

Wijzigingen in de ER en SRM emissiefactoren, voor
luchtkwaliteit, stikstofdepositie en klimaat

Emissiefactoren wegverkeer 2024

TNO 2024 R11049 – 4 juni 2024

Emissiefactoren wegverkeer 2024

Wijzigingen in de ER en SRM emissiefactoren, voor
luchtkwaliteit, stikstofdepositie en klimaat

Auteurs	E. (Emiel) van Eijk, N.E. (Norbert) Ligterink, J.M. (Jessica) de Ruiter
Exemplaar nummer	2024-STL-RAP-100353608
Aantal pagina's	22 (excl. voor- en achterblad)
Aantal bijlagen	0
Opdrachtgever	IenW
Projectnaam	IenW TF VTE EF en fijnstof
Projectnummer	060.58701

Alle rechten voorbehouden

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

© 2024 TNO

Samenvatting

TNO en PBL stellen jaarlijks een set generieke emissiefactoren vast voor het wegverkeer in Nederland. Het voorliggende rapport beschrijft de set emissiefactoren 2024 en de belangrijkste wijzigingen ten opzichte van 2023. De set emissiefactoren is gebaseerd op vlootsamenstellingen uit emissieregistratie (historisch) en de Klimaat en Energieverkenning (KEV) van PBL (prognose) in combinatie met detailemissiefactoren. De huidige set emissiefactoren is gebaseerd op de emissieregistratie met zichtjaar 2022 en de KEV ramingen voor 2025-2030. Voor de prognoses is er in 2023 geen update geweest voor wat betreft de vlootsamenstelling. Ten opzichte van vorig jaar zijn er een aantal wijzigingen doorgevoerd. Zo zijn er emissiefactoren specifiek voor koude start en voor buitenweg stagnatie.

De emissiefactoren zijn aangepast op basis van nieuwe metingen. TNO is betrokken bij GreenNCAP, een vrijwillig emissielabel voor voertuigen dat verder gaat dan de wettelijke eisen. Op basis van GreenNCAP data zijn betere inzichten verkregen voor wat betreft de emissies van nieuwe voertuigen. Op basis van metingen met de “Snuffelbus” kan veroudering beter in kaart gebracht worden door de emissies van veel verschillende voertuigen binnen een kort tijdsbestek te analyseren. De eerste metingen doen vermoeden dat veroudering al eerder optreedt dan gedacht. Verder onderzoek is nodig om de bevindingen te toetsen. Op basis van wegkantmetingen wordt voor toekomstige jaren veroudering ook toegepast voor zware voertuigen. Ten slotte zijn SRM-emissiefactoren berekend voor CO₂ op basis van real-world verbruiksdata.

Koude start emissies worden sinds dit jaar apart berekend. Dankzij toenemende verschoning van de emissies van voertuigen met een warme motor verschuift de focus steeds meer naar de koude start. Koude start emissies (die optreden in de eerste tientallen seconden na het starten van de koude motor) zijn vele malen hoger dan emissies van een warme motor omdat emissiereductiesystemen dan nog niet optimaal functioneren. Anders dan emissies met warme motor vinden koude start emissies niet plaats verspreid over het wegennet maar geconcentreerd op parkeerplaatsen in stedelijke gebieden. Uitsplitsing van koude start emissies zorgt dus voor een betere ruimtelijke spreiding van de emissies. Daarbij kan veroudering (en daarmee samenhangende verhoging van emissies met de leeftijd van het voertuig) beter berekend worden. Veroudering heeft namelijk beperkt effect op de emissies ten gevolge van een koude start.

Naast de generieke emissiefactoren worden ook een aantal sets met schalingsfactoren opgeleverd. Deze schalingsfactoren kunnen toegepast worden om de emissies in te schatten in gebieden waar een milieu- of Zero Emissiezone wordt toegepast. Door concessies bestaan er grote verschillen in de mate van verschoning tussen verschillende lijnbusparken. Met de geleverde emissiefactoren kunnen vlootspecifieke emissiefactoren berekend worden, afhankelijk van de mate van elektrificatie in de beschouwde lijnbusvloot.

Er is de laatste jaren meer aandacht gekomen voor de emissies op buitenwegen. Om beter inzicht te geven in de emissies op buitenwegen in verschillende verkeerssituaties zijn emissiefactoren voor stagnatie op de buitenweg berekend. Deze emissiefactoren houden rekening met de specifieke vlootsamenstelling en verkeerssituaties (gelijkvloerse kruisingen, rotondes) op buitenwegen.

Bovendien is onderzoek gedaan naar de variatie van emissies op buitenwegen ten gevolge van verschillende snelheidslimieten. Met name voor zware voertuigen kunnen de gemiddelde emissies sterk verschillen, afhankelijk van de maximale snelheid.

Komend jaar wordt de koude start voor het eerst expliciet berekend in de ramingen van de KEV. Verwacht wordt dat dit een beter beeld geeft van het aantal koude starten, de hiermee samenhangende emissies en de veroudering van de emissies met warme motor voor toekomstige jaren. Ten tweede wordt een verdere detaillering van de wetgeving omtrent Euro-7 verwacht, op basis waarvan het effect hiervan op de emissiefactoren kan worden berekend. Ten slotte is er steeds meer interesse voor Zeer Zorgwekkende Stoffen (ZZS) en zeer kleine deeltjes (UFP) en wordt gekeken hoe dit in de emissiefactoren meegenomen kan worden.

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
Inhoudsopgave	5
1 Inleiding	6
1.1 Achtergrond	6
1.2 Herkomst factoren	7
1.3 Samenstelling emissiefactoren	7
1.4 Leeswijzer	9
2 Nieuwe metingen	10
2.1 GreenNCAP voor nieuwe voertuigen	10
2.2 Snuffelbus voor verouderingseffecten	10
2.3 Veroudering zware voertuigen	11
2.4 Travelcard rapport voor CO ₂	11
3 Koude start emissies apart	13
3.1 Scheiden van koude en warme emissies	13
3.2 Historische reeks koude start emissies	13
3.3 Prognose koude start emissies	13
3.4 Verouderingseffecten toekomstige jaren exclusief koude start	14
3.5 Locaties van koude start emissies	14
4 Schalingsfactoren	15
4.1 Milieuzones	15
4.2 ZES zones	15
4.3 Euro-VI en ZE bussen	16
5 Buitenweg	18
5.1 Emissiefactoren voor file op de buitenweg	18
5.2 Verkenning onderscheid naar snelheidslimieten buitenweg	19
6 Doorkijk en aandachtspunten	21
Ondertekening	22

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

TNO en het PBL stellen jaarlijks een set generieke emissiefactoren voor het wegverkeer in Nederland vast. Deze emissiefactoren geven de gemiddelde uitstoot van een aantal milieuverontreinigende stoffen per afgelegde voertuigkilometer voor een gemiddelde verkeersstroom. De set bevat emissiefactoren voor het heden en voor een aantal toekomstige jaren. Met behulp van de emissiefactoren kan de bijdrage worden berekend van het wegverkeer aan lokale concentraties van luchtverontreinigende stoffen nabij verkeerswegen. Ook kan met de emissiefactoren de lokale bijdrage van wegverkeer aan de depositie van stikstof worden berekend, zoals dat onder andere wordt gedaan met het rekeninstrument AERIUS. Conform artikel 66 van de Regeling beoordeling luchtkwaliteit 2007 (Rbl) publiceert de Minister van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) jaarlijks vóór 15 maart de emissiefactoren voor het laatst berekende jaar uit emissieregistratie en prognoses (die nu lopen tot en met het jaar 2030). Met de Omgevingsregeling vanaf 1 januari 2024 is er enige onduidelijkheid ontstaan hierover, maar TNO gaat uit van de gebruikelijke afspraken, in afwachting van aanpassingen in de wetgeving. De voorliggende rapportage beschrijft de emissiefactoren die door het Ministerie van IenW beschikbaar zijn gesteld¹. Aanvullend daarop worden ook de emissiefactoren voor de periode na 2030 (t/m 2040) beschreven. Ook worden de emissiefactoren van NH₃ die buiten de reikwijdte van de regeling vallen maar wel relevant zijn voor stikstofdepositieberekeningen toegelicht, evenals SRM-emissiefactoren voor broeikasgassen CO₂, N₂O en CH₄.²

In de omgevingsregeling³ worden twee standaardrekenmethoden (SRM) voorgeschreven voor de berekening van concentraties van luchtverontreinigende stoffen nabij verkeerswegen: SRM1 (voor wegen in stedelijke omgeving) en SRM2 (voor buitenstedelijke wegen). Als implementatie van SRM1 en SRM2 zijn modellen ontwikkeld die de effecten berekenen van de emissies van wegverkeer op de lokale luchtkwaliteit. Deze modellen maken gebruik van de emissiefactoren van TNO en PBL. In lijn daarmee publiceren TNO en PBL twee sets emissiefactoren: één voor stads- en buitenwegen (niet-snelwegen) en één voor snelwegen. Deze emissiefactoren worden in het vervolg van dit rapport aangeduid als de SRM-emissiefactoren.

Naast deze jaarlijks terugkerende set SRM-emissiefactoren voor de monitoring van het luchtkwaliteit beleid en vergunningverlening voor depositie hebben TNO en PBL in 2024 een aantal andere opleveringen gedaan van getallen die samenhangen met de SRM-emissiefactoren. Deze dataleveringen worden ook toegelicht in de voorliggende rapportage.

¹ Onder voorbehoud van vaststelling zijn de emissiefactoren beschikbaar gesteld:

<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/publicaties/2023/03/15/emissiefactoren-voor-snelwegen-en-niet-snelwegen-2023>

² Zoals beschikbaar gesteld door TNO: <https://www.tno.nl/nl/duurzaam/duurzaam-verkeer-vervoer/emissiefactoren-luchtkwaliteit-stikstof/>

³ BWBR0045528, artikel 8.9-8.12

1.2 Herkomst factoren

De geleverde emissiefactoren betreffen de status quo wat betreft de kennis van de huidige vloot (vastgesteld in de Emissieregistratie), de ontwikkeling van de voertuigvloot (vastgesteld in de KEV⁴) en de emissiefactoren per voertuigtype (op basis van metingen van TNO). Een verdere toelichting van de drie bronnen en het samenspel tussen deze bronnen is te vinden in de vorige versie van dit rapport⁵.

1.3 Samenstelling emissiefactoren

In dit rapport komen de volgende datasets aan bod:

1. SRM-emissiefactoren voor het historische jaar 2022, gebaseerd op data van het CBS over het daadwerkelijk gereden aantal kilometers (bottom-up berekend) in Nederland per voertuigcategorie en de detailemissiefactoren van TNO.
2. SRM-emissiefactoren voor de prognosejaren 2025, 2030, 2035 en 2040 gebaseerd op ramingen van de toekomstige vlootsamenstelling van het wegverkeer. Deze zijn door het PBL in het kader van de jaarlijkse Klimaat- en Energieverkenning (KEV) gemaakt. Hierin zijn de effecten van het huidige vastgestelde beleid verwerkt. De ramingen zijn gecombineerd met detailemissiefactoren van TNO.
3. Schalingsfactoren voor milieuzones en (vanaf 2025) ZES⁶-zones in binnensteden voor de jaren 2022, 2025, 2030, 2035 en 2040. Hiermee kan de invloed op de luchtkwaliteit worden berekend van het wegverkeer in milieuzones.
4. Detailemissiefactoren voor stikstof (ammoniak en stikstofoxiden). De jaarlijkse SRM-set bevat prognoses voor vier voertuigcategorieën. Voor berekeningen kan er ook voor worden gekozen om op basis van meer gedetailleerde emissiefactoren te rekenen, bijvoorbeeld als bekend is welke type voertuig wordt ingezet voor de activiteit (bijvoorbeeld vrachtauto – diesel - zwaar – Euro VI). Daarom is ook een set met detailemissiefactoren opgeleverd als input voor AERIUS Calculator.
5. Van oudsher hebben bussen (lijnbusen, exclusief touringcars), vanwege hun stedelijke inzet, aandacht gehad voor milieueisen en was er een wijde range aan opties qua technologie, waaronder busen op aardgas en LPG, en EEV⁷ busen met een extra roetfilter geïnstalleerd. Maar sinds de introductie van Euro-VI in 2014 zijn alle busen, vanwege de wettelijke eisen vergelijkbaar schoon, omdat in 2022 de laatste oude busen uit het normale busenpark zijn verdwenen. De enige verschoningsoptie op voertuigniveau die overblijft is in inzet van zero-emissiebusen, met alleen slijtageemissies (PM₁₀ en PM_{2.5}). Deze optie wordt vanaf zichtjaar 2023 beschikbaar gesteld voor doorrekening van stedelijke luchtkwaliteit, als alternatief van vastgesteld beleid dat nog uitgaat van (gedeeltelijke) inzet van Euro-VI busen.

Tabel 1.1 geeft een overzicht van de sets emissiefactoren die in 2024 zijn opgeleverd. De emissiefactoren voor milieuzones zijn een afgeleide van de reguliere SRM-emissiefactoren en sluiten daar qua indeling bij aan. Die zijn daarom niet apart in de tabel opgenomen. In geel is gemarkeerd waar de huidige sets verschillen van de vorig jaar opgeleverde sets.

⁴ Klimaat en Energieverkenning

⁵

Eijk, E. v., Ligertink, N. E., Geilenkirchen, G., Ruiter, J. M., & Hoën, M. ' (2023). Emissiefactoren wegverkeer 2023. Den Haag: TNO.

⁶ Zero Emissie Stadslogistiek, zie ook www.opwegnaarzes.nl en hoofdstuk 4.2

⁷ Enhance Environmentally friendly Vehicle, emissieklasse voor zware dieselmotoren in zware voertuigen, tussen Euro V en Euro VI

Tabel 1.1: Overzicht emissiefactorensets

	SRM-emissiefactoren	Detail emissiefactoren voor toepassing in AERIUS	Bottom-up factoren
Jaren	2022*, 2025, 2030, 2035, 2040	2022*, 2025, 2030, 2035, 2040	2018, 2019, 2020, 2021, 2022
Voertuigcategorieën	Licht wegverkeer [<3.5 ton] Bussen Middelzwaar wegverkeer [3.5-20 ton] Zwaar wegverkeer [>20 ton]	VERSIT+ klassen [§]	VERSIT+ klassen
Milieuverontreinigende stoffen en broeikasgassen	NO _x , NO ₂ , VOS, PM _{2.5} , PM ₁₀ , CO, EC, NH ₃ , CO ₂ , N ₂ O, CH ₄	NO _x , NO ₂ , NH ₃	NO _x , VOS, PM _{2.5} , CO, EC, NH ₃ , N ₂ O, CO ₂
Wegcategorieën	Stad (stagnerend, normaal, doorstromend) Buitenweg, buitenweg file Snelweg (file, 80 (MSH/ZSH**), 100 (MSH/ZSH**), 120, 130 km/h) Koude start	Stad (stagnerend, normaal, doorstromend) Buitenweg, buitenweg file Snelweg (file, 80 (MSH/ZSH**), 100 (MSH/ZSH**), 120, 130 km/h) Koude start	Stad gemiddeld Buitenweg gemiddeld Snelweg gemiddeld Koude start
Bron wagenparkprognoses	KEV, ER/CBS*	KEV, ER/CBS*	ER/CBS

*2022 is op basis van emissieregistratie (ER), overige jaren op basis van KEV prognoses

** Met/Zonder Strenge Handhaving (van de snelheidslimiet)

Hieronder wordt een korte toelichting gegeven op de punten waar de emissiefactoren verschillen van de levering van vorig jaar. Een verdere toelichting op de tabel is te vinden in eerdere versie van dit rapport.

Jaren

TNO en PBL berekenen emissiefactoren op basis van steekjaren waarvoor vlootsamenstelling beschikbaar is uit de Emissieregistratie en de KEV. Deze jaren staan genoemd in Tabel 1.1. Emissiefactoren voor tussenliggende jaren zijn bepaald op basis van lineaire interpolatie door het RIVM. Vorig jaar werd geïnterpoleerd vanaf 2019, dit jaar is 2022 het laatst beschikbare jaar uit emissieregistratie.

Stoffen

De set van dit jaar bevat naast milieuverontreinigende stoffen ook de gemiddelde uitstoot van de broeikasgassen koolstofdioxide (CO₂), Distikstofmonoxide of lachgas (N₂O) en methaan (CH₄).

Wegcategorieën

Sinds dit jaar wordt in de emissiefactoren onderscheid gemaakt tussen de emissies op basis van koude start en emissies ten gevolge van rijden met een warme motor. De koude start emissies zijn in g/start waar de overige emissies in g/km zijn. Zie ook hoofdstuk 3. Buitenweg file is opgenomen als nieuwe emissiefactor. Een verdere toelichting is te vinden in 5.1.

[§] Voertuig categorieën, gebruikt om wegvoertuigen in te delen naar emissieprestaties

1.4 Leeswijzer

Dit rapport beschrijft de belangrijkste wijzigingen in de generieke emissiefactoren en daaraan ten grondslag liggende vlootramingen en detailemissiefactoren ten opzichte van de leveringen van 2023. In hoofdstuk 2 worden de belangrijkste wijzigingen beschreven in de onderliggende detailemissiefactoren en de verschillende voertuigcategorieën die door TNO worden onderscheiden. Hoofdstuk 3 gaat verder in op de koude start emissiefactoren en hoe deze voor de toekomstige jaren zijn berekend (in de KEV wordt koude start pas komend jaar apart meegenomen). In hoofdstuk 4 wordt de oplevering van schalingsfactoren beschreven en in hoofdstuk 5 wordt verder in gegaan op nieuwe weg categorieën op de buitenweg. In hoofdstuk 6 wordt ten slotte afgesloten met conclusies en aanbevelingen voor de volgende ronde.

In 2023 is geen uitgebreide KEV uitgevoerd dus de wagenparkramingen voor toekomstige jaren zijn, voor wat betreft de input van PBL, niet gewijzigd. Voor een toelichting op de wagenparkraming voor toekomstige jaren voor doorverwezen naar het rapport van vorig jaar.

2 Nieuwe metingen

2.1 GreenNCAP voor nieuwe voertuigen

TNO is betrokken bij GreenNCAP, een vrijwillig emissielabel voor voertuigen dat verder gaat dan de wettelijke eisen. Zowel niet-gereguleerde emissies, zoals NH₃ en N₂O worden daarin meegenomen, als andere, meer extreme rij- en gebruiksomstandigheden. De betrokkenheid bij GreenNCAP geeft TNO additionele informatie voor emissiefactoren, koude start emissies, en verschillen tussen wettelijke eisen en de praktijk, en dat vooral voor nieuwe voertuigen die nu op de markt komen. Hierover zijn aparte rapporten beschikbaar.^{9,10} Emissiefactoren voor NH₃ van benzineauto's en N₂O voor lichte voertuigen zijn hier deels op gebaseerd.

2.2 Snuffelbus voor verouderingseffecten

Veel van de emissiemetingen in het kader van emissiewetgeving betreffen nieuwe voertuigen als deze voor het eerst op de weg komen, om de effectiviteit van nieuwe wetgeving te beoordelen.^{11,12,13,14} De grote effecten van veroudering kwamen in beeld rond 2013, bij de (nieuw) zeer schone benzineauto's vanaf 2000. In meetprogramma's zijn toenames in emissies ten gevolge van veroudering geobserveerd, deze emissies konden tot twintig keer hoger dan een nieuw goed onderhouden voertuig zijn. Nog steeds is het beeld niet compleet, omdat defecten met grote negatieve effecten incidenteel voorkomen. Waarschijnlijk moeten honderden tot duizenden voertuigen getest worden om een betrouwbaar en nauwkeurig beeld te vormen van voertuigen die over hun levensduur toenames in emissies. Of schone lichte dieselveertuigen, vanaf 2019, dezelfde trend hebben zal pas binnen een paar jaar vast te stellen zijn.

TNO heeft een nieuwe meettechniek ontwikkeld, namelijk de snuffelbus, om op de weg een goed beeld te krijgen van de emissieprestaties van oudere voertuigen. Er zijn tot dusverre enkele honderden voertuigen bemonsterd, waaruit het huidige beeld voor oudere benzinevoertuigen bevestigd wordt. De indruk bestaat dat defecten met emissieverhogingen al eerder bij meer voertuigen voorkomen, dan nu bij de grens van 100.000 kilometer. Er is verder onderzoek nodig om deze eerste indruk te bevestigen en eventueel de emissiefactoren hierop aan te passen.

⁹ Analysis of the emission performance of the vehicles tested for the Green Vehicle Index (GVI) project, TNO rapport TNO 2022 R10798

¹⁰ Analysis of the emission performance of vehicles tested within the Green NCAP programme, TNO rapport TNO 2024 R10627

¹¹ On road emissions of 38 petrol vehicles with high mileages, TNO rapport TNO 2020 R11883

¹² Emission compliance over the lifespan of a vehicle, Conference paper 2019

¹³ Emissions of twelve petrol vehicles with high mileages, TNO rapport TNO 2018 R11114

¹⁴ In-use compliance and deterioration of vehicle emissions, TNO rapport TNO 2015 R11043

2.3 Veroudering zware voertuigen

De verouderingseffecten van zware voertuigen zijn voor het eerst goed in beeld gekomen met de remote sensing studie in Vlaanderen, waarbij voor het eerst wegkantmetingen aan vrachtwagens werden gedaan op de snelweg.¹⁵ Vanuit monitoringsdata¹⁶ is het duidelijk dat alleen op de snelweg, en dan niet heuvelafwaarts of vlak daarna, vrachtwagens zonder defecten of manipulatie lage tot zeer lage emissies hebben, omdat dan de SCR (Selective Catalytic Reduction) goed warm is en optimaal functioneert. Uit de data bleek dat sommige, en vooral oudere vrachtwagens hogere emissies hebben, te wijten aan manipulatie, slecht onderhoud, of veroudering. Deze inzichten zijn in Europa verwerkt, en de verouderingsfactoren die daaruit volgen zijn door TNO overgenomen. Recent onderzoek van TNO wijst wel uit dat zware voertuigen die veel in de stad rijden met lage motorbelasting mogelijk sneller en meer verouderen. Er wordt onderzocht of deze inzichten meegenomen moeten worden in de verouderingsfactoren van zware voertuigen.

2.4 Travelcard rapport voor CO₂

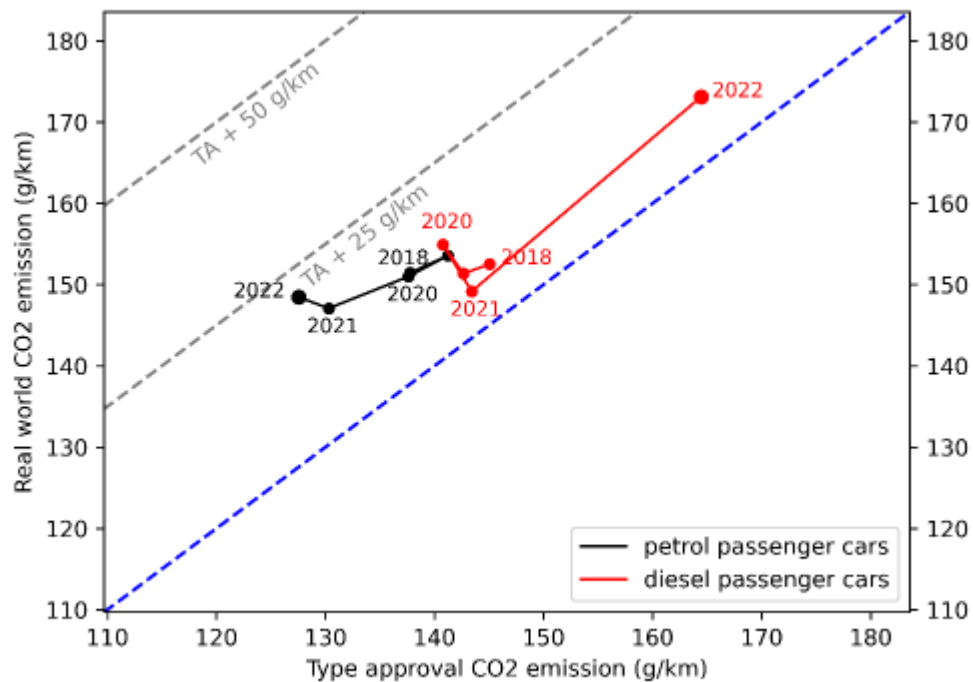
Sinds dit jaar worden met de SRM-factoren ook factoren meegeleverd voor de berekening van de uitstoot van broeikasgassen. Voor CO₂ geven de emissiefactoren de real-world CO₂ waarden weer. Met real-world waarden wordt onderscheid gemaakt tussen de typekeurwaarden en de veelal hogere praktijkemissies. TNO onderzoekt de praktijkemissies van personen- en bestelauto's al jaren op basis van tankpasdata en rapporteert deze in de zgn. travelcard rapporten. Het laatste rapport in deze serie is onlangs gepubliceerd¹⁷. Hierin is onder meer te lezen dat het praktijkverbruik voor nieuw geregistreerde personenauto's nog steeds fors hoger is dat het opgegeven typekeur (WLTP)¹⁸-verbruik (zie Figuur 2.1).

¹⁵ Analysis of the 2019 Flemish remote sensing campaign, Vlaams Planbureau voor Omgeving, 2020.

¹⁶ Dutch In-service Emissions Measurement and Monitoring programme for Heavy-Duty vehicles 2021, TNO rapport TNO 2022 R10375

¹⁷ Steinmetz, M., Eijk, E. v., & Ligterink, N. (2024). Real-world fuel consumption and electricity consumption of passenger cars and light commercial vehicles - 2023. Den Haag: TNO.

¹⁸ Worldwide Harmonised Light Vehicle Test Procedure: Richtlijn voor het meten van de uitlaatgasemissies van lichte voertuigen.



Figuur 2.1: Gemiddeld verschil tussen praktijk- en typekeur CO₂ emissies naar registratiejaar voor benzine- en diesel personenauto's. Bron: TNO

In de emissieregistratie wordt de CO₂-uitstoot van voertuigen bottom-up berekend. Elk voertuig krijgt een specifieke emissiefactor afhankelijk van de brandstof, de massa, het motorvermogen en het bouwjaar van het voertuig. Voor lichte voertuigen (personenauto's en bestelauto's) wordt hiervoor het M1 model¹⁹ gebruikt, wat gekalibreerd wordt op basis van de resultaten van de travelcard analyses. Voor zware voertuigen wordt de CO₂-uitstoot ingeschat op basis van het vermogen en de massa, gecorrigeerd voor toenemende motorefficiëntie op basis van het bouwjaar²⁰. De SRM CO₂-factoren zijn vervolgens berekend op basis van de bottom-up berekende CO₂-emissiefactoren.

¹⁹ Ruiter, J. d., Gijlswijk, R. v., & Ligterink, N., (2021) *Model M1: estimation of the real-world CO₂ emissions of passenger cars based on vehicle properties*. MILE21.

²⁰ Ligterink, N., Zyl, S. v., & Heijne, V. (2016). *Dutch CO₂ emission factors for road vehicles*. TNO-rapport TNO 2016 R10449. Utrecht: TNO.

3 Koude start emissies apart

Sinds 2023 worden de emissies ten gevolge van koude start (start met een koude motor) expliciet berekend in emissieregistratie. In de SRM emissiefactoren zijn ze toen nog teruggelegd naar de gemiddelde emissiefactoren voor stad en buitenweg. Met ingang van dit jaar worden de koude start emissiefactoren ook apart gerapporteerd. Waar dit voor historische jaren een rekenstap scheelt, is voor toekomstige jaren tijdelijk een rekenstap toegevoegd omdat koude start emissies nog niet expliciet in de KEV raming worden meegenomen. In de KEV 2024 wordt dit onderscheid wel gemaakt waardoor deze tussenstap in de berekening van de emissiefactoren voor 2025 niet meer nodig is.

3.1 Scheiden van koude en warme emissies

De duur van de koude start emissies bij benzineauto's is zeer kort. Bij lichte dieselvoertuigen duren de koude start emissies langer, maar met strengere emissiewetgeving is bij moderne dieselvoertuigen de duur een stuk afgenomen, typisch minder dan een minuut, met de piek in emissies in de eerste twintig seconden. Voor zware voertuigen kunnen de koude start emissies langer duren, tot vijf minuten, maar de nieuwe wetgeving, Euro-VI Step E zal mogelijk ook de zwaarte en duur van de koude start emissies verminderen, omdat dat deel is geworden van de eisen van de wegtest.

De oorzaak van de hoogste emissies bij de koude start is het brede gebruik van katalysatoren als emissiereductie technologie. Deze technologie is zeer effectief, en reduceert typisch 99% van de schadelijke emissies, mits de katalysator warm is.

3.2 Historische reeks koude start emissies

Koude start emissies worden in emissieregistratie als aparte emissie-oorzaak berekend. De emissiefactoren ten gevolge van koude start kunnen dus eenvoudigweg berekend worden door per voertuigcategorie de totale emissies ten gevolge van koude start te delen door het aantal koude starten.

3.3 Prognose koude start emissies

Voor toekomstige jaren is het aantal koude starten nog niet geraamd in de KEV. Voor toekomstige jaren is daarom het aantal koude starten ingeschat op basis van de gereden kilometers. Dit is gedaan door per voertuigcategorie het aantal koude starten per kilometer te berekenen uit het laatst beschikbare bottom-up jaar (2022). Vervolgens zijn de koude starten berekend door de gereden kilometers uit de KEV te delen door de koude starten per kilometer.

In formule:

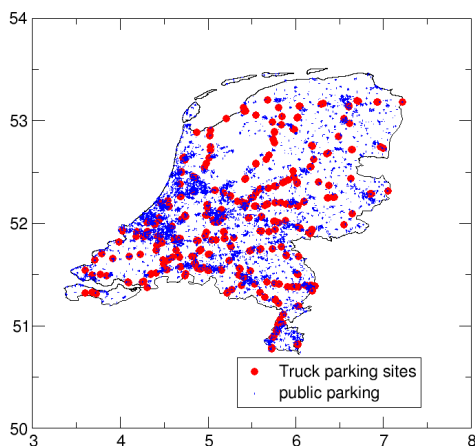
$$\text{Aantal koude starten (voertuigcategorie, zichtjaar)} = \text{mkm (voertuigcategorie, zichtjaar)} * \text{koude starten (voertuigcategorie, basisjaar)} / \text{mkm (voertuigcategorie, basisjaar)}$$

3.4 Verouderingseffecten toekomstige jaren exclusief koude start

Door veroudering nemen voor sommige voertuig-categorieën de gemiddelde emissiefactoren toe met de gereden kilometers. Om hiervoor te corrigeren zijn de gebruikte emissiefactoren in de ER en KEV afhankelijk van de (geschatte) km-stand van een voertuig. In de vorige versie van dit rapport is al beschreven dat in de KEV de verouderingsfactoren zijn toegepast op de totale emissiefactor (dus inclusief koude start). Dit levert een overschatting op omdat de emissies ten gevolge van koude start in principe niet toenemen door veroudering. Voor de huidige set emissiefactoren zijn de verouderingsfactoren voor toekomstige jaren alleen toegepast op de emissiefactoren voor rijden met warme motor. Dit leidt, met name voor lichte voertuigen, tot een daling van de emissiefactoren voor toekomstige jaren.

3.5 Locaties van koude start emissies

Koude starten vinden plaats op parkeerplaatsen, veelal bij woningen en bedrijven, maar ook andere parkeerterreinen. Met behulp van open street data zijn alle parkeerterreinen met meer dan 200 plaatsen, en daarmee minder waarschijnlijk gekoppeld aan woningen, in kaart gebracht. Voor vrachtwagens zijn er aanvullend aparte parkeerterreinen, voor de rusttijden en overnachting, vooral langs snelwegen. Ook deze zijn in kaart gebracht.



Figuur 3.1: Een overzicht van de verdeling van openbare parkeerplaatsen voor personenauto's en vrachtwagens in Nederland.

Op basis van het aantal voertuigen en de totale aantallen koude starts zijn de koude start emissies verdeeld tussen de woningen, bedrijven (arbeidsplaatsen en logistieke bedrijven voor zware voertuigen) en de openbare parkeerplaatsen. Daarbij is uitgegaan van gemiddeld twee koude starts per openbare parkeerplek, zodat het totaal goed uitkomt. Voor vrachtwagens zijn daardoor 60% van de koude starts bij bedrijven, en 40% op openbare parkeerplaatsen. Voor lichte voertuigen is de verdeling 50% bij woningen, 25% bij bedrijven, en 25% op openbare parkeerplaatsen.

4 Schalingsfactoren

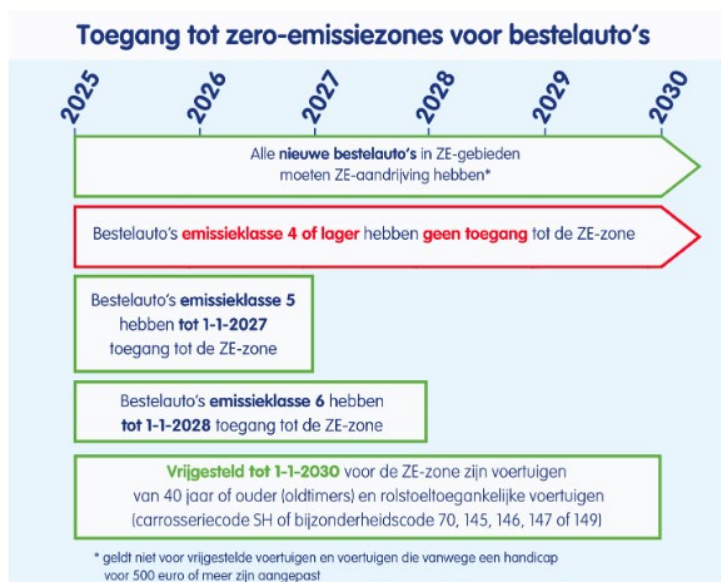
4.1 Milieuzones

Het grootste probleem bij het vaststellen van de effecten van milieuzones is altijd geweest dat de prognoses van wagenparken in de KEV alleen gemaakt worden voor elke vijf jaar, 2025, 2030, 2035, etc. Tusseliggende wijzigingen zijn daardoor niet goed uit te rekenen. Ook is natuurlijk de vraag of effecten al dan niet vooruitlopen op de invoering. Omdat in 2025 de steden overgaan van milieuzones (alleen voor vrachtwagens), naar ZES voor vrachtwagens en bestelwagens, is het daarom moeilijk het effect te bepalen voor 2024. Daarom wordt voor de periode 2022 tot eind 2024 geïnterpoleerd op basis van 2022 (Emissieregistratie, CBS) en 2025 (KEV 2022).

De methodiek van de schalingsfactoren, zoals deze al jaren wordt toegepast, gegeven de wagenparksamenstelling op de weg vanuit ER en KEV staat beschreven in een apart rapport.²¹

4.2 ZES zones

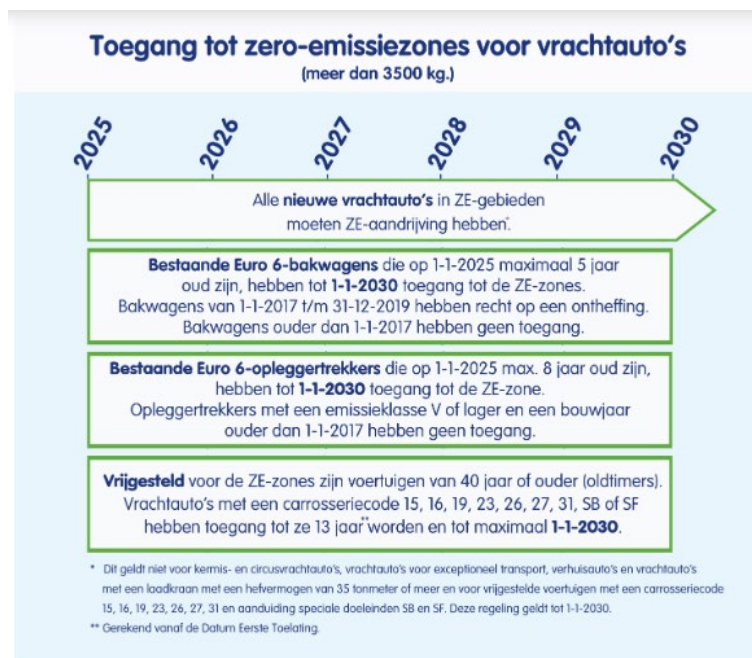
Voor de berekening van de ZES zijn de wagenparken uit de KEV2022 voor 2025 en 2030 maatgevend. Daarin is er nog maar een beperkt aandeel elektrische voertuigen, en zullen er in de ZES zones een mengeling van ontheffingen (voertuigen met brandstofmotor) en ZE voertuigen zijn.



Figuur 4.1: De regeling voor bestelauto's zoals uitgeschreven op www.opwegnaarzes.nl. (op 3 mei 2024)

²¹ Berekening van effecten van milieuzones en zero-emissie zones, TNO rapport 2024 R10690.

Met de ingangsdatum van 1-1-2025 zijn de eisen aan bestelwagens nog beperkt, omdat bestelauto's van 15 jaar en jonger de ZES nog in mogen, gezien het wagenpark op de weg, met een typische leeftijd tot 20 jaar. Vanaf 2028 en zeker 2030, worden de maatregelen snel strenger ten opzichte van de autonome veranderingen in het bestelwagenpark.



Figuur 4.2: De ZES toegangsregels voor zware voertuigen. (op 3 mei 2024)

Recent is de regeling voor bakwagens aangepast. Bakwagens met een datum eerste toelating vanaf 1 januari 2017 tot 1 januari 2020 hebben toegang tot de nul-emissiezone tot 1 januari 2028, daarmee wordt een deel van de Euro-VI bakwagens uitgesloten. Deze tussendatum is vergelijkbaar met de tussendata 2027 en 2028 in de regeling voor bestelauto's. Desondanks blijft de regeling relatief streng voor zware voertuigen.

Voor 2025 zijn de effecten beperkt van de ZES. Belangrijkste oorzaak hiervoor is een andere verhouding tussen Euro-VI en oudere voertuigen (door een groter aandeel ontheffingen) ten opzichte van de bestaande Euro-VI milieuzone. Daarnaast is de verwachting dat de aanvullende leeftijdsgrens zorgt voor minder schone Euro-VI dieselveertuigen. Grofweg 30% van de Euro-VI vrachtwagens, vanaf bouwjaar 2014, wordt uitgesloten in 2025 vanwege de leeftijdsgrens van bouwjaar van 2017 voor bakwagens en 2020 voor trekker-opleggers. Vanaf 2030 zijn de effecten van de ZES substantieel groter dan van eerdere milieuzones, door brede uitsluiting van dieselveertuigen en groei van ZE voertuigen.

4.3 Euro-VI en ZE bussen

In het verleden, bij Euro-IV en Euro-V, rond 2009, waren er veel bijzondere motortechnologieën, deels om aan vrijwillige, strengere EEV eisen te voldoen. Deze verschillende technologieën hadden allemaal hun effectiviteit, voordelen en nadelen. Effecten van hoge fracties NO₂ in uitlaatgas voor een groot deel van een lokale vloot op de lokale luchtkwaliteit waren de aanleiding om dat onderscheid in kaart te brengen, en gebruiken voor bussen.

Tegenwoordig is er nog maar één strenge norm voor uitlaatgassen van bussen, Euro-VI sinds 2014, waardoor het onderscheid in motortechnologie en brandstof niet meer relevant is. Het enige onderscheid is Euro-VI versus ZE-bussen. De verhouding in de vloot bepaalt de emissiefactoren. Er is grote ambitie om alle openbaar vervoer bussen zero emissie te maken, maar bij de KEV 2022 was dat nog niet volledig vastgelegd, zeker niet voor regionale vervoerders. Daarom zijn er verschillen tussen steden en regio's.

Op basis van de emissiefactoren voor Euro-VI en ZE bussen zijn partijen in staat zelf emissiefactoren af te leiden voor hun specifieke bussenwagenpark, zoals deze bijvoorbeeld in een concessies zijn vastgelegd.

Tabel 4.1: Emissiefactoren voor moderne bussen waarmee de specifieke bussenvloot, combinaties van Euro-VI en ZE, berekend kan worden.

Emissiefactoren component [g/km]	ZE bus	Euro-VI bus		
	alle stagnatieklassen	stagnatie	normaal	doorstromend
CO	0.00000	0.10800	0.10800	0.10800
EC	0.00000	0.00527	0.00527	0.00527
NH ₃	0.00000	0.00300	0.00300	0.00300
NO ₂	0.00000	0.33249	0.16886	0.16886
NO _x	0.00000	1.43314	0.72784	0.72784
PM uitlaat (alle)	0.00000	0.01510	0.01510	0.01510
VOS	0.00000	0.27600	0.27600	0.27600
PM ₁₀ bandenslijtage	0.02160	0.02072	0.02072	0.02072
PM ₁₀ wegslijtage	0.04796	0.04601	0.04601	0.04601
PM ₁₀ remslijtage	0.00000	0.00784	0.00784	0.00784
PM _{2.5} bandenslijtage	0.00474	0.00417	0.00417	0.00417
PM _{2.5} wegslijtage	0.00789	0.00694	0.00694	0.00694
PM _{2.5} remslijtage	0.00000	0.00384	0.00384	0.00384

Deeltjes uit de uitlaat zijn kleiner dan 0,3 micron, en vallen daarmee zowel onder PM₁₀ (kleiner dan 10 micron) en PM_{2.5} (kleiner dan 2.5 micron). Voor de bepaling van de totale PM, bijvoorbeeld PM_{2.5} is de combinatie:

$$PM_{2.5} = PM_{\text{uitlaat}} + PM_{2.5\text{weg}} + PM_{2.5\text{banden}} + PM_{2.5\text{remmen}}$$

Vergelijkbaar voor PM₁₀:

$$PM_{10} = PM_{\text{uitlaat}} + PM_{10\text{weg}} + PM_{10\text{banden}} + PM_{10\text{remmen}}$$

5 Buitenweg

Tot dit jaar werd voor buitenwegen alleen een gemiddelde emissiefactor opgeleverd. Om toch analyses te kunnen maken van verschillende verkeerssituaties (snelheidslimieten, congestie en doorstromend verkeer) op buitenwegen waren gebruikers van de emissiefactoren genoodzaakt gebruik te maken van de meest gelijkende emissiefactor die wel beschikbaar was. Zo werd bijvoorbeeld de snelweg stagnatie factor gebruikt voor stagnatie op de buitenweg. Omdat de situatie op de buitenweg (parksamenstelling en rijgedrag) significant verschilt van zowel stad als snelweg is besloten de set emissiefactoren voor de buitenweg uit te breiden. Dit jaar is buitenweg file als wegtype toegevoegd en komend jaar wordt gekeken of er ook onderscheid gemaakt kan worden naar snelheidslimieten. Voor het laatste punt is een eerste verkenning uitgevoerd die staat beschreven in 5.2.

5.1 Emissiefactoren voor file op de buitenweg

Emissiefactoren voor file op de buitenweg zijn berekend op basis van de wagenparksamenstelling (totale kilometers per voertuigsoort op de buitenweg) in combinatie met detail-emissiefactoren (in g/km) per voertuigtype. In afwachting van onderzoek naar het rijgedrag in files op buitenwegen is gekozen om voor de detail emissiefactoren gebruik te maken van factoren op basis van het rijgedrag op andere wegtypen.

De verwachting is dat het rijgedrag bij stagnatie op buitenwegen, onder invloed van de weginrichting (gelijkvloerse kruisingen, rotondes), het meeste lijkt op dat van stadswegen. Door de hogere maximumsnelheid komt de gemiddelde snelheid wel hoger uit dan voor stagnatie op stadswegen. Vandaar dat voor nu is gekozen een gemiddelde te nemen van het rijgedrag voor “stad normaal” en “stad stagnerend”. Hieraan zijn gemiddelde snelheden gelinkt van respectievelijk 12 km/h en 24 km/h, waarmee de gemiddelde snelheid voor “buitenweg stagnerend” uitkomt op 16 km/h. Buitenweg file komt qua gemiddelde snelheid dan uit tussen stad file en snelweg file (22 km/h met een range van 0 tot 50 km/h).

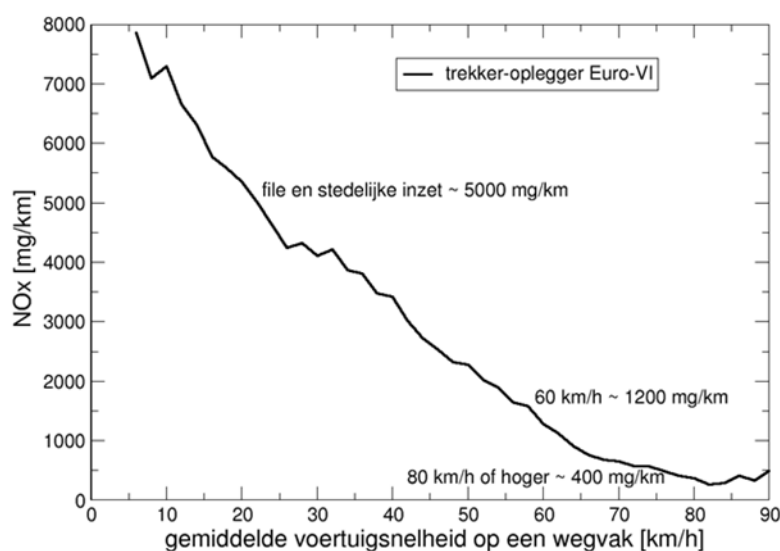
Voor nu wordt buitenweg file als volgt gedefinieerd, dit kan op basis van eerder genoemd onderzoek nog worden bijgesteld:

“Buitenweg stagnerend: Buitenwegverkeer met een grote mate van congestie, een gemiddelde snelheid tussen 0 en 35 km/h, ongeveer 6 stops per afgelegde kilometer”

Er zijn factoren die voor snelweg file hoger uitvallen dan voor buitenweg file voor specifieke componenten en voertuigsoorten. Een mogelijke oorzaak van de hogere emissies voor zwaar wegverkeer bij file op de snelweg is de wagenparksamenstelling. Op de snelweg worden mogelijk grotere en zwaardere vrachtwagens ingezet, met hogere emissies in deze omstandigheden. Hiervoor is verder onderzoek nodig.

5.2 Verkenning onderscheid naar snelheidslimieten buitenweg

In tegenstelling tot snelwegen worden voor buitenwegen geen verschillende emissiefactoren gerapporteerd afhankelijk van de snelheidslimiet. Recente studies laten zien dat vrachtwagens, zeker met beperkte belading, bij snelheden onder de 80 km/h hogere emissies hebben, die samenhangen met de afkoeling van de SCR bij motorbelastingen onder de 20%. Dit kan leiden tot er grote verschillen in NO_x emissies op de buitenweg, afhankelijk van de gemiddelde snelheid op een wegvak. Dit wordt geïllustreerd in Figuur 5.1. Voor lichte wegvoertuigen zijn de verschillen niet zo groot, omdat de emissiewetgeving van lichte voertuigen, in tegenstelling tot vrachtoertuigen, deze omstandigheden (motorbelastingen onder de 20%) niet uitsluit.^{22,23} Om deze reden is verkend of en op welke manier onderscheid gemaakt kan worden in emissiefactoren op buitenwegen. In de volgende ronde kan dit verder worden uitgewerkt. Dit geldt dus alleen voor zwaar wegverkeer, voor lichte wegvoertuigen is hier geen aanleiding toe.



Figuur 5.1: De gemiddelde emissies over een minuut, bij de gemiddelde snelheid over die minuut, voor een gangbare moderne trekker-oplegger laten zien dat de emissies meer dan een factor tien verschillen tussen lage emissies op de snelweg en hogere naarmate de gemiddelde snelheid afneemt.

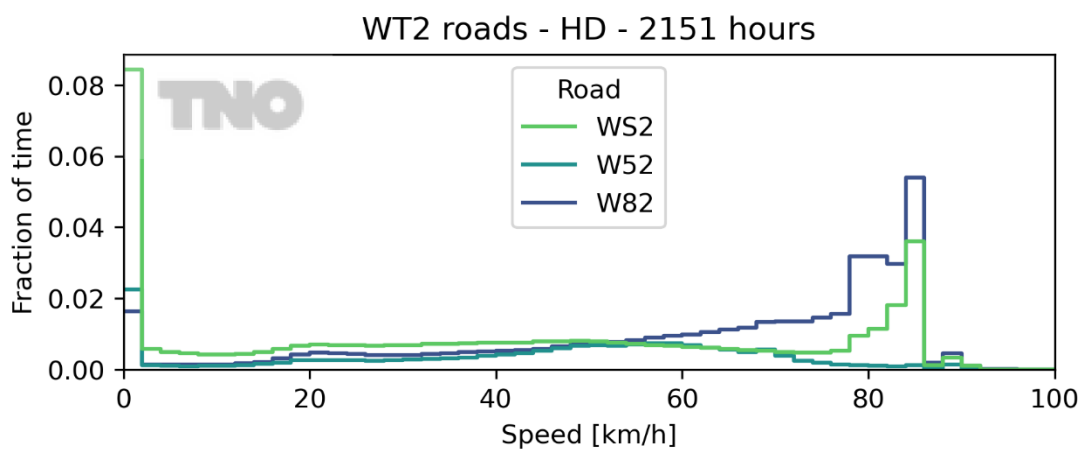
²² High NO_x emissions of heavy-duty vehicles driving in urban areas and directions for a real driving emissions test, TNO memo 2021

²³ Real-World Emissions of Euro VI Heavy-Duty Vehicles, SAE paper 2021-01-5074

Dit is verder onderzocht door middel van monitoringsdata op buitenwegen in Nederland, waar de buitenweg zowel alle N-wegen bevat, als wegen met snelheidslimiet van 60 – 100 km/h die geen A nummer hebben. Dit is wel een iets andere selectie van wegen die tot nu toe gebruikt is voor wegtype onderscheid: deze wordt op basis van snelheidslimiet gemaakt en niet op wegnummer.

Op basis van de monitoringsdata is er onderscheid gemaakt naar drie wegtypes:

- 'WS2': congestie op de buitenweg met een kilometer-gemiddelde snelheid onder de 35 km/h
- 'W52': doorstromend op buitenwegen met een snelheidslimiet onder 80 km/h
- 'W82': doorstromend op buitenwegen met een snelheidslimiet 80 km/h of hoger



Figuur 5.2: Snelheidsdistributie van 39 vrachtoertuigen op buitenwegen, met onderscheid naar de drie wegtypes: 'WS2' (congestie op de buitenweg met een kilometer-gemiddelde snelheid onder de 35 km/h), 'W52' (doorstromend op buitenwegen met een snelheidslimiet onder 80 km/h) en 'W82' (doorstromend op buitenwegen met een snelheidslimiet 80 km/h of hoger). Gezien het gebruik van een kilometer-gemiddelde voor onderscheid naar congestie en doorstromend geeft dit een bredere snelheidsdistributie per wegtype dan misschien verwacht wordt.

De snelheidsdistributies van deze wegtypes (Figuur 5.2) laten zien dat WS2 ook hoge snelheden bevat, ook al is een substantieel deel van WS2 lage snelheden. In deze situaties is het afremmen en optrekken dusdanig (langzaam) dat de gemiddelde snelheid over één km onder de 35 km/h uitkomt. Een gelijkvloerse kruising kan de gemiddelde snelheid van een vrachtoertuig significant beïnvloeden omdat het veel tijd kost om weer op snelheid te komen.

Zoals eerder genoemd zijn de emissieverschillen tussen deze wegtypes voor vrachtoertuigen dusdanig dat het valt aan te raden hiervoor schalingsfactoren ten opzichte van de huidige WT2 emissiefactoren toe te passen. Op basis van de nu beschikbare data wordt voor WS2 een factor van 1.26 ten opzichte van WT2 aangeraden, voor W52 een factor 1.14 en voor W82 een factor 0.8.

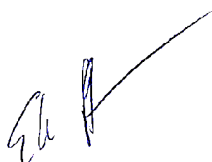
6 Doorkijk en aandachtspunten

- In navolging van emissieregistratie worden koude start emissies nu ook onderscheiden in de emissiefactoren. De KEV volgt in de loop van 2024.
- Door de splitsing van koude start emissies kan apart gekeken worden naar effecten van veroudering op warme emissies (waarbij de nabehandelingstechnologie goed werkt) en koude start emissies die naar verwachting minder veranderen over de levensduur van het voertuig.
- De set met wegtypen is uitgebreid met buitenweg file.
- Euro-7 gaat voor alle voertuigklassen tussen 2025 en 2030 in. De details van de wetgeving worden komende tijd vastgesteld en zijn bepalend voor de manier waarop deze meegenomen worden in emissiefactoren. On-board monitoring kan mogelijk helpen om beter zicht te houden op praktijkprestaties van voertuigen.
- Euro-7 bevat ook regelgeving op het gebied van slijtage aan banden en remmen. Op basis daarvan komt meer informatie beschikbaar en kunnen de emissies verbeteren na 2030.
- Zeer Zorgwekkende Stoffen (ZZS) hebben de aandacht in Nederland. Zeker in combinatie met nieuwe brandstoffen en bijproducten van katalysatoren.
- TNO is bezig met nieuwe meetprocedures voor het meten van deeltjesaantallen. Deze meetprocedures zijn consistent met buitenlucht. Dit geeft beter zicht op het verband tussen emissies van zeer kleine deeltjes (UFP²⁴) en buitenluchtconcentraties.

²⁴ UFP (Ultra Fine Particles) zijn deeltjes kleiner dan 0.1 µm

Ondertekening

TNO › Mobility & Built Environment › Den Haag, 4 juni 2024



Ellen Hofbauer
Plv. research Manager



Emiel van Eijk
Auteur

Mobility & Built Environment

Anna van Buerenplein 1
2595 DA Den Haag
www.tno.nl

TNO innovation
for life