

# Brandstoffen voor het wegverkeer

## Kenmerken en perspectief



**Opmerking bij deze uitgave**

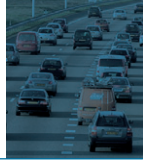
Ten opzichte van de uitgave van 15 april jl. zijn enkele wijzigingen aangebracht voor gasvormige brandstoffen, zowel voor personenauto's als vrachtauto's als in de bijlage. Tevens een correctie in de naamgeving in de tweede tabel voor diesel personenauto's.

---

Copyright

Alle rechten voorbehouden.

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



TNO / CE Delft

## Factsheets

# Brandstoffen voor het wegverkeer

## Kenmerken en perspectief

Ruud Verbeek (TNO), Bettina Kampman (CE Delft)

9 juni 2011

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	CNG en groen gas voor personenauto's	9
2.5	Bioethanol personenauto's	11
2.6	Personenauto's met hybride aandrijvingen	13
2.7	Personenauto's op elektriciteit en op waterstof	15
3	Vrachtauto's en bussen	17
3.1	Diesel vrachtauto's en bussen	17
3.2	Aardgas en groen gas voor bussen en vrachtauto's	19
3.3	Biodiesel voor vrachtauto's en bussen	21
4	Bronnen	23
	Bijlage A: Overzichtstabel energie-inhoud	25
	Bijlage B: Kosten en fiscale behandeling van de diverse brandstoffen	27



# 1 Samenvatting

Het doel van dit document over brandstoffen voor het wegverkeer is het geven inzicht en overzicht in de belangrijkste eigenschappen van de verschillende alternatieve brandstoffen en daarvoor geschikte motoren, te weten:

- Praktische toepasbaarheid in een voertuig
- Luchtverontreinigende emissies in vergelijking met een referentiebrandstof
- Uitstoot van broeikasgassen en energieverbruik
- 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 zijn beleidsambtenaren, werkzaam 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 verstrekt in de vorm van factsheets, waarbij de alternatieve brandstof steeds vergeleken wordt met meest gebruikelijk voertuiguitvoeringen. Voor personenauto's is dat de benzineauto, voor de vrachtauto's en bussen zijn dat de dieselversies.

De vermelde emissies zijn steeds 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 hebben op emissies en verbruik kunnen hebben als de brandstof en het aandrijflijttype.

In dit document ligt de nadruk op de milieuprestaties en ontwikkelingsperspectieven van de verschillende brandstoffen. Daarnaast spelen natuurlijk ook de kosten vaak 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 stikstofdioxide (NO<sub>x</sub>) 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 doorgaans een vergelijkbaar of zelfs groter aandeel bij moderne voertuigen. Bij oudere voertuigen zijn de uitlaatgasemissies het grootst. De broeikasgasemissie omvat allereerst de CO<sub>2</sub>-emissies van het voertuig, 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<sub>2</sub>O. Dit laatste is inclusief winning en raffinage van de olie, en de emissies ten gevolge van eventuele teelt van de grondstoffen van biobrandstoffen.

Onderstaand is een samenvattend overzicht gegeven van de belangrijkste eigenschappen voor de verschillende brandstoffen voor respectievelijk personenauto's en vrachtauto's en bussen. De eigenschappen zijn gescoord ten opzichte van de referentiebrandstoffen - benzine bij personenauto's, diesel bij vrachtauto's en bussen. Let wel: deze tabel geeft een vrij ruwe indicatie, zie de factsheets in het vervolg van dit document voor meer gedetailleerde informatie.

*Vergelijking brandstoffen voor personenauto's en bestelwagens.*

	Luchtverontreiniging	Klimaat	Actieradius	Infrastructuur	Kosten	Ontwikkelingsperspectief
Benzine	•	•	•	•	•	•
Diesel	-	•/+	•	•	•	•
LPG	-/•	•/+	-	•	•	•
CNG	•	•/+	-	-	+	•
Groengas	•	+	-	--/-	+	•
Bioethanol: E85	•	•/+	-/•	--/-	-	•
Hybride aandrijving	•	+	•	•	+	+
Elektriciteit	++	+/++	--	--/-	-	++
Waterstof/brandstofcel	++	+/++	-	--	n.b.	n.b.

• = gelijkwaardig aan referentie (benzine)

## Vergelijking brandstoffen voor vrachtauto's en bussen.

	Luchtverontreiniging	Klimaat	Actieradius	Infrastructuur	Kosten	Ontwikkelingsperspectief
Diesel	•	•	•	•	•	•
CNG	•/+	•	--	-	•/+	•
Groengas	•/+	+	--	--/-	•	•
LNG (vrachtauto)	•/+	+	-	--/-	•/+	•
Biodiesel	•	+	•	•	-	•
Hybride aandrijving	•	+	•	•	+	+
Elektriciteit	++	+/++	--	--	-	+
Waterstof/brandstofcel	++	+/++	--/-	--	n.b.	n.b.

• = gelijkwaardig aan referentie (diesel)



## 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 welke algemeen gebruikt wordt voor motoren welke werken volgens het Otto principe. Dat zijn motoren waar 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. Die eigenschap wordt aangeduid met het octaangetal: hoe hoger, hoe beter.

Benzine bevat meestal ook een aandeel biobrandstof in de vorm van bioethanol of bio-ETBE. Een aandeel tot max. 10% bioethanol is door de EU toegestaan, gemiddeld over het jaar bevat de huidige benzine (2011) ca. 4,25% biobrandstof (zie verder de factsheet 'Bioethanol voor personenauto's').

#### Voertuigtechniek

De benzinemotor stoot weinig luchtverontreinigende emissies uit. Dit komt door de in ca. 1990 geïntroduceerde driewegkatalysator en de steeds strengere emissiewetgeving.

De driewegkatalysator laat de schadelijke stoffen NO<sub>x</sub>, HC en CO met elkaar reageren waardoor er uiteindelijk alleen nog maar de onschadelijke stikstof en water overblijft. Het grootste deel van de 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<sub>2</sub>-uitstoot is het minder goed gesteld. De CO<sub>2</sub>-uitstoot is tamelijk hoog. De laatste jaren worden er wel flinke verbeteringen geboekt door met name het 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 en directe benzine injectie. Het laatste houdt in dat direct in de cilinder wordt geïnjecteerd en niet in het inlaatsysteem.

#### Luchtverontreinigende emissies

De luchtverontreinigende uitstoot, van NO<sub>x</sub>, en fijnstof is vrij laag bij een benzinemotor: de NO<sub>x</sub> is laag vanwege de driewegkatalysator, het fijnstof vanwege het homogene mengsel bij de start van de ontbranding. Het overgrote deel van de

fijnstof emissies van het voertuig komt van slijtagegedeeltes van remmen en banden. Vandaar dat deze nauwelijks afhankelijk is van de Euroklasse van het voertuig.

*Praktijkemissies luchtverontreinigende stoffen van benzinevoertuigen.*

%	(introduceerjaar)	NO <sub>x</sub>	Fijnstof <sup>*</sup>
Euro 5 benzine (referentie)		0,024 g/km	0,018 g/km
Benzine Euro 3	(2000/2001)	100	100
Benzine Euro 4	(2005/2006)	249	100
Benzine Euro 5	(2009/2010)	125	100
Benzine Euro 6	(2014/2015)	100	100

\* Uitlaatgas + slijtage-emissie

#### Broeikasgasemissies

De CO<sub>2</sub>-uitstoot van personenauto's varieert, en is afhankelijk van onder andere grootte en gewicht van de auto, motorvermogen, snelheid en rijstijl. De CO<sub>2</sub>-uitstoot wordt niet beïnvloed door de Euroklasse. Bij elke nieuw verkochte personenauto wordt aangegeven wat de gemiddelde CO<sub>2</sub>-uitstoot is bij de Europese typekeuring. In 2009 was deze uitstoot van de nieuw verkochte personenauto's (benzine en diesel) in Nederland ca. 147 g/km. De emissies liggen in de praktijk echter vaak 10-30% hoger. De gemiddelde CO<sub>2</sub>-uitstoot van personenauto's op benzine ligt rond de 190-195 gram CO<sub>2</sub>/km. Daarnaast treden er ook nog emissies op bij olieproductie, transport en benzineproductie in de raffinaderij. Dit zorgt voor nog eens ca. 15% meer emissies. Voor benzinevoertuigen liggen de CO<sub>2</sub>-emissies over de totale keten, oftewel Well-To-Wheel (WTW), op 220-225 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 welke steeds vaker toegepast worden om de CO<sub>2</sub>-emissie te verlagen zijn:

- Verlaging voertuiggewicht (na enkele decennia met een stijging van het voertuiggewicht)
- 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
- Hybride (elektrische) aandrijving: zie factsheet hybride.

## ***Ontwikkelingsperspectief brandstof***

---

Benzine is nog volop beschikbaar de komende decennia, al is de prijsontwikkeling onzeker. De komende jaren zal het aandeel bioethanol langzaam maar zeker verder toenemen, om te voldoen aan de Europese overheidseisen op dit gebied. Er zullen de komende jaren steeds meer tankstations E10 aanbieden, dat is benzine waar maximaal 10% bioethanol 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](http://www.jebentalsnelduurzaamopweg.nl/E10) kan worden gekeken 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 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 dalen de luchtverontreinigende emissies en wordt tevens de toepassing van roefilters en katalysatoren veel gemakkelijker.

Volgens het Nederlandse beleid moet dieselbrandstof voor het wegtransport in 2011 verplicht gemiddeld zo'n 4,25% biocomponenten bevatten. Deze doestelling wordt vooral gehaald door biodiesel (op dit moment voornamelijk FAME (Fatty Acid Methyl Ester) bij te mengen.

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 benzinemotor, een hoge NO<sub>x</sub>-emissie. De fijnstofemissie is bij toepassing van een affabriek roetfilter even laag als die van de benzinemotor. Dit roetfilter deed zijn intrede bij Euro 4 en wordt op vrijwel alle Euro 5 voertuigen toegepast. Met Euro 6 wordt de NO<sub>x</sub> eis nog flink aangescherpt waardoor het verschil met benzine kleiner wordt.

*Praktijkemissies luchtverontreinigende stoffen van diesel personenauto's.*

%	(introdactiejaar)	NO <sub>x</sub>	Fijnstof*
Euro 5 benzine (referentie)		0,024 g/km	0,018 g/km
Diesel Euro 3	(2000/2001)	100	100
Diesel Euro 4	(2005/2006)	2600	350
Diesel Euro 5	(2009/2010)	1700	170
Diesel Euro 6	(2014/2015)	1200	100

\* Uitlaatgas + slijtage-emissie

### Broeikasgasemissies

De CO<sub>2</sub>-uitstoot van dieselauto's is gemiddeld ca. 15% lager dan die van vergelijkbare benzineauto's, vanwege het hogere rendement van de motor. In 2009 was de gemiddelde CO<sub>2</sub>-uitstoot van de nieuw verkochte diesel personenauto's in Nederland ca. 145 g/km volgens de typekeuring.

De gemiddelde praktijkemissies van personenauto's op diesel liggen op dit moment rond de 180 gram CO<sub>2</sub>/km. Net als bij benzine is er ook uitstoot t.g.v. oliewinning, transport en raffinage. Dit effect vergroot de emissies met ca. 15%.

### Infrastructuur

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

### Ontwikkelingsperspectief techniek

In de toekomst zullen met name de luchtverontreinigende emissies nog verder afnemen door de toekomstige emissiewetgeving. Met name NO<sub>x</sub>-uitstoot kan t.o.v. de huidige nieuwe dieselmotoren nog sterk verbeterd worden door toepassing van de NO<sub>x</sub>-katalysatoren. In 2011 komen de eerste Euro 6 personenauto's beschikbaar, terwijl Euro 6 voor personenauto's pas in 2014/2015 verplicht wordt. De dieselmotor heeft reeds een relatieve lage CO<sub>2</sub>-uitstoot door het gunstige motorrendement. Voor het verder verlagen van de CO<sub>2</sub>-emissie kunnen globaal dezelfde maatregelen genomen worden als voor 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. De biocomponenten bestaan op dit moment vooral uit biodiesel zoals FAME (Fatty Acid Methyl Ester), maar kan ook HVO (Hydrotreated Vegetable Oil) zijn – zie de factsheet 'Biodiesel' 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 affabriek benzinevoertuigen, welke dan voorzien worden van een type G3 (3<sup>e</sup> 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 affabriek worden geleverd, zijn vergelijkbaar met die van benzine. De NO<sub>x</sub>-emissies van retrofit LPG auto's zijn hoger, zie de onderstaande tabel.

*Praktijkemissies luchtverontreinigende stoffen van LPG personenauto's.*

%	NO <sub>x</sub>	Fijnstof <sup>*</sup>
Euro 5 benzine	0,024 g/km	0,018 g/km
(referentie)	100	100
LPG Euro 3 retrofit	910	100
LPG Euro 4 retrofit	440	100
LPG Euro 5 retrofit	350	100
LPG Euro 6 retrofit	350	100

\* Uitlaatgas + slijtage-emissie

### Broeikasgasemissies:

De CO<sub>2</sub>-uitstoot van LPG personenauto's (per kilometer) is ca. 90% van die van benzineauto's, en is daarmee vergelijkbaar met de uitstoot van dieselauto's.

### Infrastructuur

LPG is verkrijgbaar bij ca. 2.000 tankstations (ca. 45% van alle tankstations). Dit aantal is de afgelopen jaren langzaam afgenomen, onder andere ten gevolge van het veiligheidsbeleid voor LPG opslag van de overheid.

### 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 lijkt na 2008 weer iets te stijgen, o.a. door de hoge benzine- en dieselprijzen in 2008. Het aandeel ligt de afgelopen jaren rond de 4-5%, de verwachting is niet dat dit veel zal veranderen de komende jaren.





## 2.4 CNG en groen gas voor personenauto's

### Definitie/omschrijving

CNG staat voor Compressed Natural Gas, en bestaat uit aardgas. Het aardgas bestaat grotendeels uit methaan en wordt bij normale temperaturen niet vloeibaar. Daardoor is de energie-inhoud wel flink kleiner dan die van benzine ondanks de hoge druk opslag van ca. 200 bar.

In plaats van aardgas kan ook groengas worden gebruikt (een mix van beide is ook goed mogelijk). Groengas wordt in het algemeen geproduceerd uit biogas of stortgas. Het wordt ook aangeduid met bio-CNG of CBG (Compressed Bio Gas). Biogas is het resultaat van vergisting van biomassa zoals bijv. mest en maïs, stortgas komt vrij bij stortplaatsen, door afbraak van organisch afval. Voor gebruik in transport wordt het biogas vrijwel altijd opgewerkt of verrijkt naar aardgas-kwaliteit. Distributie van dit bio-CNG vindt meestal plaats via het gewone aardgasnetwerk (via bijmenging). Er worden dan zogenaamde groen-gas certificaten verhandeld om voor de afnemer van het gas te waarborgen dat groen gas wordt aangekocht (analoog aan groene stroom voorziening). Alternatief is directe levering aan tankstations, dan wordt er ook daadwerkelijk groengas (in de vorm van bio-CNG) getankt. De energiedichtheid van CNG en bio-CNG is aanzienlijk lager dan dat 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 affabriek geleverd, in tegenstelling tot LPG waar de ombouw meestal achteraf plaatsvindt (retrofit).

### Luchtverontreinigende emissies

De NO<sub>x</sub>-emissie van CNG voertuigen in de praktijk ligt iets hoger dan die van benzinevoertuigen, maar lager dan die van dieselvoertuigen. De fijnstofemissie is gelijk aan die van benzinevoertuigen.

Praktijkemissies luchtverontreinigende stoffen van CNG personenauto's.

%	NO <sub>x</sub>	Fijnstof <sup>†</sup>
Euro 5 benzine	0,024 g/km	0,018 g/km
(referentie)	100	100
CNG en bio-CNG Euro 4	290	100
CNG en bio-CNG Euro 5	230**	100
CNG en bio-CNG Euro 6	230**	100

\* Uitlaatgas + slijtage-emissie

\*\* Gebaseerd op beperkte statistische informatie. Voertuigen met affabriek systeem relatief dichter bij benzinevoertuigen

### Broeikasgasemissies

In geval van CNG uit aardgas zijn de CO<sub>2</sub>-emissies ca. 80% van die van vergelijkbare benzineauto's, vanwege het relatief lage koolstofgehalte van aardgas.

De CO<sub>2</sub>-emissies van bio-CNG zijn in het algemeen veel lager, en afhankelijk van herkomst van het groengas. In vergelijking met benzine en over de gehele brandstofketen (Well To Wheel) is de uitstoot ca. 85% lager dan van benzine bij bio-CNG uit stortgas. Bij bio-CNG uit covergisting (van 50% maïs en 50% mest) komt het voordeel vaak lager uit.

### Infrastructuur

Aardgas (CNG) en groengas (bio-CNG) zijn op dit moment (begin 2011) te verkrijgen bij ruim 50 tankstations, verspreid over het land. Waarschijnlijk groeit dit aantal in 2011 tot ca. 100 stations in het kader van het subsidieprogramma Tankstations Alternatieve Brandstoffen (TAB). Daarna zou het in 3 jaar nogmaals kunnen verdubbelen. De tankstations zijn in het algemeen direct aangesloten op het aardgasnetwerk, een beperkt aantal pompen levert direct bio-CNG.

### Ontwikkelingsperspectief techniek

Deze brandstof is de laatste tijd in opkomst, mede door stimuleringsbeleid zoals het subsidieprogramma Tankstations Alternatieve Brandstoffen, en locale en regionale initiatieven. Het aantal tankstations dat CNG of bio-CNG/groengas aanbiedt neemt dan ook gestaag toe. Het aantal voertuigmodellen dat affabriek met een CNG installatie wordt aangeboden zal naar verwachting flink groeien. De verdere ontwikkeling zal afhangen van de wijze waarop de stimulering wordt doorgezet, en of consumenten bereid zijn 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 groengas dat volledig uit reststromen en afval wordt geproduceerd (bijv. uit stortgas) is momenteel nog beperkt en voldoende voor ca. 5000 voertuigen. Deze capaciteit zal in 2012 verdubbelen via projecten die nu in ontwikkeling zijn. 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 covergisting.



## 2.5 Bioethanol (E85) personenauto's

### Definitie/omschrijving

Bioethanol is een alcohol dat 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 bioethanol als low blend bijgemengd met benzine, zodat voldaan wordt aan het biocomponent aandeel in het kader van de Nederlandse biobrandstoffenverplichting. Tot voor kort mocht benzine max. 5% bioethanol bevatten, maar steeds meer tankstations zullen de komende jaren E10 aanbieden. Dat is benzine waar maximaal 10% bioethanol 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](http://www.jebentalsnelduurzaamopweg.nl/E10) kan worden gekeken of een auto E10 mag tanken.

Energiedichtheid		Benzine		Bioethanol
		Benzine	Benzine E10	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 en bovendien zijn de gebruikte materialen bestendig voor 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.*

%	(introduceerjaar)	NO <sub>x</sub>	Fijnstof <sup>*</sup>
Euro 5 benzine (referentie)		0,024 g/km 100	0,018 g/km 100
E85 Euro 4	(2005/2006)	155	107
E85 Euro 5	(2009/2010)	112	102
E85 Euro 6	(2014/2015)	100	100

\* Uitlaatgas + slijtage-emissie

### Broeikasgasemissies

De uitstoot van CO<sub>2</sub>-emissies bij bioethanol (over de gehele keten gezien) hangt voornamelijk af van de gebruikte grondstoffen, en in mindere mate ook van het productieproces. Bioethanol uit maïs of tarwe vermindert de CO<sub>2</sub>-uitstoot met maximaal ca. 70%. Bij bioethanol uit suikerriet kan die zelfs 80-90% verminderen. In veel gevallen leidt de teelt van deze gewassen echter 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) 20-50% CO<sub>2</sub>-reductie over. Op Europees niveau worden duurzaamheidszaken ontwikkeld die de CO<sub>2</sub>-uitstoot over keten moet verminderen.

De CO<sub>2</sub>-uitstoot van bioethanol blends vermindert evenredig met het percentage bijgemengde bioethanol.

### Infrastructuur

Verreweg het grootste deel van de in Nederland verkochte bioethanol wordt bijgemengd bij de standaard benzine. Het aantal E85 tankstations in Nederland is op dit moment beperkt tot ca. 30, de komende jaren zal dit netwerk verder worden uitgebreid (o.a. door stimulering via de subsidie-regeling TAB).

### 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 ethanol-motoren 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 CO<sub>2</sub> 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<sup>e</sup> generatie ethanolproductie genoemd. De verwachting is dat de broeikasgasuitstoot van dergelijke routes minder is, en dat er bovendien geen concurrentie is met voedselproductie.





## 2.6 Personenauto's met hybride aandrijving

### Definitie/omschrijving

Hybride aandrijvingen bestaan er in vele soorten en maten. Bij een hybride aandrijving werkt een verbrandingsmotor (op benzine of diesel) samen met een tweede krachtbron. 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-capacitoren (condensatoren). De redenen waarom een hybride tot een lager energieverbruik leidt zijn drieledig: 1) 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 hybriden 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 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 hybriden, en kunnen daardoor ook wat langere afstanden volledig elektrisch rijden, op stroom 'uit het stopcontact'. De benzine- of dieselmotor wordt dan gebruikt bij hogere snelheden of als de accu's leeg zijn.

### Vrachtauto's en bussen met hybride aandrijving

De eerste hybride vrachtauto's en bussen komen rond 2011 op de markt. Er gelden globaal dezelfde voordelen als voor personenauto's mits ze een dynamisch inzet hebben in de stad en op buitenwegen, en niet veel op de snelweg.

### 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.

*Praktijkemissies luchtverontreinigende stoffen voor personenauto's met hybride aandrijving.*

%	NOx	Fijnstof*
Euro 5 benzine (referentie)	0,024 g/km	0,018 g/km
Benzine hybride (full-hybrid)	100	100

\* Uitlaatgas + slijtage-emissie

### Broeikasgasemissies

De CO<sub>2</sub>-uitstoot van hybride auto's (full-hybrid) is ca. 20% lager dan van vergelijkbare benzineauto's. Bij lichtere vormen van hybridisatie is de reductie uiteraard minder. Worden bij plug-in hybriden ook de CO<sub>2</sub>-emissies van de elektriciteitsproductie meegenomen, dan hangt de totale CO<sub>2</sub>-reductie die wordt bereikt sterk af van de herkomst van de elektriciteit: bij kolenstroom zullen de emissies niet veel afwijken van die van de gewone hybride, bij stroom uit aardgas zal de uitstoot verder afnemen. Bij een groeiend aandeel hernieuwbare elektriciteit zal de CO<sub>2</sub>-winst verder toenemen.

### Infrastructuur

Hybride auto's rijden op standaard benzine (of diesel).

### Ontwikkelingsperspectief techniek

Het ontwikkelingsperspectief is richting hybriden met een zero-emissie range en plug-in hybriden. 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.

Nog een stapje verder zijn elektrische voertuigen met zogenaamde range extenders. Dit zijn voertuigen die een afstand van zo'n 50 tot 100 km volledig elektrisch kunnen afleggen, en waarvan de accu's aan het stopcontact kunnen worden opgeladen. Rijdt de auto echter verder dan de accu's toelaten, dan start een verbrandingsmotor die op benzine (of diesel) loopt, en de accu's oplaadt. Het verschil met de plug-in hybride is de motor bij de range extender niet de wielen direct aandrijft, maar alleen de accu's oplaadt. Bij de plug-in hybride kan de motor de wielen wel directe aandrijven.

### Ontwikkelingsperspectief brandstof

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

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





## 2.7 Personenauto's op elektriciteit en op waterstof

### Definitie/omschrijving

#### Elektrische voertuigen

De aandrijving van een elektrisch voertuig bestaat uitsluitend uit een elektromotor, een regelunit en elektrische energie-opslag in de vorm van accu's. De accu's worden opgeladen 'uit het stopcontact'. De actieradius met volle accu is onder gunstige omstandigheden ca. 100 tot 150 km. Als veel gebruik gemaakt wordt van de verwarming of de air conditioning, dan zal de actieradius met zo'n 25% kunnen dalen. Hiervan is nog weinig informatie uit de praktijk beschikbaar. In extreme gevallen kan de daling groter zijn.

NB. Voor de plug-in hybride en elektrische auto met range extender, zie de factsheet 'personenauto's met hybride aandrijving'. Zolang deze auto's d.m.v. alleen elektriciteit worden aangedreven vertonen zij uiteraard veel overeenkomsten met de elektrische voertuigen. Deze auto's hebben doorgaans minder accucapaciteit aan boord dan volledig elektrische auto's, een verbrandingsmotor zorgt dan voor een grotere actieradius.

#### Waterstofvoertuigen:

Waterstofvoertuigen zijn eigenlijk elektrische voertuigen met een relatief kleine accu en een brandstofcel als permanente 'oplader' van de accu. Meestal wordt waterstof gebruikt als energiebron. Eventueel kan ook een andere brandstof getankt worden, zoals methanol. Dit wordt dan aan boord van het voertuig omgezet in H<sub>2</sub>.

Waterstofvoertuigen zijn nog niet op de markt verkrijgbaar. Wel zijn er een aantal demonstratieprojecten in verschillende landen. De in de afgelopen decennia aangekondigde plannen voor serieproductie werden steeds niet waargemaakt.

De infrastructuur – zeg maar de pompstations – voor waterstof en ook de voertuigen zelf zijn complex vanwege de veiligheidsvoorschriften. Waterstof is een zeer klein molecuul, lekt daardoor gemakkelijk door verbindingen e.d. en ontbrandt ook nog eens heel snel. Een voordeel ten opzichte van elektrische voertuigen is wel de grotere actieradius.

Energiedichtheid		Benzine	Elektrisch	Waterstof
Per liter tankinhoud	%	100	–	10-20
Per kg tankinhoud	%	135	–	377
Per kWh batterij capaciteit		–	11	–
Actieradius				
40 liter tankinhoud	km	600	–	–
20 kWh batterijcapaciteit	km	–	100-150	–
4 kg H <sub>2</sub> tankinhoud	km	–	–	300-400

## Voertuigtechniek

### Elektrische voertuigen

Enkele bekende automerken hebben aangekondigd in 2011 en 2012 met een volledig elektrisch voertuig op de markt te komen.

De oplaadtijd van de accu's thuis of aan een standaard laadpaal kan variëren van 4 tot 8 uur, afhankelijk van de gebruikte technologie. Er worden daarnaast in diverse landen proeven gedaan met snelladen, zodat de voertuigen in de toekomst ook onderweg kunnen 'bijladen', binnen ca. 20-30 minuten. Als alternatief voor het ter plekke laden van de autoaccu's heeft een fabrikant een systeem ontwikkeld waarbij lege accu's voor volle gewisseld kunnen worden bij een accuwisselstation. Dit systeem, waarmee lange laadtijden kunnen worden vermeden, wordt op dit moment in diverse landen getest.

### Waterstofvoertuigen

Een aantal grote merken heeft prototypen brandstofcelvoertuigen beschikbaar. De prestaties zijn goed, maar de infrastructuur (om de waterstof te produceren en te transporteren naar de tankstations) is ingewikkeld en kostbaar.

### Luchtverontreinigende en broeikasgasemissies

De luchtverontreinigende emissies van elektrische voertuigen en brandstofcelvoertuigen zijn lager. De fijnstofemissie blijft echter voor een flink deel bestaan, omdat het grootste deel hiervan afkomstig is van slijtage van banden en remmen. Eventueel kan rekening gehouden met de NO<sub>x</sub> en fijnstof emissie van de productie van de elektriciteit of waterstof, deze hangt af van de productiewijze (variërend van wind- tot kolenstroom).

*Praktijkemissies luchtverontreinigende stoffen voor personenauto's met elektrische aandrijving of H<sub>2</sub> brandstofcelaandrijving.*

%	NO <sub>x</sub>	Fijnstof*
Euro 5 benzine	0,024 g/km	0,018 g/km
(referentie)	100	100
Elektrisch voertuig: elektriciteit	0	90
gemiddelde mix in NL		
(H <sub>2</sub> brandstofcel: H <sub>2</sub> uit aardgas)	0	90
(H <sub>2</sub> brandstofcel: H <sub>2</sub> uit kolen)	0	90

\* Uitlaatgas + slijtage-emissie

De broeikasgasemissies worden volledig bepaald door de productiemethode van de elektriciteit of het waterstof. Ze kunnen gemaakt worden uit fossiele brandstoffen maar

ook uit hernieuwbare bronnen zoals zonne-energie, windenergie of biogas of biomassa. Een elektrische auto die op de huidige gemiddelde Nederlandse elektriciteitsmix rijdt, zorgt voor ca. 40% minder CO<sub>2</sub>-uitstoot. Neemt het aandeel hernieuwbare bronnen toe (geen CO<sub>2</sub>-uitstoot), dan zal de CO<sub>2</sub>-emissie nog sterk dalen, bij stroomproductie uit kolen is de reductie daarentegen vrijwel nihil. Als waterstof uit aardgas wordt geproduceerd is de CO<sub>2</sub>-reductie ca. 40%, productie uit kolen heeft echter meer emissies tot gevolg dan rijden op benzine (+20%).

## **Infrastructuur**

### *Elektrische voertuigen*

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 laadpalen waar daadwerkelijk gebruik van kan worden gemaakt is echter nog zeer beperkt. Er zijn maar 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 een 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.

### *Waterstofvoertuigen*

De infrastructuur voor waterstof-tankstations is erg kostbaar, onder andere vanwege de veiligheidvoorzieningen. Op dit moment zijn er nog geen beslissingen genomen om zo'n infrastructuur aan te leggen. Mede daardoor is de toekomst nog onzeker.

## **Ontwikkelingsperspectief techniek**

### *Elektrische voertuigen*

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. 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.

Er wordt op dit moment 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**

### *Elektrische voertuigen*

De verwachting is dat de elektriciteitsproductie de komende decennia sterk zal vergroenen, o.a. door vergroting van het aandeel hernieuwbare energie en andere maatregelen t.b.v. reductie van de CO<sub>2</sub>-uitstoot. Er wordt daarnaast ook gewerkt aan het benutten van de mogelijkheden die de accu's van elektrische auto's bieden voor bijvoorbeeld de opslag van hernieuwbare energie in tijden van overproductie (als de productie hoog is en de vraag laag), dit wordt 'smart charging' genoemd.

### *Waterstofvoertuigen*

De toekomst voor waterstofvoertuigen is onzeker, vooral vanwege de hoge investeringen aan de kant van voertuigproductie en infrastructuur.



## 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 roefilters en katalysatoren veel gemakkelijker.

Daarnaast moet de diesel volgens het Nederlandse beleid in 2011 verplicht gemiddeld zo'n 4,25% biocomponenten bevatten. 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 CO<sub>2</sub>-emissies.

#### Luchtverontreinigende emissies

De NO<sub>x</sub> emissie van vrachtauto's is nu nog relatief hoog maar zal naar verwachting met de introductie van Euro VI (2013) sterk dalen. De fijnstof emissie uit de motor is met de introductie van Euro IV en V al sterk gedaald. Verdere daling is lastig omdat slijtage emissies van remmen en banden gaan domineren.

*Praktijkemissies luchtverontreinigende stoffen van een middelzware vrachtauto (gemengde inzet: 10% stad, 20% buitenweg en 70% snelweg).*

%	(introductiejaar)	NO <sub>x</sub>	Fijnstof*
Diesel Euro V (referentie)		4,8 g/km	0,10 g/km
Diesel EURO III	(2000/2001)	145	190
Diesel EURO IV	(2005/2006)	130	100
Diesel EURO V	(2008/2009)	100	100
Diesel EURO VI	(2013)	20	90

\* Uitlaatgas + slijtage-emissie

#### Broeikasgasemissies

De CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-emissie in de praktijk worden gehanteerd:

- 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

De luchtverontreinigende uitstoot zal verder verminderen door de toekomstige strengere emissiewetgeving. NO<sub>x</sub> en fijnstof-emissies kunnen t.o.v. de huidige dieselmotoren nog sterk verminderd worden door toepassing van NO<sub>x</sub> reductietechnologieën en roefilters. De eerste Euro VI vrachtauto's worden binnenkort verwacht, terwijl deze norm pas in 2012/2013 verplicht wordt. Vrachtauto dieselmotoren zijn meestal al geoptimaliseerd op een laag brandstofverbruik en daarmee op een relatief lage CO<sub>2</sub>-emissie. Het energieverbruik en de CO<sub>2</sub>-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 naar verwachting 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 kan ook HVO (Hydrotreated Vegetable Oil) zijn – zie de factsheet 'Biodiesel' 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 groengas voor vrachtauto's en bussen

#### Definitie/omschrijving

Aardgas en groengas kunnen als brandstof gebruikt worden voor bussen en vrachtauto's. Het gas, dat voor meer dan 80% uit methaan bestaat, kan zowel in gecomprimeerde vorm als in vloeibare vorm opgeslagen worden in het voertuig. Gecomprimeerd wordt aangeduid met CNG of bio-CNG/CBG (Compressed Natural Gas of Compressed Bio Gas). Het vloeibare gas wordt cryogeen (bij ca.  $-160^{\circ}\text{C}$ ) opgeslagen. Dit wordt aangeduid met LNG of bio-LNG/LBG (Liquified Natural Gas or Liquified Bio Gas). Groengas wordt in het algemeen geproduceerd uit biogas of stortgas. Biogas is het resultaat van vergisting van biomassa zoals bijv. mest en maïs, stortgas komt vrij bij stortplaatsen, door afbraak van organisch afval. Voor gebruik in transport wordt het biogas vrijwel altijd opgewerkt of verrijkt naar aardgaskwaliteit. Distributie van bio-CNG vindt meestal plaats via het gewone aardgasnetwerk (via bijmenging). Er worden zogenaamde groen-gas certificaten verhandeld om voor de afnemer van het gas te waarborgen dat groen gas wordt aangekocht (analoog aan de groene stroom voorziening). Alternatief is directe levering aan tankstations, dan wordt er ook daadwerkelijk groengas getankt.

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, terwijl 1 kg LNG daar ruim 15% boven ligt. Vanwege de verschillen in actieradius wordt CNG vooral ingezet voor stadsbussen, en is LNG vooral geschikt voor bussen en vrachtauto's die langere afstanden moeten afleggen.

Energiedichtheid		Diesel	CNG	LNG
Per liter	%	100	–	–
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

#### Voertuigtechniek

Er zijn twee motorvarianten voor aardgas en groengas. De motor met vonkontsteking en de dual-fuel motor. De laatste variant, welke vrijwel alleen bij trucks toegepast wordt, 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 voertuigtank-opbouw en het bijmengpercentage en zal in de praktijk liggen tussen die van CNG en Diesel.

#### 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  $\text{CO}_2$ -uitstoot. Met de introductie van Euro VI zal het verschil in luchtverontreinigende emissies tussen diesel en gas naar verwachting afnemen.

*Praktijkemissies luchtverontreinigende stoffen voor bussen. Referentie busseknop: 50% stad, 50% buitenweg.*

%	(introductiejaar)	$\text{NO}_x$	Fijnstof*
Diesel Euro V		4,8 g/km	0,10 g/km
(referentie)		100	100
Aardgas** Euro IV		173	89
Aardgas** Euro V / EEV lean-burn		136	82
Aardgas** Euro V / EEV stoichiometrisch		48	82
3-weg katalysator			
Aardgas** Euro V dual fuel (CNG en LNG)		100	100

\* Uitlaatgas + slijtage-emissie

\*\* Geldt ook voor groengas mits opgevaardeerd tot aardgaskwaliteit

#### Broeikasgasemissies

De  $\text{CO}_2$ -emissie is afhankelijk van het koolstofgehalte van de brandstof en het rendement van de motor. Er zijn beperkt gegevens beschikbaar over de  $\text{CO}_2$ -emissies van HD voertuigen op aardgas en er is flinke variatie afhankelijk van het motortype. De  $\text{CO}_2$ -emissie voor voertuigen op gas varieert van ongeveer gelijk aan diesel tot een besparing van 10-20%. Bij een dual-fuel motor is voordeel te behalen afhankelijk van het bijmengpercentage van het gas. De  $\text{CO}_2$ -uitstoot komt uit op ca. 85% tot 95% van de dieselmotor, proportioneel met het bijmengpercentage van het aardgas.

Bij gebruik van groengas zijn aanzienlijk grotere reducties te behalen voor alle typen motoren, maar afhankelijk van de herkomst van het groengas. Over de gehele brandstofketen bezien is de  $\text{CO}_2$ -uitstoot ca. 80% lager dan bij diesel, bij bio-CNG uit stortgas. Bij bio-CNG uit covergisting (van 50% maïs en 50% mest) komt het voordeel vaak lager uit.

#### Infrastructuur

Aardgas (CNG) en groengas (bio-CNG) zijn op dit moment (begin 2011) te verkrijgen bij ruim 50 tankstations, verspreid over het land. Waarschijnlijk groeit dit aantal in 2011 tot

ca. 100 stations in het kader van het subsidieprogramma Tankstations Alternatieve Brandstoffen (TAB). Daarna zou het in 3 jaar nogmaals kunnen verdubbelen. De tankstations zijn in het algemeen direct aangesloten op het aardgasnetwerk, een beperkt aantal pompen levert direct bio-CNG. Grotere wagenparken maken ook wel gebruik van niet-openbare vulstations in eigen of particulier beheer. Er was in januari 2011 één vulpunt voor LNG/bio-LNG.

### ***Ontwikkelingsperspectief techniek***

---

Kenmerkend voor gasmotoren is dat de onderlinge verschillen in zowel luchtverontreinigende als CO<sub>2</sub>-emissies groot zijn. Sommige motorfabrikanten leveren nu al motoren met vonkontsteking met emissies rondom of onder het Euro VI niveau. Voor de overige motoren is dat het ontwikkelingsperspectief voor de komende jaren. De energie-efficiency en de CO<sub>2</sub>-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 uit o.a. Rusland de komende jaren verder zal groeien. Het beschikbare potentieel groengas dat volledig uit reststromen en afval wordt geproduceerd (bijv. uit stortgas) is momenteel nog beperkt en voldoende voor ca. 5000 voertuigen. Deze capaciteit zal in 2012 verdubbelen via projecten die nu in ontwikkeling zijn. 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 de inzet van maïs in de covergisting.





### 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.

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 dieselmotoren met roetfilter zijn er risico's op schade. Bij vrachtauto's kunnen wel vaak hogere blends worden toegepast, maar met enkele aanpassingen en een aangepast onderhoudsschema.

Biodiesel wordt voornamelijk geproduceerd uit plantaardige oliën en vetten zoals koolzaad-, zonnebloem- of sojaolie, uit gebruikte (frituur)oliën en vetten of dierlijk afval (vetten). De overige duurzame biobrandstoffen worden ook wel aangeduid met 'renewable diesel fuels'. Bekende voorbeelden hiervan 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. De grondstoffen voor BTL zijn voornamelijk hout en houtafval.

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 (sterk) verhoogde slijtage optreden. Bekende problemen zijn vervuiling van injectoren, verstopping van filters en achteruitgang van de smeerolie-kwaliteit. Daarom wordt bij hogere blends de olieverversings-

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.

#### Personenauto's op biodiesel

Evenals vrachtauto's, kunnen personenauto's rijden op biodiesel. Hogere blends biodiesel worden echter afgeraden. Vooral bij auto's met affabriek roetfilter is er risico op motorschade.

#### Luchtverontreinigende emissies

De luchtverontreinigende emissies veranderen niet sterk bij gebruik van biodiesel en is proportioneel met het bijmengpercentage. Bij FAME gaat de NO<sub>x</sub> doorgaans wat omhoog. Bij B100 kan dat vrij veel zijn. De fijnstofemissie dalen met alle biobrandstoffen.

*Invloed biobrandstof op praktijkemissies luchtverontreinigende stoffen. Referentie Euro V vrachtautomotor.*

%	NO <sub>x</sub>	Fijnstof*
Diesel Euro V (referentie)	4,8 g/km	0,10 g/km
Diesel EN590 B0	100	100
Diesel EN590 B7	100	100
B30	112	95
B100	156	75
100% HVO of BTL	90	93

\* Uitlaatgas + slijtage-emissie

#### Broeikasgasemissies

De effecten van biodiesel op de CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-reductie oplopen tot zo'n 90%. Als het uit plantaardige olie zoals koolzaad-, soja- of palmolie is geproduceerd, komt de reductie vaak veel lager uit (maximaal ca. 50%). In veel gevallen kan de biodiesel dan zelfs tot meer emissies leiden dan de fossiele diesel, bijv. als er regenwoud of grasland tot landbouwgrond wordt omgezet om de olie te produceren. Op Europees niveau worden daarom duurzaamheids-eisen ontwikkeld die dit laatste tegen moeten gaan.

#### Infrastructuur

Verreweg het grootste deel van de verkochte biodiesel wordt bijgemengd bij diesel (tot 5%), en als standaard diesel via de gangbare tankstations aangeboden. Er zijn op dit moment

(stand december 2010) ca. 10 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 kost veel moeite. 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 biocomponentaandeel boven de 7% met HVO en BTL.

### ***Ontwikkelingsperspectief brandstof***

---

Biobrandstoffen worden al op grote schaal toegepast vanwege de door de EU verplichte bijmenging. In 2011 is het bijmengpercentage ca. 4,25%. Dit zal naar verwachting verder toenemen, in 2020 moet 10% van de brandstoffen in het wegverkeer uit hernieuwbare bronnen zijn geproduceerd. Voor standaard dieselbrandstof zal het FAME gehalte beperkt blijven tot ca. 7%. Daarboven zal bijgemengd worden met HVO of (in de toekomst) BTL. Dit kan dan zonder meer tot ca. 30% voor de algemeen beschikbare dieselbrandstof en misschien ook wel hoger. Voor geselecteerde voertuigvloeden met eigen tankfaciliteiten kunnen FAME, HVO en BTL ook in pure vorm gebruikt worden. Het toekomstige potentieel van met name FAME en HVO zal afhangen van de duurzaamheidseisen, die aan de grondstoffen en productieprocessen worden gesteld. BTL wordt nog niet op commerciële schaal geproduceerd. De komende jaren zullen moeten uitwijzen of de technologische ontwikkeling succesvol is.



## 4 Bronnen

**TNO**, 2010. Sebastiaan Bleuanus, et.al.: Well-to-tank broeikasgas emissies van aardgas, biogas en diesel in Nederland – analyse van 2010 en projectie naar de toekomst. Report TNO-RPT-2011-00091, december 2010.

**CE Delft**, 2010. B.E. (Bettina) Kampman, H.J. (Harry) Croezen, G.M. (Gijs) Verbaak, F.P.E. (Femke) Brouwer: Rijden en varen op gas: Kosten en milieueffecten van aardgas en groen gas in transport. Delft, CE Delft, juni 2010.

**ECN**, 2009. Duurzame innovatie in het wegverkeer, Een evaluatie van vier transitiepaden voor het thema Duurzame Mobiliteit. 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](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:en:PDF)

**Ministerie van Financiën**, 2010. Wijzigingen in de belastingheffing met ingang van 1 januari 2011.

**TNO / CE Delft**, 2009. Verbeek, R., B. Kampman, G.L.M., Rabé, S. Bleuanus, X. Rijkee 2009 (Dec). Impact of biofuels on air pollutant emissions from road vehicles, phase 2. TNO report MON-RPT-033-DTS-03967A. TNO Science and Industry. Project number 033.21296. BOLK: [www.pbl.nl/en/dossiers/Transboundaryairpollution/content/Dutch\\_Policy\\_Research\\_Programme\\_on\\_Air\\_and\\_Climate](http://www.pbl.nl/en/dossiers/Transboundaryairpollution/content/Dutch_Policy_Research_Programme_on_Air_and_Climate).

**TNO / CE Delft**, 2008. Verbeek, R., Smokers, R.T.M., Kadijk, G., Hensema, Amber, Passier, G.L.M., Rabé, E.L.M., Kampman, B. & Riemersma, I. J. 2008 (June). Impact of biofuels on air pollutant emissions from road vehicles. TNO report MON-RPT-033-DTS-2008-01737. TNO Science and Industry. Project number 033.16166. BOLK: [www.pbl.nl/en/dossiers/Transboundaryairpollution/content/Dutch\\_Policy\\_Research\\_Programme\\_on\\_Air\\_and\\_Climate](http://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.

— [www.belastingdienst.nl](http://www.belastingdienst.nl)

— [www.fuelswitch.nl](http://www.fuelswitch.nl).

— [www.cartuning-guide.com/lpg-inbouw.html](http://www.cartuning-guide.com/lpg-inbouw.html)

— [www.autoweek.nl/autonieuws/14234/](http://www.autoweek.nl/autonieuws/14234/)

*Opel-Agila-op-LPG-bpm-en-wegenbelastingvrij*

— [www.opel.nl](http://www.opel.nl)

— [www.ford.nl](http://www.ford.nl)

— [www.volkswagen.nl](http://www.volkswagen.nl)

— [www.cbs.nl](http://www.cbs.nl) (Statline)

— Bussenknop: zie informatie op [www.infomil.nl/onderwerpen/klimaat-lucht/luchtkwaliteit/rekenen-meten/car-ii](http://www.infomil.nl/onderwerpen/klimaat-lucht/luchtkwaliteit/rekenen-meten/car-ii)

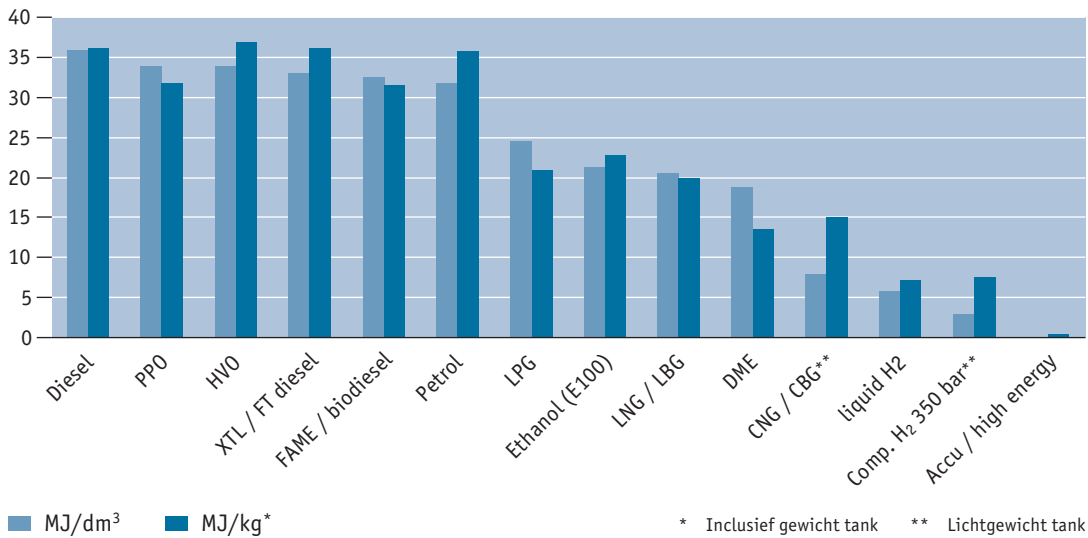
CAR emissiefactoren: Voor wegen met bebouwing (SRM1): [www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/verslagen/2010/03/24/emissiefactoren-voor-niet-snelwegen.html](http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/verslagen/2010/03/24/emissiefactoren-voor-niet-snelwegen.html). Voor snelwegen (SRM2):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





## Bijlage A Overzichtstabel energie-inhoud

### Energy content







## 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 (zoals accijns en BTW) – in combinatie met het verbruik van het voertuig.
2. De aanschafkosten van de voertuigen (incl. de aanschafbelasting BPM en evt. BTW).
3. De belastingen op bezit van het voertuig (de motorrijtuigenbelasting MRB en in geval van leaseauto's 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, zover mogelijk per januari 2011. Op [www.belastingdienst.nl](http://www.belastingdienst.nl) is de gedetailleerde informatie te vinden om zowel de BPM als ook de motorrijtuigenbelasting vast te stellen, hier beperken we ons tot een beschrijving van de hoofdlijnen.

### 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. Daarnaast zijn de verschillen in kosten tussen de diverse brandstoffen aanzienlijk:

- In 2010 was de gemiddelde **benzine**prijs aan de pomp ca. 1,49 €/liter.
- Voor een liter **diesel** is gemiddeld ca. 1,15 €/ liter betaald.
- De pompprijs van LPG was gemiddeld ca. 0,72 €/liter in 2010.
- 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. 0,88 €/kg (of 0,73 €/m<sup>3</sup>).
- De kosten van **bio-CNG** zijn hoger, maar dit wordt in het algemeen 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** en **bio-LNG** zijn nog niet bekend. Waarschijnlijk zullen de kosten zonder heffingen niet veel afwijken van die van CNG/bio-CNG.
- **Biodiesel** in hogere blends wordt op dit moment voor rond de 1,50 €/l aangeboden.
- **Bio-ethanol** kost op dit moment ca. € 1,31 aan de pomp (n.b.: vanwege de relatief lage energie-inhoud is het verbruik echter wel ca. 30% hoger dan bij benzine).

- De **elektriciteits**prijs 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 getankt dan overdag. In 2010 was de gemiddelde prijs bij kleinverbruikers met enkel tarief 0,283 €/kWh, met dubbeltarief werd gemiddeld 0,279 €/kWh betaald.

Alle prijzen zijn inclusief BTW.

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

- Bij **benzine** bedragen de heffingen ca. 73 ct€/l.
- Bij **diesel** zijn de heffingen lager, ca. 43 ct €/l.
- Het belastingtarief van **LPG, LNG** en **bio-LNG** is ca. 16 ct€/kg.
- Over **CNG** en **bio-CNG** moet een heffing worden betaald van 3,2 ct€/m<sup>3</sup>.
- De heffingen op **biodiesel** zijn gelijk aan die van diesel, d.w.z. ca. 43 ct€/l.
- Als **bio-ethanol** wordt bijgemengd bij benzine is de accijns gelijk aan die van benzine, 73 ct€/l. Als de ethanol echter als E85 wordt verkocht geldt een 27% lager accijnstarief, ca. 53 ct€/l. Dit is ter compensatie van het hogere brandstofverbruik.
- Kleinverbruikers (bijv. huishoudens) betalen voor **elektriciteit** een heffing van 11,2 ct€/kWh. Dit tarief is lager voor grootverbruikers (bijv. 4,1 ct€/kWh voor 10.000-50.000 kWh/jr).
- De kosten van **waterstof** zijn nog niet goed in te schatten.

N.b.: bovenstaande tarieven zijn alle heffingen excl. BTW, en gelden voor 2011. Bij alle brandstoffen wordt daarnaast 19% BTW geheven. De tarieven worden jaarlijks opnieuw vastgesteld, in veel gevallen betreft dat een indexatie (verhoging in lijn met inflatie).

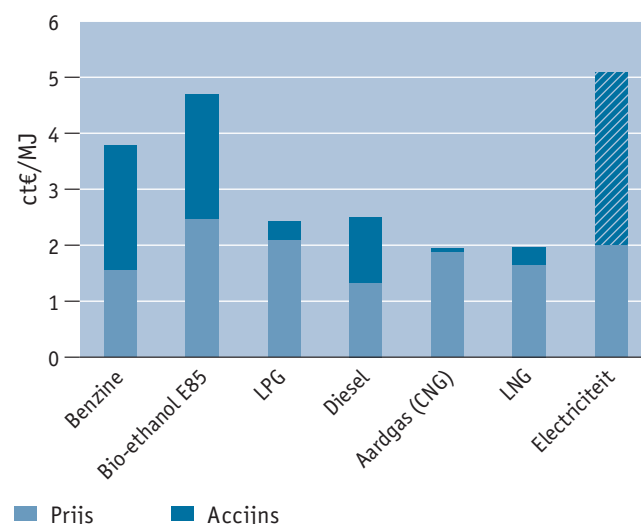
Onderstaande tabel geeft een overzicht van deze cijfers. De prijzen aan de pomp zijn incl. heffingen en BTW, de heffingen zijn excl. BTW.

	Gemiddelde prijs aan de pomp, 2010	Heffingen excl. BTW, 2011	Opmerkingen
Benzine	1,49 €/l	0,73 €/l	
Diesel	1,15 €/l	0,43 €/l	
LPG	0,72 €/l	0,16 €/kg	
CNG*	0,88 €/kg (0,73 €/m <sup>3</sup> )	0,032 €/m <sup>3</sup>	in 2010 nog maar weinig aanbieders
bio-CNG*	0,88 €/kg (0,73 €/m <sup>3</sup> )	0,032 €/m <sup>3</sup>	wordt aangeboden voor de prijs van CNG, werkelijke kosten zijn vaak hoger
LNG**	~1,13 €/kg	0,16 €/kg	
bio-LNG	?	0,16 €/kg	
Biodiesel	1,50 €/l	0,43 €/l	
Bio-ethanol	1,31 €/l	0,73 €/l/0,53 €/l	het lagere accijntarief geldt voor E85
Elektriciteit	ca. 0,28 €/kWh	0,112 €/kWh	cijfers voor kleinverbruikers
Waterstof	?	?	

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

\*\* Prijsindicatie, hoog calorisch gas (ca. 49.5 MJ/kg)

In onderstaande figuur zijn de basisprijs en accijns ook nog uitgerekend in prijs per MJ energie-inhoud. De prijs voor elektriciteit lijkt hoog, maar het verbruik in MJ (of kWh) per kilometer is een factor 3 tot 4 lager.



## 2 Aanschafkosten van de voertuigen (inclusief heffingen)

De aanschafkosten van auto's variëren sterk, en zijn afhankelijk van grootte van de auto, merk, accessoires, 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 (niet altijd);
- de belasting die bij aanschaf van een voertuig moet worden betaald (BPM, Belasting van personenauto's en motorrijwielen) hangt af van de brandstofsoort.

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

- Een auto met fabriek **LPG**-installatie heeft een meerprijs van maximaal € 2500. Retrofit is veelal duurder, inbouwen van een LPG-installatie kost zo'n € 2000 tot 4000.
- De meerkosten van een auto op **CNG/bio-CNG** t.o.v. een vergelijkbare benzineauto zijn zo'n € 2.000-3.000. De meerprijs t.o.v. vergelijkbare dieselauto's is ca. € 0-1.000.
- Het geschikt maken van een dieselauto voor hogere blends **biodiesel** kost ca. € 0 tot 200.
- Veel aanbieders rekenen geen meerprijs voor flex fuel auto's die op **bioethanol** 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.
- De meerkosten van **plug-in hybride** 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 volledig elektrische actieradius). De meerprijzen zal naar verwachting afnemen naarmate de productieaantallen toenemen.
- De kosten van **elektrische** auto's zijn nog sterk in ontwikkeling. De prijzen variëren sterk, en zijn vaak enkele malen 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 van vergelijkbare benzineauto's. Met name de kostenontwikkeling van de accu's zijn bepalend voor de kostenontwikkeling van de elektrische auto's. Ook de levensduur van de accu's is belangrijk in dit verband. Bij elektrische auto's moet in veel gevallen ook rekening worden gehouden met de aanschaf van een laadpaal. De kosten hiervan variëren van rond de €2000 Euro voor





- een oplaadpunt in een garage of bij een privéparkeerplaats, tot € 20.000-40.000 voor een snellaadstation.
- Er zijn nog geen **waterstofauto's** op de markt, maar de kosten zijn op dit moment nog aanzienlijk hoger dan van elektrische auto's. Deze meerkosten zullen dalen bij succesvolle marktintroductie en grotere productievolumes.
  - **Bussen op CNG/bio-CNG** zijn beschikbaar, de meerkosten van deze voertuigen ten opzichte van Euro 5 diesel versies wordt geschat op ca. 10-20%.
  - Diverse fabrikanten leveren **CNG/bio-CNG** vrachtauto's, de meerkosten voor ten opzicht van diesel aangedreven vrachtauto's ligt tussen de 10-30% (ca. € 20.000 meerkosten voor een kleine vrachtauto, tot ca. € 20.000-30.000 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. Er moet een basisheffing worden betaald die afhangt van de catalogusprijs en de brandstofsoort. Bij een gelijke catalogusprijs is deze heffing voor **dieselauto's** € 2.350 hoger dan voor **benzineauto's**.
2. Daarnaast moet een heffing worden betaald die afhangt van de CO<sub>2</sub>-uitstoot. Deze heffing is bepaald in € per gram CO<sub>2</sub>/km, en neemt toe boven bepaalde grenswaarden. Zo ontstaan er drie schrijven, met toenemend tarief per gram CO<sub>2</sub>/km. Ook hier wordt onderscheid gemaakt tussen de brandstoffen: de grenswaarden van de drie schrijven zijn voor **benzine** hoger dan voor **diesel-** en **CNG-auto's**.

Daarnaast wordt 19% BTW geheven over de catalogusprijs.

Naast de CO<sub>2</sub>-differentiatie in BPM tarieven zijn er nog extra vrijstellingen: voor **zuinige benzine- of dieselauto's** (van max. 110 en 95 g CO<sub>2</sub>/km respectievelijk), **elektrische** en **waterstofauto's** en **plug-in hybriden** (die aan bepaalde voorwaarden voldoen) hoeft geen BPM te worden betaald. Daarnaast krijgen **dieselauto's** die voldoen aan de Euro 6-norm tijdelijk een korting op de BPM: € 1500 in 2011, € 1000 in 2012 en € 500 in 2013.

**LPG** auto's vallen in dezelfde categorie als benzineauto's, **CNG/bio-CNG** auto's daarentegen in die van diesel.

De komende jaren wordt de basisheffing van de BPM geleidelijk afgebouwd terwijl de CO<sub>2</sub>-tarieven zullen worden verhoogd. Het doel is om in 2013 de BPM alleen nog te laten afhangen van de CO<sub>2</sub>-uitstoot van de auto.

Auto's die kunnen rijden op **bioethanol** worden behandeld als benzineauto'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 benzineauto's, hybride dieselauto's als dieselauto's.

Voor **bestelauto's** op diesel (en biodiesel) geldt dat de BPM gelijk is aan 37,7% van de netto-catalogusprijs, plus € 273. Voor 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, elektrische en waterstofauto's, en plug-in hybriden.

Ondernemers met een **bestelauto voor zakelijk gebruik** kan vrijstelling van BPM aanvragen, mits wordt voldaan aan een aantal criteria (zie [www.belastingdienst.nl](http://www.belastingdienst.nl)).

Voor **vrachtauto's** hoeft geen BPM te worden betaald.

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

Ook de motorrijtuigenbelasting en de regelgeving rondom fiscale bijtelling van leaseauto's varieert per brandstofsoort.

De motorrijtuigenbelasting is afhankelijk van het soort motorrijtuig en het gewicht, de provincie waar de eigenaar woont en de CO<sub>2</sub>-uitstoot. Er zijn aparte tarieftabellen voor auto's op benzine, diesel en LPG, daarnaast hoeft voor zuinige auto's geen motorrijtuigenbelasting te worden betaald.

In deze categorie vallen de volgende auto's:

- personenauto's op **diesel** (of **biodiesel**) met minder dan 95 g/km uitstoot;
- personenauto's op **benzine, LPG, CNG, bio-CNG** of **bioethanol** met minder dan 110 g CO<sub>2</sub>/km uitstoot;
- personenauto's die rijden op **elektriciteit** of **waterstof**.

**Hybride** auto's worden gezien als benzine- of dieselauto's, afhankelijk van de brandstof waar ze op rijden.

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

De motorrijtuigenbelasting voor **vrachtauto's** is afhankelijk van het bouwjaar, of er een koppelinrichting en/of luchtvering aanwezig is, de hoeveelheid assen en de maximale belading. **Autobussen** die hoofdzakelijk rijden op **aardgas** (of **LPG**) en die gebruikt worden voor het openbaar vervoer hoeven deze echter niet te betalen.

Daarnaast moet voor vrachtauto's (>12 ton GVW) de Belasting Zware Motorrijtuigen (BZM, Eurovignet) worden betaald. Deze heffing is onafhankelijk van het type brandstof.

Voor precieze gegevens over motorrijtuigenbelastingen, zie [www.belastingdienst.nl/variabel/motorrijtuigenbelasting](http://www.belastingdienst.nl/variabel/motorrijtuigenbelasting).

De fiscale bijtelling auto van de zaak hangt af van de CO<sub>2</sub>-uitstoot van de auto, waarbij verschillende CO<sub>2</sub>-grenswaarden worden gehanteerd voor dieselauto's en voor overige auto's. Er worden vier tarieven gehanteerd (stand van zaken 2011):

1. 0% voor auto's zonder CO<sub>2</sub>-uitstoot (bijvoorbeeld elektrische auto's of auto's op waterstof) – dit tarief geldt tot en met 2014.
2. 14% voor zeer zuinige auto's met een CO<sub>2</sub>-uitstoot van maximaal:
  - 95 gram per kilometer bij een auto die op diesel rijdt;
  - 110 gram per kilometer bij een auto die niet op diesel rijdt.
3. 20% voor zuinige auto's met een CO<sub>2</sub>-uitstoot van meer dan:
  - 95 en maximaal 116 gram per kilometer bij een auto die op diesel rijdt;
  - 110 en maximaal 140 gram per kilometer bij een auto die niet op diesel rijdt.
4. 25% voor alle andere auto's.

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