mogelijk ook op veiligheid en leefbaarheid.

3.17.4 Voorbeelden in Vlaanderen

Op de website van Fietsberaad zijn via onderstaande links heel wat goede Vlaamse voorbeelden te vinden van verschillende manieren om fietsen te stimuleren.

- Via infrastructuur; <https://fietsberaad.be/themas/fietsinfrastructuur/>
- Via campagnes, bedrijfs- en deelfietsen; <https://fietsberaad.be/themas/fietsen-stimuleren/>
- Via fietsparkeren; <https://fietsberaad.be/themas/fietsparkeren/>
- Om goede fietsinfrastructuur aan te leggen is ook het vademecum fietsvoorzieningen een belangrijk informatiebron.
<https://wegenverkeer.be/zakelijk/documenten/ontwerprichtlijnen/vademecum-fietsvoorzieningen>

Ook het voorbeeld van de Pelikaanberg in Sint-Pieters-Leeuw onder “wat en waarom” hierboven is een mooie illustratie hoe fietsinfrastructuur kan aanzetten tot fietsen. Waar initieel er niet echt ruimte was om te fietsen en het gevaarlijk kon zijn bij kruisend gemotoriseerd verkeer wordt nu een veilige en aangename situatie gecreëerd.

Daarnaast bestaat er ook studiewerk dat de grote maatschappelijke positieve impact van fietsen en fietsinfrastructuur aangeeft. Buekers en co-auteurs (2015) rekenden met behulp

van een impactmodel de economische gezondheidsimpact voor twee grote fietssnelwegen in Vlaanderen (Antwerpen-Mechelen en Leuven-Brussel) door en concludeerden dat de maatschappelijke opbrengst-kost ratio veel groter is dan 1. Daarnaast beschouwen ze ook de winst met betrekking tot CO₂-emissies, congestie en geluid in hun impactmodel. Ze schatten over een periode van 20 jaar de waarde van de CO₂ reductie op 470 000 EUR, de impact op congestie op 51 000 000EUR, de impact op geluid 590 000 EUR, het effect van een lagere mortaliteit op 12 000 000 EUR (Buekers et al., 2015). Het is wel niet duidelijk in hoeverre geïnduceerd autoverkeer is meegenomen. Geïnduceerd verkeer is verkeer dat ontstaat als er extra capaciteit vrijkomt. Als met andere woorden congestie vermindert komt er capaciteit vrij voor het autoverkeer en zal die vrij snel opnieuw opgevuld worden, tenzij het autoverkeer op andere manier wordt ontmoedigd.

3.17.5 Zelf aan de slag

Het is nagenoeg onmogelijk om eenvoudige vuistregels aan te reiken die de impact op de verkeersvolumes inschatten omwille van de grote variatie in de mogelijke stimuleringsmaatregelen. Onder de paragraaf 'Impact op verkeersstromen' werkten we zelf een eenvoudig hypothetisch cijfervoorbeeldje uit. Op basis van enkele eenvoudige hypothesen kan u ook checken wat de potentiële impact zal zijn van de maatregel onder die hypothesen in uw gemeente.

Voor de meeste maatregelen zal de impact op de luchtkwaliteit nagenoeg verwaarloosbaar zijn. De impact kan wel groter worden als de fietsmaatregelen er ook voor zorgen dat het autoverkeer significant afneemt.

Als de impact op de verkeersstromen gekend is kan met CAR-Vlaanderen preciezer nagerekend worden wat de impact op de luchtkwaliteit zal zijn.

3.17.6 Conclusies








- Het stimuleren van fietsverkeer is een interessante maatregel om de leefbaarheid van steden en gemeenten te verbeteren. Ook de gezondheid van de nieuwe fietsers zal er wel bij varen.
- Om impact te hebben op de luchtkwaliteit zal het louter stimuleren van fietsen te weinig impact hebben op het autoverkeer.
- Om impact te hebben op het autoverkeer zijn bijkomende maatregelen nodig die het autogebruik ontraden en zal een combinatie van maatregelen efficiënter zijn

S

-80 tot -100%
-30 tot -80%
0 tot -30%
0 tot + 30%

WAT Fietsen wordt gestimuleerd door snellere, veiligere, aangenamere (fiets) infrastructuur, campagnes, beloningssystemen, betere fietsparkings, meer beschikbaar maken van fietsen, .

IM A T De impact op luchtkwaliteit zal beperkt zijn omdat het autoverkeer nauwelijks wijzigt. Fietsstraten zijn doorgaans al autoluw. Wat betreft gezondheid kan de impact aanzienlijk zijn.

	VERKEER 	LU HTKWALITEIT 	ANDERE   
BUURT 	0 tot -3%	0%	Fysieke activiteit +
NEVENEFFEN 			

3.18 Invoeren van deelsystemen (auto/fiets)

3.18.1 Wat en waarom?

Deelsystemen van auto en fiets bestaan in veel varianten. Wat betreft het **businessmodel** kan bij autodelen een onderscheid gemaakt worden tussen systemen waarbij de vloot eigendom is van een operator en systemen waarbij particulieren hun wagen delen. Particulieren kunnen hun wagen delen via een platform of onder burens waar een platform niet noodzakelijk is. Bij fietsdelen bestaan geen systemen waarbij particulieren een “gewone” fiets delen. Voor speciale fietsen zoals bakfietsen is dat eventueel wel mogelijk. In de meeste gevallen is echter de uitbater (of soms de overheid) eigenaar van de fietsen.



Figuur 3-37: Cambio deelwagens (foto Cambio.be)

Operationeel valt een onderscheid te maken tussen back-to-one- of round-trip-systemen waarbij de auto of fiets naar de vertrekplaats moet teruggebracht worden. Voorbeelden zijn Cambio (deelauto's) en Blue-bike (deelfietsen aan spoorstations). Daarnaast bestaan ook back-to-many-systemen waarbij de auto of fiets niet naar de vertrekplaats moet teruggebracht worden. Men laat die dan achter al dan niet in een (virtueel) station of zone. De deelfietsen van Velo in Antwerpen neem je in een station van je keuze en plaats je in een station van je keuze terug. Een

variante op dit systeem zijn free-floating fietsen of auto's die je om het even waar in een zone kan achterlaten. De deelfietsen van Dott in Brussel kon je initieel overal in Brussel achterlaten. Wegens de overlast in de publieke ruimte die het achterlaten van fietsen kan veroorzaken is het reglementair kader strikter geworden. Ze moeten nu in zogenaamde dropzones achtergelaten worden. Deelauto's van Poppy kan je nemen of achterlaten in drie stadszones, Antwerpen, Brussel, en Luik, en ook in vier luchthavens.

De free-floating-aanbieders zowel in de auto- als fietsdeelmarkt hebben het over het algemeen financieel moeilijk. Een aantal aanbieders van deelauto's verdwenen de afgelopen jaren. Poppy schrapte Mechelen en Gent in 2024 uit zijn aanbod. De reden waarom overheden deelfietsen of deelauto's faciliteren zijn meestal omdat ze alternatieven voor de auto willen stimuleren om zo het modale aandeel van de auto te verminderen.

3.18.2 Impact op verkeer

Deze maatregel heeft impact op de intensiteit van verkeer, en afhankelijk van het type wagenpark (vb. elektrisch) van de deelsystemen ook op de samenstelling van het wagenpark en de gemiddelde emissiefactor.

Om via deelsystemen de verkeersstromen (en de luchtkwaliteit) te beïnvloeden is het belangrijk dat automobilisten hun auto minder gebruiken. We analyseren hieronder de impact op verkeersstromen van auto- en fietsdelen.

We zoomen eerst even in op de invloed van autodelen aan de hand van het “Impactrapport autodelen in België 2022”⁵⁷. We zien dat autodelen in de eerste plaats impact heeft op het

⁵⁷ Autodelen.net, 2023, impactrapport autodelen in België in 2022 <https://www.autodelen.net/wp-content/uploads/2023/02/Impactrapport.-Autodelen-in-Belgie-in-2022.pdf>

autobezit. Eén deelauto vervangt tussen 3 en 9 privéauto's. Bij round-trip-autodelen is de vervangratio het hoogst. Bij het particulier autodelen is hij lager omdat de particuliere autodelers aan de basis al weinig auto's hebben. Bij de gebruikers van free-floating-systemen worden waarschijnlijk het minst auto's van de hand gedaan en worden vooral minder auto's aangekocht. Omdat de steekproef in het onderzoek van free-floating-gebruikers beperkt was spreken we voor deze categorie voorwaardelijk.

Autodelen maakt het dus zeker makkelijker zonder of met minder auto's te leven.

Wat betreft het autogebruik zien we dat gebruikers van round-trip-autodelen de auto (veel) minder gebruiken. 37% van hen rijdt (veel) minder vaak met de auto, 15% rijdt (veel) vaker met de auto. Bij gebruikers van free-floating-autodelen houden de mensen die meer, en de mensen die minder de auto gebruiken (beiden 19%) elkaar in evenwicht. Bij de particuliere autodelers wordt een beetje meer met de auto gereden, 21% rijdt minder, 30% rijdt meer. Wat betreft het gebruik van de andere modi gaan round-trip-autodelers vaker fietsen en een beetje vaker het openbaar vervoer gebruiken. Gebruikers van free-floating-autodelen gaan minder het openbaar vervoer gebruiken, 34%.

Autodelen is vooral een stedelijk fenomeen omdat het potentieel gebruik voldoende groot moet zijn. Ongeveer de helft van de actieve autodelers gebruikt round-trip-autodelen, de andere helft free-floating-autodelen. Bijna 68000 Vlamingen doen aan autodelen. Dat is 1.5% van de rijbewijshouders, een stijging met 33% tussen 2021 en 2022 Ze gebruiken daarvoor 3420 wagens. Over de voorbije 6 jaar steeg het aantal autodelers met een factor 10.

Hoewel het aantal mensen dat aan autodelen doet snel stijgt, blijft autodelen tot vandaag redelijk kleinschalig. **De impact op verkeersstromen is dus beperkt.** We voegen een hypothetisch rekenvoorbeeld toe om dat te illustreren:

Als een stad erin slaagt het aantal autodelers te verdubbelen, dan betekent dat gemiddeld 1.5% extra autodelers onder mensen met een rijbewijs. Gemiddeld gesproken gebruikt de helft daarvan round-trip-autodelen. Netto zal 17% daarvan minder met de auto rijden. In het extreme geval dat deze gebruikers de auto niet meer gebruiken betekent het dat 1.5% (extra autodelers) * 0.5 (helft is round-trip) * 17% of 0.13% van de automobilisten in uw gemeente de auto niet meer gebruiken. Het verkeersvolume zou dan maximaal met 0.13% dalen. Eigenlijk ligt de impact in de gemeente nog lager aangezien heel wat kilometers elders worden afgelegd. We houden geen rekening met de gebruikers van free-floating-autodelen omdat uit de impactanalyse blijkt dat zij hun autogebruik niet verminderen.

Wat betreft het gebruik van deelfietsen is het aandeel fietsers dat de auto laat staan in de meeste gevallen vrij beperkt. De fiche "fiets stimuleren" citeerde modal-shift-cijfers van auto naar fiets, tussen 10 en 20% voor de gewone fiets, iets meer voor de gebruikers van de elektrische fiets. Voor een deelfiets is shift-ratio doorgaans lager, rond de 10%⁵⁸.

Stel dat een gemeente 100 deelfietsen installeert die 3 keer per dag worden gebruikt. Dat betekent dan 300 ritjes per dag waarvan er anders 50 met de auto zouden zijn gemaakt. 50 korte autoritten verspreid over een gemeente en een ganse dag. **De impact van fietsdeelsystemen op de verkeersstromen is dus ook beperkt.**

Het is ook goed te weten dat een fietsdeelsysteem niet zelf bedruipend is. Back-to-many-systemen zoals Velo in Antwerpen kosten in het algemeen minstens rond de 1500 EUR/jaar per fiets. De commerciële free-floating-deelfietsystemen krijgen meestal geen overheidssubsidies. Ze zijn echter aanzienlijk duurder en vele van deze aanbieders maken

⁵⁸ TML-Mobiped, 2018, Benchmark e-VLS Brussel, vertrouwelijk rapport

verlies bij het aanbieden van hun deelfietsen. Daarnaast moeten de deelfietsen ook herverdeeld worden over de beschikbare plaatsen om het aanbod van deelfietsen over de stad te garanderen. Het herverdelen van de fietsen gebeurt met bestelwagens die tot op vandaag veelal niet elektrisch zijn wat voor extra uitstoot zorgt.

De TNO-studie nam deze maatregel niet op. Wij noemen de impact op het verkeersvolume minimaal en diffuus, dit betekent dat de impact op het verkeersvolume ruim onder de 0.5% ligt.

3.18.3 Impact op de luchtkwaliteit

Gezien de impact op de verkeerscirculatie zeer klein is, is ook de impact op de luchtkwaliteit uiterst klein.

3.18.4 Voorbeelden in Vlaanderen.

Er bestaan heel wat voorbeelden van deelauto's en deelfietsen in Vlaanderen.

Cambio is het oudste round-trip-autodeelsysteem in Vlaanderen en België. Daarnaast bestaan er nog vele anderen. Poppy is de grootste aanbieder van free-floating-deelwagens. Figuur 3-38 geeft een overzicht van de belangrijkste aanbieders van deelauto's.



Figuur 3-38: overzicht van de aanbieders van deelauto's in België⁵⁹

Vele Vlaamse steden werken actief aan deelmobiliteit. Hieronder enkele voorbeelden:

⁵⁹ Autodelen.net, Impactrapport, Autodelen in België, 2022

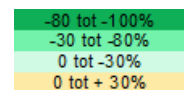
- Schoten (34000 inwoners) startte in 2014 met het delen van twee voertuigen van het gemeentelijk park. Ondertussen voegden ook Poppy en Green Mobility Schoten toe aan hun Antwerpse zone.
- Daarnaast beschikt Schoten ook over Mobit-deelfietsen⁶⁰.
- De gemeente Lierde (6500 inwoners) startte autodelen in 2020. Ze beschikken vandaag over 3 elektrisch deelwagens. De gemeente gebruikt de wagens als eigen dienstvoertuigen. Door ze ook als deelfoertuig ter beschikking te stellen gaat de vlootkost van de gemeente naar beneden. Daarnaast krijgt het concept bekendheid als ambtenaren met de wagens rondrijden in de gemeente ⁶¹⁶².
- De gemeente Harelbeke (30000 inwoners) stapte in 2015 over van een dienstvoertuig naar twee deelwagens. Sindsdien heeft Harelbeke 14 deelwagens. Het heeft ook 16 elektrische deelfietsen ter beschikking⁶³.

3.18.5 Zelf aan de slag.

Aangezien de impact minimaal en diffuus is het moeilijk met het CAR-Vlaanderen model een modeloefening te maken.

3.18.6 Conclusies






- Het invoeren van deelfiets of deelautosystemen kan zinvol zijn in het kader van een globaal mobiliteitsbeleid. Deelautosystemen zullen in de eerste plaats het aantal auto's doen afnemen en minder het aantal afgelegde kilometers. Deelfietsssystemen zijn meestal duur voor overheden.
- De impact op verkeer en luchtkwaliteit in de stad zal minimaal zijn.



I

WAT Ter beschikking stellen van deelwagens of deelfietsen

IM A T De impact op het totale verkeershoeveelheid is minimaal. Daarom is de impact op emissies en luchtkwaliteit ook minimaal.

	VERKEER 	LU HTKWALITEIT 	ANDERE 
GEMEENTE 	Minimaal en diffuus (ruim onder 0.5% afname)	Minimaal en diffuus	Fysieke activiteit +
NEVENEFTE TEN 	Verkeer en emissies van bestelwagens voor het hervdelen van de deelfietsen		

⁶⁰ <https://www.autodelen.net/nl/testimonials/gemeente-schoten/>

⁶¹ <https://www.autodelen.net/nl/testimonials/gemeente-lierde/>

⁶² <https://www.mobit.eu/>

⁶³ <https://www.autodelen.net/nl/testimonials/stad-harelbeke/>

3.19 Stimuleren van het openbaar vervoer

3.19.1 Wat en waarom?

Openbaar vervoer (OV) heeft meerdere functies. Het heeft een belangrijke sociale functie, namelijk toegankelijkheid tot anderen (sociaal contact) en (noodzakelijke) diensten garanderen aan iedereen, ook mensen zonder auto en/of met beperkte middelen. Het is ook belangrijk in combinatie met maatregelen die het autoverkeer ontraden.



Figuur 3-39: Bussen van de Lijn

Daarnaast kan openbaar vervoer ook een milieuvriendelijk alternatief voor de auto zijn dat voor minder

milieubelasting en congestie zorgt. Of openbaar vervoer milieuvriendelijker wordt dan een auto hangt voor een groot deel af van de bezettingsgraad van bus, tram of trein. Hoe hoger de bezettingsgraad hoe beter uit milieuoogpunt. Een overstap van de auto naar het openbaar vervoer zal steeds een positieve milieu impact hebben aangezien het meeste openbaar vervoer sowieso rijdt omwille van de sociale functie, onafhankelijk van de bezettingsgraad.

Deze maatregel “stimuleren van openbaar vervoer” heeft vooral betrekking op de tweede functie van openbaar vervoer, namelijk het bieden van een milieuvriendelijker alternatief voor de individuele auto.

Als een significant aantal mensen de auto laten staan en kiezen voor het openbaar vervoer zal dat voor minder emissies zorgen en potentieel dus voor een betere luchtkwaliteit.

3.19.2 Impact op verkeer

Deze maatregel heeft impact op de intensiteit van verkeer, niet op de samenstelling van het wagenpark en de gemiddelde emissiefactor.

Een overstap van auto naar alternatieve modi (openbaar vervoer, fiets, deelmobiliteit...) realiseren is niet eenvoudig. Het volstaat niet om een alternatieve modus aan te bieden opdat het autogebruik zou dalen. Opdat een automobilist de overstap maakt naar een alternatieve modus moet het geheel van reistijd, comfort en prijs van de alternatieve modus aantrekkelijker zijn dan dat van de auto en dat is helemaal niet eenvoudig. Dit kan in combinatie met maatregelen die het autoverkeer ontraden versterkt worden.

Kort samengevat zegt de literatuur hierover het volgende (zie voorbeelden hieronder en EEA (2019)):

- De beste omstandigheden om automobilisten voor een andere modus te laten kiezen zijn omstandigheden waar autogebruik onaantrekkelijk is. Dit is bijvoorbeeld als de volledige maatschappelijke kosten van autogebruik worden doorgerekend, of als het moeilijk is om de auto te gebruiken wegens veel tijdverlies (files) of gebrek aan parkeerplaatsen.
- Door louter een andere vervoerswijze aantrekkelijker te maken gaat het aandeel auto's slechts heel beperkt dalen.

- We stellen bijvoorbeeld vast dat in stadscentra het autogebruik relatief lager is en het OV relatief hoger. De reden is dat de kost om de auto te gebruiken hoog is (tijdverliezen en beperkte parkeermogelijkheden) en er een goed aanbod is van alternatieven.

We illustreren dit met enkele voorbeelden uit de literatuur:

- Doorrekenen van de maatschappelijke kosten (vb. via betalend parkeren) van autogebruik is effectiever dan het voorzien van last en first mile shuttles voor het OV (Zellner et al., 2016)
- De aanleg van de Flevospoorlijn Amsterdam-Almere zorgde voor 20 minuten reistijdwinst, 10% autogebruikers kozen voor de trein, maar 25% van de vorige busgebruikers kozen voor de auto zodat uiteindelijk het aandeel van openbaar vervoer niet veranderde.
- De evaluatie van enkele grote infrastructuurprojecten voor de trein in de jaren 90 in Nederland lieten geen impact op het autogebruik zien (Savelberg et al., 2009, Bakker et al., 2015).
- In een analyse van de woonwerk diagnostiek van de FOD mobiliteit tussen 2005 en 2014 in het kader van het federaal klimaatbeleid vonden we dat hoewel het aandeel treinreizigers in België toenam, het aandeel gebruikers van de auto als bestuurder niet afnam of zelfs toenam (Orsini et al., 2017). Indien er dus automobilisten overstapten op de trein dankzij maatregelen die de trein aantrekkelijker maakten, zijn er weer andere automobilisten bijgekomen.
- Transporteconoom Héran analyseerde de impact van gratis openbaar vervoer in enkele steden en zijn conclusie was dat vooral fietsers, daarnaast ook voetgangers en autopassagiers en een beperkt aantal autobestuurders de overstap naar het openbaar vervoer maken in dat geval (Héran, 2020). Gratis openbaar vervoer zorgt dus voor extra reizigers, maar als een gevolg daarvan zijn ook extra investeringen in het netwerk en rijdend materieel nodig waarvoor geld dikwijls ontbreekt wegens afwezigheid van inkomsten. Hij wijst er op dat een overstap van actieve modi naar de bus nefast is voor de gezondheid.
- Een artikel in De Morgen (19-10-2021) illustreert dit ook via voorbeelden van gratis openbaar vervoer in Talinn (Estland) en Duinkerke (Noord Frankrijk) waar de impact op het gebruik van de auto niet zichtbaar is⁶⁴.
- Het aantrekkelijker maken van openbaar vervoer in combinatie met het herverdelen van de publieke ruimte in de eerste plaats ten voordele van voetganger, fietser en OV, met dus minder ruimte voor de auto zal wel een effect hebben. Zo is er de invoering van een busnet met hoog dienstniveau in St Nazaire in Frankrijk waar vrije busbanen werden onttrokken aan het autoverkeer en ook verkeerslichten voorrang gaven aan busverkeer (Héran, 2020).

Conclusie: stimuleren van openbaar vervoer leidt meestal slechts tot een significante modal shift als het gebruik van auto ontmoedigd wordt (bv. de echte maatschappelijke kosten aanrekenen, ruimtelijke ingrepen).

64 <https://www.demorgen.be/nieuws/zelfs-autoland-vs-experimenteert-op-deze-plekken-voerden-ze-gratis-openbaar-vervoer-in-b20567ea/>

Hoewel elke situatie anders is stellen we voor om bij stimuleren van het openbaar vervoer te rekenen met een daling van het autoverkeer tussen 0 en maximaal 5% zoals ook het voorgaande TNO-rapport⁶⁵ stelde. De maximale vermindering van 5% van het autoverkeer lijkt ons heel hoog. Op basis van de literatuur zal deze vermindering slechts mogelijk zijn als het autoverkeer de volledige maatschappelijke kost op één of andere manier betaalt en/of de reistijdwinst met openbaar vervoer aanzienlijk is. Een maatregel die beide combineert is bijvoorbeeld het omvormen van een autorijstrook tot een busstrook, waarbij het autogebruik wordt ontmoedigd en het OV reistijdwinst boekt. De impact van het louter stimuleren van openbaar vervoer schatten we eerder op een 0 tot 1% daling van het autoverkeer.

3.19.3 Impact op de luchtkwaliteit

Om een bovengrens van de impact van stimuleren van openbaar vervoer in te schatten kan gerekend worden met een bovengrens van 1% reductie in verkeer. Dit kan doorgerekend worden met CAR-Vlaanderen. Als de impact op luchtkwaliteit significant is in dat geval loont het de moeite om preciezer in te schatten wat de impact op de luchtkwaliteit zal zijn bij een lagere impact op de verkeersvolumes. In de meeste gevallen, zeker in kleinere gemeenten zal stimuleren van openbaar vervoer een veel beperktere impact hebben.

3.19.4 Voorbeelden in Vlaanderen

Vlaanderen kende in de jaren 1990 en 2000 een periode waar openbaar vervoer goedkoop of gratis werd aangeboden. Het bekendste voorbeeld hiervan is vermoedelijk Hasselt. Het aantal reizigers vertienvoudigde er van 400 000 reizigers tot meer dan 4 miljoen. Van de nieuwe busreizigers waren 16% autogebruikers. Het is niet duidelijk of het hier om bestuurders of passagiers gaat (Voogt et al., 2011). Het is ook niet duidelijk hoe de modale verdeling werd beïnvloed.

3.19.5 Zelf aan de slag

De moeilijkheid bij deze maatregel is dubbel. Enerzijds bestaat er een grote variatie in maatregelen die het openbaar vervoer aantrekkelijker kunnen maken. Anderzijds is de precieze impact op het auto verkeersvolume moeilijk in te schatten.

Een start kan daarom zijn een om een heel ruwe inschatting te maken met een reductie van 1% van het autoverkeer als men enkel het openbaar vervoer stimuleert. Dit zal in de meeste gevallen een bovengrens zijn.

Als men openbaar vervoer stimuleert en daarnaast ook het autoverkeer ontmoedigt, kan men starten met een reductie van het autoverkeer met 5%, wat in de meeste gevallen ook een bovengrens zal zijn, tenzij het reduceren van het autoverkeer de essentie is van de maatregel zoals dat bij de invoering van het circulatieplan in Gent het geval was (Tabel 3-8).

3.19.6 Conclusies

- De impact van stimuleren van openbaar vervoer op de auto verkeersstromen zal variëren van 0 % tot maximal 5 %.
- De impact kan groter zijn als de maatregel gepaard gaat met het ontmoedigen van de auto. De impact op de volksgezondheid zal negatief zijn vermits vooral fietsers en voetgangers zullen shiften naar OV. Dit zal vooral het geval zijn als het OV goedkoper wordt. Om dezelfde reden zal de impact op verkeersveiligheid positief

⁶⁵ <https://omgeving.vlaanderen.be/sites/default/files/2021-12/Studie%20Standaardeffecten%20van%20lokale%20maatregelen%20op%20de%20luchtkwaliteit.pdf>






zijn hoewel die de negatieve impact op de volksgezondheid niet zal kunnen compenseren.

S

-80 tot -100%
-30 tot -80%
0 tot -30%
0 tot + 30%

WAT Openbaar vervoer aantrekkelijker maken (goedkoper, korter reistijd, meer comfort)

IM A T De impact op verkeersstromen en luchtkwaliteit is beperkt. De impact op verkeersstromen is groter indien het stimuleren van OV gepaard gaat met een minder aantrekkelijke positie van de wagen.

	VERKEER 	LU HTKWALITEIT 	ANDERE 
BUURT 	0 tot -5%	0 tot -1% of 0 tot -0.1 $\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ over de stad	Fysieke activiteit (minder fietsers en voetgangers)
NEVENEFTE TEN 			

3.20 Instellen van (dynamische) parkeergeleidingssystemen

3.20.1 Wat en waarom?

Een dynamisch parkeergeleidingssysteem is een geheel van borden die dynamisch de beschikbaarheid van parkeerplaatsen aangeven en de weg ernaartoe aanwijzen. De bedoeling is de zoektijd naar een beschikbare parkeerplaats te verminderen. Zo zou ook het aantal afgelegde kilometers in de stad verminderen en de stad toch aantrekkelijk blijven voor auto's.

3.20.2 Impact op verkeer

Deze maatregel heeft impact op de intensiteit van verkeer, niet op de samenstelling van het wagenpark en de gemiddelde emissiefactor.

Om de impact op de verkeersstromen te kennen is het belangrijk het aandeel *zoekverkeer* te kennen. Hiervoor worden uiteenlopende cijfers aangehaald, tussen 8 en 75% met een gemiddelde van 30%. De gemiddelde zoektijd is 8 minuten (Hampshire and Shoup, 2018). Regelmatig citeren steden dat 30% van het verkeer in de stad op zoek is naar een parkeerplaats. Bij dit cijfer moeten enkele belangrijke bemerkingen gemaakt worden:

- Het aandeel zoekverkeer uit de studies betekent dat op bepaalde plaatsen (waar straatparking mogelijk is) en op bepaalde tijdstippen (bij hoge parkeerdruk) in een stad 30% van de automobilisten op zoek zijn naar een parkeerplaats. Dit betekent dus niet dat op jaarbasis gemiddelde 30% van het verkeer in een stad zoekverkeer is.
- De voorbeelden uit de literatuur hebben nagenoeg steeds betrekking op “central business districts” van grote steden. Met grote steden bedoelen we 500.000 inwoners of meer. We vonden geen cijfers voor typische Vlaamse steden.
- De eerste stap naar minder zoekverkeer en meer leefbaarheid is een beleid van aangepaste parkeertarieven. Schoup stelt dat bij een juist parkeertarief 1 op de 8 parkeerplaatsen vrij is en er geen parkeerzoekverkeer is (Shoup, 2006). Hij zegt verder dat betalend parkeren niet betekent dat reizen onbetaalbaar wordt. Mensen kunnen verschillende strategieën kiezen om niet teveel te betalen voor parkeren; reizen wanneer parkeertarieven lager zijn (off-peak), parkeren waar prijs lager is en wat extra stappen, korter parkeren, off-straat parkeren, carpools en de parkeerkost delen, openbaar vervoer, de fiets, of stappen.

Verder zijn er weinig of geen studies die goede kwantitatieve gegevens bevatten over parkeergeleidingssystemen. Het report on COST action 342 van het Technical Committee on Transport vermeldt twee voorbeelden van parkeergeleidingssystemen. In Bern (Zwitserland) zetten de privé uitbaters van parkings een parkeergeleidingssysteem op dat extra mensen naar hun parkeergarages bracht wat hen hoger dan verwachte inkomsten opleverde. Een studie in Gothenburg (Zweden) leert dat het aantal gebruikers van de meest gewenste routes steeg van 57% naar 66% en dat de gemiddelde zoekafstand daalde van 750 m naar 585 m; een daling met 22%. Slechts de helft van de mensen gebruiken het parkeergeleidingssysteem (COST, 2006).

In een vergelijkende studie voor het Brussels Hoofdstedelijk Gewest vond TML (2003) geen impact op de verkeersvolumes in Gent (Logge, 2004).



Algemeen kunnen we stellen dat om de impact van een parkeergeleidingssysteem in te schatten, volgende elementen in rekening gebracht worden:

- De literatuur geeft aan dat vooral niet regelmatige bezoekers gebruik maken van een parkeergeleidingssysteem. Dit is dikwijls minder dan de helft van de parkeerders.
- Als parkeren op straat helemaal verboden wordt, dan zullen mensen verplicht zijn naar ondergrondse parkings te gaan en daarbij vermoedelijk het parkeergeleidingssysteem volgen.

Algemeen kan men stellen dat de gemiddelde impact van parkeergeleidingssystemen op de verkeersstromen heel klein is, maar dat op sommige momenten en plaatsen de impact relatief belangrijk kan zijn.

Wat de effecten betreft is het steeds belangrijk om een onderscheid te maken tussen de korte en middellange of lange termijn. De korte termijneffecten zijn een gevolg van de directe gedragsverandering; het volgen van de aanwijzingsborden. Dit betekent minder zoeken en dus minder afgelegde kilometers. De middellange- en langetermijneffecten zijn een gevolg van indirecte gedragsveranderingen. Aangezien automobilisten makkelijker een parkeerplaats vinden dankzij parkeergeleidingssystemen is het aantrekkelijker om met de wagen naar de stad te gaan dan bijvoorbeeld met de fiets, of met het openbaar vervoer.

Zoals boven aangehaald zal de impact op de verkeerscirculatie heel sterk afhankelijk zijn van de lokale situatie, beschikbaarheid van parkeerplaatsen, drukte.... Het is dus onmogelijk een algemene uitspraak te doen over de effecten van parkeergeleidingssystemen voor een specifieke gemeente.

De vorige TNO-studie⁶⁶ gaf aan dat het verkeer in een stad met 0 tot 1% op jaarbasis kan afnemen dankzij parkeergeleidingssystemen. Bij piekmomenten kan op bepaalde plaatsen de impact oplopen tot 15%. Er zijn geen redenen om vandaag tot een ander besluit te komen. Bij ons fictief voorbeeld onderaan is de impact op dagbasis op het verkeersvolume 0.48%. **De impact van parkeergeleidingssystemen op verkeersstromen is beperkt.**

3.20.3 Impact op luchtkwaliteit

Met het rekenblad beschreven in paragraaf 2.2.3 worden de verandering in verkeersstromen vertaald naar concentraties. Vermits het effect op de verkeersstromen erg klein is, is ook het effect op de luchtkwaliteit minimaal.

3.20.4 Voorbeelden in Vlaanderen

Sinds augustus 2023 mogen bezoekers niet meer op straat parkeren in de Antwerpse binnenstad. Ze worden gevraagd om de dynamische parkeergeleiding te volgen die hen vlot naar de beschikbare plaatsen brengt⁶⁷. Het gaat in dit geval om 2 maatregelen; een parkeerverbod op straat om het gebruik van de wagen te ontraden en een dynamisch parkeergeleidingssysteem om het aanwezige verkeer zo vlot mogelijk naar parkeerplaatsen te begeleiden.

⁶⁶ <https://omgeving.vlaanderen.be/sites/default/files/2021-12/Studie%20Standaardeffecten%20van%20lokale%20maatregelen%20op%20de%20luchtkwaliteit.pdf>

⁶⁷ <https://www.slimnaarantwerpen.be/nl/auto-taxi/publieke-parkings>

3.20.5 Zelf aan de slag

Aangezien de impact van parkeergeleidingssystemen meestal zeer klein zal zijn, maar ook situatieafhankelijk is geven we hieronder een sterk vereenvoudigd voorbeeld op basis van enkele hypothesen.

De voordelen van de sterke vereenvoudiging zijn dat

- u het vrij eenvoudig kan aanpassen aan uw specifieke lokale context.
- het een idee geeft van de grootteorde van de te verwachten impact

Het nadeel is dat het om slechts zeer benaderende cijfers gaat met een belangrijk foutenmarge. De cijfers geven wel een idee van grootteordes en daar is het ons hier om te doen. Op basis van de hypothesen, o.a. de ambitieuze hypothese van 30% minder zoekverkeer, verdwijnt in de straten met zoekverkeer ongeveer een half percent van het autoverkeer. Bij een aandeel van 20% zoekverkeer zal 1% van het autoverkeer in die straten verdwijnen.

fictief illustratief voorbeeld van impact parkeergeleiding			
observaties	periode met zoekgedrag (a)	3	(aantal uren per dag)
	aantal straten met zoekende auto's (b)	10	aantal
	gemiddelde aantal auto's/uur in die straten tijdens periode met zoekgedrag (c)	500	
	% auto's die zoekgedrag vertonen (d)	10%	uw eigen observatie (1)
	gemiddelde lengte van traject op stadsgrondgebied (e)	5	km
berekeningen	gemiddelde lengte van zoektraject	0.8	km (2)
	totaal aantal zoekkilometer/uur	400	km(3)
	totaal aantal zoekkilometer tijdens de zoekperiode/dag	1200	km (4)
	totaal aantal autokilometer in straten met problematisch zoekgedrag/dag	75000	km (5)
	totaal aantal autokilometer in de stad/dag	300000	km(6)
impact van parkeergeleiding			
hypothese	% van zoekkilometer verdwijnt	30.00%	hypothese
berekeningen	zoekkm die verdwijnen	360	km
	aandeel autokm/dag dat verdwijnt in straten met problematisch zoekgedrag	0.48%	
	aandeel autokm/dag dat verdwijnt uit totaal	0.12%	
uitleg bij berekeningen			
(1) u observeert een lege parkeerplek op de straat, telt hoeveel auto's voorbijrijden vooraleer iemand de parkeerplaats opvult. U doet dit verschillende keren. Dit geeft u inzicht in het % zoekverkeer.			
(2) 5min zoeken à 10 km/h			
(3) aantal straten met zoekende auto's * aantal voertuigen gemiddeld /straat * %auto's met zoekgedrag * gemiddelde lengte zoektraject - zoekkilometer is een overschatting omdat een zoekende auto verschillende keren kan geteld worden			
(4) periode met zoekgedrag (a) * zoekkm/uur (3)			
(5) aantal uren met zoekgedrag (a)* gemiddeld aantal voertuigen/straat (c)*2 (want dubbel zoveel voertuigen over <i>ganse</i> dag)* gemiddelde afstand op stadsgrondgebied (e)/2 (want slechts helft van die km in zoekgebiedzone)			
(6) aantal autokm in straten met problematisch zoekgedrag/dag (5) *2 (omdat totaal verkeersvolume in de straten over de <i>ganse</i> dag dubbel zo hoog is)*2 (omdat slechts de helft van het verkeersvolume in de straten met parkeerproblemen			

Met CAR-Vlaanderen kunnen de effecten van de gewijzigde verkeersintensiteiten op de luchtkwaliteit doorgerekend worden. Over het algemeen zullen de effecten klein zijn vanwege het beperkte effect op de verkeersintensiteit. De methodologie is analoog aan het voorbeeld uit paragraaf 2.2.3.

3.20.6 Conclusies

Een parkeergeleidingssysteem:

- heeft een minimaal effect op verkeersvolumes en luchtkwaliteit.






- moedigt het gebruik van de wagen eerder aan en zorgt dus niet voor een modal shift naar openbaar vervoer of fiets.

D

-80 tot -100%
-30 tot -80%
0 tot -30%
0 tot + 30%

WAT Een parkeergeleidingssysteem is een geheel van borden die dynamisch de beschikbaarheid van parkeerplaatsen aangeven en de weg ernaartoe aanwijzen.

IM A T De impact op verkeersstromen en luchtkwaliteit is klein.

	VERKEER 	LU HTKWALITEIT 	ANDERE 
BUURT 	0 tot -1%	0.0% of 0.0 µg NO ₂ /m ³	bereikbaarheid + (korte termijn)
NEVENEFTE TEN 	Moedigt op lange termijn autoverkeer eerder aan en zorgt niet voor <i>modal shift</i>		

Commentaar:

Verkeer is verantwoordelijk voor 30% van de NO₂ concentratie in een typisch Vlaamse centrumstad. 25% is regionaal verkeer, 5% is lokaal verkeer. Enkel in canyons kan de lokale bijdrage veel hoger zijn, tot 50%

Enkel heel lokaal kunnen er groter impacts zijn: omgeving van de inrit van een parkeergarage

4 BESLUIT

De studie toont aan dat zowel lokale als gemeentelijke mobiliteitsmaatregelen een significante positieve impact kunnen hebben op de luchtkwaliteit en daarmee de volksgezondheid. Het verkeersluw maken van straten, buurten en stadcentra, het stimuleren van schoon en openbaar vervoer, het beperken van vrachtverkeer in stadscentra, het bevorderen van fietsgebruik, het inrichten van groene zones en het stimuleren van de elektrificatie van wegtransport zijn effectieve strategieën om de concentraties van stikstofdioxide (NO₂) en fijn stof (PM_{2.5}) te verlagen. De grootste globale luchtkwaliteitsimpact kan verwacht worden van grootschalige (gemeentelijke) maatregelen. Toch kan de impact van lokale maatregelen (specifieke straat(en)) erg effectief zijn voor specifieke knelpunten of situaties. Zo zal het invoeren van een schoolstraat resulteren in aanzienlijke reducties van de verkeersintensiteit nabij de schoolpoort en specifiek de blootstelling van een kwetsbare doelgroep (kinderen) verlagen tijdens spitsuren. Zowel voor de gemeentelijke als de lokale maatregelen werd een rangschikking gemaakt op basis van de te verwachten impact. Aangezien dit rapport lokale (gemeentelijke) maatregelen bespreekt zullen deze dan ook effect hebben op de lokale verkeersbijdrage aan luchtverontreiniging. Wanneer we de luchtkwaliteitsimpact van dergelijke maatregelen bekijken lijkt deze soms klein door de grote Vlaamse achtergrondbijdrage. Het is dan ook van belang om knelpuntlocaties te bepalen in je gemeente met een grote lokale verkeersbijdrage aangezien hier de grootste potentiële impact van lokale maatregelen kan behaald worden.

Naast de impact op mobiliteit en luchtkwaliteit (focus van deze studie), is het als beleidsmaker bovendien cruciaal om alle aspecten van leefbaarheid (veiligheid, geluid, fysieke activiteit, klimaat, bereikbaarheid...) te beschouwen in de uiteindelijke beleidskeuzes. De meest efficiënte en duurzame maatregelen zullen locatiespecifieke maatregelen zijn die zowel resulteren in een positieve impact op luchtkwaliteit als op de algemene leefbaarheid. Voor lokale besturen is het essentieel om een geïntegreerde aanpak (combinatie aan maatregelen) te hanteren, waarbij mobiliteitsmaatregelen deel uitmaken van een breder beleid gericht op veiligheid, duurzaamheid en leefbaarheid. Het is cruciaal dat deze maatregelen worden ondersteund door gedegen monitoring en evaluatie om hun effectiviteit te waarborgen en bij te sturen waar nodig. Ten slotte wordt aanbevolen om de burgerparticipatie te vergroten en belanghebbenden actief te betrekken bij het ontwikkelen en implementeren van mobiliteitsstrategieën, om zodoende een breed draagvlak en succesvolle uitvoering van maatregelen te verzekeren.

Tot besluit vatten we de effecten van alle maatregelen (in een specifieke straat of over de hele gemeente samen in de onderstaande tabel.

Maatregelen in één straat

	Verkeer	Luchtkwaliteit	Andere
Knip in een straat	-30 tot -80% of -90/-360 en -240/-960 voertuigen/spitsuur*	-11 tot -28% of -2 tot -6 µg NO ₂ /m ³ (open of canyon)	Bereikbaarheid –, Fysieke activiteit +, Veiligheid +
Invoeren van een schoolstraat	-80 tot -100 % of -240/-960 en -300/-1200 voertuigen/spitsuur*	-25 tot -50% of -6 tot -12 µg NO ₂ /m ³ (wanneer van kracht)	Geluidshinder +, Veiligheid +, Bereikbaarheid -/+, Fysieke activiteit +
Instellen van eenrichtingsverkeer	-30 tot -45% of -90/ -135 en -210/540 voertuigen/spitsuur*	-11 tot -16% of -2.1 tot -3.2 µg NO ₂ /m ³	Bereikbaarheid –, Veiligheid +
Invoeren van een fietsstraat	0 tot -5% of tot -15 tot -60 voertuigen/spitsuur	tot -2% of -0.35 µg NO ₂ /m ³	Geluidshinder +, Fysieke activiteit +
Wijzigende snelheden	niet realistisch om met wijzigende snelheden luchtkwaliteit te beïnvloeden	Van 50 naar 70 km/u tot -2% of -0.35 µg NO ₂ /m ³ Van 50 naar 30 km/u tot +2% of +0.35 µg NO ₂ /m ³	Geluidshinder –, Veiligheid – Geluidshinder +, Veiligheid +
Optimalisatie van verkeerslichten	Lokaal bij verkeerslicht tot -10%	0 tot -1% of 0 tot -0.2 µg NO ₂ /m ³	Leefbaarheid (bij beperken instroom in kader circulatieplan)
Afzuigen van tunnelemisssies	0%	tot -0.4% of -0.06 µg NO ₂ /m ³ (actieve schouw)	Geluidshinder – (ventilatoren)
Groeninrichting	0 %	Groengevels: tot -1% of -0.2 µg NO ₂ /m ³ Bomen: 0 tot +3% of 0 tot +0.6 µg NO ₂ /m ³	Leefbaarheid +, Stedelijk klimaat +, Biodiversiteit +
Afscherming d.m.v. schermen en berm	0%	-14 tot -34% of -1 tot -3 µg NO ₂ /m ³	Geluidshinder + (doel van schermen)

Gemeentelijke maatregelen

	Verkeer	Luchtkwaliteit	Andere
Elektrificatie van het wagenpark	0%	<u>Canyon</u> : Tot -57% of tot -17 $\mu\text{gNO}_2/\text{m}^3$ <u>Achtergrond</u> : Tot -13% of -2 $\mu\text{gNO}_2/\text{m}^3$ Bij volledige elektrificatie	Klimaat (CO_2) + Geluid +
Invoeren van een lage-emissiezone (LEZ)	0%	<u>Canyon</u> : tot -19% of tot -5.6 $\mu\text{gNO}_2/\text{m}^3$ <u>Achtergrond</u> : Tot -4.4% of -0.7 $\mu\text{gNO}_2/\text{m}^3$	Gezondheid +
Stimuleren van schoon openbaar vervoer	0%	<u>Canyon</u> : Tot -4% of -1.2 $\mu\text{gNO}_2/\text{m}^3$ <u>Achtergrond</u> : Tot -1% of -0.14 $\mu\text{gNO}_2/\text{m}^3$ Bij volledige elektrificatie	Geluidshinder + (bij elektrificatie)
Stedelijke distributie: concept binnenstadservice	tot -10 % vrachtkilometers	<u>Canyon</u> : Tot -0.3% of -0.1 $\mu\text{gNO}_2/\text{m}^3$ <u>Achtergrond</u> : Tot -0.1% of -0.01 $\mu\text{gNO}_2/\text{m}^3$	Leefbaarheid + Veiligheid +
Weren van doorgaand vrachtverkeer uit het centrum	-30% (centrum), tot +30% (omleiding)	<u>Canyon</u> : Tot -1% of -0.3 $\mu\text{gNO}_2/\text{m}^3$ <u>Achtergrond</u> : Tot -0.2% of -0.03 $\mu\text{gNO}_2/\text{m}^3$	Geluidshinder + Veiligheid +
Invoeren van een circulatieplan	-10 tot -30% (Mogelijke toename in sommige straten)	<u>Canyon</u> : Tot -17% of -5 $\mu\text{gNO}_2/\text{m}^3$ (drukke canyons) <u>Achtergrond</u> : Tot -4% of -0.6 $\mu\text{gNO}_2/\text{m}^3$ (Toenames mogelijk)	Verkeersveiligheid +, Geluidshinder +, Fysieke activiteit +
Betalend parkeren (met milieudifferentiatie)	0 tot -5 % (intensiteit) 0 tot -10% (park)	<u>Canyon</u> : tot -8% of -2.5 $\mu\text{gNO}_2/\text{m}^3$ (drukke canyons) <u>Achtergrond</u> : Tot -2% of -0.3 $\mu\text{gNO}_2/\text{m}^3$	Minder parkeerplaatsen → meer voor ruimte voetgangers en fietsers
Stimuleren van fietsverkeer	0 tot -3%	0%	Fysieke activiteit +

Invoeren van een deelsystemen (auto/fiets)	Minimaal en diffuus (ruim onder 0.5% afname)	Minimaal en diffuus	Fysieke activiteit +
Stimuleren van openbaar vervoer	0 tot -5%	0 tot -1% of 0 tot -0.3 $\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ over de stad	Fysieke activiteit – (minder fietsers en voetgangers)
Dynamisch Parkeergeleidingssysteem	0 tot -1%	0.0% of 0.0 $\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$	bereikbaarheid + (korte termijn)

LITERATUUR

- AMORIM, J. H., RODRIGUES, V., TAVARES, R., VALENTE, J. & BORREGO, C. 2013. CFD modelling of the aerodynamic effect of trees on urban air pollution dispersion. *The Science of the Total Environment*, 461-462, 541-551.
- BAKKER, P., LOOP, H. V. D. & SAVELBERG, F. 2015. Uitwisseling gebruikersgroepen 'auto-ov'. Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM).
- BEALEY, W. J., MCDONALD, A. G., NEMITZ, E., DONOVAN, R., DRAGOSITS, U., DUFFY, T. R. & FOWLER, D. 2007. Estimating the reduction of urban PM10 concentrations by trees within an environmental information system for planners. *J Environ Manage*, 85, 44-58.
- BUEKERS, J., DONS, E., ELEN, B. & INT PANIS, L. 2015. Health impact model for modal shift from car use to cycling or walking in Flanders: application to two bicycle highways. *Journal of transport & health*, 2, 549-562.
- CHEN, W. Y. & JIM, C. Y. 2008. Assessment and Valuation of the Ecosystem Services Provided by Urban Forests. In: CARREIRO, M. M., SONG, Y.-C. & WU, J. (eds.) *Ecology, Planning, and Management of Urban Forests*. New York, NY: Springer New York.
- COST 2006. Parking policies and the effect on economy and mobility, Final report COST action 342. EU Technical committee on Transport.
- DE COENSEL, B., CAN, A., DEGRAEUWE, B., DE VLIAGER, I. & BOTTELDOOREN, D. 2012. Effects of traffic signal coordination on noise and air pollutant emissions. *Environmental Modelling & Software*, 35, 74-83.
- DEN HOND, E. D. D., ANNELIES; VAN DE VEL, KAREN; DE RIDDER, GREET; KOPPEN, GUDRUN; PETERS, JAN; VAN POPPEL, MARTINE 2020. Interventiestudie schoolomgeving: impact van schoolstraat, samenvatting.: VITO, PIH, Zorg & Gezondheid.
- EEA 2019. The first and last mile - the key to sustainable urban transport. EEA.
- FAN, J., GAO, K., XING, Y. & LU, J. 2019. Evaluating the Effects of One-Way Traffic Management on Different Vehicle Exhaust Emissions Using an Integrated Approach. *Journal of Advanced Transportation*, 2019, 6248796.
- FAZZINI, P., TORRE, M., RIZZA, V. & PETRACCHINI, F. 2022. Effects of Smart Traffic Signal Control on Air Quality. *Frontiers in Sustainable Cities*, 4.
- FRANCKX, L. 2019. Total cost of ownership of electric cars compared to diesel and gasoline cars in Belgium.
- FRANCKX, L. 2023. Totale eigendomskosten van nieuwe Belgische wagens. Federaal Planbureau.
- FULLER, R. A. & GASTON, K. J. 2009. The scaling of green space coverage in European cities. *Biology Letters*, 5, 352-355.
- GAGO, E. J., ROLDAN, J., PACHECO-TORRES, R. & ORDÓÑEZ, J. 2013. The city and urban heat islands: A review of strategies to mitigate adverse effects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 749-758.
- GELLATLY, R. M., BEN 2021. Air Quality Monitoring Study: London School Streets. Air Quality Consultants Ltd
- GROOTE, J. D., OMMEREN, J. V. & KOSTER, H. R. A. 2016. Car ownership and residential parking subsidies: Evidence from Amsterdam. *Economics of Transportation*, 6, 25-37.
- GUO, Z. 2013. Does residential parking supply affect household car ownership? The case of New York City. *Journal of Transport Geography*, 26, 18-28.
- HAMPSHIRE, R. & SHOUP, D. 2018. What Share of Traffic is Cruising for Parking? *Journal of Transport Economics and Policy*, 52.

- HARMS, H. J. 2006. 80 km/u vertraagt? De oorzaken van de toename in filezwaarte na invoering van de 80 km/u maatregel.
- HÉRAN, F. 2020. Gratuité des transports publics et cohérence des politiques de déplacements urbains. *Transports urbains*, 136, 28-34.
- HOFMAN, J., BARTHOLOMEUS, H., JANSSEN, S., CALDERS, K., WUYTS, K., VAN WITTENBERGHE, S. & SAMSON, R. 2016. Influence of tree crown characteristics on the local PM10 distribution inside an urban street canyon in Antwerp (Belgium): A model and experimental approach. *Urban Forestry & Urban Greening*, 20, 265-276.
- HOFMAN, J., CASTANHEIRO, A., NUYTS, G., JOOSEN, S., SPASSOV, S., BLUST, R., DE WAEL, K., LENAERTS, S. & SAMSON, R. 2019. Impact of urban street canyon architecture on local atmospheric pollutant levels and magneto-chemical PM10 composition: An experimental study in Antwerp, Belgium. *The Science of the Total Environment*, 135534.
- HOFMAN, J., PETERS, J. & VAN POPPEL, M. 2021a. City Of Things project: sensoren voor luchtkwaliteit. Overzicht van een pilootproject in Kampenhout. VITO.
- HOFMAN, J., PETERS, J., VAN POPPEL, M., SPRUYT, M., VAN LAER, J., BAEYENS, B., STROOBANTS, C., ELST, E., ROELS, B., DELBARE, E., VAN ESSCHE, W., GILLIJNS, E. & COCHEZ, A. 2021b. Een blauwdruk voor het opzetten van een gemeentelijk sensornetwerk voor luchtkwaliteit. VITO.
- HOFMAN, J., VAN LAER, J. & VAN POPPEL, M. 2022. Luchtkwaliteitsstudie stationsomgeving Roeselare. VITO.
- HOFMAN, J., WUYTS, K., VAN WITTENBERGHE, S., BRACKX, M. & SAMSON, R. 2014. On the link between biomagnetic monitoring and leaf-deposited dust load of urban trees: relationships and spatial variability of different particle size fractions. *Environ Pollut*, 189, 63-72.
- HOOGHWERFF, J., LANSER, N., VAN OOSTSTROOM, L. & TOLLENAAR, C. 2009. Toepassingsadvies schermen: Het advies t.a.v. de toepassing van (geluids)schermen ter verbetering van de luchtkwaliteit langs snelwegen. Rijkswaterstaat - Dienst Verkeer en Scheepvaart.
- JANHÄLL, S. 2015. Review on urban vegetation and particle air pollution – Deposition and dispersion. *Atmospheric environment*, 105, 130-137.
- JEANJEAN, A., BUCCOLIERI, R., EDDY, J., MONKS, P. & LEIGH, R. 2017a. Air quality affected by trees in real street canyons: the case of Marylebone neighbourhood in central London. *Urban Forestry & Urban Greening*, 22, 41-53.
- JEANJEAN, A. P. R., BUCCOLIERI, R., EDDY, J., MONKS, P. S. & LEIGH, R. J. 2017b. Air quality affected by trees in real street canyons: The case of Marylebone neighbourhood in central London. *Urban Forestry & Urban Greening*, 22, 41-53.
- JEANJEAN, A. P. R., HINCHLIFFE, G., MCMULLAN, W. A., MONKS, P. S. & LEIGH, R. J. 2015. A CFD study on the effectiveness of trees to disperse road traffic emissions at a city scale. *Atmospheric environment*, 120, 1-14.
- JIM, C. Y. & CHEN, W. Y. 2009. Ecosystem services and valuation of urban forests in China. *Cities (London, England)*, 26, 187-194.
- KANSEN, M., WAARD, J. V. D. & SAVELBERG, F. 2018. Sturen in Parkeren. Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM).
- LEFEBVRE, W., VEL, K. V. D., JANSSEN, S., FRANS, F., TRIMPENEERS, E., PEELAERTS, W., VANKERKOM, J., VIAENE, P. & VLIEGEN, J. 2009. Impact 90 km/u beleidsmaatregel luchtkwaliteit. VITO.
- LEFEBVRE, W. & VRANCKX, S. 2013. Validation of the IFDM-model for use in urban applications
- LITMAN, T. A. 2021. Understanding Transport Demands and Elasticities - How Prices and Other Factors Affect Travel Behavior. Canada: Victoria Transport Policy Institute.

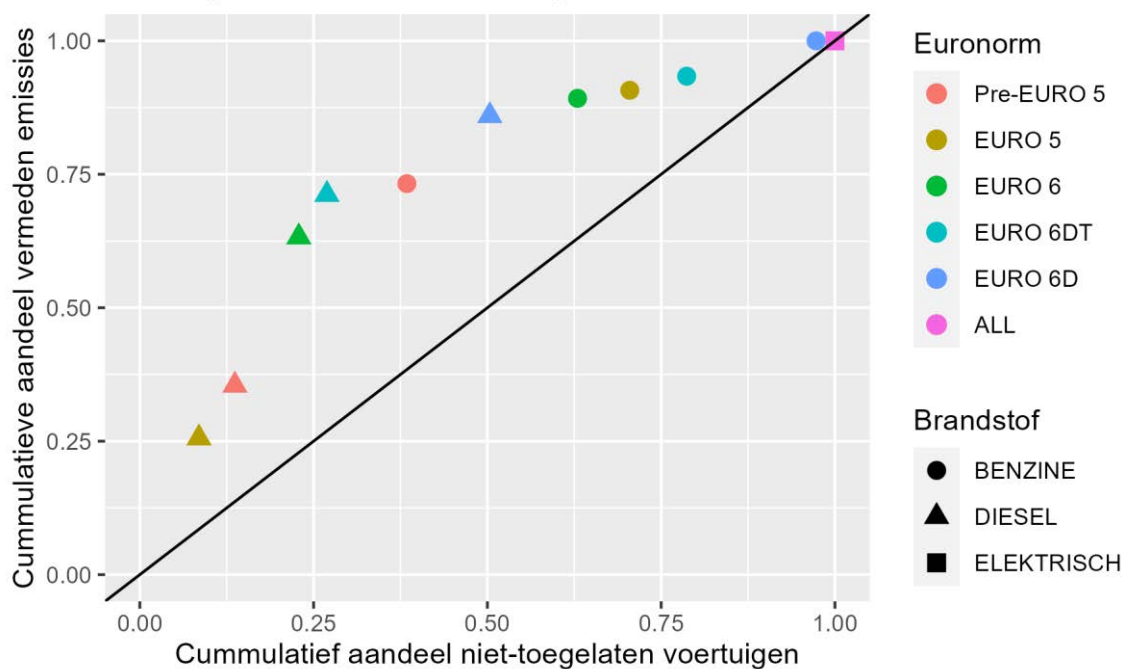
- LOGGE, V. H. 2004. Verkennende en vergelijkende studie voor een mobiliteitsstrategie i.f.v. het milieu in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest, TML rapport 3.34.
- MASCIA, M., HU, S., HAN, K., NORTH, R., VAN POPPEL, M., THEUNIS, J., BECKX, C. & LITZENBERGER, M. 2017. Impact of Traffic Management on Black Carbon Emissions: a Microsimulation Study. *Networks & Spatial Economics*, 17, 269-291.
- MAYERES, I., VAN ZEEBROECK, B. & UNTERSTALLER, A. 2019. The first and last mile — the key to sustainable urban transport. *Transport and environment report*. European Environment Agency.
- MORAKINYO, T. E. & LAM, Y. F. 2016. Simulation study on the impact of tree-configuration, planting pattern and wind condition on street-canyon's micro-climate and thermal comfort. *Building and Environment*, 103, 262-275.
- MORAKINYO, T. E., LAM, Y. F. & HAO, S. 2016. Evaluating the role of green infrastructures on near-road pollutant dispersion and removal: Modelling and measurement. *Journal of Environmental Management*, 182, 595-605.
- MOW 2022. Beleidskader regelstrategie intelligente verkeersregelinstallaties. MOW.
- MUNIR, S., LUO, Z. W., DIXON, T., MANLA, G., FRANCIS, D., CHEN, H. B. & LIU, Y. 2022. The impact of smart traffic interventions on roadside air quality employing machine learning approaches. *Transportation Research Part D-Transport and Environment*, 110, 103408.
- NOWAK, D. J., CRANE, D. E. & STEVENS, J. C. 2006. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban Forestry & Urban Greening*, 4, 115-123.
- NOWAK, D. J. & DWYER, J. F. 2007. Understanding the Benefits and Costs of Urban Forest Ecosystems. In: KUSER, J. E. (ed.) *Urban and Community Forestry in the Northeast*. Dordrecht: Springer Netherlands.
- NTZIACHRISTOS, L. & BOULTER, P. 2023. Road transport: Automobile tyre and brake wear. European Environment Agency.
- ORSINI, M., SNEESSENS, I., ZEEBROECK, B. V., KUENEN, J., LOPEZ, P., MARTIN, J. L. & NICOLAS, A. G. 2017. Evaluation of emission reductions For the Federal Public Service (FPS) Health, food chain safety and environment. ICEDD.
- OSTERMEIJER, F., KOSTER, H., NUNES, L. & VAN OMMEREN, J. 2022. Citywide parking policy and traffic: Evidence from Amsterdam. *Journal of Urban Economics*, 128, 103418.
- RIZWAN, A. M., DENNIS, L. Y. C. & LIU, C. 2008. A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island. *Journal of Environmental Sciences*, 20, 120-128.
- RUSSO, A., OMMEREN, J. V. & DIMITROPOULOS, A. 2019. The Environmental and Welfare Implications of Parking Policies.
- SAVELBERG, F., ANNEMA, J. A., BAKKER, P., FRANCKE, J., MOURIK, H. V., KALTER, M.-J. O. & KOLKMAN, J. 2009. Het scheiden van de markt : vraagontwikkelingen in het personen- en goederenvervoer. Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM).
- SCHROTEN, A. & BLOM, M. 2011. Update milieueffecten gedifferentieerde parkeertarieven. Delft: CE Delft.
- SHOUP, D. C. 2006. Cruising for parking. *Transport Policy*, 13, 479-486.
- TIMMERS, V. R. J. H. & ACHTEN, P. A. J. 2016. Non-exhaust PM emissions from electric vehicles. *Atmospheric Environment*, 134, 10-17.
- TIWARY, A., SINNETT, D., PEACHEY, C., CHALABI, Z., VARDOULAKIS, S., FLETCHER, T., LEONARDI, G., GRUNDY, C., AZAPAGIC, A. & HUTCHINGS, T. R. 2009. An integrated tool to assess the role of new planting in PM10 capture and the human health benefits: a case study in London. *Environ Pollut*, 157, 2645-53.
- ULRICH, R. S. 1984. View through a window may influence recovery from surgery. *Science*, 224, 420-421.
- VMM 2012. Chemkar PM10 - Stedencampagne. Chemische karakterisering van fijn stof in Antwerpen, Gent, Brugge en Oostende 2011-2012.

- VOOGT, M. H., DE LANGE, R., VAN ROOIJEN, T., WILMINK, I. R. & JONKERS, S. 2011. Onderzoek naar de standaardeffecten van lokale maatregelen op luchtkwaliteit.: TNO.
- VOS, P. E. J., MAIHEU, B., VANKERKOM, J. & JANSSEN, S. 2013. Improving local air quality in cities: to tree or not to tree? *Environmental Pollution*, 183, 113-122.
- VRANCKX, S., LEFEBVRE, W., POPPEL, M. V., BECKX, C., THEUNIS, J., MASCIA, M., HU, S., KÖBL, R. & LITZENBERGER, M. 2015a. Air quality impact of intelligent transportation system actions used in a decision support system for adaptive traffic management. *International Journal of Environment and Pollution*, 57, 133-145.
- VRANCKX, S., LEFEBVRE, W., VAN POPPEL, M., BECKX, C., THEUNIS, J., MASCIA, M., HU, S., KÖBL, R. & LITZENBERGER, M. 2015b. Air quality impact of intelligent transportation system actions used in a decision support system for adaptive traffic management. *International Journal of Environment and Pollution*, 57, 133-145.
- WANIA, A., BRUSE, M., BLOND, N. & WEBER, C. 2012. Analysing the influence of different street vegetation on traffic-induced particle dispersion using microscale simulations. *Journal of Environmental Management*, 94, 91-101.
- ZEEBROECK, B. V. & CEUSTER, G. D. 2013. Elektrische wagens verminderen fijn stof nauwelijks: Analyse op basis van bestaande literatuur. TML.
- ZELLNER, M. L., MASSEY, D., SHIFTAN, Y., LEVINE, J. & ARQUERO, M. J. Overcoming the Last-Mile Problem with Transportation and Land-Use Improvements: An Agent-Based Approach. 2016.
- ZHAO, J. & HUANG, Y. 2021. Physical Characteristics of Urban Green Spaces in Relation to Perceived Safety. *Journal of Urban Planning and Development*, 147, 05021032.

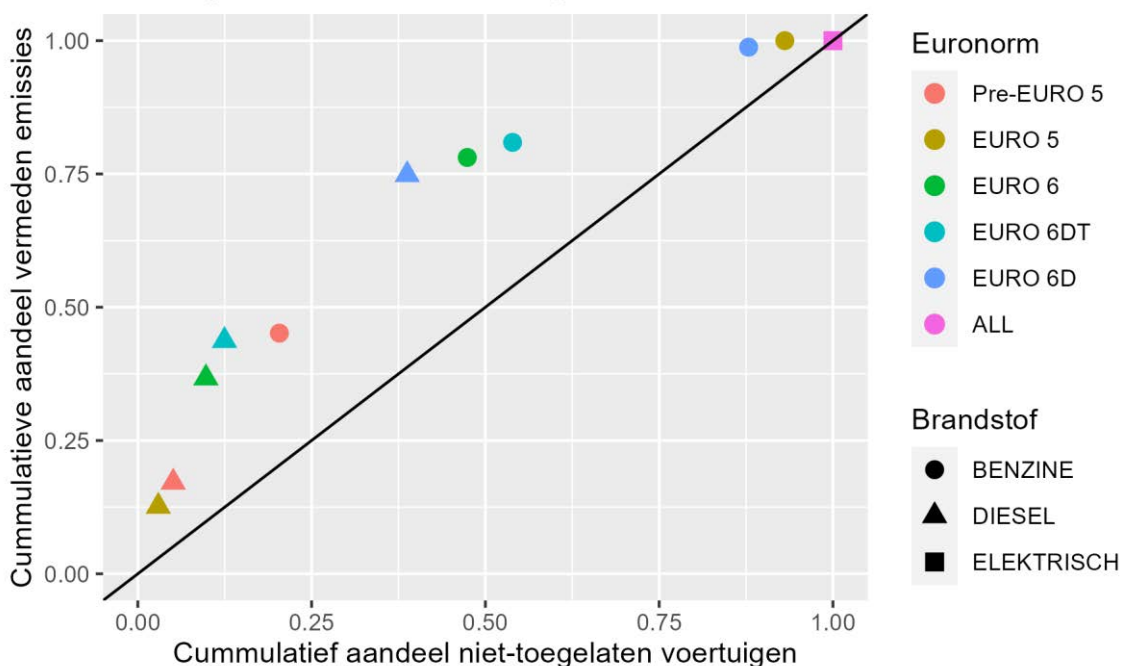
5 BIJLAGEN

5.1 Bijlage A

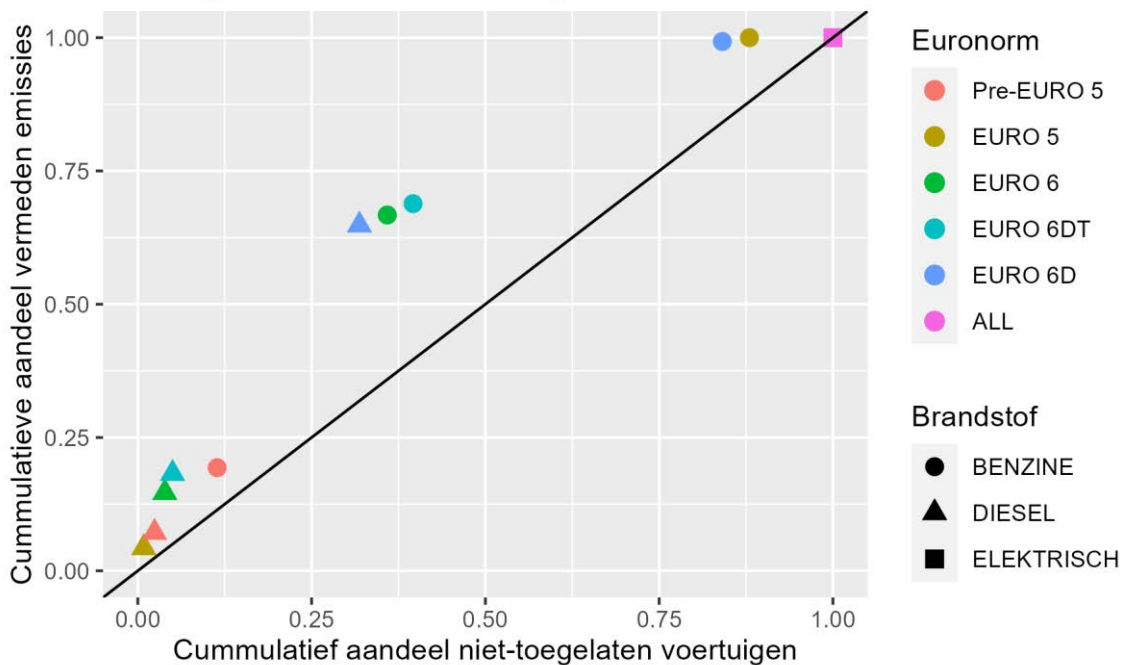
Vermeden NOX emissies vs. niet-toegelaten voertuigen
Stedelijke vloot lichte voertuigen in 2025



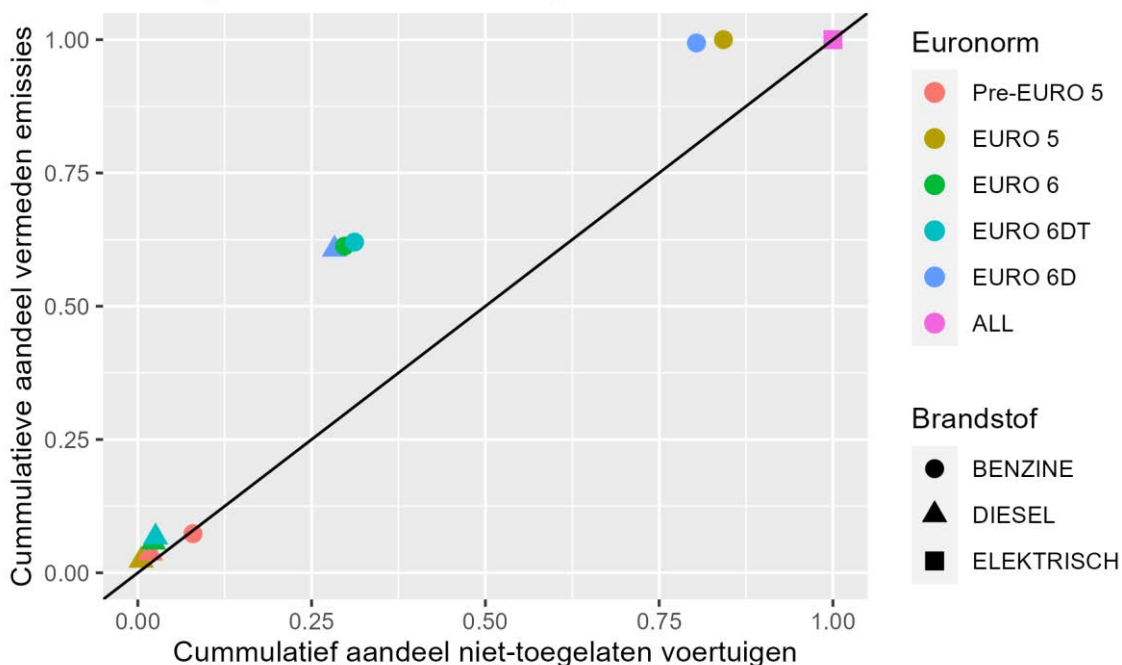
Vermeden NOX emissies vs. niet-toegelaten voertuigen
Stedelijke vloot lichte voertuigen in 2030



Vermeden NOX emissies vs. niet-toegelaten voertuigen Stedelijke vloot lichte voertuigen in 2035



Vermeden NOX emissies vs. niet-toegelaten voertuigen Stedelijke vloot lichte voertuigen in 2040



**vision on technology
for a better world**



