

Brandstoffen voor het wegverkeer

Kenmerken en perspectief



Opmerking bij deze uitgave

Deze 2014 versie van de factsheets is een update van de vorige 2012 versie. De nieuwste inzichten sinds 2012 zijn hierin verwerkt. De veranderingen richten zich vooral op de volgende inzichten in de emissies van voertuigen en brandstoffen, over het algemeen als gevolg van nieuwe emissiemetingen aan de voertuigen:

- Nieuwe emissiefactoren voor Euro V en Euro VI vrachtauto's op diesel door nieuwe metingen en door verandering van de typische massa's van voertuigklassen.
- Nieuwe emissiefactoren Euro VI bussen op diesel op basis van de nieuwe HD Euro VI emissiefactoren (eveneens als gevolg van nieuwe metingen).
- Nieuwe Euro 6 emissiefactoren van diesel personenauto's.
- Oldtimer emissiefactoren zijn in lijn gebracht met het CBS methodenrapport 2013.

Met betrekking tot energieverbruik zijn de volgende veranderingen toegepast:

- Het aandeel elektrisch rijden van plug-in hybrides (benzine) is licht verhoogd waardoor het energieverbruik per voertuig lager wordt.

Met betrekking tot well-to-wheel (WTW) emissiefactoren:

- wordt voor de aardgas nu uitgegaan van aardgas dat vanaf grote afstand wordt aangevoerd (50% Noorwegen en 50% Rusland). Hierdoor nemen well-to-tank energieverbruik en CO₂-emissie toe;
- is de factor voor elektriciteit aangepast naar aanleiding van de ontwikkeling in de Nederlandse elektriciteitsmix.

In termen van kosten zijn de volgende veranderingen toegepast:

- De pompprijzen van de verschillende energiedragers en de bijbehorende heffingen zijn geactualiseerd.
- De beschrijving van BPM en MRB is aangepast aan de hand van de situatie per 1 januari 2014.
- De inschattingen van de meerkosten van voertuigen op alternatieve energiedragers zijn licht aangepast.
- Er zijn figuren opgenomen, die de kosten per km voor de gebruiker weergeven.



TNO / CE Delft

Factsheets

Brandstoffen voor het wegverkeer

Kenmerken en perspectief

TNO: Ruud Verbeek
Stephan van Zyl

CE Delft: Anouk van Grinsven
Huib van Essen

Tweede versie, juni 2014

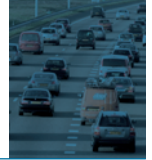
In opdracht van: Ministerie van Infrastructuur en Milieu
Plesmanweg 1-6
2597 JG Den Haag



Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Inhoudsopgave

1	Samenvatting	1
2	Personenauto's en bestelwagens	3
2.1	Benzine personenauto's en bestelwagens	3
2.2	Diesel personenauto's en bestelwagens	5
2.3	LPG personenauto's	7
2.4	Aardgas en biogas voor personenauto's	8
2.5	Bio-ethanol (E85) voor personenauto's	10
2.6	GTL voor personenauto's	12
2.7	Personenauto's met hybride aandrijvingen	13
2.8	Personenauto's op elektriciteit	15
2.9	Personenauto's op waterstof	17
3	Vrachtauto's en bussen	19
3.1	Diesel vrachtauto's en bussen	19
3.2	Aardgas en biogas voor bussen en vrachtauto's	21
3.3	Biodiesel voor vrachtauto's en bussen	23
3.4	GTL voor vrachtauto's en bussen	25
3.5	Vrachtauto's en bussen op elektriciteit en op waterstof	26
4	Bronnen	28
Bijlage A	Grafische overzichten	29
Bijlage B	Kosten en fiscale behandeling van de diverse brandstoffen	34



1 Samenvatting

Het doel van dit document over brandstoffen voor het wegverkeer is het geven van overzicht en inzicht in de belangrijkste eigenschappen van alternatieve brandstoffen en daarvoor geschikte motoren. Hierbij komen aan de orde:

- Praktische toepasbaarheid in een voertuig
- Luchtverontreinigende emissies in vergelijking met een referentiebrandstof
- Uitstoot van broeikasgassen
- Infrastructuur (distributie en tank-/laadinfrastructuur)
- Kosten en fiscale aspecten
- Ontwikkelingsstadium en perspectief.

Overige eigenschappen zoals geluid en veiligheid zijn in deze factsheets niet meegenomen.

De primaire doelgroep van dit rapport wordt gevormd door beleidsambtenaren die werkzaam zijn op het snijvlak van mobiliteit en milieu bij de nationale overheid, provincies en gemeenten. Daarnaast kunnen ook private partijen, bijvoorbeeld wagenparkeigenaren of -beheerders, deze informatie gebruiken bij hun keuzes.

De informatie wordt gegeven in de vorm van factsheets, waarbij de alternatieve brandstof steeds vergeleken wordt met de meest gebruikelijke brandstof voor het desbetreffende voertuig. Voor personenauto's is dat de benzineversie, voor de vrachtauto's en bussen zijn dat de dieselvesies.

De vermelde emissies zijn de praktijkemissies. Voor de standaard brandstoffen komen deze overeen met de Standaard Rekenmethode (SRM) voor luchtkwaliteit langs wegen. Hierbij wordt steeds uitgegaan van een gemiddeld verbruik en een gemiddeld voertuig. Opgemerkt wordt dat de eigenschappen van het voertuig (zoals het gewicht) en het rijgedrag een net zo grote invloed op emissies en verbruik kunnen hebben als de brandstof en het aandrijflijntype.

In dit document ligt de nadruk op de milieuprestaties en ontwikkelingsperspectieven van de verschillende brandstoffen. Daarnaast spelen natuurlijk ook de kosten een belangrijke rol in de keuze van de brandstof. Om de leesbaarheid van het geheel te vergroten is de kosteninformatie samengevoegd aan het eind van het document, in Bijlage B. Deze bijlage biedt ook een overzicht van de fiscale behandeling van de diverse brandstoffen en voertuigen.

Onder de milieuprestaties wordt verstaan de uitstoot van de belangrijkste luchtverontreinigende stoffen en de broeikasgasemissies. Onder de eerste groep valt de uitstoot van stikstofoxide (NO_x) en fijnstof (ook wel PM10 genoemd). De fijnstofemissie bestaat in dit geval uit uitlaatgassen en slijtage-emissies van remmen en banden. Door de steeds strengere emissienormen en de toepassing van roetfilters vormen de slijtage-emissies tegenwoordig doorgaans een vergelijkbaar of zelfs groter aandeel bij moderne voertuigen. Bij oudere voertuigen zijn de uitlaatgasemissies het grootst. De broeikasgasemissie omvat allereerst de CO_2 -emissies van het voertuig zelf, de zogenaamde Tank-To-Wheel (TTW) emissies. We geven daarnaast echter ook cijfers voor de totale broeikasgasemissies over de keten van de brandstoffen, de Well-To-Wheel (WTW) emissies. Deze is dan inclusief de bijdrage van methaan en N_2O , en inclusief winning en raffinage van de olie en de emissies ten gevolge van eventuele teelt van de grondstoffen van biobrandstoffen. De CO_2 -emissie en ook het brandstofverbruik zijn in de praktijk 20%-30% hoger (met uitschieters tot 50%) dan de officiële fabrieksopgaven. Het verschil neemt bovendien toe naarmate het voertuig zuiniger is. Dit is het gevolg van het feit dat voor CO_2 de oude, zeer eenvoudige testcyclus van de luchtverontreinigende emissies wordt gebruikt. Hierin wordt bovendien het stadsritgedeelte te zwaar gewogen.

Op de volgende pagina is een samenvattend overzicht gegeven van de belangrijkste eigenschappen voor de verschillende brandstoffen voor respectievelijk personenauto's, vrachtauto's en bussen. De eigenschappen zijn gescoord ten opzichte van de referentiebrandstoffen – benzine bij personenauto's, diesel bij vrachtauto's en bussen. In de tabel, richt zich *luchtverontreiniging* met name op NO_x -emissies en klimaat op WTW CO_2 -emissies. *Infrastructuur* wordt gedefinieerd als de beschikbaarheid van een brandstof. *Economie* gaat in op de kosten per kilometer die voor de eindgebruiker ontstaan incl. belasting en accijns.

Let wel: deze tabel geeft een vrij ruwe indicatie van de huidige situatie in Nederland. Een aantal van de genoemde brandstoffen zijn vrij nieuw in de markt en nog niet wijd verbreid. Bij grotere marktpenetratie zullen er schaalvoordelen optreden, die een aanzienlijke kostenreductie mogelijk maken. Dit geldt voor zowel de voertuigtechnologie als de brandstoffen. Zie de factsheets in het vervolg van dit document voor meer gedetailleerde informatie.

Vergelijking brandstoffen voor personenauto's en bestelwagens

Personenauto	Lucht-verontreiniging	Klimaat	Actieradius	Infrastructuur	Economie
Benzine					
Hybride aandrijving					
Plug-in hybride					
LPG (retrofit)					
Bio-ethanol: E85					
CNG					
Bio-CNG					
Diesel					
GTL (diesel)					
Elektriciteit (gemiddelde mix NL)					
Elektriciteit (duurzame stroom)					
Elektriciteit (stroom uit aardgas)					
H ₂ brandstofcel (H ₂ uit aardgas)					
H ₂ brandstofcel (duurzame stroom)					
H ₂ brandstofcel (elektrolyse uit gemiddelde mix)					

Vergelijking brandstoffen voor vrachtauto's en bussen

Vrachtauto en bus	Lucht-verontreiniging	Klimaat	Actieradius	Infrastructuur	Economie
Diesel					
Hybride aandrijving					
CNG					
LNG					
Bio-CNG					
Bio-LNG					
GTL (diesel)					
Biodiesel					
Elektriciteit (gemiddelde mix NL)					
Elektriciteit (duurzame stroom)					
Elektriciteit (stroom uit aardgas)					
H ₂ brandstofcel (H ₂ uit aardgas)					
H ₂ brandstofcel (duurzame stroom)					
H ₂ brandstofcel (elektrolyse uit gemiddelde mix)					

	% van referentie*	
Behoorlijk veel beter dan referentie	<25	
Veel beter dan referentie	25-50	
Beter dan referentie	50-75	
Iets beter dan referentie	75-95	
Gelijkwaardig aan referentie	95-105	
Iets slechter dan referentie	105-125	
Slechter dan referentie	125-250	
Veel slechter dan referentie	250-500	
Behoorlijk veel slechter dan referentie	>500	

* Voor de actieradius is de schaal invers, bijvoorbeeld: 25% van de referentie komt overeen met 400% (=1/25%) van de referentie, dit wil zeggen 4x slechter.



2 Personenauto's en bestelwagens

De personenauto met Euro 5 benzinemotor is gekozen als referentie voor de andere brandstoffen.

2.1 Benzine personenauto's en bestelwagens

Definitie/omschrijving

Benzine is de brandstof die algemeen gebruikt wordt voor motoren welke werken volgens het Otto principe. Dat zijn motoren waarbij eerst een min of meer homogeen mengsel gemaakt wordt van brandstof en lucht. Vervolgens wordt dat met een vonk ontstoken. Een Ottomotor wordt dus ook een motor met vonkontsteking genoemd. Benzine dient een voldoende hoge weerstand tegen zelfontbranding te hebben. Het moet pas gaan branden nadat de bougie vonkt. Deze eigenschap wordt aangeduid met het octaangetal: hoe hoger, hoe beter.

Benzine bevat meestal ook een aandeel biobrandstof in de vorm van bio-ethanol of bio-ETBE. Een aandeel tot max. 10% bio-ethanol is door de EU toegestaan, gemiddeld over het jaar bevat de huidige benzine (2013) echter nog minder dan 5 vol% biobrandstof (zie verder de factsheet Bio-ethanol voor personenauto's).

Voertuigtechniek

De benzinemotor stoot weinig luchtverontreinigende emissies uit. Dit komt door de in ca. 1990 geïntroduceerde drieweg-katalysator en de steeds strengere emissiewetgeving. De drieweg-katalysator laat de schadelijke stoffen NO_x , HC en CO met elkaar reageren waardoor er uiteindelijk alleen nog maar het onschadelijke stikstof en water overblijft. Het grootste deel van deze emissies, zo'n 75%, komt over het algemeen vrij in de eerste 5 minuten na de koude start, de fase waarin de katalysator nog niet warm is. Met het motorrendement en de daarbij behorende CO_2 -uitstoot is het minder goed gesteld. De CO_2 -uitstoot is tamelijk hoog. De laatste jaren worden er wel flinke verbeteringen geboekt door met name down-sizing van de motor. Dit houdt in dat hetzelfde vermogen gehaald wordt uit een motor met een kleinere cilinderinhoud, vaak in combinatie met een betere luchtvoorziening van de motor door het toepassen van variabele kleptiming, drukvulling door gebruik van een turbo en directe benzine injectie. Het laatste houdt in dat de brandstof direct in de cilinder wordt geïnjecteerd en niet in het inlaatsysteem.

Luchtverontreinigende emissies

De luchtverontreinigende uitstoot van NO_x en fijnstof is vrij laag bij een benzinemotor: de NO_x is laag vanwege de driewegkatalysator, de fijnstofuitstoot van de motor vanwege het homogene mengsel bij de start van de ontbranding. Een groot deel van de fijnstofuitstoot van het voertuig komt tegenwoordig van slijtagedeeltjes van remmen en banden.

Praktijkemissies luchtverontreinigende stoffen van personenauto's op benzine

%	(Introductiejaar)	NO_x^*	Fijnstof aandrijving**
Euro 5 benzine (referentie)		0,02 g/km 100	0,004 g/km*** 100
Benzine Euro 3	(2000/2001)	320	110
Benzine Euro 4	(2005/2006)	125	110
Benzine Euro 5	(2009/2010)	100	100
Benzine Euro 6	(2014/2015)	100	100

* Directe NO_2 -aandeel in de NO_x -uitstoot voor benzine is ca. 5-10%

** Fijnstof van slijtage van banden, remmen, wegdek = 0,016 g/km, onafhankelijk van Euroklasse

*** Geldt voor indirecte injectiemotoren (IDI), ligt bij directe injectiemotoren (DI) iets hoger. DI is nog steeds in ontwikkeling en vormt een klein deel van de markt.

Oldtimers

Met het regeerakkoord en het belastingplan 2014 is er een sterke afname van het aantal oldtimers (voertuigen ouder dan 25 jaar) te zien. Op basis van de CBS gegevens is het aandeel kilometers van oldtimers momenteel ca. 2% van het totaal aantal kilometers van personenauto's en bestelwagens. De uitstoot van luchtverontreinigende stoffen van oldtimers is echter een stuk hoger dan van moderne personenauto's. Ten opzichte van benzine Euro 5 voertuigen, wordt rekening gehouden met de volgende vermenigvuldigingsfactoren:

- NO_x van benzine en LPG oldtimers ca. 80× hoger.
- Fijnstof van diesel oldtimers 40-100× hoger.

Broeikasgasemissies

De CO_2 -uitstoot van personenauto's varieert en is afhankelijk van onder andere grootte en gewicht van de auto, motorvermogen, snelheid en rijstijl. De CO_2 -uitstoot wordt niet beïnvloed door de Euroklasse. Bij elke nieuw verkochte personenauto wordt aangegeven wat de gemiddelde CO_2 -uitstoot is bij de Europese typekeuring. De gemiddelde norm

CO₂-uitstoot van de nieuw verkochte personenauto's (diesel en benzine, en inclusief plug-in hybride auto's) is gedaald van 118,5 g/km in 2012 naar 107,9 g/km in 2013. De gemiddelde CO₂-uitstoot van nieuwe benzineauto's (excl. plug-in auto's) bedroeg in 2013 117,7 g/km. De CO₂-uitstoot onder rijomstandigheden in de praktijk is ca. 55 g/km hoger dan deze norm CO₂-waarde. Ook moet rekening gehouden worden met de emissies bij olieproductie, transport en benzineproductie in de raffinaderij (Well-To-Tank). Bij benzine auto's zorgt dit voor nog eens ca. 20% meer emissies. Voor bovengenoemde nieuwe benzinevoertuigen liggen de CO₂-emissies over de totale keten, oftewel Well-To-Wheel (WTW), gemiddeld op ruwweg 207 g/km.

Infrastructuur

Benzine is bij elk tankstation te verkrijgen.

Ontwikkelingsperspectief techniek

Benzine personenauto's hebben al langere tijd zeer lage luchtverontreinigende emissies. Daarom is de aandacht nu vooral gericht op reductie van de klimaatemissies. Maatregelen die steeds vaker toegepast worden om de CO₂-emissie te verlagen zijn:

- Verlaging voertuiggewicht (nadat enkele decennia het voertuiggewicht is gestegen).
- Efficiëntere motoren: vooral door het zogenaamde down-sizing. Dat betekent dat hetzelfde vermogen en koppel gehaald wordt uit een motor met een kleinere cilinderinhoud.
- Start-stop systeem of hybride aandrijfsystemen.

Ontwikkelingsperspectief brandstof

Benzine is nog volop beschikbaar de komende decennia, al is de prijsontwikkeling onzeker. De komende jaren zal het aandeel bio-ethanol langzaam maar zeker verder toenemen, om te voldoen aan de Europese eisen op dit gebied. Er zullen de komende jaren steeds meer tankstations E10 aanbieden, dat is benzine waar maximaal 10% bio-ethanol is toegevoegd. Het overgrote deel van het wagenpark (ca. 90%) kan deze brandstof zonder problemen tanken. Een klein aandeel auto's is hier echter niet geschikt voor, zodat naast deze E10 ook benzine met max. 5% (E5) bij de tankstations te koop zal blijven. Op www.jebentalsnelduurzaamopweg.nl/E10 kan worden nagegaan of een auto E10 mag tanken.



2.2 Diesel personenauto's en bestelwagens

Definitie/omschrijving

Diesel brandstof heeft een lage zelfontbrandingstemperatuur, waardoor het geschikt is voor een 'dieselmotor'. De brandstof ontbrandt vanwege de hoge temperatuur na de compressie in de motor vanzelf, vrij snel nadat het ingespoten wordt. Diesel is desalniettemin relatief veilig, omdat het niet gemakkelijk verdampt. De kwaliteit van dieselbrandstof is de laatste decennia sterk verbeterd door met name de vermindering van het zwavelgehalte en het aandeel polycyclische koolwaterstoffen. Daardoor dalen de luchtverontreinigende emissies en wordt tevens de toepassing van roetfilters en katalysatoren veel gemakkelijker.

Volgens het Nederlandse beleid moet brandstof voor het wegtransport in 2013 verplicht gemiddeld 5% op energiebasis biocomponent bevatten en 5,5% in 2014. Voor diesel komt dit overeen met zo'n 5 vol% biodiesel (op dit moment voornamelijk FAME: Fatty Acid Methyl Ester).

Energiedichtheid		Benzine	Diesel
Per liter	%	100	113
Per kg (excl. tankgewicht)	%	100	99
Actieradius (40 liter)	km	600	730

Voertuigtechniek

Diesel personenvoertuigen zijn sterk ontwikkelde producten met een relatief goed motorrendement.

Luchtverontreinigende emissies

De dieselmotor heeft in vergelijking met de benzinemotor een hoge NO_x-emissie. De NO_x-emissie in de praktijk is doorgaans veel hoger dan volgens de typekeuring. Voor benzinevoertuigen is dat niet het geval. De fijnstofemissie van de dieselmotor is door toepassing van een af-fabriek roetfilter meestal lager dan die van de benzinemotor. Dit roetfilter deed zijn intrede bij Euro 4 en wordt op vrijwel alle Euro 5 voertuigen toegepast.

Praktijkemissies luchtverontreinigende stoffen van personenauto's op diesel

%	(Introductiejaar)	NO _x *	Fijnstof aandrijving**
Euro 5 benzine (referentie)		0,02 g/km 100	0,004 g/km 100
Diesel Euro 3	(2000/2001)	3200	1000
Diesel Euro 4	(2005/2006)	2150	265
Diesel Euro 5	(2009/2010)	2450	25
Diesel Euro 6	(2014/2015)	1450	25

* Directe NO₂-aandeel in de NO_x-uitstoot voor diesel is ca. 30-50%

** Fijnstof van slijtage van banden, remmen, wegdek = 0,016 g/km, onafhankelijk van Euroklasse

N.B. Zie de opmerking over oldtimers in de factsheet 'Benzine personenauto's en bestelwagens'.

Broeikasgasemissies

De gemiddelde norm CO₂-uitstoot van de nieuw verkochte dieselpersonenauto's bedroeg in 2013 106 g/km. Net als bij benzine is de CO₂-uitstoot onder praktische rijomstandigheden ca. 55 g/km hoger dan deze normwaarde. Inclusief de uitstoot ten gevolge van oliewinning, transport en raffinage (ca. 20%) komt de uitstoot over de gehele keten van nieuwe dieselauto's uit op rond de 190 g/km.

Infrastructuur

Diesel is bij elk tankstation te verkrijgen. Grotere wagenparken maken soms ook gebruik van niet-openbare vulstations in eigen beheer.

Ontwikkelingsperspectief techniek

Met de introductie van de Euro 6 norm in 2014/2015 wordt de NO_x-norm voor dieselpersonenauto's flink aangescherpt. De eerste Euro 6 dieselpersonenauto's die inmiddels zijn getest, laten zien dat ze op zich wel aan de officiële typekeuringsnorm voor NO_x voldoen, maar dat de NO_x-uitstoot in de praktijk nauwelijks is gedaald ten opzichte van Euro 5. De NO_x-emissie voor dieselvoertuigen zou spectaculair kunnen dalen, indien strenge eisen voor 'Real Driving Emissions' worden ingevoerd als onderdeel van de typekeuring. Hieraan wordt nu gewerkt voor de fase II eisen van Euro 6. De precieze procedure en timing van fase II Euro 6 zijn echter nog onzeker, waardoor ook de daling onzeker is. Het zou effect kunnen hebben voor nieuw verkochte dieselpersonenauto's vanaf ca. 2018.

De dieselmotor heeft reeds een relatieve lage CO₂-uitstoot door het gunstige motorrendement. Voor het verder verlagen van de CO₂-emissie kunnen globaal dezelfde maatregelen genomen worden als bij benzinemotoren, alhoewel het effect vaak wat

kleiner is door het standaard al wat hogere motorrendement. De volgende maatregelen kunnen genomen worden: verlaging voertuiggewicht, verbetering motorrendement vooral door down-sizing (zelfde vermogen uit kleinere motor), start-stop systemen en door toepassing van hybride aandrijving.

Ontwikkelingsperspectief brandstof

Diesel is nog volop beschikbaar de komende decennia, al is de prijsontwikkeling onzeker.

Het percentage biodiesel in de standaard diesel zal naar verwachting de komende jaren verder toenemen. Voor 2020 is vastgesteld dat 10% van de transportbrandstoffen uit hernieuwbare energie moet zijn geproduceerd. Diesel afkomstig van afvalproducten, zoals afgewerkte frituurolie (Used Cooking Oils) tellen hierbij wel dubbel. Het daadwerkelijke percentage ligt hierdoor lager. De biocomponenten bestaan op dit moment vooral uit biodiesel, zoals FAME (Fatty Acid Methyl Ester), maar kunnen ook HVO (Hydrotreated Vegetable Oil) bevatten. Zie de factsheet 'Biodiesel voor vrachtauto's en bussen' voor verdere informatie. Volgens de nieuwste specificatie mag standaard dieselbrandstof tot 7% FAME bevatten. De eigenschappen van andere soorten biodiesel, zoals HVO en BTL (Biomassa To Liquid), komen nog beter overeen met de conventionele diesel, zodat zij in hogere percentages kunnen worden bijgemengd.



2.3 LPG personenauto's

Definitie/omschrijving

LPG is een vloeibaar gas dat bestaat uit een mengsel van propaan en butaan.

Bij personenvoertuigen zijn LPG motoren altijd aangepaste benzinemotoren.

Energiedichtheid		Benzine	LPG
Per liter	%	100	77
Per kg (excl. tankgewicht)	%	100	105
Actieradius (40 liter)	km	600	450

Voertuigtechniek

Bij meer dan 90% van de LPG voertuigen wordt het LPG systeem na aflevering van het voertuig pas ingebouwd (retrofit): het zijn af-fabriek benzinevoertuigen, welke dan voorzien worden van een type G3 (3^e generatie) LPG systeem. Naast het LPG injectiesysteem wordt een LPG tank geïnstalleerd. Deze kan zowel in kunststof als in staal worden uitgevoerd. Soms is de tank weggewerkt onder de auto of in de ruimte van het reservewiel.

Luchtverontreinigende emissies

De luchtverontreinigende emissies van LPG auto's die af-fabriek worden geleverd, zijn vergelijkbaar met die van CNG. De NO_x-emissies van retrofit LPG auto's zijn hoger, zie de onderstaande tabel.

Praktijkemissies luchtverontreinigende stoffen van personenauto's op LPG

%	NO _x *	Fijnstof aandrijving **
Euro 5 benzine (referentie)	0,02 g/km 100	0,004 g/km 100
LPG Euro 3 retrofit	1100	105
LPG Euro 4 retrofit	540	110
LPG Euro 5 retrofit	430	100
LPG Euro 6 retrofit	425	100

* Directe NO₂-aandeel in de NO_x-uitstoot voor LPG is ca. 10%

** Fijnstof van slijtage banden, remmen, wegdek = 0,016 g/km, onafhankelijk van Euroklasse

Broeikasgasemissies

De CO₂-uitstoot van LPG personenauto's (per kilometer) is ca. 85% van die van benzineauto's en is daarmee ca. 5% lager dan de uitstoot van dieselauto's. Hierbij is rekening gehouden met de emissies t.g.v. de brandstofproductie en -transport.

Infrastructuur

LPG is verkrijgbaar bij ca. 1700 tankstations (ca. 40% van alle tankstations). Dit aantal is de afgelopen jaren langzaam afgenomen, onder meer ten gevolge van het veiligheidsbeleid van de overheid voor LPG opslag.

Ontwikkelingsperspectief techniek

De ontwikkeling van LPG motoren voor personenauto's zal aansluiten op die van benzinemotoren.

Ontwikkelingsperspectief brandstof

Het aandeel LPG in de totale brandstofverkoop is in de periode 2000-2008 langzaam afgenomen, maar leek na 2008 weer iets te stijgen, onder meer door de hoge benzine- en dieselprijzen vanaf 2008. Sinds 2009 is echter een daling te zien die zich doorzet tot heden. Het aandeel LPG in het Nederlandse wagenpark lag in 2012 rond de 2.5%. De verwachting is niet dat dit in de komende jaren veel zal veranderen.

2.4 Aardgas en biogas voor personenauto's

Definitie/omschrijving

Aardgas in gecompriëerde vorm (CNG of Compressed Natural Gas) kan worden gebruikt als voertuigbrandstof. Het aardgas bestaat grotendeels uit methaan en wordt bij normale temperaturen niet vloeibaar. Daardoor is de energie-inhoud flink kleiner dan die van benzine, ondanks de hoge druk opslag van ca. 200 bar.

In plaats van aardgas kan ook hernieuwbaar methaan zoals biogas of e-gas worden gebruikt (een mix van beide is ook goed mogelijk). Biogas is het resultaat van vergisting van biomassa zoals bijv. mest en maïs, of komt als stortgas vrij bij stortplaatsen door afbraak van organisch afval. Biogas kan als groen gas of als bio-CNG aan verkeer worden geleverd. E-gas is synthetische methaangas dat wordt geproduceerd met hernieuwbare stroom en CO₂ uit de lucht. Het productieproces van e-gas bestaat uit twee stappen: de elektrolyse en methanisering. In de eerste stap wordt water door middel van elektrolyse met hernieuwbare stroom omgezet in waterstof en zuurstof. In de tweede stap wordt de geproduceerde waterstof met bijvoorbeeld CO₂ die vrijkomt bij een biogasvergister omgezet in synthetisch methaangas. De chemische structuur komt vrijwel overeen met die van aardgas van fossiele oorsprong. Dit betekent dat het via het bestaande aardgasnetwerk is te distribueren, bijvoorbeeld naar aardgastankstations, en daar is te tanken.

Groen gas is tot aardgaskwaliteit opgewaardeerd biogas. Distributie van dit gas vindt plaats via het gewone aardgasnetwerk (bijmenging). Er worden dan zogenaamde groen-gas certificaten verhandeld om voor de afnemer van het gas te waarborgen dat een gelijke hoeveelheid groen gas in het net wordt gevoed als aardgas wordt afgenomen (analoog aan groene stroom voorziening).

Bio-CNG is opgewerkt biogas, gewoonlijk met meer dan 95% methaangas, dat direct aan tankstations wordt geleverd, dus niet via het aardgasnet (in Nederland zeer beperkt).

De energiedichtheid van (bio-)CNG is aanzienlijk lager dan die van benzine. Dit maakt deze brandstof vooral geschikt voor voertuigen die relatief beperkte afstanden afleggen, of in gebieden waar veel vulstations zijn.

Energiedichtheid		Benzine	CNG
Per liter tankinhoud	%	100	–
Per kg tankinhoud		135	120
Actieradius (40 liter)	km	600	–
(20 kg)	km	–	300

Voertuigtechniek

De meeste CNG voertuigen zijn in staat om op zowel op aardgas als op benzine te rijden. Deze worden vaak met 'BiFuel' aangeduid. Daarnaast zijn er voertuigen, waarvan de motor verder geoptimaliseerd is op de goede verbrandingseigenschappen van aardgas. Deze voertuigen worden vaak aangeduid met 'dedicated' CNG. Ze hebben meestal een kleine benzinetank, welke functioneert als een reserve. De meeste CNG voertuigen worden af-fabriek geleverd, in tegenstelling tot LPG waar de ombouw meestal achteraf plaatsvindt (retrofit).

Luchtverontreinigende emissies

De NO_x-emissie van CNG voertuigen in de praktijk ligt iets hoger dan die van benzinevoertuigen, maar lager dan die van diesellootvoertuigen. De fijnstofemissie is gelijk aan die van benzinevoertuigen. De emissies van auto's met retrofit CNG systeem zijn vergelijkbaar met die van 'LPG retrofit' (zie 2.3).

Praktijkemissies luchtverontreinigende stoffen van personenauto's op CNG

%	NO _x *	Fijnstof aandrijving**
Euro 5 benzine (referentie)	0,02 g/km 100	0,004 g/km 100
CNG af-fabriek Euro 4	190	110
CNG af-fabriek Euro 5	150	100
CNG af-fabriek Euro 6	150	100

* Directe NO₂-aandeel in de NO_x-uitstoot voor CNG is ca. 10%

** Fijnstof van slijtage van banden, remmen, wegdek = 0,016 g/km, onafhankelijk van Euroklasse

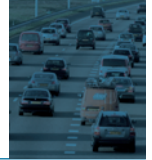
Broeikasgasemissies

In geval van CNG uit aardgas zijn de CO₂-emissies ca. 80% tot 90% van die van vergelijkbare benzineauto's, vanwege het relatief lage koolstofgehalte van aardgas.

De CO₂-emissies van bio-CNG zijn in het algemeen veel lager en afhankelijk van herkomst van het biogas. In vergelijking met benzine en over de gehele brandstofketen (Well-To-Wheel) is bij bio-CNG uit stortgas de uitstoot ca. 85% lager dan die van benzine. Bij bio-CNG uit co-vergisting (van 50% maïs en 50% mest) komt het voordeel vaak lager uit. De CO₂-uitstoot over de keten van e-gas daalt met circa 75% of meer t.o.v. CNG.

Infrastructuur

Aardgas (CNG) was begin 2014 te verkrijgen bij ruim honderd tankstations, verspreid over het land. Het is onduidelijk hoe zich dit aantal de komende jaren zal ontwikkelen. In het verleden leverde het subsidieprogramma Tankstations



Alternatieve Brandstoffen (TAB) een bijdrage aan de groei van deze tankstations door het verbeteren van de verkrijgbaarheid van aardgas / groen gas, E85 en B30. Het programma werd uitgevoerd door Agentschap NL en had een looptijd tot 1 januari 2012. Aan het verkeer geleverd aardgas kan administratief worden vergoed met groen-gas certificaten. Een beperkt aantal niet op het aardgasnetwerk aangesloten pompen levert direct bio-CNG.

Ontwikkelingsperspectief techniek

Deze brandstof was de laatste jaren in opkomst, mede door stimuleringsbeleid, zoals het subsidieprogramma TAB en lokale en regionale initiatieven zoals subsidies voor de aankoop van aardgasauto's. Het aantal tankstations dat CNG aanbiedt nam dan ook gestaag toe. Het aantal voertuigmodellen dat af-fabriek met een CNG installatie wordt aangeboden zal naar verwachting nog flink groeien. De verdere ontwikkeling zal afhangen van de wijze waarop de stimulering wordt doorgezet en van de bereidheid van consumenten om voor deze brandstof te kiezen.

Ontwikkelingsperspectief brandstof

Aardgas is in ruim voldoende mate beschikbaar, al is de verwachting dat de import uit o.a. Rusland de komende jaren verder zal groeien, terwijl de Nederlandse aardgasproductie afneemt.

Het beschikbare potentieel groen gas dat volledig uit reststromen en afval wordt geproduceerd (bijv. uit stortgas) is nog beperkt en naar schatting voldoende voor ca. 5.000 voertuigen (2011). Grotere hoeveelheden, voldoende voor 100.000 voertuigen, zouden rond 2020 kunnen worden geproduceerd uit de vergisting en synthese van in Nederlands beschikbare reststromen. Hierbij dient wel aandacht te worden besteed aan het beheersen van de risico's van methaanslip bij inzet van maïs in de co-vergisting.

De ontwikkeling van e-gas bevindt zich nog in de beginfase. Met e-gas kunnen grote hoeveelheden wind- en zonne-energie efficiënt en onafhankelijk van de locatie worden opgeslagen, namelijk door stroom om te zetten in methaangas en dat in het aardgasnetwerk te injecteren. In Duitsland hebben grote energieleveranciers het principe van power-to-gas omarmd (elektriciteitsoverschotten omzetten in gas).

Bio-ethanol (E85) voor personenauto's

Definitie/omschrijving

Bio-ethanol is een alcohol die gemaakt wordt door fermentatie uit suiker, maïs of tarwe.

Met relatief kleine aanpassingen aan de benzinemotor kan deze heel goed overweg met ethanol in een heel hoog bijmengpercentage tot 85%. Dit wordt met E85 aangeduid, terwijl de daarvoor geschikte voertuigen worden aangeduid met Flex Fuel Vehicle (of FFV). Brazilië en Scandinavië hebben een relatief groot aandeel van deze voertuigen.

In Nederland wordt de meeste bio-ethanol als low blend bijgemengd met benzine, zodat voldaan wordt aan het biocomponent aandeel in het kader van de Nederlandse verplichting hernieuwbare energie vervoer. Tot voor kort mocht benzine max. 5% bio-ethanol bevatten, maar steeds meer tankstations zullen de komende jaren E10 aanbieden. Dat is benzine waar maximaal 10% bio-ethanol is toegevoegd. Het overgrote deel van het wagenpark (ca. 90%) kan deze brandstof zonder problemen tanken. Een klein aandeel auto's is hier echter niet geschikt voor, zodat naast deze E10 ook benzine met max. 5% (E5) bij de tankstations te koop zal blijven. Op www.jebentalsnelduurzaamopweg.nl/E10 kan worden gekeken of een auto E10 mag tanken.

Energiedichtheid		Benzine	Benzine E10	Bio-ethanol E85
Per liter	%	100	97	72
Per kg (excl. tankgewicht)	%	100	97	72
Actieradius (40 liter)	km	600	580	430

Voertuigtechniek

Ethanol is agressiever dan benzine voor zowel metalen als kunststoffen en kan daardoor bijvoorbeeld motoronderdelen zoals pakkingen en afdichtingen aantasten. E10 (10% ethanol) geeft voor de meeste gewone benzine auto's echter geen problemen. Hogere blends (~E20 tot E85) kunnen alleen in speciale Flexible Fuel Vehicles (FFV) worden toegepast. Deze voertuigen hebben een brandstof injectiesysteem dat overweg kan met de grote variatie in eigenschappen, bovendien zijn de gebruikte materialen bestendig tegen E85.

Luchtverontreinigende emissies

Bij blends < E10 is er evenveel uitstoot als bij benzine. Bij gebruik van E85 nemen de emissies gemiddeld iets toe omdat het voertuig vooral geoptimaliseerd is voor benzine. Vanaf Euro 6 zullen de verschillen naar verwachting verder afnemen, omdat de emissie-eisen bij gebruik van E85 dan gelijk gesteld zijn aan die bij gebruik van benzine.

Praktijkemissies luchtverontreinigende stoffen van personenauto's op ethanol

%	(Introductiejaar)	NO _x *	Fijnstof aandrijving**
Euro 5 benzine (referentie)		0,02 g/km 100	0,004 g/km 100
E85 Euro 4	(2005/2006)	155	130
E85 Euro 5	(2009/2010)	112	115
E85 Euro 6	(2014/2015)	100	100

* Directe NO₂-aandeel in de NO_x-uitstoot voor E85 is ca. 5%-10%

** Fijnstof van slijtage banden, remmen, wegdek = 0,016 g/km, onafhankelijk van Euroklasse

Broeikasgasemissies

De uitstoot van CO₂-emissies bij bio-ethanol (over de gehele keten gezien) hangt voornamelijk af van de gebruikte grondstoffen, en in mindere mate ook van het productieproces. Bio-ethanol uit maïs of tarwe vermindert de CO₂-uitstoot met maximaal ca. 70%. Bij bio-ethanol uit suikerriet kan die zelfs 80%-90% verminderen. In veel gevallen worden deze reductie-percentages echter niet gehaald omdat de teelt van deze gewassen leidt tot een verandering van landgebruik (bijv. omzetting van bos- naar landbouwgrond), met extra broeikasgasemissies tot gevolg. In het algemeen lijken de gevolgen hiervan echter minder groot dan bij biodiesel, er blijft vaak nog (gemiddeld) 40%-60% CO₂-reductie over. Op Europees niveau zijn duurzaamheidseisen ontwikkeld die er onder ander voor moeten zorgen dat de biobrandstoffen daadwerkelijk de CO₂-uitstoot over de keten verminderen, dat de gewassen niet in natuurgebieden worden geteeld etc. Het blijkt echter lastig om de effecten van veranderingen van landgebruik in deze eisen op te nemen, dat is daarom op dit moment nog niet het geval.

De CO₂-uitstoot van bio-ethanol blends vermindert evenredig met het percentage bijgemengde bio-ethanol.

Infrastructuur

Verreweg het grootste deel van de in Nederland verkochte bio-ethanol wordt bijgemengd bij de standaard benzine. Het aantal E85 tankstations in Nederland is op dit moment beperkt tot ca. 33, de komende jaren zal dit netwerk verder worden uitgebreid.

Ontwikkelingsperspectief techniek

Naar verwachting zal de ontwikkeling van Flex Fuel Vehicles die van gewone benzinemotoren volgen, omdat ze technisch niet veel van elkaar verschillen. Dat houdt in dat ethanolmotoren de trend van direct injectie en down-sizing zullen volgen.



Ontwikkelingsperspectief brandstof

Ethanolproductie uit de huidige grondstoffen (suikerriet of -biet, maïs, graan, etc.) zal niet veel meer kunnen worden verbeterd, al kan er nog wel milieuwinst worden behaald door bijv. het energiegebruik in de keten te vergroenen, of – in de toekomst – de CO₂ die vrijkomt, ondergronds op te slaan. Het meeste ethanolonderzoek richt zich echter op de productie van ethanol uit niet-voedselgewassen zoals stro, reststromen of houtachtige gewassen. Dit wordt vaak 2^e generatie ethanolproductie genoemd. De verwachting is dat de broeikasgasuitstoot van dergelijke routes minder is doordat verandering van landgebruik wordt vermeden, bovendien is er dan minder concurrentie met voedselproductie.

2.6 GTL voor personenauto's

Definitie/omschrijving

De term GTL staat voor Gas-To-Liquid. Dit wordt algemeen gebruikt voor de conversie van aardgas tot (synthetische) dieselolie. Dit is een hoge kwaliteit dieselbrandstof. GTL kan gebruikt worden om zonder investering de luchtverontreinigende emissies van bestaande en ook oudere voertuigen te verlagen. De samenstelling en eigenschappen zijn redelijk vergelijkbaar met die van Hydrotreated Vegetable Oil (HVO) en Biomass To Liquid (BTL), zie factsheet 'Biodiesel voor vrachtauto's en bussen.

Energiedichtheid		Benzine	Diesel	GTL
Per liter	%	100	113	107
Per kg (excl. tankgewicht)	%	100	99	102
Actieradius (40 liter)	km	600	730	700

Voertuigtechniek

GTL kan zonder meer in blends tot 30% bijgemengd worden met gewone dieselbrandstof. Er ontstaat dan een 'premium' dieselbrandstof met iets minder luchtverontreinigende emissies. In de meeste gevallen kan het ook als pure brandstof toegepast worden met nog gunstigere emissies dan met standaard dieselbrandstof.

Luchtverontreinigende emissies

GTL heeft een gunstig effect op de luchtverontreinigende emissies. De uitstoot is wat lager dan die met standaard dieselbrandstof. Desalniettemin is deze hoog in vergelijking tot die van benzinemotoren.

Praktijkemissies luchtverontreinigende stoffen van personenauto's op GTL

%	(Introductiejaar)	NO _x *	Fijnstof aandrijving**
Euro 5 benzine (referentie)		0,02 g/km 100	0,004 g/km 100
Diesel Euro 4	(2005/2006)	2150	265
Diesel Euro 5	(2009/2010)	2450	25
Diesel Euro 6	(2014/2015)	1450	25

* Directe NO₂-aandeel in de NO_x-uitstoot voor GTL is ca. 50% (ca. 4% voor benzine)

** Fijnstof van slijtage van banden, remmen, wegdek = 0,016 g/km, onafhankelijk van Euroklasse

Broeikasgasemissies

De energie die nodig is om GTL te produceren is ca. 1,5 keer zo hoog dan voor normale diesel brandstof. Door het gunstige uitgangspunt (aardgas), hetgeen resulteert in een gunstigere H-C verhouding in de brandstof, is de WTW CO₂-emissie gemiddeld ongeveer 5% hoger dan die van conventionele dieselbrandstof en 7% lager dan van benzine.

Infrastructuur

GTL kan via de normale dieselbrandstof distributiekanaal verspreid worden, in blends (bijvoorbeeld 20%) of als pure brandstof. Op dit moment kan het op verzoek geleverd worden. De komende jaren zal de wereldwijde productie van GTL naar verwachting toenemen, het is echter nog niet duidelijk hoe het aanbod in Nederland zich verder zal ontwikkelen.

Ontwikkelingsperspectief techniek

GTL kan met conventionele diesel worden gemengd in alle blend percentages. Om echter te kunnen blijven voldoen aan de EN590 specificatie is de maximum GTL bijdrage 30%. Een 'premium' diesel is dan het resultaat. In de meeste gevallen kan 100% pure GTL toegepast worden. Het is wel belangrijk om dit te doen in overleg met de voertuigfabrikant.

Ontwikkelingsperspectief brandstof

Dit is goed te noemen, al zijn de kostenontwikkelingen onzeker. De aardgasvoorraden zijn wereldwijd groter dan de olievoorraden. Het is daarom mogelijk dat GTL in de toekomst een steeds groter deel van de dieselbehoefte voor zijn rekening zal nemen. GTL is naast LNG (Liquefied Natural Gas) een goede manier om aardgas van afgelegen bronnen naar de markt te brengen en te benutten.



2.7 Personenauto's met hybride aandrijving

Definitie/omschrijving

Bij een hybride aandrijving werkt een verbrandingsmotor (op benzine of diesel) samen met een tweede krachtbron. Het gaat dus in principe om een verbetering van de aandrijflijn.

Voertuigtechniek

Hybride aandrijvingen bestaan er in vele soorten en maten. Alle momenteel leverbare hybride aandrijvingen zijn elektrische hybriden. De tweede krachtbron is dan een elektromotor en de energieopslag vindt plaats in accu's of eventueel 'super capacitors' (super-condensatoren). De reden waarom een hybride tot een lager energieverbruik leidt is driedelig: a) de motor draait gemiddeld onder gunstigere condities; b) er wordt remenergie teruggewonnen door elektrisch te remmen en de elektrische energie op te slaan in de accu's; en c) het ingebouwde start-stop systeem. Bij relatief constante snelheid op de snelweg, levert alleen het eerste punt maar voordeel op. Vandaar dat bij veel snelweggebruik het voordeel van de hybride tegen kan vallen. Ook binnen elektrisch hybrides zijn zeer veel varianten mogelijk. Er kan onderscheid gemaakt worden van een lichte tot een zwaardere vorm van hybridisatie. De lichtste vorm van hybridisatie is een start-stop systeem plus een lichte vorm van remenergieterugwinning.

Een nieuwe ontwikkeling is de plug-in hybride, waarbij de accu's kunnen worden opgeladen uit het elektriciteitsnet. Deze auto's hebben meer accucapaciteit aan boord dan de gewone hybrides en kunnen daardoor ook wat langere afstanden volledig elektrisch rijden, op stroom 'uit het stopcontact'. Deze 'zero-emission' afstanden variëren volgens fabrieksopgave van ca. 20 tot 80 km. Naar verwachting kan hiermee gemiddeld ca. 13%-38% van de totale afstand elektrisch worden afgelegd voor respectievelijk een zakelijke en privé rijder. (Dit is een zeer globale schatting bij dagelijks opladen en een jaarkilometrage van resp. 60.000 en 20.000 km en een effectieve zero-emission range van 60% van de fabrieksopgave.) De benzine- of dieselmotor wordt dan gebruikt bij hogere snelheden of als de accu's leeg zijn.

Luchtverontreinigende emissies

Aan de luchtverontreinigende emissies worden dezelfde eisen gesteld als aan niet-hybride voertuigen. Als de hybride auto volledig elektrisch rijdt zijn de emissies ter plekke nul. De elektriciteitsopwekking brengt in veel gevallen wel emissies met zich mee, die zullen elders (en op een ander tijdstip) zijn uitgestoten.

Voor plug-in hybrides is een globale schatting gemaakt op basis van voertuigen welke naar verwachting de komende jaren op de markt zullen komen (zie Definitie/omschrijving).

Praktijkemissies luchtverontreinigende stoffen van personenauto's met hybride aandrijving

%	NO _x *	Fijnstof aandrijving**
Euro 5 benzine	0,02 g/km	0,004 g/km
(referentie)	100	100
Euro 5, benzine hybride (full-hybrid)	100	100
Euro 5, benzine plug-in hybride***	65-90	65-90
Euro 5, diesel plug-in hybride***	<2450	<25

* Directe NO₂-aandeel in de NO_x-uitstoot voor benzine is ca. 5%-30%

** Fijnstof van slijtage van banden, remmen, wegdek = 0,016 g/km, onafhankelijk van het type voertuig

*** Emissies van de elektriciteitsproductie zijn niet meegerekend

Broeikasgasemissies

De CO₂-uitstoot van volledig hybride auto's (full-hybrid) is ca. 20% lager dan van vergelijkbare benzineauto's. Bij lichtere vormen van hybridisatie is de reductie uiteraard minder. Voor de plug-in hybrides is geschat dat CO₂-emissies van het voertuig 13%-38% kunnen dalen, afhankelijk van het type rijder en bij dagelijks opladen. Als de elektriciteitsproductie wordt meegerekend is de daling van de CO₂-emissies ca. 3%-10% (globale schatting aan de hand van de huidige Nederlandse elektriciteitsmix). Bij een groeiend aandeel hernieuwbare elektriciteit zal de CO₂-winst van deze auto's verder toenemen.

Infrastructuur

Hybride auto's rijden op standaard benzine (of diesel). Plug-in hybrides kunnen daarnaast worden bijgeladen uit het elektriciteitsnet.

Ontwikkelingsperspectief techniek

Het ontwikkelingsperspectief is richting hybrides met een zero-emission range en plug-in hybrides. Deze voertuigen kunnen een beperkte afstand, vaak beperkt tot lagere snelheid, volledig elektrisch rijden. Die afstand zal doorgaans maximaal enkele tientallen kilometers zijn. Bij plug-in hybrides kunnen de accu's tevens aan het stopcontact worden opgeladen.

De vraag is waar het uiteindelijk naar toe gaat met hybride auto's en plug-in hybriden. De voordelen van deze auto's komen vooral tot hun recht bij dynamisch gebruik, zoals bij veel stadsverkeer. Van plug-in hybrides zijn nog onvoldoende praktijkanalyses bekend om een goed inschatting van de

voordelen te kunnen doen. Het kan zijn dat plug-in hybrides vooral een nuttige stap zijn op weg naar een volledig elektrische auto, die dan hoofdzakelijk gebruikt zal worden voor de korte en middellange afstand.

Nog een stapje verder dan plug-in hybride voertuigen zijn elektrische voertuigen met zogenaamde range extenders. Zie hiervoor de factsheet 'Personenauto's op elektriciteit'.

Ontwikkelingsperspectief brandstof

Hybride auto's maken van dezelfde benzine en diesel gebruik als conventionele auto's. Het aandeel biobrandstof hierin zal hier de komende jaren verder worden verhoogd (zie voor verdere informatie de desbetreffende factsheets).

De plug-in hybriden gebruiken daarnaast ook elektriciteit en kunnen derhalve profiteren van de verwachte vergroening die de komende decennia in de elektriciteitsproductie zal plaatsvinden (o.a. door vergroting van het aandeel hernieuwbare energie).



2.8 Personenauto's op elektriciteit

Definitie/omschrijving

Deze categorie betreft een aantal verschillende typen personenauto's die op elektriciteit 'uit het stopcontact' kunnen rijden. De energie wordt opgeslagen in een groot accupakket.

Voertuigtechniek

De aandrijving van een volledig elektrisch voertuig (FEV: Full Electric Vehicle of BEV: Battery Electric Vehicle) bestaat uitsluitend uit een elektromotor, een regelunit en elektrische energieopslag in de vorm van accu's. De accu's worden opgeladen bij speciale laadvoorzieningen of bij een standaard stopcontact. De actieradius met volle accu is onder gunstige omstandigheden momenteel ca. 100 tot 150 km, met maximale afstanden tot 300 km. Als veel gebruikgemaakt wordt van de verwarming of de airconditioning zal de actieradius met zo'n 25% kunnen dalen. Bij hoge snelheden op de snelweg zal de actieradius zelfs met zo'n 50% kunnen dalen. Hiervan is nog weinig informatie uit de praktijk beschikbaar. In extreme gevallen kan de daling groter zijn. Ook temperatuur speelt een rol: een lage temperatuur van de accu bij het laden kan de actieradius ook verminderen.

Daarnaast komen ook plug-in hybride en elektrische auto's met range extender op de markt (PHEV: Plug-in Hybrid Electric Vehicle en EREV: Extended Range Electric Vehicle). De plug-in hybride is primair een hybride voertuig, dat 'bijgeladen' kan worden uit het stopcontact. Door de grotere accu kan een grotere afstand volledig elektrisch gereden worden dan bij gewone hybrides (grotere zero-emission range). Zie verder de Factsheet 'Personenauto's met hybride aandrijving'.

Elektrische voertuigen met range extender kunnen een afstand van zo'n 50 tot 100 km volledig elektrisch afleggen. Rijdt de auto echter verder dan de accu's toelaten, dan start een verbrandingsmotor die op benzine, diesel of biobrandstof loopt en de accu's oplaadt. Het verschil met de plug-in hybride is dat de motor bij de range extender niet de wielen direct aandrijft maar alleen de accu's oplaadt. Het is nog onduidelijk of deze voertuigen een plaats in kunnen nemen tussen enerzijds de conventionele en (plug-in) hybride voertuigen en anderzijds de volledig elektrische voertuigen.

N.B. De gegevens in de navolgende tabel zijn indicaties, en kunnen sterk verschillen tussen verschillende auto's. Het aanbod van deze auto's is nog zeer beperkt en in ontwikkeling.

Energiedichtheid		Benzine	Volledig elektrisch	Plug-in hybride	Range extender elektrisch
Per liter tankinhoud	%	100	n.v.t.	100	100
Per kg tankinhoud	%	135	n.v.t.	135	135
Per kWh batterij-capaciteit			11	11	11
Actieradius					
Typische tankinhoud	l	40			
Bij typische tankinhoud	km	600			
Typische batterij-capaciteit	kWh	20	3-10	10	
Actieradius (bij deze batterijcapaciteit)	km	100-150	20-50	50	

Laden

Bij de meeste volledig elektrische voertuigen kan de oplaadtijd van de accu's thuis of aan een standaard laadvoorziening variëren van 4 tot 8 uur, afhankelijk van de gebruikte technologie. Bij elektrische auto's met een range extender ligt dit in dezelfde orde van grootte of iets lager. Om sneller laden mogelijk te maken (en daarmee de praktische inzetbaarheid van volledig elektrische auto's te vergroten) komen er steeds meer snellaadvoorzieningen, zodat de voertuigen ook onderweg kunnen 'bijladen', binnen ca. 20-30 minuten.

Luchtverontreinigende emissies

De luchtverontreinigende emissies van elektrische voertuigen zijn lager dan van conventionele auto's. Als zij volledig elektrisch rijden zijn de NO_x- en fijnstofemissies van de aandrijving van het voertuig nihil en blijven alleen de slijtage emissies over. Eventueel kan rekening gehouden worden met de NO_x- en fijnstofemissie van de productie van de elektriciteit, deze hangt af van de productiewijze (variërend van wind- tot kolenstroom).

Voor plug-in hybrides is een globale schatting gemaakt op basis van voertuigen welke naar verwachting de komende jaren op de markt zullen komen (zie factsheet 'Personenauto's met hybride aandrijving').

Voor elektrische voertuigen met range extender zou het zero-emissie deel kunnen toenemen tot zo'n 25% tot 80%. Daarmee kan de NO_x- en de fijnstofemissie van de aandrijving van het voertuig ook dalen met 25% tot 80% ten opzichte van benzinevoertuigen. (Berekening gebaseerd op theoretische aannamen, zoals effectieve zero-emission range van 50 km en dagelijks opladen.)

Praktijkemissies luchtverontreinigende stoffen voor personenauto's op elektriciteit (voertuigemissies)

%	NO _x *	Fijnstof aandrijving**
Euro 5 benzine (referentie)	0,02 g/km 100	0,004 g/km 100
Euro 5, benzine plug-in hybride	65-90	65-90
Euro 5, diesel plug-in hybride	<2450	<25
Elektrisch Euro 5 benzine range extender	20-80	20-80
Elektrisch voertuig: elektriciteit gemiddelde mix in NL	0	0

* Directe NO₂-aandeel in de NO_x-uitstoot voor benzine is ca. 5%-10%

** Fijnstof van slijtage van banden, remmen, wegdek = 0,016 g/km,
onafhankelijk van het type voertuig

Broeikasgasemissies

De broeikasgasemissies van deze auto's worden bepaald door de productiemethode van de elektriciteit, de verhouding tussen volledig elektrisch rijden versus ondersteuning van de brandstofmotor en het brandstofverbruik. De elektriciteit kan geproduceerd worden uit fossiele brandstoffen (kolen, gas) maar ook uit hernieuwbare bronnen zoals zonne-energie, windenergie, biogas of biomassa. Een volledig elektrische auto, die op de huidige gemiddelde Nederlandse elektriciteitsmix rijdt, zorgt voor ca. 54% minder CO₂-uitstoot. Neemt het aandeel hernieuwbare bronnen toe (zonder of met weinig CO₂-uitstoot), dan zal de CO₂-emissie dalen, bij stroomproductie uit kolen is de reductie daarentegen vrijwel nihil. Voor de plug-in hybride voertuigen is geschat dat de aandrijving voor maximaal 13%-38% van de kilometers volledig elektrisch zal zijn, afhankelijk van het type rijder en bij dagelijks opladen. Als de elektriciteitsproductie wordt meegerekend dan is de daling van de CO₂-emissies maximaal ca. 3%-10% (globale schatting aan de hand van Nederlandse elektriciteitsmix). Als we ervan uitgaan dat elektrisch auto's met range extenders ruim twee keer zoveel op elektriciteit rijden komt de daling van CO₂-emissies van deze voertuigen uit op 7%-30% t.o.v. conventionele benzineauto's, bij de huidige elektriciteitsmix.

Infrastructuur

De infrastructuur voor het opladen van elektrische auto's ligt er in principe al: de oplaadpunten kunnen worden gekoppeld aan het bestaande elektriciteitsnet. Het aantal laadvoorzieningen waarvan daadwerkelijk gebruik kan worden gemaakt is nog beperkt, maar groeit gestaag. Snelladen (met 50 kW of meer) wordt in hoog tempo een interessante optie voor de elektrische rijders. In het bijzonder is hiervoor de landelijke uitrol van een dekkend netwerk van snelladers langs de rijkswegen van belang. Lopende projecten zorgen ervoor dat voor 2016 een netwerk van tenminste 200 snellaadpalen wordt gerealiseerd.

Er zijn relatief weinig autobezitters die de auto in hun eigen garage kunnen opladen. Als de aantallen elektrische auto's de komende jaren toenemen, zullen er nog veel laadpalen langs openbare parkeerplaatsen, bedrijfsterreinen e.d. bij moeten komen. Op termijn zal dan een landelijk dekkende laadinfrastructuur nodig zijn.

Binnen Nederland is inmiddels wel een keuze gemaakt voor één stekker, maar binnen de EU is er nog geen eenduidigheid over het type stekker dat in de voertuigen en laadpalen moet worden gebruikt. Dit kan tot de lastige situatie leiden dat een voertuig niet aan alle palen kan worden opgeladen. Plug-in hybride en range extender elektrische auto's zijn minder afhankelijk van de beschikbaarheid van laadpalen en stopcontacten dan volledig elektrische auto's. Hun milieuwinst zal echter toenemen als ze vaker worden opgeladen en daarmee minder gebruik maken van hun verbrandingsmotor. Hierdoor zullen ook de kosten van het gebruik van deze voertuigen afnemen. Ook deze auto's worden daarom aantrekkelijker naarmate de laadinfrastructuur verder wordt uitgebouwd.

Ontwikkelingsperspectief techniek

Enkele automerken brengen volledig elektrisch voertuigen en plug-in hybride elektrische voertuigen op de markt. De toekomst van rijden op elektriciteit ziet er gunstig uit omdat de meeste grote autoproducenten en toeleveranciers de elektrische auto geaccepteerd hebben en producten in ontwikkeling hebben. De kosten zijn echter nog relatief hoog, en voor de meeste autorijders nog niet aantrekkelijk. Met name de accu dient nog verder ontwikkeld te worden zodat deze goedkoper en ook lichter wordt. Dat heeft tijd nodig, waarbij het belangrijk is dat zich wereldwijd een markt ontwikkelt waaruit die verdere ontwikkeling betaald kan worden.

Op dit moment wordt door een groot aantal partijen (zowel uit het bedrijfsleven, de EU, en diverse nationale overheden over de hele wereld) inspanningen verricht op gebied van onderzoek en ontwikkeling, stimulering van de markt en het opzetten van proeftuinen en demonstratieprojecten. De komende jaren zal blijken in hoeverre dit tot technische doorbraken en kostendalingen zal leiden, en vervolgens tot een succesvolle doorbraak op de automarkt.

Ontwikkelingsperspectief brandstof

De verwachting is dat de elektriciteitsproductie de komende decennia zal vergroenen, o.a. door vergroting van het aandeel hernieuwbare energie en andere maatregelen t.b.v. reductie van de CO₂-uitstoot. Verdere ontwikkeling van de accu's kan ervoor zorgen dat de hybride varianten van elektrische auto's steeds meer op elektriciteit (uit het net) gaan rijden, en minder op benzine of diesel.



2.9 Personenauto's op waterstof

Definitie/omschrijving

Waterstofvoertuigen die zijn uitgerust met een brandstofcel zijn elektrische voertuigen. Aan boord van het voertuig vindt in de brandstofcel een elektrochemische omzetting van waterstof plaats waarbij elektriciteit wordt geproduceerd. De elektriciteit wordt gevoed aan een elektromotor die, net als bij een batterij-elektrische voertuig, het voertuig aandrijft. In alle gevallen wordt remenergie opgeslagen en hergebruikt. Waterstofvoertuigen zijn nog niet op de markt verkrijgbaar. Wel is er een aantal demonstratieprojecten in verschillende landen, waaronder Nederland. Er worden inmiddels wel plannen voor serieproductie aangekondigd.

De energie-inhoud per kilogram waterstof is zeer hoog. Het is echter een 'dun' gas waardoor een kilogram relatief veel ruimte inneemt. Om voldoende gewicht aan boord van een auto te krijgen moet waterstof daarom sterk worden gecomprimeerd. Als standaard is 700 bar afgesproken in de personenauto-industrie. Vanwege de behoefte aan compressie en de hoge druk zijn tankstations voor waterstofwat complexer dan voor benzine. Een voordeel ten opzichte van batterij elektrische voertuigen is de grotere actieradius – afhankelijk van de opslagcapaciteit op het voertuig. Bij sommige modellen is de actieradius vergelijkbaar met benzine voertuigen.

Energiedichtheid		Benzine	Waterstof
Per liter tankinhoud	%	100	10-20
Per kg tankinhoud	%	135	377
Actieradius			
Typische tankinhoud	L	40	
	kg		5,5
Bij typische tankinhoud	km	600	550

Luchtverontreinigende emissies

Brandstofcel elektrische auto's zijn volledig zero-emissie en hebben geen luchtverontreinigende emissies; behalve enig fijnstof emissies van de banden net als elke andere auto die heeft. Eventueel kan rekening gehouden met de NO_x- en fijnstofemissie van de productie van de waterstof, deze hangt af van de productiewijze (variërend van aardgas tot wind- of kolenstroom).

Praktijkemissies luchtverontreinigende stoffen voor personenauto's met H₂ brandstofcelaandrijving (voertuigemissies)

%	NO _x *	Fijnstof aandrijving*
Euro 5 benzine (referentie)	0,02 g/km 100	0,004 g/km 100
H ₂ brandstofcel	0	0

* Fijnstof van slijtage van banden, remmen, wegdek = 0,016 g/km, onafhankelijk van het type voertuig

Broeikasgasemissies

De broeikasgasemissies worden bepaald door de productie-methode van de waterstof, in combinatie met het brandstof-verbruik van de auto. Waterstof wordt in de meeste gevallen gemaakt uit aardgas, maar het kan ook bijvoorbeeld d.m.v. elektriciteit worden geproduceerd en daarmee uit een heel scala aan energiebronnen. Als waterstof uit aardgas wordt geproduceerd dan zou de CO₂-reductie ca. 40% kunnen zijn. De emissiereductie kan nog hoger uitvallen indien de CO₂ wordt afgevangen en opgeslagen (CCS). Productie uit kolen zonder CCS zou echter meer emissies tot gevolg hebben dan rijden op benzine (+20%), reden waarom dit moet worden vermeden. Goede gegevens van het waterstofverbruik in de praktijk ontbreken echter nog.

Infrastructuur

De infrastructuur voor waterstof-tankstations is relatief duur, vooral vanwege de compressoren die nodig zijn om waterstof op de benodigde druk te brengen en het hoge druk opslagsysteem dat nodig is om voertuigen snel te kunnen tanken. In Nederland zijn er op dit moment maar drie waterstoftankstation, in Arnhem, in Amsterdam en in Helmond. Medio 2014 wordt een nieuw waterstoftankstation in Albrandswaard gerealiseerd. Er zijn op dit moment nog geen beslissingen genomen om een grootschaligere infrastructuur aan te leggen in Nederland. Mede daardoor is de toekomst nog onzeker. In een aantal andere landen, waaronder Duitsland, wordt al wel op grotere schaal gewerkt aan de verdere ontwikkeling en uitrol van deze voertuigen en de bijbehorende infrastructuur. Veiligheidsvoorzieningen rond tankstations moeten worden aangepast zoals bij alle extra brandstofinstallaties het geval is.

Ontwikkelingsperspectief techniek

Diverse merken hebben prototypen brandstofcelvoertuigen beschikbaar. De prestaties van deze voertuigen zijn goed en hun actieradius nadert het niveau van auto's met verbrandingsmotoren.

De huidige brandstofcel-elektrische auto's, die op het punt staan van marktintroductie, zijn hybrides die zijn uitgerust met een kleine accu zoals in een hybrid electric vehicle (HEV). Andere varianten zijn in principe mogelijk, zoals een plug-in hybride met een groter accupakket en een brandstofcel als 'range-extender', maar voorlopig is hier nog geen uitzicht op.

Het succes van de optie brandstofcel elektrische voertuigen op waterstof hangt echter sterk af van de mate waarin een goed gecoördineerde en samenhangende uitrol van tankstations en voertuigen gerealiseerd kan worden. Vereiste investeringen aan beide kanten zijn hoog, en omgeven met aanzienlijke risico's. De toekomst kent wat dat betreft nog vele onzekerheden. Daarnaast zal de toekomstige vraag naar deze voertuigen (en daarmee de investeringen in de ontwikkeling) ook afhangen van de ontwikkelingen bij de elektrische voertuigen en de acceptatie van automobilisten voor het ene of het andere. In de toekomst kan ook een markt ontstaan voor bussen of vrachtauto's op waterstof.

Ontwikkelingsperspectief brandstof

Uit oogpunt van duurzaamheid is het belangrijk dat de milieuprestaties van waterstof positief zijn in vergelijking tot conventionele brandstoffen. Dit is het geval wanneer waterstof wordt geproduceerd:

- als bijproduct bij industriële processen (bijv. chloorproductie);
- uit aardgas via reforming;
- uit fossiele bronnen in combinatie met CCS;
- uit biomassa;
- uit water via elektrolyse met behulp van CO₂-arme/vrije elektriciteit, zoals elektriciteit geproduceerd met zon en wind.

Het ligt echter niet direct voor de hand dat elektriciteit in waterstof wordt omgezet, om vervolgens in te zetten in een brandstofcelvoertuig – dit is minder efficiënt dan direct gebruik van de elektriciteit in een elektrische auto. Waterstof heeft wel het voordeel dat de productie onafhankelijk kan zijn van de vraag naar energie. Inzet van elektriciteit voor de productie van waterstof biedt zo op termijn een kansrijk mechanisme om vergaande implementatie van energie uit de niet stuurbare en variabele bronnen zon en wind in het energiesysteem te faciliteren. Het kan dienen als buffer voor grote hoeveelheden energie (eenvoudig op te slaan en te transporteren) om zodoende verschillen tussen aanbod en vraag naar energie (vanuit diverse sectoren, zoals transport, industrie en elektriciteit) op te kunnen heffen. Wanneer biomassa als grondstof wordt gebruikt dan is het WTW rendement beter dan via biodiesel of ethanol in combinatie met een verbrandingsmotor.



3 Vrachtauto's en bussen

De vrachtauto met Euro V dieselmotor is gekozen als referentie voor de andere brandstoffen.

3.1 Diesel vrachtauto's en bussen

Definitie/omschrijving

Dieselbrandstof heeft een lage zelfontbrandingstemperatuur, waardoor het geschikt is voor een 'dieselmotor'. De brandstof ontbrandt vanwege de hoge temperatuur na de compressie in de motor vanzelf, vrij snel nadat het ingespoten wordt. Diesel is desalniettemin relatief veilig, omdat het niet makkelijk verdampt. De kwaliteit van dieselbrandstof is de laatste decennia sterk verbeterd door met name de vermindering van het zwavelgehalte en het aandeel polycyclische koolwaterstoffen. Daardoor vermindert de luchtverontreinigende uitstoot en wordt de toepassing van roetfilters en katalysatoren veel gemakkelijker.

Daarnaast moet de transportbrandstof volgens het Nederlandse beleid in 2013 op energiebasis verplicht gemiddeld 5% biocomponenten bevatten, in 2014 5,5%. Op volumebasis komt dit neer op 5% biodiesel bijmenging. Deze doestelling wordt vooral gehaald door biodiesel (op dit moment voornamelijk FAME, Fatty Acid Methyl Ester) bij te mengen.

Voertuigtechniek

Dieselmotoren voor vrachtauto's zijn sterk ontwikkelde producten met een relatief goed motorrendement en daarmee lage CO₂-emissies.

Luchtverontreinigende emissies

Met de introductie van Euro VI (2013) is de NO_x-emissie van vrachtauto's sterk gedaald, met een factor 13 ten opzichte van Euro V (zie tabel). Dit is betrokken op de inzichten in de praktijkemissies van zware Euro VI vrachtwagens (>20ton). Het is nog wel afwachten of deze trend zich handhaaft voor lichtere vrachtwagens (bijvoorbeeld distributiewagens) en bussen en of de emissie laag blijft over de nuttige levensduur van het voertuig. De fijnstofemissie uit de motor is met de introductie van Euro IV en V al gedaald. Met de introductie van Euro VI daalt de fijnstofemissie nog verder als gevolg van toepassing van af-fabriek roetfilters.

Praktijkemissies luchtverontreinigende stoffen van middelzware vrachtauto's op diesel (gemengde inzet: 10% stad, 20% buitenweg en 70% snelweg).

%	(Introductiejaar)	NO _x *	Fijnstof aandrijving**
Diesel Euro VI (referentie)		0,37 g/km 100	0,008 g/km 100
Diesel EURO III	(2000/2001)	1650	1400
Diesel EURO IV	(2005/2006)	1700	270
Diesel EURO V	(2008/2009)	1300	275

* Directe NO₂-aandeel in de NO_x-uitstoot voor diesel EURO IV en later is ca. 5%-15%

** Fijnstof van slijtage van banden, remmen, wegdek = 0,078 g/km, onafhankelijk van Euroklasse

Broeikasgasemissies

De CO₂-uitstoot varieert sterk tussen verschillende vrachtauto's, en is afhankelijk van met name het motorvermogen, het gewicht van het voertuig en de lading, route, rijgedrag, snelheid etc. De volgende richtgetallen kunnen voor CO₂-emissie in de praktijk worden gehanteerd, bij vergelijkbare inzet:

— lichte truck:	350 g/km
— middelzware truck:	650 g/km
— zware truck:	900 g/km
— trekker-oplegger:	950 g/km

Infrastructuur

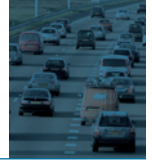
Diesel is bij elk tankstation te verkrijgen. Een kwart van de tankstations biedt speciale opstelplaatsen voor vrachtauto's aan, waar met hogere vulsnelheden kan worden getankt. Grotere wagenparken maken ook wel gebruik van niet-openbare vulstations in eigen of particulier beheer.

Ontwikkelingsperspectief techniek

Sinds 2012/2013 is de Euro VI norm verplicht voor vrachtauto's. Met het verplicht worden van Euro VI zijn de NO_x- en fijnstofemissies sterk verminderd door toepassing van NO_x-reductietechnologieën en roetfilters. Vrachtauto dieselmotoren zijn meestal al geoptimaliseerd op een laag brandstofverbruik en daarmee op een relatief lage CO₂-emissie. Het energieverbruik en de CO₂-uitstoot kan desalniettemin nog verder verminderd worden door diverse motor- en voertuigtechnieken, een slimmere integratie van het voertuig met trailer en opbouw en ICT hulpmiddelen voor een beter rijgedrag.

Ontwikkelingsperspectief brandstof

Diesel is nog volop beschikbaar de komende decennia, al is de prijsontwikkeling onzeker. Het percentage biodiesel in diesel zal de komende jaren verder toenemen. Voor 2020 is vastgesteld dat 10% van de transportbrandstoffen uit hernieuwbare energie moet zijn geproduceerd. De biocomponenten bestaan op dit moment vooral uit biodiesel zoals FAME (Fatty Acid Methyl Ester), maar het kan ook HVO (Hydrotreated Vegetable Oil) betreffen – zie de factsheet ‘Biodiesel voor vrachtauto’s en bussen’ voor verdere informatie. Volgens de nieuwste specificatie mag standaard dieselbrandstof tot 7% FAME bevatten, andere soorten biodiesel zoals HVO en BTL (Biomassa To Liquid) kan in hogere percentages worden bijgemengd.



3.2 Aardgas en biogas voor vrachtauto's en bussen

Definitie/omschrijving

Aardgas kan als brandstof gebruikt worden voor bussen en vrachtauto's. De samenstelling is afhankelijk van de herkomst: Nederlands aardgas bevat ca. 80% methaan (laag calorisch). Buitenlands aardgas bevat veelal hogere percentages methaan, soms tot bijna 100% (hoog calorisch). Voor gebruik in voertuigen kan aardgas in gecomprimeerde vorm of in vloeibare vorm worden opgeslagen en getransporteerd. Gecomprimeerd aardgas (200-250 bar) wordt aangeduid met CNG (Compressed Natural Gas). Vloeibaar aardgas wordt gemaakt door het gas sterk af te koelen (tot -160°C) en cryogeen op te slaan, dit wordt aangeduid met LNG (Liquefied Natural Gas). Aardgas uit het Nederlandse net wordt als CNG toegepast in voertuigen. LNG wordt uit het buitenland geïmporteerd en in de regel ook in die vorm toegepast.

De hernieuwbare tegenhanger van aardgas is biogas. Biogas is het resultaat van vergisting van biomassa zoals mest en maïs, of komt als stortgas vrij bij stortplaatsen door afbraak van organisch afval. Biogas kan als groen gas via het aardgasnet aan verkeer worden geleverd. Bij levering via het aardgasnet wordt het biogas opgewerkt naar aardgaskwaliteit. Er worden zogenaamde groen-gas certificaten verhandeld om voor de afnemer van het gas te waarborgen dat een gelijke hoeveelheid groen gas in het net wordt gevoed als aardgas wordt afgenomen (analoog aan de groene stroomvoorziening). Een andere mogelijkheid is om het biogas in opgewerkte vorm direct aan tankstations te leveren, dus niet bijgemengd met aardgas. In gecomprimeerde vorm wordt het aangeduid als bio-CNG of CBG (Compressed Bio Gas) en in vloeibare vorm als bio-LNG of LBG (Liquefied Bio Gas).

CNG is in Nederland gewoonlijk laag-calorisch. LNG is hoog-calorisch. De energiedichtheid (energie-inhoud per liter) van CNG en LNG is flink lager dan die van diesel. 1 kg CNG heeft een vergelijkbare energie-inhoud als 1 l diesel. 1 kg LNG heeft een ca. 37% hogere energie-inhoud dan 1 l diesel. Vanwege de verschillen in actieradius wordt CNG vooral ingezet voor stadsbussen en is LNG vooral geschikt voor vrachtauto's.

Energiedichtheid		Diesel	CNG*	LNG
Per liter	%	100	–**	50**
Per kg tankinhoud	%	120	105	140
Actieradius lange afstand				
1000 liter tankinhoud	km	3000	–	–
300 kg tankinhoud	km	–	–	1000
Actieradius distributie				
250 liter tankinhoud	km	1000	–	–
50 kg tankinhoud	km	–	250	–
100 kg tankinhoud	km	–	–	500

* Laag-calorisch

** Sterk afhankelijk van druk, temperatuur en samenstelling

Meerdere motorvarianten voor aardgas bij vrachtwagen- en busmotoren

Er zijn zowel motoren met vonkstekking als dual-fuel motoren die werken volgens het diesel principe. Bij motoren met vonkstekking wordt een verder onderscheid gemaakt tussen 'stoichiometrisch' met drieweg katalysator en 'lean-burn' of arm-mengsel motoren met oxidatiekatalysator. Bij het eerste type, wordt precies voldoende lucht gedoseerd om het gas te kunnen verbranden. Daardoor is een drieweg katalysator mogelijk en kunnen zeer lage NO_x , CO- en HC-emissies gerealiseerd worden. Bij vrachtwagens is de dual-fuel motor populair. Deze werkt volgens het diesel principe, waardoor het motorrendement hoger is. Daarnaast kan gewoon op diesel gereden worden, mocht aardgas niet beschikbaar zijn. De NO_x en fijnstofemissies van de dual-fuel motoren wijken doorgaans niet veel af van die van de 100% diesel versie. Dual-fuel kan ook achteraf op een diesel voertuig geïnstalleerd worden, alhoewel het maximum bijmengpercentage dan doorgaans lager is.

Voertuigtechniek

Er zijn twee motorvarianten voor aardgas: de motor met vonkstekking en de dual-fuel motor. De laatste variant, die vrijwel alleen bij trucks wordt toegepast, gebruikt zowel dieselbrandstof als gas. Het aardgasaandeel kan variëren van ongeveer 20% bij een relatief eenvoudig omgebouwde motor tot ongeveer 75%. De actieradius van dual-fuel voertuigen is afhankelijk van de voertuigtankopbouw en het bijmengpercentage en zal in de praktijk liggen tussen die van CNG en diesel. Een gasmotor produceert doorgaans minder geluid dan een dieselmotor. In Nederland zijn in het verleden een aantal aardgas trucks gecertificeerd onder de 'Piek-light' (72 dBA) standaard. Dat betekent dat ze onder bepaalde omstandigheden buiten de venstertijden in stadscentra mogen rijden. Voor diesel trucks is dit niet zonder hoge kosten haalbaar en niet beschikbaar op de markt.

Luchtverontreinigende emissies

De motor met vonkontsteking wordt over het algemeen gebruikt vanwege de lage uitstoot van luchtverontreinigende emissies, terwijl voor de dual-fuel motor het accent ligt bij lagere brandstofkosten en minder CO₂-uitstoot. Met de introductie van Euro VI is het verschil in luchtverontreinigende emissies tussen diesel en gas komen te vervallen. De methaannorm van Euro VI is zodanig scherp dat dual-fuel voertuigen er (nog) niet aan kunnen voldoen.

Praktijkemissies luchtverontreinigende stoffen van bussen op aardgas (inzet: 100% stad)

%	NO _x [*]	Fijnstof aandrijving ^{**}
Diesel Euro VI (referentie)	0,69 g/km 100	0,015 g/km 100
Aardgas ^{***} Euro IV	1050	295
Aardgas ^{***} Euro V / EEV lean-burn	840	115
Aardgas ^{***} Euro V / EEV stoichiometrisch	300	115
Aardgas ^{***} Euro V dual-fuel (CNG en LNG)	695	645
Aardgas ^{***} Euro VI ^{****} stoichiometrisch	50-100	50-100

^{*} Directe NO₂-aandeel in de NO_x-uitstoot voor zowel diesel als aardgas is minder dan 10%

^{**} Fijnstof van slijtage van banden, remmen, wegdek = 0,071 g/km, onafhankelijk van motortype

^{***} Geldt ook voor biogas

^{****} Zeer beperkt meetresultaten beschikbaar, waarvan enkele meetresultaten een duidelijk NO_x- en PM-reductie laat zien

Broeikasgasemissies

De CO₂-emissie is onder meer afhankelijk van het koolstofgehalte van de brandstof en het rendement van de motor. Er zijn beperkt gegevens beschikbaar over de CO₂-emissies van HD voertuigen op aardgas en er is flinke variatie afhankelijk van het motortype. De CO₂-emissie voor voertuigen op gas varieert van ongeveer gelijk aan diesel tot een besparing van 10%. Bij een dual-fuel motor is in theorie voordeel te behalen afhankelijk van het bijmengpercentage van het gas. Dit wordt bij Euro V echter in de praktijk niet gerealiseerd vanwege de relatief hoge methaan uitstoot. Door de strenge Euro VI norm voor methaan wordt de uitstoot van broeikasgassen als gevolg van methaanslip bij Euro VI beperkt tot enkele procenten. Vooral nog kan alleen met stoichiometrische gasmotoren met driewegkatalysator aan de lage Euro VI norm voor methaan worden voldaan. Euro VI dual-fuel motoren zijn nog niet leverbaar.

Bij gebruik van bio-CNG/bio-LNG zijn aanzienlijk grotere reducties te behalen voor alle typen motoren, maar wel afhankelijk van de herkomst van het biogas. Over de gehele brandstofketen bezien is bij bio-CNG uit stortgas de CO₂-uitstoot ca. 80% lager dan bij diesel. Bij bio-CNG uit covergisting (van 50% maïs en 50% mest) komt het voordeel vaak lager uit.

Infrastructuur

Aardgas (CNG) was begin 2014 te verkrijgen bij ruim honderd tankstations, verspreid over het land. Deze tankstations zijn direct aangesloten op het aardgasnetwerk. Het is onduidelijk hoe zich dit aantal de komende jaren zal ontwikkelen.

In het verleden leverde het subsidieprogramma Tankstations Alternatieve Brandstoffen (TAB) een bijdrage aan de groei van deze tankstations door het verbeteren van de verkrijgbaarheid van aardgas / groen gas, E85 en B30. Het programma werd uitgevoerd door Agentschap NL en had een looptijd tot 1 januari 2012. Aan het verkeer geleverd aardgas kan administratief worden vergoed met groen-gas certificaten. Een beperkt aantal niet op het aardgasnetwerk aangesloten pompen levert direct bio-CNG. Grotere wagenparken maken ook wel gebruik van niet-openbare vulstations in eigen of particulier beheer. Er waren in januari 2014 vier openbare vulpunten voor LNG, en daarnaast nog drie niet-openbare. Enkele grote energieleveranciers hebben bij elkaar opgeteld een doelstelling voor de realisatie van enkele tientallen LNG stations in de komende jaren. Vijf tot zes nieuwe stations zijn concreet in voorbereiding. Vopak en Gasunie werken aan de realisatie van een LNG laadstation voor LNG tankauto's en LNG bunker schepen bij de LNG terminal in Rotterdam. Dit is belangrijk voor de distributie van LNG als transportbrandstof in Nederland.

Ontwikkelingsperspectief techniek

Door de scherpe Euro VI norm voor methaan kan vooralsnog alleen met stoichiometrische motoren met vonkontsteking en driewegkatalysator aan Euro VI worden voldaan. Voor dual fuel en lean burn motoren is dat het ontwikkelingsperspectief voor de komende jaren. Kenmerkend voor gasmotoren is dat de onderlinge verschillen in CO₂-emissies groot zijn. De energie-efficiency en de CO₂-emissies kunnen zeker voor de minder optimale motoren met ca. 25% worden verbeterd vooral door down-sizing.

Ontwikkelingsperspectief brandstof

Aardgas is in Nederland in ruim voldoende mate beschikbaar, al is de verwachting dat de Nederlandse aardgasproductie afneemt en de import toeneemt. Het beschikbare potentieel groen gas dat volledig uit reststromen en afval wordt geproduceerd (bijv. uit stortgas) is momenteel nog beperkt. Grotere hoeveelheden zouden rond 2020 kunnen worden geproduceerd uit de vergisting en synthese van in Nederlands beschikbare reststromen. Hierbij dient wel aandacht te worden besteed aan het beheersen van de risico's van methaanslip bij de inzet van maïs in de co-vergisting. Naast vergisting en vergassing biedt ook de productie van methaangas via Power to Gas perspectieven voor de toekomst. Hierbij wordt m.b.v. hernieuwbare stroom waterstof of methaan geproduceerd.



3.3 Biodiesel voor vrachtauto's en bussen

Definitie/omschrijving

De term biodiesel wordt meestal uitsluitend gebruikt voor de conventionele biodiesel, hetgeen een veresterde plantaardige olie is. De scheikundige naam is Fatty Acid Methyl Ester (FAME) of Fatty Acid Ethyl Ester (FAEE). Het molecuul kenmerkt zich door veel gebonden zuurstof waardoor de energie-inhoud per kg lager is dan bij diesel. Biodiesel wordt voornamelijk geproduceerd uit plantaardige oliën en vetten zoals koolzaad-, zonnebloem- of sojaolie, uit gebruikte (frituur)oliën en vetten of dierlijk afval (vetten).

Vrijwel alle biodiesel die in Nederland wordt verkocht, wordt in lage percentages bijgemengd in gewone diesel. Er zijn slechts enkele vulpunten waar hogere blends worden aangeboden. Bij dit laatste gaat het meestal om B30, diesel waarbij 30% biodiesel is bijgemengd, of B100, d.w.z. pure biodiesel. Als het aandeel biodiesel (FAME) onder de 7% blijft, kan het product als standaard diesel worden verkocht, bij hogere percentages moet dat worden aangegeven aan de pomp.

Het is raadzaam het toepassen van hogere blends dan B7 met de fabrikant van het voertuig af te stemmen. Vooral bij moderne personenauto's dieselmotoren met roetfilter zijn er risico's op schade. Bij vrachtauto's kunnen wel vaak hogere blends worden toegepast, alhoewel het voor Euro VI ook moeilijker wordt.

De overige biobrandstoffen die bij diesel kunnen worden bijgemengd worden ook wel aangeduid met 'renewable diesel fuels'. Bekende voorbeelden hiervan zijn van zijn Hydrotreated Vegetable Oil (HVO) en Biomass To Liquid (BTL). Deze brandstoffen bevatten geen zuurstof, waardoor ze veel meer lijken op gewone diesel. De grondstoffen voor HVO zijn grotendeels hetzelfde als voor FAME, namelijk plantaardige oliën, daarnaast kunnen ook dierlijke vetten worden gebruikt. Deze biodiesel wordt sinds kort ook in Nederland grootschalig geproduceerd. De grondstoffen voor BTL zijn voornamelijk hout en houtafval, maar de technologie is nog in ontwikkeling. BTL is daarom nog niet commercieel verkrijgbaar.

Energiedichtheid		Diesel	FAME	HVO	BTL
Per liter	%	100	91	95	92
Per kg (excl. tankgewicht)	%	100	87	103	101
Actieradius lange afstand vrachtauto (1000 liter)	km	3000	2700	2850	2750

Voertuigtechniek

De meeste dieselmotoren zullen gewoon draaien op elke biodiesel variant, maar er kan wel verhoogde slijtage optreden. Bekende problemen zijn vervuiling van injectoren, verstopping van filters en achteruitgang van de smeerolie-kwaliteit. Daarom wordt bij hogere blends de olieversnings-termijn meestal verkort. Om problemen te voorkomen, hanteert de auto-industrie het maximum van 7% FAME in dieselbrandstof. Voor HVO en BTL geldt die limiet niet. Deze brandstoffen kunnen in ieder geval tot 30% bijgemengd worden.

Luchtverontreinigende emissies

De luchtverontreinigende emissies veranderen niet sterk bij gebruik van biodiesel en zijn proportioneel met het bijmeng-percentage. Bij FAME gaat de NO_x doorgaans wat omhoog. Bij B100 kan dat vrij veel zijn. De fijnstofemissies dalen met alle biodiesels.

Praktijkemissies luchtverontreinigende stoffen van middelzware vrachtauto's op biobrandstoffen (gemengde inzet: 10% stad, 20% buitenweg en 70% snelweg)

%	NO _x *	Fijnstof aandrijving**
Diesel Euro V (referentie)	3,5 g/km 100	0,02 g/km 100
Diesel EN590 B0	100	100
Diesel EN590 B7	100	100
B30	110	80
B100	125	40
100% HVO of BTL	90	80

* Directe NO₂-aandeel in de NO_x-uitstoot voor diesel EURO V en later is minder dan 5%.

** Fijnstof van slijtage van banden, remmen, wegdek = 0,078 g/km, onafhankelijk van brandstoftype

Broeikasgasemissies

De effecten van biodiesel op de CO₂-uitstoot hangen voornamelijk af van de gebruikte grondstoffen en in mindere mate ook van het productieproces. Indien B100 wordt getankt dat uit gebruikt frituurvet is geproduceerd kan de CO₂-reductie oplopen tot zo'n 90%. Als het uit plantaardige olie zoals koolzaad-, soja- of palmolie is geproduceerd, komt de reductie gemiddeld veel lager uit (maximaal ca. 50%) en in veel gevallen kan de biodiesel dan zelfs tot meer emissies leiden dan de fossiele diesel. Deels wordt dit veroorzaakt door emissies bij de teelt van de grondstoffen, daarnaast kunnen grote hoeveelheden broeikasgassen vrijkomen bij verandering van landgebruik, bijv. als er regenwoud of grasland tot landbouwgrond wordt omgezet om de olie te produceren.

(zie ook de factsheet 'Bio-ethanol voor personenauto's'). Op Europees niveau zijn duurzaamheideisen ontwikkeld die o.a. een minimale CO₂-reductie moeten waarborgen, maar het blijkt lastig om de effecten van verandering van landgebruik hierin op te nemen. Dit is op dit moment dan ook nog niet het geval.

Het toekomstige potentieel van met name FAME en HVO zal afhangen van de duurzaamheideisen die aan de grondstoffen en productieprocessen worden gesteld. BTL wordt nog niet op commerciële schaal geproduceerd. De toekomst zal moeten uitwijzen of de technologische ontwikkeling succesvol is.

Infrastructuur

Verreweg het grootste deel van de verkochte biodiesel wordt bijgemengd bij diesel (tot max. 7%) en als standaard diesel via de gangbare tankstations aangeboden. Er zijn op dit moment (stand januari 2014) ca. 12 tankstations waar hoge blends biodiesel wordt aangeboden, variërend van B20 tot B100. Daarnaast is er een aantal tankstations vlak over de grens in Duitsland waar hogere blends verkocht worden.

Ontwikkelingsperspectief techniek

Op dit moment ligt de grens van bijmenging van FAME voor veel personenauto's bij 7%. Alle motoren geschikt maken voor hogere bijmengpercentages zou technisch wel kunnen, maar leidt tot hoge kosten. Ook voor vrachtautomotoren neemt de complexiteit in de toekomst toe met het van kracht worden van strengere emissienormen (Euro VI vanaf 2013) en de daarbij behorende emissiecontrole systemen. Voor de hand liggende alternatieven zijn a) het geschikt maken van alleen een deel van de vloot voor hogere bijmengpercentages en/of b) het verhogen van het biocomponent aandeel boven de 7% met HVO en BTL.

Ontwikkelingsperspectief brandstof

Biobrandstoffen worden al op grote schaal toegepast vanwege EU beleid, en de in Nederland verplichte bijmenging. In 2014 is het bijmengpercentage voor diesel op energiebasis 5%. Op volumebasis komt dit overeen met ca. 5%. Dit zal naar verwachting verder toenemen, in 2020 moet 10% van de brandstoffen in het wegverkeer uit hernieuwbare bronnen zijn geproduceerd. Hiervoor geldt wel dat bepaalde typen biobrandstoffen, te weten biobrandstoffen afkomstig van afval, dubbel tellen. Voor standaard dieselbrandstof zal het FAME gehalte beperkt blijven tot ca. 7%. Daarboven zal bijgemengd worden met HVO of (in de toekomst wellicht) BTL. Dit kan dan zonder meer tot ca. 30% voor de algemeen beschikbare dieselbrandstof en misschien ook wel hoger. Voor geselecteerde voertuigvloten met eigen tankfaciliteiten kunnen FAME, HVO en BTL ook in pure vorm gebruikt worden. Voor hogere blends dan 7% voor FAME en ca. 30% voor HVO, is formeel een speciale typekeuring voor de motor op deze brandstof noodzakelijk.



3.4 GTL voor vrachtauto's en bussen

Definitie/omschrijving

De term GTL staat voor Gas-To-Liquid. Dit wordt algemeen gebruikt voor de conversie van aardgas tot (synthetische) dieselolie. Dit is een hoge kwaliteit dieselbrandstof. GTL kan gebruikt worden om zonder investering, de luchtverontreinigende emissies van bestaande en ook oudere voertuigen te verlagen. De samenstelling en eigenschappen zijn redelijk vergelijkbaar met Hydrotreated Vegetable Oil (HVO) en Biomass To Liquid (BTL). Zie de Biodiesel voor vrachtauto's en bussen.

Energiedichtheid		Diesel	GTL
Per liter	%	100	95
Per kg (excl. tankgewicht)	%	100	103
Actieradius lanke-afstand vrachtauto (1000 liter)	km	3000	2850

Voertuigtechniek

GTL kan in het algemeen in bestaande voertuigen toegepast worden. Daarnaast kan GTL ook bijgemengd worden met gewone diesel.

Luchtverontreinigende emissies

GTL leidt over het algemeen tot een flinke verlaging van de luchtverontreinigende emissies. GTL geeft voor elke Euroklasse Euro III tot en met Euro V, de volgende gemiddelde emissiereductie t.o.v. standaard diesel:

- NO_x: ca. 10% tot 20% reductie
- Fijnstof aandrijving: ca. 20% reductie.

Voor Euro VI is het effect nog onzeker, omdat er geen directe meetresultaten beschikbaar zijn. Als GTL bijgemengd wordt met gewone diesel, dan is het effect proportioneel met het bijmengpercentage.

Praktijkemissies luchtverontreinigende stoffen van bussen op (pure) GTL (inzet: 100% stad)

%	(Introductiejaar)	NO _x *	Fijnstof aandrijving**
Diesel Euro VI (referentie)		0,69 g/km	0,015 g/km
GTL (diesel) Euro IV	(2005/2006)	100	100
GTL (diesel) Euro V	(2008/2009)	770	505
GTL (diesel) Euro VI	2013***	560	530
		85-100	85-100

* Directe NO₂-aandeel in de NO_x-uitstoot voor diesel en GTL Euro IV en later is ca. 5%-10%

** Fijnstof van slijtage van banden, remmen, wegdek = 0,071 g/km, onafhankelijk van Euroklasse

*** Geen directe meetresultaten beschikbaar, maar wel indicaties voor een reductie

Broeikasgasemissies

De energie die nodig is om GTL te produceren is ca. 1,5 keer zo hoog als voor normale dieselbrandstof. Door het gunstige uitgangspunt (aardgas), hetgeen resulteert in een gunstigere H-C verhouding in de brandstof, is de WTW CO₂-emissie gemiddeld ongeveer 5% hoger dan die van conventionele dieselbrandstof. Gezien de grote spreiding in CO₂-performance tussen productiefaciliteiten voor zowel GTL als diesel is dit verschil beperkt relevant.

Infrastructuur

GTL kan via de normale dieselbrandstof distributiekanaalen verspreid worden, in blend (bijvoorbeeld 30%) of als pure brandstof. Op dit moment kan het op verzoek geleverd worden. De komende jaren zal de wereldwijde productie van GTL naar verwachting toenemen, het is echter nog niet duidelijk hoe het aanbod in Nederland zich verder zal ontwikkelen.

Ontwikkelingsperspectief techniek

GTL kan met conventionele diesel worden gemengd in alle blend percentages. Om echter te kunnen blijven voldoen aan de EN590 specificatie is de maximum bijmengpercentage ca. 30%. Een 'premium' diesel met iets verbeterde emissies is dan het resultaat. In de meeste gevallen kan 100% pure GTL toegepast worden. Het is belangrijk om dit te doen in overleg met de voertuigfabrikant. Verschillende fabrikanten hebben formeel toestemming gegeven (meestal voor Euro V en ouder).

Het is mogelijk dat het rendement van de motoren iets beter wordt, als deze speciaal afgesteld worden op de gunstige eigenschappen van GTL. Het bovengenoemde nadeel in de WTW CO₂-emissie zou daarmee gecompenseerd kunnen worden.

Ontwikkelingsperspectief brandstof

Die is goed te noemen, al zijn de kostenontwikkelingen onzeker. De aardgasvoorraden zijn wereldwijd groter dan de olievoorraden. Het is daarom te verwachten dat GTL in de toekomst een steeds groter deel van de dieselbehoefte voor zijn rekening zal nemen. GTL is naast LNG (Liquefied Natural Gas) een goede manier om aardgas van afgelegen bronnen naar de markt te brengen en te benutten.

3.5 Vrachtauto's en bussen op elektriciteit en op waterstof

Definitie/omschrijving

Vrachtwagens en bussen op elektriciteit

De actieradius van volledig elektrische voertuigen is – bij de huidige stand van de techniek – nog een zwak punt: voor een grote actieradius van bijvoorbeeld honderden kilometers zouden zware en kostbare accu-pakketten nodig zijn. Voor elektrische vrachtauto's geldt dit in versterkte mate. Door het gewicht en omvang heeft een vrachtwagen veel meer energie nodig dan een personenauto, wat de behoefte aan een groot accupakket laat toenemen. De hulpsystemen zoals liften, koeling en dergelijke laten de energiebehoefte van een vrachtwagen nog verder oplopen.

Enkele fabrikanten hebben sinds kort elektrische vrachtauto's op de markt. Het betreft meestal lichte vrachtauto's met typisch 7,5 tot 12 ton maximaal voertuiggewicht, maar er verschijnen ook zwaardere typen van bijvoorbeeld 18 ton of zelfs meer dan 20 ton. Deze leveren wel fors in op laadvermogen (door de zware batterijen) of economie (door excessieve kosten). Toch lijken ook de zwaardere typen interessant, in het bijzonder voor korte trajecten en/of bij veel start- en stopdiensten. Denk aan zware voertuigen in de industrie, haven of luchthaven.

De oplaadtijd van de accu's kan variëren van 2 tot 12 uur, afhankelijk van de gebruikte technologie en de accucapaciteit. Doordat grotere accupakketten dan in personenauto's worden ingezet is een hoger vermogen aansluiting (>10 kW) gewenst om praktisch bruikbare laadtijden (8 uur of minder) te kunnen halen.

Als alternatief voor het ter plekke laden van de accu's zijn ook systemen ontwikkeld waarbij lege accu's voor volle gewisseld worden bij een accuwisselstation. Dergelijke systemen, waarmee lange laadtijden kunnen worden omzeild, is voor bijvoorbeeld stadsbussen of in een beperkt gebied werkend zwaar vervoer heel geschikt. Daarnaast worden ook proeven gedaan met laden via inductie, bijv. bij een bushalte.

Brandstofcel vrachtauto's en bussen

Vrachtauto's of bussen met brandstofcellen op waterstof zijn nog niet als standaardproduct op de markt verkrijgbaar. Dat heeft ermee te maken dat ondanks langjarig onderzoek, de techniek feitelijk nog in een vroege stadium verkeert, zeker bij zware wegvoertuigen. Wel heeft een aantal grote merken prototypen brandstofcelvoertuigen beschikbaar. De combinatie van waterstofopslag met brandstofcellen –

zeker voor vermogens van enkele honderden kW zoals nodig op een bus of vrachtauto – heeft een lager gewicht dan een gelijkwaardig accupakket. Het benodigde volume voor die installatie is bij de huidige stand van de techniek wel aan de grote kant. Bij bussen wordt een druk van 350 bar gehanteerd in vergelijking met 700 bar bij personenauto's. Voor trucks is er nog geen standaard.

In de categorie bussen zijn meer voorbeelden te vinden, al betreft het meestal experimentele kleine series. Vanwege de bijdrage aan een schoner luchtklimaat in binnensteden is er vooral voor waterstofbussen belangstelling. Dat wordt versterkt door de grote invloed van lokaal bestuur op de aankoop van nieuw OV materieel. Verbruikscijfers van experimentele waterstofbussen laten voorlopig nog een behoorlijke achterstand ten opzichte van diesel zien. Verschillende test programma's publiceren verbruikscijfers in de range van 8 tot 22 kg per 100 km. In het inmiddels gedateerde HyFleet-CUTE testprogramma werd een typisch verbruik van 22 kg H₂ per 100 km gehaald. In recentere Londense gebruikproeven is tussen 8 en 10 kg per 100 km geregistreerd. Ook deze getallen weerspiegelen de ontwikkelingsfase van de techniek: een vroege ontwikkelstadium voor brandstofcellen versus volrijp voor dieseltechniek.

De technologie lijkt redelijk klaar voor implementatie in bussen, al zijn de kosten nog hoog.

Luchtverontreinigende emissies

De lokale luchtverontreinigende emissies van elektrische en waterstof vrachtwagens en bussen zijn beperkt tot de slijtage-emissies, waarmee beide toepassingen zeer geschikt zijn uit het oogpunt van lokale milieukwaliteit.

Praktijkemissies luchtverontreinigende stoffen van bussen op elektriciteit en waterstof (inzet: 100% stad)

%	NO _x [*]	Fijnstof aandrijving [*]
Diesel Euro V (referentie)	4,8 g/km	0,08 g/km
Elektrische bus of truck ^{**}	0	0
H ₂ brandstofcel bus of truck	0	0

^{*} Fijnstof van slijtage van banden, remmen, wegdek = 0,071 g/km, onafhankelijk van type aandrijflijn

^{**} Centrale niet meegerekend

Broeikasgasemissies

De broeikasgasemissies van voertuigen op elektriciteit of waterstof worden bepaald door de productiemethode van de elektriciteit of de waterstof, in combinatie met het energieverbruik van de aandrijflijn.



Als gebruikgemaakt wordt van grotendeels fossiele brandstof (bijv. de NL elektriciteitsmix), dan is de CO₂-reductie voor de elektrische truck ca. 30%.

Voor (fossiele) waterstof, is productie vanuit aardgas de meest logische route vanuit het oogpunt van energieverbruik en CO₂-emissie. Ten opzichten van diesel zal in dat geval de CO₂-emissie met ca. 25% toenemen.

De broeikasgasemissies zullen aanzienlijk lager zijn als gebruik gemaakt wordt van hernieuwbare bronnen zoals zonne-energie, windenergie, biogas of biomassa. Bij zonne- en windenergie zouden ze tot vrijwel nul kunnen dalen. Hiermee kan zowel elektriciteit als waterstof gemaakt worden.

Infrastructuur

Voor vrachtauto's en bussen met een elektrische aandrijving gelden qua infrastructuur dezelfde zaken als eerder voor personenauto's werden gemeld. Wel is het zo dat er, door de grotere energiebehoefte van zware voertuigen, behoefte is aan laadvoorzieningen met een grotere laadsnelheid. Dat betekent een hoger elektrisch vermogen voor de elektrische laadvoorziening of een grotere pompsnelheid van brandstof voor een brandstofcelvoertuig.

Ontwikkelingsperspectief techniek

De voordelen van rijden op elektriciteit kunnen groot zijn, maar er zijn nog doorbraken nodig op het gebied van energieopslag, in het bijzonder voor zware voertuigen bestaat een grote behoefte aan compactere, lichtere en liefst ook goedkopere energieopslag. Dat heeft tijd nodig. Voor de ontwikkeling van betere energieopslagsystemen geldt dat verbeteringen zowel op personenauto's alsook vrachtauto's en bussen toepasbaar zijn. De komende jaren zal blijken in hoeverre dit tot technische doorbraken en kostendalingen zal leiden.

Ontwikkelingsperspectief brandstof

Elektriciteit als energiedrager voor transport toepassingen is in de toekomst in voldoende mate voor handen, waarbij de elektriciteitsproductie naar verwachting de komende decennia sterk zal vergroenen, door vergroting van het aandeel hernieuwbare energie en andere maatregelen gericht op reductie van de CO₂-uitstoot.

Waterstof kan in principe in voldoende mate geproduceerd worden, met als voordeel dat de productie onafhankelijk kan zijn van de vraag naar energie. Zo zou eventueel op termijn een overschot aan duurzame elektriciteitsproductie kunnen worden gebruikt om waterstof te produceren, die tijdelijk wordt opgeslagen.

4 Bronnen

TNO, CE Delft, ECN, 2013. Ruud Verbeek, Pieter Kroon, Bettina Kampman: Natural gas in transport – An assessment of different routes, TNO, ECN and CE Delft, mei 2013.

Publication code: 13.4818.38. May 2013.

CE Delft, 2013, 'Options to increase EU biofuels volumes beyond the current blending limits'. Bettina Kampman, Ruud Verbeek, Anouk van Grinsven, Pim van Mensch, Harry Croezen, Artur Patuleia. July 2013. Publication code: 13.4567.46 CE Delft. European Commission, DG Energy.

CE Delft, 2010. B.E. Kampman, H.J. Croezen, G.M. Verbaak, F.P.E. Brouwer: Rijden en varen op gas: Kosten en milieu-effecten van aardgas en groen gas in transport. CE Delft, juni 2010.

ECN, 2009: Duurzame innovatie in het wegverkeer – Een evaluatie van vier transitiepaden voor het thema Duurzame Mobiliteit.

European Commission, 2009. Renewable Energy Directive: Directive 2009/28/EC of 23 April 2009: eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:en:PDF.

IFPRI, 2011. Assessing the Land Use Change Consequences of European Biofuel Policies, David Laborde (IFPRI), October 2011.

JEC, 2011. Well-to-Wheels Analysis of Future Automotive Fuels and Powertrains in the European Context, Version 3c. JEC – Joint Research Centre-EUCAR-CONCAWE collaboration, October 2011.

Ministerie van Financiën, 2012. Wijzigingen in de belastingheffing met ingang van 1 januari 2012.

TNO / CE Delft, 2008. R. Verbeek, R.T.M. Smokers, G. Kadijk, A. Hensema, G.L.M. Passier, E.L.M. Rabé, B. Kampman, I.J. Riemersma: Impact of biofuels on air pollutant emissions from road vehicles. TNO report MON-RPT-033-DTS-2008-01737. In BOLK: www.pbl.nl/en/dossiers/Transboundaryairpollution/content/Dutch_Policy_Research_Programme_on_Air_and_Climate.

TNO / CE Delft, 2009. R. Verbeek, B. Kampman, E.L.M. Rabé, S. Bleuanus, X. Rijkee: Impact of biofuels on air pollutant emissions from road vehicles, phase 2. TNO report MON-RPT-033-DTS-03967A, Dec. 2009. In BOLK: www.pbl.nl/en/dossiers/Transboundaryairpollution/content/Dutch_Policy_Research_Programme_on_Air_and_Climate.

TNO, 2010. W. Vonk, R. Verbeek, H. Dekker: Emissieprestaties van jonge Nederlandse personenwagens met LPG en CNG installaties. TNO rapport MON-RPT-2010-01330a, mei 2010.

Bussenknop: zie informatie op www.infomil.nl/onderwerpen/klimaat-lucht/luchtkwaliteit/rekenen-meten/car-ii.

CAR emissiefactoren

- Voor wegen met bebouwing (SRM1): www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/verslagen/2010/03/24/emissiefactoren-voor-niet-snelwegen.html.
- Voor snelwegen (SRM2): www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/verslagen/2010/03/17/emissiefactoren-voor-snelwegen.html.

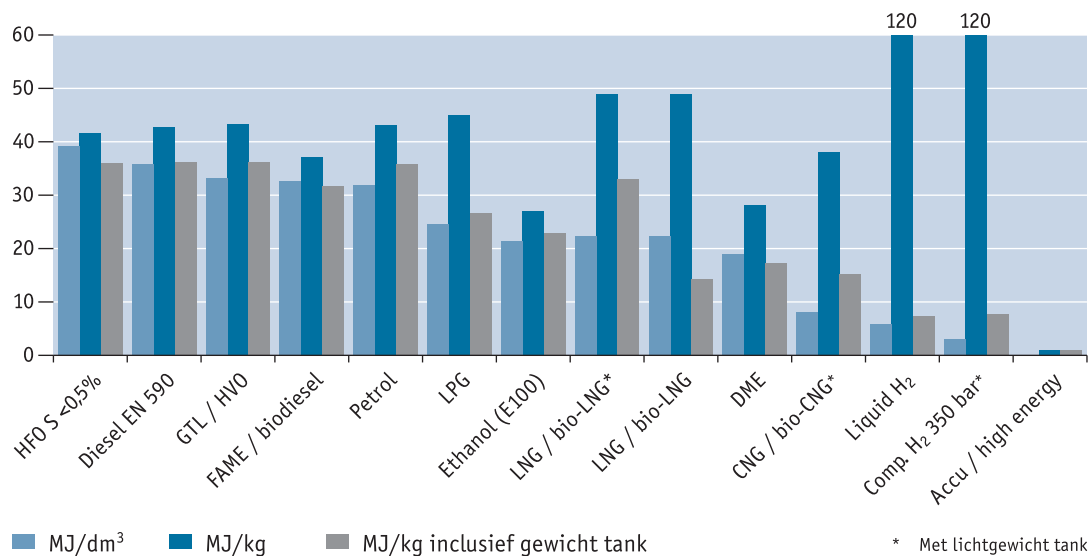
Overige websites

- www.belastingdienst.nl
- www.fuelswitch.nl
- www.cartuning-guide.com/lpg-inbouw.html
- www.autoweek.nl/autonieuws/14234/Opel-Agila-op-LPG-bpm-en-wegenbelastingvrij
- www.opel.nl
- www.ford.nl
- www.volkswagen.nl
- www.cbs.nl (Statline).
- www.audi.nl/nl/brand/nl/bedrijf/corporate_responsibility/product/audi_e-gas___new_fuel.html



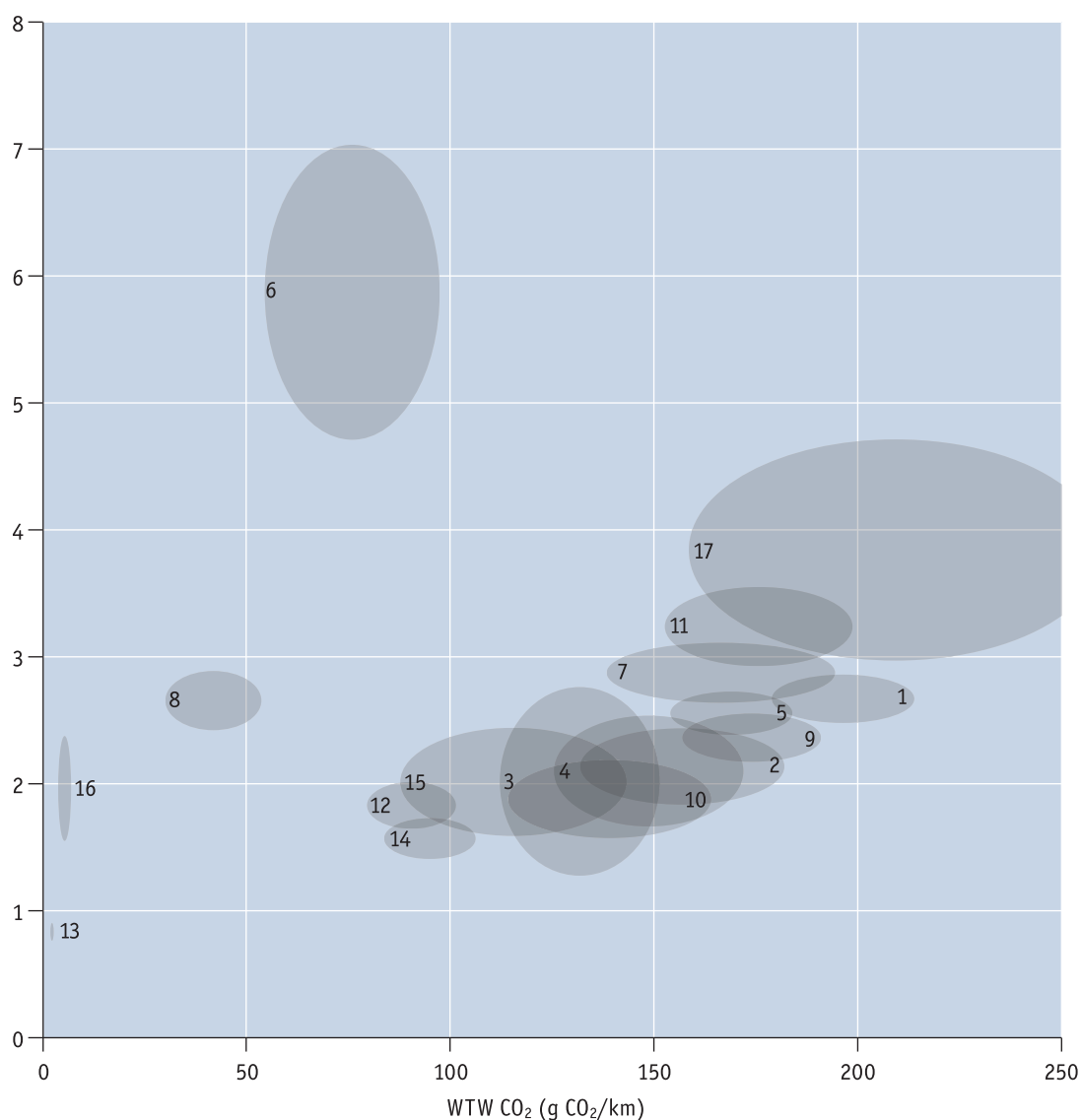
Bijlage A Grafische overzichten

Overzicht energie-inhoud van de brandstoffen



Overzicht Well-To-Wheel energieverbruik en CO₂-emissie personenauto's op basis van Euro 5 motoren

WTW energie
(MJ/km)



- | | |
|---|---|
| 1 Benzine | 10 Diesel hybride |
| 2 Benzine hybride | 11 GTL |
| 3 Benzine plug-in hybride: privé rijder | 12 Elektrisch (gemiddelde mix NL) |
| 4 Benzine plug-in hybride: zakelijke rijder | 13 Elektrisch (duurzame stroom) |
| 5 LPG | 14 Elektrisch (stroom uit aardgas) |
| 6 E85 | 15 H ₂ brandstofcel (H ₂ uit aardgas) |
| 7 CNG (50% Norway, 50% Russia) | 16 H ₂ brandstofcel (duurzame stroom) |
| 8 Bio-CNG (groen-gas) | 17 H ₂ brandstofcel (elektrolyse uit gemiddelde mix Nederland) |
| 9 Diesel | |

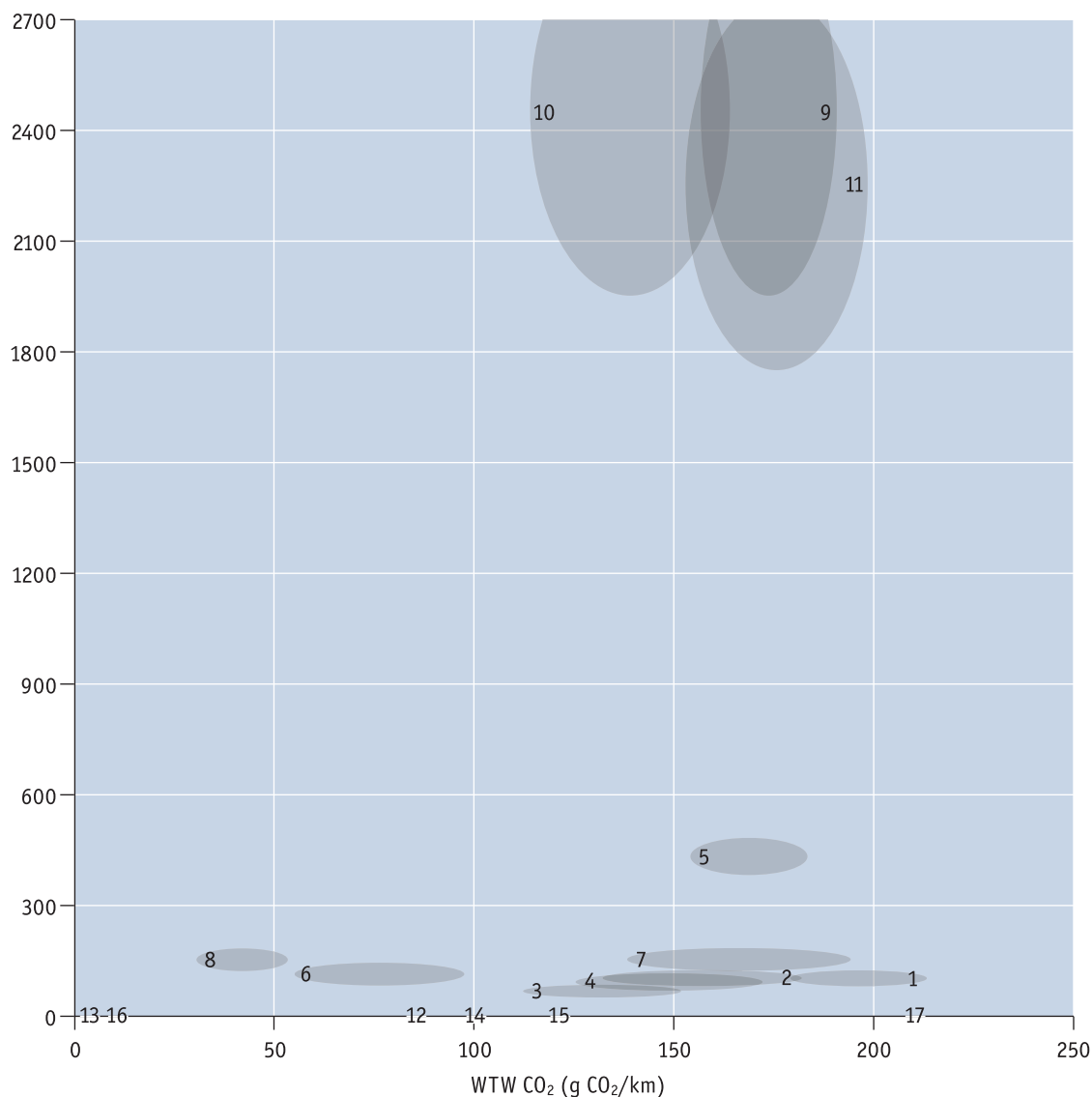
CO₂-emissie is inclusief methaanslip en exclusief ILUC (Indirect Land Use Change).

Voor de GHG factor voor methaan is 25 toegepast.



Overzicht NO_x-uitstoot (voertuig) en Well-To-Wheel CO₂-emissie personenauto's op basis van Euro 5 motoren

NO_x-emissie
(index)



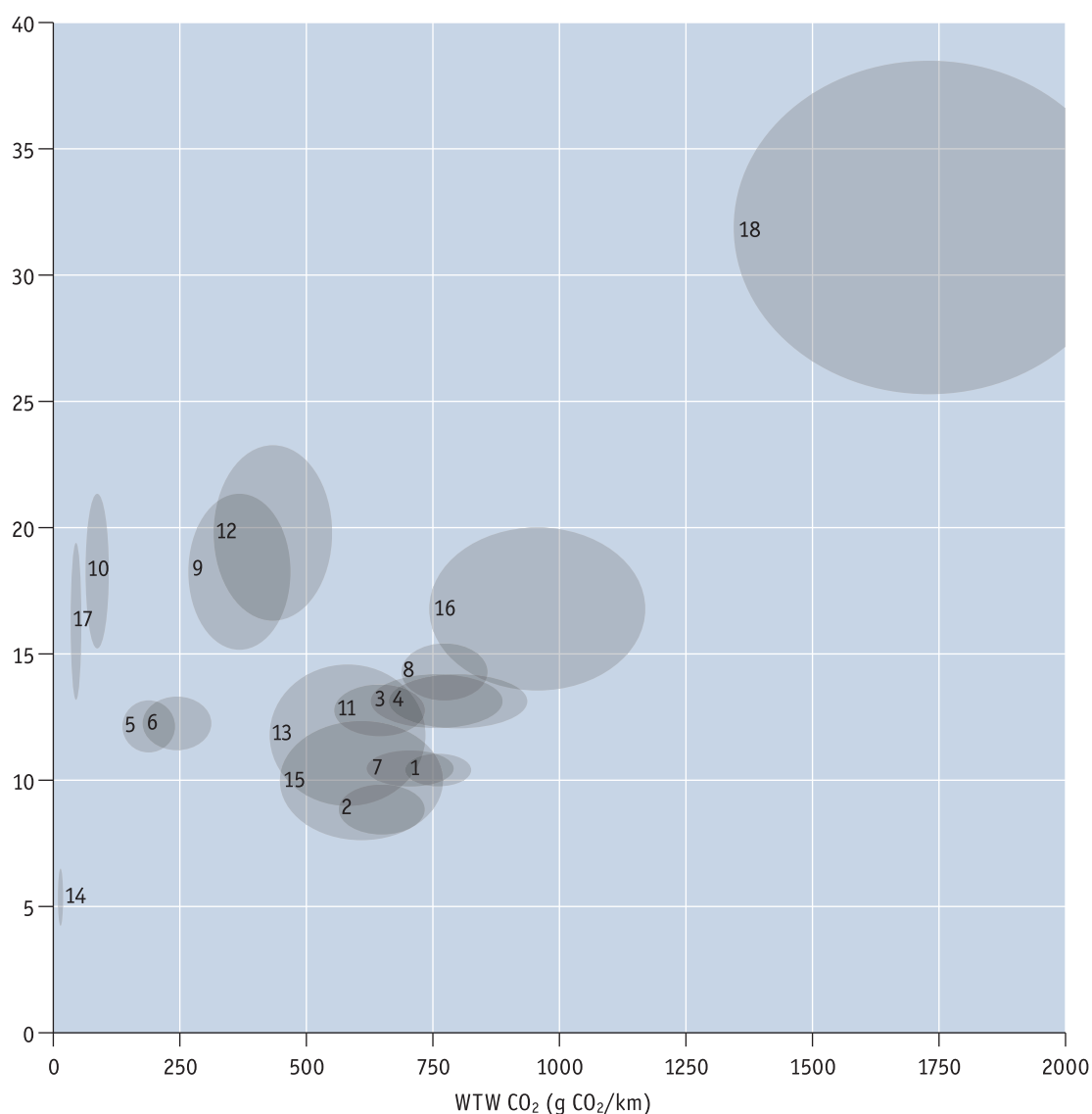
- | | |
|---|---|
| 1 Benzine | 10 Diesel hybride |
| 2 Benzine hybride | 11 GTL |
| 3 Benzine plug-in hybride: privé rijder | 12 Elektrisch (gemiddelde mix NL) |
| 4 Benzine plug-in hybride: zakelijke rijder | 13 Elektrisch (duurzame stroom) |
| 5 LPG | 14 Elektrisch (stroom uit aardgas) |
| 6 E85 | 15 H ₂ brandstofcel (H ₂ uit aardgas) |
| 7 CNG (50% Norway, 50% Russia) | 16 H ₂ brandstofcel (duurzame stroom) |
| 8 Bio-CNG (groen-gas) | 17 H ₂ brandstofcel (elektrolyse uit gemiddelde mix Nederland) |
| 9 Diesel | |

CO₂-emissie is inclusief methaanslip en exclusief ILUC (Indirect Land Use Change).

Voor de GHG factor voor methaan is 25 toegepast.

Overzicht Well-To-Wheel energieverbruik en CO₂-emissie vrachtauto's op basis van Euro VI motoren

WTW energie
(MJ/km)



- | | |
|--------------------------------|---|
| 1 Diesel | 10 Biodiesel B100 (uit reststromen, bijv. gebruikt frituurvet) |
| 2 Diesel hybride | 11 Biodiesel B30 |
| 3 CNG (50% Norway, 50% Russia) | 12 HVO |
| 4 LNG | 13 Elektrisch (gemiddelde mix NL) |
| 5 Bio-CNG | 14 Elektrisch (duurzame stroom) |
| 6 Bio-LNG | 15 Elektrisch (stroom uit aardgas) |
| 7 LPG/CNG dual fuel (50%/50%) | 16 H ₂ brandstofcel (H ₂ uit aardgas) |
| 8 GTL | 17 H ₂ brandstofcel (duurzame stroom) |
| 9 Biodiesel B100 | 18 H ₂ brandstofcel (elektrolyse uit gemiddelde mix Nederland) |

CO₂-emissie is inclusief methaanslip en exclusief ILUC (Indirect Land Use Change).

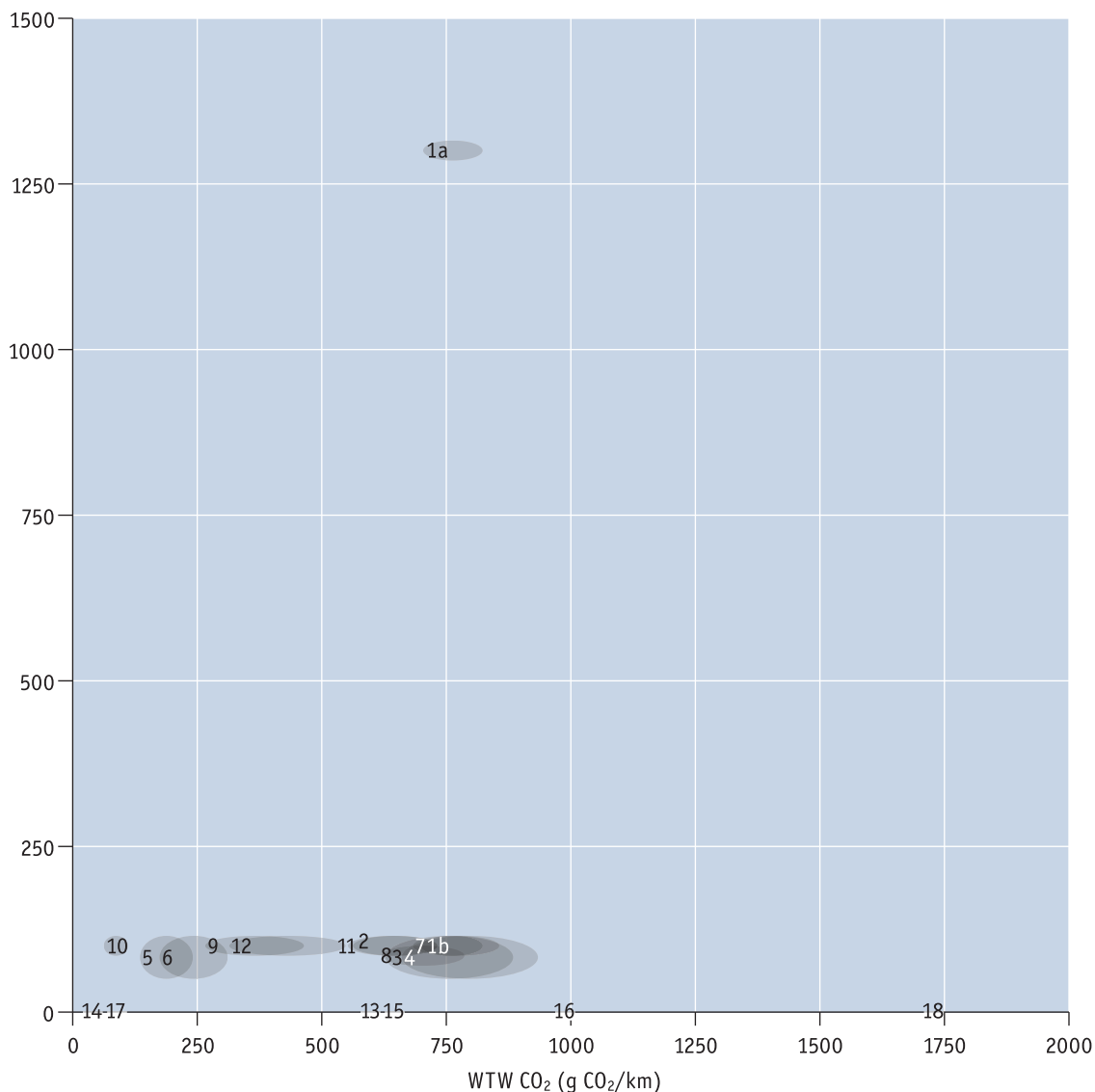
Voor de GHG factor voor methaan is 25 toegepast.

Energieverbruik H₂ brandstofcel truck afgeleid van een stadsbus met een verbruik van 12 kg H₂ per 100 km.



Overzicht NO_x-uitstoot (voertuig) en Well-To-Wheel CO₂-emissie vrachtauto's op basis van Euro VI motoren

NO_x- emissie
(index)



- | | |
|-------------------------------------|---|
| 1a Diesel Euro V (ter vergelijking) | 10 Biodiesel B100 (uit reststromen, bijv. gebruikt frituurvet) |
| 1b Diesel | 11 Biodiesel B30 |
| 2 Diesel hybride | 12 HVO |
| 3 CNG (50% Norway, 50% Russia) | 13 Elektrisch (gemiddelde mix NL) |
| 4 LNG | 14 Elektrisch (duurzame stroom) |
| 5 Bio-CNG | 15 Elektrisch (stroom uit aardgas) |
| 6 Bio-LNG | 16 H ₂ brandstofcel (H ₂ uit aardgas) |
| 7 LPG/CNG dual fuel (50%/50%) | 17 H ₂ brandstofcel (duurzame stroom) |
| 8 GTL | 18 H ₂ brandstofcel (elektrolyse uit gemiddelde mix Nederland) |
| 9 Biodiesel B100 | |

CO₂-emissie is inclusief methaanslip en exclusief ILUC (Indirect Land Use Change).

Voor de GHG factor voor methaan is 25 toegepast.

Op basis van Euro VI technologie. Voor de meeste brandstoffen, behalve diesel, zijn voor Euro VI nog geen meetwaarden voor NO_x-emissies in de praktijk beschikbaar. In tegenstelling tot bijvoorbeeld Euro V worden er geen grote verschillen verwacht.

Bijlage B Kosten en fiscale behandeling van de diverse brandstoffen

Inleiding

De kosten van het rijden op de verschillende brandstoffen worden vooral bepaald door:

1. De kosten van de brandstoffen zelf en de heffingen op de brandstoffen (accijns, energiebelasting op elektriciteit en BTW) – in combinatie met het verbruik van het voertuig.
2. De aanschafkosten van de voertuigen (incl. de aanschafbelasting BPM en BTW).
3. De belastingen op het bezit van het voertuig (de motorrijtuigenbelasting MRB en in geval van auto's van de zaak de fiscale bijtelling).

Ook de kosten van onderhoud, verzekering en afschrijving kunnen verschillen tussen de diverse voertuigen, maar deze verschillen zijn vaak beperkter en zullen we hier niet behandelen.

In het volgende geven we een overzicht van deze kostenposten voor de diverse brandstoffen, voor zover mogelijk per januari 2014. Op www.belastingdienst.nl is gedetailleerde informatie te vinden waarmee zowel de BPM als ook de motorrijtuigenbelasting van ieder model kan worden berekend; hier beperken we ons tot het presenteren van gemiddelde waarden.

1 Brandstoffen: kosten en belastingen

De brandstofkosten aan de pomp variëren over de tijd, afhankelijk van met name de kosten van de grondstoffen (bijv. ruwe olie, aardgas, plantaardige oliën), marktomstandigheden etc. De verschillen in kosten tussen de diverse brandstoffen zijn aanzienlijk. Op 31-10-2013 golden gemiddeld de volgende tarieven:

- De benzineprijs aan de pomp bedroeg ca. 1,68 €/l.
- Voor een liter diesel werd gemiddeld ca. 1,39 € betaald.
- De pompprijs van LPG was gemiddeld ca. 0,72 €/l.
- Er zijn nog maar relatief weinig aanbieders van CNG, waardoor de prijs nog lastig is vast te stellen. De prijs komt gemiddeld uit op ca. 1,05 €/kg.
- De kosten van groen-gas zijn hoger, maar dit wordt meestal niet doorberekend in de prijs aan de pomp. Die is meestal gelijk aan de prijs van CNG op basis van aardgas.
- De pompprijzen van LNG wijken niet veel af van die van CNG. De pompprijs was gemiddeld ca. 1,23 €/kg. Ten opzichte van CNG krijg je wel meer waar voor je geld omdat het om hoogcalorisch gas gaat.
- Biodiesel wordt op dit moment voor rond de 1,40 €/l aangeboden. Bij een aantal stations wordt biodiesel voor de prijs van reguliere diesel aangeboden.

- Bio-ethanol kost op dit moment ca. 1,56€/l aan de pomp (N.B. Vanwege de relatief lage energie-inhoud is het verbruik echter wel ca. 30% hoger dan bij benzine).
- GTL is pas sinds kort op de Nederlandse markt, de meerprijs ten opzichte van diesel bedraagt ca. 0,07 €/l excl. BTW, waarmee de pompprijs uitkomt op ca. € 1,47 (bron: Shell).
- De elektriciteitsprijs varieert over de tijd, en is daarnaast ook afhankelijk van het verbruik: kleinverbruikers zoals huishoudens betalen meer dan grootverbruikers. In veel gevallen is er ook nog sprake van dubbele tarieven, zodat er 's nachts goedkopere stroom kan worden geladen dan overdag. In het derde kwartaal van 2011 was de gemiddelde prijs bij kleinverbruikers (tot 10.000 kWh op jaarbasis) met enkel tarief 0,289 €/kWh, met dubbeltarief werd gemiddeld 0,286 €/kWh betaald.

Alle prijzen zijn inclusief BTW en accijns en gebaseerd op informatie van CBS (reguliere brandstoffen en elektriciteit), www.fuelswitch.nl en www.lng24.com.

Prijsverschillen tussen brandstoffen onderling kunnen voor een groot gedeelte worden verklaard door verschillen in heffingen en belastingen zoals accijns, energieheffing e.d.

- Bij benzine bedragen de heffingen (accijns) 74,7 ct€/l, excl. BTW.
- Bij diesel is dat lager, 47,2 ct€/l, excl. BTW.
- Het belastingtarief van LPG is 17,2 ct€/l, excl. BTW.
- Het belastingtarief van LNG en bio-LNG is 18,8 ct€/kg, excl. BTW.
- Over CNG en bio-CNG moet een heffing worden betaald van 12,8 ct€/m³, excl. BTW.
- De heffingen op biodiesel en GTL zijn gelijk aan die van diesel, d.w.z. ca. 47,2 ct€/l, excl. BTW.
- Als bio-ethanol wordt bijgemengd bij benzine is de accijns gelijk aan die van benzine, 74,7 ct€/l, excl. BTW. Als de ethanol echter als E85 wordt verkocht geldt een lager accijns tarief. Dit is ter compensatie van het hogere brandstofverbruik.
- Kleinverbruikers (bijv. huishoudens) betalen voor elektriciteit een heffing van 11,4 ct€/kWh, excl. BTW. Dit tarief is lager voor grootverbruikers (bijv. 4,15 ct€/kWh voor 10.000-50.000 kWh/jr).
- De heffingen en belastingen van waterstof zijn nog niet goed in te schatten.

N.B. Bovenstaande tarieven zijn alle heffingen excl. BTW, en gelden voor 2014. * Bij alle brandstoffen wordt daarnaast 21% BTW geheven over zowel de kale brandstofprijs als de accijns of energiebelasting. De tarieven worden jaarlijks opnieuw vastgesteld, in veel gevallen betreft dat een

* Waar nog geen tarieven over 2014 bekend waren zijn de meest recente tarieven meegenomen.



indexatie (verhoging in lijn met inflatie).

Onderstaande tabel geeft een overzicht van deze cijfers.

De prijzen aan de pomp zijn incl. heffingen en BTW, de heffingen zijn excl. BTW.

	Gemiddelde prijs aan de pomp, sept./ okt. 2013	Heffingen (accijns en energie- belasting) excl. BTW, 2013/2014	Opmerkingen
Benzine	1,68 €/l	0,78 €/l	
Diesel	1,39 €/l	0,473 €/l	
LPG	0,72 €/l	0,172 €/kg	
CNG*	1,05 €/kg (0,87 €/m ³)	0,128 €/m ³	vrij grote variaties in prijzen aan de pomp
Groen-gas*	1,05 €/kg (0,87 €/m ³)	0,188 €/m ³	wordt meestal aangeboden voor de prijs van CNG
LNG**	~1,23 €/kg	0,188 €/kg	
Biodiesel	1,4 €/l	0,473 €/l	
Bio-ethanol	1,56 €/l	0,75 €/l	het lagere accijnstarief geldt voor E85
GTL	1,47 €/l	0,473 €/l	is nog niet aan de pomp verkrijgbaar
Elektriciteit	ca. 0,23 €/kWh	0,117 €/kWh	cijfers voor kleinverbruikers
Waterstof	?	?	nog geen prijzen van beschikbaar

* Beperkt gegevens beschikbaar, laag calorisch (Nederlands) gas (ca. 38 MJ/kg)

** Prijsindicatie, hoog calorisch gas (ca. 49,5 MJ/kg)

2 Aanschafkosten van de voertuigen (inclusief heffingen)

De aanschafkosten van auto's variëren sterk, en zijn afhankelijk van de grootte van de auto, merk, accessoires, merk, kwaliteit, etc.

Bij vrachtauto's en bussen spelen daarnaast ook aspecten zoals max. toegestaan laadgewicht, functionaliteit of aantal te vervoeren personen een rol. In het volgende gaan we specifiek in op kostenverschillen die te maken hebben met de brandstoffen waarvoor wordt gekozen. Deze kostenverschillen kunnen verschillende oorzaken hebben:

- Voor sommige voertuigen op alternatieve brandstoffen moet een meerprijs worden betaald;
- De belasting die bij aanschaf van een voertuig moet worden betaald (BPM, Belasting op personenauto's en motorrijwielen) hangt af van de CO₂-uitstoot van het voertuig conform de Europese typegoedkeuringstest. De tarieven verschillen per brandstofsoort.

Bij een aantal brandstoffen moet rekening worden gehouden met meerkosten van het voertuig t.o.v. een benzineauto.

- Een auto met af-fabriek LPG-installatie heeft een meerprijs van maximaal € 2.500. Retrofit is dit vaak iets duurder, inbouwen van een LPG-installatie kost zo'n € 2.000 tot 4.000.
- De meerkosten van een auto op CNG t.o.v. een vergelijkbare benzineauto zijn zo'n € 4.000-4.500. De meerprijs t.o.v. vergelijkbare dieselauto's is ca. € 1.500-2.500.
- Het geschikt maken van een dieselauto voor hogere blends biodiesel kost ca. € 0 tot 200.
- Veel aanbieders rekenen geen meerprijs voor flexi-fuel auto's die op bio-ethanol kunnen rijden, maar sommigen vragen tot zo'n € 1.500 meer.
- De meerprijs van een 'gewone' hybride personenauto varieert en bedraagt op dit moment gemiddeld zo'n € 4.400 t.o.v. een gewone benzineauto. Voer diesel-hybrides is de meerprijs ongeveer even hoog, maar dan t.o.v. een gewone dieselauto.
- De meerkosten van semi-elektrische auto's (plug-in hybrides en elektrische auto met een range extender) zijn nog niet goed te bepalen, maar worden voor personenauto's geschat op ca. € 12.400, onder meer afhankelijk van de accu-capaciteit (en daarmee van de elektrische actieradius). De meerprijs zal naar verwachting dalen naarmate de productieaantallen toenemen.
- De kosten van volledig elektrische auto's zijn nog sterk in ontwikkeling. De prijzen variëren sterk, en zijn vaak aanzienlijk hoger dan die van vergelijkbare voertuigen met verbrandingsmotor. Er wordt wel verwacht dat de kosten zullen dalen naarmate de productieaantallen toenemen en de techniek verder wordt ontwikkeld, maar de aanschafkosten zullen in elk geval de komende 5-10 jaar aanzienlijk hoger liggen dan die van vergelijkbare benzineauto's. Met name de kostenontwikkeling van de accu's is bepalend voor de kostenontwikkeling van de elektrische auto's. Ook de levensduur van de accu's is belangrijk in dit verband.
- Bij (semi-)elektrische auto's moet in veel gevallen ook rekening worden gehouden met de aanschaf van een laadpaal. De kosten hiervan variëren van rond de € 2.000 voor een oplaadpunt in een garage of bij een privé-parkeerplaats. Een snellaadstation kost veel meer (€ 20.000-40.000).
- Er zijn nog geen waterstofauto's op de markt, maar zodra dit het geval is zullen de kosten aanzienlijk hoger liggen dan die van elektrische auto's. Deze meerkosten zullen dalen bij succesvolle marktintroductie en grotere productievolumes.
- Bussen op CNG zijn beschikbaar. De meerkosten van deze voertuigen ten opzichte van Euro VI diesel versies worden geschat op ca. 10%-20%.

- Diverse fabrikanten leveren CNG/bio-CNG vrachtauto's. De meerkosten ten opzichte van diesel-aangedreven vrachtauto's liggen tussen de 10%-30% (ca. € 20.000 meerkosten voor een kleine vrachtauto, tot ca. € 20.000-40.000 voor een middelgrote vrachtauto). CNG-vrachtauto's worden vaak vooral in het kleinere, lichtere segment aangeboden, de actieradius is voor het zwaardere en lange afstandsvervoer onvoldoende.

De BPM tarieven op personenauto's en bestelauto's voor particulier gebruik bestaan uit twee delen:

1. Een vast tarief per gram per schijf (zie tabel). In het Belastingplan 2012 is vastgelegd dat deze grenswaarden jaarlijks aangescherpt worden. De eerste aanscherping vond plaats op 1 juli 2012. Tegelijk met de aanscherping groeien de grenswaarden voor benzine en diesel naar elkaar toe, zodat deze in 2015 gelijk zijn.
2. Een dieseltoeslag voor personenauto's met een dieselmotor. Sinds medio 2012 is deze vervangen door een CO₂-gerelateerde toeslag. Per 1 januari 2014 bedraagt deze toeslag € 72,93 per gram CO₂-uitstoot, waarbij als ondergrens 70 gram/km wordt gehanteerd.

CO₂-grenswaarden (g/km) voor de bepaling van de BPM voor benzine en dieselauto's in 2014 (bron: RAI)

	Benzine	Diesel	Tarieven benzine/diesel
Vrijgesteld	≤88	≤82	€0
1 ^e schijf	89-124	83-110	€105
2 ^e schijf	125-182	111-160	€126
3 ^e schijf	183-203	161-180	€237
4 ^e schijf	≥204	≥181	€474

Bij af-fabriek LPG-auto's wordt de CO₂-emisiefactor op LPG (volgens typegoedkeuring) gebruikt om de BPM te berekenen; bij retro-fit is het de CO₂-emissiefactor op benzine. Auto's die kunnen rijden op bio-ethanol worden behandeld als benzine auto's, auto's op biodiesel als dieselauto's. Er is geen apart tarief voor 'gewone' (niet-plug-in) hybride auto's: als deze op benzine rijden worden ze behandeld als benzine auto's, hybride dieselauto's als dieselauto's.

Voor (niet-zakelijke) bestelauto's op diesel (en biodiesel) geldt dat de BPM gelijk is aan 37,7% van de netto-catalogusprijs, plus € 273. Voor (niet-zakelijke) bestelauto's op alle overige brandstoffen is het tarief 37,7% van de netto-catalogusprijs, min € 1.283. Hier geldt echter ook dezelfde vrijstelling als bij personenauto's, voor zuinige auto's (<88 of <82 g/km), elektrische en waterstofauto's, en plug-in hybriden.

Ondernemers met een bestelauto voor zakelijk gebruik kunnen vrijstelling van BPM aanvragen, mits wordt voldaan aan een aantal criteria (zie www.belastingdienst.nl). Voor vrachtauto's hoeft geen BPM te worden betaald. Over BPM hoeft geen BTW te worden betaald.

3 Belastingen op voertuigbezit (motorrijtuigenbelasting en fiscale bijtelling leaseauto's)

Ook de motorrijtuigenbelasting (MRB) en de regelgeving rondom de fiscale bijtelling van auto's van de zaak varieert per brandstofsoort.

De motorrijtuigenbelasting is afhankelijk van het soort motorrijtuig, het gewicht van het voertuig, de provincie waar de eigenaar woont en de CO₂-uitstoot. Er zijn aparte tarief-tabellen voor auto's op benzine, diesel en LPG. Personenauto's met een CO₂-uitstoot van niet meer dan 50 gr/km (bijv. volledig elektrische auto's) zijn tot en met 2015 vrijgesteld van de MRB. Na 2015 zal de MRB alleen nog op gewicht en brandstoftype gebaseerd zijn.

Hybride auto's worden gezien als benzine- of dieselauto's, afhankelijk van de brandstof waar ze op rijden. Voor aardgas-auto's gelden de zogenaamde LPG-G3 tarieven. Deze zijn lager dan die van diesel, maar hoger dan voor benzineauto's.

Voor bestelauto's die zakelijk worden gebruikt is de motorrijtuigenbelasting lager dan voor bestelauto's gebruikt door particulieren. De belasting is niet afhankelijk van het type brandstof.

De motorrijtuigenbelasting voor vrachtauto's is afhankelijk van of er een koppelinrichting en/of luchtvering aanwezig is, de hoeveelheid assen, de Euronorm van het voertuig en de maximale belading. Daarnaast moet voor vrachtauto's (>12 ton GVW) de Belasting Zware Motorrijtuigen (BZM, Eurovignet) worden betaald wanneer ze worden gebruikt op snelwegen. De hoogte van de MRB* en de BZM zijn onafhankelijk van het type brandstof.

De fiscale bijtelling auto van de zaak hangt af van de CO₂-uitstoot van de auto, waarbij verschillende CO₂-grenswaarden worden gehanteerd voor dieselauto's en voor overige auto's. Er worden verschillende tarieven en grenswaarden gehanteerd die jaarlijks worden aangepast, hieronder de regels zoals die gelden vanaf 1 januari 2014.

* Over MRB hoeft geen BTW te worden betaald. Voor precieze gegevens over motorrijtuigenbelastingen en Eurovignet, zie www.belastingdienst.nl/variabel/motorrijtuigenbelasting en www.belastingdienst.nl/wps/wcm/connect/bldcontentnl/belastingdienst/priv/auto_en_vervoer/belastingen_op_auto_en_motor/belasting_zware_motorrijtuigen/.



1. Het normale bijtellingtarief is 25%. Als de CO₂-uitstoot van auto's die op benzine rijden tussen de 89 en 117 gram per kilometer is, dan bedraagt de bijtelling 20%. Voor auto's die op diesel rijden, geldt een uitstoot tussen de 86 en 111 gram per kilometer.
2. Bij een nog lagere CO₂-uitstoot (maar boven de 50 g/km) bedraagt de bijtelling 14%.
3. Voor personenauto's met een CO₂-uitstoot van niet meer dan 50 g/km, die in de periode 1 januari 2012 tot en met 31 december 2013 zijn aangeschaft, geldt gedurende 60 maanden een 0%-tarief voor de bijtelling.
4. Op auto's die al voor 1 januari 2012 zijn aangeschaft en niet meer dan 50 g/km CO₂ uitstoten, is voor zover ze daar nog geen recht op hadden vanaf 1 januari 2012 het 0%-tarief van toepassing tot 1 januari 2017.
5. Voor personenauto's met een CO₂-uitstoot van 1-50 g/km, die in de periode 1 januari 2014 tot en met 31 december 2015 worden aangeschaft, geldt gedurende 60 maanden een 7%-tarief voor de bijtelling.
6. Auto's met een 20% of 14% bijtelling waarvan het kenteken vóór 1 juli 2012 op naam is gesteld, houden dat lagere bijtellingspercentage totdat de auto een andere eigenaar én andere gebruiker krijgt. In dat geval zal het bijtellingspercentage met ingang van 1 juli 2017 worden aangepast overeenkomstig de dan geldende normen.
7. Auto's met een 20% of 14% bijtelling, die vanaf 1 juli 2012 op naam worden gesteld, houden dat lagere bijtellingspercentage voor een periode van 60 maanden. Die periode van 60 maanden begint op de eerste dag van de maand die volgt op de maand waarin het kenteken van de auto voor het eerst op naam is gesteld. Aan het eind van die periode wordt bekeken of de auto tegen de dan geldende CO₂-grenzen opnieuw voor een 60 maanden periode voor een verlaagd bijtellingspercentage in aanmerking komt.
8. Elektrische auto's en andere auto's met een nul emissie tijdens het rijden kennen vanaf 1 januari 2014 een bijtelling van 4%.

De grondslag voor de bijtelling is de catalogusprijs van de auto inclusief BPM.

Uit het Belastingplan 2012 volgt dat net als in het geval van de BPM de CO₂-grenswaarden jaarlijks worden aangescherpt. De grenswaarden voor benzine en diesel worden de komende jaren gelijkgetrokken. De 14% bijtelling geldt in 2015 nog slechts voor auto's met een uitstoot van maximaal 82 g/km (zowel benzine als diesel).

4 Totale kosten voor de gebruiker

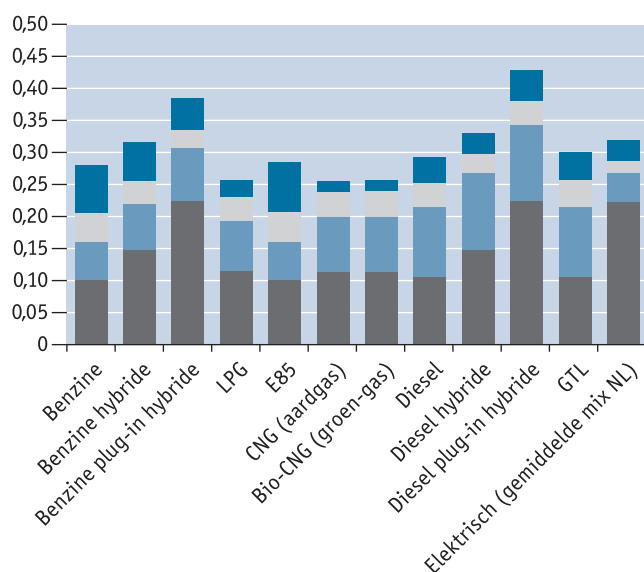
Op basis van bovenstaande informatie zijn de kosten voor de gebruiker weergegeven in onderstaande figuren. De totale gebruikerskosten zijn aan de ene kant opgebouwd uit de aanschafkosten, heffingen over zowel de aanschaf als het bezit van een voertuig en de BTW over de aanschafkosten. Aan de andere kant bestaan er de brandstofkosten en de daarbij behorende heffingen (accijns + BTW). Omdat de kosten per kilometer sterk afhangen van het jaarlijks kilometrage zijn de kosten berekend voor een gemiddeld kilometrage (categorie overige voertuigen in CBS, 2012), laag kilometrage (overeenkomend met het gemiddelde kilometrage van benzine personenauto's in CBS, 2012) en een hoog kilometrage (overeenkomend met het gemiddelde jaarkilometrage van diesel personenauto's in CBS, 2012).

Een deel van de kosten, zoals de aanschafkosten (+ BTW) en BPM, zijn eenmalige kosten. Met behulp van een gemiddelde levensduur van 13 jaar zijn deze kosten over de levensduur afgeschreven en berekend per km.

Om de hoogte van de MRB te berekenen is uitgegaan van een leeggewicht van 1.265 kg (EEA, 2013). Voor de BPM berekening is uitgegaan van een gemiddelde CO₂-uitstoot van 125 g CO₂/km voor benzine personenauto's en 109 g CO₂/km voor diesel personenauto's. Dit komt overeen met de gemiddelden in 2012 (Bovag-RAI). Het gemiddelde lag daarbij op 118,5 g CO₂/km (EEA, 2013).

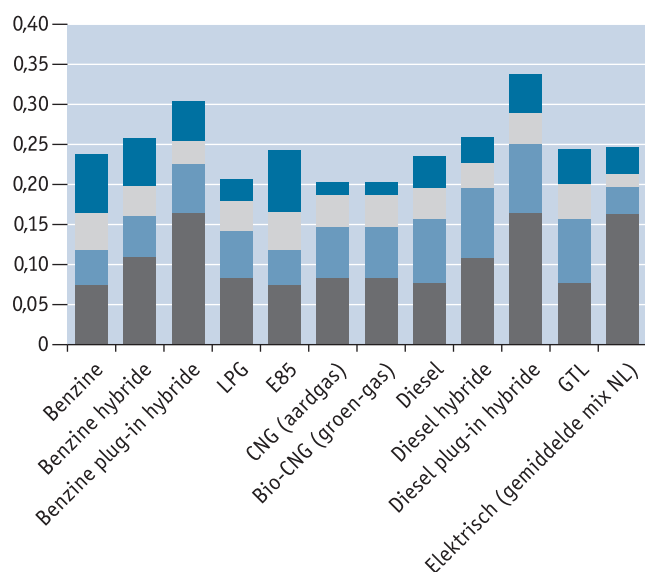
De fiscale voordelen MIA (Milieuinvesteringsaftrek), KIA (kleinschaligheidsaftrek), Vamil (Willekeurige afschrijvingen) en de bijtelling zijn niet meegenomen in de berekening van de totale kosten voor de gebruiker. Door de verschillende constructies (bijv. voor leaseauto's) is het wisselend wie het voordeel van de fiscale aftrek krijgt. Als iemand anders dan de gebruiker van dit voordeel profiteert vallen de voordelen dus buiten de totale kosten voor de gebruiker.

Totale gebruikerskosten (€) per km van een personenauto bij een gemiddeld jaarkilometrage van 16.964 km



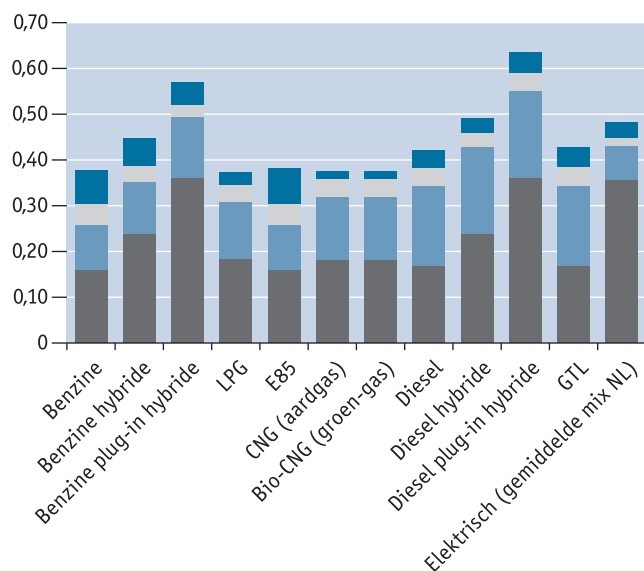
■ Accijns + BTW
■ Brandstofkosten
■ BPM + MRB + BTW
■ Aanschafkosten

Totale gebruikerskosten (€) per km van een personenauto bij een hoog jaarkilometrage van 23.117 km



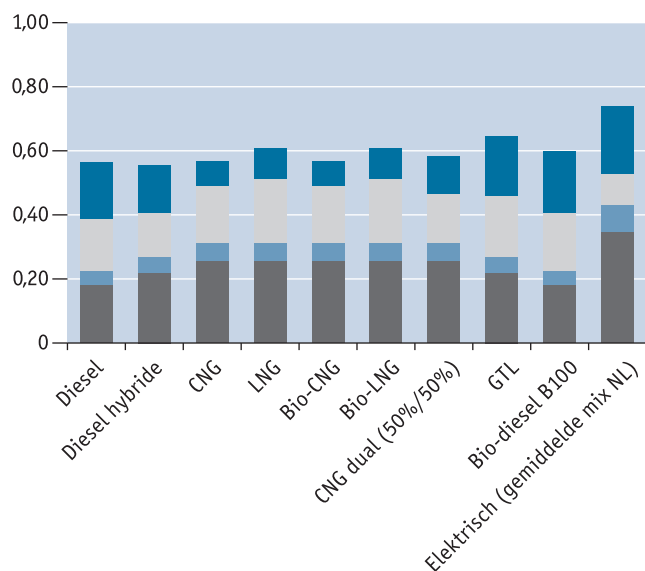
■ Accijns + BTW
■ Brandstofkosten
■ BPM + MRB + BTW
■ Aanschafkosten

Totale gebruikerskosten (€) per km van een personenauto bij een laag jaarkilometrage van 10.586 km



■ Accijns + BTW
■ Brandstofkosten
■ BPM + MRB + BTW
■ Aanschafkosten

Totale gebruikerskosten (€) per km van een vrachtwagen bij een jaarkilometrage van 58.461 km



■ Accijns + BTW
■ Brandstofkosten
■ BPM + MRB + BTW
■ Aanschafkosten