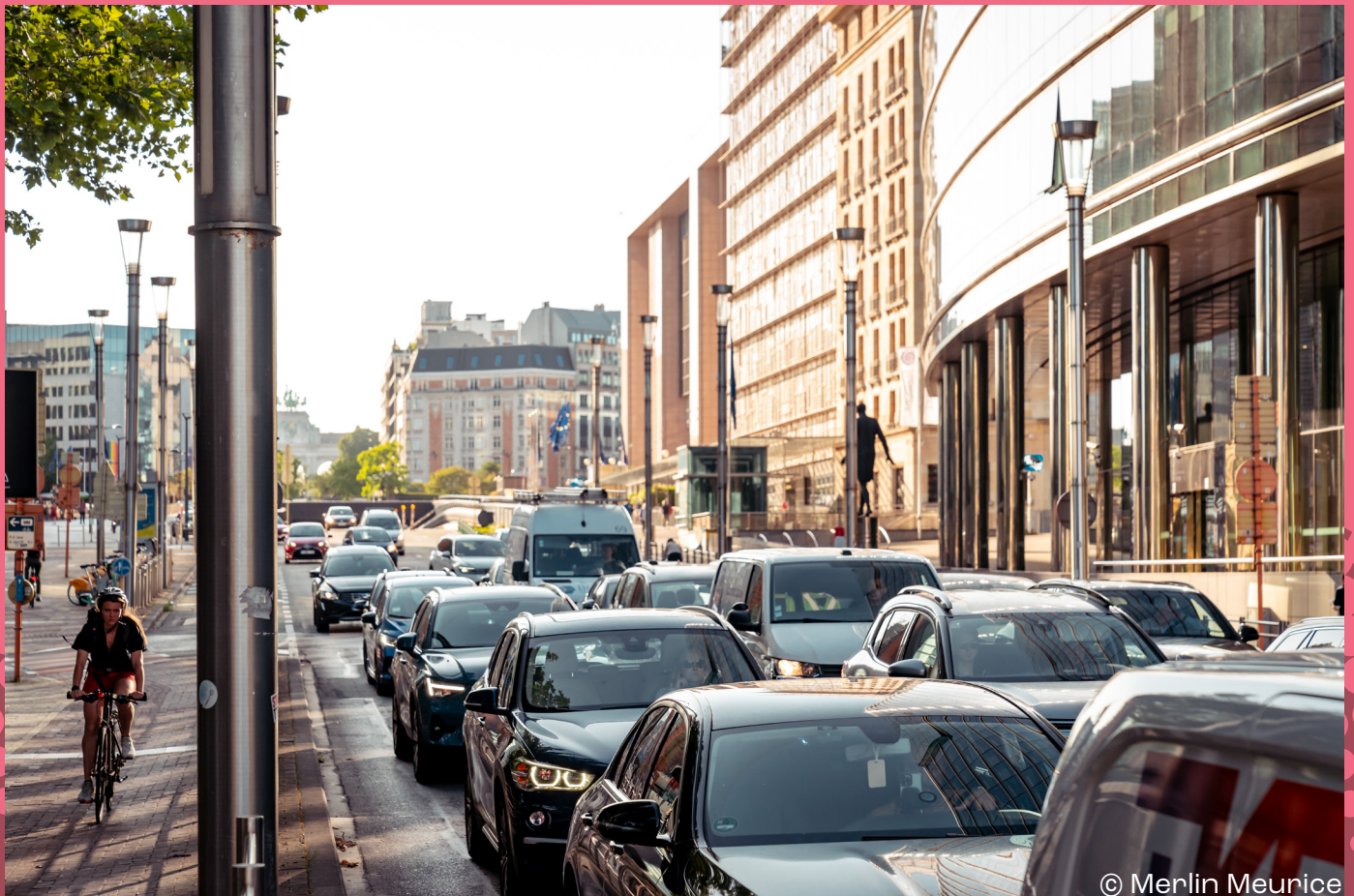


HEBBEN BATTERIJ ELEKTRISCHE VOERTUIGEN EEN LAGERE MILIEU-IMPACT DAN ANDERE TECHNOLOGIEËN ? DE MILIEUPRESTATIES VERGELEKEN MET EEN LEVENSCYCLUSANALYSE (LCA).



© Merlin Meunice

brussel
herademt
.brussels 

September 2024

Wat is de impact van batterij elektrische voertuigen (BEV) in stedelijke gebieden in vergelijking met voertuigen die op andere brandstoffen rijden? Om deze vraag te beantwoorden kan een Levenscyclusanalyse (LCA) worden gebruikt. In een studie die werd opgemaakt in het kader van de impactanalyses rond het uitfasen van de “conventionele” voertuigen op diesel en benzine in het Brussels Gewest¹, worden aan de hand van een LCA-analyse de milieu-effecten van conventionele personenwagens (benzine en diesel) vergeleken met elektrische personenwagens aangedreven met batterijen (BEV's), benzine hybrides (HEV's), benzine plug-in hybrides (PHEV's), brandstofcel elektrische (FCEV's) en aardgas ('Compressed Natural Gas' of CNG) voertuigen². Hierbij werden verschillende types van milieu-effecten geanalyseerd: de impact op klimaatverandering (CO₂-uitstoot), op luchtkwaliteit (fijn stof, dat ademhalingsproblemen en hart- en vaatziekten kan veroorzaken en gevolgen heeft voor de volksgezondheid) en menselijke toxiciteit. In de analyses werd ook het belang van de keuze voor kleine, lichte BEV's onderzocht.

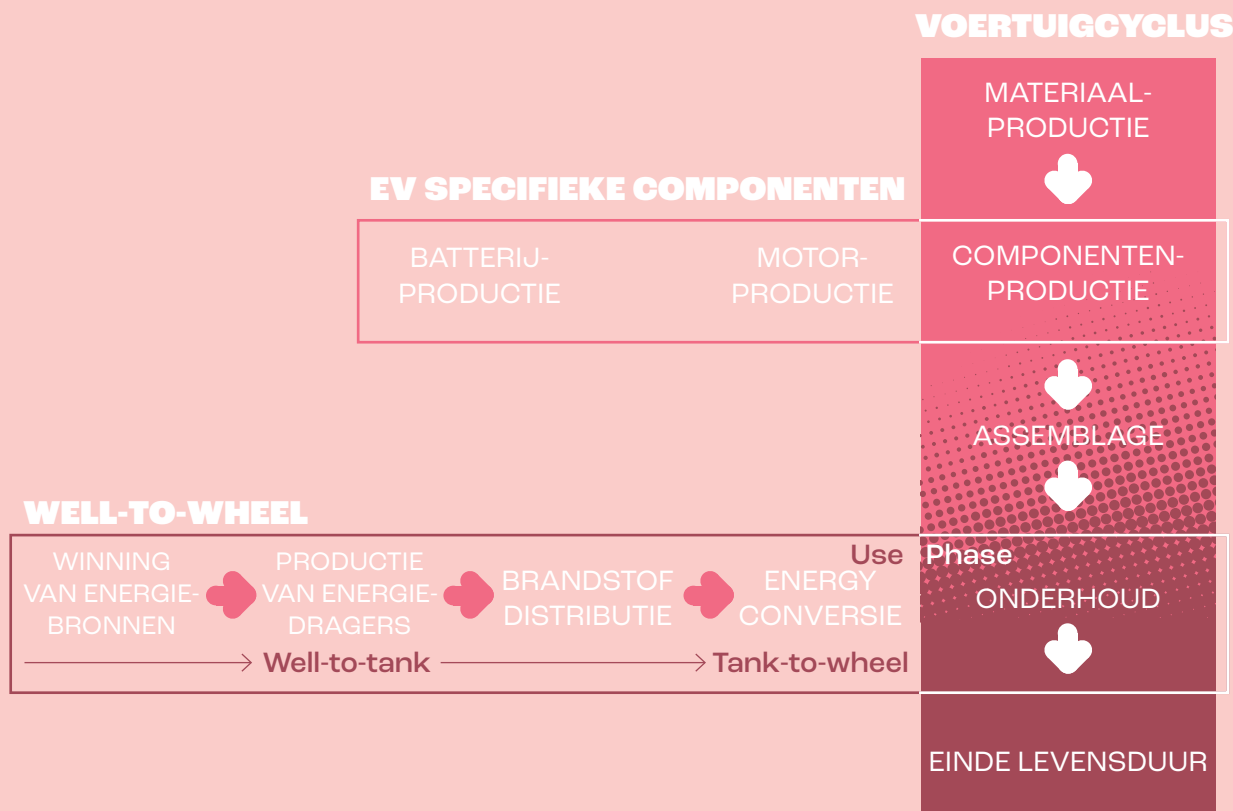
Zoals de naam aangeeft, is een Levenscyclusanalyse (LCA) een instrument om de milieuprestaties en het verbruik van grondstoffen te evalueren gedurende de hele levenscyclus. De levenscyclus is verdeeld in twee hoofdonderdelen, de Well-to-Wheel (WTW) cyclus en de voertuigcyclus:

1. Het WTW-gedeelte heeft zowel betrekking op de milieubelasting bij de productie en het transport van de energiedrager (bv. brandstof, waterstof of elektriciteit) in het Well-to-Tank gedeelte (WTT), als op de energieomzetting in de voertuigen zelf in het Tank-to-Wheel gedeelte (TTW). In het geval van conventionele voertuigen verwijst WTT naar de ontginning, de verwerking en het transport van ruwe olie of gas, terwijl dit bij BEV's duidt op de elektriciteitsopwekking uit verschillende bronnen zoals kernenergie, gas of hernieuwbare energiebronnen, alsook de distributie.
2. De voertuigcyclus omvat de productie van het gehele voertuig, het onderhoud en uiteindelijk de verwerking ervan aan het einde van de levensduur. EV-specifieke componenten, zoals de batterij en de elektrische motor(en) worden afzonderlijk van de andere voertuigonderdelen behandeld.

¹ https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/C1200_Volet_1_Partie_1_Technologie.pdf

² De studie voor de uitstap uit verbrandingsmotoren in het Brussel Gewest (2020) is gebaseerd op LCA-studies van de VUB-MOBI onderzoeksgroep. De gepresenteerde LCA-resultaten voor personenwagens houden rekening met de volgende criteria: Belgische markt van beschikbare modellen in 2018: stadswagens EURO-5 CNG, diesel of benzine (met of zonder roetfilter), en BEVs. Middelgrote wagens voor PHEVs en FCEVs. De gemiddelde levensduur van personenwagens in België van 14,1 jaar, en een gemiddeld jaarkilometrage van 14.856 km. De Belgische elektriciteitsmix in 2015, waarbij kernenergie goed was voor 30% van de productiemix, aardgascentrales 23%, wind 6%, zon 4% en steenkool 3%. Daarnaast werd 15% van de elektriciteit ingevoerd uit Frankrijk en 10% uit Nederland.

Complete levenscyclus



Figuur 1: Levenscyclus voertuigen³

Figuur 1 toont de systeemgrenzen en de belangrijkste deelprocessen binnen een LCA waarin BEV's en conventionele (diesel, benzine) voertuigen worden vergeleken. De gebruiksfase is niets anders dan het rijden en het onderhoud aan de voertuigen gedurende hun levensduur. Voertuigemissies in de gebruiksfase zijn het resultaat van zowel het verbrandingsproces in conventionele motoren (uitlaatemissies) als de slijtage van remmen, banden en het wegdek (niet-uitlaatemissies).

Een belangrijke factor in de bepaling van de energie-efficiëntie van een bepaalde voertuigtechnologie in een stedelijke context is het voertuiggewicht. Een typische stadsrit wordt immers gekenmerkt door lage snelheden met veel starten en stoppen. Vooral bij dit laatste speelt

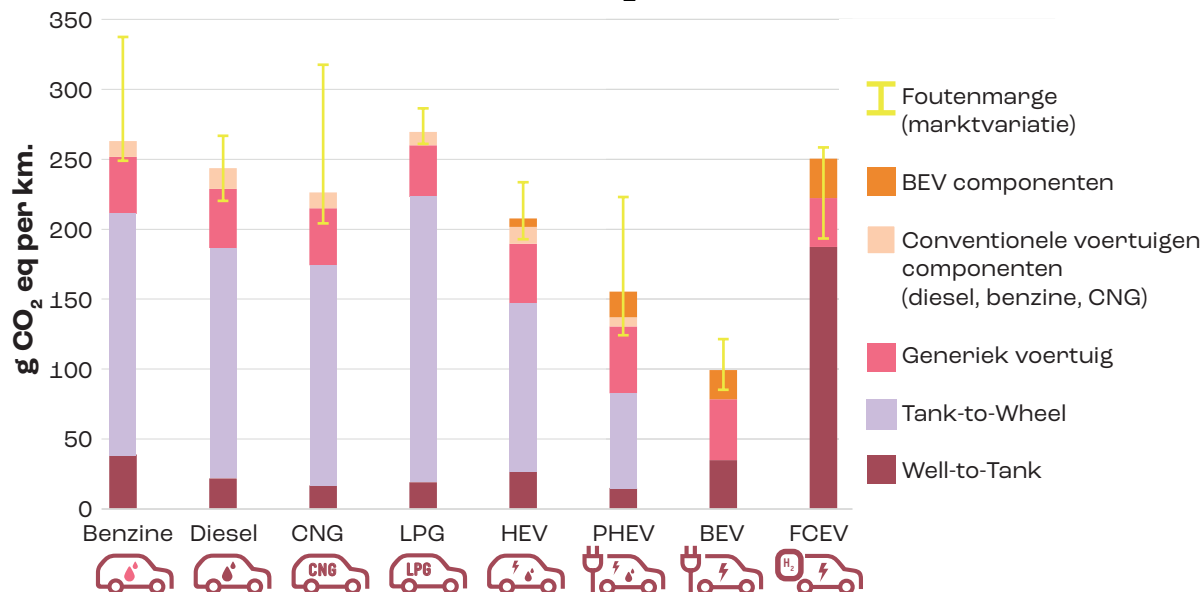
de massa van het voertuig een grote rol, gezien deze steeds weer versneld en vertraagd wordt, hetgeen meer energie vraagt dan een voertuig op constante snelheid te houden. Dit fenomeen geldt voor alle voertuigtypes en motorisaties, echter elektrische motoren hebben een intrinsiek voordeel daar ze quasi even efficiënt zijn bij kleine of grote toerentallen⁴.

Het LCA-onderzoek bepaalt de impact op verschillende aspecten die belangrijk zijn voor mens en milieu, zoals de impact op klimaatverandering of op de productie van fijn stof, die hieronder worden besproken. Voor de resultaten omtrent de impact op menselijke toxiciteit en andere analyses, verwijzen we naar de volledige studie.

³ Van Mierlo, J., Messagie, M., & Rangaraju, S. (2017). Comparative environmental assessment of alternative fueled vehicles using a life cycle assessment. In *Transportation Research Procedia* (Vol. 25, pp. 3435–3445).

⁴ Hooftman, N., Messagie, M., Joint, F., Segard, J.-B., Coosemans, T. (2018). In-Life Range Modularity for Electric Vehicles: The Environmental Impact of a Range-Extender Trailer System. In *Appl. Sci.* (Vol. 8, 1016).

Impact op klimaatverandering: CO₂-uitstoot per type voertuig

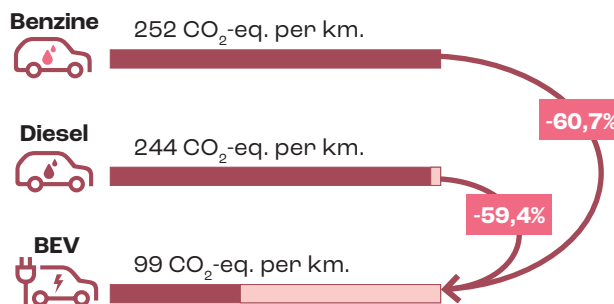


Figuur 2: De impact op klimaatverandering van verschillende voertuigtechnologieën uitgedrukt in gram CO₂-equivalent per gereden kilometer voor de Belgische elektriciteitsmix (in 2015). Voor FCEV's is de waterstof voornamelijk aangemaakt op basis van aardgas. Voor BEV's worden specifieke componenten afzonderlijk behandeld, zoals de batterij en de elektrische motor(en). De LCA-resultaten voor personenwagens houden rekening met de volgende criteria: op de Belgische markt beschikbare modellen in 2018: stadswagens EURO-5 CNG, diesel of benzine (met of zonder roetfilter), en BEV's; middelgrote personenwagens voor PHEV's en FCEV's.

Figuur 2 toont de CO₂-uitstoot van de vergeleken personenwagens uitgedrukt per gereden kilometer, verdeeld over de elementen van zowel WTW als de voertuigproductie uit de LCA.

Uit de analyse blijkt dat batterij elektrische stadswagens geladen met de Belgische elektriciteitsmix de beste score hebben: geen directe uitlaatemissies en een beperktere impact van de Well-to-Tank-uitstoot. Ter vergelijking, de totale CO₂-uitstoot voor BEV's ligt voor de volledige levenscyclus ongeveer 60% lager dan deze van een conventionele benzine of diesel personenwagen (figuur 3).

Volgens het Europese milieugebied⁵ bepaalt de frequentie van het opladen van een PHEV de potentiële CO₂-reductie ten opzichte van conventionele voertuigen. Dit wordt aangegeven door de foutenmarge van het PHEV-model in Figuur 2. Indien het model slechts 30% van de tijd elektrisch rijdt, kan de gemiddelde CO₂-uitstoot toenemen tot de gemiddelde CO₂-uitstoot van



Figuur 3: LCA totale CO₂-uitstoot

een dieselauto. Voor BEV's heeft de gebruikte energiebron voor de opwekking van de elektriciteit waarmee ze worden geladen een belangrijke invloed op hun klimaatimpact.

Debrandstofcel elektrische voertuigen (FCEV's) hebben door substantiële emissies in het Well-to-Tank-gedeelte voorlopig een vergelijkbare impact met de conventionele voertuigen, aangezien ongeveer 95% van de waterstofproductie in Europa gebeurt op basis van aardgas⁶. Bovendien draagt methaangas tot 28x meer bij tot het broeikaseffect dan CO₂⁷.

⁵ Electric vehicles in Europe (2016).

⁶ De rol van gasvormige energiedragers in een klimaatneutraal België (2020). FOD Economie, K/M/O., Middenstand en Energie.

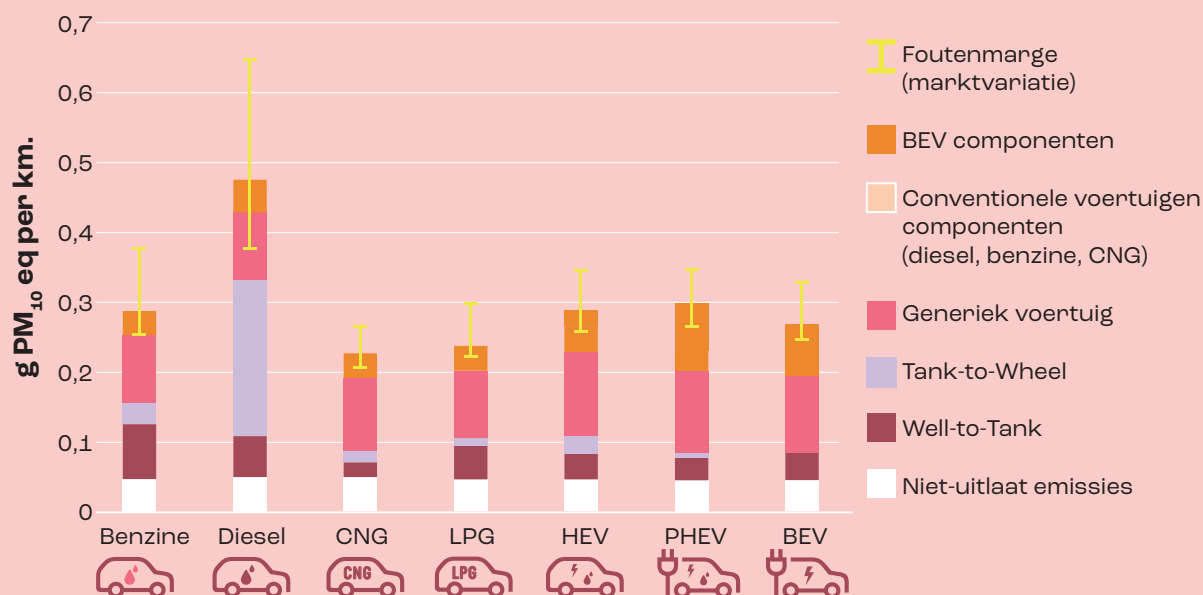
⁷ Greenhouse Gas Protocol. (2016). Global warming potential values.

In de huidige LCA-analyses voor CNG-personeelwagens zijn methaanlekages doorgaans onderschat. Deze methaanlekages treden op tijdens de aardgasproductie en tijdens het transport (onder meer via pijpleidingen).

Impact op luchtkwaliteit: vorming van fijn stof (PM₁₀) per type voertuig

Voertuigen stoten fijn stof uit bij de verbranding van brandstoffen in conventionele motoren (uitlaatemissies) of door slijtage van remmen, wegdek en banden (niet-uitlaatemissies). Het inademen van fijn stof heeft een impact op de gezondheid. Figuur 4 toont de bijdrage van de verschillende types personenwagens in de vorming van fijn stof, uitgedrukt in PM₁₀-equivalenten per km, d.w.z. deeltjes ('Particulate Matter') met een aerodynamische afmeting van 10 micrometer en kleiner. De primaire en de secundaire PM-emissies worden weergegeven. De primaire stofdeeltjes zijn de deeltjes die rechtstreeks door de voertuigen worden uitgestoten. Het secundaire fijn

stof wordt gevormd door de chemische reactie van de uitlaatgassen van het voertuig (bijvoorbeeld stikstofoxides) met andere chemische componenten die aanwezig zijn in de lucht. De PM-uitstoot is ook hier verdeeld over zowel de WTW- als de productiefasen uit de LCA. Hierbij moet in rekening worden gebracht dat de fijn stof uitstoot van de productie van de componenten voor de BEV's en de conventionele voertuigen, alsook de productie van de generieke voertuigen plaatsvindt tijdens de mijnbouw voor bijvoorbeeld ijzererts en koper. Deze mijnbouw vindt niet in België plaats en gebeurt hoofdzakelijk in dunner bevolkte gebieden.



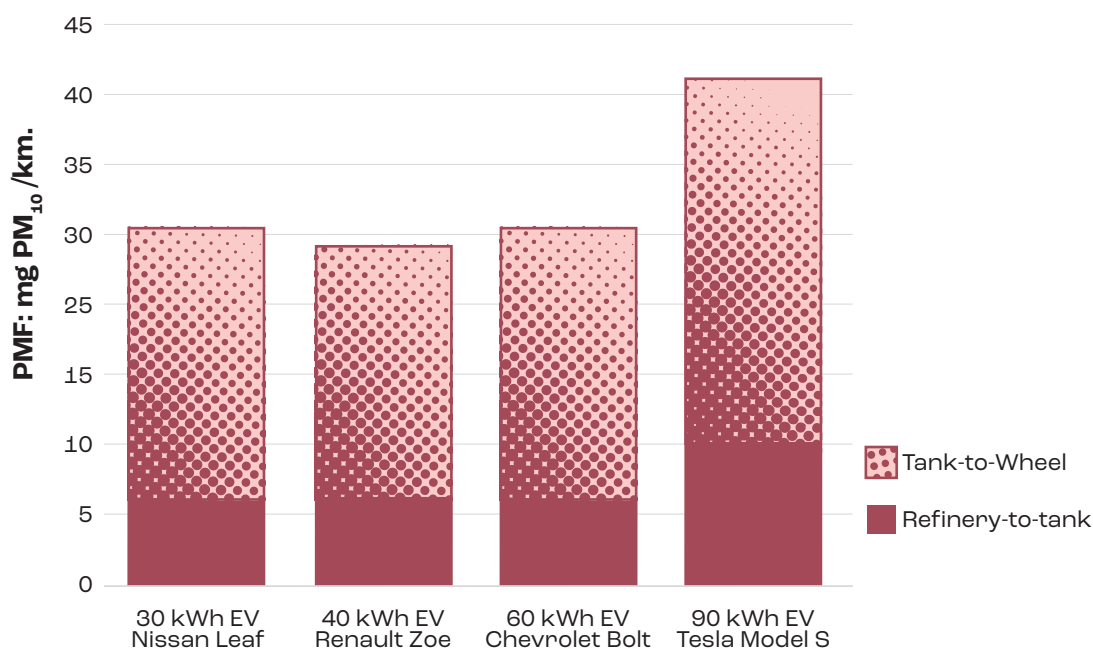
Figuur 4: Primaire en secundaire deeltjesvorming voor verschillende voertuigcategorieën. In de gebruiksfase uit de LCA zijn bijhorende voertuigemissies het resultaat van zowel het verbrandingsproces in conventionele motoren (uitlaatemissies) als van de slijtage van remmen, banden en het wegdek (niet-uitlaatemissies). De LCA-resultaten voor personenwagens houden rekening met de volgende criteria: op de Belgische markt beschikbare modellen in 2018: stadswagens EURO-5 CNG, diesel of benzine (met of zonder roetfilter), en BEV's. Middelgrote personenwagens voor PHEV's en FCEV's.

Van alle types personenwagens dragen dieselauto's het meest bij aan de uitstoot van fijn stof, vooral door een erg hoge uitstoot in de gebruiksfase (Tank-to-Wheel). Sinds de introductie van roetfilters voor dieselauto's in 2011 is de PM-uitstoot aanzienlijk verminderd. Schade aan, of het illegaal verwijderen van zo'n roetfilter kan het aantal uitgestoten fijn stof echter opnieuw doen toenemen. Nieuwere dieselveertuigen kunnen een sterkere reductie van directe PM-emissies optekenen.

CNG-voertuigen hebben de laagste uitstoot van fijn stof van alle voertuigen op brandstoffen. Het Tank-to-Wheel-gedeelte van CNG-voertuigen wordt gevormd door secundaire emissies. BEV's hebben geen uitlaatemissies, het merendeel van de PM-emissies opgenomen in de grafiek vindt niet plaats in Brussel, maar tijdens de mijnbouw nodig voor de componenten. De

enige directe emissies van een BEV in Brussel zijn afkomstig van slijtage van de banden, remmen en het wegdek. In tegenstelling tot wat verwacht kan worden door de systematisch hogere voertuigmassa omwille van het batterijpakket, hebben BEV's zelfs een iets lagere bijdrage aan niet-uitlaat fijn stof emissies. Dit omdat elektrische voertuigen veel minder mechanisch remmen dankzij de mogelijkheid tot recuperatief remmen op de (elektro) motor.

Figuur 5 toont aan dat het voor de verbetering van de lokale luchtkwaliteit belangrijk is om in te zetten op lichtere voertuigen. De uitstoot aan fijn stof neemt toe naarmate de batterijcapaciteit (en dus het gewicht) groter is. In deze figuur verwijst RTT (refinery-to-tank) naar elektriciteit die uitsluitend binnen de landsgrenzen van België is geproduceerd.



Figuur 5: Fijn stof productie (PMF, Particular Matter Formation) voor verschillende batterij elektrische voertuigen met een variërende capaciteit. De totale massa per voertuig is: Nissan Leaf 1591 kg (voertuig), 272 kg (batterij); Renault Zoe 1450 kg (voertuig), 305 kg (batterij); Chevrolet Bolt 1624 kg (voertuig), 435 kg (batterij); Tesla Model S 2200 kg (voertuig), 540 kg (batterij)⁸.

⁸ Hooftman, N., Messagie, M., Joint, F., Segard, J.-B., Coosemans, T. (2018). In-Life Range Modularity for Electric Vehicles: The Environmental Impact of a Range-Extender Trailer System. In Appl. Sci. (Vol. 8, 1016).

Dankzij de lokale nuluitstoot van uitlaatgassen en de geluidloze werking (bij lage snelheden), zijn de batterij-elektrische voertuigen beter aangepast aan een stedelijke context. Bovendien hebben BEV's, geladen met de Belgische elektriciteitsmix (in 2015), de minste impact op de CO₂-uitstoot. Wanneer de bijdrage van hernieuwbare energie toeneemt, kan de bijdrage van BEV's aan de klimaatverandering verder worden vermindert. Zoals voor alle andere voertuigtechnologieën speelt het gewicht van het voertuig echter een belangrijke rol bij de energie-efficiëntie. Daarom is de keuze voor kleinere en lichtere BEV's ook belangrijk voor de elektrificatie van de vloot. Tenslotte kan het potentieel voor hergebruik en recyclage van specifieke EV-onderdelen ook een belangrijke rol spelen in het milieu-effect van BEV's.

Meer informatie over de verschillende vervoersmogelijkheden en laadinfrastructuur voor elektrische voertuigen in het Brussels Gewest, vindt u hier:

- <https://leefmilieu.brussels/burgers/onze-acties/gewestelijke-plannen-en-beleid/low-emission-mobility-de-lucht-gezonder-maken-door-het-aantal-vervuilende-voertuigen-te-beperken?highlight=roadmap>
- <https://electrify.brussels/nl>