

TNO-rapport**TNO 2013 R10703****Praktijkverbruik van zakelijke personenauto's
en plug-in voertuigen****Behavioural and Societal
Sciences**Van Mourik Broekmanweg 6
2628 XE Delft
Postbus 49
2600 AA Delftwww.tno.nl

T +31 88 866 30 00

F +31 88 866 30 10

infodesk@tno.nl

Datum	31 mei 2013
Auteur(s)	Norbert E. Ligterink Richard T.M. Smokers
Exemplaarnummer	TNO-060-DTM-2013-01233
Aantal pagina's	52 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	4
Opdrachtgever	Ministerie van Infrastructuur en Milieu Directoraat-Generaal Milieu en Internationale Coördinatie Directie Klimaat, Lucht en Geluid Afdeling Voertuigemissies en Brandstoffen Postbus 20901 2500 EX DEN HAAG
Projectnaam	MaVe
Projectnummer	057.02134

Alle rechten voorbehouden.

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

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belang-hebbenden is toegestaan.

© 2013 TNO

Samenvatting

Het brandstofverbruik van personen- en bedrijfswagens is de afgelopen jaren sterk afgenomen. De gemiddelde normwaarden¹ voor het brandstofverbruik en de CO₂-uitstoot van nieuwe personenauto's, zoals bepaald op de typekeuringstest, zijn de afgelopen jaren in Nederland met 30% gedaald. Het verbruik in de praktijk is echter hoger dan autofabrikanten in de brochure opgeven. Het verschil tussen praktijk- en normwaarden is de afgelopen jaren bovendien toegenomen. Dit zorgt ervoor dat consumenten met de aanschaf van een zuinige auto minder besparen dan verwacht. Ook is Europees en Nederlands beleid om CO₂-emissies van verkeer te verminderen, hierdoor minder effectief.

TNO doet al sinds 2008 in opdracht van Travelcard Nederland BV en het Ministerie van IenM onderzoek naar het praktijkverbruik van personenauto's. In dit rapport worden de resultaten van dit onderzoek over 2012 weergegeven. Het eerste deel van het rapport presenteert de meest recente resultaten van statistische analyses van tankpasdata van een grote groep door zakelijke rijders gebruikte personenvoertuigen. Het tweede deel bevat een analyse van beschikbare verbruiksgegevens van zogenoemde "plug-in hybrides" en "range-extender" elektrische voertuigen die in 2012 op de markt zijn gekomen. Deze voertuigen, met een verbrandingsmotor en een elektrische aandrijving met extern oplaadbare accu, staan vanwege het lage normverbruik sterk in de belangstelling van overheid en consumenten.

Conclusies met betrekking tot het praktijkverbruik van zakelijke auto's

Het brandstofverbruik van personenwagens is de afgelopen jaren sterk afgenomen. Het verschil tussen praktijkverbruik en normwaarden is de afgelopen jaren echter gestegen, waardoor de afname in praktijkverbruik slechts de helft is van de afname volgens typekeuringsdata.

Het praktijkverbruik van een grote groep moderne, zakelijk gebruikte personenauto's blijkt zo'n 30% tot 50% hoger dan de opgegeven typekeuringswaarde. In absolute termen uitgedrukt zijn de emissies van CO₂ in de praktijk 40 tot 60 g/km hoger dan de normwaarden. Het verschil tussen praktijkverbruik en normverbruik is de afgelopen jaren duidelijk toegenomen. Modellen die op de typekeuringstest zuiniger zijn dan andere modellen zijn dat echter gemiddeld in de praktijk ook.

Op grond van verschillende overwegingen is het aannemelijk dat trends, die in deze analyse zijn gevonden in het praktijkverbruik van zakelijke voertuigen, ook geldig zijn voor voertuigen in particulier bezit.

¹ In dit rapport worden de begrippen typekeuringswaarde, normwaarde en fabrieksopgave als synoniemen gebruikt voor brandstofverbruik en CO₂-emissies zoals gemeten op de officiële typekeuringstest die voertuigmodellen moeten ondergaan om op de Europese markt te worden toegelaten. Fabrikanten zijn verplicht deze waarden te gebruiken in hun communicatie over brandstofverbruik en emissies.

Dat brandstofverbruik en CO₂-emissies in de praktijk hoger zijn dan de door fabrikanten opgegeven typekeuringswaarden komt onder meer door verschillen in de inzet van voertuigen, de rijstijl van gebruikers en de rijomstandigheden in de praktijk vergeleken met het ritpatroon waarop het voertuig getest wordt en de condities tijdens deze test. Ook zijn voertuigen in de praktijk niet gelijk aan de voertuigen die gebruikt worden voor de typekeuring. Daarnaast wordt in de typekeuringstest het energiegebruik voor bijv. verlichting, airconditioning en accessoires niet meegenomen.

Het toenemende verschil tussen praktijkverbruik en normwaarden wordt met name veroorzaakt door de toepassing van technieken die op de typekeuringstest meer reductie opleveren dan in de praktijk en door toegenomen uitnutting van flexibiliteiten in de testprocedure.

Een van de oorzaken voor het toenemende verschil tussen praktijk en typekeuring heeft te maken met de toegepaste techniek: sommige brandstof besparende technieken, zoals start-stop systemen, leveren op de testcyclus meer voordeel dan in de praktijk.

Een tweede oorzaak voor een groeiend verschil tussen praktijkverbruik en de waarden is het feit dat toegestane bandbreedtes (flexibiliteiten) in de testprocedure in toenemende mate door fabrikanten worden uitgenut om lagere verbruiks- en CO₂-emissiecijfers te realiseren op de typekeuringstest. Verbeteringen aan de voor typekeuring voorgeschreven testprocedure kunnen helpen om deze effecten te beperken.

Conclusies met betrekking tot het praktijkverbruik van plug-in auto's

Het normverbruik van plug-in voertuigen is zeer laag omdat de voertuigen de typekeuringstest deels op brandstof rijden en deels emissievrij op elektriciteit die wordt geladen uit het net. Een grotere elektrische actieradius leidt tot een lager gecombineerd normverbruik.

Het praktijkverbruik van deze voertuigen wordt dus niet alleen beïnvloed door inzet en rijstijl, maar ook door het aandeel elektrisch gereden kilometers in de praktijk. Voertuigen, waarvan de accu vaak uit het stopcontact wordt geladen, verbruiken gemiddeld minder brandstof. Is in de praktijk het aandeel elektrisch gereden kilometers lager dan op de typekeuringstest, dan leidt dat tot extra verhoging van het brandstofverbruik bovenop de factoren die hierboven al voor conventionele voertuigen zijn genoemd.

In Nederland werden in 2012 drie modellen plug-in hybrides verkocht. De Opel Ampera en Chevrolet Volt zijn varianten van hetzelfde model en hebben een elektrische actieradius volgens typekeuring van 87 km. Het normverbruik is 1,2 l/100km, wat overeenkomt met een CO₂-emissie van 27 g/km. De Toyota Prius plug-in heeft een kleinere batterij. De elektrische actieradius is 25 km. Het normverbruik van de Toyota Prius plug-in is 2,1 l/100km, wat neerkomt op een CO₂-emissie van 49 g/km.

Omdat plug-ins pas sinds medio 2012 in grotere aantallen worden uitgeleverd, zijn de op dit moment beschikbare data nog beperkt. De gebruikte steekproef is mogelijk niet voldoende representatief voor de hele Nederlandse populatie plug-in voertuigen, omdat het aandeel door particuliere gebruikers en ZZP-ers gebruikte voertuigen in de steekproef laag is. Deze gebruikers hebben meer motivatie om zoveel mogelijk elektrisch te rijden. Ook beïnvloeden aanloopeffecten met de beschikbaarheid van laadpunten mogelijk de resultaten. Om die redenen dienen de resultaten voor het praktijkverbruik van plug-ins als voorlopig en indicatief beschouwd te worden.

De in dit rapport geanalyseerde plug-in auto's (plug-in hybrides en elektrische voertuigen met range extender) verbruiken in de praktijk significant meer dan volgens de fabrieksopgave. Niettemin blijken de geanalyseerde modellen plug-in auto's gemiddeld de zuinigste auto's op de Nederlandse markt, niet alleen op basis van de typekeuring maar ook in de praktijk .

Alle plug-ins in de database, waarvoor voldoende betrouwbare verbruiks- en kilometerdata beschikbaar zijn, hebben samen in de praktijk een gemiddelde CO₂-emissie van 109 g/km. Het gemiddelde brandstofverbruik is 4,6 l/100km. De praktijk CO₂-emissie van de plug-in Priussen in deze steekproef is met 106 g/km gemiddeld 57 g/km hoger dan de typekeuringswaarde. De praktijkemissie van de voertuigmodellen Opel Ampera / Chevrolet Volt in de steekproef is 110 g/km, ofwel gemiddeld 83 g/km hoger dan de normwaarde. Deze waarden zijn lager dan de gemiddelde praktijkverbruikscijfers van de zuinigste conventionele voertuigen.

Met de door Toyota en Opel standaard meegeleverde oplaadpunten en de overige beschikbare laadfaciliteiten in Nederland is een derde van de gemonitorde voertuigen reeds in staat om gemiddeld 1 à 2 keer per dag op te laden. Geschat wordt dat plug-in voertuigen gemiddeld nu reeds een kwart van alle kilometers elektrisch rijden.

Op basis van beschikbare data wordt geschat dat de plug-in voertuigen in de database in de praktijk gemiddeld 22%-24% van hun kilometers elektrisch rijden. Deze plug-in voertuigen rijden in de praktijk dus circa 2 tot 3 keer zoveel kilometers op benzine als verondersteld wordt in de verbruiksmeting van de typekeuringstest.

Het laadgedrag laat een grote spreiding zien. Er zijn plug-in voertuigen die nauwelijks elektriciteit laden en nagenoeg al hun kilometers op de verbrandingsmotor rijden. Een klein deel van de voertuigen rijdt daarentegen hoofdzakelijk elektrisch. Ook bij jaarkilometrages van 30.000 km en hoger zijn er voorbeelden van voertuigen met een laag brandstofverbruik dat alleen kan worden verklaard door een hoog aandeel elektrisch gereden kilometers. Dit toont aan dat er toepassingen zijn waarin veel rijden goed te combineren is met veel laden.

De in dit rapport geanalyseerde voertuigen rijden een lager aandeel van hun kilometers elektrisch dan het aandeel dat impliciet wordt verondersteld in de typekeuringstest. Daardoor is het meerverbruik in relatieve zin hoger dan bij conventionele voertuigen. Het meerverbruik van plug-ins in de praktijk wijkt echter in absolute zin nauwelijks af van het meerverbruik van conventionele zuinige auto's.

Het meerverbruik ten opzichte van de normwaarden, zoals we dat bij de gemonitorde plug-in voertuigen constateren, kan worden verklaard op basis van het meerverbruik tijdens rijden op de motor, zoals we dat ook bij zuinige conventionele

voertuigen zien en het lagere aandeel elektrisch gereden kilometers dan het aandeel dat impliciet verondersteld wordt bij de vaststelling van de typekeuringswaarde.

De resultaten van dit onderzoek tonen aan dat er voor plug-in voertuigen nog een enorm verbeterpotentieel aanwezig is. Dit potentieel kan worden benut door de voertuigen in de juiste toepassingen in te zetten en het voor gebruikers mogelijk en aantrekkelijk te maken een groter deel van hun kilometers op elektriciteit uit het net te rijden.

De voorgaande conclusie betekent dat er voor de huidige plug-in voertuigen maar twee maatregelen zijn die het praktijkverbruik effectief kunnen verlagen, namelijk verhoging van het aandeel elektrisch rijden en aanpassing van de rijstijl. Het eerste kan worden bewerkstelligd door meer laadfaciliteiten beschikbaar te stellen en gebruikers te stimuleren daar meer gebruik van te maken. Daarnaast is het aan te bevelen om plug-in voertuigen niet in te zetten bij gebruikers die veel kilometers per jaar rijden, tenzij het specifieke gebruikspatroon zodanig is dat dit wel te combineren valt met regelmatig en veel laden. Een energiezuinigere rijstijl verlaagt niet alleen het meerverbruik tijdens rijden op de verbrandingsmotor maar verhoogt ook de elektrische actieradius in de praktijk, waardoor makkelijker een groter aandeel elektrische kilometers kan worden gerealiseerd.

Het in de huidige procedure impliciet veronderstelde aandeel elektrisch rijden lijkt te hoog voor realistische toepassingen waarin plug-in voertuigen voor de gebruiker en vanuit CO₂-perspectief interessant zijn.

Plug-ins kunnen een belangrijke rol spelen in de transitie naar een groter aandeel volledig elektrische voertuigen. Op weg daar naar toe is het echter wel van belang dat met deze nieuwe techniek overtuigende brandstofverbruiks- en CO₂-emissiereducties worden gerealiseerd. Gebruikers en overheden moeten realistische verwachtingen hebben van de milieuvoordelen van plug-ins en die verwachtingen moeten zo goed mogelijk worden waargemaakt. Het verdient derhalve aanbeveling om te onderzoeken of de typekeuringstest voor plug-in voertuigen kan worden aangepast.

Het verdient aanbeveling om het praktijkverbruik van plug-in voertuigen de komende jaren te blijven monitoren en er in de tussentijd voor te zorgen dat er uitgebreidere en betere data beschikbaar komen van een grotere groep voertuigen met een meer representatieve verdeling over zakelijke en particuliere gebruikers.

Inhoudsopgave

	Samenvatting	2
1	Inleiding	7
2	Praktijkverbruik van zakelijke auto's.....	10
2.1	Inleiding	10
2.2	De databases.....	12
2.3	Resultaten.....	12
3	Praktijkverbruik van plug-in auto's.....	18
3.1	De database	18
3.2	Voorbehouden met betrekking tot de representativiteit van de steekproef.....	21
3.3	Het normverbruik van plug-in voertuigen.....	23
3.4	Het brandstofverbruik van plug-in voertuigen in de praktijk	24
3.5	Analyse van het laadgedrag van plug-in voertuigen	26
3.6	Oorzaken van het hogere praktijkverbruik van plug-in voertuigen	31
4	Conclusies.....	34
4.1	Conclusies met betrekking tot het praktijkverbruik van zakelijke auto's.....	34
4.2	Conclusies met betrekking tot het praktijkverbruik van plug-in auto's.....	35
5	Literatuur	40
6	Ondertekening	41
	Bijlage(n)	
	A Verbruiksreductie op het stadsdeel van de test	
	B Absoluut meerverbruik als functie van normwaarde	
	C De testprocedure voor plug-in voertuigen	
	D Bepaling van het meerverbruik van plug-in voer-tuigen op basis van well-to-wheel CO ₂ -emissie	

1 Inleiding

Het brandstofverbruik van personen- en bedrijfswagens is de afgelopen jaren in sterke mate afgenomen. De gemiddelde normwaarde voor het verbruik en de CO₂-uitstoot van nieuwe personenauto's is in Nederland met 30% gedaald. Wel ligt het verbruik in de praktijk hoger dan autofabrikanten in de brochure opgeven. Dit zorgt ervoor dat consumenten in de praktijk met hogere brandstofkosten worden geconfronteerd dan zij op grond van autobrochures zouden mogen verwachten.

Het verschil tussen het brandstofverbruik van een personenauto in de praktijk en het opgegeven normverbruik is in veel gevallen groot. Dit geldt ook voor de zakelijke rijders waarvan de gegevens zijn gebruikt voor de in dit rapport gepresenteerde analyses. Er komen steeds zuinigere auto's beschikbaar, maar in de praktijk zijn deze auto's minder zuinig dan mag worden verwacht. De automobilist heeft een grote invloed op het brandstofverbruik. Maar er zijn meer oorzaken waardoor het normverbruik in de praktijk meestal niet wordt gehaald.

TNO doet al sinds 2008 in opdracht van Travelcard Nederland BV en het Ministerie van IenM onderzoek naar het praktijkverbruik van personenauto's. De resultaten van deze onderzoeken worden onder meer gebruikt om inspanningen te motiveren om via aanpassingen aan de typekeuringstestprocedure de testresultaten beter in overeenstemming te brengen met de praktijk.

Het normverbruik van personenauto's, zoals gemeten op de Europese typekeuringstest, is een maat om verschillende auto's met elkaar te vergelijken. Voertuigen met een laag normverbruik zijn gemiddeld in de praktijk ook zuiniger dan auto's met een hoger normverbruik. Het normverbruik van een auto blijkt echter geen goede maat voor het brandstofverbruik dat een individuele automobilist in de praktijk ervaart. Het praktijkverbruik hangt namelijk ook af van de inzet van het voertuig en het rijgedrag van de bestuurder. In de stad is het brandstofverbruik per kilometer hoger. Op de snelweg heeft met name de verkozen snelheid, van 90 km/uur op de rechterbaan tot de snelheidslimiet, een grote invloed op het brandstofverbruik. Dat betekent ook dat voor een gegeven voertuigmodel het praktijkverbruik van gebruiker tot gebruiker sterk kan verschillen.

Om het praktijkverbruik van verschillende voertuigmodellen betrouwbaar te kunnen vergelijken, en om trends in de verhouding tussen norm en praktijk te achterhalen en te correleren aan bijvoorbeeld technische ontwikkelingen, zijn dus gegevens van een grote groep gebruikers nodig, zodat variaties als gevolg van verschillen in rijgedrag en voertuiginzet uitmiddelen. Dit rapport analyseert data van een grote groep zakelijk rijders. Dit is een homogene groep gebruikers, waarvoor betrouwbare en voldoende gedetailleerde data beschikbaar zijn en waarvoor trends in het brandstofverbruik in de praktijk goed zijn vast te stellen.

Het soort voertuig en de toegepaste technologie hebben ook invloed op het praktijkverbruik. Toepassing van een start-stop systeem bespaart op de typekeuringstest relatief veel, maar doet in de praktijk minder. Een kleine auto is op de typekeuringstest veel zuiniger dan een grote, maar op de snelweg zijn de verschillen in de praktijk kleiner. Trends in toegepaste technologieën en kunnen dus leiden tot een toename van het verschil tussen praktijk- en typekeuring.

Een andere oorzaak voor een groeiend verschil tussen praktijkverbruik en de waarden heeft te maken met zogenaamde “flexibiliteiten” in de testprocedure. Zoals aangetoond in een recente studie voor de Europese Commissie (Kadijk *et al.*) worden toegestane bandbreedtes met betrekking tot de testomstandigheden en de conditie van het testvoertuig in toenemende mate door fabrikanten uitgenut om lagere verbruiks- en CO₂-emissiecijfers te realiseren op de typekeuringstest. Dit leidt tot reducties op papier die zich niet vertalen in verbruiksreducties in de praktijk.

Recent zijn zogenoemde “plug-in hybrides” en “range-extender” elektrische voertuigen op de markt gekomen. Deze voertuigen, met een verbrandingsmotor en een elektrische aandrijving met extern oplaadbare accu, staan vanwege het lage normverbruik sterk in de belangstelling van overheid en consumenten. Dat normverbruik is zo laag omdat de voertuigen de typekeuringstest deels op brandstof rijden en deels op elektriciteit die wordt geladen uit het net. In dit rapport zullen deze voertuigen worden aangeduid met de term “plug-in auto’s” of “plug-ins”. Het praktijkverbruik van deze voertuigen wordt niet alleen beïnvloed door inzet en rijstijl, maar ook door het aandeel elektrisch gereden kilometers. Voertuigen, waarvan de accu vaak uit het stopcontact wordt geladen, verbruiken gemiddeld minder brandstof. Is in de praktijk het aandeel elektrisch gereden kilometers lager dan op de typekeuringstest, dan leidt dat tot extra verhoging van het brandstofverbruik bovenop de factoren die hierboven al voor conventionele voertuigen zijn genoemd. Doordat de elektrische actieradius afneemt bij lage temperaturen kan ook bij een gegeven laadgedrag het aandeel elektrische kilometers in de wintermaanden lager zijn dan gemiddeld.

Het beeld van het groeiende verschil tussen normverbruik en het praktijkverbruik dat in Nederland wordt gezien, is ook zichtbaar in andere Europese landen. Afhankelijk van de groep bestuurders en voertuigen zijn er enige verschillen, maar globaal is het beeld hetzelfde. Het overzicht van ICCT (Peter Mock *et al.*, 2012), waarin ook de Nederlandse inzichten zijn verwerkt legt meerdere onderzoeken naast elkaar.

Inzicht in de verschillen tussen normverbruik en brandstofverbruik in de praktijk is om verschillende redenen relevant. Consumenten die willen bezuinigen op brandstofkosten hebben behoefte aan een betrouwbare indicatie van wat ze met een auto kunnen besparen. Dat geldt zeker wanneer ze bereid zijn om meer te betalen voor een voertuig waarin geavanceerde, brandstof besparende technieken worden toegepast. De Nederlandse overheid stimuleert consumenten bovendien via fiscale maatregelen om zuinige voertuigen te kopen. De belastingen op personenauto’s (BPM, MRB (tijdelijk) en fiscale bijtelling voor het privé gebruik van zakelijke auto’s) zijn afhankelijk van de CO₂-emissie zoals gemeten op de typekeuringstest. Deze CO₂-uitstoot hangt één-op-één samen met het normverbruik.

Ook de Europese Gemeenschap heeft beleid ontwikkeld om te zorgen dat auto’s zuiniger worden en minder CO₂ uitstoten. De CO₂-wetgeving voor personenauto’s eist dat nieuwe personenauto’s in Europa in 2015 gemiddeld niet meer dan 130 gCO₂/km uitstoten, zoals gemeten op de typekeuringstest. Voor 2020 geldt een target van 95 gCO₂/km. Dat komt overeen met een normverbruik van 3.6 liter diesel, en 4.0 liter benzine per 100 kilometer. Het is dus voor de effectiviteit van

zowel nationaal als Europees beleid van belang dat verbruiks- en emissiereducties op de typekeuringstest zich vertalen in vergelijkbare reducties in de praktijk.

Maar ook vanuit het perspectief van autofabrikanten is dit belangrijk. Fabrikanten die beter in staat zijn dan andere om lage verbruikswaarden te realiseren op de typekeuringstest profiteren meer van de fiscale stimuleringsregelingen. Wanneer die lage normverbruikscijfers zich niet vertalen in navenante reducties in de praktijk, leidt dit tot oneerlijke concurrentie.

Dit rapport presenteert de resultaten van door TNO uitgevoerd onderzoek naar het brandstofverbruik en elektriciteitsverbruik van moderne benzine, diesel en plug-in personenauto's in de praktijk. Naast Travelcard Nederland BV, dat voor dit onderzoek brandstofverbruiksdata van zowel conventionele als plug-in voertuigen heeft aangeleverd, hebben Toyota Nederland, The New Motion en de leasemaatschappijen Alcredis, ALD Automotive, Alphabet Autolease en Leaseplan Nederland hun medewerking verleend om een zo compleet mogelijk beeld te geven van het energiegebruik van de plug-ins. Er rijden momenteel (april 2013) ongeveer 5900 plug-ins rond in Nederland. Van 690 van deze voertuigen zijn de verbruiksgegevens meegenomen in dit onderzoek.

Het eerste deel van dit rapport presenteert de meest recente resultaten van door TNO in samenwerking met Travelcard Nederland BV uitgevoerd onderzoek naar het praktijkverbruik van een breed spectrum door zakelijke rijders gebruikte personenauto's.

Het tweede deel van dit rapport zoomt in op het praktijkverbruik van plug-ins. Deze voertuigen zijn nog maar kort op de Nederlandse markt verkrijgbaar.

De met betrekking tot plug-in voertuigen beschikbare data zijn nog beperkt en mogelijk niet voldoende representatief voor de hele Nederlandse populatie plug-in voertuigen. Ook beïnvloeden aanloopeffecten met de beschikbaarheid van laadpunten mogelijk de resultaten. Om die redenen dienen de resultaten voor het praktijkverbruik van plug-ins als voorlopig en indicatief beschouwd te worden.

2 Praktijkverbruik van zakelijke auto's

2.1 Inleiding

Sinds 2008 stelt Travelcard Nederland BV gegevens van brandstoftransacties aan TNO ter beschikking voor analyses van brandstofverbruik in de praktijk. Uit deze analyses blijkt een groeiende afwijking tussen praktijkverbruik en de fabrieksopgave (normverbruik). Eerdere rapportages van deze analyses zijn te vinden in (Ligterink, de Lange & Passier), (Ligterink & Bos) en (Ligterink, Kraan & Eijk). In eerste instantie hadden vooral zuinige auto's met een CO₂ uitstoot van 140 g/km of minder een grote afwijking (oplopend tot zo'n 40% voor de zuinigste modellen). Maar met de gegevens van 2012 toegevoegd kan worden vastgesteld dat voor alle voertuigen de afwijking tussen praktijk- en normwaarden groter wordt.

De vraag is gerechtvaardigd of het brandstofverbruik van leaserijders representatief is voor dat van de gemiddelde bestuurder in Nederland. Voor leaseauto's wordt de brandstof vergoed door de werkgever, via de brandstofpas. Daarom is voor de bestuurders van leaseauto's minder reden om zuinig te rijden, waardoor het verschil tussen praktijk- en normverbruik hoger zou kunnen zijn dan voor particuliere gebruikers.

Hier staan echter de volgende overwegingen tegenover:

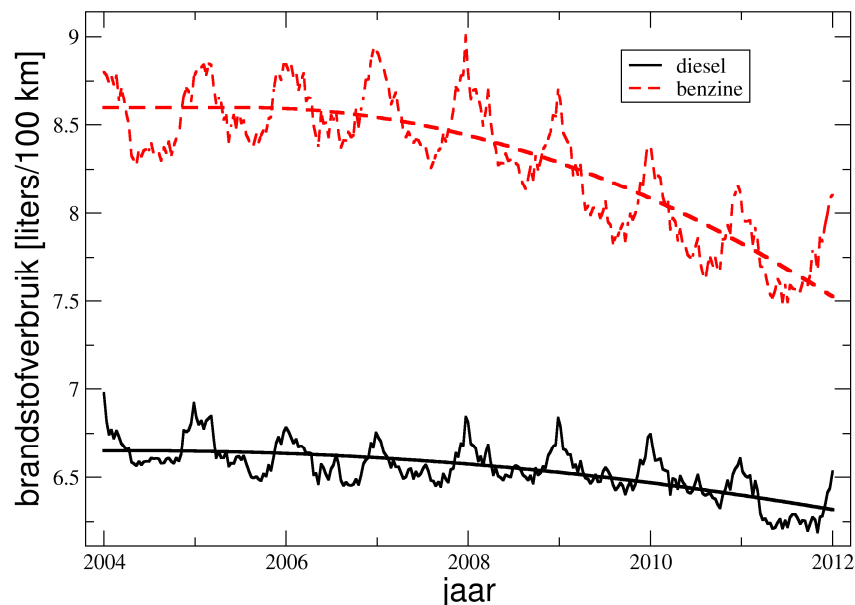
- Leaserijders rijden gemiddeld meer kilometers per jaar dan particulieren. De voertuigen in de database leggen gemiddeld 25.000 (benzine) en 38.000 (diesel) kilometer per jaar af. Het is aannemelijk dat vergeleken met privé-voertuigen een groter deel van het jaarkilometrage op de snelweg wordt afgelegd en dat het aandeel korte (stad)ritten kleiner is. Het brandstofverbruik is op de snelweg gemiddeld lager dan bij korte stadsritten.
- Een deel van de bij zuinige voertuigen toegepaste technieken, zoals start-stop systemen, biedt vooral voordelen op het stadsdeel van de typekeuringstest (zie Bijlage A). Er zijn sterke aanwijzingen dat deze systemen in werkelijk stadsverkeer minder besparing opleveren dan op de typekeuringstest, zodat ook voor particuliere gebruikers met een hoger aandeel stadsritten het praktijkverbruik sterk kan afwijken van het normverbruik. Het praktijkverbruik in de stad was tot nu toe vergelijkbaar met het verbruik op het stadsdeel van de typekeuringstestcyclus. Dit was een toevallige samenloop van twee tegengestelde effecten. De koude start heeft een grotere bijdrage op de test dan in werkelijkheid, wat het normverbruik verhoogt. Het rijgedrag, daarentegen, is op de test tammer dan in de praktijk wat leidt tot een lager normverbruik (Ligterink, De Lange, & Passier, 2009).
- Daarnaast is de groep zakelijke rijders verantwoordelijk voor een groot deel van de totale kilometers die in een jaar op de weg worden afgelegd. In de eerste vier à vijf jaar legt een auto ongeveer de helft van het totale kilometrage af: 100.000 km voor een benzineauto en 150.000 km voor een dieselauto. Het gemiddeld verbruik van leaserijders heeft dus een groot aandeel in het totale gemiddeld brandstofverbruik van Nederlandse automobilisten.

Trends die in het verbruik van leaseauto's zichtbaar zijn, zullen dus sterk doorwerken in het gemiddelde praktijkverbruik.

Het praktijkverbruik van leaserijders verschilt dus mogelijk minder van het gemiddelde dan in zijn algemeenheid zou kunnen worden verondersteld. Daarnaast geldt dat het in de uitgevoerde analyses niet alleen gaat om het gemiddelde praktijkverbruik, maar vooral om het identificeren van trends en de mate waarin veranderende verschillen tussen praktijk- en normverbruik verband houden met het op de typekeuringstest zuiniger worden van voertuigen. Hiervoor is de exacte representativiteit van de steekproef minder van belang.

Er is slechts een beperkte correlatie aanwijsbaar in de brandstofverbruiksdata tussen brandstofverbruik, files, wind, en andere rijomstandigheden. Uit specifiek toegepast onderzoek is dit verband wel bekend. De filedruk is de laatste jaren verminderd. Rijden in de file kost bij conventionele voertuigen meer brandstof per kilometer dan normaal doorrijden zodat afnemende files eerder tot een daling van het meerverbruik zouden leiden. De invoering van een maximumsnelheid van 130 km/u is pas van recente datum en slechts op een beperkt deel van de snelwegen van toepassing. Het is derhalve niet aannemelijk dat deze maatregel al zou hebben geleid tot een meetbare verhoging van het gemiddelde meerverbruik. Binnen de groep bestuurders, die gebruik maken van de Travelcard tankpas, zien we voorts geen aanwijzingen dat het rijgedrag significant verandert met de tijd of met de leeftijd van de auto. De enige duidelijke correlatie is met de temperatuur en met de vakantieperiodes. In de winter is het brandstofverbruik typisch 7% hoger dan in de zomer, zoals duidelijk wordt uit Figuur 1. De vakantieperiodes zijn ook duidelijk zichtbaar als een kleine piek in het verbruik.

Het Travelcard brandstofverbruik door de jaren heen



Figuur 1: De winter en de vakantieperiodes geven een hoger brandstofverbruik bovenop de dalende trend.

Er is een directe relatie tussen de CO₂-uitstoot van voertuigen en de hoeveelheid brandstof. Voor diesel staat 1 liter gelijk aan 2650 gram CO₂. Voor benzine is, vanwege de lagere dichtheid, 1 liter gelijk aan 2370 gram CO₂. Uitgedrukt in termen van CO₂-emissies komen de waarden voor het meerverbruik van diesel- en benzineauto's beter met elkaar overeen dan in liters. Om die reden worden de resultaten hieronder gepresenteerd als een vergelijking tussen CO₂-emissies in de praktijk en op de typekeuringstest.

Tabel 1: De vertaling van CO₂-normwaarden naar normverbruikscijfers van diesel en benzine

CO ₂ -uitstoot [g/km]	Benzine verbruik		Diesel verbruik	
	[liter/100km]	één op:	[liter/100km]	één op:
20	0,84	118,5	0,75	132,5
40	1,7	59,3	1,5	66,3
60	2,5	39,5	2,3	44,2
80	3,4	29,6	3,0	33,1
100	4,2	23,7	3,8	26,5
120	5,1	19,8	4,5	22,1
140	5,9	16,9	5,3	18,9
160	6,8	14,8	6,0	16,6
180	7,6	13,2	6,8	14,7
200	8,4	11,9	7,5	13,3

2.2 De databases

De gegevens van Travelcard Nederland BV zijn niet allemaal geschikt om in de analyse te worden meegenomen. Zeker de helft van de gegevens in de database is onbetrouwbaar, omdat de opgegeven kilometerstanden incorrect zijn. Dat kan zijn omdat ze niet, verkeerd, of afgerond zijn ingevuld. Maar ook volgt uit de gegevens dat met sommige voertuigen buiten het systeem getankt wordt, bijvoorbeeld in het buitenland, of dat een tankpas gedeeld wordt. Deze onbetrouwbare data zijn uit de database verwijderd. In de hier gepresenteerde analyses zijn gegevens van 84.000 benzinevoertuigen en van 99.000 dieselvoertuigen gebruikt. De meegenomen voertuigen zijn de gangbare modellen, en de verdeling over merken en modellen komt redelijk overeen met wat in Nederland aan nieuwe voertuigen is verkocht. Over de jaren, zeker sinds 2007, zien we een sterke verschuiving naar zuinigere modellen.

2.3 Resultaten

In Tabel 2 en Tabel 3 wordt voor benzine en diesel het relatieve meerverbruik ten opzichte van de normwaarde in beeld gebracht. In deze tabellen is voor de benzine- resp. dieselvoertuigen in de database het gemiddelde verschil tussen praktijk- en normwaarden weergegeven als functie van de CO₂-emissie volgens fabrieksopgave en het jaar van eerste toelating van de voertuigen. Dit verschil is weergegeven als procentuele afwijking. Zoals hierboven uitgelegd is deze afwijking gelijk voor de CO₂-emissie en voor brandstofverbruik. Om tot betrouwbare gemiddelden te komen zijn voertuigen gegroepeerd in klassen van CO₂-emissie en jaar van typekeuring. In de analyse zijn alleen die klassen meegenomen waarvoor ten minste 100 verschillende voertuigen beschikbaar zijn. Bij minder dan 50 voertuigen per klasse worden de variaties in het individuele rijgedrag relevant voor de uitkomst, en is het resultaat minder representatief voor de groep.

In Tabel 2 en Tabel 3 zijn de volgende trends zichtbaar:

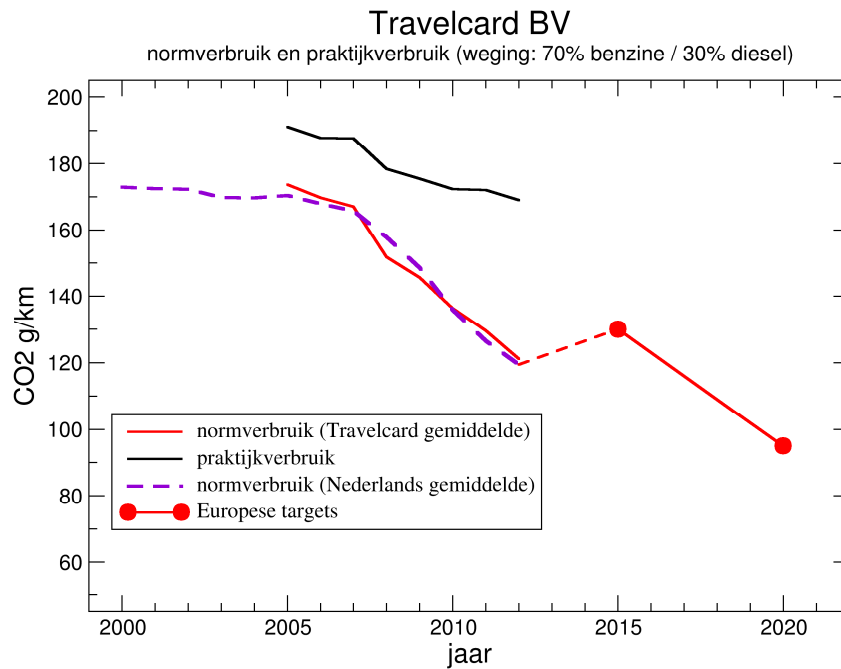
- Het normverbruik van voertuigen neemt sinds 2005 duidelijk af. Het aantal voertuigen met een hoog normverbruik neemt af, terwijl er aan de onderkant van het spectrum steeds meer voertuigen bijkomen met een laag normverbruik.
- De afwijking tussen praktijk- en normverbruik is groter naarmate het normverbruik lager is.
- Er is een sterke toename zichtbaar in het relatieve meerverbruik. Binnen CO₂- / normverbruiksklassen neemt het meerverbruik toe als functie van het jaar van typekeuring. Met de jaren wordt ook de hoogste afwijking groter. Een grote groep moderne voertuigen heeft een meerverbruik tussen de 20% en 40%, terwijl de aller zuinigste voertuigen in 2011 en 2012 meerverbruiken van 40% tot 65% laten zien.
- In het verleden gold dat voor auto's met een hoog normverbruik (in de regel grotere voertuigen) het praktijkverbruik dicht in de buurt van het normverbruik lag. Dat is in recentere jaren niet meer het geval. Ook de voertuigen met het hoogste normverbruik vertonen nu een significant verschil tussen praktijk en norm.
- Bij benzinevoertuigen is in 2012 een stap in het meerverbruik zichtbaar voor voertuigen die minder uitstoten dan 110 g/km. Bij diesel is een vergelijkbare stap waarneembaar rond 95 g/km. Dit suggereert een mogelijk verband met de grenswaarden die gelden voor BPM-vrijstelling en het 14% tarief voor bijtelling voor privégebruik van een auto van de zaak.

In Bijlage B zijn vergelijkbare tabellen weergegeven met het absolute verschil tussen CO₂-emissies (in g/km) in de praktijk en op de typekeuringstest. Extra CO₂-emissies in de praktijk, ten opzichte van de normemissie, liggen in 2012 tussen de 40 en 60 g/km. In voorgaande jaren was de afwijking het grootst voor zuinige voertuigen, maar sinds 2012 is het absolute meerverbruik redelijk onafhankelijk van de normwaarde. Het verschil tussen norm en praktijk is met de jaren sterk toegenomen van 0 tot 30 g/km in 2005 tot waarden rond 50 g/km in 2012.

Tabel 3: Het relatieve meerverbruik van dieselauto's, waarbij verticaal de verschillende CO₂-normwaarden [g/km] worden onderscheiden, en horizontaal het jaar van eerste toelating van de voertuigen. Normwaarden zijn gegroepeerd in categorieën om voldoende voertuigen te hebben voor een significant gemiddelde. De categorie van [95-100] g/km bevat de normwaarden van 95, 96, 97, 98 en 99 g/km.

diesel	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
75-80								
80-85								
85-90						53.1%	55.4%	56.1%
90-95							47.6%	64.1%
95-100				36.4%	35.9%	44.6%	50.1%	57.3%
100-105					45.2%	43.9%	42.9%	38.7%
105-110					28.2%	36.7%	36.5%	38.0%
110-115	25.3%				32.6%	31.7%	36.3%	39.2%
115-120	22.6%	22.3%	24.5%	31.0%	29.0%	31.8%	35.8%	37.9%
120-125	21.9%	21.7%	22.9%	22.7%	23.0%	26.5%	33.1%	35.2%
125-130	21.5%	21.9%	21.9%	23.4%	20.5%	23.3%	27.7%	32.5%
130-135	17.1%	19.8%	19.1%	19.9%	20.3%	25.7%	29.2%	33.4%
135-140	16.7%	14.8%	17.8%	15.2%	15.9%	22.6%	27.3%	35.0%
140-145	15.8%	15.8%	15.4%	19.7%	17.5%	20.9%	22.5%	25.5%
145-150	15.3%	14.0%	13.8%	16.7%	14.9%	17.3%	26.2%	31.3%
150-155	11.4%	11.5%	12.2%	12.7%	15.1%	16.3%	21.3%	
155-160	11.6%	9.7%	11.8%	14.5%	13.3%	16.5%	22.6%	
160-165	9.7%	10.8%	10.7%	12.4%	12.6%		19.3%	
165-170	7.5%	7.5%	8.3%	13.5%	15.6%			
170-175	6.7%	5.4%	9.3%	10.4%	10.9%			
175-180	6.0%	7.2%	9.9%	10.3%	10.1%	11.6%		
180-185	10.6%	5.7%	5.7%	10.2%				
185-190	6.3%	5.2%	5.1%	5.6%	6.4%			
190-195	4.7%	6.5%	6.7%	7.3%				
195-200	-0.3%	0.8%	9.9%	9.8%	7.1%			
200-205	2.7%	5.1%						
205-210	-1.3%	1.7%	1.6%					
210-215	5.3%	6.3%						
215-220								
220-225	6.4%							
225-230	2.0%	1.5%						
230-235								
235-240								
240-245								
245-250								
250-255								

De trends in gemiddelde CO₂-emissies op de typekeuringstest (voor Travelcard data en Nederlands gemiddelde) en in de praktijk (op basis van Travelcard data) zijn weergegeven in Figuur 2. Duidelijk zichtbaar is dat de normverbruikscijfers harder dalen dan de praktijkcijfers. Ook laat deze figuur zien dat de gemiddelde typekeuringswaarden in de Travelcard database goed overeen komen met het Nederlandse gemiddelde.



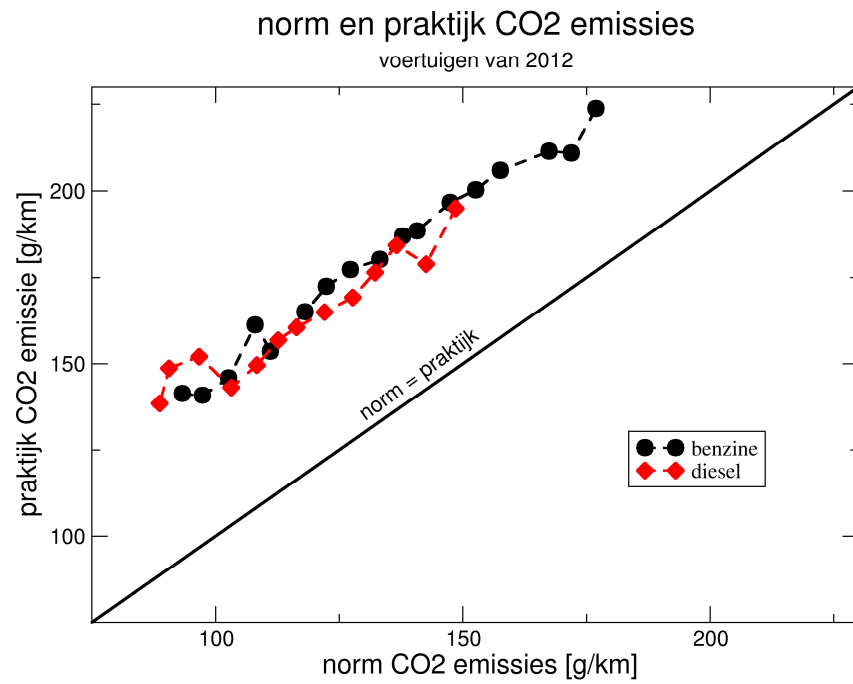
Figuur 2: De trends in gemiddelde CO₂-emissies op de typekeuringstest (voor Travelcard data en Nederlands gemiddelde) en in de praktijk (op basis van Travelcard data) op basis van een weging over de aandelen benzine- en dieselveertuigen in het Nederlandse park.

Een vergelijking van de huidige gemiddelde praktijk CO₂-waarden met de normwaarden (en dus ook van gemiddeld praktijkverbruik met normverbruik) is weergegeven in Figuur 3. Gemiddelden zijn bepaald op basis van de tankpasdata voor voertuigen die in 2012 op de weg zijn toegelaten (d.w.z. typekeuring afgegeven in 2012).

Voor conventionele voertuigen op benzine en diesel zijn uit de grafiek de volgende conclusies te trekken:

- Het verschil tussen praktijkverbruik en normverbruik is in absolute zin redelijk constant en neemt slechts langzaam toe met een afnemend normverbruik. Het relatieve verschil² neemt in dit geval vanzelfsprekend wel toe met een afnemend normverbruik.
- Benzine- en dieselveertuigen vertonen een zeer vergelijkbaar gedrag met betrekking tot het meerverbruik.
- De globale trend is dat auto's met een lager normverbruik ook in de praktijk zuiniger zijn dan auto's met een hoger normverbruik. Een uitzondering zijn de fluctuaties rond 100 g/km. Benzineauto's die qua normverbruik net onder 110 g/km liggen, lijken niet zuiniger te zijn dan auto's die daar net boven liggen. Het zelfde is zichtbaar bij diesel voertuigen rondom ongeveer 95 g/km.

² relatief verschil = (praktijkwaarde – normwaarde) / normwaarde -1, uitgedrukt in %



Figuur 3: Norm- en praktijkverbruik van personenauto's met datum van eerste toelating in 2012, uitgezet in termen van de CO₂-emissie.

3 Praktijkverbruik van plug-in auto's

In dit hoofdstuk wordt in meer detail gekeken naar het praktijkverbruik van zogenaamde plug-in hybride, semi-elektrische, of range-extender voertuigen. Deze categorie voertuigen, hier samengevat onder de noemer "plug-ins", rijdt zowel op brandstof, veelal benzine, als op elektriciteit. De batterij wordt opgeladen uit het elektriciteitsnetwerk, maar wordt tijdens het rijden ook gedeeltelijk bijgeladen door remmen op de elektromotor (regeneratief remmen) en door de verbrandingsmotor. Hoeveel van de gereden kilometers een plug-in voertuig in de praktijk op de elektromotor rijdt, wordt in belangrijke mate bepaald door de inzet van het voertuig en door het rij- en oplaadgedrag van de bestuurder.

De in dit rapport gemaakte analyse van het meerverbruik van plug-ins is gebaseerd op drie modellen, die reeds in significante aantallen op de Nederlandse markt zijn verschenen: de technische grotendeels identieke Opel Ampera en Chevrolet volt, en de Toyota Prius plug-in. Inmiddels zijn er meer plug-in modellen beschikbaar en de komende tijd zullen er nog nieuwe verschijnen. Omdat van deze voertuigen nog geen praktijkverbruiksgegevens beschikbaar zijn, konden ze nog niet in dit rapport worden meegenomen.

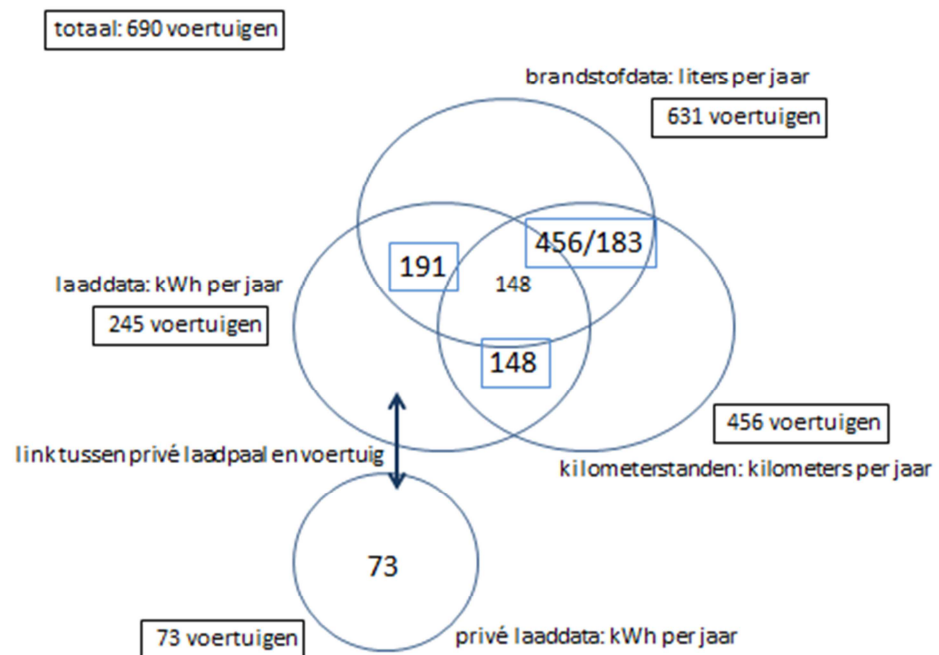
Voorbehouden met betrekking tot de representativiteit van de analyse

Beschikbare gegevens over het brandstof- en elektriciteitsverbruik van plug-in voertuigen zijn afkomstig van databases die vooral gegevens van zakelijk gebruikte voertuigen bevatten. Het aandeel particuliere gebruikers (incl. ZZP-ers) lijkt ondervertegenwoordigd. Daarnaast betreffen de monitoringdata een vrij korte periode, omdat plug-ins pas in de tweede helft van 2012 in grote aantallen werden uitgeleverd. Uit gesprekken met importeurs is gebleken dat gebruikers van voertuigen na levering van het voertuig vaak nog geruime tijd hebben moeten wachten op het beschikbaar komen van laadfaciliteiten. Een ander gevolg van de korte monitoringperiode is dat er geen voor jaar-rond gebruik representatieve verdeling is van weers- en seizoensinvloeden. Dit betekent dat een aantal voorbehouden moet worden gemaakt met betrekking tot de representativiteit van de uitkomsten van de analyse voor alle in Nederland in gebruik zijnde voertuigen, en dat ook voor de onderzochte groep voertuigen het beeld de komende tijd nog kan veranderen. Deze voorbehouden worden in meer detail toegelicht in paragraaf 3.2.

3.1 De database

De data die gebruikt is voor analyse van het praktijkverbruik van plug-ins komt van meerdere bronnen. Travelcard Nederland BV heeft brandstofverbruiksdata en laaddata beschikbaar gesteld. The New Motion heeft geanonimiseerde laadtransacties vanaf 1 januari 2012 geleverd. Dit betreft zowel data van hun laadpassen als van de laadpalen onder hun beheer. De leasemaatschappijen Alcredis, Ald Automotive, en Alphabet lease hebben laadpasinformatie, brandstofverbruiksdata en kilometerstanden, indien beschikbaar, ter beschikking gesteld. De bruikbare gegevens van Leaseplan Nederland zijn onderdeel van de data van Travelcard Nederland BV. Toyota Nederland heeft informatie aangeleverd over de door hen geleverde voertuigen. In totaal gaat het om 690 voertuigen,

waarvoor ruim vijftienduizend laadtransacties en ongeveer 8000 brandstoftransacties beschikbaar zijn.



Figuur 4: Voor dit onderzoek zijn verschillende databestanden gekoppeld. Waar mogelijk zijn data uit verschillende bestanden, die betrekking hebben op dezelfde voertuigen, aan elkaar gekoppeld. De verschillende doorsneden van de data leiden tot verschillende aantallen bruikbare data voor de verschillende analyses die in dit hoofdstuk worden uitgevoerd.

Noot: Het totaal aantal voertuigen in de database waarvoor brandstofdata en kilometerstanden beschikbaar zijn, is 456. Wanneer deze data worden gefilterd met dezelfde betrouwbaarheidscriteria als gebruikt voor de analyse van het praktijkverbruik van conventionele voertuigen (zie Hoofdstuk 2), dan blijven er 183 voertuigen over. Deze dataset is gebruikt voor bepaling van het gemiddelde praktijkverbruik van plug-ins. Informatie uit de grotere set van 456 voertuigen is gebruikt voor de analyse van mogelijke oorzaken voor het gevonden praktijkverbruik. Over het laden bij een privélaadpaal, met behulp van een laadpaalpas in plaats van een voertuigpas, is voor 73 voertuigen informatie beschikbaar, die is meegenomen in de analyse van het laadgedrag.

De zwakke punten in de data zijn:

1. Het laden buiten het systeem. Gebruikers krijgen in veel gevallen de elektriciteitskosten vergoed, maar gezien de beperkte kosten van het laden kunnen ze ervoor kiezen om buiten de gemonitorde laadinfrastructuur op te laden. Dit kan thuis aan een stopcontact op eigen terrein zijn, maar bijvoorbeeld ook bij het werk of bij bezoekadressen. Uit de brandstofverbruiksgegevens volgt dat voor een aantal voertuigen dit inderdaad aannemelijk is.
2. Bij een privé laadpaal is het mogelijk om te laden met een andere pas, dan de pas die bij de auto hoort. Deze laadsessies kunnen daarom niet altijd gekoppeld worden aan het voertuig. In de gevallen dat een privé laadpaal

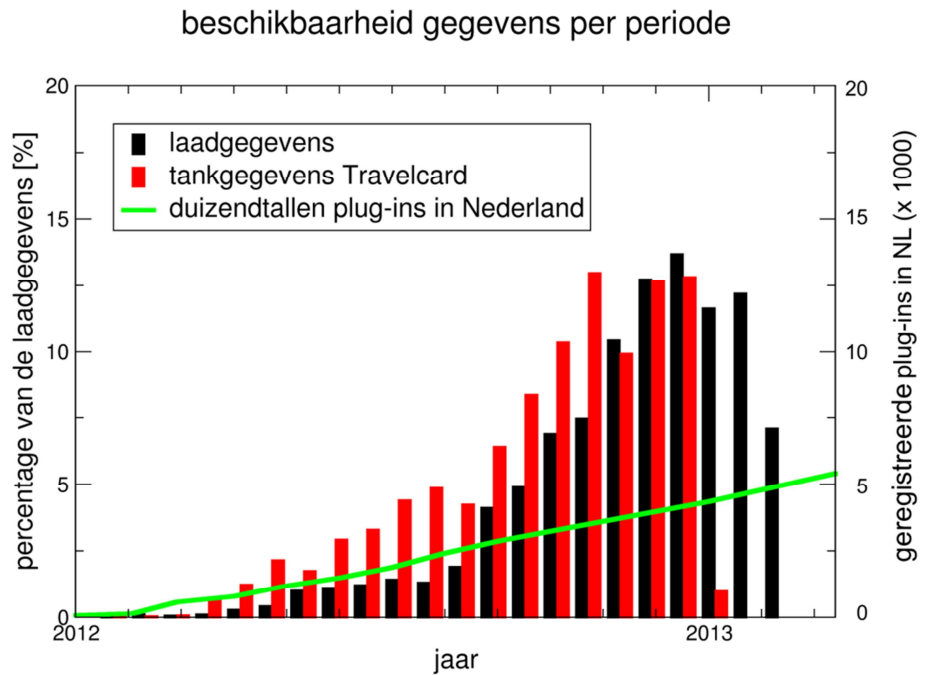
hoofdzakelijk met één voertuigpas en één laadpaalpas gebruikt is, zijn de laadpaalpassen aan de voertuigpassen gekoppeld en de data gecombineerd.

3. Vóór oktober 2012 werden laadtransacties vaak niet afgerekend. Dat kan een reden zijn om deze transacties niet door te geven naar de databases waar voor deze analyse gebruik van is gemaakt.
4. Kilometerstanden worden vaak niet goed bijgehouden. De stringente methodiek, zoals die ook gehanteerd wordt voor filtering van de data van Travelcard Nederland BV, heeft tot gevolg dat veel data niet gebruikt kunnen worden. Een zwakker criterium is twee betrouwbare kilometerstanden met bijbehorende datums (bijvoorbeeld van onderhoudsbeurten). Dit criterium is uiteindelijk gehanteerd in de meeste analyses voor de plug-ins.
5. Beperkte representativiteit van de steekproef voor het gemiddeld gebruik van de totale populatie plug-ins in Nederland. Dit wordt nader toegelicht in paragraaf 3.2.

Analyse van brandstofverbruiksgegevens en kilometerstanden geeft een handvat om inzicht te krijgen in de missende laaddata. Als er minder dan verwacht getankt wordt, mag worden aangenomen dat er elektrische kilometers worden gemaakt.

Bovenstaande betekent dat er voldoende gegevens zijn om een betrouwbare analyse te maken van het gemiddeld brandstofverbruik in de praktijk van de plug-in voertuigen in de database. Onvolledigheden in de laadregistraties maken dat de analyse van het laadgedrag, zoals hieronder gepresenteerd, als meer indicatief moet worden beschouwd. Een betere beschikbaarheid van laaddata heeft geen invloed op de betrouwbaarheid van het berekende meerverbruik, maar zou wel helpen om beter inzicht te krijgen in onderliggende oorzaken.

De meeste laadgegevens zijn van de tweede helft van 2012, zoals te zien is in Figuur 5. Dat is het najaar en de winterperiode. Dit zijn niet de meest gunstige omstandigheden voor het elektriciteitsgebruik van elektrische auto's, vanwege de gevoeligheid van de accu voor lage temperaturen en het gebruik van (elektrische) verwarming. Een kleinere actieradius bij lage temperaturen leidt tot een lager aandeel elektrisch gereden kilometers en dus een hoger gemiddeld brandstofverbruik per kilometer. Ook voor het brandstofverbruik is de hoofdmoot van de gegevens in het najaar en winter. Zoals te zien is in Figuur 1, is in die periode de afwijking tussen normverbruik en praktijkverbruik groter dan het jaarlijks gemiddelde. Ook bij plug-ins mag verwacht worden dat het brandstofverbruik tijdens rijden op de motor 's winters gemiddeld hoger is dan 's zomers. Een inschatting van de potentiële impacts van deze beide effecten wordt gegeven in paragraaf 0.



Figuur 5: De verdeling van de laadgegevens van The New Motion en tankgegevens van Travelcard Nederland BV over de periode 2012 tot februari 2013, alsmede de ontwikkeling van het aantal geregistreerde plug-ins in Nederland.

3.2 Voorbehouden met betrekking tot de representativiteit van de steekproef

Zoals hierboven aangegeven zijn de beschikbare data voldoende om voor de voertuigen in de database betrouwbare resultaten af te leiden over het meerverbruik in de praktijk over de periode waarin de data zijn verzameld. Wel kan dat meerverbruik wat hoger uitvallen dan gemiddeld doordat vooral gebruik tijdens de herfst- en wintermaanden is gemonitord.

De totale database bevat data van ongeveer 10% van alle plug-in voertuigen die in Nederland in gebruik zijn. Het deel van de voertuigen, waarvoor zowel brandstofverbruik en gereden kilometers beschikbaar zijn, is zo'n 4% van de totale populatie. Zowel in absolute als relatieve zin is dit een redelijk grote steekproef.

De representativiteit van de steekproef wordt echter niet alleen bepaald door de omvang ervan maar ook door de mate waarin de verschillende typen gebruik van de voertuigen binnen de steekproef volgens dezelfde verdeling voorkomen als in de totale populatie. Tankpassen worden echter vooral ingezet voor zakelijk gebruik van voertuigen. De gebruikte database zou dus een groter aandeel zakelijke auto's kunnen bevatten dan de totale Nederlandse populatie plug-in voertuigen.

De gegevens over brandstof- en elektriciteitsverbruik van plug-in voertuigen in de database zijn vooral afkomstig van zakelijk gebruikte voertuigen. Het gemiddelde praktijkverbruik, zoals berekend in paragraaf 0, is gebaseerd op 183 voertuigen, waarvoor beschikbare data m.b.t. brandstofverbruik en gereden kilometers zodanig nauwkeurig zijn dat ze voldoen aan de criteria die ook worden gebruikt voor het bepalen van het praktijkverbruik van conventionele voertuigen (zie hoofdstuk 2).

Van deze voertuigen zijn er 16 in privé-eigendom en 167 bedrijfsregistraties. Het gemiddelde brandstofverbruik van de 16 privé auto's is zo'n 8% lager dan van de zakelijke voertuigen, maar dat verschil mag gegeven het kleine aantal privé auto's niet als significant worden beschouwd. Het aandeel privé- en zakelijk gebruikte voertuigen in de landelijke populatie is niet exact bekend. Beschikbare data over registraties van plug-in voertuigen tot half november laten zien dat 28% van de registraties op naam van een natuurlijk persoon is. Dit kunnen ook ZZP-ers zijn, zodat niet al deze voertuigen alleen voor privé-gebruik zijn. Toyota Nederland geeft aan dat 35% van de in Nederland verkochte plug-in Priussen op naam van een natuurlijk persoon zijn geregistreerd. Het lijkt er dus op dat de database met voertuigen, waarvoor met de gewenste nauwkeurigheid brandstof- en kilometerdata beschikbaar zijn, in dit opzicht niet representatief is voor de Nederlandse populatie plug-in voertuigen.

Van particuliere gebruikers van plug-ins, die zelf de brandstofkosten betalen, wordt verwacht dat zij hun best zullen doen om hun voertuig veel uit het stopcontact op te laden en het aandeel elektrisch gereden kilometers te maximaliseren, omdat dit leidt tot lagere overall energiekosten. Zakelijke gebruikers missen die prikkel. Een lager aandeel elektrisch gereden kilometers leidt tot een hogere gemiddeld brandstofverbruik in de praktijk. Een mogelijk oververtegenwoordiging van zakelijk gebruikte voertuigen in de database voor dit onderzoek zou derhalve kunnen leiden tot een overschatting van het meerverbruik van plug-in voertuigen.

Daarnaast betreffen de monitoringdata een vrij korte periode, omdat plug-ins pas in de tweede helft van 2012 in grote aantallen werden uitgeleverd. Het valt te verwachten dat bestuurders die voor het eerst in een plug-in voertuig rijden enige tijd nodig hebben om hun rij- en laadgedrag in te regelen. Uit gesprekken met importeurs is bovendien gebleken dat gebruikers na levering van het voertuig vaak nog enige tijd hebben moeten wachten op het beschikbaar komen van laadfaciliteiten. Ook is de beschikbaarheid van publieke laadfaciliteiten momenteel nog beperkt, maar wel groeiende. Dit betekent dat voor de onderzochte groep voertuigen het beeld de komende tijd nog kan veranderen.

De resultaten die in dit hoofdstuk worden gepresenteerd moeten daarom als indicatief en voorlopig worden beschouwd. De resultaten geven een betrouwbaar beeld van het praktijkverbruik van de voertuigen in de database over de periode waarin de gegevens zijn verzameld, maar deze resultaten mogen op grond van bovenstaande overwegingen niet als representatief worden beschouwd voor het praktijkverbruik van de totale populatie plug-in voertuigen in Nederland. De resultaten geven wel een goede indicatie van het effect dat meer of minder elektrisch rijden kan hebben op het brandstofverbruik van plug-in voertuigen in de praktijk.

Op grond van bovenstaande verdient het aanbeveling om het praktijkverbruik van plug-in voertuigen de komende jaren te blijven monitoren. Om er voor te zorgen dat ook van particuliere gebruikers voldoende gegevens beschikbaar komen, moeten er mogelijk gerichte metingen worden uitgevoerd. Daarnaast is het ook noodzakelijk dat de registratie van laad- en tankgegevens en kilometerstanden via bestaande laad- en tankpassen betrouwbaarder wordt en dat bestanden van verschillende dienstverleners beter aan elkaar gekoppeld kunnen worden.

3.3 Het normverbruik van plug-in voertuigen

Het normverbruik³ van plug-ins is gebaseerd op een voorgeschreven procedure⁴, waarbij met een plug-in auto twee verbruikstesten moeten worden uitgevoerd: één met een volle accu en één met een lege accu. Bij de eerste test, die start met een volle accu, wordt de verbrandingsmotor niet of nauwelijks gebruikt, zodat er dus geen of bijna geen brandstof wordt verbruikt en CO₂ wordt uitgestoten. Bij de tweede test, die start met een lege accu, wordt nauwelijks of geen elektriciteit uit het net gebruikt en levert de verbrandingsmotor nagenoeg alle benodigde energie.

Tabel 4: Impliciete weging van op elektriciteit en brandstof gereden kilometers in de typekeuringstest voor plug-in hybrides, in afhankelijkheid van de elektrische actieradius van het voertuig.

Elektrische actieradius volgens typekeuringstest [km]	Veronderstelling t.a.v. aandrijving in typekeuringstest		CO ₂ -waarde test met lege accu delen door factor:
	Aandeel elektrisch	Aandeel brandstof	
12,5	33,3 %	66,7 %	1,5
25	50 %	50 %	2
50	66,7 %	33,3 %	3
75	75 %	25 %	4
100	80 %	20 %	5

Het normverbruik van plug-in voertuigen wordt dus sterk bepaald door de capaciteit van de toegepaste accu.

De resultaten van beide tests moeten worden gewogen volgens een formule op basis van de elektrische actieradius van het voertuig. In Bijlage C wordt de formule in detail uitgelegd. Tabel 4 laat zien hoe deze formule uitwerkt voor voertuigen die de test met volle accu volledig elektrisch kunnen rijden. Het gewogen eindresultaat van de typekeuringstest voor plug-in voertuigen kan in dat geval worden beschouwd als de gemiddelde CO₂-uitstoot over een rit met een lengte gelijk aan de elektrische actieradius plus 25 kilometer, waarbij wordt gestart met een volle accu en er 25 kilometer op de benzinemotor wordt gereden.

Tabel 5: Typekeuringswaarden voor brandstofverbruik en CO₂-emissie van de in Nederland verkochte modellen plug-in voertuigen

	Elektrische Actieradius km	Test 1 (volle accu)		Test 2 (lege accu)		Overall	
		verbruik l/100km	CO ₂ g/km	verbruik l/100km	CO ₂ g/km	verbruik l/100km	CO ₂ g/km
	Toyota Prius plug-in	25	0	0	4,2	98	2,1
Opel Ampera	87	0	0	5,2	119	1,2	27
Chevrolet Volt	87	0	0	5,2	119	1,2	27

De typekeuringsgegevens van de in dit rapport onderzochte plug-ins zijn weergegeven in Tabel 5. De Toyota Prius, Opel Ampera en Chevrolet Volt hebben een zodanig sterke elektromotor en grote accu, dat ze de test met volle accu volledig elektrisch kunnen rijden. Voor de Toyota Prius plug-in, met een elektrische

³ Voor benzinevoertuigen is het verband tussen CO₂ en brandstofverbruik: 23.7 * [liters/100km] = CO₂ [gram/km].

⁴ Zoals beschreven in de UNECE R101 testprocedure

actieradius van 25 km, is het voor het normverbruik impliciet veronderstelde aandeel elektrisch gereden kilometers dus 50%. Voor de Opel Ampera en Chevrolet Volt, beide met een elektrische actieradius van 87 km, is dit 78%.

3.4 Het brandstofverbruik van plug-in voertuigen in de praktijk

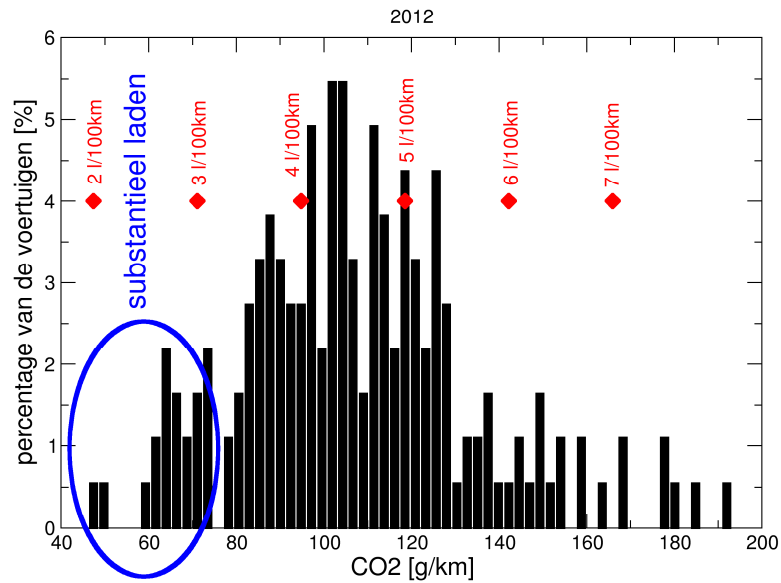
Het brandstofverbruik van plug-ins in de praktijk wordt allereerst bepaald door het verbruik tijdens rijden op de verbrandingsmotor. Net als bij conventionele voertuigen wordt dit bepaald door de inzet van het voertuig, rijstijl van de bestuurder en een reeks van andere variabelen. Het aandeel van de gereden kilometers dat elektrisch wordt afgelegd werkt ook door in het gemiddelde brandstofverbruik. Hoe meer elektrisch wordt gereden, hoe lager het gemiddeld brandstofverbruik. Het aantal elektrisch afgelegde kilometers wordt bepaald door de elektrische actieradius van het voertuig in de praktijk (= de maximale afstand die op een volle batterij elektrisch gereden kan worden), door de beschikbaarheid van laadpunten en de mate waarin de bestuurder daar gebruik van maakt.

De elektrische actieradius varieert in de praktijk met de gebruiksomstandigheden. Bij lage snelheden is de elektrische actieradius groter, vanwege de lagere rol- en luchtweerstand. De gemiddelde snelheid op de test waarmee de elektrische range wordt bepaald is 33 km/h, in praktijk zal dit tussen de 45 en 65 km/h liggen. Voor een elektrische aandrijving werkt dat sterker dan voor een verbrandingsmotor direct door in het energiegebruik, dat dan 40 tot-70% hoger ligt. Andere factoren die de actieradius beïnvloeden zijn bijvoorbeeld gebruik van de verwarming en airco, elektrische accessoires, en de verminderde capaciteit van de accu bij koud weer. Allemaal reduceren ze de elektrische actieradius.

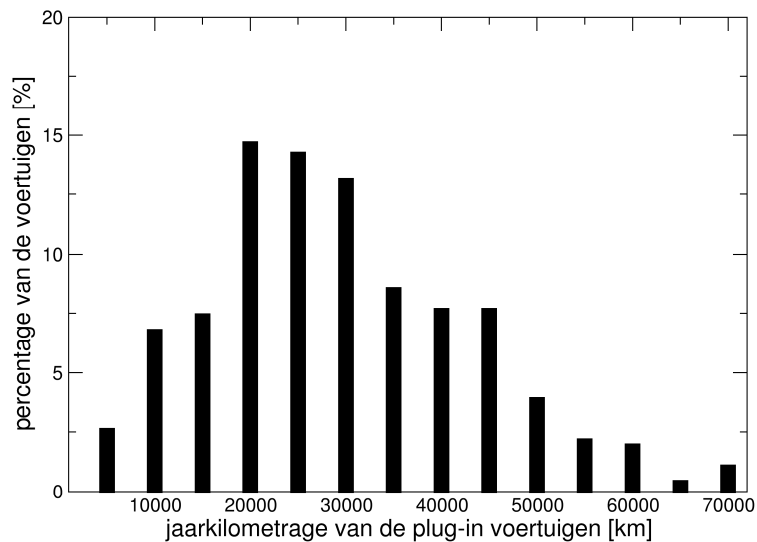
De mogelijkheid om frequent te laden bepaalt of het normverbruik überhaupt gehaald kan worden met de plug-in voertuigen. Om frequent laden te stimuleren leveren Opel en Toyota een laadpunt bij iedere verkocht plug-in voertuig. Of de gebruiker daadwerkelijk van de beschikbare laadinfrastructuur gebruik maakt of kan maken, is de andere bepalende factor voor het aandeel elektrisch gereden kilometers in het totaal aantal kilometers.

Voor voertuigen met een hoog jaarkilometrage, die in de regel veel lange ritten maken en veel op de snelweg rijden, zal het moeilijker zijn om een groot aandeel elektrisch gereden kilometers te realiseren.

Figuur 6 geeft de spreiding weer in het gemiddeld brandstofverbruik per kilometer van plug-in voertuigen, uitgedrukt in CO₂ emissies uit de uitlaat, zoals afgeleid uit de praktijkgegevens over 2012. Alhoewel enkele voertuigen een hoog brandstofverbruik hebben, ligt het gemiddelde op 4,6 l/100km. De spreiding tussen voertuigen onderling is gemiddeld 1,2 l/100km. In termen van CO₂ is het gemiddelde 109 g/km en de spreiding 28 g/km. De gebruikers zelf rijden redelijk constant met een spreiding van 1,1 l/100km van tankbeurt tot tankbeurt. Van 183 voertuigen zijn de brandstofverbruiksdata en de kilometerregistraties per tankbeurt betrouwbaar genoeg om in deze analyse meegenomen te worden. Dit is vergelijkbaar met de strikte analyses die jaarlijks voor Travelcard worden gemaakt. De missende tankbeurten, in de zomermaanden of het buitenland, zijn zo ook uit de data gefilterd.

benzine-gerelateerde CO₂ emissies van plug-in voertuigen

Figuur 6: Het gemiddeld brandstofverbruik van plug-in voertuigen in de praktijk, omgerekend naar CO₂-emissies. Alhoewel enkele voertuigen een hoog brandstofverbruik hebben, ligt de gemiddelde praktijkemissie op 109 g/km, wat overeenkomt met 4.6 l/100 km. Het bij de CO₂-emissies behorende brandstofverbruik in liters per 100 kilometer staat in rood aangegeven in de grafiek.

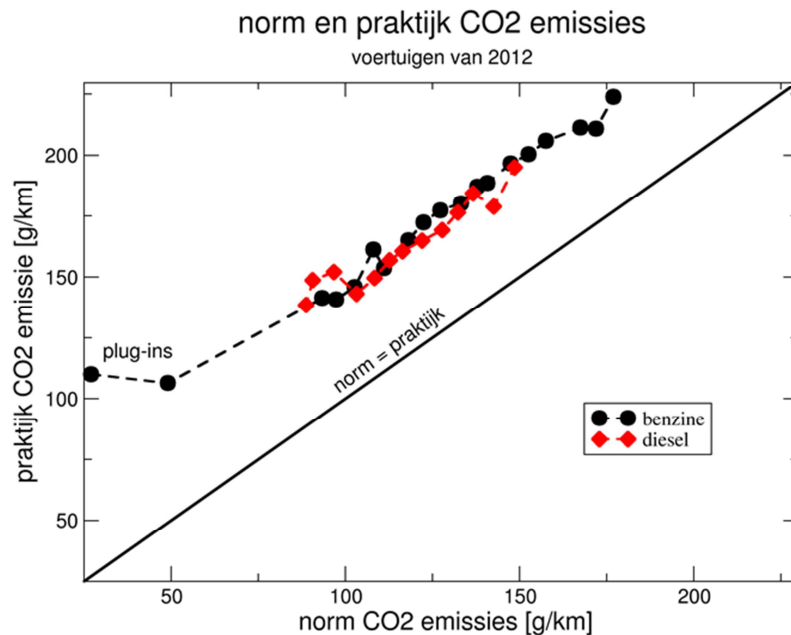


Figuur 7: Het jaarkilometrage van de plug-in voertuigen in de database. Het gemiddelde van 25.000 km per jaar komt goed overeen met het gemiddelde voor zakelijk gebruik van nieuwe benzineauto's.

Figuur 7 geeft de spreiding weer in de jaarkilometrages van de plug-in voertuigen. Het gemiddelde van 25.000 km per jaar komt goed overeen met het gemiddelde voor zakelijk gebruik van nieuwe benzineauto's. Veel voertuigen in de database zijn

korter dan een jaar op de weg. Hiervan is het totale kilometrage over de gebruiksduur omgerekend naar de periode van een jaar.

In Figuur 8 zijn de resultaten voor plug-in voertuigen toegevoegd aan de in het eerste deel van dit rapport bepaalde resultaten voor conventionele voertuigen. Voor beide modellen geldt dat het absolute brandstofverbruik in de praktijk veel lager is dan dat van enige andere groep voertuigen.



Figuur 8: Norm- en praktijkverbruik van personenauto's met datum van eerste toelating in 2012, zoals bepaald in het eerste deel van deze studie en uitgezet in termen van de CO₂-emissie, met de waarden voor plug-in voertuigen toegevoegd.

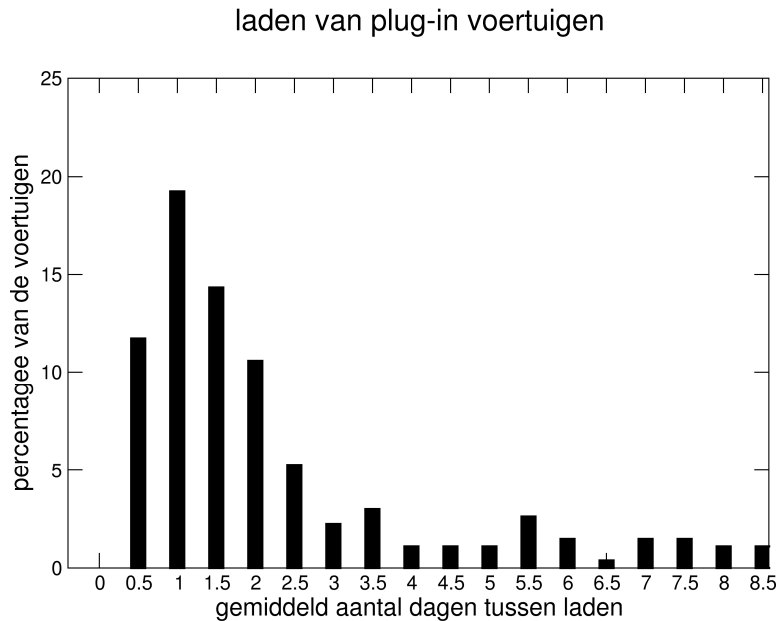
De normwaarden voor de plug-in Prius en de Ampera / Volt zijn 49 en 27 g/km en deze liggen geheel aan de linkerkant van de grafiek. Voor de plug-in Priussen in de database wordt een CO₂-emissie in de praktijk van 106 g/km waargenomen, ofwel 57 g/km hoger dan de typekeuringswaarde. De voertuigen van de modellen Opel Ampera en Chevrolet Volt in de database stoten in de praktijk 110 g/km uit, wat 83 g/km hoger is dan hun normwaarde. Het absolute verschil tussen praktijk- en normemissies is van dezelfde orde van grootte als bij de zuinigste conventionele voertuigen zoals te vinden in Bijlage B.

Een vergelijking van praktijk- en normwaarden op basis van well-to-wheel emissies is te vinden in Bijlage D.

3.5 Analyse van het laadgedrag van plug-in voertuigen

Van een aantal plug-in voertuigen is het laadgedrag voldoende bekend. Dit is weergegeven in Figuur 9. Ongeveer één derde van deze voertuigen laadt één of twee keer per dag op. De gebruikers van deze voertuigen maken goed gebruik van de laadmogelijkheden. Van andere voertuigen in de database is het laadgedrag onbekend. Gezien het lage brandstofverbruik van sommige van deze auto's is het aannemelijk dat deze voertuigen van een niet aan het tankpasje gekoppelde

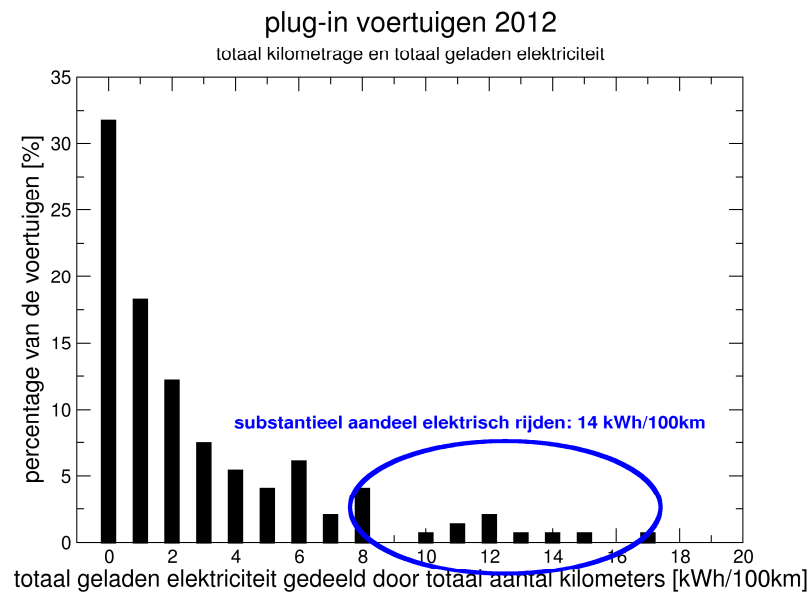
laadinfrastructuur gebruik maken. Een ander deel van de voertuigen, met een bovengemiddeld brandstofverbruik, lijkt hoofdzakelijk op benzine te rijden.



Figuur 9: Laadgedrag van voertuigen waarvoor in voldoende detail laadgegevens beschikbaar zijn. Van deze voertuigen laadt 12% gemiddeld twee keer per dag, en 19% gemiddeld één keer per dag. De rest maakt minder gebruik van de laadinfrastructuur.

Uit de beschikbare data is niet direct af te leiden welk deel van de kilometers door plug-in voertuigen elektrisch wordt gereden. Het gemiddeld elektriciteitsverbruik, dat wil zeggen de totale geladen hoeveelheid elektriciteit gedeeld door de totaal gereden kilometers, geeft echter wel een sterke indicatie van de mate waarin elektrisch wordt gereden. Voor die voertuigen in de database waarvoor laadgegevens en gereden kilometers beschikbaar zijn, is het gemiddelde elektriciteitsverbruik weergegeven in Figuur 10. Uit deze figuur blijkt duidelijk dat een groot deel van de voertuigen weinig elektriciteit verbruikt per kilometer. Dit is alleen mogelijk wanneer het merendeel van de kilometers op de verbrandingsmotor wordt afgelegd.

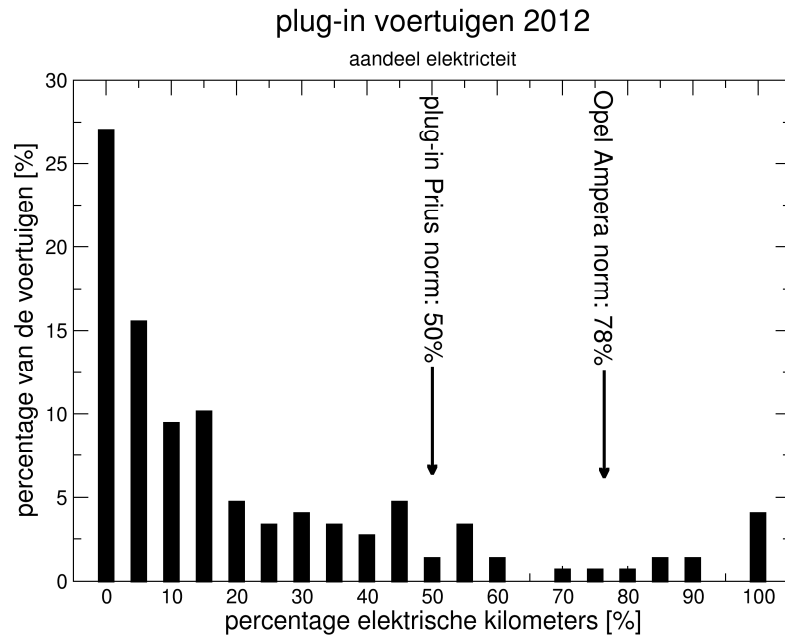
Op basis van redelijke aannames is wel een inschatting te maken van het aandeel elektrisch gereden kilometers. Een aantal voertuigen rijdt hoofdzakelijk op elektriciteit. Gebruikers die veel opladen en weinig tanken rijden ongeveer 7 km per kWh, ofwel 14 kWh/100km. Maar daarin zit een grote variatie: tussen de 10 kWh/100 km en de 20 kWh/100km.



Figuur 10: Verdeling van het gemiddelde elektriciteitsverbruik per gereden kilometer. Op basis van een gemiddeld verbruik van zo'n 14 kWh/100 km voor volledig elektrisch afgelegde kilometers kan worden geconcludeerd dat een groot deel van de plug-in voertuigen een relatief laag aandeel elektrisch gereden kilometers heeft.

Met behulp van de aanname dat elektrische rijden gemiddeld 14 kWh/100km verbruikt, kan het elektriciteitsverbruik van de voertuigen uit Figuur 10 worden omgerekend in een aantal elektrisch gereden kilometers. Het geschatte aantal elektrische kilometers gedeeld door het geregistreerde totale kilometrage levert het geschatte aandeel elektrische kilometers. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 11. Het gemiddelde aandeel elektrisch rijden kan zo worden geschat op 22%. Dit is veel minder dan de aandelen elektrisch rijden die voor beide voertuigmodellen impliciet worden aangenomen in de vaststelling van het normverbruik.

Het aantal keren laden per dag geeft aan wat de waarschijnlijke oorzaak is van een laag aandeel elektrisch kilometers. De zakelijke rijder die 30.000 kilometer per jaar rijdt, rijdt typisch 150 tot 200 km per dag. Als deze maar één keer laadt per dag, dan kan met een plug-in Prius ongeveer 18-20 km elektrisch gereden worden op een volle acculading: ongeveer 10% van de totale afstand. Met de Ampera kan in de praktijk 50-70 km elektrisch gereden worden op een volle acculading, dat is ongeveer 30% elektrische kilometers op een totaal 150 tot 200 km per dag.



Figuur 11: Geschatte verdeling van de aandelen elektrisch gereden kilometers op het totaal op basis van de aanname dat bij elektrisch rijden het energiegebruik gemiddeld 14 kWh/100 km is.

De data die ten grondslag liggen aan Figuur 10 en Figuur 11 betreffen voertuigen waarvan de hoeveelheid geladen elektriciteit en de gereden kilometers bekend zijn. Dit is slechts een deel van de plug-ins in het totale bestand.

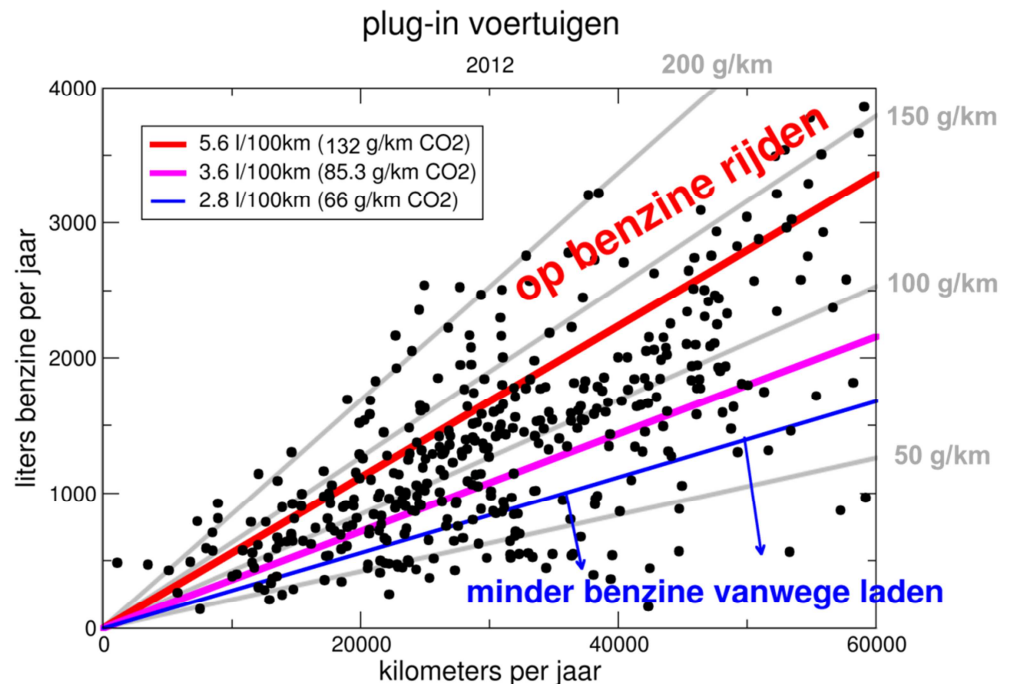
Een ander deel van de database betreft voertuigen waarvan wel de totale hoeveelheden getankte brandstof en geladen elektriciteit bekend zijn, maar niet noodzakelijk altijd de gereden kilometers. Ook voor deze voertuigen is het mogelijk een inschatting te maken van het aandeel elektrisch gereden kilometers. Hiervoor maken we gebruik van de volgende aannames:

- Een gemiddeld brandstofverbruik van 4,6 liter/100km (inclusief de elektrisch gereden kilometers), zoals deze wordt bepaald voor de voertuigen in de database waarvan getankte brandstof en gereden kilometers bekend zijn;
- Een gemiddeld elektriciteitsverbruik bij elektrisch rijden 14 kWh/100km, zoals hierboven wordt onderbouwd.

Door getankte brandstof en geladen elektriciteit te delen door deze waarden kunnen de gereden kilometers afgelegd op de motor en afgelegd elektrisch worden ingeschat. Op deze manier is het aandeel elektrisch gereden kilometers 24% van het totale kilometrage berekend.

Op grond van Figuur 4 is duidelijk dat van minder dan de helft van de voertuigen laadgegevens beschikbaar zijn. De hierboven afgeleide schatting van 22%-24% elektrisch rijden is gebaseerd op dat deel van de voertuigen waarvan wel laadgegevens beschikbaar zijn. Voor de voertuigen waarvan we geen

laadgegevens ter beschikking hebben kan het zijn dat ze evenveel laden als de voertuigen waarvoor wel gegevens beschikbaar zijn, maar dat zou betekenen dat deze voertuigen vooral laden aan “domme” laadpunten die geen gegevens opslaan. Het is echter niet onwaarschijnlijk dat deze voertuigen minder elektrisch rijden dan de voertuigen waarvan de bestuurders wel consciëntieus gebruik maken van laadpassen en gemonitorde laadpalen. In het uiterste geval dat de voertuigen waarvan we geen laadgegevens hebben helemaal geen elektriciteit laden, komen we uit op een gemiddelde aandeel elektrisch rijden van slechts 10%. De schatting van 22%-24% moet dus als een waarschijnlijke bovengrens worden beschouwd.



Figuur 12: Verband tussen het totaal per jaar getankte aantal liters en het jaarkilometrage. De voertuigen in de band tussen de rode en de paarse lijn rijden relatief veel op benzine (tussen 3.6 en 5.6 l/100 km komt overeen met 85 en 132 gCO₂/km), terwijl de voertuigen met een totaal verbruik onder de blauwe lijn waarschijnlijk een groot deel van hun kilometers elektrisch rijden. Deze analyse is op basis van alle 456 voertuigen waarvoor verbruiks- en kilometerdata beschikbaar zijn.

Om de representativiteit van bovenstaande analyses voor de gehele database van plug-in voertuigen nader te kunnen beoordelen is in Figuur 12 van alle voertuigen waarvoor tankdata en kilometergegevens beschikbaar zijn het totale jaarverbruik afgezet tegen het jaarkilometrage. Voor plug-ins die hoofdzakelijk op benzine rijden is een lineair verband tussen brandstofverbruik en kilometers te verwachten. Dit is zichtbaar voor voertuigen in de weergegeven band tussen de rode en de paarse lijn. In gevallen dat er ook significante hoeveelheden elektriciteit geladen is, worden er minder liters verbruikt bij eenzelfde jaarkilometrage. Dit is waarschijnlijk het geval voor de voertuigen onder de blauwe lijn. Bij hogere jaarkilometrages blijken er weinig voertuigen te zijn met een brandstofverbruik buiten de band tussen de rode en de paarse lijn. Dat betekent dat voor hoge jaarkilometrages het aandeel elektrisch rijden meestal relatief laag is.

Uit Figuur 12 kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De meeste voertuigen hebben een grote inzet. De omgerekende jaarkilometrages liggen veelal tussen de 20.000 en 40.000 kilometer.
- Er zijn redelijk veel voertuigen met kilometrages boven 30.000 km en toch een laag totaal aantal getankte liters. Dit betekent dat er toepassingen zijn waarin veel rijden goed te combineren is met veel laden. Dit betekent ook dat er mogelijk een verbeterpotentieel is voor het praktijkverbruik van plug-ins, en daarmee voor hun netto CO₂-reductie, dat gerealiseerd kan worden door plug-ins meer in dit soort toepassingen in te zetten, danwel door het voor andere veelrijders mogelijk te maken meer gebruik te maken van oplaadinfrastructuur.
- Gemiddeld gezien is er een sterk verband tussen de afgelegde afstand en het brandstofverbruik, dat resulteert in een gemiddeld brandstofverbruik van 4.6 l/100km. Dit komt overeen met een CO₂-uitstoot van 109 g/km.

3.6 Oorzaken van het hogere praktijkverbruik van plug-in voertuigen

Er zijn twee voor de hand liggende oorzaken waardoor het praktijkverbruik van plug-in voertuigen hoger uitvalt dan de typekeuringswaarde:

- een hoger praktijkverbruik tijdens rijden op de verbrandingsmotor, zoals dat ook het geval is voor conventionele voertuigen;
- een lager aandeel elektrisch gereden kilometers dan verondersteld in de typekeuringsprocedure.

Daarnaast zou ook de scheve verdeling van beschikbare data over het jaar (zie Figuur 5) invloed kunnen hebben op het gevonden praktijkgemiddelde doordat effecten van weersomstandigheden dan niet uitmiddelen.

Invloed van aandeel elektrisch rijden en meerverbruik bij rijden op benzine

Op basis van een analyse van de data van voertuigen waarvoor laadgegevens beschikbaar zijn, komen we in paragraaf 3.5 tot de conclusie dat de plug-in voertuigen in de database gemiddeld zo'n 22-24% van hun kilometers elektrisch rijden. Dat aandeel wijkt duidelijk af van de impliciete aandelen elektrisch rijden die onderdeel zijn van de weging waarmee de typekeuringswaarde wordt vastgesteld (zie paragraaf 3.3 en Bijlage C). Het gemiddelde over alle plug-ins in de database, inclusief die waarvoor geen laadgegevens beschikbaar zijn, is mogelijk lager.

In Tabel 6 wordt ingeschat met welk aandeel elektrisch rijden de in deze studie bepaalde praktijkemissies kunnen worden verklaard. Daartoe is eerst voor de verschillende modellen de CO₂-emissie zoals bepaald in test 2 (startend met lege accu en dus nagenoeg geheel op de motor gereden) omgerekend naar een geschatte praktijkemissie bij rijden op de motor. Daarvoor zijn de relatieve meerverbruiken toegepast, zoals bepaald in Tabel 2 voor de emissieklassen waarin de Toyota Prius plug-in (95-100 g/km, typekeuringsjaar 2012) resp. de Opel Ampera / Chevrolet Volt (115-120 g/km, typekeuringsjaar 2012) bij 100% rijden op de benzinemotor zouden vallen. Op basis van de in deze studie bepaalde gemiddelde praktijkemissie over alle gereden kilometers en de geschatte

praktijkemissie op de verbrandingsmotor per gereden kilometer kan vervolgens het aandeel elektrisch gereden kilometers worden ingeschat.

Tabel 6: Inschatting van de potentiële bijdragen van enerzijds meerverbruik tijdens rijden op de benzinemotor en anderzijds het aandeel elektrisch rijden op het gemiddeld meerverbruik van plug-in voertuigen zoals bepaald in deze studie. De schuingedrukte getallen in de grijze cellen zijn geschatte waarden. De overige getallen zijn typekeuringsdata of direct uit de database afgeleide cijfers.

		elektrische actieradius	aandeel elektrische kilometers	CO ₂ test 1 (volle accu)	CO ₂ test 2 (lege accu)	meer-verbruik bij rijden op motor	praktijk CO ₂ bij rijden op motor	overall CO ₂	gemiddeld meer-verbruik
		km		g/km	g/km		g/km	g/km	g/km
Toyota Prius plug-in	typekeuring	25	50%	0,0	98,0			49,0	
	praktijk		25%	0,0	98,0	44,6%	141,7	106,4	57,4
Opel Ampera / Chevrolet Volt	typekeuring	87	78%	0,0	119,0			27,0	
	praktijk		34%	0,0	119,0	39,7%	166,2	110,0	83,0

Voor de Toyota Prius plug-in komt dat aandeel uit op 25%, voor de Opel Ampera / Chevrolet Volt op 34%. Deze getallen komen redelijk overeen met het uit de praktijkdata geschatte aandeel elektrisch rijden van 22-24%. Het feit dat het op deze wijze geschatte aandeel elektrisch gereden kilometers voor de Toyota Prius plug-in lager is dan het gemiddelde voor de Opel Ampera / Chevrolet Volt is te verwachten op basis van de verschillen in accucapaciteit en de elektrische actieradius.

Invloed van weerseffecten

Het feit dat de beschikbare data vooral in de tweede helft van het jaar (herfst en deel van winter) gereden kilometers betreffen, maakt dat weerseffecten het gevonden gemiddelde brandstofverbruik mogelijk anders beïnvloeden dan gemiddeld over een heel jaar het geval zou zijn. Daarbij gaat het vooral om het feit dat het brandstofverbruik bij rijden op de motor 's winters hoger is dan 's zomers (zie Figuur 1) en de invloed van temperatuur op de actieradius bij rijden op de elektromotor.

Het eerste effect kan worden bepaald door informatie uit Figuur 1 en Figuur 5 te combineren. De variatie in brandstofverbruik, zoals weergegeven in Figuur 1, tussen rijden op de verbrandingsmotor in winter en zomer is zo'n 8%. De maximale afwijking tussen het jaargemiddelde verbruik en het verbruik gemeten in een kortere periode is dus 4%, wat voor de plug-in voertuigen neerkomt op 4 g/km. Weging van het seizoenseffect op brandstofverbruik over de scheve verdeling van brandstofdata in de database levert een gemiddeld effect op dat ongeveer een kwart is van het maximale effect. Dat betekent dat de gemiddelde CO₂-uitstoot maximaal 1 g/km lager zou zijn geweest als de beschikbare data wel gelijkmatig over een heel jaar verdeeld waren geweest.

Bij lage temperaturen is de netto capaciteit van een batterij kleiner, zodat op dezelfde lading minder kilometers gereden kunnen worden. Energiegebruik door elektrische verwarming en verlichting zorgen voor een verdere verkleining van de actieradius van elektrische voertuigen bij lagere temperaturen. Het verschil in gemiddelde temperatuur tussen de warmste en koudste maand is in Nederland zo'n

15°C. Uit beschikbare informatie voor de Opel Ampera blijkt dat de actieradius bij 5°C zo'n 15% kleiner is dan bij 20°C. Een verlaging van het aantal elektrisch gereden kilometers in de totale gereden afstand⁵ met 15% leidt tot een verhoging van het gemiddeld brandstofverbruik met 8%. De maximale afwijking ten opzichte van het gemiddelde is dus ook hier 4%. Wanneer net als bij het hierboven behandelde effect gemiddeld een kwart van het maximale effect doorwerkt in het hier bepaalde gemiddelde over de monitoringperiode, dan zou voor wat betreft de invloed van temperatuur op de elektrische actieradius het gemiddelde verbruik 1 g/km lager zijn geweest als de voertuigen wel jaar-rond gemonitord waren.

Het feit dat de beschikbare data niet gelijkmatig over het jaar verdeeld zijn heeft dus waarschijnlijk wel invloed op gemiddeld verbruik en CO₂-emissie zoals in deze studie bepaald, maar deze effecten zijn zeer beperkt.

Conclusie

Bovenstaande indicatieve analyse toont aan dat er voor het relatief hoge meerverbruik ten opzichte van de normwaarden, zoals we dat bij plug-in voertuigen constateren, geen andere verklaringen nodig zijn dan het meerverbruik tijdens rijden op de motor, zoals we dat ook bij zuinige conventionele voertuigen zien, en het lagere aandeel elektrisch gereden kilometers dan het aandeel dat impliciet verondersteld wordt bij de vaststelling van de typekeuringswaarde.

⁵ Dit is het effect van een kleinere actieradius als 's zomers en 's winters gemiddeld even veel / vaak geladen wordt.

4 Conclusies

4.1 Conclusies met betrekking tot het praktijkverbruik van zakelijke auto's

In dit rapport zijn analyses gerapporteerd van het brandstofverbruik in de praktijk van een grote groep leasevoertuigen waarvoor gebruik wordt gemaakt van tankpassen van de firma Travelcard Nederland BV. Praktijkdata worden vergeleken met de zogenaamde normwaarden, die worden opgegeven door de fabrikant en zijn bepaald op de Europese typekeuringstest. Op grond van verschillende overwegingen is het aannemelijk dat trends, die in deze data zichtbaar zijn, ook geldig zijn voor voertuigen in particulier bezit.

Uit de analyses blijkt dat het meerverbruik van een grote groep moderne zakelijke personenauto's zo'n 30% tot 50% bedraagt van de opgegeven typekeuringswaarde. In absolute termen uitgedrukt zijn de emissies van CO₂ in de praktijk 40 tot 60 g/km hoger dan de normwaarden. Het verschil tussen praktijkverbruik en normverbruik is in de afgelopen jaren zowel in absolute als in relatieve zin duidelijk toegenomen.

De relatieve afwijking tussen praktijk en norm is groter voor voertuigen met een lager normverbruik. Niet alleen relatief uitgedrukt is het verschil groter voor zuinige auto's, maar ook het absolute verschil neemt iets toe met afnemend normverbruik: het verschil tussen norm en praktijk is, uitgedrukt in CO₂-emissies, meer dan 50 g/km voor zuinige auto's en iets minder voor minder zuinige auto's.

Modellen die op de typekeuringstest zuiniger zijn dan andere modellen zijn dat gemiddeld in de praktijk ook. Alleen bij zeer zuinige voertuigen, met een CO₂-emissie rond de 100 g/km, zien we dat auto's die op de typekeuring zuiniger zijn dan andere auto's, soms in de praktijk wat onzuiniger kunnen zijn.

Bij benzinevoertuigen is in 2012 een stap in het meerverbruik zichtbaar voor voertuigen die minder uitstoten dan 110 g/km. Bij diesel is een vergelijkbare stap waarneembaar rond 95 g/km. Dit suggereert een mogelijk verband met de grenswaarden die gelden voor BPM-vrijstelling en het 14% tarief voor de bijtelling in verband met privégebruik van een auto van de zaak.

Er springen wat betreft meerverbruik geen technologieën of merken speciaal in het oog. Door de bank genomen zijn voertuigen op diesel en benzine en de verschillende modellen en merken goed vergelijkbaar in de afwijking tussen normverbruik en praktijkverbruik.

De consequentie van het toenemende verschil tussen praktijk- en typekeuringswaarden is dat de reducties in CO₂-emissies en brandstofverbruik, die worden verwacht door het halen van de Europese CO₂-targets van 130 g/km in 2015 en 95 g/km in 2020, in de praktijk lager uit zullen vallen dan op grond van de typekeuringscijfers wordt verwacht. Grofweg kan gezegd worden dat in de praktijk mogelijk maar de helft van de op het normverbruik gerealiseerde reductie gehaald wordt.

Dat brandstofverbruik en CO₂-emissies in de praktijk hoger zijn dan de door fabrikanten opgegeven typekeuringswaarden komt onder meer door verschillen in de inzet van voertuigen, de rijstijl van gebruikers en de rijomstandigheden in de praktijk vergeleken met het ritpatroon waarop het voertuig getest wordt en de condities tijdens deze test. Ook zijn voertuigen in de praktijk niet gelijk aan de voertuigen die gebruikt worden voor de typekeuring. Daarnaast wordt in de typekeuringstest het energiegebruik voor bijvoorbeeld verlichting, airconditioning en accessoires niet meegenomen.

Belangrijke oorzaken voor het toenemende verschil tussen praktijk en typekeuring hebben te maken met de toegepaste techniek en met veranderingen in hoe voertuigen getest worden. Sommige van de in recente jaren toegepaste technieken om brandstof te besparen, zoals start-stop systemen, leveren veel op in het stadsdeel van de testcyclus. In deze cyclus is het aandeel stadsverkeer wat groter dan in de Nederlandse praktijk en bovendien zijn er aanwijzingen dat de toegepaste technieken in werkelijk stadsverkeer minder opleveren.

Een tweede oorzaak voor een groeiend verschil tussen praktijkverbruik en de waarden heeft te maken met zogenaamde "flexibiliteiten" in de testprocedure. Toegestane bandbreedtes met betrekking tot de testomstandigheden en de conditie van het testvoertuig worden in toenemende mate door fabrikanten uitgenut om lagere verbruiks- en CO₂-emissiecijfers te realiseren op de typekeuringstest. Dit leidt tot reducties op papier die zich niet vertalen in verbruiksreducties in de praktijk.

4.2 Conclusies met betrekking tot het praktijkverbruik van plug-in auto's

Voor bepaling van het gemiddeld brandstofverbruik van plug-in voertuigen zijn alleen gegevens over getankte brandstof en gereden kilometers noodzakelijk. De beschikbare databases bevatten voldoende gegevens om voor de in de database aanwezige plug-in voertuigen een betrouwbare analyse te maken van het gemiddeld brandstofverbruik in de praktijk.

Met betrekking tot de representativiteit van deze steekproef voor de totale populatie plug-in voertuigen, en hoe deze gemiddeld worden gebruikt, moet echter een aantal voorbehouden worden gemaakt:

- In de database lijken voertuigen voor zakelijk gebruik oververtegenwoordigd. Van particuliere gebruikers van plug-ins (incl. ZZP-ers), die zelf de brandstofkosten betalen, wordt verwacht dat zij hun best zullen doen om hun voertuig veel uit het stopcontact op te laden en het aandeel elektrisch gereden kilometers te maximaliseren, omdat dit leidt tot lagere overall energiekosten. Zakelijke gebruikers missen die prikkel. Een lager aandeel elektrisch gereden kilometers leidt tot een hogere gemiddeld brandstofverbruik in de praktijk.
- De periode waarover data beschikbaar zijn is beperkt. Plug-in voertuigen worden pas sinds medio 2012 in grote aantallen uitgeleverd in Nederland. Dit betekent dat gebruikers nog aan de voertuigen moeten wennen. Ook lijkt in de beginperiode de beschikbaarheid van laadpunten nog

beperkt te zijn geweest⁶. Het feit dat de monitoringsperiode vooral herfst- en wintermaanden omvat heeft ook invloed, maar dit is beperkt tot zo'n 2 g/km.

- De kwaliteit van beschikbare databestanden is nog niet optimaal. Dit heeft tot gevolg dat het aantal voertuigen, waarvan de data voldoende betrouwbaar waren voor gebruik in de analyse van het brandstofverbruik in de praktijk, beperkt was. De analyse van het laadgedrag kon alleen indicatief worden uitgevoerd.

De mate waarin elektriciteit wordt geladen is een belangrijke verklarende variabele voor het verschil tussen praktijk- en normverbruik van plug-in voertuigen. Beschikbare gegevens over laadregistraties zijn echter zeer onvolledig en koppeling van tank- en laadgegevens bleek in veel gevallen niet mogelijk. Dit betekent dat de analyse van het laadgedrag, zoals gepresenteerd in dit rapport, als indicatief moet worden beschouwd. Een betere beschikbaarheid van laaddata heeft geen invloed op de betrouwbaarheid van het berekende meerverbruik, maar zou wel helpen om beter inzicht te krijgen in onderliggende oorzaken.

In Nederland werden in 2012 drie modellen plug-in hybrides verkocht. De Opel Ampera en Chevrolet Volt zijn varianten van hetzelfde model en hebben een normverbruik van 1,2 l/100km, wat overeen komt met een CO₂-emissie van 27 g/km. De Toyota Prius plug-in heeft een kleinere batterij. De elektrische actieradius volgens typekeuring is 25 km tegen 87 km voor de Opel Ampera en Chevrolet Volt. Het normverbruik van de Toyota Prius plug-in is 2,1 l/100km, wat neerkomt op een CO₂-emissie van 49 g/km.

Alle plug-ins in de database, waarvoor voldoende betrouwbare verbruiks- en kilometerdata beschikbaar zijn, hebben samen een gemiddelde CO₂-emissie in de praktijk van 109 g/km. Het gemiddelde brandstofverbruik is 4,6 l/100km. De praktijk CO₂-emissie van de plug-in Priussen in deze steekproef is met 106 g/km gemiddeld 57 g/km hoger dan de typekeuringswaarde. De praktijkemissie van de voertuigmodellen Opel Ampera / Chevrolet Volt in de steekproef is 110 g/km, ofwel gemiddeld 83 g/km hoger dan de normwaarde. Dit is van dezelfde orde grootte als de extra emissies die worden waargenomen bij zuinige conventionele voertuigen (40 tot 60 g/km). Voor beide modellen geldt dat ondanks het hogere meerverbruik het absolute brandstofverbruik in de praktijk veel lager is dan dat van enige andere groep voertuigen.

Een analyse van de voertuigen, waarvoor laadgegevens beschikbaar zijn, laat zien dat het laadgedrag een belangrijke verklaring geeft voor dit grote verschil tussen praktijk- en normwaarden. Geschat wordt dat de plug-in voertuigen in de database in de praktijk gemiddeld maximaal 22%-24% van hun kilometers elektrisch rijden. Dat betekent dat deze plug-in voertuigen in de praktijk circa 2 tot 3 keer zoveel kilometers op benzine rijden als verondersteld wordt in de verbruiksmeting van de typekeuringstest.

⁶ De doorlooptijd van aanvraag tot plaatsing van een laadpunt was bij de stichting e-laad zo'n vier maanden. Eind augustus 2012 kondigde stichting e-laad een aanvraagstop af voor nieuwe aanvragen van publieke oplaadpunten voor elektrische en plug-in auto's. Vanaf die datum is het dus voor plug-in rijders zonder eigen oprit niet meer mogelijk om via deze stichting een laadpunt bij hun huis te krijgen.

Het laadgedrag laat een grote spreiding zien. Er zijn plug-in voertuigen die nauwelijks elektriciteit laden en nagenoeg al hun kilometers op de verbrandingsmotor rijden. Een derde van de voertuigen waarvoor data beschikbaar waren, laadt echter 1 tot 2 keer per dag. Sommige voertuigen rijden zelfs hoofdzakelijk elektrisch. Een groot deel van de plug-in voertuigen rijdt tussen de 20.000 en 40.000 km per jaar, maar ook jaarkilometrages tot 60.000 km komen voor. Ook bij jaarkilometrages van 30.000 km en hoger zijn er voorbeelden van voertuigen met een laag brandstofverbruik dat alleen kan worden verklaard door een hoog aandeel elektrisch gereden kilometers. Dit toont aan dat er toepassingen zijn waarin veel rijden goed te combineren is met veel laden.

Gemiddeld lijkt het aandeel elektrisch rijden echter af te nemen met een toenemend jaarkilometrage. Bij 30.000 tot 40.000 kilometers per jaar, wat overeenkomt met ongeveer 150-200 kilometer per (werk)dag, zien we in veel gevallen een beperkt aandeel elektrische rijden op de totale afstand. Lange woon-werk afstanden en een beperkte landelijke laadinfrastructuur maken het in dat geval moeilijk om veel te laden.

Op basis van een indicatieve analyse kan worden aangetoond dat er voor het relatief hoge meerverbruik ten opzichte van de normwaarden, zoals we dat bij plug-in voertuigen constateren, geen andere verklaringen nodig zijn dan het meerverbruik tijdens rijden op de motor, zoals we dat ook bij zuinige conventionele voertuigen zien, en het lagere aandeel elektrisch gereden kilometers dan het aandeel dat impliciet verondersteld wordt bij de vaststelling van de typekeuringswaarde.

Dit betekent dat er voor voertuigen die nu rondrijden ook maar twee maatregelen zijn die het praktijkverbruik effectief kunnen verlagen, namelijk verhoging van het aandeel elektrisch rijden en aanpassing van de rijstijl. Het eerste kan worden bewerkstelligd door meer laadfaciliteiten beschikbaar te stellen en gebruikers te stimuleren daar meer gebruik van te maken. Daarnaast is het aan te bevelen om plug-in voertuigen niet in te zetten bij gebruikers die veel kilometers per jaar rijden, tenzij het specifieke gebruikspatroon zodanig is dat dit wel te combineren valt met regelmatig en veel laden. Een energiezuinigere rijstijl verlaagt niet alleen het meerverbruik tijdens rijden op de verbrandingsmotor maar verhoogt ook de elektrische actieradius in de praktijk waardoor makkelijker een groot aandeel elektrische kilometers kan worden gerealiseerd.

Een betere registratie van het laden van plug-in voertuigen is nodig om de effectiviteit te kunnen monitoren van mogelijke maatregelen om het praktijkverbruik van plug-in voertuigen te verlagen.

Op grond van bovenstaande verdient het aanbeveling om het praktijkverbruik van plug-in voertuigen de komende jaren te blijven monitoren en om er voor te zorgen dat ook van particuliere gebruikers voldoende gegevens beschikbaar komen. Daarnaast is het ook noodzakelijk dat de registratie van laad- en tankgegevens en kilometerstanden via bestaande laad- en tankpassen betrouwbaarder wordt en dat bestanden van verschillende dienstverleners beter aan elkaar gekoppeld kunnen worden.

Door hun zeer lage normverbruik maakt een groeiende populariteit van plug-in hybride voertuigen het voor fabrikanten makkelijker om het 130 g/km target voor 2015 en vooral het 95 g/km target voor 2020 te halen. Geholpen door fiscale stimulering groeit de markt voor plug-in voertuigen sterk. Voor dit en komend jaar is de introductie aangekondigd van meerdere nieuwe modellen, uiteenlopend van voertuigen in het middenklasse segment en SUV's tot zelfs het premium segment. Wanneer het meerverbruik van plug-ins zo hoog is en zou blijven als wat is vastgesteld voor het in dit onderzoek geanalyseerde voertuigbestand, dan leidt een verdere toename van het aandeel plug-ins tot een sterke uitholling van de effectiviteit van de Europese CO₂-wetgeving. Dit is overigens geen argument tegen de introductie van deze voertuigen. Er is, zoals hierboven aangegeven, een groot potentieel voor verlaging van het praktijkverbruik van plug-in voertuigen. Plug-ins kunnen bovendien een belangrijke rol spelen in de transitie naar een groter aandeel volledig elektrische voertuigen. Op weg daar naar toe is het echter wel van belang dat met deze nieuwe techniek overtuigende brandstofverbruiks- en CO₂-emissiereducties worden gerealiseerd. Gebruikers en overheden moeten realistische verwachtingen hebben van de milieuvoordelen van plug-ins en die verwachtingen moeten zo goed mogelijk worden waargemaakt.

Het verdient derhalve aanbeveling om te onderzoeken of de typekeuringstest voor plug-in voertuigen kan worden aangepast. Het in de huidige procedure impliciet veronderstelde aandeel elektrisch rijden lijkt te hoog voor realistische toepassingen waarin plug-in voertuigen voor de gebruiker en vanuit CO₂-perspectief interessant zijn. Ook bij de lagere aandelen elektrisch rijden, zoals waargenomen in de Nederlandse praktijk, hebben plug-in voertuigen nog significante verbruiks- en CO₂-emissievoordelen ten opzichte van conventionele voertuigen. Door de weging van de testen die starten met lege resp. volle batterij aan te passen (naar beneden bijstellen van het impliciet veronderstelde aandeel elektrisch rijden) kan een typekeuringswaarde worden verkregen die voor zinvolle toepassingen van plug-in voertuigen niet veel meer van de praktijk afwijkt dan wat waargenomen wordt voor conventionele voertuigen.

Resumerend kunnen met betrekking tot het praktijkverbruik van de drie modellen plug-in voertuigen uit het onderzoek op hoofdlijnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De geanalyseerde plug-in auto's blijken niet alleen op basis van typekeuring maar ook in de praktijk gemiddeld de zuinigste auto's op de Nederlandse markt.
- Het verschil tussen normverbruik en praktijk is bij plug-in voertuigen potentieel anders dan bij conventionele voertuigen omdat, naast de aspecten die voor die voertuigen het praktijkverbruik bepalen, ook het aandeel elektrisch gereden kilometers het praktijkverbruik sterk beïnvloedt.
- De in dit rapport geanalyseerde voertuigen rijden een lager aandeel van hun kilometers elektrisch dan het aandeel dat impliciet wordt verondersteld in de typekeuringstest. Daardoor is het meerverbruik in relatieve zin hoger dan bij conventionele voertuigen. Het meerverbruik van plug-ins in de praktijk wijkt echter in absolute zin nauwelijks af van het meerverbruik van conventionele zuinige auto's.

- De resultaten van dit onderzoek tonen aan dat er voor plug-in voertuigen nog een enorm verbeterpotentieel aanwezig is, dat benut kan worden door de voertuigen in de juiste toepassingen in te zetten en het voor gebruikers mogelijk en aantrekkelijk te maken een groter deel van hun kilometers te rijden op uit het net geladen elektriciteit.
- Met de door Toyota en Opel standaard meegeleverde oplaadpunten en de overige beschikbare laadfaciliteiten in Nederland is een derde van de gemonitorde voertuigen reeds in staat om gemiddeld 1 à 2 keer per dag op te laden. Geschat wordt dat plug-in voertuigen nu reeds een kwart van alle kilometers elektrisch rijden. Verwacht mag worden dat deze cijfers stijgen bij een groeiende beschikbaarheid van laadpunten.

Uit dit onderzoek zijn nog geen definitieve conclusies te trekken over het praktijkverbruik van plug-in voertuigen, omdat de datasets beperkt van omvang zijn en mogelijk niet representatief voor de gehele populatie plug-in voertuigen in Nederland. Het is daarom aan te bevelen om over een jaar nogmaals dit onderzoek uit te voeren en er in de tussentijd voor te zorgen dat er uitgebreidere en betere data beschikbaar komen van een grotere groep voertuigen met een meer representatieve verdeling over zakelijke en particuliere gebruikers.

5 Literatuur

Ligterink, N.E., De Lange, R., & Passier, G.L.M., *Trends in real-world CO₂ emissions of passenger cars*, proceedings of the ETTAP09, Toulouse, June 2009

Ligterink, N.E. & Bos, B., *CO₂ uitstoot in norm en in praktijk – analyse van zakelijke rijders* TNO-MON-2010-00114,

Gerrit Kadijk, Maarten Verbeek, Richard Smokers *et al.*, *Supporting Analysis regarding Test Procedure Flexibilities and Technology Deployment for Review of the Light Duty Vehicle CO₂ Regulations - Service request #6 for Framework Contract on Vehicle Emissions* (Framework Contract No ENV.C.3./FRA/2009/0043), door TNO, AEA, Ricardo en IHS Global Insight in opdracht van de Europese Commissie (DG CLIMA), http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars/docs/report_2012_en.pdf

Ligterink, N.E., Kraan, T.C., & Eijk, A.R.A., *Dependence on technology, drivers, roads, and congestion of real-world vehicle fuel consumption*, Sustainable Vehicle Technologies: Driving the Green Agenda, 14-15 November 2012 2012, Gaydon, Warwickshire

Peter Mock, John German, Anup Bandivadekar, Iddo Riemersma, *Discrepancies between type approval and “real-world” fuel consumption and CO₂ values - Assessment for 2001-2011 European passenger cars*. ICCT Working paper 2012-2, <http://www.theicct.org/fuel-consumption-discrepancies>

Gerrit Kadijk & Norbert E. Ligterink, *Road load determination of passenger cars*, TNO-060-DTM-2012-02014

Mirjam Harmelink *et al.*, *Berekening van de CO₂-emissies, het primair fossiel energiegebruik en het rendement van elektriciteit in Nederland*, AgentschapNL, CBS, ECN en PBL, september 2012

6 Ondertekening

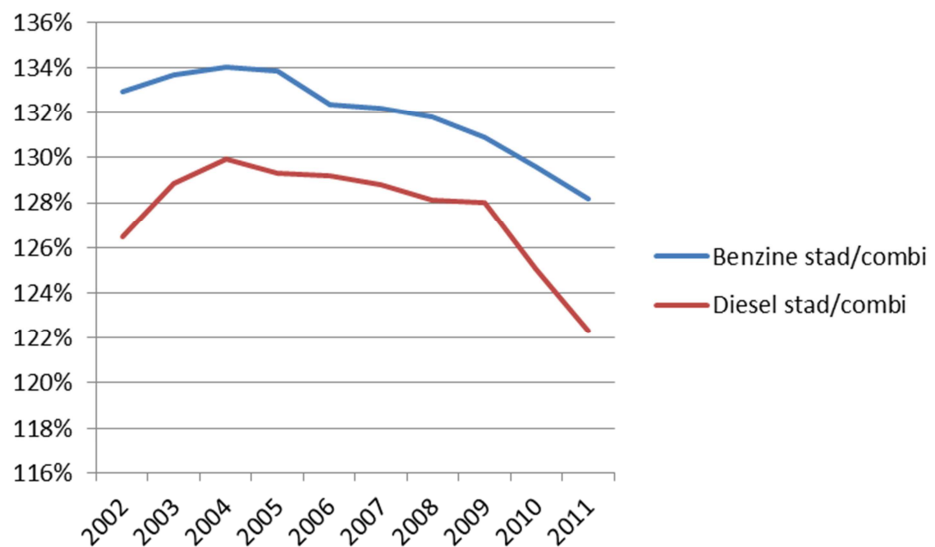
Delft, 24 mei 2013

Gertjan Koornneef
Projectleider

Norbert E. Ligterink
Auteur

A Verbruiksreductie op het stadsdeel van de test

Brandstofverbruik en CO₂-emissies worden bij de typekeuringstest bepaald door het narijden van een voorgeschreven ritpatroon (testcyclus). Dat ritpatroon bevat een deel dat stadsverkeer representeert en een deel met snelheden die typisch zijn voor buitenweg / snelweg. Een deel van de in de laatste jaren bij zuinige voertuigen toegepaste technieken, zoals start-stop systemen, biedt vooral voordelen op het stadsdeel van de typekeuringstest. Aan de hand van de Nederlandse verkoopcijfers kan een gemiddelde trend in het norm-stadsverbruik worden vastgesteld.



Figuur 13: De verhouding tussen brandstofverbruik per kilometer op het stadsdeel van de typekeuringstestcyclus en het verbruik per kilometer op de totale testcyclus. Het feit dat dit deze verhouding in de tijd afneemt, betekent dat op het stadsdeel een grotere verbruikswinst wordt geboekt dan op het gedeelte dat buitenweg / snelweg representeert.

Het verbruik op het stadsdeel van de test ligt ongeveer 30% hoger dan het gecombineerde normverbruik. Dieselauto's zijn wat efficiënter in de stad dan benzineauto's. De laatste jaren neem het verschil af. Dat komt omdat de verbruikswinsten meer op het stadsdeel van de test dan op het buitenweggedeelte worden geboekt. Er zijn aanwijzingen dat deze reductie in de praktijk minder doorwerkt. Het stadsdeel heeft op de typekeuringstest een aandeel van 36% in de gereden afstand, wat hoger is dan het aandeel stadsverkeer in het Nederlands voertuiggebruik voor zowel particuliere als zakelijke rijders.

C De testprocedure voor plug-in voertuigen

De testprocedure voor het bepalen van het brandstofverbruik is onderdeel van de UNECE regelgeving waar de Europese regelgeving naar verwijst. De procedure staat beschreven in regeling R101: “[...] the measurement of the emission of carbon dioxide and/or the measurement of electric energy consumption and electric range [...]”.

Het normverbruik van plug-ins is gebaseerd op twee testen in combinatie met de elektrische range van het voertuig, bepaald volgens een voorgeschreven procedure. Eén test start met een volledig opgeladen accu, de andere met een volledig ontladen accu. Bij de eerste meting met een volle accu wordt de verbrandingsmotor niet of nauwelijks gebruikt, zodat er dus geen of bijna brandstof wordt verbruikt. Bij de tweede test wordt de accu in de regel niet verder ontladen, en wordt er dus nauwelijks of geen elektriciteit uit het net gebruikt.

De combinatie van het brandstofverbruik van beide testen vindt plaats volgens onderstaande formule:

$$C = (D_e \cdot C_1 + D_{av} \cdot C_2) / (D_e + D_{av})$$

C = normverbruik in l/100km

C₁ = brandstofverbruik in l/100km gemeten op test die begint met een volledig opgeladen batterij

C₂ = brandstofverbruik in l/100km gemeten op test die begint met een volledig ontladen batterij

D_e = de elektrische actieradius van het voertuig

D_{av} = 25 km

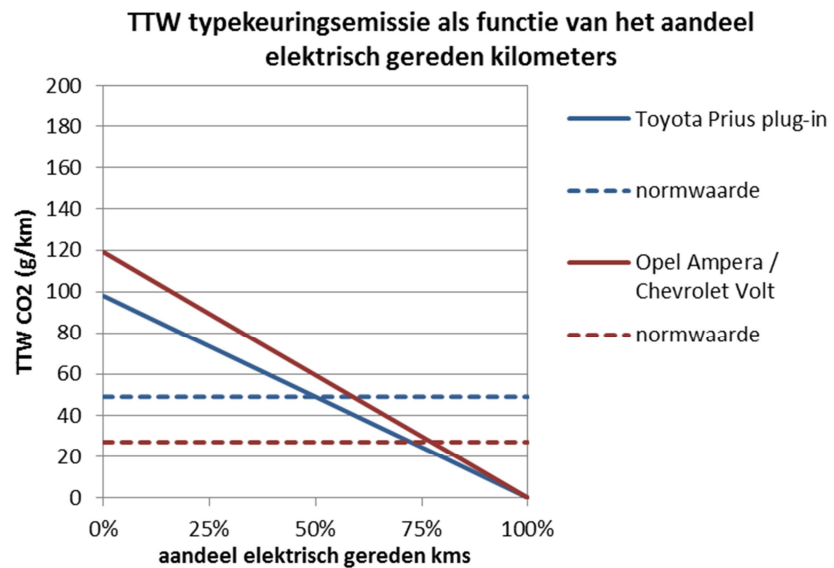
Een zelfde formule wordt gebruikt om de CO₂-emissies, die bij beide testen worden gemeten, te combineren tot een overall testresultaat.

Voertuigen met een voldoende grote batterij en voldoende sterke elektromotor rijden de eerste test volledig elektrisch. Voor deze voertuigen kan het gewogen eindresultaat van de typekeuringstest voor plug-in voertuigen dus worden beschouwd als de gemiddelde CO₂-uitstoot over een rit met een lengte gelijk aan de elektrische actieradius plus 25 kilometer, waarbij wordt gestart met een volle accu en er 25 kilometer op de benzinemotor wordt gereden. In de fabrieksopgave van het brandstofverbruik van plug-ins zit dus een impliciete aanname over het gemiddeld aantal kilometers tussen twee laadpunten.

Behalve dat het aandeel elektrisch rijden in de praktijk anders kan zijn dan wat impliciet verondersteld wordt in bovenstaande formule, is ook de elektrische range in de praktijk meestal kleiner dan de volgens typekeuringsprocedure vastgestelde waarde. Dat heeft te maken met de relatief lage belasting van elektromotor op de voorgeschreven testcyclus (ritpatroon) en met het feit dat op deze test elektriciteit verbruikende accessoires niet zijn ingeschakeld.

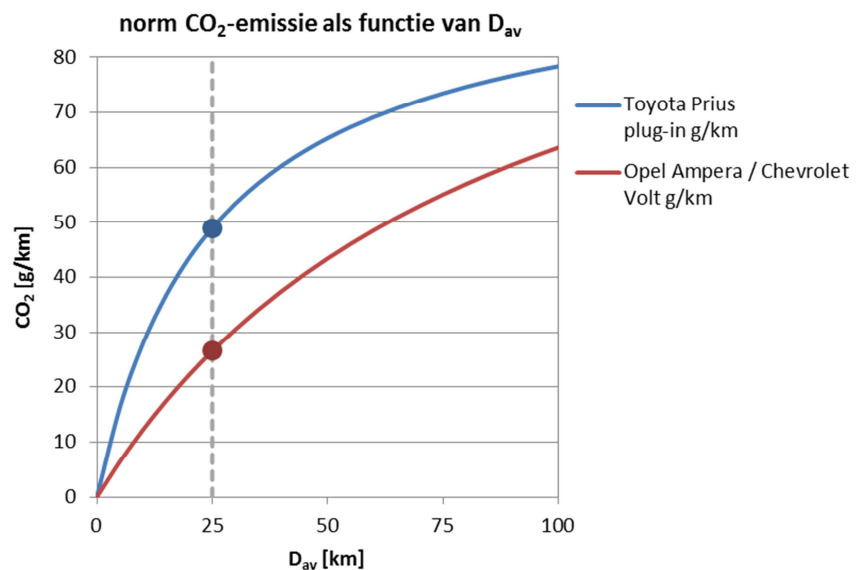
Figuur 14 laadt zien hoe voor de Toyota Prius plug-in en de Opel Ampera / Chevrolet Volt de norm CO₂-emissie wordt beïnvloed door het aandeel elektrisch gereden kilometers op de test. De doorgetrokken lijnen snijden de normwaarde bij

de aandelen die corresponderen met de elektrische range zoals voor deze voertuigen gemeten op de typekeuringstest (25 km resp. 87 km, zie Tabel 5 en Tabel 6).



Figuur 14: Invloed van het aandeel elektrisch gereden kilometers in de typekeuringstest op de gemeten (tank-to-wheel / TTW) norm CO₂-emissie.

Figuur 15 laat zien hoe de typekeuringswaarde voor de CO₂-emissie voor plug-in voertuigen zou veranderen als een andere waarde dan 25 km zou worden gekozen voor de afstand D_{av} . Een grotere waarde voor D_{av} leidt tot een groter aandeel van het resultaat van test 2 (met veel rijden op de verbrandingsmotor) in de gewogen CO₂-emissie over test 1 en test 2, en dus tot een hoger normverbruik.



Figuur 15: Invloed van een andere waarde voor D_{av} dan 25 km op de norm CO₂-emissie van de Toyota Prius plug-in en de Opel Ampera / Chevrolet Volt

Aanpassing van D_{av} zou dus kunnen helpen om het normverbruik van plug-ins dichter bij het praktijkverbruik te brengen voor veel toepassingen waarin plug-ins nog steeds overall zuiniger zijn dan conventionele voertuigen.

D Bepaling van het meerverbruik van plug-in voertuigen op basis van well-to-wheel CO₂-emissie

De norm CO₂-emissie is gebaseerd op de CO₂-emissie uit de uitlaat, ook wel de tank-to-wheel (TTW) CO₂-emissie genoemd. De huidige opwekking van elektriciteit op basis van voornamelijk gas en kolen is echter niet CO₂-neutraal. Daarnaast komen bij de winning en productie van fossiele brandstoffen zoals benzine en diesel verdere CO₂-emissies vrij. Deze emissies in de energieketen worden well-to-tank (WTT) emissies genoemd. Voor bepaling van het netto effect van plug-in hybrides op CO₂-emissies moeten dus eigenlijk naast de uitlaatgasemissies ook de emissies worden meegenomen die plaatsvinden in de keten van energiewinning en productie van brandstof en elektriciteit. Deze totale ketenemissies worden aangeduid met de term well-to-wheel (WTW).

WTW emissies bieden een alternatieve manier om voor plug-in normverbruik en praktijk met elkaar te vergelijken. Het aandeel elektrisch gereden kilometers heeft namelijk een grote impact op het TTW praktijkverbruik omdat deze kilometers in de normale berekeningswijze als nul-emissie gelden. De impact van het aandeel elektrisch gereden kilometers is kleiner, wanneer norm en praktijk worden vergeleken op basis van WTW-emissies.

In Tabel 9 zijn voor de Toyota Prius plug-in en voor de Opel Ampera / Chevrolet Volt de TTW CO₂-emissies op de typekeuring en in de praktijk omgerekend naar WTW CO₂-emissies. Voor de CO₂-emissies van elektriciteitsopwekking is een gemiddelde waarde van 450 g/kWh aangenomen (gebaseerd op Harmelink *et al.*). Voor benzineproductie is aangenomen dat de indirecte emissies in de productieketen 12,5% zijn van de directe emissies die vrijkomen bij verbranding van benzine.

Onderstaande tabel is gebaseerd op Tabel 6 in paragraaf 3.6. In de tabel zijn zowel voor de typekeuringstest als voor de praktijk de energiegebruikscijfers en TTW CO₂-emissies voor elektrisch rijden (test 1) en rijden op de benzinemotor (test 2) omgerekend naar WTW CO₂-emissies. Door deze te wegen over de aandelen elektrisch en op de verbrandingsmotor gereden kilometers kan de totale WTW emissie in beide situaties worden berekend. De aandelen elektrisch gereden kilometers in de praktijk zijn teruggerekend op de wijze zoals uitgelegd bij Tabel 6.

Tabel 9: Bepaling van het meerverbruik van plug-in voertuigen op basis van well-to-wheel emissies

			elektrische actieradius (km)	aandeel elektrische kilometers	test 1 (volle accu)	test 2 (lege accu)	gemiddeld resultaat	meer verbruik WTW	TTW-equivalenten*	meer verbruik TTW-equiv.	
Toyota Prius plug-in	typekeuring	elektriciteitsverbruik	Wh/km	25	50%	92,9	-6,0	43,4			
		WTT CO ₂ uit elektriciteit	g/km		50%	41,8	-2,7	19,5			
		TTW CO ₂ uit brandstof	g/km		50%	0,0	98,0	49,0		49,0	
		WTW CO ₂ uit brandstof	g/km		50%	0,0	110,3	55,1			
		overall WTW CO ₂ -emissie	g/km		50%	41,8	107,5	74,7		66,4	
	praktijk	elektriciteitsverbruik	Wh/km		25%	140,0	-9,1	28,0			
		WTT CO ₂ uit elektriciteit	g/km		25%	63,0	-4,1	12,6			
		TTW CO ₂ uit brandstof	g/km		25%	0,0	141,7	106,4		106,4	57,4
		WTW CO ₂ uit brandstof	g/km		25%	0,0	159,4	119,7			
		overall WTW CO ₂ -emissie	g/km		25%	63,0	155,3	132,3	57,7	117,6	51,2
Opel Ampera / Chevrolet Volt	typekeuring	elektriciteitsverbruik	Wh/km	87	78%	174,0	0,0	135,2			
		WTT CO ₂ uit elektriciteit	g/km		78%	78,3	0,0	60,8			
		TTW CO ₂ uit brandstof	g/km		78%	0,0	119,0	26,6		26,6	
		WTW CO ₂ uit brandstof	g/km		78%	0,0	133,9	29,9			
		overall WTW CO ₂ -emissie	g/km		78%	78,3	133,9	90,7		80,6	
	praktijk	elektriciteitsverbruik	Wh/km		34%	140,0	0,0	47,4			
		WTT CO ₂ uit elektriciteit	g/km		34%	63,0	0,0	21,3			
		TTW CO ₂ uit brandstof	g/km		34%	0,0	166,2	110,0		110,0	83,4
		WTW CO ₂ uit brandstof	g/km		34%	0,0	187,0	123,8			
		overall WTW CO ₂ -emissie	g/km		34%	63,0	187,0	145,1	54,4	128,9	48,3

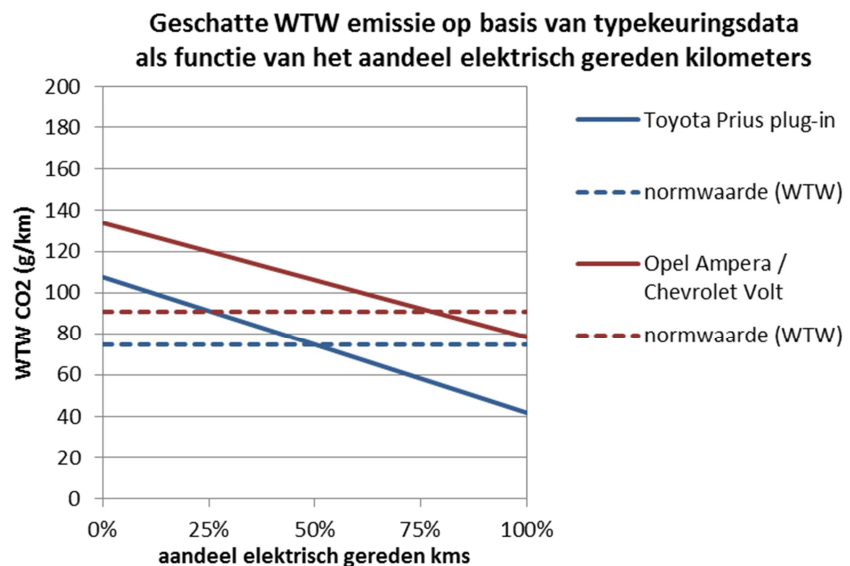
*) TTW equivalenten = WTW-emissies gedeeld door WTW/TTW factor voor benzine (1,125)

Op basis van de gebruikte aannames met betrekking tot well-to-tank emissies en een gemiddeld verbruik van 14 kWh/100km, zoals geschat in paragraaf 3.5, is de WTW CO₂-uitstoot van plug-in voertuigen tijdens elektrisch rijden gemiddeld 63 g/km. In paragraaf 0 is bepaald dat in de praktijk de gemiddelde uit de uitlaat uitgestoten CO₂-emissie 109 g/km bedraagt voor alle plug-in voertuigen in de database waarvoor tankdata en kilometers beschikbaar zijn. Dit zijn uitlaatemissie gemiddeld over alle gereden kilometers, dus inclusief de elektrisch gereden kilometers. Uitgaande van 24% elektrisch gereden kilometers zijn de TTW emissies tijdens het rijden op de verbrandingsmotor dus zo'n 143 g/km. Op basis van de aanname dat CO₂-emissies bij winning van olie en de productie van brandstof zo'n 12,5% zijn van de directe emissies bij verbranding van benzine (WTW/TTW = 1,125), is de gemiddelde WTW-emissie tijdens rijden op benzine 161 g/km. Op basis van het geschatte aandeel elektrisch gereden kilometers van 24% in de totaal afgelegde kilometers komt de totale WTW CO₂-emissie van plug-in voertuigen, inclusief emissies van elektriciteitsopwekking en brandstofproductie, uit op zo'n 138 g/km. Dit is vergelijkbaar met de WTW-praktijkemissies van een conventioneel voertuig met een normemissie van 80 g/km. Dat betekent dat ook als de emissies van de energieketens voor brandstof en elektriciteit worden meegenomen, deze beide modellen plug-in voertuigen bij hun huidige inzet zuiniger zijn dan alle conventionele voertuigen die nu op de markt zijn.

Door de WTW-emissies (berekend op basis van brandstof- en elektriciteitsverbruik) te delen door de WTW/TTW factor van 1,125 voor benzine, kunnen de WTW-emissies worden omgerekend naar TTW-equivalente emissies die direct kunnen worden vergeleken met de normemissies van deze plug-ins en de normemissies van conventionele voertuigen. Op deze wijze berekend komt het meerverbruik van de Toyota Prius plug-in uit op een extra CO₂-emissie van 51,2 g/km, en dat van de

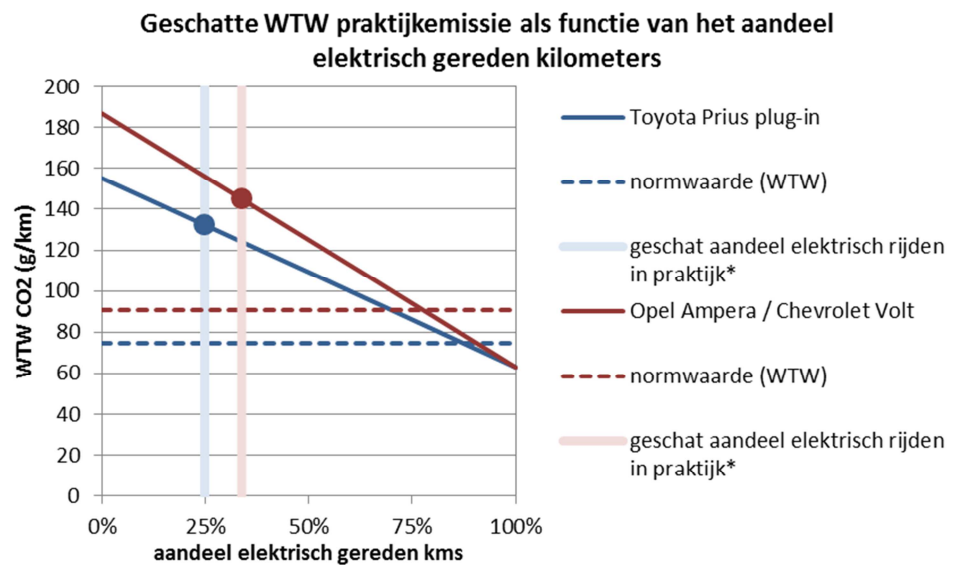
Opel Ampera / Chevrolet Volt op 48,3 g/km. Deze absolute meeremissies zijn van dezelfde orde van grootte als die van conventionele voertuigen zoals te zien is in Bijlage B.

Figuur 16 laadt zien hoe voor de Toyota Prius plug-in en de Opel Ampera / Chevrolet Volt de naar WTW CO₂-emissies omgerekende normemissie wordt beïnvloed door het aandeel elektrisch gereden kilometers op de test. Een groter aandeel elektrisch rijden leidt tot lagere WTW normemissies omdat elektrische kilometers voor beide voertuigen WTW minder CO₂ uitstoten dan kilometers die op de verbrandingsmotor worden gereden. De doorgetrokken lijnen snijden de WTW normwaarde bij de aandelen die corresponderen met de elektrische range zoals voor deze voertuigen gemeten op de typekeuringstest, zoals ook het geval is in Figuur 14, waarin de TTW normwaarde is weergegeven als functie van het aandeel elektrisch rijden op de test.



Figuur 16: Invloed van het aandeel elektrisch gereden kilometers in de typekeuringstest op de naar well-to-wheel (WTW) omgerekende norm CO₂-emissie.

In Figuur 17 wordt indicatief weergegeven hoe de WTW CO₂-emissie in de praktijk verandert als functie van het aandeel elektrisch rijden. Een groter aandeel elektrisch rijden leidt ook in de praktijk tot lagere WTW emissies omdat elektrische kilometers voor beide voertuigen in de praktijk over well-to-wheel gerekend minder CO₂ uitstoten dan kilometers die op de verbrandingsmotor worden gereden. Wel is een groter aandeel elektrisch gereden kilometers nodig om op de normwaarde uit te komen. Dit komt omdat de voertuigen in de praktijk bij rijden op de benzinemotor meer verbruiken dan op de typekeuringstest, waardoor er extra elektrische kilometers nodig zijn om dit meerverbruik te compenseren.



*) Geschatte aandelen elektrisch rijden (uit Tabel 6) op basis van gemiddeld brandstofverbruik in de praktijk, het verbruik bij rijden op de motor tijdens de typekeuring en een meerverbruik bij rijden op de motor volgens Tabel 2.

Figuur 17: Invloed van het aandeel elektrisch rijden op de WTW CO₂-emissie in de praktijk.

Voor de Toyota Prius plug-in is het absolute meerverbruik, uitgedrukt in CO₂-emissie, nauwelijks anders wanneer dit wordt bepaald op basis van WTW-emissies in plaats van TTW-emissies. Voor de Opel Ampera / Chevrolet Volt is het meerverbruik op basis van TTW-emissies zo'n 83,4 g/km terwijl dit op basis van WTW-emissies slechts 54,4 g/km is. Ook is te zien dat de WTW CO₂-emissies van elektrisch gereden kilometers voor beide voertuigen meer dan de helft lager zijn dan de emissies tijdens rijden op de verbrandingsmotor.

Door de WTW-emissies (berekend op basis van brandstof- en elektriciteitsverbruik) te delen door de WTW/TTW factor voor benzine (1,125), kunnen de WTW-emissies worden teruggerekend naar TTW-equivalente emissies die direct kunnen worden vergeleken met de normemissies van deze plug-ins en de normemissies van conventionele voertuigen. Op deze wijze berekend komt het meerverbruik van de Toyota Prius plug-in uit op een extra CO₂-emissie van 51,2 g/km, en dat van de Opel Ampera / Chevrolet Volt op 48,3 g/km. Deze absolute meerverbruiken zijn van dezelfde orde van grootte als die van conventionele voertuigen zoals te zien is in Figuur 3 en Figuur 8.

Voor beide modellen is in deze berekening uitgegaan van een elektriciteitsverbruik in de praktijk van 140 Wh/km, zoals uit de database bepaald voor voertuigen die nauwelijks brandstof verbruiken en dus hoofdzakelijk op elektriciteit rijden. Daarbij dient opgemerkt te worden dat dit praktijkverbruik voor de Toyota Prius plug-in ongeveer een factor 1,5 hoger is dan de waarde bepaald in test 1 (startend met volle accu), terwijl dit voor de Opel Ampera / Chevrolet Volt slechts 0,8 keer de waarde op test 1 is. In principe wordt ook voor elektriciteitsverbruik verwacht dat dit in de praktijk hoger is dan op de typekeuring. Dit hoeft echter niet het geval te zijn indien bijvoorbeeld een groter aandeel van de elektrische kilometers in de stad wordt gereden dan het aandeel stadsverkeer in de testcyclus (NEDC).

Veronderstellen we ook voor de Opel Ampera / Chevrolet Volt een elektrisch meerverbruik in de praktijk van een factor 1,5 t.o.v. de normwaarde, dan is de WTW CO₂-emissie van dit model in de praktijk 72,8 g/km. De TTW-equivalente emissies zijn in dat geval met 145,3 g/km zo'n 65 g/km hoger dan de normwaarde.