



# **Groen tanken**

## **Inpassing van alternatieve brandstoffen in de tank- en distributie infrastructuur**

**W.G. Roeterdink**

**M.A. Uyterlinde**

**P. Kroon**

**C.B. Hanschke**

## Verantwoording

Dit rapport is in opdracht van het ministerie van VROM opgesteld. Bij ECN is dit project bekend onder nummer 5.0176. De auteurs bedanken de geïnterviewden voor hun medewerking. De auteurs bedanken Marc Londo (ECN) voor het reviewen van het concept. Uiteraard is de inhoud volledig de verantwoordelijkheid van de auteurs.

## Abstract

For the department of Housing, Spatial Planning and the Environment (VROM) an overview was made of the current market shares and business cases of alternative fuels, and of main barriers for their large-scale market introduction. In the short term, compressed natural gas has the best business case, even though the investment costs for the infrastructure are relatively high. The current pump price of bio-ethanol is too high to be attractive for consumers; however, the government has announced an excise tax cut. Although the investment costs of a biofuel pump are relatively low, the business case for bio-ethanol, even with the tax cut, will still be not as favourable as the business case for natural gas. In the long term, charging points for electricity and/or filling stations for hydrogen have to become available. For hydrogen, the availability and affordability of the fuel cell vehicles is the initial barrier. A refuelling infrastructure is expected to be supported through truck distribution of liquid hydrogen, or with pipelines. Similarly, electric vehicles are still in the demonstration phase. Currently, it is unclear what the tax regime on electricity for mobility will be, but the profit margin of current consumer prices is too small to make an investment in charging points viable. In addition, there is still much uncertainty about the future charging infrastructure (fast charging or battery swapping) and recharging behaviour (at night).

# Inhoud

Lijst van tabellen	5
Lijst van figuren	5
Samenvatting	6
S.1 Inpassingsmogelijkheden huidige situatie	7
S.2 Ervaringen en opinies	8
S.3 Inpassingsmogelijkheden lange termijn	9
S.4 Aanbevelingen	10
1 Inleiding	11
2 Marktbarrières voor alternatieve brandstoffen	13
2.1 Overzicht belangrijkste barrières	13
2.1.1 Beschikbaarheid tankinfrastructuur - Nationale dekkingsgraad	13
2.1.2 Hoge investering tankinfrastructuur - Break-even voor pomphouder	14
2.1.3 Beschikbaarheid en kosten voertuigen - Break-even voor de consument	16
2.2 Referentie: Benzine en diesel	17
2.2.1 Huidige situatie en mogelijke ontwikkeling	17
2.2.2 Kosten	18
2.2.3 Veiligheid en ruimtebeslag	19
2.3 LPG	20
2.3.1 Huidige situatie en mogelijke ontwikkeling	20
2.3.2 Kosten	22
2.3.3 Veiligheid en ruimtebeslag	22
2.4 Biobrandstoffen	23
2.4.1 Huidige situatie en mogelijke ontwikkeling	23
2.4.2 Kosten	24
2.4.3 Veiligheid en ruimtebeslag	27
2.5 CNG en groen gas	27
2.5.1 Huidige situatie en mogelijke ontwikkeling	28
2.5.2 Kosten	28
2.5.3 Veiligheid en ruimtebeslag	31
2.6 Waterstof	31
2.6.1 Huidige situatie en mogelijke ontwikkeling	31
2.6.2 Kosten	32
2.6.3 Veiligheid en ruimtebeslag	36
2.7 Elektriciteit	37
2.7.1 Huidige situatie en mogelijke ontwikkeling	37
2.7.2 Kosten	38
2.7.3 Veiligheid en ruimtebeslag	40
2.8 Overzicht	40
3 Ervaringen en opinies	43
3.1 Perspectief van actoren	43
3.2 Ervaringen in Zweden	45
4 Lange termijn perspectief	49
4.1 Scenario's	49
4.2 Biobrandstoffen	50
4.2.1 Consequenties voor het wagenpark	51
4.2.2 Consequenties voor de infrastructuur	52
4.2.3 Ruimte voor biobrandstof vulpunten op het tankstation	52

	4.2.4	Consequenties Brandstofkwaliteitsrichtlijn voor aanbod aan de pomp	53
4.3		CNG en groen gas	53
	4.3.1	Consequenties voor de infrastructuur	53
	4.3.2	Vloeibaar aardgas als transportbrandstof: LNG en LCNG	54
4.4		Waterstof	55
	4.4.1	Uitrol van de infrastructuur	55
4.5		Elektriciteit	56
	4.5.1	Uitrol van de infrastructuur	56
5		Conclusies en aanbevelingen	58
	5.1	Inpassingsmogelijkheden huidige situatie: CNG, groen gas, biobrandstoffen	58
	5.2	Inpassing op lange termijn: waterstof en elektriciteit serieuze maar onvergelijkbare kandidaten	59
	5.3	Diversificeren of specialiseren op tankstations?	60
	5.4	Aanbevelingen	60
		Referenties	62
Bijlage A		Lijst van geïnterviewden	65

## Lijst van tabellen

Tabel 2.1	<i>Benodigde tankinfrastructuur bij een regionale uitrol voor waterstof vanuit de Randstad</i>	13
Tabel 2.2	<i>Aantallen lichte voertuigen per brandstofsoort (CBS, 2008)</i>	15
Tabel 2.3	<i>Uitgangspunten per brandstofsoort voor lichte voertuigen</i>	16
Tabel 2.4	<i>Samenstelling brandstofprijzen</i>	19
Tabel 2.5	<i>Aantal opstelplaatsen per tankstation</i>	20
Tabel 2.6	<i>Productiekosten bioethanol</i>	24
Tabel 2.7	<i>Indicatieve kostenopbouw biobrandstoffen huidige situatie</i>	25
Tabel 2.8	<i>Mogelijke pompprijsvarianten voor E85</i>	26
Tabel 2.9	<i>Veiligheidsparameters van brandstoffen</i>	27
Tabel 2.10	<i>Inschatting kostencijfers voor aardgasvulstations anno 2009</i>	28
Tabel 2.11	<i>Productiemethoden en kosten van groen gas</i>	29
Tabel 2.12	<i>Pompprijs opbouw aardgas en groen gas</i>	30
Tabel 2.13	<i>Jaarlijkse kosten voor alternatieve brandstoffen en technologieën voor dieselauto's op basis van een jaarkilometrage van 35.000 km en het verbruiksgedrag van een dieselauto</i>	31
Tabel 2.14	<i>Investeringskosten waterstof infrastructuur en opslag</i>	33
Tabel 2.15	<i>Overzicht kosten en brutowinstmarges waterstof</i>	35
Tabel 2.16	<i>Locaties van oplaadpunten in Nederland</i>	37
Tabel 2.17	<i>Energieheffing bij verschillende afnamehoeveelheden</i>	39
Tabel 2.18	<i>Overzicht kosten en brutowinstmarges elektrisch vervoer (kleinverbruikers)</i>	39
Tabel 2.19	<i>Jaarlijkse kosten voor alternatieve brandstoffen en technologieën voor dieselauto's op basis van een jaarkilometrage van 35.000 km en het verbruiksgedrag van een dieselauto (Kampman et al, 2008)</i>	40
Tabel 2.20	<i>Overzicht</i>	42
Tabel 3.1	<i>Aantallen milieuvriendelijke personenvoertuigen eind 2008</i>	46
Tabel 4.1	<i>Aantal benodigde flex-fuel voertuigen B30 + E85</i>	51

## Lijst van figuren

Figuur 2.1	<i>Brandstofkosten voor de consument in euro per kilometer; inclusief accijns en BTW</i>	17
Figuur 2.2	<i>Brandstofverkoop in Nederland</i>	18
Figuur 2.3	<i>Ontwikkeling aantal LPG-personevoertuigen in Nederland</i>	21
Figuur 3.1	<i>Marktaandeelen van de verschillende brandstofaanbieders</i>	43
Figuur 3.2	<i>Effect van dalende olieprijs op de ethanolverkopen bron: BEST project</i>	47
Figuur 4.1	<i>Biobrandstofbehoefte in 2020 voor ECN-scenario 1</i>	51

## Samenvatting

Het Ministerie van VROM heeft behoefte aan een verkenning van de inpasbaarheid van alternatieve brandstoffen in de tankinfrastructuur. Het gaat daarbij zowel om een verkenning van de huidige situatie, als om het lange termijn perspectief. In deze studie zijn de marktbarrières voor de introductie van alternatieve brandstoffen in de distributie- en tankinfrastructuur geëvalueerd, waarbij voornamelijk naar economische aspecten is gekeken, vanuit het perspectief van zowel de brandstofleverancier als de consument. Daarnaast is globaal bekeken wat de consequenties van ruimtebeslag en veiligheidseisen zijn voor de plaatsing van additionele vulpunten. De onderzoeksvragen waren:

- Wat zijn de inpassingmogelijkheden van de distributie- en tankinfrastructuur van alternatieve brandstoffen met kosten, veiligheid en ruimtebeslag als beperkende factoren?
- Uitgaande van een verplichting als beleidsinstrument: is het logisch als pompstationhouders zich gaan specialiseren, of juist diverse brandstoffen blijven aanbieden?

Beschouwd zijn LPG, de vloeibare biobrandstoffen ethanol en biodiesel, aardgas (CNG), groen gas, waterstof en elektriciteit.

Op hoofdlijnen zijn de bevindingen als volgt.

- Op de korte termijn zijn CNG en biobrandstoffen het best inpasbaar, omdat zowel de brandstoffen als de voertuigen al op de markt zijn en de tank infrastructuur al in opbouw is. Vanuit het perspectief van de brandstofleveranciers heeft CNG de beste business case, dankzij de huidige lage accijns, ondanks relatief hoge investeringskosten voor een vulpunt. Na de recente accijnswijziging is het aanbieden van E85 ook winstgevend, bij een voldoende hoge utilisatiegraad en binnen de afzetverplichting voor biobrandstoffen.
- De opties die op de lange termijn voor sterke emissiereductie kunnen zorgen, elektriciteit en waterstof, vereisen investeringen in een nieuwe tankinfrastructuur, die deels door andere partijen uitgerold zal worden. De opbouw van een waterstof infrastructuur zal waarschijnlijk gaan via aanvoer van gecombineerd waterstof in gasflessen of vloeibaar per tankwagen. De uitrol van een oplaadinfrastructuur voor elektrisch vervoer vergt coördinatie van standaardisatie, communicatie, netverzwaring. Hoewel de kosten van elektrische laadpalen per laadpunt relatief laag zijn, zijn er veel nodig. Tenslotte is de belangrijkste marktbarrière voor de introductie van zowel waterstof als elektrisch rijden waarschijnlijk de beschikbaarheid en de betaalbaarheid van de voertuigen.
- Alternatieve brandstoffen concurreren met elkaar en met premium brandstoffen om de ruimte op het tankstation. Daarnaast vereisen gasvormige brandstoffen extra ruimte vanwege veiligheidsvoorzieningen. Deze vulpunten kunnen waarschijnlijk niet in stedelijke gebieden geplaatst worden. Ervaringen in Zweden geven aan dat een verplichting tot het aanbieden van een alternatieve brandstof leidt tot specialisatie richting de goedkoopste of aantrekkelijkste optie.
- De coördinerende rol van de overheid is belangrijk, omdat de infrastructuur voor de korte termijn opties niet bruikbaar is voor lange termijn opties, en een grote diversiteit ten koste kan gaan van kritische massa en rentabiliteit op lange termijn. Aandachtspunten bij het verder ontwikkelen van een beleidspakket voor alternatieve brandstoffen zijn het energiebelastingtarief van elektriciteit en waterstof, onduidelijkheden in het beleid voor groen gas, standaardisatie rond elektrische auto's, houdbaarheid van fiscale stimulansen na opschaling, en robuustheid van het beleid ten opzichte van fluctuerende energieprijzen.

## S.1 Inpassingsmogelijkheden huidige situatie

De drie belangrijkste voorwaarden voor een succesvolle introductie van een alternatieve brandstof zijn:

- Een netwerk van vulpunten met voldoende landelijke dekkingsgraad
- Voldoende business case uit het oogpunt van de brandstofleverancier.
- Voldoende financiële aantrekkelijkheid voor de consument.

### *Dekkingsgraad*

In deze studie wordt er vanuit gegaan dat een landelijk voldoende dekkend netwerk bestaat uit minstens 300 pompstations, dat is ongeveer een derde van alle tankstations langs het provinciale- en hoofdwegennet. Het huidige netwerk is voor geen enkele alternatieve brandstof landelijk voldoende dekkend. De TAB subsidie zorgt naar verwachting voor een toename van het aantal CNG en E85 pompstations in de komende jaren. Initieel is een compleet landelijk dekkend netwerk niet noodzakelijk voor CNG, E85 en (hybride) elektrisch vervoer omdat de voertuigen ook op benzine kunnen rijden (Bi-fuel, flex-fuel en plug-in hybrides).

Voor waterstof moet de hele keten nog opgezet worden. De opbouw van de infrastructuur zal waarschijnlijk gaan via aanvoer van gecombineerd waterstof in gasflessen of vloeibaar per tankwagen. Dit is flexibel en kan de kosten beperkt houden. Pas na 2020 is er eventueel sprake van aanleg van pijpleidingen, behalve wellicht in de Rijnmond waar nu al een waterstofnet aanwezig is. De belangrijkste marktbarrière voor de introductie van waterstof is de beschikbaarheid en de betaalbaarheid van brandstofcelvoertuigen, die op dit moment nog niet in massaproductie zijn.

De uitrol van een oplaadinfrastructuur voor elektrisch vervoer vergt coördinatie op diverse gebieden: standaardisatie, communicatie, netverzwaring, en zal waarschijnlijk gebeuren door andere actoren: netbeheerders en leveranciers van elektriciteit. Hoewel de kosten van elektrische laadpunten per laadpunt relatief laag zijn, zijn er veel nodig, wat de investeringskosten aanzienlijk kan opdrijven. Het is echter mogelijk de groei van de laadpunten te koppelen aan de groei van het aantal elektrische voertuigen, waardoor kosten en risico's gespreid kunnen worden.

### *Business case brandstofleveranciers*

Bruto winstmarges voor brandstofleveranciers zijn ingeschat door uit te gaan van de huidige (kale) verkoopprijzen, en die te vergelijken met de diverse kosten. Voor het bepalen van de minimale winstmarge per brandstof zijn twee situaties onderscheiden.

- 1) Additioneel: de alternatieve brandstof wordt aangeboden op een bestaand tankstation naast benzine en diesel. In dit geval wordt de rentabiliteit van LPG, waarvoor deze situatie nu geldt, als uitgangspunt genomen.
- 2) Zelfstandig: alleen de alternatieve brandstof wordt verkocht op het tankstation. Dit kan het geval zijn voor waterstof of elektriciteit. Het vulpunt moet dan even rendabel zijn als benzine of diesel.

De rentabiliteit wordt in beide gevallen uitgedrukt in het aantal benodigde voertuigen per vulpunt (minimale utilisatiegraad).

Vloeibare alternatieve brandstoffen, bioethanol en biodiesel, hebben de laagste infrastructurele investeringskosten en zijn relatief gemakkelijk in te passen in de bestaande infrastructuur. De grootste marktbarrière voor vloeibare biobrandstoffen wordt gevormd door de hoge productiekosten, wat leidt tot hoge pompprijzen. Per december 2009 is besloten een accijnscorrectie op ethanol toe te passen, met correctie voor de lagere energie-inhoud vergeleken met benzine. Door deze accijnsverlaging kan een kleine winstmarge door de brandstofleverancier behaald worden terwijl de meerkosten ten opzichte van benzine voor de consument beperkt blijven. Door de kleine winstmarge is wel een relatief hoge utilisatiegraad van de vulpunten noodzakelijk.

De gasvormige alternatieve brandstoffen, aardgas, groen gas en waterstof, hebben hoge infrastructuurkosten en zijn moeilijker in te passen in de bestaande infrastructuur. Toch is de brutowinstmarge voor CNG voldoende mits de utilisatiegraad hoog genoeg is. Het huidige aantal CNG voertuigen zorgt voor een voldoende utilisatie, echter bij een groei van de tankinfrastructuur moet het wagenpark ook meegroeien. Groen gas is duurder, hoewel de meerkosten sterk afhangen van de gekozen route (fysiek of via certificaten) en mogelijkheid om gebruik te maken van SDE-subsidie en/of biotickets. De utilisatiegraad voor de tankinfrastructuur van waterstof is momenteel nog nihil. Als waterstof geproduceerd wordt uit aardgas (stoomreforming) en bij een voldoende utilisatiegraad kan er naar verwachting brutowinst gemaakt worden. De onzekerheden over toekomstige kosten zijn groot, en sterk afhankelijk van de wijze waarop de waterstof geproduceerd en gedistribueerd wordt.

De uitrol van elektrische laadpalen gaat naar verwachting niet via de brandstofleveranciers. De winstmarge op elektriciteit is op dit moment te laag om interessant te zijn voor investeringspartijen. De lage utilisatiegraad per laadpaal is hier debet aan. De winstmarge voor de aanbieder van elektriciteit is afhankelijk van de gehanteerde schijf in het tarief voor de energieheffing. Dit is nog niet geregeld.

#### *Financiële aantrekkelijkheid uit het oogpunt van de consument*

Hoewel een CNG-voertuig duurder is in aanschaf, zijn deze meerkosten terug te verdienen doordat de brandstofkosten aanzienlijk lager zijn dan die van een vergelijkbaar benzine voertuig, dankzij de huidige lage accijns. De (beperkte) meerkosten van een E85 voertuig zijn echter niet terug te verdienen, doordat de brandstofkosten niet lager zijn dan die van een vergelijkbaar benzine voertuig. De marktbarrière voor de introductie van rijden op elektriciteit en waterstof ligt voornamelijk bij de beschikbaarheid, actieradius en meerkosten van het voertuig.

#### *Ruimtebeslag en veiligheid*

Alle alternatieven blijken meer ruimte te vergen dan benzine of diesel. Voor gasvormige brandstoffen is een compressor nodig, plus een kleine voorraad gas onder hoge druk. Voor E85 is een aparte opslagtank nodig vanwege het hygroscopische karakter van ethanol. Wellicht nog belangrijker is dat op bestaande pompstations alle vulpunten al vergeven zijn, deels voor premium brandstoffen met een aantrekkelijke winstmarge, en dat aan uitbreiding extra kosten verbonden zijn. Daarnaast vergen alle gasvormige brandstoffen extra veiligheidsmaatregelen. Mits deze maatregelen genomen zijn, zijn deze brandstoffen niet onveiliger dan LPG. Evenals bij LPG kan dit een reden zijn voor de vergunningverlener om het tanken van deze brandstoffen op sommige plaatsen niet toe te staan.

#### *Conclusie korte termijn*

Geconcludeerd wordt dat op de korte termijn CNG en biobrandstoffen het best inpasbaar zijn, omdat zowel de brandstoffen als de voertuigen al op de markt zijn en de tank infrastructuur deels al in opbouw is.

## S.2 Ervaringen en opinies

De desk studie is aangevuld met ervaringen uit het buitenland en interviews met actoren in de markt. De actoren verwachten dat de overheid een duidelijke lange termijn visie zal opstellen en dit met actief beleid zal ondersteunen. Uit de interviews is gebleken dat er geen gedeelde visie onder brandstofleveranciers is met betrekking tot het toekomstige alternatieve aanbod aan de pomp.

Als voorbeeld van mogelijke beleidsmaatregelen ter ondersteuning van alternatieve brandstoffen is het pakket beleidsmaatregelen besproken zoals in Zweden doorgevoerd. Initieel is in Zweden de aanschaf van flex fuel voertuigen sterk ondersteund, een paar jaar later gevolgd door een verplichting tot het aanbieden van alternatieve brandstoffen bij voldoende grote tankstati-



ons. Dit beleid heeft in Zweden geleid tot een sterke specialisatie richting ethanol (E85). De actoren in Nederland zijn geen voorstander van zo'n verplichting.

Uit de Zweedse ervaringen kan geconcludeerd worden dat het stimuleren van schone voertuigen vrij eenvoudig is, maar dat de milieuwinst verloren kan gaan als deze voertuigen ook op fossiele brandstof kunnen rijden, en deze goedkoper is als gevolg van fluctuaties in de (olie) prijs. Ook voor het flankerende beleid (privileges voor schone auto's) geldt dat het niet meer effectief is als er op te grote schaal gebruik van wordt gemaakt. Tenslotte is het opmerkelijk dat in Zweden, ondanks een subsidie voor CNG, er toch voornamelijk gekozen werd voor het installeren van biofuel vulpunten.

### S.3 Inpassingsmogelijkheden lange termijn

Aan de hand van marktpenetratie scenario's voor de vier belangrijkste groepen brandstoffen en technische mogelijkheden zijn de consequenties voor de infrastructuur en investeringskosten beschreven.

#### *Hoge blends biobrandstoffen*

Voor biobrandstoffen zijn er diverse invullingen denkbaar van hoge afzetverplichtingen. Niet alle invullingen stellen even vergaande eisen aan de tankinfrastructuur - zo zijn er voor de tweede generatie brandstof FT biodiesel geen aparte voertuigen of pompen nodig, en kan gehydrogeneerde plantaardige olie (HVO) tot 30% bijgemengd worden in dieselveertuigen. Aangezien FT biodiesel nog in de demonstratiefase is, zal waarschijnlijk E85, en wellicht ook B30 een grote rol spelen bij het halen van hoge doelstellingen. Dat kan alleen als de verkoop van flex-fuel ethanolvoertuigen gestimuleerd wordt, bijvoorbeeld via een Europese verplichting op alle nieuw verkochte voertuigen. HVO installaties worden al wel gebouwd, en geven een andere mogelijkheid om een hogere afzet van biobrandstoffen te realiseren. Merk op dat HVO hoofdzakelijk uit voedselgewassen (plantaardige olie) wordt geproduceerd waaraan mogelijk duurzaamheidsproblemen verbonden kunnen zijn, die grootschalige introductie nog in de weg kunnen staan.

#### *CNG en groen gas*

Voor CNG is uitrol van een landelijk dekkend netwerk van vulpunten mogelijk, omdat de business case goed is. Om die reden zijn er al diverse marktpartijen actief. Ruimte en veiligheid zijn wel aandachtspunten. Daarnaast is het vanwege de hogere aanschafprijs van CNG-voertuigen (bij lage accijns terugverdiend in ongeveer drie jaar door de lagere brandstofkosten) nog wel de vraag of er voldoende voertuigen op de weg komen. In het geval van groen gas liggen de winstmarges lager, sterk afhankelijk van subsidies. Daarnaast is er sprake van beperkte beschikbaarheid, en concurrentie met andere toepassingen van groen gas. Vanwege de hoge kosten van het installeren van een CNG-vulpunt, die vooral veroorzaakt worden door de compressor, is ook gekeken of het inzetten van LNG uit kosten oogpunt aantrekkelijk is. Op dit moment is dat niet het geval, omdat de benodigde cryogene opslagtanks en de aanvoer via tankwagens leiden tot extra kosten.

#### *Doorbraak van waterstof of elektriciteit*

Waterstof en elektriciteit vereisen nog forse investeringen in een compleet nieuwe tankinfrastructuur, die mogelijk ook door andere partijen uitgerold zal worden. Daarnaast betreft dit voertuigen met een andere aandrijving die op dit moment nog niet op de (massa) markt zijn, waardoor er nog sprake is van diverse onzekerheden in de gehele keten (brandstof, infrastructuur, voertuig). De voertuigen moeten met acceptabele eigenschappen en prijs voor de consument beschikbaar komen. Omdat het tijdstip hiervan niet bekend is, is het lastig om vooruitlopend hierop in een infrastructuur te investeren. Bij gebrek aan afzet is er vanuit mogelijke leveranciers ook geen goede prijsindicatie voor de brandstof.

### *Dekkingsgraad*

De minimale landelijke dekkingsgraad van 300 tankstations is voor alle beschouwde brandstoffen in principe haalbaar voor 2020. Alleen voor elektrisch vervoer is de situatie wezenlijk anders, omdat er een zeer groot aantal laadpalen nodig is, die op andere locaties (woon- en werkplek) geplaatst zullen worden. Voor snelladers of accuwisselstations is het wel voorstelbaar dat ze op pompstations geplaatst worden.

### *Conclusie inpassing lange termijn*

Op de korte termijn concurreren biobrandstoffen en CNG/groen gas om de ruimte bij pompstations. Op langere termijn kunnen de marktaandeelen van deze opties verder groeien. De opties die op de lange termijn voor sterke emissiereductie kunnen zorgen, elektriciteit en waterstof, zijn beide nog in de demonstratiefase, en vergen een infrastructuur die, zeker in het geval van elektriciteit, wezenlijk afwijkt van de huidige situatie.

## S.4 Aanbevelingen

Het opbouwen van een infrastructuur voor alternatieve brandstoffen, met het oog op lange termijn transitie, is typisch een taak waarbij de overheid een coördinerende en stimulerende rol kan vervullen. Het is een publieke verantwoordelijkheid om een nationale dekking te waarborgen. Bovendien kan de overheid lange termijn belangen, zoals klimaat, milieu, en voorzieningszekerheid meewegen. Aan de andere kant hebben marktpartijen meer informatie, prikkels tot kosteneffectiviteit en daarmee optimale prijsvorming. Daarom is er een afweging nodig in de mate van sturing die de overheid geeft. Dit is in de huidige situatie in de transportsector nog sterker het geval, aangezien de beschouwde alternatieve brandstoffen duidelijk in twee groepen uiteen vallen met het oog op de kortere termijn (biobrandstoffen, CNG, groen gas) en de langere termijn (elektriciteit en waterstof).

Binnen de onzekerheden van toekomstige technologieontwikkeling, is het aan te raden om een tankinfrastructuur op te bouwen in het kader van een bredere visie op lange termijn CO<sub>2</sub>-reductie in de transportsector. Uit de analyses blijkt dat het voor alle beschouwde brandstoffen mogelijk is om een minimale landelijke dekking in 2020 op te bouwen, maar als er te veel verschillende brandstoffen naast elkaar aangeboden worden, kan de kritische massa ontbreken, die nodig is om de investeringen binnen een redelijke termijn terug te verdienen. Voor zowel waterstof als elektriciteit is een flexibele opbouw mogelijk, respectievelijk door distributie via tankwagens en door de groei van de laadpunten te koppelen aan de groei van het aantal elektrische voertuigen. Hierdoor kunnen investeringkosten en risico's meer gespreid worden, en is een parallelle uitrol van beide opties voor een bepaalde periode denkbaar. De rol van hybride of bifuel voertuigen kan cruciaal zijn in de overgangperiode tot landelijke dekking.

De studie heeft verscheidene korte termijn knelpunten aan het licht gebracht, die aandacht verdienen bij het verder ontwikkelen van een beleidspakket voor alternatieve brandstoffen, zoals het energiebelastingtarief van elektriciteit en waterstof, onduidelijkheden in het beleidspakket voor groen gas, standaardisatie rond elektrische auto's. Daarnaast, zijn op lange termijn de accijnsvoordelen, die sommige alternatieve brandstoffen nu aantrekkelijk maken, waarschijnlijk niet houdbaar. Tot slot is het van belang om aandacht te besteden aan de robuustheid van het beleid. Fluctuerende olie-, gas- en elektriciteitsprijzen (en SDE vergoeding) kunnen leiden tot onder- en overstimulering. Eventueel kan, conform de SDE-systematiek, prijscompensatie ingebouwd worden.

# 1 Inleiding

In het kader van de voorbereidingen voor de Nota Verkeersemisies heeft het Ministerie van VROM behoefte aan een verkenning van de inpasbaarheid van alternatieve brandstoffen in de tankinfrastructuur. Het gaat daarbij zowel om een verkenning van de huidige situatie, als om het lange termijn perspectief. In deze studie zijn de marktbarrières voor de introductie van alternatieve brandstoffen in de distributie- en tankinfrastructuur geëvalueerd, waarbij voornamelijk naar economische aspecten is gekeken, vanuit het perspectief van de zowel brandstofleverancier als de consument. Daarnaast is globaal bekeken wat de consequenties van ruimtebeslag en veiligheidseisen zijn voor de plaatsing van additionele vulpunten. De onderzoeksvragen waren:

- Wat zijn de inpassingmogelijkheden van de distributie- en tankinfrastructuur van alternatieve brandstoffen met kosten, veiligheid en ruimtebeslag als beperkende factoren?
- Uitgaande van een verplichting als beleidsinstrument: is het logisch als pompstationhouders zich gaan specialiseren, of juist diverse brandstoffen blijven aanbieden?

Beschouwd zijn LPG, de vloeibare biobrandstoffen ethanol en biodiesel, aardgas (CNG), groen gas, waterstof en elektriciteit.

## *Achtergrond: opties voor verminderen CO<sub>2</sub>-uitstoot door het verkeer*

Op de korte termijn zullen technieken zoals hybridisatie, ‘engine downsizing’, ‘lean burn technology’, gewichtsvermindering en optimalisatie van de rol- en luchtweerstand bijdragen aan het verminderen van de CO<sub>2</sub>-uitstoot door het verkeer. Deze technieken zullen voertuigen met conventionele verbrandingsmotoren aanzienlijk zuiniger maken. De EU heeft autoproducenten verplicht de gemiddelde CO<sub>2</sub>-uitstoot van de nieuw verkochte personenwagens in Europa te laten dalen tot 130 gram/km in 2015. Voor 2020 is een doel van 95 gram/kilometer voorgesteld. Deze doelstellingen zijn te halen met bovenstaande verbeteringen aan de voertuigen met conventionele verbrandingsmotoren (Sharpe et al, 2009). Daarnaast zal de inzet van (veelal hernieuwbare) alternatieve brandstoffen met lagere ketenemissies zoals bioethanol, biodiesel of groen gas, bijdragen aan verdere CO<sub>2</sub>-emissiereducties van voertuigen met een verbrandingsmotor. Hierdoor wordt ook de afhankelijkheid van eindige fossiele brandstoffen verlaagd. De EU heeft met de Richtlijn Hernieuwbare Energie (2009/28/EG) verplicht dat in 2020 de inzet van hernieuwbare energie in de transportsector een aandeel heeft van 10% van het energieverbruik van de (weg)transportsector. Daarnaast heeft de EU in de Richtlijn Brandstofkwaliteit (2009/30/EG) de brandstofleveranciers verplicht om in 2020 de gemiddelde CO<sub>2</sub>-uitstoot over de keten voor fossiele brandstoffen in de transportsector en mobiele werktuigen te reduceren met 6% ten opzichte van het gebruik van pure fossiele brandstoffen. Hierbij is de verwachting dat dit voornamelijk gerealiseerd zal worden door de bijmenging van biobrandstoffen.

De lange termijn doelstelling om opwarming van de aarde te beperken tot maximaal 2 graden, vergt diepgaande reducties (Hoen et al, 2009) die op basis van de verwachte toenemende mobiliteitsbehoefte voor de transportsector onmogelijk te halen zijn met alleen sterk verbeterde verbrandingsmotoren en alternatieve brandstoffen. Op middellange termijn zullen alternatieve aandrijftechnologieën met zeer lage (potentiële) ketenemissies zoals Batterij Elektrische Voertuigen (BEV) en waterstofelektrische voertuigen nodig zijn. In (Hanschke et al, 2009) zijn diverse scenario’s beschreven waaruit blijkt dat deze technologieën voor 2020 nog geen substantiële rol zullen spelen, maar daarna, mits gecombineerd met van CO<sub>2</sub> arme productie van elektriciteit of waterstof, grote emissiereducties kunnen opleveren.

## *Introductie alternatieve brandstoffen op tankstations*

De marktbarrières voor de introductie van alternatieve brandstoffen zijn de kosten en beschikbaarheid van voertuigen aan de ene kant en de kosten en beschikbaarheid van vulstations voor de desbetreffende brandstof aan de andere kant. Uit economisch oogpunt verlangt de autofabri-

kant de beschikbaarheid van vulstations voordat tot grootschalige productie van het voertuig overgegaan zal worden. Echter de brandstofleverancier zal een voldoende groot wagenpark verlangen om zijn afzet te kunnen garanderen voordat tot investering overgegaan zal worden. Om deze impasse te kunnen doorbreken, heeft de overheid een subsidieregeling opgezet, de zogenaamde TAB-regeling, Tankstations Alternatieve Brandstoffen. Ook worden andere beleidsmaatregelen om het alternatieve aanbod aan de pomp te verbreden overwogen.

### *Leeswijzer*

Hoofdstuk 2 start met een discussie over de benodigde dekkingsgraad van vulpunten voor alternatieve brandstoffen over heel Nederland. Vervolgens wordt ingegaan op de business case van tankstationhouders en de rentabiliteitscriteria van alternatieve brandstoffen. In Paragraaf 2.2 wordt de referentiesituatie voor de huidige brandstoffen, benzine, diesel en LPG beschreven, waarbij gekeken wordt naar de verkoopvolumes, winstmarges op de brandstoffen, aantal voertuigen per brandstofsoort, de veiligheidsaspecten van de brandstofsoort en het ruimtebeslag bij de tankstations. Vervolgens worden deze aspecten besproken voor vloeibare biobrandstoffen in Paragraaf 2.4, aardgas en groen gas in Paragraaf 2.5, waterstof in Paragraaf 2.6 en elektriciteit in Paragraaf 2.7. Tot slot wordt een overzicht gegeven voor alle behandelde alternatieve brandstoffen. In Hoofdstuk 3 wordt het perspectief van relevante actoren besproken, en worden de ervaringen in Zweden, waar al sinds midden jaren negentig een stimulerend beleid wordt gevoerd ten aanzien van alternatieve brandstoffen, besproken en geëvalueerd. In Hoofdstuk 4 wordt het lange termijn perspectief van de bovengenoemde biobrandstoffen behandeld. Na een beschrijving van de gehanteerde scenario's wordt in Paragraaf 4.2 ingegaan op de mogelijke routes naar een hoge afzet van vloeibare biobrandstoffen, aantallen flex-fuel voertuigen die hiervoor nodig zijn en de kosten voor de benodigde infrastructuur. Ook zal ingegaan worden op het ruimtebeslag van deze vulpunten bij de tankstations. Paragraaf 4.3 behandelt het lange termijn perspectief van aardgas en groen gas, waarbij ook de mogelijkheid van het gebruik van LNG en LCNG besproken zullen worden. De Paragrafen 4.4 en 4.5 behandelen het lange termijn perspectief van waterstof en elektriciteit. Hoofdstuk 5 bevat de conclusies en aanbevelingen.

## 2 Marktbarrières voor alternatieve brandstoffen

### 2.1 Overzicht belangrijkste barrières

Voordat op de diverse brandstoffen ingegaan wordt, worden in deze paragraaf eerst een drietal belangrijke barrières bekeken. Voordat consumenten op grote schaal voertuigen op alternatieve brandstoffen aan gaan schaffen, moet er een tankinfrastructuur zijn. Voor de eigenaren van de tankstations kan het opnemen van een nieuwe brandstof in hun verkoop pakket op financiële of andere barrières stuiten. Als er voldoende tankmogelijkheden zijn, moet de alternatieve brandstof voor de consument daarnaast ook nog financieel voldoende aantrekkelijk zijn.

#### 2.1.1 Beschikbaarheid tankinfrastructuur - Nationale dekkinggraad

Een belangrijke voorwaarde voor een succesvolle introductie van alternatieve brandstoffen is de beschikbaarheid van voldoende tankstations die de alternatieve brandstof aanbieden en hun ruimtelijke verdeling over Nederland. In deze paragraaf wordt bekeken om hoeveel tankstations het zou kunnen gaan. Er is op twee manieren geschat: op basis van een minimumpercentage van het aantal stations en op basis van een maximum afstand naar een station. Dit geeft een marge van 300-400 stations, en wordt hieronder verder toegelicht.

In 2007 waren er in Nederland 4.243 tankstations waar benzine en diesel verkocht werden, waarvan 194 op het hoofdwegennet (HWN) en ongeveer 725 langs de provinciale wegen (Schijndel et al, 2009). Uit studies naar de benodigde tankinfrastructuur, zoals THRIVE (Weeda, 2009) kan een relatie tussen het aantal voertuigen en het benodigde aantal tankstations voor een landelijke dekking afgeleid worden, zie Tabel 2.1. Hierbij is uitgegaan van een regionale uitrol, die voor waterstof in de Randstad begint vanwege het daar al aanwezige waterstofnetwerk.

Tabel 2.1 *Benodigde tankinfrastructuur bij een regionale uitrol voor waterstof vanuit de Randstad*

Aantal voertuigen	Aantal tankstations
3.500	20
40.000	91
147.000	371

De eerste 20 tankstations zijn gepositioneerd in de Randstad, zodat de genoemde 20 tankstations alleen regionaal in de Randstad een dekkend netwerk vormen. Uit deze analyse volgt dat een landelijk dekkend netwerk bestaat uit ongeveer 370 tankstations, die strategisch verdeeld zijn over Nederland.

Hoewel het niet geheel duidelijk is wat onder een 'voldoende' dekkinggraad verstaan wordt, wordt er in het algemeen van uitgegaan dat 10% tot 20% van de bestaande tankstations de alternatieve brandstof moeten aanbieden (TNS NIPO, 2009). Indien dit percentage toegepast wordt op alle tankstations langs de provinciale wegen en het hoofdwegennet (in Nederland ongeveer 920), dan komt 20% overeen met 184 tankstations, verdeeld langs het provinciale wegennet. TNS-NIPO onderzoek laat zien dat 44% van de consumenten zal overstappen wanneer elk derde tankstation de alternatieve brandstof aanbiedt (TNS NIPO, 2009). Dat komt in Nederland neer op 300 tankstations langs de provinciale wegen en het hoofdwegennet. Indien de voorwaarde gesteld wordt dat iedereen binnen een straal van ongeveer 5 tot 7 kilometer moet kunnen tanken vanaf zijn woonplaats, komt dat neer op de beschikbaarheid van 1 tankstation per 100 km<sup>2</sup>, hiervoor zijn in Nederland ongeveer 400 tankstations nodig. Op basis van bovenstaande discussie schatten we in dat het aantal tankstations langs het hoofdwegennet en provinciale wegen dat

de alternatieve brandstof aan moet bieden tussen de 300 en 400 moet liggen om van een voldoende landelijke dekking te kunnen spreken. Door de introductie van GPS navigatiesystemen met daarin de locaties van de pompstations kan dit aantal mogelijk lager zijn. In dit rapport houden we de ondergrens van 300 tankstations aan.

In principe kan de penetratie al bij minder tankstations beginnen, bijvoorbeeld via regionale uitrol, of via fleetowners, waar de voertuigen in een beperkt gebied rond enkele tankpunten rondrijden, of via flex- en bi-fuel voertuigen, zoals LPG-, CNG- en plug-in hybride auto's, die zowel op een nieuwe als op een conventionele brandstof kunnen rijden. Doordat deze voertuigen ook op conventionele brandstoffen kunnen rijden zijn er geen beperkingen om naar gebieden of landen te gaan waar deze alternatieve brandstofsoort nog niet wordt aangeboden.

### 2.1.2 Hoge investering tankinfrastructuur - Break-even voor pomphouder

De rentabiliteit van een tankstation wordt bepaald door de volgende factoren:

- Het aantal aangeboden brandstoffen.
- De aanwezigheid van een winkel.
- Het aantal voertuigen dat komt tanken en de detailhandelsmarge op de brandstoffen.

Er is een verschil in kostenstructuur voor tankstations langs het hoofdwegennet en langs het onderliggend wegennet. Stations op het hoofdwegennet zijn meestal 24 uur per dag open en hebben hierdoor hogere veiligheidseisen. Ook bieden ze meestal alle typen brandstof (premium) aan en worden deze locaties geveild<sup>1</sup>. Hierdoor ligt de prijs van de brandstoffen langs het hoofdwegennet hoger dan langs het onderliggend wegennet. In deze studie worden de brandstofprijzen gehanteerd zoals gerekend langs het hoofdwegennet in het voorjaar van 2009.

De rentabiliteit van de alternatieve brandstof vanuit het oogpunt van zowel de pomphouders als de brandstofproducenten wordt bepaald aan de hand van twee parameters:

- Het aantal voertuigen per brandstofsoort, zie Tabel 2.2.
- De winstmarge per verkochte eenheid brandstof.

#### *Aantal voertuigen per tankstation*

Het aantal voertuigen per tankstation is berekend door het totaal aantal aanwezige voertuigen te delen op het aantal aanwezige tankstations. Dit is een maat voor de utilisatiegraad. Het aantal benzinevoertuigen per tankstation is ongeveer 1.424 en het aantal dieselvoertuigen per tankstation is ongeveer 495. Het aantal LPG-voertuigen per tankstation dat LPG aanbiedt is ongeveer 128. Het aantal voertuigen wat komt tanken zal hoger liggen voor een groot tankstation langs de snelweg dan voor een klein tankstation in de bebouwde kom. Echter zullen er langs het hoofdwegennet meer relatief grote voertuigen komen tanken dan bij de kleinere tankstations in de bebouwde kom omdat langs het hoofdwegennet relatief grotere auto's rijden dan in de stad. In dit rapport wordt echter uitgegaan van het landelijk gemiddelde.

---

<sup>1</sup> Sinds 2005 worden locaties langs het hoofdwegennet geveild. De koper krijgt voor 15 jaar het recht om op die locatie brandstoffen te verkopen en installaties en gebouwen te plaatsen. Voor wat reeds aanwezig is moet een vergoeding worden betaald en na afloop van de 15 jaar wordt via taxatie de restwaarde bepaald en vergoed bij overgang naar een nieuwe eigenaar. De verwachte winst (het verkoopvolume) drijft de veilingprijs op. Boven op de normale kosten moet op deze locaties in 15 jaar ook de veilingprijs worden terugverdiend (Domeinen, 2009).

Tabel 2.2 *Aantallen lichte voertuigen per brandstofsoort (CBS, 2008)*

Brandstofsoort	Personenauto's	Bestelauto's	Totaal	Tankstations	Voertuigen per vulpunt
Benzine	6.000.000	30.000	6.000.000	4.243	1424
Diesel	1.300.000	800.000	2.100.000	4.243	495
LPG	230.000	16.000	246.000	1.933	128
Aardgas	316	500	816	27	32

#### *Winstmarge per verkochte brandstof*

Voor het bepalen van de benodigde winstmarge per brandstof worden twee situaties onderscheiden.

- 1) *Additioneel*. In deze situatie wordt er vanuit gegaan dat de alternatieve brandstof aangeboden wordt op een bestaand tankstation naast benzine en diesel. In dit geval wordt de rentabiliteit van LPG, waarvoor deze situatie nu al geldt, als uitgangspunt genomen. Het vulpunt voor de alternatieve brandstof moet dus even rendabel zijn als een LPG vulpunt.
- 2) *Zelfstandig*. In deze situatie is het uitgangspunt dat alleen de alternatieve brandstof zal worden verkocht op het tankstation. Dit kan het geval zijn voor waterstof of elektriciteit. Het vulpunt moet dus even rendabel zijn als een benzine of diesel vulpunt.

De rentabiliteit wordt in beide gevallen uitgedrukt in het aantal benodigde voertuigen per vulpunt (minimale utilisatiegraad). In het geval dat de alternatieve brandstof additioneel wordt aangeboden wordt het aantal voertuigen berekend door uit te gaan van 128 LPG voertuigen per tankstation. Dit aantal wordt dan gecorrigeerd voor de winstmarge op de brandstof en het specifieke verbruik van het voertuig. Aangenomen is dat de huidige tankstations één vulpunt per tankstation hebben voor LPG, dit vulpunt kan wel twee dispensers hebben.

De specifieke verbruiken van de voertuigen die bij deze berekeningen gebruikt zijn staan in Tabel 2.3. Bij de berekeningen in dit rapport wordt er verder vanuit gegaan dat het voertuig dat de alternatieve brandstof gebruikt evenveel kilometers aflegt als het voertuig dat het vervangt. Het vrachtverkeer speelt geen rol in dit scenario omdat er vanuit wordt gegaan dat deze nog gewoon blijven tanken bij het tankstation.

In de situatie waarin er een zelfstandig tankstation geopend wordt voor een alternatieve brandstof zal uitgegaan worden van 1.919 aanwezige voertuigen per tankstation, dit is de som van het huidige aantal diesel en benzine voertuigen. De winstmarge is berekend door de afzonderlijke winstmarges te wegen met de verkoopvolumes. Dit levert een winstmarge van € 0,038 per liter op. Voor tankstations waar alleen de alternatieve brandstof verkocht wordt zou gecorrigeerd moeten worden voor het vrachtverkeer, wat bij andere tankstations wel een bijdrage kan leveren aan de omzet. Echter ongeveer 75% van de tankstations heeft geen opstelplaats voor vrachtwagens. Alleen de grote tankstations langs het hoofdwegennet hebben opstelplaatsen voor vrachtverkeer en deze zullen waarschijnlijk de alternatieve brandstof alleen additioneel aanbieden.

De brutowinst voor de brandstofleverancier in euro per kilometer wordt voor de verschillende brandstoffen afgeleid in de volgende paragrafen. Vermeldenswaardig is nog wel dat voordat de winst (of verlies) voor de eigenaar van het tankstation bepaald kan worden, zaken als personeelkosten, afschrijvingen, huur, niet brandstof gerelateerde energiekosten, verzekeringen etc. nog verrekend moeten worden. Het aantal personenvoertuigen per vulpunt voor benzine, diesel en LPG is berekend aan de hand van de huidige situatie, de andere brandstoffen zijn geschaald met LPG.

Tabel 2.3 *Uitgangspunten per brandstofsoort voor lichte voertuigen*

Brandstof/ eenheid	Energie per eenheid [MJ]	Verbruik [MJ/km]
Benzine /l	34,06	2,21
Diesel /l	36,74	2,02
LPG /kg	24,91	2,12
E85 /l	23,00	2,21
B100 /l	33,07	2,02
CNG /kg	38,00	2,09
Groen gas /kg	38,00	2,09
CGH <sub>2</sub> /kg	143,0	1,20
Elektrisch /kW	0,28	0,71

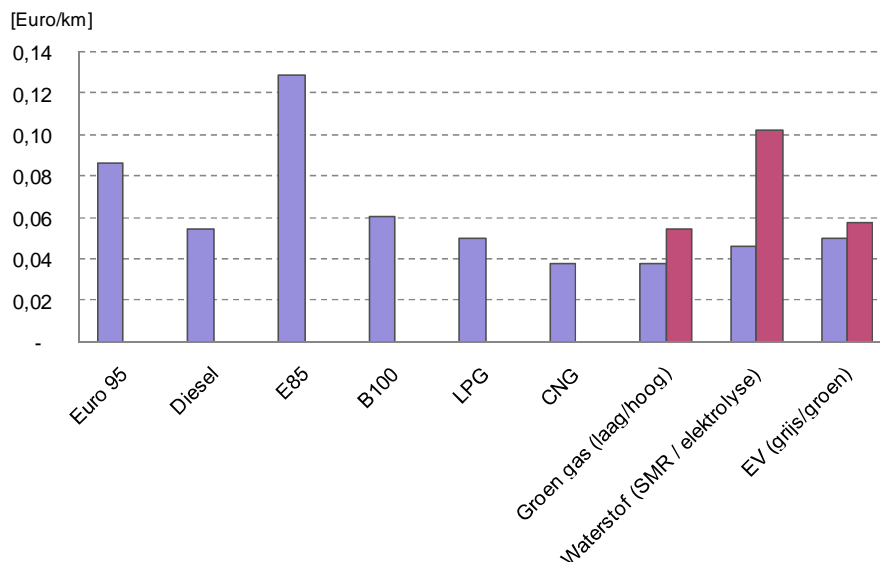
De investeringskosten van het vulpunt kunnen dus alleen terugverdiend worden als het product van het aantal voertuigen per tankstation en de brutowinst per kilometer voldoende hoog is. Echter, aardgas- en LPG-vulpunten zijn meestal geen eigendom van de tankstationhouder, maar van een investeringspartij. De tankstationhouder krijgt een van te voren afgesproken prijs voor iedere eenheid verkochte aardgas of LPG, waardoor het risico ligt bij de investeringspartij. Als een investeringsmaatschappij de tankstationhouder een vaste prijs aanbiedt per eenheid verkochte alternatieve brandstof zal het aanloopverlies hoger kunnen liggen en zijn er meer voertuigen per tankstation noodzakelijk of zal het langer duren voordat er winst gemaakt kan worden. Uitzonderingen vormen waterstof en elektriciteit, de aanloopverliezen zullen voor deze twee brandstoffen aanzienlijk zijn omdat er nu nog bijna geen voertuigen zijn. Hierdoor zijn hoge winstmarges noodzakelijk om te compenseren voor de initiële hoge onderutilisatie.

### 2.1.3 Beschikbaarheid en kosten voertuigen - Break-even voor de consument

De rentabiliteit vanuit het oogpunt van de consument wordt bepaald door de brandstofkosten per kilometer te berekenen. Daarnaast moeten de eventuele meerkosten van het voertuig terugverdiend kunnen worden door een eventuele lagere brandstofprijs. Indirect is dit ook van belang voor de brandstofleveranciers. Zolang er geen klanten zijn voor de alternatieve brandstof wordt deze ook niet aangeboden. Vanzelfsprekend is niet alleen de beschikbaarheid van een brandstof van belang, maar moeten er ook voertuigen te koop zijn die hier op kunnen rijden; waar dit relevant is komt dit terug bij de paragraaf per brandstof.

Figuur 2.1 geeft een overzicht van de brandstofprijzen die relevant zijn voor de consument. Omdat het prijs per afgelegde kilometer is weergegeven, wordt rekening gehouden met de verschillen in efficiency tussen de verschillende voertuigen. De achterliggende aannames worden kort vermeld onder de figuur en verder toegelicht in Paragraaf 2.3 - 2.7. Het verbruik per brandstofsoort is berekend aan de hand van de top 50 van meest verkochte auto's tussen 2000 en 2007 in Nederland. Het zullen vooral de kosten per kilometer zijn, in combinatie met de aanschaf- of ombouwkosten van het voertuig, waardoor de consument zijn keuze voor een brandstofsoort zal maken.





Figuur 2.1 *Brandstofkosten voor de consument in euro per kilometer; inclusief accijns en BTW*

Bronnen: BOVAG, maart 2009 en European Centre of Mobility Documentation, eigen afleiding.

Aannames:

- Voor zowel Euro 95 als diesel is uitgegaan van 3,75% biobrandstoffen op energiebasis.
- De pompprijs van vloeibare biobrandstoffen is gecorrigeerd voor de bioticketprijs, er is dus vanuit gegaan dat B100 en E85 alleen worden verkocht binnen de afzetverplichting.
- In de prijs van E85 (uit 2009) is dezelfde accijns gehanteerd als voor benzine. In 2010 is er een correctie ingevoerd voor de lagere energie-inhoud van ethanol.
- Voor groen gas is een lage en een hoge pompprijs gehanteerd. De lage prijs is gelijk aan die van CNG, terwijl de hoge prijs in maart 2009 werd gehanteerd.
- De lage prijs voor waterstof is gebaseerd op productie uit aardgas via stoom reforming, terwijl de hoge prijs gebaseerd is op electrolyse.
- Voor elektriciteit is uitgegaan van kleinverbruikerstarief plus netwerk kosten. Als bovenschatting is de prijs van groene stroom uit windenergie gehanteerd.

## 2.2 Referentie: Benzine en diesel

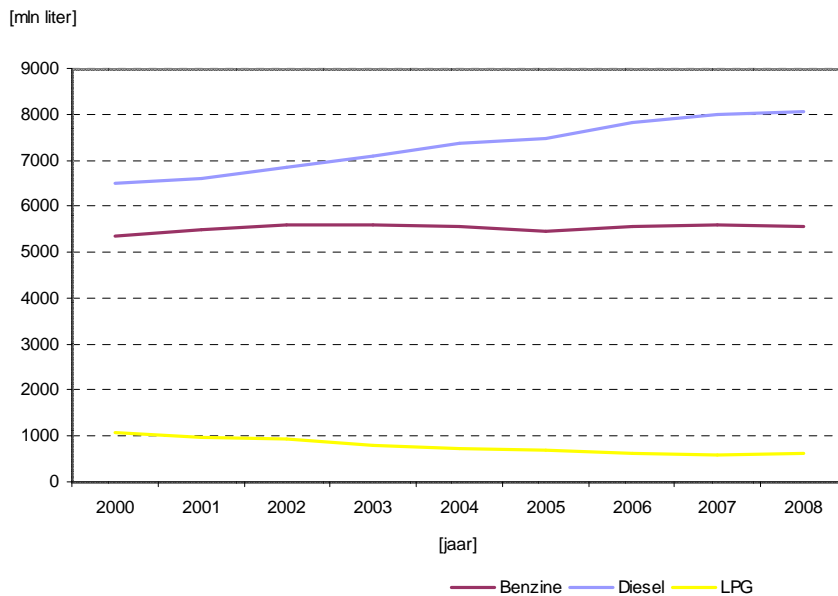
In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de huidige opbouw van de tankinfrastructuur voor benzine en diesel. Vervolgens wordt de kostenstructuur gepresenteerd, waarna een overzicht volgt van veiligheidsaspecten en ruimtebeslag.

In de volgende paragrafen zal voor de verschillende alternatieve brandstoffen dezelfde opbouw gehanteerd worden.

### 2.2.1 Huidige situatie en mogelijke ontwikkeling

De meeste tankstations hebben ten minste één pompeiland met twee opstelplekken, zie Tabel 2.5. Meestal heeft een pompeiland vier vulpunten waarvan er twee gebruikt worden voor Euro95 benzine en ‘gewone’ diesel. De huidige trend is dat de overige twee vulpunten gebruikt worden voor de zogenaamde ‘premium’ brandstoffen, met een hoger octaan/cetaan getal.

De afzetmarkt van deze premium brandstoffen bestaat uit het oudere voertuigpark met voertuigen die nog brandstoffen met een hoger octaan/cetaan getal nodig hebben en uit de meer ‘sportieve’ moderne voertuigen. In Hoofdstuk 4 zal verder in gegaan worden op de markt voor premium brandstoffen. Figuur 2.2 toont de brandstofverkoop in Nederland sinds het jaar 2000 in miljoenen liters.



Figuur 2.2 *Brandstofverkoop in Nederland*

Bron: CBS, 2008.

### *Verwachte wijze van productie/aanvoer/opslag*

Het ligt in de verwachting dat de huidige wijze van productie, aanvoer en opslag in de nabije toekomst voorgezet zal worden. Nederland heeft zes raffinaderijen, waarvan er vijf in de regio Rotterdam staan en één dichtbij Vlissingen. Grofweg kan gesteld worden dat de tankstations in de Randstad rechtstreeks bevoorraad worden vanuit de depots van de raffinaderijen. De tankstations buiten de Randstad krijgen hun brandstof via een regionaal depot aangeleverd. Er zijn in Nederland ongeveer 25 dephouders van brandstof. Om de distributiekosten zo laag mogelijk te houden maken oliemaatschappijen gebruik van elkaars depot (Schijndel et al, 2009).

## 2.2.2 Kosten

### *Installatie: investering en onderhoud*

Er zijn geen precieze kosten gevonden van één vulpunt voor benzine en diesel. Een groot be-  
mand tankstation inclusief winkel, overkapping en LPG kost ongeveer € 2,5 miljoen. Een rela-  
tief klein tankstation dat alleen benzine en diesel aanbiedt kost ongeveer € 500 duizend. De op-  
slagtanks, leidingen en vulpunten maken dan ook maar een deel van de kosten van het hele  
tankstation uit. Indien bij andere brandstoffen over de kosten van een tankstation gesproken  
wordt, gaat het over de extra kosten van een additioneel tankpunt bij een bestaand tankstation.

### *Transport van de brandstof*

Het huidige transport vindt plaats met tankwagens. De distributiekosten liggen rond de € 0,068  
per liter, zie Tabel 2.4.

### *Brandstofkosten*

De brandstofprijs is samengesteld uit de productiekosten, accijns en BTW, transportkosten en de  
brutowinstmarges van het tankstation en de oliemaatschappij.

### *Aandeel biobrandstofkosten/biotickets in benzine en diesel*

In Nederland zijn leveranciers van benzine en diesel verplicht om een deel biobrandstoffen bij te mengen. De afzetverplichting van 2009, waar in dit rapport mee gewerkt is, 3,75% (in 2010 is dit 4%). De 3,75% is op energiebasis en komt overeen met een volume bijmenging van 4,5% voor ethanol bij benzine en 4,2% biodiesel bij diesel. In plaats van zelf alles bij te mengen, kan een leverancier ook via biotickets volume inkopen van anderen die een hoger percentage hebben bijgemengd of 'pure' biobrandstof verkopen. De prijs van een bioticket is theoretisch gelijk aan de meerkosten aan biobrandstoffen die nodig zijn voor het op de markt brengen van 1 m<sup>3</sup> benzine of diesel. De bioticketprijs houdt dan ook verband met de marktprijs van de betreffende biobrandstof in vergelijking met benzine en diesel; met een correctie voor de energie-inhoud<sup>2</sup>.

Biotickets worden verhandeld, waardoor de prijs kan variëren. De prijs van een bioticket is echter geen openbare informatie. Een bioticket voor bioethanol kostte in september 2008 ongeveer € 14 per m<sup>3</sup> benzine en voor biodiesel ongeveer € 13 per m<sup>3</sup> diesel (Buck, 2009). In februari 2009 kostte een bioticket € 16 tot 17 per m<sup>3</sup> benzine. Een bioticketprijs van € 17 per m<sup>3</sup> benzine komt overeen met een prijs van ongeveer € 14 per GJ ethanol. De aankoopprijs van bioethanol en biodiesel die volgt uit deze bioticketprijs is gegeven in Tabel 2.7.

In Tabel 2.4 is op basis van deze bioticketkosten een schatting van de samenstelling van de benzine en diesel pompprijs gemaakt voor maart 2009. Volgens het Oil Bulletin van de Europese Commissie waren de kale brandstofprijzen in maart 2009 voor benzine € 0,36 per liter; dit is goed vergelijkbaar met de som van de productieprijs en distributiekosten van BOVAG, zie Tabel 2.4 (Schijndel et al, 2009).

Tabel 2.4 *Samenstelling brandstofprijzen*

Maart 2009	Euro95 [€/liter]	Diesel [€/liter]	LPG [€/liter]
Prijs	1,330	0,995	0,584
Productieprijs	0,282	0,301	0,303
<i>waarvan biobrandstof/bioticketkosten</i>	0,016	0,015	
Distributiekosten	0,068	0,068	0,068
Brutowinst Oliemaatschappij	0,014	0,014	0,014
Brutowinst tankstation	0,048	0,035	0,035
Accijns en heffingen	0,706	0,419	0,071
BTW	0,212	0,159	0,093

Bron: BOVAG, Schijndel et al, 2009.

### *Meerkosten en beschikbaarheid voertuigen*

Voertuigen met een interne verbrandingsmotor die benzine of diesel verbruiken zijn ruimschoots beschikbaar. Voor de vergelijking van aanschafprijzen wordt het benzinevoertuig als referentie beschouwd. De meerkosten van een dieselvoertuig zijn € 2.500 tot € 3.500 inclusief Belasting van Personenauto's en Motorrijwielen (BPM). Deze meerkosten zijn geschat aan de hand van de huidige catalogusprijzen van benzine en diesel voertuigen in hetzelfde marktsegment. De wegenbelasting voor een dieselvoertuig is ongeveer 2,2 maal hoger dan de wegenbelasting voor een vergelijkbare benzinevoertuig.

## 2.2.3 Veiligheid en ruimtebeslag

Een overzicht van enkele parameters van belang voor de veiligheid per brandstofsoort is gegeven in Tabel 2.9. Hier zal eerst een korte beschrijving gegeven worden van enkele veiligheids-

<sup>2</sup> Daarnaast zijn er naast de gebruikelijke factoren op een markt als krapte, overschotten en winstmarge ook nog andere factoren die de prijs beïnvloeden. Het gaat hierbij bijvoorbeeld om de bijdrage van de biobrandstof aan de kwaliteitseigenschappen van de brandstof en eventuele extra afzetkosten voor de brandstof met hogere biobrandstofgehaltes.

aspecten van benzine en diesel. Benzinedamp laat zich met een kleine vonk aansteken en is dan ook explosief. De benzine zelf is brandbaar. Omdat diesel een lagere dampspanning heeft is het ten opzichte van benzine veiliger. Tankstations vallen onder het Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen (BEVI) van 27 oktober 2004 en moeten dus aan een milieuvergunning voldoen. In dit besluit wordt onder andere bepaald wat een veilige afstand is tussen een woonwijk en het tankstation, gebaseerd op de brandstoffen die worden verkocht. Op 13 februari 2009 zijn enkele wijzigingen, onder andere in veilige afstanden, van kracht geworden op de BEVI. Op 1 januari 2009 is voor tankstations zonder LPG het Activiteitenbesluit Tankstation van kracht geworden. Dit besluit heeft de AMVB Tankstations Milieubeheer vervangen. Echter, inhoudelijk is er niet veel veranderd (Schijndel et al, 2009).

Het ruimtebeslag van een tankstation wordt bepaald door de volgende factoren.

- Het aantal brandstoffen wat aangeboden wordt.
- De aanwezigheid van een winkel.
- Het aantal voertuigen wat komt tanken, het aantal opstelplaatsen.
- Op- en afritten en eventueel extra parkeerplaatsen.

In Tabel 2.5 worden het aantal tankstations gerelateerd aan het aantal opstelplaatsen per brandstofsoort.

Tabel 2.5 *Aantal opstelplaatsen per tankstation*

Opstelplaatsen	Benzine en diesel vulpunt	LPG vulpunt	Vrachtwagen vulpunt
1	111	222	322
2	657	1.458	528
3	261	29	84
4	1.619	201	84
5	194	3	18
6	830	12	29
7	64	2	4
8	263	5	8
9	13	0	0
10+	138	1	7
Geen*	93	2.310	3.159
Totaal aantal tankstations	4.243	4.243	4.243

\* Aantal tankstations dat geen benzine-, diesel-, lpg- of vrachtwagenpomp heeft.

Bron: BOVAG.

Uit Tabel 2.5 blijkt dat er 93 tankstations zijn die geen benzine of diesel verkopen, er 2.310 tankstations zijn die geen LPG verkopen en dat er 3.159 tankstations zijn die geen opstelplaats hebben voor vrachtwagens. Over het algemeen heeft een tankstation één pompeiland met 4 vulpunten per 2 opstelplaatsen. Uit Tabel 2.5 volgt dat meer dan 70% van de tankstations meer dan één pompeiland heeft.

## 2.3 LPG

### 2.3.1 Huidige situatie en mogelijke ontwikkeling

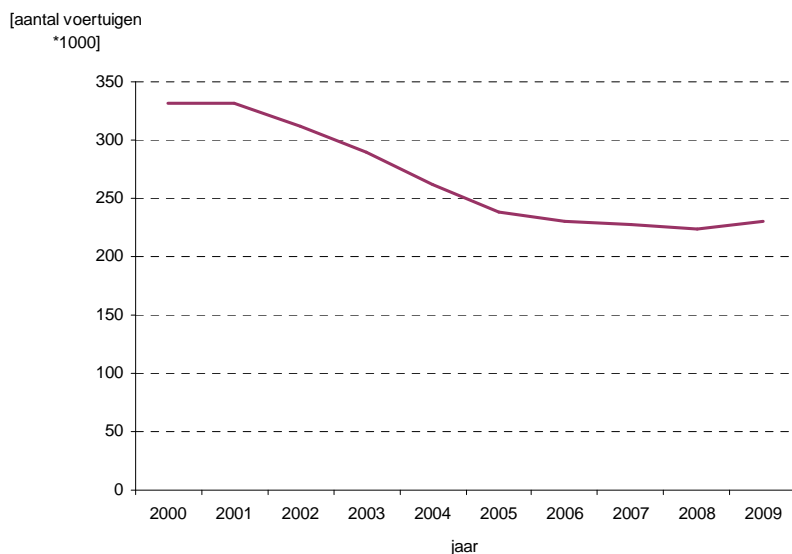
#### *Huidig aantal tankstations/vulpunten*

Uit een inventarisatie van VROM bleek dat in 2003 ongeveer 2.150 tankstations LPG aanboden, dit is ongeveer 50% van het totale aantal pompstations (VROM, 2003). In 2003 is men op-

nieuw<sup>3</sup> begonnen de veiligheidssituatie van LPG-tankstations in kaart te brengen. Ongeveer 253 LPG-tankstations lagen in een te dichtbevolkt gebied en moesten hun verkoop staken voor 27 oktober 2007 (VROM inspectie, 2006). BOVAG statistiek laat zien dat er anno 2009 nog 1.933 tankstations zijn die LPG aanbieden.

### *Huidige verkoopvolumes*

Er wordt aangenomen dat de LPG-verkoopvolumes evenredig zijn met het aantal LPG-voertuigen. Tussen 2001 en 2005 is het aantal LPG-personenauto's gedaald met ongeveer 30%, van 330.000 naar 230.000. Na 2005 is het aantal personenauto's gestabiliseerd rond de 230.000 voertuigen, zie Figuur 2.3. Daarnaast rijden er nog rond de 16.000 LPG-bestelwagens rond, wat het totaal aantal voertuigen rond de 246.000 brengt. Uitgaande van 1.933 LPG-tankstations in 2009 (BOVAG, 2009) levert dat gemiddeld 128 LPG-voertuigen per tankstation op.



Figuur 2.3 *Ontwikkeling aantal LPG-personenauto's in Nederland*

Bron: CBS.

In 2007 was de LPG-omzet voor transport 610 miljoen liter, zie Figuur 2.2. De gezamenlijke brutowinst voor oliemaatschappij plus brandstofleverancier voor LPG is € 0,049 per liter, zie Tabel 2.4. Hieruit volgt dat LPG een aandeel van ongeveer € 30 miljoen in de brutowinst leverde, ongeveer 5,5% van de totale brutowinst op de drie hoofdbrandstoffen benzine, diesel en LPG (BOVAG, 2009). Bij de introductie van LPG in Nederland werd een overschot aan propaan en butaan nog afgefakkeld. Afhankelijk van de olie- en gasprijs is er vanuit de chemische industrie ook een vraag naar LPG.

### *Verwachte wijze van productie/aanvoer/opslag*

LPG, een mix van propaan en butaan, is een bijproduct van het aardolieraffinage proces. Verwacht wordt dat het huidige systeem van aanvoer per tankwagen gehandhaafd zal blijven

<sup>3</sup> In de Integrale nota LPG uit 1984 is de veiligheid van tankstations ook al uitgebreid aan de orde gekomen. In deze nota staan al afstandsnormen die in Nederland breed gehanteerd zijn, maar tot enkele jaren geleden waren afstandsnormen niet wettelijk vastgelegd.

### 2.3.2 Kosten

Er is geen concrete informatie gevonden over de investeringskosten en onderhoudskosten van een LPG-vulpunt. De kosten voor LPG-transport zijn ongeveer gelijk aan de kosten voor het transport van benzine en diesel, ongeveer 0,068 €/liter, zie Tabel 2.4.

#### *Brandstofkosten*

De brutowinstmarge voor LPG is gelijk aan de bruto winstmarge van diesel, zie Tabel 2.4. Het aantal van ongeveer 128 voertuigen per tankstation ligt ruim onder de rentabiliteitslimiet om als enige brandstofsoort verkocht te worden bij een tankstation. Oftewel, tankstations die alleen LPG verkopen zijn niet rendabel.

#### *Meerkosten en beschikbaarheid voertuigen*

De meerkosten van een LPG-voertuig ten opzichte van een benzine voertuig zijn € 2.000 tot € 2.500. Deze meerkosten worden onder andere bepaald door de installatiekosten van de LPG-tank en het brandstofinjectie en regelsysteem. De wegenbelasting voor een LPG-voertuig ligt ongeveer 37% hoger dan voor een vergelijkbaar benzinevoertuig. In principe kunnen alle benzinevoertuigen uitgerust worden met een LPG-tank, alleen gaat dit in geval van een retro-fit vaak ten koste van een deel van de bagageruimte. Bij installatie af fabriek kan de tank ook weggewerkt worden in de ruimte van het reservewiel.

### 2.3.3 Veiligheid en ruimtebeslag

Het belangrijkste veiligheidsaspect van een LPG-installatie is de kans op een zogenaamde Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion, BLEVE (DHV, 2004). Een BLEVE kan ontstaan als door een externe bron de tank met de vloeibare brandstof (gecomprimeerd gas) opgewarmd wordt waardoor de druk toeneemt. Door de hogere druk kan de tank openscheuren of exploderen. Door het wegvallen van de druk ontstaan overal in de warme vloeistof gasbellen die de inhoud van de tank in één keer mee naar buiten sleuren. Eenmaal buiten vat de LPG vlam en ontstaat er een zeer grote vuurbal die meer dan 100 meter in doorsnee kan zijn. Probleem is dat het bezwijken van de tank zich ook na een half uur kan voordoen, waarbij de omgeving inmiddels gevuld is met hulpverleners en toeschouwers. Als het risico op BLEVE op tijd herkend wordt kunnen door evacuatie en afstandhouden verdere slachtoffers worden voorkomen. Het versterken en isoleren van de tank en het monteren van drukventielen voor affakkeling verminderen de risico's op een BLEVE sterk. In het geval van een koude BLEVE bezwijkt de tank door mechanisch falen. Voor LPG is de kans op een warme BLEVE  $10^{-6}$  tot  $10^{-7}$  per jaar met een effect afstand van 300 meter (DHV, 2004). De kans op een koude BLEVE is  $10^{-7}$  per jaar met een effectafstand van 250 meter. Overigens zit het grootste risico niet in de opslagtank bij het tankstation maar in de stilstaande tankwagens die de LPG komt brengen.

Doordat de dichtheid van propaan en butaan hoger is dan die van lucht zal de LPG zich bij een lek als een deken over de grond verspreiden, wat het gevaar voor ontsteking vergroot. Dit is ook de reden dat LPG-auto's geweerd worden uit ondergrondse parkeergarages. De explosiegrenzen, dat zijn de mengverhoudingen met lucht waarbij een potentieel explosief mengsel ontstaat, zijn voor LPG vergelijkbaar met diesel en benzine, tussen de 2 en 10 volume procenten. Om veiligheidsredenen is het overheidsbeleid erop gericht om LPG-tankstations in dichtbevolkte gebieden te sluiten, dit moest in 2007 zijn afgerond (VROM inspectie, 2006).

Het ruimtebeslag van een LPG-installatie wordt met name bepaald door het volume van de opslagtank. Standaardinstallaties bestaan uit een opslagtank van 20 m<sup>3</sup> bovengronds tot 40 m<sup>3</sup> ondergronds.

## 2.4 Biobrandstoffen

Voertuigen met moderne verbrandingsmotoren kunnen zonder probleem rijden op brandstof waaraan tot 5,75 (energie) % biobrandstoffen zijn toegevoegd, mits deze brandstof aan de Europese kwaliteitseisen voor benzine of diesel voldoet. Er zijn ook speciale flex-fuel auto's op de markt die met elke mengverhouding tot 85% bioethanol kunnen rijden.

Met de huidige infrastructuur is het relatief eenvoudig om bioethanol en biodiesel toe te voegen aan de fossiele brandstoffen, waarbij de investeringskosten in de infrastructuur beperkt zullen zijn. Bij gebruik van pure biobrandstoffen zullen echter aparte vulpunten gerealiseerd moeten worden met de bijbehorende investeringskosten, zie Paragraaf 2.4.2.

### 2.4.1 Huidige situatie en mogelijke ontwikkeling

#### *Huidig aantal tankmogelijkheden bij benzinstations*

In de Toekomstagenda duurzame transportbrandstoffen Noord Nederland stellen de provincies Drenthe, Friesland en Groningen zich tot doel om bij openbare tankstations 2 bioethanol en 2 biodiesel tankmogelijkheden per provincie te realiseren tussen 2008 en 2011 (Bron: 100.000 duurzame voertuigenplan, 2008). In totaal levert dit 12 tankmogelijkheden op waarvan de realisatie voor € 20.000 gesubsidieerd wordt. In het kader van het BEST-project<sup>4</sup> streeft de stad Rotterdam naar 950 Flex-fuel voertuigen en 12 tankstations met een E85 vulpunt aan het einde van 2009. Voor geheel Nederland wordt de realisatie van 69 tankmogelijkheden verwacht eind 2009. De stand van zaken in oktober 2009 is dat er ongeveer 34 vulpunten voor biobrandstoffen zijn waarvan 23 voor bioethanol en 11 voor biodiesel (Fuelswitch, 2009).

#### *Huidige verkoopvolumes*

Binnen de EU is afgesproken dat er biobrandstoffen moeten worden afgezet. In eerste instantie ging het om niet verplichte streefwaarden. In december 2008 is het vrijwillige streefcijfer van 5,75% in 2010 vervangen door een verplichting van 10% bijdrage van duurzame energie in de transportsector in 2020. Dit percentage kan echter nog veranderen. De commissie Corbey brengt voor de zomer van 2010 een advies uit over de afzetverplichting in 2020. In 2008 bedroeg de afzetverplichting in Nederland 3,25%, in 2009 3,75% en in 2010 4,0%, alle percentages zijn op basis van energie-inhoud (Schijndel et al, 2009). De meeste brandstofproducenten kiezen voor het bijmengen aan fossiele brandstoffen om aan deze afzetverplichting te voldoen. Deze afzetverplichting kan ook virtueel gedaan worden met behulp van biotickets die verhandelbaar zijn.

De EU heeft met de Richtlijn Hernieuwbare Energie (richtlijn 2009/28/EG) verplicht dat in 2020 de inzet van hernieuwbare energie in de transportsector een aandeel heeft van 10% van het energieverbruik van de (weg)transportsector<sup>5</sup>. Daarnaast heeft de EU in de Richtlijn Brandstofkwaliteit (richtlijn 2009/30/EG) de brandstofleveranciers verplicht om in 2020 de gemiddelde CO<sub>2</sub>-uitstoot over de keten voor fossiele brandstoffen in de transportsector en mobiele werktuigen te reduceren met 6% ten opzichte van het gebruik van pure fossiele brandstoffen. Hierbij is de verwachting dat dit hoofdzakelijk gerealiseerd zal worden door de afzet van biobrandstoffen. De nationale overheden zijn verantwoordelijk om dit EU-beleid op nationaal niveau te implementeren. Omdat de Richtlijn Hernieuwbare Energie ook andere mogelijkheden biedt (bijvoorbeeld inzet van duurzame elektriciteit bij voertuigen of treinverkeer), en bepaalde categorieën

<sup>4</sup> [http://www.energiotech.info/schonertransport/bioethanol\\_rotterdam.htm](http://www.energiotech.info/schonertransport/bioethanol_rotterdam.htm).

<sup>5</sup> Studies laten zien dat er voldoende landbouwgrond (en bosbouwgrond) in Europa beschikbaar is of kan komen (door verhoging van de landbouwproductiviteit) om aan deze 10% van de brandstofafzet te voldoen. De vraag of dit dan overal voldoende duurzaam gebeurt, is nog niet overal beantwoord. Ook zijn er andere gebruiksmogelijkheden zoals natuurgebied, recreatie, extra diervoederproductie of productie van biomassa als grondstof (bioplastic) of biobrandstof voor andere sectoren (bijstook bij kolencentrales). Duidelijk is wel dat Nederland een kleine bijdrage zal leveren aan de productie van gewassen voor biobrandstoffen in de toekomst en dus nagenoeg geheel afhankelijk zal zijn van import.

extra waardeert<sup>6</sup>, zal in 2020 het aandeel biobrandstoffen mogelijk een paar procentpunten lager kunnen zijn dan 10% om aan de beide richtlijnen te voldoen. Het aandeel 2<sup>e</sup> generatie biobrandstoffen telt dubbel voor het halen van deze 10% richtlijn. Hierdoor kan het werkelijke percentage duurzame energie ook lager uitvallen.

## 2.4.2 Kosten

### *Installatie: investering en onderhoud*

De meerkosten voor een instelbare flex-fuel pomp (die verschillende percentages biobrandstof aan kan), vergeleken met een conventionele pomp, worden geschat op € 3.300 tot € 5.500. De kosten van een E85 vulpunt zijn vergelijkbaar met de kosten van een benzine vulpunt. De kosten van een bioethanol verdragende opslagtank worden geschat op € 16.000 tot € 33.000 (Rehnlund, 2005). Het probleem ligt voornamelijk in het feit dat bioethanol erg hygroscopisch is waardoor voorkomen moet worden dat er vocht aangetrokken wordt uit de omgeving. De schatting van € 16.000 tot € 33.000 is in goede overeenstemming met de geschatte kosten in (Duurzaam, 2008) waar voor de realisatie van een bioethanol of biodiesel vulstation (dispenser en opslag) een investering van ca € 35.000 genoemd wordt. De brandstofleveranciers geven aan dat het gebruik van biobrandstoffen problemen oplevert met de brandstoffilters waardoor er op dit moment nog rekening gehouden moet worden met één dag buitengebruikstelling van de brandstofpomp per maand voor het vervangen van de filters. Om de realisatie van biobrandstofvulpunten te initiëren is een subsidie regeling opgezet. Deze subsidie regeling bestond uit twee financieringsrondes. In de 1<sup>e</sup> ronde van de subsidie regeling Tankstations Alternatieve Brandstoffen (TAB) was € 300.000 uitgetrokken voor het plaatsen nieuwe E85 vulpunten en € 300.000 voor het ombouwen van een bestaande brandstofpomp. De maximale subsidie voor een nieuwe E85 pomp was € 20.000. Voor het ombouwen van een bestaande pomp was de maximale subsidie € 7.500. In de 2<sup>e</sup> ronde van de TAB-regeling was nog eens twee keer €300.000 beschikbaar. Met deze TAB-subsidies kunnen ongeveer 110 E85 vulpunten gerealiseerd worden. Een voorwaarde om de subsidie te verkrijgen is dat de brandstoffen voor september 2010 beschikbaar moeten zijn.

### *Transport van de brandstof*

Zolang biobrandstoffen nog bijgemengd kunnen worden zullen de transportkosten niet toenemen. Echter wanneer er ook pure biobrandstoffen, E85 en B100, aangeboden zullen worden, moeten er speciale tankwagens komen, wat extra investeringskosten kan vergen.

### *Brandstofkosten*

De productiekosten van bioethanol zijn afhankelijk van het gebruikte gewas (Duurzaam, 2008), zie Tabel 2.6.

Tabel 2.6 *Productiekosten bioethanol*

Herkomst	Productiekosten [€/l]
Reststromen	0,55
Suikerbieten	0,59
Tarwe	0,63

Gemiddeld is de bioethanol productieprijis 59 €/ct/l (bron: 100.000 duurzame voertuigenplan, 2008). Dit kan vergeleken worden met de (FOB)-prijzen die voor Rotterdam genoemd worden. In 2009 liggen deze tussen de 42 en 51 €/ct/l voor ethanol uit Brazilië en 55 en 64 €/ct/l voor ethanol uit Europa (Accenture, 2009). Het verschil wordt onder andere veroorzaakt door een douane recht van derde landen van 10,2 €/ct/l (Goedencode 2207 2000 10; sinds 1 juli 2000). In Nederland is er, zoals aangegeven, een verplichting om biobrandstoffen bij te mengen. Een

<sup>6</sup> Zo tellen bijvoorbeeld 2<sup>e</sup> generatie biobrandstoffen of biobrandstoffen van bepaalde reststromen dubbel.



leverancier van biobrandstoffen aan tankstations kan de inkoopkosten van ethanol of biodiesel gedeeltelijk compenseren door de verkoop van biotickets aan leveranciers van benzine en diesel, zie ook Paragraaf 2.2.2. Door het bioticketstelsel zal de netto aankoopprijs van een liter bioethanol per saldo lager komen te liggen dan de productieprijs. De aankoopprijs kan als volgt berekend worden. Een bioticketprijs van € 17 per m<sup>3</sup> benzine komt bij een energie-inhoud van benzine van 32,8 MJ/l overeen met een prijs van € 0,59 per GJ benzine. Wanneer 1 GJ benzine 0,0375 GJ biobrandstof moet bevatten kost dit € 138 per GJ bioethanol. Dit komt, bij een energie-inhoud van 21 MJ/l, overeen met een bioticketvergoeding van ongeveer € 0,29 per liter bioethanol. Eenzelfde berekening voor biodiesel geeft een vergoeding van € 0,38 per liter (SenterNovem, 2009). Tabel 2.7 toont een indicatieve kostenopbouw voor de biobrandstoffen E85 en B100. De huidige pompprijs voor E85 is gelijk aan de pompprijs van Euro95, echter de energie-inhoud is ongeveer 27% lager, waardoor de consument hierop minder ver kan rijden. In december 2009 is besloten om accijnsdifferentiatie toe te passen op ethanol om gedeeltelijk voor dit verschil in energie-inhoud te corrigeren.

Tabel 2.7 *Indicatieve kostenopbouw biobrandstoffen huidige situatie*

Brandstof	Aankoopprijs** [€ct/l]	Accijns [€ct/l]	BTW [€ct/l]	Transport [€ct/l]	Totaal [€ct/l]	Pompprijs [€ct/l]	Brutowinst [€ct/l]
Bioethanol	29,0	70,6	21,0				
E85*	28,9	70,6	21,0	6,8	127,3	133,0	5,7
B100	38,4	41,9	15,9	6,8	103	99,5	-3,5

\* E85 bevat 85 volume% ethanol en 15 volume% Euro95.

\*\* Aankoopprijs voor een brandstofleverancier, is lager dan productieprijs vanwege de opbrengst van het bioticket.

Een belangrijk gegeven voor een rendabel businessplan is de afzetmarkt voor biobrandstoffen, ofwel het aantal aanwezige voertuigen die de brandstof gaan gebruiken. In maart 2009 rijden er ongeveer 7.600 E85 Flex-fuel Voertuigen (Brouwer, 2009) rond in Nederland. Met het geplande aantal van 69 vulpunten in 2009 komt dit neer op 110 voertuigen per vulpunt. Deze voertuigen zullen waar mogelijk en tegen een acceptabele prijs, E85 gaan tanken in plaats van benzine. Van de kant van de consument zal verlangd worden dat de kosten per kilometer ongeveer gelijk zullen zijn. De energie-inhoud van bioethanol en biodiesel is echter lager dan die van fossiele benzine en diesel. Geschaald op de energie inhoud zou de pompprijs voor E85 ongeveer 102 €ct/l (ten opzichte van een Euro95 prijs van € 1,33) en de pompprijs voor B100 ongeveer 90 €ct/l moeten zijn. Biodiesel is beschikbaar in verschillende kwaliteiten, waarvan sommige een lagere energie inhoud kunnen hebben. In deze berekening is er vanuit gegaan dat de energie inhoud van de biodiesel (FAME) 10% lager is dan die van fossiele diesel. Echter voor 2<sup>e</sup> generatie FT diesel en voor gehydrogeneerde plantaardige olie (HVO) is de energie-inhoud gelijk aan de energie-inhoud van fossiele diesel. Deze twee soorten biodiesel zijn nu echter nog niet grootschalig aanwezig op de markt.

In de Kamerbrief over het Belastingplan 2010 is een voorstel gedaan om de accijns voor bioethanol te baseren op de energie-inhoud (in vergelijking tot benzine). Dit is echter in het definitieve belastingplan 2010 afhankelijk gemaakt van een systeem waarmee de duurzaamheid van de bioethanol gegarandeerd kan worden (Douane, 2009). In december 2009 is besloten om een accijnscorrectie van 27% toe te passen op de verkoop van bioethanol, dat betekent een accijnsverlaging van 18,9 €ct per liter. Het voornemen is dat deze accijnscorrectie in de loop van het eerste kwartaal van 2010 ingaat (Ministerie van Financiën, 2010). In Tabel 2.8 zijn de brutowinstmarges gegeven voor enkele E85 pompprijzen berekend na accijnsdifferentiatie. Er zijn drie pompprijs varianten gekozen, € 1,02, € 1,06 en € 1,10. De laagste pompprijs van € 1,02 per liter compenseert het verschil in energie-inhoud voor de consument geheel, echter bij deze pompprijs heeft de brandstofleverancier een negatieve brutowinst. De hoogste pompprijs van € 1,10 per liter zorgt ervoor dat de brutowinst op E85 gelijk is aan de brutowinst op een liter Euro95 (die in dit geval voor € 1,33 per liter aan de pomp aangeboden wordt). Hier zal de brandstofleverancier dus geen inkomstenderving hebben. De werkelijke pompprijs voor E85 zal waarschijnlijk tussen

deze twee grenzen in komen te liggen en is afhankelijk van het aantal voertuigen dat zal komen tanken.

Bij een prijs van € 1,06 per liter zijn er ongeveer 200 FFV voertuigen nodig om het vulpunt rendabel te maken. Zie Paragraaf 2.1.2.

Tabel 2.8 *Mogelijke pompprijsvarianten voor E85*

	Pompprijs [€ct/l]	Productieprijs [€ct/l]	Accijns [€ct/l]	Transport [€ct/l]	BTW [€ct/l]	Brutowinst [€ct/l]
Variant 1	102,0	28,9	51,9	6,8	16,3	-1,8
Variant 2	106,0	28,9	51,9	6,8	17,0	2,0
Variant 3	110,0	28,9	51,9	6,8	17,6	4,8

### *Meerkosten en beschikbaarheid voertuigen*

Zolang de percentage biodiesel en bioethanol die worden bijgemengd bij diesel en benzine maximaal 5,0% (op volume basis) bedragen, hoeven tankstations dat niet te vermelden bij de pomp, en kunnen alle auto's dat zonder problemen tanken. Daarnaast kan op hogere percentages biobrandstoffen worden gereden zoals B100 en E85. Om te kunnen rijden op B100 en E85 zijn aanpassingen aan de auto nodig. Echter, in moderne dieselveertuigen met een roetfilter levert een te hoog gehalte aan biodiesel in de brandstof problemen op. Het lijkt dus waarschijnlijker dat de biodiesel zal worden gehydrogeneerd (HVO) zodat de diesel voertuigen niet hoeven worden aangepast.

Voor een bioethanol flex-fuel voertuig werd in Zweden in 2004 een extra kostprijs van € 1.000 gehanteerd (Rehnlund et al, 2005). Het ligt in de verwachting dat door schaalvoordelen de meerkosten kunnen dalen tot een niveau wat verwaarloosbaar is ten opzichte van de nieuwprijs van de auto.

Er zijn meerdere factoren verantwoordelijk voor deze meerkosten. Dit zijn de extra handelingen die verricht moeten worden bij de productie van het voertuig en de extra materiaalkosten. De extra materiaalkosten worden hieronder beschreven.

- Doordat bioethanol erg hygroscopisch is en bijna altijd wel water bevat moet voorkomen worden dat de brandstoftank gaat corroderen. De meerkosten van een kunststof brandstoftank met metalen brandbescherming zijn ongeveer € 100. Om dezelfde reden zijn kunststof brandstofleidingen en brandstoftankniveau-sensoren noodzakelijk, meerkosten: € 50.
- Doordat een flex-fuel voertuig op verschillende mengsels van bioethanol en benzine moet kunnen rijden zijn brandstofsamenstellingssensoren noodzakelijk. Deze systemen leveren meerkosten op van ongeveer € 100.
- Doordat bioethanol onder hogere druk ingespoten moet worden zijn speciale injectoren en variabele brandstofdrukregelaars noodzakelijk, de meerkosten zijn ongeveer € 60.
- Door de slechte smeringeigenschappen van bioethanolmengsels zijn hardere kleppen en klepsettings nodig, de meerkosten zijn ongeveer € 100.
- Bioethanol heeft slechte koude start eigenschappen waardoor flex-fuel voertuigen uitgerust zijn met een standkachel die het motorblok moet voorverwarmen via het koelwater, de meerkosten zijn: € 760.

De gezamenlijke meerkosten zijn dus ongeveer € 1.170. Als een standkachel in het Nederlandse klimaat niet noodzakelijk is, zijn de meerkosten van een flex-fuel voertuig ongeveer € 400. Doordat bioethanol erg hygroscopisch is en water met de daarin opgeloste zouten aantrekt zal de olie in het voertuig vaker ververst moeten worden. De geschatte meerkosten daarvan zijn € 50 per jaar.

### 2.4.3 Veiligheid en ruimtebeslag

Bioethanol is een brandbare vloeistof met een dampspanning tussen diesel en benzine in. Tabel 2.9 geeft voor diverse brandstoffen de dampspanning, de explosiegrenzen en de ontstekings-temperatuur. De dampspanning geeft een indicatie hoeveel brandstofdamp er in de lucht aanwezig kan zijn<sup>7</sup>. Een hoge waarde betekent dat er veel brandstof in de gasvorm aanwezig kan zijn. De explosiegrenzen geven het interval aan waartussen deze brandstofdampen kunnen exploderen. In principe geldt hoe groter dit interval, des te groter is de kans op een explosie na ontsteking. Daarbij is van belang bij welke ontstekingstemperatuur de brandstof kan ontbranden.

Tabel 2.9 *Veiligheidsparameters van brandstoffen*

Brandstof	Dampspanning bij 20 °C [mbar]	Explosiegrenzen [volume%]	Ontstekingstemperatuur [°C]
Benzine	300 - 500	1 - 8	246 - 260
Diesel	2 - 3	1 - 7	210 - 270
LPG	Gas	2 - 10	365 - 470
Bioethanol	50 - 60	3 - 19	420 - 430
Aardgas	Gas	5 - 15	650 - 710
Waterstof	Gas	4 - 75	520 - 680

Bron: <http://www.engineeringtoolbox.com/>.

Uit de tabel blijkt dat bioethanol moeilijker te ontsteken is dan benzine of diesel vanwege de hogere ontstekingstemperatuur, echter de kans op een explosie na ontsteking is licht hoger. De veiligheidsaspecten van biodiesel zijn gelijk aan die van diesel. Door bijmenging van ethanol aan benzine zal de dampspanning van het mengsel hoger liggen dan die van de afzonderlijke componenten. Hierdoor zal de uistoot van vluchtige componenten toenemen (VOS). Deze verhoogde dampspanning kan problemen opleveren om aan de wettelijke verplichte dampspanningslimieten voor brandstoffen te voldoen.

Er zijn aparte opslagtanks noodzakelijk voor E85 en B100. Deze opslag kan op dezelfde manier gebeuren als de huidige opslag van benzine en diesel. Bij de materiaalkeuze van de ethanol-tank moet rekening gehouden worden met de eigenschappen van bioethanol. Pure bioethanol is hygroscopisch, waardoor voorkomen moet worden dat water de tank kan binnendringen. De omvang van de opslagtanks is afhankelijk van de dagelijkse afname van bioethanol en de bevoorradingsfrequentie.

## 2.5 CNG en groen gas

Hoewel aardgas een fossiele brandstof is, is het één van de schoonste beschikbare brandstoffen van dit moment. De voordelen van aardgas liggen met name op het gebied van de luchtkwaliteit. Aardgasmotoren stoten per kilometer minder CO<sub>2</sub> uit dan benzinemotoren, 5 tot 20%, maar bieden nauwelijks CO<sub>2</sub>-voordeel ten opzichte van dieselmotoren. Wanneer de gehele keten in beschouwing wordt genomen, kan de CO<sub>2</sub>-emissie van aardgas iets lager zijn, maar dat is afhankelijk van de herkomst van het aardgas. Voor een af fabriek CNG-voertuig op Nederlands (!) aardgas kan het CO<sub>2</sub> ketenemissie voordeel ongeveer 20% zijn ten opzichte van een benzinevoertuig (Hanschke et al, 2009). Bovendien is aardgas voldoende beschikbaar via een al aanwezig fijnmazig distributienetwerk. Aardgas wordt vaak gezien als een eerste stap in de richting van het gebruik van groen gas. Er zijn verschillende kwaliteiten biogas, daarom wordt in dit rapport uitgegaan van groen gas, wat per definitie dezelfde samenstelling heeft als aardgas. In (Hanschke et al, 2009) wordt rijden op aardgas vanuit dit transitieperspectief gezien en wordt

<sup>7</sup> Het volume gehalte bij evenwicht kan bepaald worden door de dampspanning te delen door de luchtdruk (op zee-niveau gemiddeld 1013 mbar).

een aantal kanttekeningen geplaatst. Hierbij wordt tevens geconcludeerd dat rijden op aardgas niet kan worden gezien als wegberijder voor rijden op waterstof.

## 2.5.1 Huidige situatie en mogelijke ontwikkeling

### *Huidig aantal tankstations/vulpunten*

De provincies werken aan een landelijk dekkend netwerk van 120 vulpunten in 2011 (Hanschke et al, 2009). Ballast-Nedam wil echter al een toename tot 200 vulpunten realiseren in 2010. In mei 2009 waren er ongeveer 27 aardgasvulstations. De huidige toename van het aantal aardgas-tankstations is ongeveer 1 per maand. Momenteel is er slechts 1 pomp in Nederland waar biogas verkrijgbaar is. Het budget van de TAB (Tankstations Alternatieve Brandstoffen) regeling was voldoende om ongeveer 52 CNG-vulpunten te realiseren. Deze vulpunten moeten voor september 2010 operationeel zijn.

### *Huidige verkoopvolumes*

Volgens CBS-cijfers zijn er begin 2009 316 personenauto's op aardgas in Nederland. Dit zijn hoofdzakelijk bedrijfsvoertuigen en voertuigen in gebruik door de (locale) overheid. Ook zijn er 500 bestelwagens die CNG gebruiken. Over de 27 aardgasvulpunten verdeeld, levert dit gemiddeld 30 voertuigen per vulpunt op (utilisatiegraad). Merk op dat er ongeveer 32 aardgas voertuigen per vulpunt noodzakelijk zijn om het vulpunt rendabel te maken. Echter, met 27 aardgasvulstations kan men nog niet spreken van een landelijk dekkend netwerk, hiervoor zijn ongeveer 300 vulstations noodzakelijk.

### *Verwachte wijze van productie/aanvoer/opslag*

Het ligt in de verwachting dat aardgas via het bestaande net aangevoerd kan worden naar het tankstation. Met behulp van een compressor zal het aardgas daarna op de gewenste druk van rond de 350 bar gebracht worden. Om de laadtijden voor automobilist te minimaliseren zal er een beperkte hoeveelheid aardgas onder hoge druk opgeslagen moeten worden bij het tankstation. In de toekomst kan een toenemende fractie groen gas aan het aardgas toegevoegd worden, dit heeft geen grote consequenties voor de infrastructuur. Groen gas is biogas met de specificaties van aardgas, dus zal het gebruik van groen gas geen problemen opleveren voor het voertuig.

## 2.5.2 Kosten

### *Installatie: investering en onderhoud*

De kosten om een nieuw aardgasvulpunt aan te leggen zijn rond de € 300.000 tot € 350.000, waarvan de helft voor rekening van de compressor komt (bron: 100.000 duurzame voertuigenplan, 2008). Indien er een doorbraak komt in het gebruik van aardgas voertuigen zijn er mogelijk meerdere vulpunten per tankstation noodzakelijk. De investeringskosten voor deze extra vulpunten zijn echter beperkt. In Tabel 2.10 zijn deze kosten geschat (Bakema et al, 1990) en omgerekend naar huidige prijzen door te schalen met de huidige prijs van één aardgasvulpunt van € 350.000.

Tabel 2.10 *Inschatting kostencijfers voor aardgasvulstations anno 2009*

Capaciteit m <sup>3</sup> /dag	2.000	2.700	4.000	4.700
Voertuigen/station	140 - 170	188	280 - 340	348
Aantal dispensers	2	2	4	4
Kosten €*duizend	360	371	553	567

Om tegemoet te komen aan de investeringskosten voor CNG-vulpunten is er door de Nederlandse overheid een subsidie regeling TAB, Tankstations Alternatieve Brandstoffen, in het leven geroepen in 2008. Het subsidieplafond voor investeringsprojecten gericht op CNG-vulpunten is € 1,2 miljoen, met een maximum van € 30.000 per investeringsproject (TAB,

2008). In 2009 is dit verder uitgebreid (TAB2) en nog eens € 1.9 miljoen beschikbaar gesteld. De maximale subsidie per CNG-vulpunt is € 60.000, dus kunnen er maximaal 52 CNG-vulpunten gerealiseerd worden. Voorwaarde voor het verkrijgen van de subsidie is wel dat de vulpunten voor september 2010 operationeel moeten zijn.

#### *Transport van de brandstof*

Het transport van aardgas kan goedkoop en gemakkelijk plaatsvinden via het bestaande aardgasnetwerk. Een mogelijke ontwikkeling in de toekomst is het gebruik van vloeibaar aardgas (LNG). Deze mogelijkheid zal verder besproken worden in Hoofdstuk 4.3.

#### *Brandstofkosten*

De pompprijs voor CNG ligt rond de € 0,69 per kilogram. Deze pompprijs is samengesteld uit aankooprij, bruto handelsmarge, accijns en BTW. Er is een speciale categorie accijnzen voor aardgas tankstations (Ministerie van Financiën, 2009). De accijns op aardgas was € 0,031/m<sup>3</sup> in 2009, dit komt overeen met € 0,037/kg.

In een studie van JRC wordt aangegeven dat de compressie, rekening houdend met het rendement van elektriciteitscentrales, ongeveer 5% van de energie-inhoud van het gecomprimeerde aardgas kost (Edwards et al, 2007). Dit zou dan 0,015 tot 0,02 €/kg zijn. Indien aardgas additioneel aangeboden wordt op een tankstation naast benzine en diesel, zijn er ongeveer 32 voertuigen per tankstation noodzakelijk om een business case te hebben die vergelijkbaar is met LPG.

Groen gas is momenteel (2009) in Nederland slechts aan 1 pomp verkrijgbaar voor een prijs van 99 €/kg. Om na te gaan hoe deze pompprijs is samengesteld moet de productiekosten worden geschat. De productiekosten zijn afhankelijk van de productieroute. Er zijn vier belangrijke productieroutes voor groen gas (Van Tilburg et al, 2009):

Tabel 2.11 *Productiemethoden en kosten van groen gas*

Productiemethode	Productiekosten [€/kg]
Biogas uit stortplaats 'stortgas'	44,5
Riool en afvalwaterzuivering	34,5
Mest co-vergisting (875 m <sup>3</sup> /uur)	101,0
Vergisting overige biomassa	88,6

Daarnaast kan groen gas geproduceerd worden uit vergassing van houtachtige biomassa. Dit proces is op dit moment nog in de demonstratiefase. De productie van stortgas is beperkt. De belangrijkste productieroute voor groen gas in transport is daarom mest co-vergisting en de vergisting van overige biomassa. In de berekening in dit rapport zal de kostprijs van mest co-vergisting gebruikt worden. Momenteel zijn er ongeveer 110 mest (co)vergisters operationeel in Nederland, die vrijwel allemaal elektriciteit produceren, via gasmotoren. In principe kunnen deze vergisters voldoende groen gas produceren voor ongeveer 300.000 voertuigen.

De kostprijs van groen gas kan aanzienlijk lager zijn wanneer SDE-subsidie verkregen kan worden. De SDE-subsidie voor groen gas, geproduceerd via mest co-vergisting, is 55,8 €/kg (SenterNovem). Inclusief de SDE-subsidie daalt de kostprijs tot 45,2 €/kg, iets hoger dan de huidige productiekosten voor aardgas. Deze groen gas kostprijs bevat geen groen gas certificaatbijdrage. Voor een uitgebreide discussie over het gebruik van groen gas in de vervoerssector wordt verwezen naar (Hanschke et al, 2010).

Tabel 2.12 geeft een overzicht van productiekosten en pompprijzen voor aardgas en groen gas. De volgende varianten zijn onderscheiden:

- Variant 1: SDE-subsidie, huidige pompprijs van € 0,99.

- Variant 2: SDE-subsidie, pompprijs van groen gas gelijk gesteld aan de pompprijs van aardgas, € 0,69.
- Variant 3: geen SDE-subsidie beschikbaar, huidige pompprijs € 0,99.

Hierbij is aangenomen dat accijns op groen gas gelijk is aan accijns op aardgas.

Tabel 2.12 *Pompprijs opbouw aardgas en groen gas*

	Productieprijs [€/kg]	Accijns [€/kg]	BTW [ €/kg]	Brutowinstmarge [€/kg]	Pompprijs [€/kg]
Aardgas	0,327	0,037	0,110	0,217	0,69
Groen gas v1	0,452*	0,037	0,158	0,343	0,99
Groen gas v2	0,452*	0,037	0,110	0,091	0,69
Groen gas v3	1,010	0,037	0,158	-0,22	0,99

\* hierin is SDE-subsidie verwerkt.

Het verbruik van een CNG-voertuig is energetisch gelijk verondersteld aan een LPG-voertuig, wat een verbruik van 5,6 kg CNG/100 km oplevert. Dit is in goede overeenstemming met het opgegeven verbruik voor CNG-personeelwagens wat tussen de 5 en 8 kg/100 km ligt (Kooistra, 2004). Het verbruik van een CNG-bestelwagen ligt tussen de 10 en 14 kg/100 km, wat het benodigde aantal voertuigen per vulpunt aanzienlijk vermindert. Het aantal CNG-bestelwagens in Nederland is anno 2009 ongeveer 500, wat neerkomt op een percentage van 61% van het totale aantal aardgas voertuigen. Deze verhouding personenwagens/bestelwagens brengt het benodigde aantal voertuigen op 260 voertuigen per vulpunt voor een tankstation dat alleen aardgas verkoopt. In het 100.000 voertuigenplan 'Duurzaam op weg' wordt gesteld dat om een aardgas tankstation rendabel te exploiteren er minimaal ca. 180 auto's moeten tanken (bron: 100.000 duurzame voertuigenplan, 2008). Afhankelijk van de onderhoudskosten voor de infrastructuur kan dit aantal hoger liggen. De kosten per kilometer zijn afgeleid door de voor energie-inhoud gecorrigeerde pompprijs te corrigeren voor de efficiency van het voertuig. De brandstofkosten per kilometer zijn weergegeven in Tabel 2.13.

#### *Meerkosten en beschikbaarheid voertuigen*

De meerkosten van een CNG-voertuig ten opzichte van een benzinevoertuig liggen (voor belastingen) rond de € 2.000 tot € 4.000. Een aantal fabrikanten brengt momenteel CNG-auto's op de markt waarbij de tanks al in de bodem van de auto zijn weggewerkt. Het nadeel van verlies aan kofferbakruimte is er bij deze voertuigen dus niet, hoewel het soms ten koste gaat van het reservewiel. In de zakelijke leasemarkt wordt er vanuit gegaan dat de kosten voor een aardgasauto aanzienlijk hoger liggen dan voor een gelijkwaardige dieselauto (Kampman et al, 2008). De meerkosten van een CNG-voertuig resulteren in een hogere afschrijving en rente, en hogere kosten voor privégebruik, zie Tabel 2.13.

Tabel 2.13 *Jaarlijkse kosten voor alternatieve brandstoffen en technologieën voor dieselauto's op basis van een jaarkilometrage van 35.000 km en het verbruiksgedrag van een dieselauto*

	Diesel	CNG	Biogas	Hybride
<i>Kosten werkgever</i>				
Brandstofkosten	2.282	1.560	2.238	2.468
Afschrijving en rente	5.040	6.047	6.047	5.372
Onderhoud	1.075	1.075	1.075	1.075
MRB	972	664	664	272
Correctie op privégebruik	780	915	915	467
Totaal kosten leasen	8.732	9.658	9.658	7.977
Totaal kosten incl. brandstof	11.015	11.218	11.896	10.444
<i>Kosten werknemer</i>				
Bijtelling €/jaar	2.691	3.157	3.157	1.610

Bron: Kampman et al, 2008.

In de kostenberekening in Tabel 2.13 zijn de onderhoudskosten van een CNG-voertuig en een dieselveertuig gelijk verondersteld. In sommige literatuur worden voor CNG-voertuigen echter hogere onderhoudskosten vermeld, bijvoorbeeld € 120 per jaar meer (Kooistra, 2004). De lage jaarlijkse bijtelling voor hybride voertuigen wordt voornamelijk veroorzaakt door de lage fiscale kosten.

### 2.5.3 Veiligheid en ruimtebeslag

Aardgas heeft een lagere dichtheid dan lucht, dus zodra het in de open lucht komt stijgt het op, in tegenstelling tot LPG dat zich als een deken over de grond zal verspreiden. Hierdoor is de kans op het ontstaan van gevaarlijke situaties aanzienlijk kleiner dan bij LPG. Door de relatief hoge ontstekings temperatuur vat aardgas ook minder snel vlam dan benzine of LPG, zie Tabel 2.9. Doordat aardgas via het bestaande pijpleidingnetwerk onder lage druk aangevoerd wordt zijn een compressor en een hogedrukopslag bij het tankstation noodzakelijk. De omvang van het hoge druk opslag in gascilinders is sterk afhankelijk van de capaciteit van de compressor en de dagelijkse afname. De tankinhoud van een aardgasvoertuig ligt tussen de 13 en 20 kg. Een werkvoorraad voor 20 auto's vergt dan ook circa 1 m<sup>3</sup> opslagruimte in gascilinders (300 bar).

Strengere veiligheids eisen houden in dat de afstand tussen het tankstation en bewoond gebied groot genoeg moet zijn. Dit kan tot gevolg hebben dat bepaalde locaties binnen de bebouwde kom afvallen. Langs de rand van de stad zijn CNG-tankstations meestal wel mogelijk.

## 2.6 Waterstof

Op de lange termijn kan substantiële uitstootvermindering bereikt worden door de introductie van elektrische voertuigen met accu's en/of elektrische voertuigen met een waterstofbrandstofcel. Om de uitstoot van CO<sub>2</sub> te reduceren is het van essentieel belang dat de elektriciteit of de waterstof op een duurzame manier worden geproduceerd. Daimler, Ford, General Motors, Honda, Hyundai, Kia, Renault, Nissan en Toyota hebben een intentieverklaring getekend om de productie van voldoende voertuigen met een waterstofbrandstofcel te garanderen in 2015. Het is dus van belang dat er voldoende infrastructuur aanwezig zal zijn om deze nieuwe voertuigen van waterstof te kunnen voorzien.

### 2.6.1 Huidige situatie en mogelijke ontwikkeling

#### *Huidig aantal tankstations/vulpunten*

Anno 2009 zijn er vier waterstof tankstations operationeel of in aanbouw in Nederland:

- 1) ECN Petten, dit tankstation is in principe openbaar, echter moet er 24 uur van te voren aangemeld worden. Dit tankstation heeft geen on-site waterstof productie mogelijkheden en wordt bevoorrad via drukcilinders.
- 2) Arnhem: dit tankstation wordt gebruikt in een onderzoeksproject van Hygear BV naar het gebruik van waterstof aangedreven voertuigen in de publieke sector.  
Dit tankstation heeft een on-site waterstof productie op basis van stoom reforming van aardgas.
- 3) Amsterdam, voor het GVB wordt in het kader van het CUTE-project on-site waterstof geproduceerd door middel van elektrolyse met duurzaam opgewekte stroom.
- 4) Rotterdam, Shell: vijfjarig project met openbare vulpunten start eind 2010.  
Dit vulstation kan bevoorrad worden door middel van het bestaande waterstofnetwerk.

#### *Huidige en verwachte verkoopvolumes*

Voor de inschatting van de verwachte verkoopvolumes wordt uitgegaan van een personenwagen die een 350 bar tank heeft met een inhoud van ongeveer 4,4 kg. Dit lijkt weinig, maar waterstof is een lichte brandstof die per kg 3 keer zoveel energie bevat als aardgas<sup>8</sup>. De actieradius van dit voertuig is ongeveer 450 kilometer. De productiecapaciteit van een enkele on-site installatie is 50-100 Nm<sup>3</sup>, typisch 60 Nm<sup>3</sup>, dit komt overeen met 130 kg waterstof per dag, zodat 30 auto's per dag van waterstof kunnen worden voorzien. Voor deze productiecapaciteit wordt de minimaal vereiste opslagcapaciteit geschat rond de 150 tot 200 kg zodat 4 à 5 auto's per uur van waterstof voorzien kunnen worden (Heidebrink et al, 2009). De huidige productie van de petrochemische industrie in Nederland aan waterstof is 900 kton per jaar waarvan 380 kton per jaar in principe beschikbaar is voor verkoop. Om de gedachten te bepalen, bij een veronderstelde penetratie aan waterstof aangedreven voertuigen van 10% in 2030 is ongeveer 105 kton waterstof per jaar nodig.

## 2.6.2 Kosten

### *Installatie: investering en onderhoud*

De investeringskosten van een waterstof tankstation zijn voor de Amerikaanse situatie geschat door de NREL (National Renewable Energy Laboratory, USA) (Melendez, 2005), zie Tabel 2.14. De kosten zijn sterk afhankelijk van de wijze van waterstofproductie en de capaciteit van het tankstation, echter onafhankelijk van de productiewijze of aanvoerwijze is altijd een compressor nodig om de waterstof op de gewenste druk te krijgen. De kosten van de compressor voor circa 600 kg/dag liggen tussen de € 130.000 en € 170.000. Tabel 2.14 laat de kosten zien voor de verschillende (on-site) productiemethoden van waterstof inclusief opslag en compressor.

---

<sup>8</sup> Per m<sup>3</sup> is de energie-inhoud maar 30%. Dit betekent dat er, bij gelijke energie-inhoud, 3,5 maal meer volume in gascilinders nodig is bij waterstof dan bij CNG. Het energetische rendement van een waterstofauto met een brandstofcel is echter hoger. Ook wordt, om het volume te beperken, bij waterstof vaak met een hogere druk gewerkt.



Tabel 2.14 *Investeringskosten waterstof infrastructuur en opslag*

Type	[M€]	[-€/kg*1.000]
Stoom reforming aardgas 100 kg/dag	0,73	7,3
Stoom reforming aardgas 1.000 kg/dag	3,55	3,6
Elektrolyse <sup>1</sup> 30 kg/dag	0,38	12,7
Elektrolyse <sup>1</sup> 100 kg/dag	0,63	6,3
Elektrolyse met groene stroom 30 kg/dag	0,43	14,3
Bevoorrading met tankwagen (CGH <sub>2</sub> ) - 600 kg/dag	0,17	0,3
Bevoorrading met tankwagen (LH <sub>2</sub> ) - 3.000 kg/dag	1,85	0,6
Bevoorrading door pijplijn	0,40	-

<sup>1</sup> De efficiency van elektrolyse is 48 - 70%, waardoor deze optie alleen duurzaam is als er gebruik wordt gemaakt van hernieuwbare elektriciteit of CCS (DOE, 2009). <sup>2</sup> De gebruikte wisselkoers is \$1,438 per euro.

Bron: Melendez, 2005.

Het GVB van Amsterdam heeft € 750.000 geïnvesteerd voor een elektrolyse station met een productiecapaciteit van 120 kg H<sub>2</sub> / dag, dit bedrag is in overeenstemming met het bedrag in Tabel 2.14. Het vulstation in Petten wordt bevoorrad met drukcilinders door Air Products en heeft een CGH<sub>2</sub> opslag capaciteit van 27 kg H<sub>2</sub> bij 200 bar. Dit is equivalent met 320 m<sup>3</sup> waterstof gecompriemd in een hoge drukopslag van ongeveer 2 m<sup>3</sup>. Dit vulstation is hooguit voldoende om 6 voertuigen per dag van waterstof te voorzien en is niet economisch rendabel. Gebruikersklaar kostte het Pettense vulstation ongeveer € 33.000, inclusief anti-aanrijbeveiliging etc. De onderhoudskosten zijn € 4.000 per jaar, dit zijn inspectiekosten en vervanging van de vulnippel. De Hyways studie meldt een kostprijs van € 658.000 voor een vulpunt met een stoomreforming installatie met een capaciteit van 330 kg/dag (Hyways, 2007). Dit is lager dan de kosten vermeld in Tabel 2.14. In een studie naar mogelijke introductie scenario's voor waterstof in Nederland wordt uitgegaan van een investeringskosten van ongeveer 1 M€ per tankstation (Weeda, 2010). In dit scenario vindt de bevoorrading plaats met behulp van tankwagens met vloeibare waterstof (LH<sub>2</sub>). De transportkosten bedragen dan ongeveer € 1 perkg waterstof.

#### *Transport van de brandstof*

Er zijn twee aanleveringsmethoden die gebruikt kunnen worden voor de bevoorrading van waterstof tankstations (Heidebrink et al, 2009):

- On-site productie door middel van:
  - Elektrolyse waarbij de stroom geleverd wordt door het elektriciteitsnet.
  - Stoom reformatie van LPG of aardgas, waarbij aardgas aangeleverd kan worden via het bestaande aardgasnet.
- Centrale productie met aanvoer per tankwagen of pijpleiding.

Wanneer de waterstofmarkt zich gaat ontwikkelen, dan is de vraag of er speciale waterstoftankstations gaan komen of dat de optie wordt geïntegreerd in de bestaande tankstations. In dat laatste geval is de beschikbare ruimte essentieel. De beschikbare ruimte is veelal beperkt en leent zich niet voor stalling van tubetrailers, opslag van vloeibare waterstof of installaties voor on-site productie inclusief afscherming en veiligheidszones. Bovendien is het energetische rendement van lokaal geproduceerde waterstof lager en zijn de kosten hoger. Aanvoer van centraal geproduceerde waterstof ligt dan ook meer voor de hand. Deze centraal geproduceerde waterstof kan vervoerd worden in de vorm van gecompriemde waterstof (CGH<sub>2</sub>) of vloeibare waterstof (LH<sub>2</sub>). Aan beide opties kleven voor- en nadelen.

Voordelen die de LH<sub>2</sub> optie biedt zijn:

- Relatief weinig vervoersbewegingen nodig ten opzichte van CGH<sub>2</sub>.
- Goede waterstofkwaliteit, geen verontreinigingen.

Belangrijkste nadeel is dat het afkoelen tot -253°C ongeveer 30% van de energie-inhoud vergt.

Voor vloeibare waterstof moet gebruik gemaakt worden van een cryogene-pomp (een pomp voor vloeibaar gemaakte gassen) of -compressor, daardoor is het energieverbruik op locatie

voor levering van 350 of 700 bar H<sub>2</sub> relatief beperkt. Daar staat tegenover dat de productie van LH<sub>2</sub> veel meer energie vergt. Het is op dit moment nog niet duidelijk of een on-site cryogene pomp technisch en financieel haalbaar is. Het is in principe ook mogelijk om een vloeibare waterstof tank in het voertuig te plaatsen. Echter om de brandstof koud te houden is wel een super geïsoleerde tank bij het tankstation noodzakelijk. Door het verdampen tijdens het gebruik blijft de brandstof koud<sup>9</sup>. Staat de auto echter meerdere dagen stil, dan gaat deze echter veel brandstof verdampen om koud te blijven. LH<sub>2</sub> is daarom vooral geschikt voor voertuigen die elke dag gebruikt worden, en minder voor particuliere voertuigen en bestelauto's die in het weekend stil staan.

### *Brandstofkosten*

De brandstofkosten zijn afhankelijk van de productiewijze.

- Stoom reforming. In dit geval bedraagt de minimale pompprijs van waterstof € 4 per kilogram (Hyways, 2007). Uit 1 m<sup>3</sup> aardgas kan door middel van stoom reformatie ongeveer 2 m<sup>3</sup> waterstof geproduceerd worden. Met een aardgasprijs van 40 €ct per m<sup>3</sup> en een energetische efficiency van stoom reforming van ongeveer 70% leidt dit tot een prijs van 29 €ct per m<sup>3</sup> waterstof. Bij 1 bar ( $\rho = 0,0899 \text{ kg/m}^3$ ) komt dit overeen met een productieprijs 3,30 €/kg voor waterstof. Inclusief BTW levert dit een kostprijs op van € 4 per kilogram. In werkelijkheid zal de prijs hoger uitvallen door de kosten van de productie-installatie, eventuele transportkosten en compressiekosten. De studie THRIVE naar de uitrol van de benodigde waterstof tank infrastructuur, gaat uit van een benodigde pompprijs tussen de € 4,8 en € 5,5 per kilogram om de investeringskosten tussen 2010 en 2030 terug te verdienen (Lebutsch, 2009). Deze pompprijs is gebaseerd op centrale productie via stoom reforming en transport van vloeibare waterstof. Ook zijn de prijzen sterk afhankelijk van de werkelijk te behalen utilisatiegraad van de pompstations.
- Elektrolyse: Het kost 285,8 - 341,4 kJ/mol aan energie om water te ontleden (NIST, 2009), wat overeenkomt met 3,6 - 4,3 kWh per m<sup>3</sup> waterstof. Afhankelijk van de grootte van de installatie varieert de omzettingsefficiency van 48 - 70% (DOE, 2009). Dit geeft een benodigde hoeveelheid elektriciteit van 5,1 - 10,2 kWh per m<sup>3</sup> waterstof. Met een huidige grootverbruikersprijs van 5 - 9 €ct per kWh kan een prijs van 25,5 - 91,8 €ct per m<sup>3</sup> waterstof berekend worden. Dit komt overeen met een productieprijs van € 2,8 per kg voor grote installaties tot € 10,2 per kg voor kleine installaties. Ook hier kunnen nog andere kosten bijkomen.

Het GVB in Amsterdam maakt gebruik van een elektrolyse opstelling om waterstof te produceren, zij melden een kostprijs van € 12 per kg. In Duitsland zijn al enkele waterstofvulstations operationeel. De pompprijs van waterstof geproduceerd via stoom reforming bedraagt daar momenteel ongeveer € 8 per kilogram (Weeda, 2010).

In beide productieprocessen zijn de (energetische) kosten van compressie nog niet meegenomen. Indien dit ongeveer 20% (Edwards et al, 2007) van de energie inhoud zou zijn (er moeten meer m<sup>3</sup> gecomprimeerd worden dan bij CNG en bovendien naar een hogere druk) zou dit de prijs met 0,5 tot 0,6 €/kg verhogen. Echter bij het gebruik van cryogene pompen is een compressor niet nodig.

De zuiverheid van waterstof geproduceerd met behulp van elektrolyse is hoger dan die van waterstof geproduceerd door middel van stoom reforming. Na stoom reforming kunnen er sporen zwavel en koolstofmonoxide achterblijven in het waterstof die de brandstofcel kunnen vergiften. Hierdoor zijn er mogelijk extra zuiveringstappen van het waterstof noodzakelijk die de productieprijs kunnen verhogen. De energie-inhoud van waterstof is relatief hoog, de boven-

---

<sup>9</sup> Bij metingen aan een BMW op LH<sub>2</sub> in 2006 bleek dat na 17 uur aanvullende koeling nodig te zijn. Dit gebeurt door waterstof via een drukventiel te laten ontsnappen, de zogenaamde 'boil out' en via verbranding onschadelijk te maken. In het gemeten tempo zou na 10 tot 12 dagen de complete inhoud van 8 kg zijn verdwenen (Boil, 2006). Een optie is om de tank nog beter te isoleren of om het eerste vrijkomende waterstof te gebruiken om bijvoorbeeld de accu's bij te laden.

waarde is 143 MJ/kg (NIST, 2009), de meer gebruikelijke onderwaarde of stookwaarde is 120 MJ/kg. Een pomprijs van € 8 per kilo komt dus overeen met een prijs van ongeveer 5,6 €/t/MJ voor waterstof geproduceerd via stoom reforming.

Samenvattend, worden in Tabel 2.15 de twee uiterste mogelijkheden voor de prijssamenstelling van waterstof weergegeven. *H<sub>2</sub> laag* gaat uit van centrale productie van waterstof via stoom reforming uit aardgas. De distributie naar de tankstations vindt in dit geval plaats via tankwagens met vloeibaar waterstof. Via een simpele berekening kan de gekozen brutowinst verantwoord worden. Een simpel waterstof brandstofcel voertuig zonder regeneratief remsysteem verbruikt ongeveer 1 kg waterstof per 100 km. Een vergelijkbaar voertuig aangedreven door LPG verbruikt ongeveer 8,5 l per 100 km. Dit betekent dat om eenzelfde business case te halen er een winstmarge van ongeveer € 0,30 per kilogram nodig is. Hiervoor is dan wel een utilisatiegraad van minimaal 128 auto's per vulpunt noodzakelijk, direct nadat het vulpunt operationeel is geworden. Doordat er nog zeer weinig waterstof auto's zijn lijkt een utilisatiegraad van 128 voertuigen per vulpunt initieel niet erg realistisch en zal de pomprijs aanzienlijk hoger liggen om te compenseren voor de aanloopverliezen. In Duitsland is de huidige pomprijs ongeveer € 8 /kg.

Tabel 2.15 *Overzicht kosten en brutowinstmarges waterstof*

	H <sub>2</sub> laag - Stoom reforming centraal [€/kg]	H <sub>2</sub> hoog - Elektrolyse bij tankstation [€/kg]
Prijs	5,5	12,2
Productiekosten	3,3	10,2
Distributiekosten	1	0,0 <sup>1</sup>
Brutowinst (tankstation)	0,32	0,05
Accijns en heffingen	0	0
BTW	0,88	1,95

<sup>1</sup> Bij een productie van 30-100 kg waterstof per dag valt het electriciteitsverbruik onder het zakelijk gebruik, hiervoor worden geen distributiekosten in rekening gebracht: <http://www.energieprijzenzakelijk.nl/>.

*H<sub>2</sub> hoog* gaat uit van kleinschalige waterstofproductie via elektrolyse bij het tankstation. De distributiekosten worden nu gegeven door de netwerkkosten voor de aanvoer van elektriciteit. Duidelijk is wel dat de kosten voor kleinschalige waterstofproductie via elektrolyse relatief hoog zijn en dat bij een doorbraak van waterstof in de transportsector initieel gekozen zal worden voor centrale waterstofproductie via stoom reforming. De directe accijns is beide gevallen nul. Wel wordt indirect accijns betaald, via de accijns op aardgas en elektriciteit (Ministerie van Financiën, 2009).

De efficiency van een brandstofcelvoertuig ligt aanzienlijk hoger dan de efficiency van een voertuig met een verbrandingsmotor. Een waterstof elektrisch voertuig kan ongeveer 100 km afleggen op 1 kg waterstof. Bij een pomprijs van € 8 per kg komt dit neer op een prijs van 8 €/t per kilometer, vergelijkbaar met de gemiddeldebenzine auto van dit moment. De kosten per kilometer voor een voertuig met een waterstofbrandstofcel zijn weergegeven in Tabel 2.20.

#### *Meerkosten en beschikbaarheid voertuigen*

Op dit moment zijn er nog geen voertuigen met een brandstofcel op waterstof te koop. In het buitenland is het op enkele plaatsen wel mogelijk om een dergelijke auto te leasen. Gezien de zeer beperkte productieomvang van deze voertuigen zijn de huidige meerkosten aanzienlijk. Uit een ECN-studie (Hoevenaars et al, 2008) blijkt dat de totale eigendomskosten, dit is inclusief belastingen, verzekering, brandstof en afschrijving, wordt geschat op ongeveer € 15.000 per jaar bij vrijstelling van zowel BPM als MRB. Dit is ongeveer twee keer zoveel als een vergelijkbaar benzine aangedreven voertuig. Pas bij een afzet van ongeveer 100.000 brandstofcelvoertuigen zullen de kosten, wat orde van grootte betreft, vergelijkbaar zijn.

Waterstofvoertuigen met een interne verbrandingsmotor (ICE) zijn ongeveer twee maal minder efficiënt dan brandstofcelvoertuigen, dit betekent dat waterstof ICE voertuigen op dit moment noch economisch rendabel noch milieuvriendelijk zijn. De maximale efficiency die met een interne verbrandingsmotor gehaald kan worden ligt rond de 40% dit is significant lager dan de maximale efficiëntie van een brandstofcel die rond de 70% ligt. BMW heeft bekend gemaakt te stoppen met de ontwikkeling van interne verbrandingsmotoren op waterstof (Handelsblatt 2009).

### 2.6.3 Veiligheid en ruimtebeslag

#### *Veiligheid*

NEN, SenterNovem en VROM werken aan praktijkrichtlijnen voor de bouw van waterstofvulstations, met name de NPR 8099 richtlijn. Voor waterstof in het algemeen geldt dat de dichtheid lager is dan die van lucht, waardoor bij ontsnapping van waterstof deze snel zal opstijgen en niet zal blijven hangen rond het vulpunt, dit in tegenstelling tot LPG. De ontstekingstemperatuur van waterstof ligt tussen de 520 en 680 °C, wat hoger is dan voor LPG, zie Tabel 2.9. De veiligheidsrisico's van het gebruik van waterstof zijn dus lager dan de veiligheidsrisico's van het gebruik van LPG. Wat dit precies betekent zal verder uitgewerkt worden in de NPR 8099 richtlijn.

Momenteel is het nog niet duidelijk hoe het waterstof aanwezig zal zijn bij de tankstations, in de vorm van gecompriemd waterstof (CGH<sub>2</sub>) of als vloeistof (LH<sub>2</sub>). Deze twee vormen van waterstof hebben verschillende veiligheidsrisico's.

- Gasvorming waterstof is lichter dan lucht en heeft in dat opzicht een lager veiligheidsrisico dan LPG. Het gaat echter wel om gas onder zeer hoge druk wat extra veiligheidseisen stelt aan opslag, leidingwerk en vulslangen.
- Bij vloeibaar waterstof is er een kans op een zogenaamde Boiling Liquid Expanding Vaporation Explosion (BLEVE). Door een externe bron wordt de tank met de vloeibare brandstof opgewarmd waardoor de druk toeneemt, wat de tank kan doen openscheuren of exploderen. Vervolgens wordt de vrijkomende brandstof ontstoken door de externe bron. In het geval van een 'koude' BLEVE bezwijkt de tank door mechanisch falen. Echter deze kans wordt voor waterstof kleiner geschat dan voor LPG, zie ook Paragraaf 2.3.3 (Heidebrink et al, 2009).

De risico's van waterstofinstallaties zijn op basis van de huidige inzichten kleiner dan die van LPG-tankinstallaties, ondanks de onzekerheden bij waterstof over de correcte modellering, de invloed van de omgeving op de effecten en het eventuele effect van een BLEVE.

#### *Ruimtebeslag*

Afhankelijk van het feit of er aparte waterstof-tankstations komen of dat de vulpunten toegevoegd worden aan bestaande tankstations kan ruimtebeslag een factor zijn. Bij bestaande tankstations is het veelal niet mogelijk om de infrastructuur voor on-site waterstofproductie te plaatsen (geldt voor zowel stoom reforming als elektrolyse). Rond de opslag dient ook een veiligheidzone aangehouden te worden.

Het ligt in de verwachting dat waterstof in de nabije toekomst of via het bestaande pijpleidingennetwerk aangevoerd kan worden of via tankwagens.

- Via een pijpleidingensysteem wordt waterstof onder lage druk getransporteerd. Vervolgens moet het waterstof met behulp van compressors naar de gewenste druk van ongeveer 350 bar gebracht worden. Om de laadtijden voor de automobilist te beperken zal hier een beperkte opslag onder hoge druk noodzakelijk zijn.
- In het geval van aanlevering via tankwagens die waterstof onder hoge druk bevatten, zal de omvang van de benodigde hoge druk opslagcapaciteit aanzienlijk groter zijn. Dit is wellicht niet op alle locaties te realiseren.
- Als het gebruik van cryopompen technisch en economisch haalbaar blijkt te zijn, zal gebruik gemaakt gaan worden van vloeibare waterstof (LH<sub>2</sub>). Het is echter op dit moment nog niet

duidelijk of dit het geval zal zijn. Op dit moment zijn de kosten van transport en opslagvat voor vloeibare waterstof hoger dan van een compressor.

## 2.7 Elektriciteit

### 2.7.1 Huidige situatie en mogelijke ontwikkeling

#### *Huidig aantal tankstations/vulpunten*

In september 2009 waren er vijf plaatsen in Nederland met een oplaadmogelijkheid voor elektrische voertuigen.

Tabel 2.16 *Locaties van oplaadpunten in Nederland*

Locatie	Aantal	Spanning	Tarief
Amsterdam	15*	220	Gratis/betaald
Eelde Luchthaven	20	220	?
Rotterdam	4	220	Betaald
Culemborg	?	?	?
Arnhem	?	220/380	?

\* [www.nieuwamsterdamsklimaat.nl/vervoer/amsterdam\\_elektrisch/kaart\\_oplaadpunten](http://www.nieuwamsterdamsklimaat.nl/vervoer/amsterdam_elektrisch/kaart_oplaadpunten).

Noot: Verder waren er 418 oplaadpunten voor elektrische fietsen en elektrische brommers.

#### *Huidige en verwachte verkoopvolumes*

In de Europese wetgeving worden verschillende stimulansen gegeven voor elektrisch vervoer:

- In de nieuwe Europese verordening met CO<sub>2</sub>-emissionormen voor nieuwe personenauto's (nr. 443/2009) tellen tot 2015 elektrische auto's dubbel mee.
- De doelstelling van 10% hernieuwbare energie in de transportsector kan deels ook met elektrisch vervoer ingevuld worden, waarbij voor het hernieuwbare aandeel elektriciteit gerekend mag worden met het nationale, of het Europese gemiddelde.

De Nederlandse overheid investeert € 65 miljoen in elektrisch vervoer (Verkeer en Waterstaat, 2009). Het toekomstige beleid is erop gericht om:

- Aankoopsubsidie te geven voor bedrijven die elektrische voertuigen in het wagenpark opnemen.
- Fiscaal voordeel te geven aan investeringen in laadpunten.
- Elektrische voertuigen vrij te stellen van BPM en wegenbelasting.
- In het overheidswagenpark waar mogelijk elektrische voertuigen op te nemen.

Er zijn ook verschillende initiatieven vanuit het bedrijfsleven en de lokale overheid.

- Een samenwerkingsverband tussen onder meer Cogas, Delta netwerk, Enexis en NRE wil 10.000 laadpunten voor elektrische auto's gerealiseerd hebben voor eind 2012.
- De Gemeente Amsterdam heeft de ambitie om versneld elektrische voertuigen te introduceren in Amsterdam (Passier et al, 2009). Door de gemeente Amsterdam is de ambitie geformuleerd om 10.000 elektrische voertuigen en de benodigde infrastructuur in de stad te hebben in 2015.

De vraag hoe snel het elektrische voertuigenpark zich zal ontwikkelen ligt echter op mondiaal niveau. Internationale stimulansen voor elektrisch vervoer zijn onder meer:

- The European Green Car Initiative: EU FP7 programma, € 1 miljard beschikbaar voor R&D en innovatie.
- Voiture Electrique, Frankrijk, € 4 miljard beschikbaar met als doel 2 miljoen elektrische voertuigen met infrastructuur in 2020 (Zutphen, 2009).
- Duitsland, € 167 miljoen voor aankoopsubsidie van elektrische voertuigen. Duitsland heeft de ambitie om in 2020 1 miljoen elektrische voertuigen op de weg te hebben.

De vraag van de consument naar een grotere actieradius en de uitdaging om de capaciteit van de accu's te vergroten zijn leidraad in de visie van de grote Duitse autoproducenten en toeleveranciers. Onder andere Bosch, Daimler en Opel hebben de strategie om niet nu grote hoeveelheden puur elektrisch aangedreven voertuigen op de markt te brengen, maar geleidelijk de overgang te maken via hybriden in verschillende gradaties. In de eerste modellen zal de verbrandingsmotor nog relatief vaak aan moeten, later kan die motor als back-up gebruikt worden, en uiteindelijk helemaal wegvallen. Een hybride auto voldoet makkelijker aan de verwachtingen in termen van actieradius, maar heeft echter ook nadelen ten opzichte van puur elektrische aangedreven auto's, die geen benzinetank, uitlaat, of verbrandingsmotor nodig hebben. Dat kan geld en veel ruimte en gewicht in het voertuig besparen. Het belangrijk voordeel van plug in hybriden is dat niet direct een dekkend netwerk van laadpalen noodzakelijk is (Gilijamse, 2009).

#### *Verwachte wijze van productie/aanvoer/opslag*

Verwacht wordt dat het laden van de accu decentraal zal zijn. Voor het woon-werkverkeer kan volstaan worden met oplaadpunten in de woonplaats, bij de woning en op het werk. Mogelijk wordt dit aangevuld met snellaadpunten op bestaande tankstations, of bijvoorbeeld bij supermarkten. Het concept van accuwisselstations wordt door sommige partijen als kansrijk gezien vanwege de beperkte wachttijd, terwijl anderen wijzen op de hoge eisen aan de technische uniformiteit voor de plaatsing van de zware accu in de auto.

Standaardisatie op het gebied van opladen, communicatie met de stroomleverancier en tussen elektrische voertuigen is van groot belang voor een succesvolle introductie. In april 2009 is een industriestandaard uitgebracht voor opladen door de auto-industrie en de energiesector (Passier et al, 2009).

## 2.7.2 Kosten

### *Installatie: investering en onderhoud*

De realisatie van 10.000 laadpunten vergt een investering van ongeveer € 15 miljoen, ofwel zo'n € 1.500 per laadpaal. Deze laadpunten zijn eenvoudige laadsystemen. Meer geavanceerde publieke snellaadpunten met de benodigde elektronica voor betaling, inclusief klantherkenning, kosten ongeveer € 15.000 (EON). Het prijsverschil wordt voornamelijk veroorzaakt door het feit dat het simpele laadpunt alleen maar een stroom aansluiting is waarbij de werkelijke lader in het voertuig aanwezig is. Terwijl in de duurdere variant het snellaadsysteem in de laadpaal aanwezig is. Epyon rekent voor een 10 kW snellader systeem in de laadpaal ongeveer € 20.000 kost. Wellicht dat door grootschalige productie de kosten van laadpalen in de toekomst nog kunnen dalen. Al deze systemen werken nog steeds met een elektriciteitskabel naar de wagen. Er wordt ook nagedacht over inductieve laadsystemen, maar dit is nog te ver weg van grootschalige toepassing. Het probleem van elektrisch vervoer blijft echter de relatief lange laadtijd ten opzichte van vloeibare en gasvormige brandstoffen, waardoor er veel laadpunten nodig zijn om alle voertuigen van stroom te kunnen voorzien.

Het investeren in elektrische laadpalen levert momenteel nog geen rendabele business case op voor bedrijven. Dit kan onderbouwd worden met de volgende redenering. Er wordt meestal vanuit gegaan dat ieder elektrische voertuig 2,2 laadpalen nodig heeft, doordat een geparkeerd voertuig de laadpaal voor langere tijd bezet kan houden (Zutphen, 2009). Echter indien een voertuig 15.000 kilometer per jaar aflegt en een actieradius heeft van ongeveer 120 kilometer hoeft slechts om de drie dagen de accu opgeladen te worden. Het verbruik van een elektrisch voertuig is ongeveer 0,2 kWh/km, zie sectie brandstofkosten, waardoor een accu van ongeveer 24 kWh nodig is om 120 km af te kunnen leggen. De afname bij de laadpaal ligt dan op ongeveer 8,5 MWh per jaar. Uitgaande van een brutowinstmarge van € 0,02 per kWh, zie Tabel 2.20, is de brutowinstmarge per laadpaal dus ongeveer € 170 per jaar. Dit is niet voldoende voor be-

drijven om investeringen in laadpalen te doen. Door differentiatie op de energieheffing kan deze brutowinstmarge nog verbeteren.

### *Transport van de brandstof*

Elektriciteit kan aangeleverd worden via het bestaande elektriciteitsnet. Bij een grote penetratie van elektrische voertuigen worden wel extra eisen gesteld aan het netwerk, evenals aan de intelligentie ervan om door gereguleerd opladen overbelasting te vermijden. Ook is het zeer goed mogelijk om snellaadpunten aan te leggen bij treinstations, waar krachtstroom ruimschoots aanwezig is.

### *Brandstofkosten*

De efficiency van het elektrische voertuig is relatief hoog ten opzichte van verbrandingsmotoren. Grofweg ligt het verbruik aan de wielen tussen de 0,1 en 0,15 kWh/km (Olino, 2009). De totale ketenefficiency van het laden en ontladen van de accu en de elektromotor is nu ongeveer 70%, dus is het verbruik aan het stopcontact is ongeveer 0,214 kWh per kilometer. Uitgaande van het verbruik van 0,214 kWh/km zijn elektriciteitskosten ongeveer 4,2 €/ct/km. Hierbij is het kleinverbruikertarief van 21 €/ct per kWh gebruikt (Eurostat, 2009). Als gekozen wordt voor groene stroom, stijgen de productiekosten. Of dit consequenties heeft voor het tarief, hangt af van de beschikbaarheid van SDE subsidie. In Tabel 2.18 is het kleinverbruikertarief voor 'EV groen' geschat zonder SDE subsidie, ofwel verhoogd met de meerkosten. Er is uitgegaan van de productiekosten van windenergie op land (van Tilburg et al, 2009).

Afhankelijk van de afname gelden er verschillende energieheffingen voor elektriciteit, zie Tabel 2.17. Het is onduidelijk of deze energieheffing per aansluiting geldt of over meerdere laadpalen verdeeld mag worden. Dit zal wettelijk geregeld moeten worden. Netwerk kosten worden per aansluiting, als een vast bedrag op jaarbasis, in rekening gebracht. Het is ook nog niet duidelijk hoe er omgegaan zal worden met netwerkkosten als getankt wordt bij meerdere laadpalen.

Tabel 2.17 *Energieheffing bij verschillende afnamehoeveelheden*

Afname [MWh]	Energieheffing [€/ct]
< 10	11
10 - 50	4
> 50	1
Zakelijk gebruik	0,5

In Tabel 2.18 is een overzicht gegeven van de kostenopbouw van elektriciteit voor elektrisch vervoer.

Tabel 2.18 *Overzicht kosten en brutowinstmarges elektrisch vervoer (kleinverbruikers)*

	EV grijs [€/kWh]	EV groen [€/kWh]
Verkoopprijs aan laadpaal	0,25	0,29
Netwerkkosten	0,04	0,04
Kleinverbruikerstarief	0,21	0,25
Productiekosten	0,05	0,09
Brutowinst (stroomleverancier)	0,02	0,02
Accijns en heffingen	0,11	0,11
BTW	0,03	0,04

\* Netwerkkosten worden per aansluiting in rekening gebracht, onafhankelijk van de afname, in deze tabel is uitgegaan van een afname van 8,5 MWh.

### *Meerkosten en beschikbaarheid voertuigen*

De huidige meerkosten van een elektrische auto zijn gemiddeld € 20.000. Omdat deze meerkosten sterk afhankelijk zijn van de actieradius van het voertuig, de grootte van de accu, zijn er aanzienlijke verschillen in aanschafprijs tussen de € 10.000 tot € 50.000. Op dit moment zijn er in Nederland nauwelijks elektrische auto's te koop. Verwacht wordt dat de komende vijf jaar een groot aantal fabrikanten elektrische auto's op de markt gaan brengen. Rond 2013 kunnen de meerkosten (exclusief belastingen en heffingen) hierdoor gedaald zijn van het huidige niveau van ongeveer € 15.000 tot € 10.000 (actieradius 150200 km). Het ITM-project (Nieuwenhout et al, 2009) verwacht op basis van de huidige ontwikkelingen in de lithium-ion batterijen dat de meerkosten van € 15.000 in prototype elektrische voertuigen verder gereduceerd kunnen worden tot € 3.000 in 2020.

In de lease markt hebben volledig elektrische voertuigen nog een hoge prijs, zie Tabel 2.19

Tabel 2.19 *Jaarlijkse kosten voor alternatieve brandstoffen en technologieën voor dieselauto's op basis van een jaarkilometrage van 35.000 km en het verbruiksgedrag van een dieselauto (Kampman et al, 2008)*

	Diesel	Hybride	Elektrisch
<i>Kosten werkgever</i>			
Brandstofkosten	2.282	2.468	1.154
Afschrijving en rente	5.040	5.372	14.231
Onderhoud	1.075	1.075	1.565
MRB	972	272	0
Correctie op privégebruik	780	467	983
Totaal kosten leasen	8.732	7.977	18.625
Totaal kosten incl. brandstof	11.015	10.444	19.780
<i>Kosten werknemer</i>			
Bijtelling [€/jaar]	2.691	1.610	3.391

### 2.7.3 Veiligheid en ruimtebeslag

Door overbelading kan lithium van de kathode neergeslagen worden op de anode. Dit leidt tot een te hoge spanning over de cel waardoor de kathode degenereert en het elektrolyt wordt geoxideerd. Deze chemische reacties zijn exotherm waardoor er veel warmte geproduceerd kan worden, zelfs nadat het opladen is gestopt. In extreme gevallen kan de cel exploderen. Deze gevaren zijn voornamelijk aanwezig bij snellaadsystemen, maar kunnen worden voorkomen door regelelektronica. Echter, tussen 2002 en 2007 zijn meer dan 200 PHEV en EV voertuigen getest waarbij er geen veiligheidsproblemen gemeld zijn (BERR, 2008).

De laadpunten kunnen geplaatst worden op bestaande parkeerterreinen in de woonplaats en op de werkplek. Als er snellaadpunten bij tankstations geplaatst worden, is de aanwezigheid van voldoende parkeergelegenheid wel een aandachtspunt.

## 2.8 Overzicht

In deze paragraaf worden de conclusies uit dit hoofdstuk samengevat. De drie belangrijkste voorwaarden voor een succesvolle introductie van een alternatieve brandstof zijn:

- Dekkingsgraad van de vulpunten voor de alternatieve brandstof.
- Business case uit het oogpunt van de brandstofleverancier.
- Financiële aantrekkelijkheid uit het oogpunt van de consument.



### *Dekkingsgraad*

Een landelijk dekkend netwerk bestaat uit minstens 300 pompstations. Het huidige netwerk is voor geen enkele alternatieve brandstof landelijk dekkend. De TAB subsidie zorgt naar verwachting voor toename van het aantal CNG en E85 pompstations in komende jaren. Initieel is een compleet landelijk dekkend netwerk niet noodzakelijk voor CNG, E85 en (hybride) elektrisch vervoer omdat de voertuigen ook op benzine kunnen rijden (Bi-fuel, flex-fuel en PHEV). Waterstof vormt een uitzondering omdat hiervoor geen flex-fuel varianten beschikbaar zijn, maar de voertuigen zijn op dit moment ook nog niet voor de massamarkt beschikbaar.

### *Business case brandstofleveranciers*

- De brutowinst marge voor CNG is voldoende mits de utilisatiegraad groot genoeg is. Het huidige aantal CNG voertuigen zorgt voor een voldoende hoge utilisatie, echter bij een groei van de tank infrastructuur moet het wagenpark ook meegroeien.
- Na accijnsdifferentiatie is de brutowinstmarge op E85 voldoende, mits de utilisatiegraad voldoende is.
- De utilisatiegraad voor de tank infrastructuur van waterstof is momenteel nog nihil, echter bij een voldoende utilisatiegraad kan er naar verwachting brutowinst gemaakt worden. De onzekerheden over toekomstige kosten zijn groot, en deels afhankelijk van de wijze waarop de waterstof geproduceerd en gedistribueerd wordt.
- De uitrol van elektrische laadpalen gaat naar verwachting niet via de brandstofleveranciers. De winstmarge op elektriciteit is op dit moment te laag om interessant te zijn voor investeringspartijen. De lage utilisatiegraad per laadpaal is hier debet aan.

### *Financiële aantrekkelijkheid uit het oogpunt van de consument*

Hoewel een CNG-voertuig duurder is in aanschaf, zijn deze meerkosten terug te verdienen doordat de brandstofkosten aanzienlijk lager zijn dan die van een vergelijkbaar benzine voertuig. De meerkosten van een E85 voertuig zijn echter niet terug te verdienen, doordat de brandstofkosten niet lager zijn dan die van een vergelijkbaar benzine voertuig.

In Tabel 2.20 worden de resultaten uit de vorige paragrafen samengevat. Benadrukt wordt dat deze cijfers niet los gezien kunnen worden van de toelichtingen in de betreffende paragrafen. Met name de kostenschattingen voor rijden op elektriciteit en waterstof zijn met grote onzekerheden omgeven, omdat deze technologieën nog niet grootschalig op de markt zijn, waardoor prijsvorming nog niet transparant is en de fiscale behandeling nog niet volledig duidelijk is.

De belangrijkste aannames zijn:

- Voor zowel Euro 95 als diesel is uitgegaan van 3,75% biobrandstoffen op energiebasis.
- De pompprijs van vloeibare biobrandstoffen is gecorrigeerd voor de bioticketprijs. Er is dus vanuit gegaan dat B100 en E85 alleen worden verkocht binnen de afzetverplichting.
- In de prijs van E85 (uit 2009) is dezelfde accijns gehanteerd als voor benzine. In 2010 is er een correctie ingevoerd voor de lagere energie-inhoud van ethanol.
- Voor groen gas is een lage en een hoge pompprijs gehanteerd. De lage prijs is gelijk aan die van CNG.
- De lage prijs voor waterstof is gebaseerd op productie uit aardgas via stoom reforming, terwijl de hoge prijs gebaseerd is op electrolyse. Kosten voor vulpunten hangen sterk af van gekozen productie en distributeroute. De lage schatting gaat uit van additioneel aanbod op bestaande tankstations, terwijl de kosten sterk stijgen indien uitgegaan wordt van bevoorradings met vloeibare waterstof van een nieuw tankstation (Melendez, 2005 en Tabel 2.14).
- Voor elektriciteit is uitgegaan van kleinverbruikertarief plus netwerk kosten. Als bovenschatting is de prijs van groene stroom uit windenergie gehanteerd.

Tabel 2.20 *Overzicht*

Brandstof	Benzine	Diesel	E85	B100	LPG	CNG	Groen gas (hoog/laag)	H <sub>2</sub> (SMR/ electrolyse)	EV (grijs/groen)
Aantal tankstations 2009	4.243	4.243	23	11	1.933	27	1	1	6
Voertuigen/tankstation	1.424	495	330		128	30			
Voertuigen/tankstation benodigd									
Additioneel						32	77		
Zelfstandig						260	625		
Extra investering vulpunten [€]			35.000	35.000		350.000	350.000	170.000 - 1.850.000	1.500-15.000
Productieprijs [€/l]	0,282	0,301	0,289*	0,384*	0,303	0,327 /kg	0,452 /kg**	3,30 -10,2/kg	0,05 - 0,09/kWh
Waarvan Bioticket/biobrandstof [€/l]	0,016	0,015							
Verkoopprijs [€/l]	1,330	0,995	1,33	0,995	0,584	0,69 /kg	0,69 -0,99/kg	5,50-12,2/kg	0,25-0,29 /kWh
Waarvan:									
Accijns €/l	0,706	0,419	0,706	0,419	0,071	0,037 /kg	0,037 /kg	0	0,11 /kWh
BTW €/l	0,212	0,159	0,212	0,159	0,093	0,110 /kg	0,11-0,16 /kg	0,88-1,95/kg	0,03 - 0,04 /kWh
Transport €/l	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,005 /kg	0,005 /kg	0-1/kg	0,04/kWh
Brutowinstmarge oliemaatschappij [€/l]	0,014	0,014			0,014				
Brutowinstmarge brandstofleverancier [€/l]	0,048	0,035	0,055	-0,035	0,035	0,212 /kg	0,09-0,37 /kg	0,05-0,32/kg	0,02 /kWh
Brandstofkosten[ €/MJ]	0,039	0,027	0,058	0,030	0,023	0,018	0,018-0,026	0,04-0,09	0,07-0,08
Brandstofkosten geschaald op voertuigefficiëntie [€/km]	0,086	0,055	0,128	0,061	0,050	0,038	0,038-0,054	0,05-0,10	0,05-0,06
Extra aanschafkosten voertuig inclusief BPM [€]	0	2.500-3.500	500	3.000 - 4.000	2.000- 2.500	2.000- 2.500	2.000- 2.500		
Wegenbelasting [€/jaar]	408	900	408	900	560	408	408		
Rentabiliteit in jaren bij 20.000 km/jaar	0	3 <sup>1)</sup>	Nooit	Nooit	4	3	5,5		

<sup>1)</sup> Bij 40.000 km per jaar.

\* Gecorrigeerd voor de bioticketprijs

\*\* Inclusief SDE-subsidie.

Bronnen: BOVAG, maart 2009 en European Centre of Mobility Documentation, eigen afleidingen.

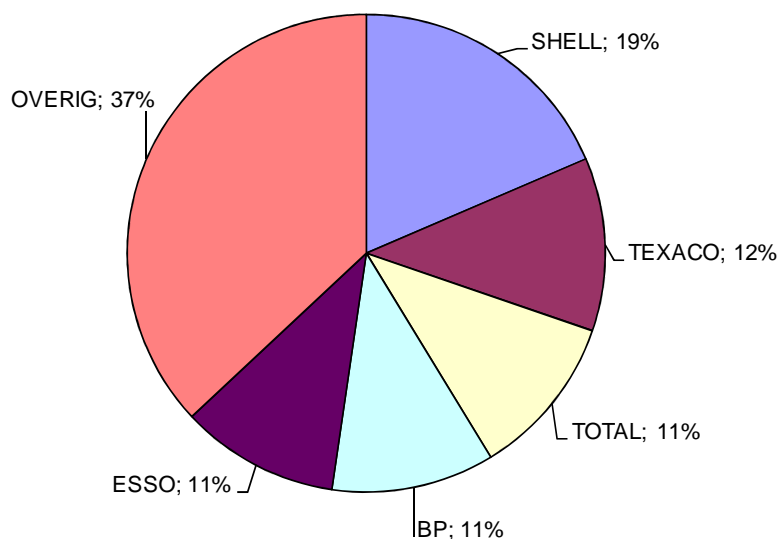
### 3 Ervaringen en opinies

De literatuurstudie uit het vorige hoofdstuk wordt in dit hoofdstuk aangevuld met ervaringen uit het buitenland en standpunten van actoren in de markt.

#### 3.1 Perspectief van actoren

In deze paragraaf wordt het perspectief van de brandstofleveranciers en de oliemaatschappijen besproken. Dit is tot stand gekomen na interviews met de HT campus, ArgosOil, BOVAG en Enexis. Op de high tech (HT) campus in Eindhoven bevinden zich vele high tech bedrijven die samenwerken om nieuwe technologie op de markt te brengen. Een van de doelen is het realiseren van vulpunten voor alternatieve brandstoffen op de campus. ArgosOil is een brandstofleverancier die zich wil gaan toeleggen op de verkoop van alternatieve brandstoffen. BOVAG is een brancheorganisatie van ondernemers die zich bezig houdt met mobiliteit in de breedste zin van het woord en Enexis is een netbeheerder.

Het is interessant om te zien hoe de diverse aanbieders zich inzetten om aan de doelstellingen voor hernieuwbare energie (RED 2009/28/EC) in de transportsector te voldoen. Ook is het relevant om te zien of de aanbieders zich actief opstellen en of ze kiezen voor een bijmengvariant of kiezen voor bedienen van een nieuw marktsegment met zeer hoge aandelen voor biobrandstoffen. Voor deze laatste categorie zijn speciale (flex fuel) voertuigen nodig. Overigens benadrukten de geïnterviewde actoren dat er een accijnsdifferentiatie voor biobrandstoffen noodzakelijk was, voordat tot de verkoop van E85 en B100 overgegaan kan worden. Inmiddels is inderdaad besloten om accijnsdifferentiatie toe te passen op ethanol om gedeeltelijk voor het verschil in energie inhoud te corrigeren (Ministerie van Financiën, 2010).



Figuur 3.1 Marktaandelen van de verschillende brandstofaanbieders

#### *Structuur van de markt*

Shell heeft met 561 tankstations in Nederland de meeste tankstations en een marktaandeel van 18,5% (BOVAG). Gulf heeft in het segment Overig het grootste marktaandeel met 3,3%. De vijf grote oliemaatschappijen hebben samen een marktaandeel van ongeveer 63%.

De vijf grote oliemaatschappijen, zie Figuur 2.2, voldoen aan de biobrandstof afzetverplichting door bijmenging. Het valt op dat de grote oliemaatschappijen voornamelijk inzetten op de ontwikkeling van tweede generatie biobrandstoffen. Doordat deze oliemaatschappijen internationaal werkzaam zijn, hoeft de innovatie in de biobrandstoffen niet als eerste in Nederland geïntroduceerd te worden. In maart 2009 kondigde Shell aan te stoppen met investeringen in wind- en zonne-energie, waardoor de focus komt te liggen op biobrandstoffen. Shell had een belang van 50% in Iogen, een Canadees bedrijf dat werkt aan een proces om ethanol uit cellulose te produceren. In Ottawa heeft Shell in juni 2009 een vulpunt geopend voor E10 waarvan de ethanol gemaakt is uit stro. Verder heeft Shell samen met Choren Industries gewerkt aan biodiesel via vergassing en FT katalyse. Shell verwachtte dat biobrandstoffen uit cellulose over 5 tot 10 jaar commercieel haalbaar is.

BP ontwikkelt in samenwerking met Verenium een fabriek voor de productie van tweede generatie biobrandstoffen op basis van gras. Verenium heeft in de VS al demonstratiefabrieken gebouwd. Verder investeert BP in ethanolproductie op basis van suikerriet in Brazilië. BP hoopt in 2010 met de verkoop van ethanol te kunnen beginnen. Daarnaast wil BP over enkele jaren ook biobutanol verkopen. BP en Dupont zijn in 2006 begonnen met de ontwikkeling van een proces om biobutanol te produceren uit suikerbieten en biomassa. BP claimt dat het grote voordeel van biobutanol is dat deze brandstof gebruikt kan worden in de meeste bestaande motoren en dat de meeste auto's er zonder aanpassing op kunnen rijden. Bovendien heeft biobutanol een hogere energie-inhoud en is minder hygroscopisch dan ethanol.

Total zet in op bioETBE dat uit bioethanol geproduceerd kan worden. Door de andere karakteristieken (hoger octaangetal) kan volgens de EN228 benzinenorm tot 15% bioETBE bijgemengd worden zonder aanpassingen aan het voertuig. Dit is aanzienlijk hoger dan de bijmenggrens voor bioethanol (rond de 6% op energiebasis). Echter ETBE wordt geproduceerd uit ethanol en isobutylene, waarvan alleen de ethanol uit landbouwgewassen kan worden geproduceerd. Hierdoor is het aandeel wat echt gerekend kan worden tot biobrandstof lager.

#### *Aanbieders van E85/biobrandstoffen*

Er is slechts een drietal kleine aanbieders actief op het gebied van de verkoop van brandstoffen met hoge percentages biobrandstoffen zoals E85. Volgens de website [www.fuelswitch.nl](http://www.fuelswitch.nl) waren er in oktober 2009 23 tankstations met ethanol (E15-E85), waarvan 20 bij Tamoil. De overige ethanol vulpunten waren bij tankstations van ArgosOil en Berkman. Daarnaast verkoopt ArgosOil op 8 tankstations B5, dit bevat een hoger percentage biodiesel dan wettelijk vereist is (dit is ongeveer 4,5% op energiebasis).

In principe is alle bioethanol die verkocht wordt in Nederland watervrij. De productie van waterrijke ethanol is een energie-intensief proces, waardoor de CO<sub>2</sub>-ketenuitstoot per MJ veel hoger is. Indien het mogelijk wordt om op waterhoudende ethanol te rijden, kan er een aanzienlijke reductie van CO<sub>2</sub>-uitstoot en productiekosten gerealiseerd worden. Alleen bij Berkman lopen proefprojecten bij vier tankstations met waterhoudende E15, ook wel aangeduid met hE15.

#### *Technische bezwaren van brandstofleveranciers tegen biobrandstoffen*

Versillende technische problemen die optreden bij de verkoop van biobrandstoffen werden naar voren gebracht in de interviews. In de praktijk zijn er problemen met biologische groei in biobrandstoffen zowel bij bijmenging als bij pure biobrandstoffen. Hierdoor raken filtersystemen op het tankstation en in het voertuig verstopt met hogere onderhoudskosten als gevolg. Zo rekenen pompstationhouders met één extra onderhoudsdag per maand. Daarnaast kunnen er in de E85 voertuigen ook problemen ontstaan door het hygroscopische karakter van bioethanol, waardoor (ongewenste) watervorming in de tank plaatsvindt.

In het verleden zijn er, vanwege het brede spectrum in het aanbod van biobrandstofmengsels (E5, E15 en E85) enkele consumenten geweest die verkeerde brandstof getankt hebben en daar-

door problemen met het voertuig kregen. Volgens de brandstofleveranciers is in deze gevallen niet duidelijk wie verantwoordelijk is voor de eventuele schade aan het voertuig.

#### *Aanbieders van elektriciteit*

Elektriciteit wordt op dit moment nog niet aangeboden bij reguliere tankstations. Er is wel gestart met het installeren van laadpalen door netbeheerders (o.a. Enexis, Alliander). In Amsterdam zorgt Liander voor de plaatsing van de laadpaal en speelt de dienst Milieu en Bouwtoezicht een centrale rol in het regelen van de locatie van de paal. Nuon levert de groene stroom. Zie Paragraaf 2.7.1 voor meer details over de huidige situatie.

De optie van een elektrische (snel)laadpaal bij een tankstation is geen interessante business case voor de brandstofleveranciers op korte termijn, en ook op lange termijn is de case niet erg aantrekkelijk. Men verwacht dat elektrische laadpunten alleen rendabel zullen zijn bij zeer lange afschrijftermijnen typisch meer dan 25 jaar. Dit komt voornamelijk door de veiligheidsnormen van de openbare laadpaal en de kosten van het identificatie en betaalsysteem. Daarom gaan de netwerkbeheerders ervan uit dat het geen economisch rendabele business case kan worden maar als onderdeel van de algemene middelen ter beschikking gesteld moet worden.

Echter één van de zaken die de introductie van elektrische voertuigen kan bevorderen is de beschikbaarheid van noodlaadvoorzieningen bij reguliere tankstations. Als een automobilist zich vergist in zijn planning of moet omrijden door onverwachte omstandigheden, zoals omleidingen, kan het voorkomen dat zijn accu leeg raakt. Als normale tankstations een voorziening zouden bieden voor een 'noodlading', zou dit een barrière voor elektrisch rijden wegnemen. Zo'n noodvoorziening zou de angst om met een lege accu langs de weg te komen staan aanzienlijk kunnen verminderen.

#### *Weinig steun voor een verplichting*

Gevraagd naar het type beleidsinstrument, geven de meeste brandstofleveranciers aan een voorkeur te hebben voor subsidies boven een verplichting om alternatieve brandstoffen aan te bieden. Ook voor aanloopverliezen ziet men graag een subsidie. Daarnaast wordt benadrukt dat ondernemers visie en duidelijkheid van de overheid verwachten. De meeste brandstofleveranciers stellen dat accijnsdifferentiatie moet plaatsvinden voordat E85 aangeboden kan worden. ARGOS claimt dat de pompprijs van E85 rond de € 1,45 per liter moet liggen om quitte te spelen; dat is ongeveer 12 €ct hoger dan voor benzine. Momenteel is alleen bijmengen een economisch haalbare optie. Volgens enkele brandstofleveranciers is een kleine meerprijs van E85 ten opzichte van benzine geen probleem, met het oog op milieubewuste automobilisten en zakelijke rijders. Het overige prijsverschil kan door een kruissubsidie met fossiele brandstoffen en/of een accijnsverlaging overbrugd worden.

#### *Diversificatie?*

De brandstofleveranciers is ook gevraagd of zij hun aanbod van alternatieve brandstoffen zouden willen diversificeren of specialiseren. Hoewel de meningen verschillen, wordt de vrees voor versnippering over te veel alternatieven geuit, die in combinatie met hoge kosten en complexiteit van opzetten van een nieuwe tankinfrastructuur en bijbehorende aanvoerketens ertoe zou kunnen leiden dat fossiele brandstoffen dominant blijven. Daarnaast geven sommige aanbieders aan graag flexibel te willen zijn in het afstemmen van hun brandstofaanbod op de doelgroep, afhankelijk van de locatie van het tankstation.

### 3.2 Ervaringen in Zweden

Zweden is al vergevorderd met het stimuleren van alternatieve brandstoffen, met name bioethanol. In deze paragraaf wordt het beleid van de Zweedse overheid besproken, inclusief een aantal waarnemingen en een korte evaluatie.

### Voertuigen

In 2006 kregen de grote tankstations in Zweden een verplichting om tenminste een alternatieve biobrandstof aan te bieden. Al voor het invoeren van deze verplichting werd al enige tijd de verkoop van biobrandstoffen gestimuleerd door aankoopsubsidies op flex-fuel voertuigen en door accijnsdifferentiatie. Vanaf 2007 is deze regeling vervangen door een algemene subsidie van € 1.000 per voertuig. De aanschafsubsidie voor flex-fuel voertuigen is per december 2008 helemaal gestopt. Het effect van deze aanschafsubsidie is evident, anno 2008 reden er ongeveer 143.000 flex-fuel wagens rond in Zweden. Ter vergelijking, in Nederland reden anno 2008 ongeveer 7.600 flex-fuel voertuigen rond.

Additioneel waren er flankerende stimuleringsmaatregelen voor flex-fuel voertuigen door de lokale overheden zoals de vrijstelling van betaling om de binnenstad in te gaan (congestieheffing) en gratis parkeren. De eerdere vrijstelling voor de tolheffing (congestieheffing) in Stockholm is beperkt vanwege het grote aantal milieutoets auto's dat momenteel in de stad rondrijdt en nog steeds files veroorzaakt. In Stockholm rijden ongeveer 25% van alle milieutoets auto's in Zweden. Milieutoets auto's die aangeschaft zijn voor 1 januari 2009 hebben tot 2012 vrijstelling van de tolheffing die geldt in de hoofdstad. Milieutoets auto's die aangeschaft zijn na 1 januari 2009 hebben geen vrijstelling meer. Eveneens zijn er initiatieven van verzekeringsmaatschappijen die een 20% korting op de autoverzekering van een flex-fuel auto aanbieden.

In Tabel 3.1 worden de aantallen milieuvriendelijke voertuigen in 2008 weergegeven. Voertuigen met lage CO<sub>2</sub>-uitstoot zijn voertuigen die fossiele brandstoffen verbruiken maar minder dan 120 g CO<sub>2</sub> per kilometer uitstoten.

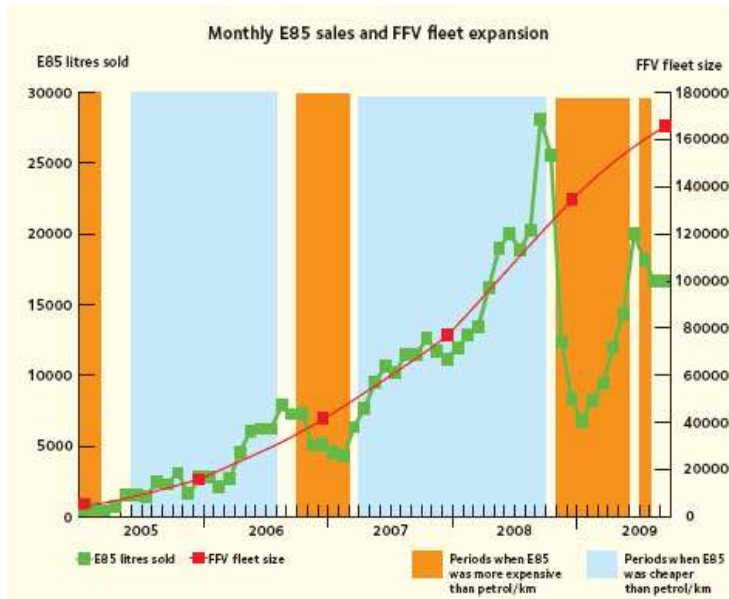
Tabel 3.1 *Aantallen milieuvriendelijke personenauto's eind 2008*

	Flex fuel	Hybride	CNG	Lage CO <sub>2</sub>	Totaal [mln]
Aantal Zweden	143.000	13.000	12.000	40.000	4,2
Aantal Nederland	7.600	11.300	200	>250.000*	7,4

\* ongeveer 17% van de jaarlijkse nieuw verkopen (segment A) zit onder de 120 g/km (BOVAG, 2009).

In 2006 bestond het totale personenautopark van Zweden uit relatief grote wagens met een hoge CO<sub>2</sub>-emissie, met een gemiddelde emissie van 181 gram CO<sub>2</sub> per kilometer. Door de introductie van voertuigen met een lage CO<sub>2</sub>-emissie, hybridisatie en CNG-voertuigen is de CO<sub>2</sub>-uitstoot van het totale wagenpark in 2007 gezakt tot ongeveer 174 gram per kilometer.

Een nadeel van flex-fuel voertuigen is dat de consument bij elke tankbeurt opnieuw de vrijheid heeft om te kiezen tussen E85 en gewone benzine. In november 2008 ging de benzineprijs drastisch naar beneden terwijl de E85 prijs omhoog ging. Hierdoor verminderden de E85 verkopen van ongeveer 28.000 m<sup>3</sup> naar 6.000 m<sup>3</sup> in Zweden, zie Figuur 3.2. In Nederland wordt in principe de prijs van een liter ethanol gekoppeld aan de af-raffinageprijs van een liter benzine door het bioticket. Hierdoor kan het effect van opportunistisch tanken in Nederland kleiner zijn. Het is echter onduidelijk hoe snel de prijs van het bioticket op de markt kan reageren.



Figuur 3.2 Effect van dalende olieprijs op de ethanolverkopen bron: BEST project

### Tankstations

Van 1994 tot 2004 nam het aantal tankstations in Zweden waar E85 verkrijgbaar was toe van één naar honderd, tot mei 2005 was de toename zelfs tot 160 (Rehlund et al, 2005). Doordat er geen accijns geheven wordt over biobrandstoffen is de pomprijs voor E85 gecorrigeerd voor de lagere energie inhoud ten opzichte van benzine. In het voorjaar van 2004 is het voorstel gedaan dat ieder pompstation voor fossiele brandstoffen verplicht een vulpunt voor een alternatieve brandstof zoals bioethanol, biodiesel of biogas, moet hebben. Deze zogenaamde ‘renewable fuel obligation’ is aangenomen in 2006 (Landahl, 2009). In 2008 waren er ongeveer 3.500 tankstations in Zweden waarvan er 1.400 alternatieve brandstoffen aanboden. De meesten, ongeveer 1.300, bieden E85 aan. Slechts 90 tankstations bieden gas aan, waarvan 41 CNG en 49 biogas. Na het aannemen van de ‘renewable fuel obligation’ is het aantal E85 vulpunten snel gestegen, van ongeveer 300 in 2006 naar 1.300 in 2008.

Doordat de kosten van een biogasvulpunt ongeveer een factor tien hoger liggen dan van vloeibare biobrandstoffen en om specialisatie binnen de alternatieve brandstofmarkt tegen te gaan heeft de Zweedse overheid besloten om alleen biogasvulpunten te subsidiëren en wel tot 30% van de investeringskosten. De keuze voor bioethanol bleef favoriet, hoofdzakelijk door de veel lagere investeringskosten.

Het aantal aardgasvulpunten is duidelijk achtergebleven bij het aantal bioethanol vulpunten. Enerzijds kan dit verklaard worden door de hoge investeringskosten van een CNG-vulpunt, anderzijds is een extra randvoorwaarde voor de introductie van aardgas en biogas de aanwezigheid van een aardgasnetwerk. In Zweden heeft alleen het zuidelijke en westelijke gedeelte een aardgasnetwerk, ongeveer van Malmö tot Göteborg. In deze regio heeft men er voor gekozen om het biogas bij te mengen aan het aardgas. In Stockholm en aan de oostkust van Zweden is geen aardgasnetwerk aanwezig, en moet het aardgas aangevoerd worden met tankwagens.

### Brandstoffen

De totale bijdrage van biobrandstoffen (op energiebasis) in het wegverkeer in Zweden was 3,2% in 2006, 4,0% in 2007, en ongeveer 4,9% in 2008 (Hugosson, 2008). Ter vergelijking: in Nederland was de bijdrage van biobrandstoffen in 2006 2%, in 2007 3,25% en in 2008 3,75%.

### *Evaluatie*

In Hoofdstuk 2 werd geconcludeerd dat de brutowinstmarge op E85, na accijnsdifferentiatie en aanpassing van de pompprijs, aanzienlijk lager is dan die van CNG, echter wel voldoende voor een sluitende business case van de tankstationhouders. Om levensvatbaar te zijn moet het aantal flex-fuel voertuigen in de nabije toekomst wel flink gaan stijgen.

Het probleem van de meerkosten van de flex-fuel voertuigen is in Zweden succesvol aangepakt door een initiële aankoopsubsidie op het voertuig. Ook heeft Zweden gekozen voor verregaande accijnsverlaging waardoor de business case van ethanol zelfs gestimuleerd werd. Het beleid in Zweden was erop gericht om de kosten van het gebruik van E85 gelijk te maken aan die van het gebruik van benzine waardoor er een economische competitie met fossiele brandstoffen kon plaatsvinden. Nadat er voldoende flex-fuel voertuigen verkocht waren, werden de grote pompstations verplicht een alternatieve brandstof aan te bieden, zodat de economische haalbaarheid van de verplichting gegarandeerd werd.

Verder kan uit de Zweedse ervaringen geconcludeerd worden dat het stimuleren van schone voertuigen vrij eenvoudig is, maar dat de milieuwinst verloren kan gaan als er toch fossiel getankt kan worden. Ook voor het flankerende beleid (privileges voor schone auto's) geldt dat het niet meer effectief is als er te grote schaal gebruik van wordt gemaakt. Tenslotte is het opmerkelijk dat in Zweden, ondanks een subsidie voor CNG er toch merendeels gekozen werd voor bio-fuel vulpunten.



## 4 Lange termijn perspectief

Dit hoofdstuk bouwt verder op Hoofdstuk 2 waarin de huidige stand van zaken voor de verschillende alternatieve brandstoffen is beschreven. Dit hoofdstuk schetst een beeld van de lange termijn perspectieven, 2020 en 2030, voor alternatieve brandstoffen en de consequenties voor de distributie-infrastructuur. Na een korte introductie van de gebruikte achtergrondscenario's zal per brandstofsoort het lange termijn perspectief besproken worden.

### 4.1 Scenario's

In 2007 heeft ECN een studie uitgevoerd naar het toekomstperspectief van een aantal technische innovaties in voertuigaandrijvingen en brandstoffen (Uyterlinde et al, 2008). Hierbij werd de bijdrage van deze innovaties aan energiebesparing en CO<sub>2</sub>-emissiereductie in het wegverkeer ingeschat inclusief een overzicht van de kosten<sup>10</sup>. In 2008 is hierop een vervolgstudie uitgevoerd waarin in meer detail gekeken is naar de implicaties van individuele opties (Hanschke et al, 2009). De drie scenario's uit die studie dienen als uitgangspunt voor de analyse in dit rapport. Opgemerkt moet worden dat deze scenario's ambitieuze inschattingen zijn van de mogelijke oplossingen, waarbij gekozen is voor aparte scenario's waarin een bepaalde technologie de dominante technologie wordt. Het is nu nog onduidelijk welke (combinatie) van innovaties in de toekomst het wegverkeer daadwerkelijk zal domineren, maar de scenario's bieden op deze manier een breed spectrum. Tot 2025 leiden deze drie scenario's allemaal tot een reductie van ongeveer 23% in de CO<sub>2</sub> ketenuitstoot van het wegverkeer. De manier waarop de reducties worden behaald is echter verschillend. De scenario's zijn als volgt gedefinieerd.

In Scenario 1 *Generieke innovatie* blijft de interne verbrandingsmotor dominant. Emissiereductie wordt vooral bereikt via energiebesparende innovaties (hybrides, banden met lage rolweerstand en energiebesparende ICT), alsmede biobrandstoffen (20% vanaf 2020). Ook komt CNG op als alternatieve brandstof vooral binnen het lichte voertuigenpark. Na 2030 stabiliseert het emissieniveau doordat de energiebesparende technologieën al bijna volledig gepenetreerd zijn, en de hoeveelheid ingezette (duurzame) biobrandstoffen stabiliseert.

In Scenario 2 *Technologie specifieke innovatie - waterstof* vindt een doorbraak van waterstof brandstofcelvoertuigen plaats. Door de sterkere coördinatie van het Europese en Nederlandse beleid, groeit ook het marktaandeel van een aantal energiebesparende toepassingen sneller, zoals banden met lagere rolweerstand en energiebesparende ICT. De hoeveelheid biobrandstoffen is, met 20% van het resterende fossiele brandstofverbruik in 2030, in absolute zin lager dan in Scenario 1 doordat een deel van de beschikbare biomassa ingezet wordt voor de duurzame productie van waterstof. Door de diverse mogelijke productieroutes van waterstof is dit scenario minder afhankelijk van een specifieke (fossiele) brandstof.

Scenario 3 *Technologie specifieke innovatie - elektriciteit* is vergelijkbaar met Scenario 2, alleen wordt elektrisch vervoer hier de dominante technologie. De doorbraak van elektrisch vervoer (all-electric) wordt voorafgegaan door een sterke hybridisering, met een steeds groter aandeel plug-in hybrides. Door verdere (accu)technologische verbeteringen, positieve ervaringen met (deels) elektrisch rijden en lagere kosten, breekt uiteindelijk het all-electric voertuig door. Voor bepaalde segmenten zal de plug-in hybride echter interessant blijven. Aangezien elektriciteit uit diverse bronnen geproduceerd kan worden, is ook dit scenario minder afhankelijk van een specifieke energiedrager.

---

<sup>10</sup> De kosten zijn bekeken vanuit een nationaal kostenperspectief en niet vanuit het perspectief van de eindgebruiker.

In deze scenario's is de EU-richtlijn voor CO<sub>2</sub>-emissies van voertuigen, met 95 gram per kilometer als doelstelling voor 2020, nog niet meegenomen. Ook zijn de effecten van de kilometerheffing, een andere onderlinge weging van biobrandstoffen (dubbel tellen) en de nieuwe CO<sub>2</sub> emissie normen voor bestelwagens nog niet meegenomen.

## 4.2 Biobrandstoffen

In deze paragraaf wordt het lange termijn perspectief van biobrandstoffen bekeken. De ECN-scenario's geven alle drie ongeveer dezelfde vermindering van de CO<sub>2</sub>-emissies, waarbij in Scenario 1 deze vermindering voor een groot deel aan biobrandstoffen te danken is. In Scenario's 2 en 3 worden de CO<sub>2</sub>-uitstootverminderingen voornamelijk gehaald uit de introductie van respectievelijk waterstofvoertuigen en elektrische voertuigen, en is sprake van lagere doelstellingen, waardoor de afzet van biobrandstof veel beperkter is. De analyse in deze paragraaf gaat daarom uit van Scenario 1.

Binnen Scenario 1 is een grote rol weggelegd voor biobrandstoffen, namelijk een 20% bijdrage in 2020, oplopend naar 30% in 2030<sup>11</sup>. Doordat het vanwege de brandstofvoorschriften en technische beperkingen waarschijnlijk niet mogelijk is om door middel van bijmengen aan deze hogere doelstellingen te voldoen, moet deze gerealiseerd worden via de verkoop van hogere blends zoals E85, B30 of B100. Dit stelt vervolgens eisen aan de beschikbaarheid van flex-fuel voertuigen en vulpunten voor hogere blends. SenterNovem heeft een verkenningsstudie van beleidsalternatieven gedaan om tot een 20% doelstelling in 2020 te komen (Verhagen et al, 2008), die als uitgangspunt dient voor de analyse.

Het is in de literatuur niet eenduidig bepaald wat het maximale bijmengpercentage aan biobrandstoffen is zonder dat dit problemen oplevert voor conventionele verbrandingsmotoren<sup>12</sup>. In dit rapport zal uitgegaan worden van een maximaal bijmengpercentage van 8% biobrandstoffen op energiebasis. Dit is consistent met de uitgangspunten in (Verhagen et al, 2008). Een nieuwe ontwikkeling op de brandstoffen markt is het gebruik van Gehydrogeneerde Plantaardige Olie (Engels: HVO) als dieselvervanger. HVO kan mogelijk tot 30% worden bijgemengd aan fossiele diesel zonder dat hiervoor aanpassingen aan het voertuig noodzakelijk zijn. Als HVO grootschalig beschikbaar komt op de Nederlandse markt zijn er geen diesel flex fuel voertuigen noodzakelijk.

### *Diverse invullingen mogelijk van hoge doelstellingen*

Volgens SenterNovem is de meest robuuste route om de 20% afzetdoelstelling te bereiken via de introductie van flex-fuel auto's die E85 of B30 gebruiken. Dit wordt de basisvariant genoemd. In (Verhagen et al, 2008) worden vijf andere varianten beschreven:

1. Een tweemaal zo groot aandeel E85 als in de basisvariant omdat de grootschalige inzet van B30 verder weg lijkt dan de grootschalige inzet van E85.
2. Een versnelde introductie van FT biodiesel, omdat geavanceerde biobrandstoffen (dieselvangers) als voordeel hebben dat er geen aanpassingen van motoren nodig zijn.
3. De keuze voor B30 is nog niet breed gedragen door de autofabrikanten, dus valt in deze variant de keuze op B100 of PPO<sup>13</sup>. Hierdoor kan later met de introductie begonnen worden en hoeven er minder auto's aangepast te worden.

<sup>11</sup> De commissie Corbey ziet geen reden om nu de doelstelling voor 2020 te verhogen (10%). De commissie adviseert om het beleid in 2014 te actualiseren. (bron: [http://www.corbey.nl/index.asp?page\\_id=150](http://www.corbey.nl/index.asp?page_id=150)).

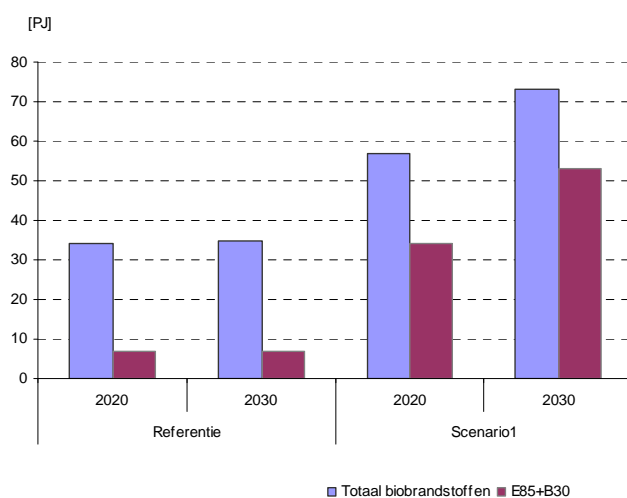
<sup>12</sup> Voor biodiesel in de vorm van veresterde plantaardige olie (FAME) heeft de Europese auto-industrie aangegeven niet meer dan 7% toe te willen staan. Hogere percentages kunnen tot motorschade leiden. Echter voor andere typen biodiesel zoals FT diesel en HVO gelden deze restricties niet of beperkter. Voor ethanol zijn soortgelijke discussies gaande. Het huidige maximum van 5% (volume) stuit niet op bezwaren van de auto-industrie. Maar bij verhoging van het maximum bijmengpercentage ethanol komt een toenemend aantal oudere auto's in de problemen. Hun brandstofsysteem bevat materialen die worden aangetast door een te hoog percentage ethanol.

<sup>13</sup> PPO is echter vanuit luchtkwaliteitsoptiek minder wenselijk.

4. In deze variant ontwikkelt groen gas zich tot niche speler voor bedrijfswagens als diesilvervanger en zal groen gas de helft van B30 voertuigen verdringen.
5. Waterhoudende E30 vervangt de watervrije E85. Als het mogelijk blijkt om waterhoudende E30 (hE30) te gebruiken zonder dat er aanpassingen in huidige motoren of infrastructuur nodig zijn, zal deze variant veruit favoriet blijken.

#### 4.2.1 Consequenties voor het wagenpark

In dit rapport wordt de basisvariant als uitgangspunt genomen, waarbij de benodigde flex-fuel auto's als E85 en B30 op de markt komen. Om het aantal benodigde flex-fuel voertuigen in het ECN-scenario te berekenen is uitgegaan van de energiebehoefte zoals deze vermeld staat in Figuur 4.1. Verdere uitgangspunten zijn dat het wagenpark in 2020 zal bestaan uit 8,2 miljoen voertuigen, uitgaande van personen- en bestelauto's. In 2030 zal dit gestegen zijn tot ongeveer 8,6 miljoen voertuigen. Figuur 4.1 toont de energiebehoefte aan biobrandstoffen voor 2020.



Figuur 4.1 *Biobrandstofbehoefte in 2020 voor ECN-scenario 1*

De blauwe kolommen representeren de totale behoefte aan biobrandstof per scenario, inclusief de bijgemengde fractie biobrandstoffen en de paarse kolommen representeren de hoeveelheid biobrandstof die als E85 en B30 verkocht moeten worden. In het referentiescenario blijft het aandeel biobrandstoffen op 10% staan, en is vanwege de 8% bijmenggrens slechts een beperkt aanbod van hoge blends nodig. De hoeveelheid biobrandstof die verkocht moet worden als E85 en B30 kan vertaald worden naar aantallen flex-fuel voertuigen. De hoeveelheid flex-fuel voertuigen benodigd in het ECN-scenario zijn weergegeven in Tabel 4.1.

Tabel 4.1 *Aantal benodigde flex-fuel voertuigen B30 + E85*

Flex fuel voertuigen [mln]	2020		2030	
	E85	B30	E85	B30
Referentie	0,24	0,26	0,24	0,26
Scenario 1	0,95	1,35	2,00	2,20

Er kan een verschuiving optreden tussen de verhoudingen van voertuigaantallen in Tabel 4.1, omdat de deelverplichtingen voor bioethanol en biodiesel in de Nederlandse wetgeving naar verwachting worden afgeschaft. In dat geval kan ook aan de afzetverplichting voldaan worden door bijvoorbeeld alleen ethanol of alleen biodiesel te verkopen. Een verschuiving naar ethanol zou een noodzaak kunnen zijn als er niet voldoende voertuigen zijn die op hoge fracties biodiesel kunnen rijden. In principe kunnen oudere dieselveertuigen (1997-2004) B30 gebruiken na

enkele aanpassingen aan het voertuig. Er kunnen echter problemen optreden met het roetfilter. Het wordt over het algemeen afgeraden om biodiesel te gebruiken in de common rail diesel motoren (>2004) met directe brandstofinjectie. Gehydrogeneerde biodiesel (HVO) levert minder problemen op met moderne diesel voertuigen en kan tot ongeveer 30% worden bijgemengd. Als er voldoende HVO geproduceerd kan worden zijn er dus geen of veel minder B30 flex fuel voertuigen noodzakelijk.

#### 4.2.2 Consequenties voor de infrastructuur

De hoge aantallen flex-fuel voertuigen in Scenario 1 impliceren dat een groot aantal tankstations E85 en B30 moet gaan aanbieden. De aantallen flex-fuel voertuigen maken in dit scenario al een substantieel deel uit van het totale wagenpark van ongeveer 8,2 miljoen voertuigen.

Om de benodigde infrastructuur in te schatten zal een vergelijking met de huidige infrastructuur voor fossiele brandstoffen gemaakt worden. Er zijn nu gemiddeld ongeveer 1.920 voertuigen per tankstation voor de fossiele brandstoffen benzine en diesel. Houden we deze verhouding ook aan voor de hoge blends, E85 en B30, dan zou dat betekenen dat er ongeveer 1.400 tankstations, dus éénderde van alle tankstations, deze hoge blends rendabel kunnen aanbieden. De tankstations voor fossiele brandstoffen hebben echter meerdere vulpunten per brandstofsoort. Om tot een goede schatting van de investeringskosten te komen, moet dus het aantal benodigde vulpunten per tankstation bepaald worden. Uit Tabel 2.5 volgt dat het aantal vulpunten per tankstation gemiddeld 4 is voor benzine en diesel. Dit gemiddelde is gebruikt voor de berekening van de kosten van de benodigde infrastructuur. In deze berekening van de investeringskosten voor infrastructuur wordt aangenomen dat per tankstation één opslagtank nodig is, à € 33.000, zie Paragraaf 2.4.2, en dat er 4 vulpunten à € 3.000 per tankstation nodig zijn. De investeringskosten per tankstation zijn dan € 45.000. Voor 1.400 tankstations brengt dit de totale investeringskosten op ongeveer € 63 miljoen.

In Paragraaf 2.1.1 wordt beargumenteerd dat een minimale dekkinggraad inhoudt dat er rond de 300 tankstations moeten zijn. In dat geval is er sprake van een investering van ongeveer € 13,5 miljoen. Voor de hier afgeleide aantallen voertuigen is een aantal van 300 tankstations te weinig, maar als elektrisch vervoer of waterstof een grote groei kennen, is de resterende markt voor biobrandstoffen kleiner, zoals geïllustreerd in ECN-scenario 2 en 3. Daarnaast is de kern van flex-fuel voertuigen dat ze altijd kunnen terugvallen op de conventionele optie.

#### 4.2.3 Ruimte voor biobrandstof vulpunten op het tankstation

In de huidige situatie is er een beperkt aantal vulpunten beschikbaar per tankstation. De vraag is daarom hoe de hierboven genoemde 1.400 tankstations vier vulpunten voor E85 en B30 kunnen inpassen. Bij een groot aantal tankstations wordt naast de standaard brandstof eveneens premium brandstoffen aangeboden. Een optie zou daarom kunnen zijn het deels vervangen van vulpunten voor premium brandstoffen voor benzine en diesel met E85 en B30 vulpunten. Ongeveer 75% van de tankstations heeft twee of meer tankeilanden, die elk bestaan uit vier vulpunten. Momenteel worden twee vulpunten gebruikt voor Euro95 benzine en 'gewone' diesel. De overige twee worden meestal gebruikt voor de premium varianten hiervan. Het is dus mogelijk om wanneer een tankstation meerdere tankeilanden heeft één eiland te gebruiken voor het aanbieden van een hogere blend biobrandstoffen, hoewel pompstationhouders dat waarschijnlijk alleen zullen willen doen als de business case acceptabel is<sup>14</sup>.

De premium brandstoffen van de verschillende merken zijn niet helemaal hetzelfde. V-power diesel is gedeeltelijk gemaakt uit aardgas (GTL), terwijl de andere premium brandstoffen, BP Ultimate en Total Excellium, helemaal uit ruwe olie worden geproduceerd. De premium brand-

<sup>14</sup> Afhankelijk van de beschikbare ruimte en de afzet kan een tankeiland natuurlijk ook met twee vulpunten worden uitgebreid, of gesplitst worden in een 'benzine' en 'diesel' deel.

stoffen hebben een hoger octaan/cetaan getal dan Euro95 respectievelijk 'gewone' diesel. Het octaan getal van premium benzine is ongeveer 97. Voor motoren die op Euro95 zijn geoptimaliseerd, zoals de meeste moderne auto's, leidt een hoger octaangetal niet tot een verbruiksreductie<sup>15</sup>. Er is echter een groep automobilisten die voorlopig aangewezen is op premium brandstoffen, namelijk zijn eigenaren van oudere voertuigen die nog brandstoffen met een hoger octaangetal nodig hebben, Euro98. Momenteel worden de Euro98 pompen vervangen door premium brandstof pompen, zodat deze groep autobezitters geen keuze meer heeft en premium brandstoffen moet tanken. Uit CBS-gegevens blijkt dat op 1 januari 2009, ongeveer 16% van het voertuigenpark ouder is dan 15 jaar. Duidelijk is dat premium brandstoffen een groter marktaandeel hebben dan hoge blends biobrandstoffen en daardoor ook een beter business case vormen dan vloeibare biobrandstoffen. Zolang dit marktaandeel zal blijven bestaan zal de bereidheid om vulpunten voor premium brandstoffen uit te wisselen voor E85 gering zijn.

#### 4.2.4 Consequenties Brandstofkwaliteitsrichtlijn voor aanbod aan de pomp

In 2009 werd 4% (op energiebasis) biobrandstoffen bijgemengd aan de fossiele brandstoffen. In 2008 vond binnen de EU overleg plaats over het mogelijk maken van het bijmengen van hogere percentages dan 5%. Uit dit overleg is de Richtlijn Brandstofkwaliteit (2009/30/EG) geformuleerd. Door deze richtlijn, in combinatie met de richtlijn over energie uit hernieuwbare bronnen (2009/28/EG) wordt het aanbieden van benzine met hogere ethanolgehalten, zoals E10, gestimuleerd. Echter om potentiële schade aan 'oude' voertuigen te voorkomen moet ook E5 worden aangeboden en wel tenminste tot 2013 en mogelijk langer als dit noodzakelijk is. De fractie biodiesel die toegevoegd mag worden mag stijgen tot 7% (B7) zonder dat dit vermeld hoeft te worden bij het tankstation, met een optie voor meer dan 7% als dit vermeld wordt op het vulpunt. Al deze fracties zijn gegeven op basis van volume percentage, echter de afzetpercentages zijn veelal geformuleerd op energiebasis. E10 komt overeen met ongeveer 7,5% toegevoegde ethanol op energiebasis en wordt momenteel als standaard verkocht in Frankrijk.

Mochten brandstofleveranciers werkelijk twee verschillende mengsels biobrandstoffen gaan aanbieden namelijk E5 en E10, dan opent dit de mogelijkheid voor de introductie van E85 vulpunten zonder dat dit ten koste hoeft te gaan van bestaande vulpunten. Aangezien de vraag naar E5 door oudere voertuigen in de loop van de tijd zal afnemen, kunnen deze vulpunten wellicht vervangen worden door E85 vulpunten zonder dat hierdoor vulpunten van andere brandstoffen gebruikt hoeven te worden.

### 4.3 CNG en groen gas

In deze paragraaf wordt aan de hand van ECN-scenario 1 een inschatting gemaakt van het aantal CNG-voertuigen in 2020 en de omvang van de hiervoor benodigde tank infrastructuur. ECN-scenario 1 schat het aantal lichte voertuigen die aardgas zullen gaan gebruiken in 2020 op 520.000, stijgend naar ongeveer 1 miljoen in 2030.

#### 4.3.1 Consequenties voor de infrastructuur

Het benodigde aantal tankstations in 2020 voor deze 520.000 CNG-voertuigen kan op verschillende manieren afgeleid worden. De minimale dekkingsgraad is 300 vulpunten, maar omdat CNG-voertuigen vaak als bifuel variant worden geleverd, en dan ook benzine kunnen tanken, zou eventueel met een lager aantal volstaan kunnen worden. Vanuit het oogpunt van de brandstofleveranciers is het minimale aantal CNG-voertuigen per tankstation dat nodig is om het vulpunt rendabel te maken ongeveer 32, zie Paragraaf 2.5.2 (mits CNG additioneel naast benzine

---

<sup>15</sup> Onderzoek laat zien dat premium brandstoffen slechts een beperkte verbruiksreductie opleveren (Travelcard en TNO, 2009). Premium benzine is 4% duurder en leidt tot 1% minder verbruik, terwijl premium diesel 6% duurder is en leidt tot 0,5% minder verbruik. Van de Travelcard gebruikers tankt ongeveer 15% premiumbrandstoffen.

en diesel wordt aangeboden). De goede businesscase van aardgas (de hoge brutowinstmarge) impliceert dat de verkoop van aardgas zelfs rendabel zal zijn (bij 520.000 CNG-voertuigen) als alle 4.200 bestaande tankstations aardgas gaan aanbieden. In het geval van groen gas liggen de winstmarges lager en is alleen een goede business case mogelijk als (SDE) subsidie wordt verstrekt.

De vraag is dan meer hoe snel een landelijke dekking bereikt kan worden. Het huidige aantal tankstations dat aardgas aanbiedt is ongeveer 30 en momenteel wordt er ongeveer één aardgas vulpunt per maand bijgebouwd. Indien de groei van het aantal aardgastankstations de komende vijf jaren gehandhaafd blijft, zijn er ongeveer 90 aardgas tankstations in 2015. Dit betekent dat bij een goede positionering de gemiddelde afstand tot een tankstation niet meer dan 15 kilometer hoeft te bedragen. Dit is een voldoende dekkingsgraad voor bifuel voertuigen, of wanneer de CNG-voertuigen zijn uitgerust met een navigatiesysteem dat de locatie van de CNG-vulpunten weergeeft.

De beperkende factor bij de introductie van aardgas als transportbrandstof ligt in de nabije toekomst echter aan de kant van de voertuigen. De toename in het aantal aardgasvoertuigen moet de toename in het aantal tankstations gaan volgen, wil aardgas gaan doorbreken als transportbrandstof. Of dit gaat gebeuren zal de komende jaren duidelijk moeten worden. Het lijkt ambitieus om in 2020 de 520.000 lichte voertuigen op aardgas ook werkelijk te realiseren. Financieel is een aardgasvoertuig momenteel niet aantrekkelijk. Ten eerste ligt de aanschafprijs van een aardgasvoertuig ongeveer € 2.000 hoger dan die van een vergelijkbaar benzinevoertuig en ten tweede hebben aardgasvoertuigen het nadeel van hoge afschrijving- en hogere onderhoudskosten, zie Paragraaf 2.5.2. Hierdoor is het niet evident dat de toename van aardgasvoertuigen de toename in vulpunten zal gaan volgen. Om een voldoende groei te stimuleren kan de aanschaf van CNG-voertuigen gesubsidieerd worden. De provincie Utrecht stelt subsidie beschikbaar voor de aanschaf van een aardgasvoertuig (bron: Subsidie regeling aardgasvoertuigen Provincie Utrecht, 2009).

#### *Investeringskosten tankinfrastructuur*

Een vulpunt voor aardgas vergt een investering van ongeveer € 350.000, zie Paragraaf 2.5.2. Als we uitgaan van 90 tankstations die aardgas aan gaan bieden geeft dit investeringkosten van ongeveer M€ 32. De brutowinstmarges op de verkoop van aardgas zijn redelijk hoog zodat deze investeringkosten op termijn terugverdiend kunnen worden bij voldoende utilisatie (>32 CNG-voertuigen per tankstation)

### 4.3.2 Vloeibaar aardgas als transportbrandstof: LNG en LCNG

Vanwege de hoge kosten van het installeren van een CNG-vulpunt, die met name veroorzaakt worden door de compressor, is het relevant om te onderzoeken of het mogelijk is om LNG te gebruiken, zodat niet op ieder tankstation een compressor nodig is.

Bij zowel het gebruik van Liquid Natural Gas (LNG) als Liquid Compressed Natural Gas (LCNG) wordt aardgas vloeibaar opgeslagen bij het tankstation. Dit betekent dat er een cryogene tank gebruikt moet worden om het aardgas bij  $-162^{\circ}\text{C}$  op te slaan. Ook moet er vloeibare stikstof aangevoerd worden om de opslagtank koud te kunnen houden. In het geval van LNG komt het aardgas ook in vloeibare vorm in de auto, in het geval van LCNG wordt het aardgas eerst verdampt en komt het aardgas als CNG in de auto. In vergelijking met CNG-vulpunten staat deze laatste techniek nog in de kinderschoenen.

Een voordeel van LNG ten opzichte van CNG is de grotere actieradius van het voertuig. Nadelen van LNG ten opzichte van CNG zijn:

- LNG moet opgeslagen worden in cryogene tanks.
- LNG verdampt als het voertuig niet wordt gebruikt.

- De techniek is nog niet uitontwikkeld.
- Vloebare gassen brengen extra veiligheidsrisico met zich mee, zie LPG<sup>16</sup>.

De LNG/LCNG-optie wordt vooral onderzocht in gebieden met een beperkte aardgaspijplijn infrastructuur, zoals Californië en Zweden. In Zweden wordt LNG vooral gezien als een optie voor het vrachtverkeer, doordat bij continu gebruik van het voertuig verdamping een kleiner probleem is. Een kostenberekening van Vattenfall, (Pettersson et al, 2006) laat zien dat een LCNG-tankstation ongeveer € 354.000 kost. Hoewel ergeen compressor nodig is, is de installatie dus, mede door de opslagtanks, niet echt goedkoper. Additioneel zijn er nog LNG transport vrachtwagens nodig die ongeveer € 260.000 per stukkosten. De kosten van een LNG/LCNG-tankstation liggen momenteel dus nog hoger dan de kosten van een CNG-tankstation met compressor.

Bij een LCNG-tankstation wordt de cryogene tank via een hoge druk verdamper aangesloten op een hoge druk CNG-voorraadtank. Echter de techniek van een hoge druk verdamper is nog niet helemaal uitontwikkeld en meestal is een additionele compressor nog noodzakelijk om de bedrijfszekerheid te garanderen. Daarnaast zijn er in deze situatie twee voorraad tanks op het terrein noodzakelijk, één voor LNG en één voor CNG, wat extra ruimte in beslag neemt.

Met enige regelmaat wordt nog geopperd dat installaties of voertuigen ontworpen voor LPG ook voor LNG gebruikt kunnen worden (waarbij men het verschil in temperatuur en druk negeert) of dat een CNG-tank of compressor ook wel voor waterstof gebruikt kan worden (waarbij men de verschillen in druk of gaseigenschappen negeert). Met nadruk dient hierbij aangetekend worden dat men de installaties dan direct buiten hun ontwerpcondities en veiligheidsmarges gebruikt. Behalve dat de installatie hierdoor waarschijnlijk direct en onherstelbaar beschadigt, is dit ook levensgevaarlijk. Indien men van de ene naar de andere brandstof over wil stappen is er geen sprake van ombouw of aanpassing maar van complete vervanging.

## 4.4 Waterstof

De mogelijke ontwikkeling van een waterstofinfrastructuur wordt bekeken aan de hand van ECN-scenario 2. In dit scenario wordt uitgegaan van een sterke toename van brandstofcelvoertuigen, van 3,5% penetratie in 2020 oplopend tot 19% in 2030. Dit correspondeert met 250.000 voertuigen in 2020 en 1,4 miljoen in 2030.

### 4.4.1 Uitrol van de infrastructuur

Doordat Nederland relatief klein is zullen er niet veel locaties zijn waarvoor waterstof over een afstand van meer dan 100 km getransporteerd hoeft te worden. Dit betekent dat transport per tankwagen een goede optie is. Een waterstof aangedreven voertuig met een brandstofcel heeft een tankinhoud van ongeveer 4,4 kg, dus kunnen met één transport lading  $\text{CGH}_2$  ongeveer 120 voertuigen van waterstof worden voorzien. Ter vergelijking, een tankwagen voor vloeibaar waterstof ( $\text{LH}_2$ ) kan 3.000 kg waterstof vervoeren, wat voldoende is voor 600 voertuigen. Het is echter momenteel nog onduidelijk of het gebruik van vloeibaar waterstof technisch en economisch haalbaar is.

In het Rijnmond gebied is een industriële pijpleiding voor waterstof aanwezig, zodat hier de aanvoer per pijpleiding de voorkeur geniet. Tot nu toe wordt uitsluitend  $\text{CGH}_2$  gebruikt, maar dat zijn kleinschalige demoprojecten. De benodigde  $\text{CGH}_2$  komt dan uit flessen, tubetrailer of

<sup>16</sup> Er zijn uit de VS nodige voorbeelden van gekantelde en over de kop geslagen LNG tankwagens. Door goede isolatie en een dubbele tankwand heeft dit in de VS nog nooit tot een explosie geleid. Er is uit Spanje een ongeval bekend waarbij tijdens het kantelen de isolatielaag beschadigd is. De brandende tankwagen is na enige tijd geëxplodeerd (wellicht in de vorm van een BLEVE) waarbij onderdelen honderden meters zijn weggeslagen. Hoewel een explosie dus tot de mogelijkheden behoort is LNG in het algemeen wel veiliger dan LPG.

on-site productie met behulp van elektrolyse of reforming. De locaties zijn veelal sites die speciaal voor waterstofdemonstratieprojecten zijn uitgezocht.

Voor de marktaandeelen in Scenario 2 is 50 kton waterstof per jaar nodig in 2020 en 280 kton per jaar in 2030. Onder de aanname dat er 300 waterstof tankstations zijn in 2020, betekent dit dat er ongeveer 460 kg waterstof per tankstation per dag nodig is. Dit is haalbaar met transport van gecompriemd waterstofgas in tankwagens, zie Tabel 2.14, maar transport van vloeibaar waterstof is veel waarschijnlijker<sup>17</sup>. In het geval dat waterstof additioneel aangeboden wordt op bestaande tankstations liggen de investeringskosten op ongeveer € 170.000 per tankstation. Indien uitgegaan wordt van bevoorrading met vloeibare waterstof stijgen deze kosten naar € 1,85 miljoen per tankstation (Melendez, 2005 en Tabel 2.14). De investeringskosten voor een tankinfrastructuur van 300 tankstations liggen dan tussen €51 miljoen en € 555 miljoen Dit is alleen haalbaar als er voldoende winstmarge op waterstof gehaald kan worden i.e. een voldoende winstmarge op waterstof in combinatie met een voldoende utilisatiegraad.

## 4.5 Elektriciteit

De mogelijke uitrol van een oplaadinfrastructuur voor elektrische voertuigen wordt bekeken aan de hand van ECN-scenario 3. In Scenario 3 wordt er vanuit gegaan dat de opkomst van elektrisch vervoer wordt voorafgegaan door een sterke opkomst van hybride voertuigen. Rond 2015 zal de helft van alle nieuw verkochte personenauto's hybride zijn, waarvan één tiende plug-in hybride zal zijn<sup>18</sup>. De fractie volledig elektrische voertuigen (BEV) in het totale wagenpark is dan ongeveer 20% in 2030, terwijl de fractie plug-in hybriden (PHEV) stijgt tot ongeveer 60%.

### 4.5.1 Uitrol van de infrastructuur

Initieel zijn er per elektrisch voertuig ongeveer 2 laadpunten noodzakelijk, één op het vertrekpunt en één op het aankomstpunt, doordat het elektrische voertuig de laadpaal voor langere tijd bezet zal houden. Uitgaande van 260.000 volledig elektrische voertuigen (BEV) in 2020 betekent dit dat er ongeveer 520.000 laadpalen beschikbaar moeten zijn om aan de vraag te voldoen. De kosten daarvan zullen naar verwachting liggen tussen € 780 miljoen en € 7.800 miljoen, zie Paragraaf 2.7.2. Het benodigde aantal laadpalen en de kosten daarvan zullen ook sterk afhangen van het succes van snellaadsystemen en/of accuwisselstations. Deze faciliteiten kunnen beschikbaar gemaakt worden bij tankstations, of bij treinstations of winkelcentra, waar de automobilist zijn auto langere tijd kan laten staan. Op dit moment is nog niet duidelijk wat het dominante oplaadconcept zal worden.

De aanleg van een infrastructuur met oplaadpunten kent de nodige uitdagingen. Behalve een ontwerp waar alle voertuigen op aangesloten kunnen worden, dient er ook regelgeving te komen rond de eigendomsverhoudingen van een openbaar netwerk en de toegankelijkheid voor de diverse aanbieders van elektriciteit. Ook is er sprake van andere actoren dan bij de conventionele pompstations, en worden de oplaadpunten op andere locaties geplaatst. De lokale overheid zal een belangrijke rol spelen bij het op grote schaal plaatsen van oplaadpunten.

De winstmarge voor de aanbieder is afhankelijk van het belastingtarief wat geheven wordt op elektriciteit. Nederland heft geen accijns op elektriciteit, maar kent een energiebelasting. Een

---

<sup>17</sup> In de VS wordt in theoretische studies ook gekeken of een pijpleiding langs de grote snelwegen haalbaar is. In de Nederlandse situatie zou om een idee te geven dan gedacht worden aan een ringleiding rond het groene hart gekoppeld aan het huidige netwerk van Rotterdam-Noord Frankrijk. De ringleiding zou dan aftakkingen kunnen krijgen naar Eindhoven, Geleen (Roergebied) en in Noord Nederland naar de Eemshaven.

<sup>18</sup> Anno 2009 is ongeveer 4% van alle nieuwverkochte personenwagens hybride. Deze hoge bijdrage komt door het sterke stimulerende beleid van de overheid. Zo is er een korting op de BPM bij aanschaf van een hybride en is de bijtelling 14% voor een lease auto. Omdat een hybride auto duurder is, is de achteruitgang in overheidsinkomen minder dan deze kortingen suggereren.



verschuiving van benzine- en dieselauto's naar elektrische auto's zal dan ook leiden tot een afname van accijnsopbrengsten en een toename van de energiebelastingopbrengsten. Als wordt uitgegaan van de 260.000 elektrische auto's in 2020 en een accijnsderving van € 640 per auto, betekent dat een daling van de accijnsopbrengsten in 2020 van ruim € 166 miljoen. Hier staat een stijging van de opbrengst uit de energiebelasting tegenover. Bij een jaarverbruik van 2.880 kWh per jaar per auto en 260.000 elektrische auto's ligt de extra opbrengst van de energiebelasting tussen de € 0,4 miljoen en € 83 miljoen, afhankelijk van in welke schijf het elektriciteitsgebruik valt. Er zijn vier energieheffingschijven, zie Tabel 2.17. Het is momenteel niet geregeld in welke energieschijf laadpunten zullen vallen.

Indien het aantal elektrische auto's in het wagenpark fors zal toenemen, leidt dat derhalve per saldo tot een daling van de belastinginkomsten. Marktpartijen beseffen dit en vragen het rijk uit het oogpunt van zekerheid hoe hiermee zal worden omgegaan. Immers, in de businesscase van elektrische auto's spelen de lagere kosten per kilometer een belangrijke rol.

## 5 Conclusies en aanbevelingen

In deze studie zijn de marktbarrières voor de introductie van alternatieve brandstoffen in de distributie- en tankinfrastructuur geëvalueerd, waarbij voornamelijk naar economische aspecten is gekeken, vanuit het perspectief van de zowel brandstofleverancier en de consument. De onderzoeksvragen waren:

- Wat zijn de inpassingsmogelijkheden van de distributie- en tankinfrastructuur van alternatieve brandstoffen met kosten, veiligheid en ruimtebeslag als beperkende factoren?
- Uitgaande van een verplichting als beleidsinstrument: is het logisch als pompstationhouders zich gaan specialiseren, of juist diverse brandstoffen blijven aanbieden?

Beschouwd zijn biobrandstoffen, aardgas (CNG), groen gas, waterstof en elektriciteit. In dit hoofdstuk worden aan de hand van de onderzoeksvragen de belangrijkste conclusies gepresenteerd.

### 5.1 Inpassingsmogelijkheden huidige situatie: CNG, groen gas, bio-brandstoffen

Op de korte termijn zijn CNG en biobrandstoffen het best inpasbaar, omdat zowel de brandstoffen als de voertuigen al op de markt zijn en de tank infrastructuur deels al in opbouw is. Vanuit het perspectief van de brandstofleveranciers is de business case voor CNG daarbij het best, ondanks het feit dat de investeringskosten voor een vulpunt een factor 10 hoger zijn dan bij conventionele brandstoffen, vanwege de benodigde compressor. De huidige lage accijns zorgt voor een winstmarge waarmee op termijn de investering terugverdiend kan worden. Groen gas is duurder, hoewel de meerkosten sterk afhangen van de gekozen route (fysiek of via certificaten) en mogelijkheid om gebruik te maken van SDE-subsidie en/of biotickets. De kosten voor een vulpunt voor hoge blends biobrandstoffen zijn vergelijkbaar met die van conventionele brandstoffen. De aangekondigde accijnswijziging, met een correctie voor de lagere energie-inhoud van ethanol, zal de business case voor hoge blends bio-ethanol verbeteren.

Er moet echter ook vraag zijn naar alternatieve brandstoffen, om een business case werkelijk rond te krijgen. Vanuit het perspectief van de consument zijn de kosten van de brandstof en de meerkosten van het voertuig relevant. De analyse in dit rapport geeft aan dat de kosten per kilometer bij de meeste alternatieve brandstoffen lager zijn dan die van conventionele brandstoffen - met uitzondering van (hoge blends) biobrandstoffen en groen gas. De meerkosten van een CNG-voertuig zijn hoger dan die van een flex-fuel voertuig dat op hoge blends biobrandstoffen kan rijden, zeker als onderhoud en afschrijving worden meegerekend, maar kunnen - in tegenstelling tot een flex-fuel voertuig - terugverdiend worden door de lagere brandstofkosten van (fossiel) CNG. De consument hecht daarnaast waarde aan levensduur, actieradius, uitstraling, en aan de dekkingsgraad van de tankinfrastructuur, hoewel dit laatste geen direct knelpunt is bij bifuel CNG-voertuigen en flex-fuel voertuigen.

Het ruimtebeslag van alternatieve brandstoffen is op twee manieren relevant. Allereerst blijken alle alternatieven meer ruimte te vergen dan benzine of diesel. Voor gasvormige brandstoffen is een compressor nodig, plus een kleine voorraad gas onder hoge druk. Voor E85 is een aparte opslagtank nodig vanwege het hygroscopische karakter van ethanol. Wellicht nog belangrijker is dat op bestaande pompstations alle vulpunten al vergeven zijn, deels voor premium brandstoffen met een aantrekkelijke winstmarge, en dat aan uitbreiding extra kosten verbonden zijn.

Ook veiligheid is relevant, aangezien gasvormige brandstoffen extra veiligheidsmaatregelen vergen. Mits deze maatregelen genomen zijn, zijn deze brandstoffen niet onveiliger dan LPG.

Evenals bij LPG kan dit een reden zijn voor de vergunningverlener om het tanken van deze brandstoffen op sommige plaatsen niet toe te staan.

## 5.2 Inpassing op lange termijn: waterstof en elektriciteit serieuze maar onvergeloopbare kandidaten

Op de langere termijn zijn naast CNG, groen gas en biobrandstoffen ook waterstof en elektriciteit in beeld als alternatieve brandstoffen. De twee laatstgenoemden vereisen nog forse investeringen in een compleet nieuwe tankinfrastructuur, die mogelijk ook door andere partijen uitgerold zal worden. Daarnaast betreft dit voertuigen met een andere aandrijving die op dit moment nog niet op de (massa) markt zijn, waardoor er nog sprake is van diverse onzekerheden in de gehele keten (brandstof, infrastructuur, voertuig). De voertuigen moeten met acceptabele eigenschappen en prijs voor de consument beschikbaar komen. Omdat het tijdstip hiervan niet bekend is, is het lastig om vooruitlopend hierop in een infrastructuur te investeren. Bij gebrek aan afzet is er vanuit mogelijke leveranciers ook geen goede prijsindicatie voor de brandstof.

Wel is het mogelijk om per brandstof de belangrijkste uitdagingen in kaart te brengen. In alle gevallen is er van uitgegaan dat er voor een minimale landelijke dekkingsgraad 300 tankstations nodig zijn, dat is ongeveer een derde van alle tankstations langs het provinciale- en hoofdwegenet. Deze eis is voor alle beschouwde brandstoffen in principe haalbaar voor 2020. Alleen voor elektrisch vervoer is de situatie wezenlijk anders, omdat er een zeer groot aantal laadpalen nodig is, die op andere locaties (woon- en werkplek) geplaatst zullen worden. Voor snelladers of accuwisselstations is het wel voorstelbaar dat ze op pompstations geplaatst worden.

Voor biobrandstoffen zijn er diverse invullingen denkbaar van hoge afzetverplichtingen. Niet alle invullingen stellen even vergaande eisen aan de tankinfrastructuur - zo zijn er voor de tweede generatie brandstof FT biodiesel geen aparte voertuigen of pompen nodig, en kan gehydrogeneerde plantaardige olie (HVO) tot 30% bijgemengd worden in dieselveertuigen. Aangezien FT biodiesel nog in de demonstratiefase is, zal waarschijnlijk E85, en wellicht ook B30 een grote rol spelen bij het halen van hoge doelstellingen. Dat kan alleen als de verkoop van flex-fuel voertuigen gestimuleerd wordt, bijvoorbeeld via een Europese verplichting op alle nieuw verkochte voertuigen. HVO installaties worden al wel gebouwd, en geven een andere mogelijkheid om een hogere afzet van biobrandstoffen te realiseren. Merk op dat HVO een 1<sup>e</sup> generatie biobrandstof is waaraan mogelijk duurzaamheidsproblemen verbonden kunnen zijn, die grootschalige introductie nog in de weg kunnen staan.

Door de doelstellingen in de Brandstofkwaliteitsrichtlijn (2009/30/EG) en de richtlijn over energie uit hernieuwbare bronnen (2009/28/EG) wordt het aanbieden van benzine met hogere ethanolgehalten, zoals E10, gestimuleerd. Wel is het verplicht om voor de oudere voertuigen tot 2013 ook benzine met minder ethanol (ten hoogste E5) met voldoende geografische dekking te verkopen. Nadat E5 is uitgefaseerd kan het E5 vulpunt wellicht vervangen worden door een E85 vulpunt.

Voor CNG is uitrol van een landelijk dekkend netwerk van vulpunten mogelijk, omdat de business case goed is. Om die reden zijn er al diverse marktpartijen actief. Ruimte en veiligheid zijn wel aandachtspunten. Daarnaast is het vanwege de hogere aanschafprijs van CNG-voertuigen (bij lage accijns terugverdiend in ongeveer drie jaar uit de lagere brandstofkosten) nog wel de vraag of er voldoende voertuigen op de weg komen. In het geval van groen gas liggen de winstmarges lager, sterk afhankelijk van subsidies. Daarnaast is er sprake van beperkte beschikbaarheid, en concurrentie met andere toepassingen van groen gas. Vanwege de hoge kosten van het installeren van een CNG-vulpunt, die vooral veroorzaakt worden door de compressor, is ook gekeken of het inzetten van LNG uit kostenooptpunt aantrekkelijk is. Op dit moment is dat niet het geval, omdat de benodigde cryogene opslagtanks en de aanvoer via tankwagens leiden tot extra kosten.

Voor waterstof moet de hele keten nog opgezet worden. De opbouw van de infrastructuur zal waarschijnlijk gaan via aanvoer van gecomprimeerd waterstof in gasflessen of vloeibaar per tankwagens. Dit is flexibel en kan de kosten beperkt houden. Pas na 2020 is er eventueel sprake van aanleg van pijpleidingen, behalve wellicht in de Rijnmond waar nu al een waterstofnet aanwezig is. De bruto winstmarge voor waterstof, mits geproduceerd via stoom reforming, lijkt, afhankelijk van het accijnstarief en de utilisatiegraad, voldoende. De belangrijkste marktbarrière voor de introductie van waterstof is de beschikbaarheid en de betaalbaarheid van brandstofcelvoertuigen, die op dit moment nog niet in massaproductie zijn.

De uitrol van een oplaadinfrastructuur voor elektrisch vervoer vergt coördinatie op diverse gebieden: standaardisatie, communicatie, netverzwaring, en zal waarschijnlijk gebeuren door andere actoren: netbeheerders en leveranciers van elektriciteit. Hoewel de kosten van elektrische laadpunten per laadpunt relatief laag zijn, zijn er veel nodig, wat de investeringskosten aanzienlijk kan opdrijven. Het is echter mogelijk de groei van de laadpunten te koppelen aan de groei van het aantal elektrische voertuigen, waardoor investeringskosten en de risico's meer gespreid kunnen worden. De winstmarge voor de aanbieder van elektriciteit is afhankelijk van de gehanteerde schijf in het tarief voor de energieheffing. Dit is nog niet geregeld. De marktbarrière voor de introductie van elektrisch vervoer ligt voornamelijk bij de beschikbaarheid, actieradius en meerkosten van het voertuig.

### 5.3 Diversificeren of specialiseren op tankstations?

De ruimte op tankstations is beperkt waardoor alternatieve brandstoffen in een concurrentiepositie ten opzichte van elkaar kunnen komen. In de keuze van pompstationhouders zal de business case van betreffende brandstoffen dan een grote rol spelen, naast factoren als beschikbaarheid. Dit bleek ook in Zweden waar het merendeel van de pomphouders, na het invoeren van de Renewable Fuel Obligation (verplichting voor grote tankstations om een alternatieve brandstof aan te bieden) ervoor gekozen heeft om E85 aan te bieden, ondanks een subsidie op vulpunten voor groen gas. Een verplichting zonder verdere sturing kan dus leiden tot een specialisatie binnen de brandstoffenmarkt.

Uit de interviews is gebleken dat er geen gedeelde visie onder brandstofleveranciers is met betrekking tot het toekomstige alternatieve aanbod aan de pomp. Brandstofleveranciers verwachten wel dat de overheid een lange termijn visie ontwikkelt en met beleid ondersteunt. In het verleden daarvan wordt benadrukt dat het totale beleidspakket rond alternatieve brandstoffen, inclusief het voertuig, relevant is. Dit blijkt ook uit het voorbeeld van Zweden, waar het beleid erop gericht was om de kosten van het gebruik van E85 gelijk te maken aan die van het gebruik van benzine. Nadat er, gestimuleerd door een subsidieregeling, voldoende flex-fuel voertuigen verkocht waren, werden de grote pompstations verplicht een alternatieve brandstof aan te bieden.

### 5.4 Aanbevelingen

Het opbouwen van een infrastructuur voor alternatieve brandstoffen, met het oog op lange termijn transitie, is typisch een taak waarbij de overheid een coördinerende en stimulerende rol kan vervullen. Het is een publieke verantwoordelijkheid om een nationale dekking te waarborgen. Bovendien kan de overheid lange termijn belangen, zoals klimaat, milieu, en voorzieningszekerheid meewegen. Aan de andere kant hebben marktpartijen meer informatie, prikkels tot kosteneffectiviteit en daarmee optimale prijsvorming. Daarom is er een afweging nodig in de mate van sturing die de overheid geeft. Dit is in de huidige situatie in de transportsector nog sterker het geval, aangezien de beschouwde alternatieve brandstoffen duidelijk in twee groepen uiteen vallen. Op de korte termijn concurreren biobrandstoffen en CNG/groen gas om de ruimte bij pompstations. De opties die op de lange termijn voor sterke emissiereductie kunnen zorgen,

elektriciteit en waterstof, zijn beide nog in de demonstratiefase, en vergen een infrastructuur die, zeker in het geval van elektriciteit, wezenlijk afwijkt van de huidige situatie.

Binnen de onzekerheden van toekomstige technologieontwikkeling, is het aan te raden om een tankinfrastructuur op te bouwen in het kader van bredere visie op lange termijn CO<sub>2</sub>-reductie in de transportsector. Uit de analyses blijkt dat het voor alle beschouwde brandstoffen mogelijk is om een minimale landelijke dekking in 2020 op te bouwen, maar als er te veel verschillende brandstoffen naast elkaar aangeboden worden, kan de kritische massa ontbreken, die nodig is om de investeringen in een redelijke termijn terug te verdienen. Voor waterstof en elektriciteit is beide een flexibele opbouw mogelijk, respectievelijk door distributie via tankwagens en door de groei van de laadpunten te koppelen aan de groei van het aantal elektrische voertuigen. Hierdoor kunnen investeringkosten en risico's meer gespreid worden, en is een parallelle uitrol van beide opties voor een bepaalde periode denkbaar. De rol van hybride of bifuel voertuigen kan cruciaal zijn in de overgangperiode tot landelijke dekking. De flexibiliteit die geboden wordt door bifuel en flex fuel voertuigen, kan echter ook leiden tot opportunistisch tanken. Als het prijsvoordeel van een alternatieve brandstof wegvalt kan de afzet inzakken, wat leidt tot onzekerheid bij tankstationhouders. Anderzijds kan bij monofuel auto's de verkoop van deze voertuigen lange tijd stagneren als het prijsvoordeel tijdelijk wegvalt.

De studie heeft verscheidene korte termijn knelpunten aan het licht gebracht, die aandacht verdienen bij het verder ontwikkelen van een beleidspakket voor alternatieve brandstoffen, zoals het energiebelastingtarief van elektriciteit en waterstof, onduidelijkheden in het beleidspakket voor groen gas, standaardisatie rond elektrische auto's. Daarnaast, zijn op lange termijn de accijnsvoordelen, die sommige alternatieve brandstoffen nu aantrekkelijk maken, waarschijnlijk niet houdbaar. Tot slot is het van belang om aandacht te besteden aan de robuustheid van het beleid. Fluctuerende olie-, gas- en elektriciteitsprijzen (en SDE vergoeding) kunnen leiden tot onder- en overstimulering. Eventueel kan, conform de SDE-systematiek, prijscompensatie ingebouwd worden.

## Referenties

- Accenture (2009): *Bio Ethylene Business Case; Evaluation of an investment in a 500 kta Ethanol to Ethylene plant to be built alongside the ARG Ethylene Pipe Line (Draft)*. Accenture Nederland, Amsterdam. 25 November 2009.
- Bakema, G.F., O. van Hilten, A.D. Kant en P. Kroon (1990): *Aardgas en elektriciteit bij het gemeentelijk voertuigpark van Amsterdam*. ECN-C-90-045.
- BERR (2008): *Investigation into the Scope for the Transport Sector to Switch to Electric Vehicles and Plugin Hybrid Vehicles*.
- Biofuels (2009): *Biofuels Handle with care*.
- BOVAG (2009): *Tankstations in cijfers 2008*. [www.bovag.nl](http://www.bovag.nl).
- Brouwer, H.E. (2009): *Stimuleren gebruik E85 in flex-fuel auto's*. Platform Duurzame Mobiliteit.
- Buck, S. te, (2009): *Biotickets; Bewijs voor het administratief verhandelen van biobrandstoffen*. SenterNovem, 2009.
- CBS (2009): [www.cbs.nl](http://www.cbs.nl)
- DHV (2004): *Business case LPG*. Dossier nr T365669001, DHV 2004.
- DOE (2009): *Hydrogen Generation from Electrolysis*, DOE, DE-FC36-046013030, 2009.
- Douane (2009): *Tweede brief over fiscale vergroening aan de tweede kamer van de Directie Douane en Verbruiksbelasting*, Mei 2009.
- Edwards, R., J-F. Larive, V. Mahieu en P. Rouveiolles (2007): *Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context. WELL-TO-TANK Report Version 2c, March 2007, WTT APPENDIX 2*. EUCAR, CONCAWE, Institute for Environment and Sustainability of the Joint Research Centre (JRC), Ispra, Italy, 7 maart 2007.
- EU (2009a) (RED): *Official Journal of the European Union 5.6.2009; DIRECTIVE 2009/28/EC*
- EU (2009b) (FQD): *Official Journal of the European Union 5.6.2009; DIRECTIVE 2009/30/EC*
- EUROSTAT (2009): [http://www.hoesnel.nl/energie\\_ontwikkeling/elektriciteitsprijs-nederland.html](http://www.hoesnel.nl/energie_ontwikkeling/elektriciteitsprijs-nederland.html)
- Fuelswitch (2009): [www.fuelswitch.nl](http://www.fuelswitch.nl)
- Gain, B. (2006): *Road Testing BMW's Hydrogen 7*. Internet publicatie 13 november 2006. <http://www.wired.com/cars/energy/news/2006/11/72100?currentPage=1>
- Gilijamse, J. (2009): *Elektrische Auto: inhaalslag van de Duitse auto-industrie*. TWA Netwerk, 8 mei 2009. <http://206.132.223.45/default.ashx?DocumentId=12362>
- Handelsblatt (2009): <http://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/autohersteller-bmw-verliert-glauben-an-den-wasserstoffantrieb;2495118;0>
- Hanschke, C.B., M.A. Uytterlinde, P. Kroon, H. Jeeninga, H.M. Londo (2009): *Duurzame innovatie in het wegverkeer*. ECN-E--08-076.
- Hanschke (2010): *Groen Toerekenen*. ECN, in voorbereiding
- Heidebrink, I., J.J. Meulebrugge, M. Weeda en H.B. Meerwaldt (2009): *Voorstudie naar een veilige waterstof infrastructuur*. TNO-034-UT-2009-00183\_RPT\_ML.

- Hoën, A., H.P.J. de Wilde, C.B. Hanschke, M.A. Uytterlinde en K. Geurs (2009): *CO<sub>2</sub>-emissiereductie in de verkeer- en vervoersector*. ECN-B-09-015, 2009.
- Hoevenaars, B., B. van den Broek en M. Weeda (2008): *Fuel Cell Vehicle cost Analysis*. Niet gepubliceerd, ECN 2008.
- Hugosson, 2008: <http://www.miljobilar.stockholm.se>.
- HyWays (2007): *The European Hydrogen Energy Roadmap*. [www.HyWays.de](http://www.HyWays.de).
- IEA (2007): *Hydrogen Production and distribution*.
- Kampman, B.E., H.B.J. Otten en R.T.M. Smokers (2008): *Duurzaam leasen. Effecten van het Duurzame Mobiliteitsplan van Athlon Car Lease*.
- Kooistra, K. (2004): *Geef gas met Aardgas*. EC149, 2004.
- Landahl, G. (2009): *Promoting Clean Cars, Case study of Stockholm and Sweden*, BEST deliverable.
- Lebutsch, P. (2009): Personal communication Thrive project ECN.
- Melendez, M. (2005): *Analysis of the Hydrogen Infrastructure Needed to Enable Commercial Introduction of Hydrogen-Fueled Vehicles*. NREL/PR-540-37802.
- Ministerie van Financiën (2009): *Belastingtarieven 2009*. [www.minfin.nl/ejb2009](http://www.minfin.nl/ejb2009).
- Ministerie van Financiën (2010): <http://www.minfin.nl/content.jsp?objectid=79604>
- Nieuwenhout, F., C. Kolokathis, Ö. Özdemir en Koen Schoots (2009): *Financial and economic analysis of electric vehicles and heat pumps*. ECN, 2009.
- NIST (2009): *Web book of chemistry*. [www.nist.gov](http://www.nist.gov).
- Olino (2009): [www.olino.org](http://www.olino.org).
- Op den Brouw, P. (2009): *Elektrische auto's in de VS*. TWA Netwerk, 14 december 2009. <http://206.132.223.45/default.ashx?DocumentID=13264>
- Passier, G.L.M., J.P.M. Driever, R. de Lange, N.E. Ligterink en R.T.M. Smokers (2009): *Elektrisch Vervoer in Amsterdam Onderbouwing van ambitie en doelstelling en adviezen voor een effectieve aanpak*. MON-RPT-033-DTS-2009-03095. TNO, 2009.
- Provincies Groningen, Drenthe, Friesland en Energy Valley (2008): *Het 100.000 voertuigenplan, duurzaam op weg*. Juni 2008.
- Provincie Utrecht (2009): *Subsidieregeling aardgasvoertuigen provincie Utrecht*.
- Pettersson, A., S. Liljemark en M. Losciale (2006): *LCNG study - possibilities with LNG supporting supply of methane as a vehicle fuel in Sweden*. Vattenfall Power Consultant AB, 2006.
- Rehnlund, B. en M. van Walwijk (2005): *Assessment of bioethanol and biogas initiatives for transport in Sweden*.
- Schijndel, M. van, M. Canoy, B. Volkerink, L. Meindert en W. van Dijk (2009): *Hoogte en totstandkoming benzineprijzen*. ECORYS Nederland BV, 2009.
- SenterNovem (2009): *Besluit biobrandstoffen wegverkeer 2007*.
- Sharpe, R., R. Smokers (2009): *Assessment with respect to long term CO<sub>2</sub> emission targets for passenger cars and vans*.
- TAB (2008): *Vaststelling Subsidieprogramma Tankstations Alternatieve Brandstoffen*. Staatscourant 21, 2008.

- Tilburg, X. van, S.M Lensink, H.M. Londo, J.W. Cleijne, E.A. Pfeiffer, M. Mozaffarian, A. Wakker en J. Burgers (2009): *Technisch-economische parameters van duurzame energieopties in 2009-2010*. ECN-E--08-090.
- TNS NIPO (2009): Persoonlijke communicatie.
- Travelcard en TNO (2009):  
[http://www.tno.nl/downloads/werkelijke\\_verbruik\\_vs\\_normverbruik\\_travelcard.pdf](http://www.tno.nl/downloads/werkelijke_verbruik_vs_normverbruik_travelcard.pdf)
- Uyterlinde, M.A., C.B. Hanschke en P. Kroon (2008): *Effecten en kosten van duurzame innovatie in het wegverkeer; Een verkenning voor het programma 'De auto van de toekomst gaat rijden'*. ECN-E--07-106.
- Verhagen, B., B. Ritter, E. van Thuijl, J. Neeft en R. Hoogma (2008): *20% biobrandstoffen in 2020*. SenterNovem.
- VROM (2003): *Inventarisatie LPG-stations*. Uitgevoerd door KPMG 2003.
- VROM inspectie (2006): *Sanering LPG-tankstations*.
- V&W (2009): *Plan van aanpak Elektrisch Rijden*. 3 juli 2009. Kenmerk: VEW/DGMO\_2009/4571.
- Weeda, M. (2009): *Towards a Hydrogen Refuelling Infrastructure for Vehicles: THRIVE*. ECN L-09-168.
- Weeda, M. (2010): ECN, Private Communication.
- Zutphen (2009): *Plan Voiture Electrique: 4 miljard euro tot 2020*. E. van Zutphen, TWA Netwerk, 8 december 2009. <http://206.132.223.45/default.ashx?DocumentId=13261>.



## Bijlage A      Lijst van geïnterviewden

De volgende personen zijn geïnterviewd:

J. Bessebinders	BOVAG
P. van den Ouden	Argos Oil
M. Vaessen	HT campus (op persoonlijke titel)
A. Postma	Enexis (op persoonlijke titel)
M. Brouwer	EON (op persoonlijke titel)

De bevindingen zijn verwerkt in Hoofdstuk 3 van dit rapport.