

CE

**Oplossingen voor
milieu, economie
en technologie**

Oude Delft 180

2611 HH Delft

tel: 015 2 150 150

fax: 015 2 150 151

e-mail: ce@ce.nl

website: www.ce.nl

Besloten Vennootschap

KvK 27251086

Schone bussen voor Brabant

Een doorrekening van verschillende
schone alternatieven

Rapport

Delft, april 2006

Opgesteld door: A. (Arno) Schroten
L.J. (Rens) Kortmann



Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:

A. (Arno) Schroten, L.J. (Rens) Kortmann
Schone bussen voor Brabant
Een doorrekening van verschillende schone alternatieven
Delft, CE, 2006

Openbaar vervoer / Autobussen / Emissies / Afname / Maatregelen / Effecten / Scenario's

Publicatienummer: 06.4110.21

Alle CE-publicaties zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Opdrachtgever: Provincie Noord-Brabant
Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Arno Schroten.

© copyright, CE, Delft

CE

Oplossingen voor milieu, economie en technologie

CE is een onafhankelijk onderzoeks- en adviesbureau, gespecialiseerd in het ontwikkelen van structurele en innovatieve oplossingen van milieuvraagstukken. Kenmerken van CE-oplossingen zijn: beleidsmatig haalbaar, technisch onderbouwd, economisch verstandig maar ook maatschappelijk rechtvaardig.

CE-Transform

Visies voor duurzame verandering

CE-Transform, een business unit van CE, adviseert en begeleidt bedrijven en overheden bij veranderingen gericht op duurzame ontwikkeling.

De meest actuele informatie van CE is te vinden op de website: www.ce.nl.

Dit rapport is gedrukt op 100% kringlooppapier.

Voorwoord

In deze studie hebben wij onderzoek gedaan naar enkele opties voor schonere bussen in Noord-Brabant. Op deze plaats willen wij Hans Meulenbeld en Edwin Weijtmans van de Provincie Noord-Brabant bedanken voor de begeleiding van het onderzoek.

Inhoud

Samenvatting	1
1 Inleiding	5
1.1 Aanleiding en achtergrond	5
1.2 Doelstelling	5
1.3 STEPUP	5
1.4 Leeswijzer	6
2 Mogelijkheden voor schoon openbaar vervoer	7
2.1 Inleiding	7
2.2 Europese emissienormen	7
2.3 Dieselmotoren	8
2.4 Aardgasmotoren	9
2.5 Dieselmotoren vs. aardgasmotoren	10
2.6 Subsidies en stimuleringsmaatregelen	11
2.7 Overige aspecten CO ₂ / brandstofverbruik	12
2.7.1 Gewichtsreductie	12
2.7.2 Gedragsmaatregelen	13
2.7.3 Hybride aandrijvingen	13
2.7.4 Biobrandstoffen	13
3 Streekbussen	15
3.1 Inleiding	15
3.2 Kenmerken	15
3.3 Scenariokeuze	16
3.4 Specificatie van de kosten	17
3.4.1 Berekening van de kosten van de huidige busparken	18
3.4.2 Berekening van de (meer)kosten van de verschillende scenario's	18
3.5 Emissies en kosten	20
3.6 Onzekerheid en gevoeligheidsanalyse	23
3.7 Kosteneffectiviteit	24
4 Stadsbussen	27
4.1 Inleiding	27
4.2 Kenmerken	27
4.3 Scenariokeuze	29
4.4 Specificatie van de kosten	29
4.5 Emissies en kosten	30
4.5.1 Effecten op PM ₁₀ -emissies	30
4.5.2 Effecten op NO _x -emissies	32
4.5.3 Effecten op de kosten	34
4.6 Onzekerheid in de aardgasscenario's	36
4.7 Kosteneffectiviteit	37

5	Conclusies en aanbevelingen	39
5.1	Conclusies	39
5.2	Aanbevelingen	42
	Literatuurlijst	45
A	Milieuklasse en bouwjaar van de bussen	49
B	Gebruikte aannames	51
C	Voortijdige afschrijving	57

Samenvatting

De concessieverlener voor het openbaar vervoer kan bij de openbare aanbesteding milieueisen opnemen in het programma van eisen. Zo kan de Provincie Noord-Brabant maatregelen stimuleren die zorgen voor een schoner openbaar vervoer. In het kader hiervan is CE gevraagd om de effecten en kosten van een aantal maatregelen nader onder te loep te nemen. Hierbij is de aandacht met name gericht op het terugdringen van de uitstoot van stikstofoxiden (NO_x) en fijn stof (PM₁₀).

Investeringsscenario's

Voor de streekbussen zijn de volgende vier scenario's bekeken:

- *Gemiddelde afschrijving*: vervanging van de bussen na 8 jaar.
- *Korte afschrijving*: vervanging van de bussen na 6 jaar.
- *Nieuwe vloot*: alle bussen worden in 2006 vervangen.
- *Aardgas totaal*: alle bussen worden in 2006 vervangen door aardgasbussen.

Voor de stadsbussen zijn de volgende drie scenario's bekeken:

- *Gemiddelde afschrijving*: vervanging van de bussen na 8 jaar.
- *Aardgas geleidelijk*: vervanging van de bussen na 8 jaar door aardgasbussen.
- *Aardgas totaal*: alle bussen worden in 2006 vervangen door aardgasbussen.

Resultaten

In Tabel 1 staan de resultaten van het scenario 'gemiddelde afschrijving', zowel voor de streek- als de stadsbussen.

Tabel 1 Samenvatting van de resultaten voor het scenario 'gemiddelde afschrijving'. Emissies en meerkosten ten opzichte van de huidige situatie (2005)

	Jaarlijkse emissiereductie		Jaarlijkse meerkosten	Meerkosten (x € 1.000 per jaar)	Kosten-effectiviteit (€/ton CO ₂ -eq.)
	PM ₁₀	NO _x			
Streekbussen	91%	61%	1%	65	1,02
Breda	91%	62%	0,5%	9	1,19
Eindhoven	57%	24%	< 0,5%	0,4	0,06
's-Hertogenbosch	92%	62%	0,5%	8	1,14
Tilburg	91%	61%	0,5%	10	1,17

Omdat de huidige busparken relatief veel oude bussen bevatten die in het scenario 'gemiddelde afschrijving' vervangen worden door nieuwe en schonere bussen, zijn de emissiereducties in dit scenario hoog. Dit scenario moet de reguliere gang van zaken weer geven. Dit gaat voor de busparken in Noord-Brabant vanwege de vele oude bussen niet op. Daarom is besloten om het bij de analyse van de overige scenario's als referentiescenario te gebruiken.

Een samenvatting van de resultaten voor de overige scenario's is gegeven in Tabel 2. Bij de meerkosten van alle aardgasscenario's is een bandbreedte berekend, die wordt bepaald door de onzekerheid in het brandstofverbruik van zowel diesel- als aardgasbussen. Deze onzekerheid is ook meegenomen in de berekeningen van de kostenefficiëntie van de aardgasscenario's. Daarbij zijn de meest gunstige uitkomsten voor de emissies (in Tabel 2 weergegeven tussen haakjes) gebruikt om de ondergrens van de bandbreedte te bepalen.

Tabel 2 Samenvatting van de resultaten. Emissies en meerkosten ten opzichte van het scenario 'gemiddelde afschrijving'

	Jaarlijkse Emissiereductie		Jaarlijkse meerkosten	Meerkosten (x € 1.000 per jaar)	Kosten-effectiviteit (€/kg CO ₂ -eq.)
	PM ₁₀	NO _x			
Streekbussen					
Korte afschrijving	22%	4%	11%	2.269	20,19
Nieuwe vloot	49%	8%	1%	198	2,31
Aardgas totaal	67% (89%)	47% (89%)	5% (-0,3 – 10%)	945 (-69 – 1.914)	8,51 (-0,04 – 16,98)
Stadsbussen Breda					
Aardgas geleidelijk	15% (34%)	30% (64%)	6% (1 – 13%)	162 (29 – 330)	12,66 (0,94 – 22,72)
Aardgas totaal	67% (91%)	47% (90%)	6% (<1 – 15%)	147 (3 – 297)	10,80 (0,57 – 21,04)
Stadsbussen Eindhoven					
Aardgas geleidelijk	3% (7%)	10% (21%)	3% (1 – 5%)	118 (39 – 200)	25,03 (7,24 – 41,88)
Aardgas totaal	82% (96%)	55% (91%)	6% (2 – 14%)	299 (89 – 512)	35,09 (8,39 – 59,80)
Stadsbussen 's-Hertogenbosch					
Aardgas geleidelijk	15% (35%)	31% (65%)	6% (1 – 12%)	134 (21 – 246)	12,71 (0,89 – 22,83)
Aardgas totaal	66% (91%)	47% (89%)	6% (-0,1 – 11%)	120 (-2 – 241)	10,78 (-0,46 – 21,06)
Stadsbussen Tilburg					
Aardgas geleidelijk	14% (34%)	31% (64%)	4% (-1 – 9%)	111 (-23 – 246)	8,35 (-0,46 – 21,06)
Aardgas totaal	67% (92%)	48% (89%)	6% (-0,1 – 11%)	156 (-4 – 316)	10,75 (-0,38 – 21,07)

Toelichting: De emissies tussen haakjes zijn de meest gunstige uitkomsten van de berekening van de emissies. Bij de berekening van deze emissies is gebruik gemaakt van emissiecijfers die zijn gebaseerd op *testgegevens* van een relatief schone aardgasbus van MAN. Bij de meerkosten en de kosteneffectiviteit is de bandbreedte tussen haakjes weergegeven.



Conclusies en aanbevelingen

Op basis van het onderzoek komen wij tot de volgende aanbevelingen:

- Zowel voor de streek- als de stadsbussen is het scherp toezien op een afschrijvingscyclus van 8 jaar veruit de beste optie.
- Voor het streekbuspark is het in 2006 vervangen van alle bussen door nieuwe dieselbussen de beste aanvullende maatregel. Overschakelen op aardgas brengt extra emissiereductie met zich mee. De kosten van deze maatregel zijn onzeker, maar vallen waarschijnlijk aanzienlijk hoger uit dan bij het scenario 'nieuwe vloot'. Ook een korte afschrijftermijn (6 jaar) is relatief duur.
- Ook voor de stadsbusparken brengt het overschakelen op aardgas waarschijnlijk hoge extra kosten met zich mee. Wel worden er aanzienlijke emissiereducties gerealiseerd. Een andere interessantere optie is wellicht om te kiezen voor een compleet nieuwe vloot dieselbussen. Hoewel deze optie in deze studie niet specifiek voor stadsbussen is onderzocht, lijkt dit op basis van de analyse voor streekbussen geconcludeerd te kunnen worden.



1 Inleiding

1.1 Aanleiding en achtergrond

De Provincie Noord-Brabant is concessieverlener van het openbare busvervoer in grote delen van de Provincie Noord-Brabant. Voor de aanbesteding zal de provincie een programma van eisen (PvE) opstellen, waarin ten aanzien van onder andere dienstregeling, communicatie, veiligheid en de inzet en technische staat van het materieel basiseisen zijn opgenomen. Dit laatste geeft de provincie de mogelijkheid om invloed uit te oefenen op de milieuprestaties van het wagenpark voor de periode van de aanbesteding. Door recente ontwikkeling in de regelgeving voor de luchtkwaliteit en de ontwikkeling op het gebied van voertuigtechniek wil de provincie inzicht hebben in de mogelijkheden van een extra inspanning om het openbaar vervoer schoner, stiller en zuiniger te maken.

De Provincie Noord-Brabant heeft CE gevraagd om op korte termijn inzicht te geven in de technische mogelijkheden, de kosten van de inzet van schonere bussen alsmede de verwachte effecten op de emissies. De nadruk zal daarbij liggen op de mogelijkheden van het verbeteren van de luchtkwaliteit (d.w.z. het reduceren van PM₁₀ en NO_x-emissies). Hierbij dient er onderscheid gemaakt te worden tussen de streekbussen en de stadsbussen in de steden Breda, Eindhoven, 's-Hertogenbosch, en Tilburg.

1.2 Doelstelling

De doelen van het onderzoek zijn:

- in beeld brengen van de technische mogelijkheden om de milieuprestaties van bussen te verbeteren;
- inzicht te krijgen in de milieubelasting van het huidige wagenpark;
- het inventariseren van mogelijke scenario's voor schoon openbaar vervoer;
- het berekenen van de milieuprestaties en kosten van deze scenario's.

Het project levert dus een beeld op van de mogelijkheden die er bestaan om te komen tot een milieuvriendelijker busvervoer in de Provincie Noord-Brabant.

1.3 STEPUP

De scenario's voor schoner busvervoer zijn doorgerekend met het programma STEPUP¹. Dit programma is ontwikkeld in opdracht van SenterNovem voor concessieverleners om milieueisen op te kunnen nemen in de aanbestedingsprocedure (zie SchoneVoertuigen, website).

¹ Strategic Tool for Ecological Public Transport.

Op grond van het bestaande wagenpark en diverse kengetallen op het gebied van kosten en emissies van het park berekent STEPUP de milieuprestatie van het park. Vervolgens kunnen maximaal zes alternatieve investeringsscenario's worden doorgerekend. In de alternatieve scenario's kunnen voertuigen bijvoorbeeld worden vervangen door schonere exemplaren. Ook kan worden gewerkt met het plaatsen van roetfilters of andere maatregelen.

De uitvoer van het programma bestaat uit de jaarlijkse kosten en emissies van het park in het referentiescenario en elk van de alternatieve scenario's. De ontwikkeling van de jaarlijkse kosten en emissies in opeenvolgende jaren tot en met 2010 kan in kaart worden gebracht.

Voor een betrouwbare berekening van emissies en kosten is STEPUP in dit onderzoek op twee manieren aangepast:

- aanpassing van de emissiefactoren naar de laatste inzichten van TNO en het Milieu en Natuurplanbureau (MNP; voormalig onderdeel van RIVM);
- aanpassing van de wettelijke introductiedata van nieuwe milieunormen voor wegvoertuigen (Euro-klassen).

Naast de functionaliteit van STEPUP is bij berekeningen aangaande de scenario's voor de streekbussen tevens gebruik gemaakt van extra modules die tijdens het onderzoek zijn vormgegeven.

- 1 Kosteneffectiviteit van scenario's - kosten per kilogram reductie van:
 - a PM₁₀-emissies (€/kg PM₁₀).
 - b NO_x-emissies (€/kg NO_x).
 - c De som van PM₁₀- en NO_x-emissies uitgedrukt in CO₂-equivalente emissie (€/ton CO₂-eq). Voor het berekenen hiervan is de schaduwrijzen methode gebruikt (zie bijvoorbeeld RIVM/CE, 2004).
- 2 Extra kosten van voortijdige afschrijving (zie bijlage C).

1.4 Leeswijzer

De indeling van dit rapport is als volgt: in hoofdstuk 2 zal een overzicht gegeven worden van de mogelijkheden voor schoon openbaar vervoer. In hoofdstuk 3 wordt vervolgens ingegaan op de stadsbussen. Allereerst zal de huidige situatie in beeld gebracht worden. Daarna zullen er toekomstscenario's opgesteld worden en doorberekend worden op emissiereducties en (meer)kosten. Dezelfde procedure zal in hoofdstuk 4 uitgevoerd worden voor de streekbussen. Tot slot worden in hoofdstuk 5 de belangrijkste conclusies gepresenteerd en enkele aanbevelingen opgesteld.

2 Mogelijkheden voor schoon openbaar vervoer

2.1 Inleiding

Er bestaan diverse mogelijkheden voor schoon openbaar vervoer. Momenteel zijn er voor bussen drie aandrijftechnieken beschikbaar: dieselmotoren (eventueel in combinatie met een roetfilter en/of een DeNO_x-filter), aardgas- (of CNG-)motoren en LPG-motoren. Recent zijn er discussies gevoerd over de uitfasering van LPG, vanwege de problemen rondom externe veiligheid. Daarnaast is het milieuvoordeel ten opzichte van dieselbussen in de loop der jaren afgenomen, omdat de dieselmotoren door de Europese regelgeving steeds schoner zijn geworden. Ook zijn LPG-bussen nagenoeg niet meer leverbaar. Vandaar dat in het vervolg van dit hoofdstuk geen aandacht besteed wordt aan LPG-bussen.

Naast deze drie 'conventionele' aandrijftechnieken worden er momenteel ook pilot projecten gehouden met hybride- en waterstofaandrijvingen. Maar aangezien deze technieken nog in staat van ontwikkeling zijn en slechts toepassing vinden in onderzoeksprogramma's, worden ze in dit onderzoek niet behandeld. In dit onderzoek gaan we dus enkel uit van diesel- en aardgasbussen.

In het vervolg van dit hoofdstuk wordt allereerst ingegaan op de Europese emissienormen voor bussen. Vervolgens wordt ingegaan op de voor deze studie relevante aandrijftechnieken: diesel- en aardgasmotoren. Daarna wordt een overzicht gegeven van de bestaande subsidies en andere stimuleringsmaatregelen. Tot slot wordt kort ingegaan op de maatregelen die genomen kunnen worden om de CO₂-emissies van bussen te reduceren.

2.2 Europese emissienormen

De Europese Unie hanteert sinds begin jaren negentig emissienormen voor wegvoertuigen met een diesel-, gas- of benzinemotor. Deze normen worden om de 3 tot 4 jaar aangescherpt. In Tabel 3 is een overzicht gegeven van de verschillende normen voor dieselbussen. Naast de Euro-normen is ook de EEV-norm (Enhanced Environmentally friendly Vehicle) ontwikkeld, specifiek voor emissie-eisen in de stedelijke omgeving. Deze EEV-norm is strenger dan de Euro 5-norm voor motoren. Ook voor de EEV-norm is een overzicht gegeven in Tabel 3.

Tabel 3 Overzicht van emissienormen

	Euro 0	Euro 1	Euro 2	Euro 3		Euro 4		Euro 5		EEV	
Testcyclus	ESC ^a	ESC	ESC	ESC	ETC ^b	ESC	ETC	ESC	ETC	ESC	ETC
Ingangsdatum	1990	1993	1996	2000		2006		2008			
PM ₁₀		0,36	0,15	0,1	0,16	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02
NO _x	14,4	8,0	7,0	5,0	5,0	3,5	3,5	2,0	2,0	2,0	2,0
CO	11,2	4,5	4,0	2,1	5,45	1,5	4,0	1,5	4,0	1,5	3,0
NMHC	-	-	-		0,78		0,55		0,55		0,40
CH ₄	-	-	-		1,6		1,1		1,1		0,65

^a European Stationary Cycle.

^b European Transient Cycle.

Overigens heeft de Europese Commissie in december 2005 een richtlijn voorgesteld, waarin zij overheidsinstanties wil verplichten om ten minste 25% van hun jaarlijkse uitgaven voor de aankoop of leasing van zwaar vervoersmaterieel (voertuigen die meer dan 3,5 ton wegen) te besteden aan EEV-voertuigen (EC, 2005). Onder dit zware vervoersmaterieel vallen o.a. bussen.

2.3 Dieselmotoren

De dieselmotor is zeer dominant in het busvervoer. Het huidige marktaandeel is bijna 100%. De belangrijkste redenen hiervoor zijn:

- uitstekende verbrandingseigenschappen, krachtige motoren;
- hoge energie-inhoud (relatief kleine en lichte brandstoftank, hoge actieradius);
- de dieselmotor is zeer bedrijfszeker en vereist weinig onderhoud;
- het gebruik en verkoop van diesel vereist weinig veiligheidsmaatregelen. Wel dienen er voorzieningen getroffen te worden voor bodem- en grondwaterbescherming en keuringen.

De scherpe concurrentie tussen verschillende dieselmotoren heeft de dieseltechniek op een hoog peil gebracht. Hierbij is veel aandacht uitgegaan naar het brandstofverbruik. Door de invoering van de Europese emissienormen vanaf het begin van de jaren negentig zijn ook de milieuprestaties van de dieselmotoren enorm verbeterd. De emissies van met name NO_x en PM_{10} zijn in stappen teruggebracht naar zeer lage niveaus.

Een nieuwe bus dient op dit moment te voldoen aan de Euro 3-norm, en vanaf oktober 2006 aan de Euro 4-norm. Op dit moment zijn er echter al motoren beschikbaar die aan de Euro 4-norm voldoen². Dit aanbod wordt ondermeer gestimuleerd door de vraag naar dergelijke motoren vanwege heffingen die gekoppeld zijn de milieuklasse van het voertuig (bijvoorbeeld de Duitse Maut). Volgend jaar introduceert DAF al een motor die aan de Euro 5-eisen voldoet.

Fabrikanten spelen in op de vraag vanuit overheden naar schone bussen door ook dieselmotoren versneld schoner te maken. VDL Berkhof voert op dit moment testen uit met de motor van de Ambassador bus, om de rotemissies al onder de Euro 5-eis te brengen. Deze bus krijgt een certificaat, dat de emissieparameters garandeert.

Daarnaast is het technisch mogelijk om bestaande bussen achteraf te voorzien van filters die de emissies van PM_{10} (d.m.v. roetfilter) en NO_x (d.m.v. De NO_x katalysator) reduceren. Dergelijke filters kunnen de emissies met een factor 4 reduceren. Uit onderzoek blijkt echter wel dat de uitstoot van NO_2 stijgt bij het gebruik van een CRT-roetfilter (Soltic & Rütter, 2003).

² Vanaf juni 2005 levert bijvoorbeeld Scania al bussen die aan de Euro 4-norm voldoen. VDL Berkhof komt aan het eind van 2005 met Euro 4-bussen.



2.4 Aardgasmotoren

Aardgas kan op twee manieren in het voertuig worden opgeslagen: onder hoge druk (Compressed Natural Gas: CNG) of vloeibaar (Liquefied Natural Gas: LNG). CNG is in Europa het meest gangbaar.

De toepassing van CNG in voertuigen is in Nederland nog relatief beperkt. In het buitenland zijn er wel positieve ervaringen met aardgas als brandstof (o.a. Spanje, Portugal, Italië en Frankrijk). In Nederland leveren onder andere MAN, Scania en IVECO aardgasbussen. Deze kunnen afhankelijk van de wensen van de klant uitgevoerd worden met zowel een lean-burn motor als met een stoichiometrische motor. In Nederland staat aardgas momenteel sterk in de belangstelling als brandstof voor bussen. In het concessiegebied Haarlem/IJmond rijden tussen 2005 en 2010 alle bussen op aardgas. In andere regio's wordt hierover nagedacht.

De meeste aardgasbussen voldoen aan de Europese EEV-emissiestandaard en zijn daarmee schoner dan Euro 5 dieselbussen. Met name de emissies van fijn stof liggen aanmerkelijk lager dan bij dieselbussen. Zo produceert MAN een aardgasbus die vier keer minder fijn stof uitstoot dan dat de EEV-emissiestandaard voorschrijft. Naast de goede prestaties op het gebied van emissies produceren aardgasbussen ook minder geluid dan dieselbussen.

Bij het tanken van aardgas kan er gebruik gemaakt worden van een 'fast-fill' of een 'slow-fill' tanksysteem. Bij fast-fill wordt het voertuig gekoppeld aan een grote compressor met een bufferopslag. De tanktijd is vergelijkbaar met die van een andere brandstof. Bij slow-fill worden de voertuigen gekoppeld aan een systeem met een kleinere compressor en in vijf tot acht uur gevuld. De realisatie en het beheer van een aardgastankstation kan zowel in eigen beheer als door een commerciële partij gerealiseerd worden.

De veiligheidsrisico's bij toepassing van CNG zijn aanzienlijk minder groot dan bij toepassing van LPG, en zijn vergelijkbaar met die van de toepassing van diesel. CNG is lichter dan lucht en zal, bijvoorbeeld bij lekkage in de garage, snel vervluchtigen. Daarom gelden er minder strenge veiligheidseisen aan het gebruik, het tanken en stallen van CNG-voertuigen.

Doordat CNG in Nederland tot nu toe in beperkte mate wordt toegepast in voertuigen zijn er ook nog weinig gegevens beschikbaar over de prestaties en de kosten van dit type voertuigen in de praktijk. Zo is er bijvoorbeeld weinig praktijkkennis van het brandstofverbruik van aardgasbussen. Daarom is er in deze studie een literatuuronderzoek uitgevoerd naar het brandstofverbruik van aardgasbussen (zie bijlage B).

2.5 Dieselmotoren vs. aardgasmotoren

Een vergelijking van dieselmotoren en aardgasmotoren op verschillende gebieden levert de volgende resultaten op.

Milieu

Toepassing van aardgasmotoren leidt tot lagere emissies dan bij dieselmotoren. Daarentegen bestaat aardgas voor een groot gedeelte uit methaangas, dat een sterk broeikasgas is (20 maal sterker dan CO₂) en dus kan bijdragen aan klimaatverandering. Lekverliezen bij het tanken of bij de opslag in het voertuig kunnen dus gevolgen hebben voor het broeikas-effect. Daar staat tegenover dat lekverliezen bij het tanken van diesel kan leiden tot bodemverontreiniging. Tot slot zijn aardgasmotoren stiller dan dieselmotoren.

Prestaties

In grote lijnen zijn de prestaties van aardgasbussen te vergelijken met die van de dieselbussen. Wel hebben aardgasmotoren een kleiner koppel dan dieselmotoren. Vanwege de hogere energie-inhoud van diesel ten opzichte van aardgas, verbruikt een dieselbus minder brandstof per kilometer, wat een gunstig effect heeft op de CO₂-emissies. Daar staat tegenover dat de CO₂-emissies bij de verbranding van 1 kg aardgas lager zijn dan bij de verbranding van 1 kg diesel. Hoewel de actieradius van aardgasbussen beperkter is dan van dieselbussen, is die over het algemeen toereikend. Grofweg ligt de actieradius van een aardgasbus tussen de 250 en 450 kilometer, wat voor een stadsbus of lijnbus voldoende is voor één volledige dag (Haarlem, 2004). De aardgastanks, die zijn aangebracht op het dak van de bus, brengen tot slot ook extra massa met zich mee.

Kosten

De brandstofprijs ligt voor aardgasvoertuigen (met name bij grootverbruik) lager dan voor dieselvoertuigen, omdat er momenteel op aardgas geen accijns geheven wordt. Deze accijnsvrijstelling zal in de toekomst echter waarschijnlijk niet blijven bestaan. Daar staan wel extra aanschafkosten tegenover (CVOV, 2005), (Werkgroep 'Rijden op Aardgas', 2006). De onderhoudskosten zijn voor aardgasbussen hoger dan voor dieselbussen (Werkgroep 'Rijden op Aardgas', 2006). Wat betreft de restwaarde is er nog weinig bekend. Met name de restwaarde van aardgasvoertuigen is onbekend. Deze zal sterk afhangen van de mate waarin aardgasbussen in de komende jaren wereldwijd ingezet gaan worden. Omdat de aardgasbussen voldoen aan de EEV-emissie-standaard, waardoor ze schoner zijn dan Euro 5 dieselbussen, veroudert een aardgasbus wat dat betreft wel minder snel dan een dieselbus.

Bij het overschakelen op aardgasbussen dient er ook een aardgasvulstation gerealiseerd te worden, terwijl voor de 'nieuwe' concessiehouder wellicht al wel een tankstation voor diesel beschikbaar is. Hierbij kan er overigens voor gekozen worden om dit tankstation door een commerciële partij te laten realiseren, waarbij de kosten daarvan doorberekend zullen worden in de aardgasprijs. Commerciële realisering van een aardgasvulstation is over het algemeen iets duurder dan het realiseren van een vulstation in eigen beheer. De kosten van een aardgasvulstation zijn sterk afhankelijk van het type tankinstallatie waarvoor gekozen wordt



(slow-fill vs. fast-fill), de gewenste hoeveelheid back-up capaciteit en het tijdstip en tijdsduur van tanken (de prijs van aardgas is hoger naarmate er meer sprake is van piekbelastingen van het aardgasnetwerk). Naast de kosten van de realisatie van het vulstation, zijn er ook kosten van aanpassingen die aan de stalling doorgevoerd dienen te worden. Tot slot, wanneer er grote hoeveelheden aardgas afgenomen worden dan gelden er meestal gunstigere tarieven.

2.6 Subsidies en stimuleringsmaatregelen

Er bestaan diverse subsidies en andere stimuleringsmaatregelen voor schoon openbaar vervoer. Hieronder volgt een overzicht van de regelingen met enige relevantie.

Milieu-investeringsaftrek (MIA). Deze regeling maakt milieuvriendelijke bedrijfsmiddelen aantrekkelijk voor ondernemers, omdat zij een deel van de nieuwwaarde van de fiscale winst kunnen aftrekken. Hierover hoeft dus geen vennootschapsbelasting betaald te worden. Een speciale milieulijst (zie voor meer informatie: www.belastingdienst.nl) bepaalt welke bedrijfsmiddelen in aanmerking komen voor MIA en welk deel van de nieuwwaarde kan worden afgetrokken van de winst (zie VROM). Voorbeelden zijn bussen met milieuklasse Euro 4 of Euro 5; bij aanschaf hiervan mag 30% van maximaal € 50.000, respectievelijk € 65.000 worden afgetrokken.

In Tabel 4 is het fiscale voordeel van de MIA-regeling voor Euro 4 en Euro 5 bussen berekend.

Tabel 4 Fiscaal voordeel door MIA

	Euro 4	Euro 5
Maximaal bedrag	€ 50.000	€ 65.000
Aftrek (%)	30%	30%
Aftrek (€)	€ 15.000	€ 19.500
Tarief vennootschapsbelasting	31,5%	31,5%
Fiscaal voordeel	€ 4.725	€ 6.142,50

In zijn brief aan de Tweede Kamer van 6 april 2005 kondigt Staatssecretaris Van Geel aan dat de voortzetting van deze stimuleringsregeling voor de periode 2006-2009 is opgenomen in de luchtkwaliteitsenvelop.

Vrije Afschrijving Milieu-investeringen (VAMIL). Deze regeling geeft de mogelijkheid tot willekeurige afschrijving van bepaalde milieu-investeringen. Dit betekent dat er zelf gekozen mag worden in welk jaar dat wordt gedaan. De VAMIL-regeling biedt ondernemers een liquiditeits- en rentevoordeel. De bedrijfsmiddelen die in aanmerking komen voor de VAMIL staan eveneens op de milieulijst.

Fiscale stimulering aardgasbussen; Aardgasbussen worden op twee manieren fiscaal gestimuleerd: in de eerste plaats door een vrijstelling van de motorrijtuigenbelasting, en ten tweede door een accijnsvrijstelling op aardgas als voertuigbrandstof.

Schoon lokaal vervoer; Met de regeling voor *schone bussen* geeft het Ministerie van Verkeer en Waterstaat een vaste bijdrage in de meerkosten van retrofit van roetfilters op bestaande OV-bussen. Andere technieken met eenzelfde milieueffect komen ook in aanmerking. Zo is er voor de aanschaf van aardgasbussen een subsidie van € 7.000 beschikbaar. Deze regeling, waarvoor in totaal € 12 miljoen beschikbaar is, zal gelden voor 2006 en 2007. Met de regeling kunnen concessieverleners van openbaar vervoer een tegemoetkoming krijgen voor de meerkosten die zij moeten maken als gevolg van een duurdere uitvoering van de concessie.

2.7 Overige aspecten CO₂/ brandstofverbruik

Hoewel de nadruk van deze studie ligt op het verminderen van de uitstoot van fijn stof (PM₁₀) en stikstofoxiden (NO_x) wordt hier toch enige aandacht besteed aan de technische en niet-technische mogelijkheden op het brandstofverbruik en de CO₂-uitstoot te verminderen.

In een eerdere studie van CE (2004) is een viertal maatregelen of maatregelclusters beschreven die op relatief kosteneffectieve manier geïmplementeerd kunnen worden binnen het busvervoer:

- gewichtsreductie;
- gedragsmaatregelen;
- hybride aandrijvingen; en
- biobrandstoffen.

2.7.1 Gewichtsreductie

Het reduceren van het gewicht van chassis en opbouw door het gebruik van lichte materialen kan het gebruik van brandstof flink beperken. De lichtgewicht bus 'Ambassador' die door VDL Berkhof is ontwikkeld is zeer in trek bij de Nederlandse busmaatschappijen voor regionaal vervoer. De Ambassador is ongeveer 25% lichter dan een conventionele vergelijkbare bus en gebruikt 10 tot 15% minder brandstof. In het stadsvervoer zijn er ook mogelijkheden voor de lichtgewicht bus, maar deze zijn vooralsnog beperkter vanwege de fysiek zwaardere belasting van stadsbussen.

2.7.2 Gedragsmaatregelen

Ook door middel van het verbeteren van de rijstijl van de chauffeur kan energie bespaard worden. Bovendien levert dit ook nog eens een kostenbesparing, omdat de investeringen relatief beperkt zijn.

In-car apparatuur kan de chauffeur helpen om een energiezuinig gedrag te vertonen. Onder in-car apparatuur wordt verstaan: snelheids- en toerentalbegrenzers; intelligent gaspedaal; brandstofverbruiksmeter; boordcomputers; automatische bandenspanningcontroleapparatuur; start-stop systeem en standkachels.

Volgens Het Nieuwe Rijden kan door aanpassing van gedrag en gebruik van in-car apparatuur wel tot 15% energie bespaard worden. Overigens is het effect op lange termijn niet duidelijk. Het is mogelijk dat het effect van de training na verloop van tijd minder wordt, waardoor herscholing noodzakelijk is. Een beloningsregeling kan deze vermindering mogelijk weer (gedeeltelijk) tenietdoen.

2.7.3 Hybride aandrijvingen

Het gebruik van hybride aandrijvingen in bussen staat op dit moment nog in de ontwikkelingsfase, van marktpenetratie is nog geen sprake. Er lopen echter wereldwijd wel initiatieven.

Het besparingspotentieel van een hybride bus hangt af van een aantal factoren zoals voertuiggewicht en rittype, en ligt rond de 30 tot 40%. Hybride bussen zijn gemiddeld 50% duurder dan conventionele bussen en hebben 20 tot 30% lagere gebruikerskosten vanwege lagere brandstofkosten en verminderde onderhoudskosten aan de verbrandingsmotor (www.eletrabus.com).

2.7.4 Biobrandstoffen

Het bijmengen van biobrandstoffen, zoals biodiesel of biogas, bespaart de busmaatschappijen niet direct brandstof, maar mag toch meegerekend worden omdat de CO₂-emissies deel uitmaken van een gesloten kringloop. Technisch levert bijmengen tot 30% geen problemen op. Ook organisatorisch levert dit weinig problemen op omdat bussen altijd aan dezelfde eigen brandstofpomp tanken. Het is echter niet bekend of brandstofleveranciers deze afwijkende mengverhouding kunnen leveren, in verband met de benodigde certificering van de brandstof. Deze certificering van de brandstof wordt door busleveranciers vaak opgenomen in de garantievoorwaarden. Voor aardgasmotoren kan biogas worden toegepast zonder dat aanpassingen aan de motor noodzakelijk zijn.

3 Streekbussen

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt berekend in hoeverre vier verschillende scenario's bijdragen aan de emissiereductie van de Brabantse streekbussen. Tevens zal een indicatie van de (meer)kosten van deze scenario's gegeven worden. Tot slot wordt de kosteneffectiviteit van de verschillende scenario's met elkaar vergeleken.

Na een korte beschrijving van het huidige streekbuspark van Noord-Brabant in paragraaf 3.2, wordt in paragraaf 3.3 de scenariokeuze toegelicht. Vervolgens wordt in paragraaf 3.4 ingegaan op de methodiek omtrent de bepaling van de kosten in de huidige situatie en in de verschillende scenario's. De emissies en kosten van zowel het huidige buspark als van de verschillende scenario's worden in paragraaf 3.5 onderzocht. In paragraaf 3.6 worden enkele onzekerheden omtrent de aannames die zijn gemaakt nader onder de loep genomen. Tot slot zullen in paragraaf 3.6 de verschillende scenario's met elkaar worden vergeleken op basis van de kosteneffectiviteit van de voorgestelde maatregelen.

3.2 Kenmerken

Het huidige buspark in Noord-Brabant omvat 311 streekbussen. In Tabel 5 is een overzicht gegeven van de verdeling van deze bussen over de verschillende milieuklassen.

Tabel 5 Onderverdeling van de bussen naar milieuklasse

Milieuklasse	Aantal bussen
Euro 0	112
Euro 1	71
Euro 2	68
Euro 3	60
Totaal	311

Op basis van de onderverdeling van streekbussen over de verschillende milieuklassen, is een schatting gemaakt van het jaar van aanschaf van de bussen. Allereerst wordt aangenomen dat alle bussen nieuw aangeschaft worden, en dus dat het jaar van aanschaf gelijk is aan het bouwjaar. Vervolgens wordt verondersteld dat de bussen behorende tot een bepaalde milieuklasse homogeen verdeeld zijn over de (bouw)jaren waarvoor de desbetreffende milieuklasse geldt. Verder is voor de bussen behorende tot milieuklasse Euro 0 verondersteld dat ze allemaal 1991 als bouwjaar hebben. Een overzicht van de geschatte bouwjaren van de bussen is weergegeven in bijlage A.

In Tabel 6 zijn de kenmerken van streekbussen opgenomen die, naast de onderverdeling in milieuklassen en bouwjaren, relevant zijn voor dit onderzoek. Deze kenmerken zijn zo veel mogelijk overgenomen uit de opgave van de huidige vervoerder en waar nodig aangevuld met gegevens uit de literatuur en de meningen van experts (zie voetnoten voor verantwoording). Hierbij wordt er vanuit gegaan dat alle streekbussen 12-meter voertuigen zijn.

Tabel 6 Gebruikte gegevens en aannames (zie voetnoten) over de huidige busparken in de Brabantse steden

Brandstofsoort	Diesel
Brandstofverbruik Euro 0 t/m 3 (l/100km) ³	34,5
Brandstofverbruik Euro 4/5 (l/100 km) ⁴	32,8
Jaarkilometrage (km) ⁵	77.000
Aanschafkosten ⁶ (€)	190.000
Restwaarde ⁷ (€)	17.100
Levensduur ⁸ (jaar)	8
Onderhoudskosten ⁹ (€ per jaar)	17.710
Motorrijtuigenbelasting (€ per jaar)	579

3.3 Scenariokeuze

Voor de streekbussen worden de volgende vier scenario's doorgerekend.

Scenario 1: Gemiddelde afschrijving

Binnen het scenario gemiddelde afschrijving worden de bussen op het moment dat ze volledig zijn afgeschreven vervangen door bussen met dezelfde aandrijftechnieken en brandstoffen. Hierbij wordt er uitgegaan van de *technische* afschrijftermijn, die 8 jaar bedraagt. Momenteel zijn er bussen in het buspark die al vervangen hadden moeten worden maar die echter nog steeds worden gebruikt. Voor deze voertuigen wordt ervan uitgegaan dat ze in 2006 worden vervangen door nieuwe bussen. Voor deze nieuwe bussen wordt aangenomen dat ze hetzelfde jaarkilometrage hebben als de bussen die ze vervangen.

³ Taakgroep verkeer (2003).

⁴ Taakgroep verkeer (2003).

⁵ Gebaseerd op een onderzoek naar schoon openbaar vervoer uitgevoerd voor de regio Haaglanden (CE, 2005).

⁶ Inschatting op basis van kostenkengetallen uitgegeven door het Centrum Vernieuwing Openbaar Vervoer (CVOV, 2005).

⁷ 9% restwaarde bij levensduur van 8 jaar. Dit is een inschatting op basis van kostenkengetallen uitgegeven door het Centrum Vernieuwing Openbaar Vervoer (CVOV, 2005).

⁸ Gemiddelde levensduur, gebaseerd op Haarlem (2004), CVOV (2005), Werkgroep 'Rijden op Aardgas' (2006) en persoonlijke communicatie KNV.

⁹ Gebaseerd op gemiddelde onderhoudskosten van € 0,23 (12 m voertuig) (CVOV, 2005; CE, 2005). Deze onderhoudskosten wijken af van de kosten gehanteerd door de Werkgroep 'Rijden op Aardgas' (2006). Echter in de overige literatuur wordt er uitgegaan van € 0,23, vandaar dat er in deze studie met deze waarde gerekend wordt. Overigens komt het in deze studie gehanteerde verschil tussen de onderhoudskosten van diesel- en aardgasbussen wel overeen met het door de werkgroep gehanteerde verschil. Op dit punt leidt dit onderzoek dus niet tot andere conclusies bij de vergelijking van diesel- en aardgasbussen dan de analyse van de werkgroep.



In deze variant worden geen aanvullende milieumaatregelen getroffen ten aanzien van het buspark. De ontwikkeling van de milieuprestaties wordt in dit scenario bepaald door de Europese emissie-eisen. Deze uiten zich door de geleidelijke instroom van Euro 4 bussen in het wagenpark, en vanaf 2009 Euro 5.

Aangezien dit scenario de reguliere gang van zaken zou moeten weergeven, worden bij de doorrekening van de verschillende scenario's de resultaten vergeleken met de resultaten van dit scenario. Het scenario 'gemiddelde afschrijving' wordt in deze studie dus als referentiescenario gebruikt.

Scenario 2: Korte afschrijving

Binnen dit scenario worden alle voertuigen versneld vervangen. Dit betekent dat ze niet na 8 jaar vervangen worden, maar na 6 jaar. Voor de nieuwe bussen wordt wederom aangenomen dat ze hetzelfde jaarkilometrage hebben als de bussen die ze vervangen.

Scenario 3: Nieuwe vloot

In dit scenario worden alle bussen in 2006 vervangen door nieuwe bussen. Ook hier wordt aangenomen dat de nieuwe bussen hetzelfde jaarkilometrage hebben als de bussen die ze vervangen.

Scenario 4: Aardgas totaal

In dit scenario worden alle bussen (dus ook de stadsbussen) in 2006 vervangen door aardgasbussen. In dit hoofdstuk zullen enkel de effecten van dit scenario op de emissies en kosten van de streekbussen worden weergegeven. De effecten voor de stadsbussen komen in hoofdstuk 4 aan bod. Voor de nieuwe bussen wordt aangenomen dat ze hetzelfde jaarkilometrage hebben als de bussen die ze vervangen.

3.4 Specificatie van de kosten

In deze paragraaf wordt ingegaan op de methodiek omtrent het bepalen van de kosten. Het doel is om een inschatting te maken van de kosten van de huidige busparken en van de verwachte (meer)kosten in de verschillende scenario's.

3.4.1 Berekening van de kosten van de huidige busparken

De volgende kosten worden in de berekening van de kosten van de huidige busparken meegenomen:

- afschrijving van het voertuig, waarbij er wordt uitgegaan van een systeem van lineaire afschrijvingen;
- onderhoudskosten (materiaal en loon):
 - regulier onderhoud in de werkplaats;
 - reparaties;
 - inspecties;
 - reiniging;
 - schade;
- brandstofkosten;
- motorrijtuigenbelasting (MRB).

Overige kosten, zoals stalling, aanleg en onderhoud van infrastructuur en de loonkosten van het rijdend personeel en management zijn bij de berekening van de kosten van het huidige buspark niet meegenomen.

3.4.2 Berekening van de (meer)kosten van de verschillende scenario's

Bij de berekening van de (meer)kosten van de verschillende scenario's zijn dezelfde posten meegenomen als bij de berekening van de huidige situatie. Enkel de motorrijtuigenbelasting is buiten beschouwing gelaten bij het scenario 'aardgas totaal', aangezien er voor aardgasbussen geen motorrijtuigenbelasting betaalt hoeft te worden.

Voor de vier scenario's is hieronder aangegeven welke extra kostenposten in de berekening zijn meegenomen.

Gemiddelde afschrijving

Bij de doorrekening van het scenario 'gemiddelde afschrijving' is rekening gehouden met de Milieu-investeringsaftrek (MIA), waardoor de aanschaf van een Euro 4-bus (en ook van een Euro 5-bus) slechts marginaal duurder is dan wanneer wordt gekozen voor Euro 3.

Korte afschrijving

Ook bij het scenario 'korte afschrijving' is rekening gehouden met de Milieu-investeringsaftrek. Daarnaast worden ook de extra kosten van voortijdig afschrijven meegenomen in de berekeningen. Het gaat hier om de afschrijvingskosten van de te vervangen bussen voor de jaren dat ze eerder vervangen worden. Stel dat een bus twee jaar eerder vervangen wordt dan in het scenario 'gemiddelde afschrijving'. In dat geval zijn er nog wel twee afschrijvingsperioden over, waarvan de kosten toch meegenomen dienen te worden. Hier wordt verondersteld dat deze kosten worden opgeteld bij de aanschafkosten van de nieuwe bus. Een nadere toelichting op de bepaling van deze extra afschrijvingskosten wordt gegeven in bijlage C.



Nieuwe vloot

Bij de berekening van de kosten van het scenario 'nieuwe vloot' worden zowel de Milieu-investeringsaftrek als de extra kosten van voortijdige afschrijving meegenomen.

Aardgas totaal

Evenals in de scenario's 'korte afschrijving' en 'nieuwe vloot' worden bij de berekening van de kosten van het scenario 'aardgas totaal' de extra kosten van voortijdig afschrijven meegenomen.

Het feit dat naast de streekbussen ook de stadsbussen overschakelen op aardgas heeft invloed op de prijs van aardgas. Deze prijs is namelijk afhankelijk van de hoeveelheid aardgas die afgenomen wordt. Een groter aantal bussen op aardgas betekent dus een lagere aardgasprijs. In dit scenario zal worden uitgegaan van een aardgasprijs € 0,40 per m³ (uitgaande van 100 bussen per remise). De werkgroep 'Rijden op Aardgas' (2006) gaat uit van een aardgasprijs van € 0,275 per m³ (voor een vergelijkbaar aantal bussen per remise). Navraag bij verschillende leveranciers van aardgas (Dutch4, Zero-e) leert echter dat deze prijs niet realistisch is. Op basis van hun inschattingen is er dan ook voor gekozen om te rekenen met een aardgasprijs van € 0,40 per m³. In deze aardgasprijs zijn de investerings- en exploitatiekosten van het aardgasvulstation meegenomen. De kosten voor aanpassing van de stalling zijn niet berekend. Inschattingen voor deze kosten zijn € 70.000 voor een stalling van 25 voertuigen (GC, 2001).

Voor de bepaling van het brandstofverbruik van aardgasbussen is een literatuurstudie verricht (zie bijlage B). Op basis van dit onderzoek wordt er verondersteld dat het verbruik van een streekbus op aardgas 51,8 m³ per 100 km is. Ook deze waarde wijkt af van de kengetallen zoals die zijn opgesteld door de werkgroep 'Rijden op Aardgas'. Evenals de werkgroep is er in deze studie voor gekozen om bij de bepaling van het brandstofverbruik van diesel- en aardgasbussen een verhouding van 1,5 te hanteren, d.w.z. het brandstofverbruik van aardgasbussen (in m³) is 1,5 maal hoger dan van dieselbussen (in liters)¹⁰. Omdat de in deze studie gebruikte inschatting van het brandstofverbruik van dieselbussen door de Taakgroep verkeer (2003) afwijkt van de inschattingen van de werkgroep 'Rijden op Aardgas', ontstaan er ook verschillen in de inschattingen met betrekking tot het brandstofverbruik van aardgasbussen.

Voor de aanschafkosten van aardgasbussen wordt verondersteld dat deze € 40.000 hoger liggen dan voor een Euro 4 dieselbus (CVOV, 2005), (Werkgroep 'Rijden op Aardgas', 2006). De onderhoudskosten van aardgasbussen worden € 0,03 per kilometer hoger verondersteld dan voor dieselbussen, dus € 0,23 per kilometer. Verder wordt er aangenomen dat de restwaarde van aardgasbussen gelijk is aan die van Euro 4-dieselbussen.

¹⁰ Overigens wordt de verhouding tussen diesel- en aardgasverbruik van bussen door SenterNovem inmiddels ingeschat op 1,4. Deze informatie kon echter niet meer meegenomen worden in de berekeningen.

Tot slot wordt er ook rekening gehouden met de subsidieregeling voor aardgasbussen die in het kader van het programma 'een schoon lokaal vervoer' door de Nederlandse overheid in het leven is geroepen.

3.5 Emissies en kosten

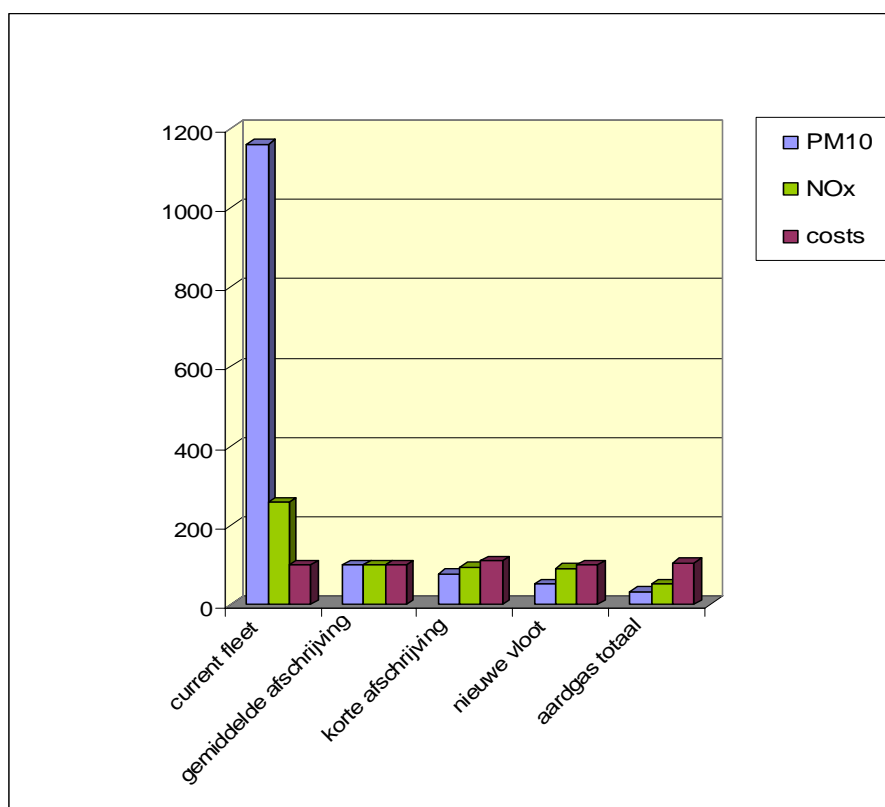
Gebruik makend van de invoergegevens en aannames uit paragraaf 3.2 en 3.4 (zie ook: bijlage B) zijn met het programma STEPUP zowel de emissies en de kosten van het huidige buspark als van de verschillende scenario's berekend op jaarbasis. Een overzicht van de uitkomsten is gegeven in Tabel 7.

Tabel 7 Overzicht van de gemiddelde jaarlijkse emissies en kosten

	PM ₁₀ (kg)	NO _x (kg)	Kosten (x € 1.000)
Huidige buspark	23.193	341.480	18.295
Gemiddelde afschrijving	1.999	132.117	18.360
Korte afschrijving	1.554	126.246	20.388
Nieuwe vloot	1.030	121.411	18.540
Aardgas totaal	671	69.446	19.287

In Figuur 1 worden de effecten van verschillende scenario's op de emissies en de kosten weergegeven. Daarnaast staan ook de emissies en kosten in de huidige situatie in deze figuur. De totale emissies en kosten van het scenario 'gemiddelde afschrijving' zijn geïndiceerd op 100%.

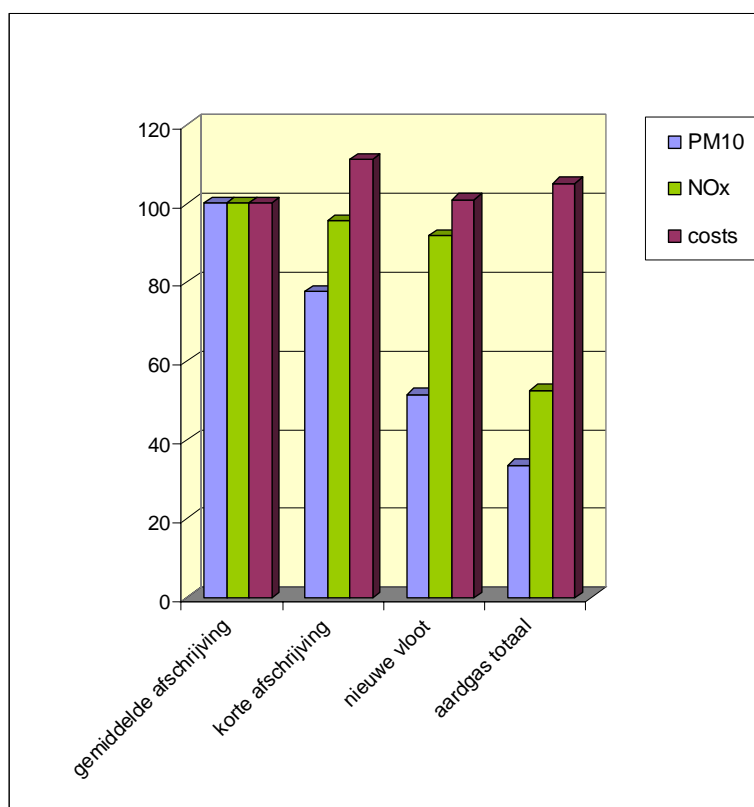
Figuur 1 Geïndiceerde jaarlijkse emissies en kosten voor de huidige situatie en de vier scenario's gemiddeld over de periode 2006-2010. Index voor het scenario 'gemiddelde afschrijving' is 100%



Uit Tabel 7 en Figuur 1 wordt duidelijk dat de PM₁₀ (91%) en NO_x-emissies (61%) in het scenario 'gemiddelde afschrijving' aanzienlijk dalen ten opzichte van de huidige situatie. De reden voor deze hoge emissiereducties is dat het huidige buspark relatief veel oude en dus milieuvriendelijke bussen bevat. De kosten in dit scenario liggen ca. 1% hoger dan in de huidige situatie.

Om een betere vergelijking mogelijk te maken tussen de verschillende scenario's worden in Figuur 2 alleen de effecten van verschillende scenario's op de emissies en de kosten weergegeven. De totale emissies en kosten van het scenario 'gemiddelde afschrijving' zijn daarbij wederom geïndiceerd op 100%.

Figuur 2 Geïndiceerde jaarlijkse emissies en kosten voor de vier scenario's gemiddeld over de periode 2006-2010. Index voor het scenario 'gemiddelde afschrijving' is 100%



Uit Figuur 2 en Tabel 7 wordt duidelijk dat er aanzienlijke verschillen bestaan qua emissiereducties tussen de vier scenario's. De meeste reducties worden gerealiseerd in het scenario 'aardgas totaal'. In dit scenario zijn de meerreducties van PM₁₀ en NO_x-emissies ten opzichte van het scenario 'gemiddelde afschrijving' gelijk aan respectievelijk 67% en 47%. Ook in de scenario's 'korte afschrijving' (PM₁₀: 22% en NO_x: 4%) en 'nieuwe vloot' (PM₁₀: 49% en NO_x: 8%) worden er meerreducties bewerkstelligd ten opzichte van het scenario 'gemiddelde afschrijving'.

De kosten van de scenario's 'korte afschrijving', 'nieuwe vloot' en 'aardgas totaal' liggen respectievelijk 11%, 1% en 5% hoger dan in het scenario 'gemiddelde afschrijving'. De voornaamste reden dat de kosten in het scenario 'korte afschrijving' hoger liggen dan in het scenario 'nieuwe vloot' is de kortere afschrijvings-termijn die wordt gehanteerd in het eerstgenoemde scenario. De hoge kosten van het scenario 'aardgas totaal' ten opzichte van het scenario 'nieuwe vloot' worden met name veroorzaakt door de hogere aanschafkosten van aardgasbussen ten opzichte van dieselbussen.

In Tabel 8 worden de emissies en kosten voor 2010 weergegeven. Waar de emissies en kosten voor de scenario's 'nieuwe vloot' en 'aardgas totaal' in 2010 gelijk zijn aan de gemiddelde kosten over de periode 2006-2010, daar zijn de emissies en kosten voor de andere twee scenario respectievelijk lager en hoger in 2010 dan de gemiddelde waarden voor de periode 2006-2010. De reden hier-

voor is dat in de scenario's 'gemiddelde afschrijving' en 'korte afschrijving' ook tijdens de periode 2006-2010 nog maatregelen worden ingevoerd, terwijl in de scenario's 'nieuwe vloot' en 'aardgas totaal' alle maatregelen in 2006 worden ingevoerd.

Tabel 8 Jaarlijkse emissies en kosten in 2010

	PM ₁₀ (kg)	NO _x (kg)	Kosten (x €1.000)
Huidige buspark	23.193	341.480	18.295
Gemiddelde afschrijving	1.554	123.425	18.342
Korte afschrijving	1.204	119.397	20.611
Nieuwe vloot	1.030	121.411	18.540
Aardgas totaal	671	69.446	19.287

3.6 Onzekerheid en gevoeligheidsanalyse

Het gebruikte programma STEPUP bevat een aantal onzekerheden, zoals de modelparameters, maar ook bestaat onzekerheid in de invoergegevens. Met name omtrent de verbruikscijfers en de emissiecijfers van de aardgasbussen bestaat onzekerheid. Aangezien een gevoeligheidsanalyse heeft uitgewezen dat de verbruikscijfers grote verschillen in de uitkomsten genereren, is besloten om voor de meerkosten van het aardgasscenario ten opzichte van het scenario 'gemiddelde afschrijving' een bandbreedte (het verschil tussen de minimale en maximale meerkosten) te berekenen. Daarnaast is voor de emissies in het scenario 'aardgas totaal' de meest gunstige uitkomst berekend.

Voor de verbruikscijfers geldt zowel voor de diesel- als de aardgasbussen dat deze sterk kunnen variëren. Dit is afhankelijk van:

- motortechniek;
- massa van de bus en inzittenden;
- rijstijl van de chauffeur;
- gebruik van voorverwarming en airconditioning.

Daarnaast geldt voor de aardgasbussen dat er weinig praktijkgegevens bekend zijn over het brandstofverbruik. In Nederland rijden er namelijk nog maar weinig aardgasbussen rond. Vandaar dat er een literatuurstudie is uitgevoerd naar het brandstofverbruik van aardgasbussen. Daarbij is er zowel gezocht naar praktijkcijfers uit het buitenland als naar schattingen van experts op dit gebied. De resultaten van dit literatuuronderzoek staan in bijlage B.

Op basis van dit onderzoek veronderstellen we hier dat het maximale en minimale aardgasverbruik van streekbussen respectievelijk een factor 1,8 en 1,2 hoger ligt dan het diesilverbruik. Er zal dus gerekend worden met een maximaal verbruik van 62,1 m³ per 100 kilometer en een minimaal verbruik van 41,4 m³ per 100 kilometer. Voor dieselbussen wordt er 'gewoon' gerekend met een verbruik van 34,5 liter per 100 kilometer.

Om de onzekerheid in de uitkomsten te illustreren, laat Tabel 9 de bandbreedte zien in meerkosten van het scenario 'aardgas totaal' ten opzichte van het scenario 'gemiddelde afschrijving'.

Tabel 9 Bandbreedte in meerkosten scenario 'aardgas totaal' t.o.v. scenario 'gemiddelde afschrijving'

	Minimaal	Maximaal
Diesilverbruik (l/100km)	34,5	34,5
Aardgasverbruik (m ³ /100km)	41,4	62,1
Gemiddelde jaarlijkse meerkosten (scenario 'aardgas totaal')	- € 69.000 ^a	€ 1.914.000

^a Hier is er sprake van minderkosten. Overschakelen op aardgas levert in dit geval dus een kostenbesparing op van € 69.000.

Ook over de emissiecijfers van aardgasbussen bestaat de nodige onzekerheid. Zo blijkt uit gegevens van MAN dat de PM₁₀ en NO_x-emissiecijfers van hun schoonste aardgasbus respectievelijk een factor 6 en een factor 4 lager liggen dan de emissie-eisen voor Euro 5-dieselbussen. Deze cijfers zijn afkomstig uit een testcyclus (European Transient Cycle) en zijn in tegenstelling tot de in deze studie gebruikte emissiecijfers dus geen praktijkgegevens. Om de onzekerheid in de resultaten voor de emissies te illustreren hebben we de meest gunstige resultaten voor de PM₁₀ en NO_x-emissies berekend voor het scenario 'aardgas totaal'. Hierbij zijn we uitgegaan van PM₁₀ en NO_x-emissiecijfers die respectievelijk een factor 6 en 5 lager zijn dan de in STEPUP gehanteerde emissiecijfers voor Euro 5-dieselbussen.

In Tabel 10 staan voor de PM₁₀ en NO_x-emissies in het scenario 'aardgas totaal' zowel de 'normale' uitkomsten als de meest gunstige uitkomsten.

Tabel 10 Normale en meest gunstige resultaten voor de emissies in het scenario 'aardgas totaal'

	Normaal	Meest gunstig
Emissiecijfers PM ₁₀ (g/km)	0,028	0,0072
Emissiecijfers NO _x (g/km)	2,90	0,58
PM ₁₀ -emissies in het scenario 'aardgas totaal' (kg)	671	172
NO _x -emissies in het scenario 'aardgas totaal' (kg)	69.446	13.889

3.7 Kosteneffectiviteit

De kosteneffectiviteit van een scenario is de behaalde emissiereductie per Euro meerkosten ten opzichte van de huidige situatie. De kosteneffectiviteit is uitermate geschikt om scenario's te vergelijken als het gaat om de milieuwinst per geïnvesteerde Euro. Het scenario met de hoogste kosteneffectiviteit (d.w.z. het laagste aantal Euro's per kg emissiereductie) verdient vanuit dit oogpunt de voorkeur.

In Tabel 11 is de kosteneffectiviteit berekend voor emissiereducties van PM₁₀ en NO_x apart, maar ook voor de optelsom van beide stoffen, uitgedrukt als zogenaamde CO₂-equivalenten¹¹. Voor het scenario 'aardgas totaal' is ook een bandbreedte opgenomen voor de kosteneffectiviteit, gebaseerd op de onzekerheden uit paragraaf 3.6.

¹¹ Hierbij worden de PM₁₀ en NO_x omgerekend naar emissies CO₂ door gebruik te maken van weegfactoren uit de schaduwrijzenmethode (RIVM/CE, 2004).

Tabel 11 Kosteneffectiviteit van de drie scenario's gemiddeld over de jaren 2006-2010

Scenario	NO _x (€/kg)	PM ₁₀ (€/kg)	NO _x + PM ₁₀ (€/ton CO ₂ -eq)
Gemiddelde afschrijving	0,31	3,05	1,02
Korte afschrijving	9,72	96,70	20,19
Nieuwe vloot	1,11	11,04	2,31
Aardgas totaal ^a	3,65 (-0,01 – 7,27)	44,03 (-0,2 – 87,84)	8,51 (-0,04 – 16,98)

^a Tussen haakjes staat de bandbreedte van de kosteneffectiviteit. De ondergrens van deze bandbreedte is negatief, omdat de kosten van het scenario 'aardgas totaal' in die situatie lager zijn dan de kosten van het huidige buspark.

Uit Tabel 11 valt af te leiden dat het scenario 'gemiddelde afschrijving' de hoogste kosteneffectiviteit heeft (d.w.z. het laagst aantal Euro's per kg CO₂-equivalente emissiereductie). Van de overige scenario's heeft met name het scenario 'nieuwe vloot' een hoge kosteneffectiviteit. Het aardgasscenario is minder kosteneffectief dan het scenario 'nieuwe vloot'. Dit is echter te verklaren doordat er in het aardgasscenario meer emissies worden gereduceerd. Hoe meer emissies er worden gereduceerd, hoe duurder het wordt om een extra kilogram te reduceren en dus hoe lager de kosteneffectiviteit van de maatregel. De bandbreedte in de kosteneffectiviteit van het scenario 'aardgas totaal' toont aan dat in een bepaalde situatie (relatief laag brandstofverbruik en lage emissiecijfers van aardgasbussen) het scenario 'aardgas totaal' het meest kosteneffectieve scenario is. Het scenario 'korte afschrijving' heeft de laagste kosteneffectiviteit.



4 Stadsbussen

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt berekend in hoeverre drie verschillende scenario's bijdragen aan de emissiereductie van de stadsbussen in de vier grote Brabantse steden. Tevens zal een indicatie gegeven worden van de (meer)kosten van dit scenario. Deze doorrekening zal voor alle vier de steden, Breda, Eindhoven, 's-Hertogenbosch, en Tilburg afzonderlijk worden uitgevoerd.

Allereerst wordt in paragraaf 4.2 een overzicht gegeven van de huidige busparken van de verschillende steden. Daarna wordt in paragraaf 4.3 de scenariokeuze nader toegelicht. In paragraaf 4.4 wordt er vervolgens ingegaan op de manier waarop de kosten van de huidige situatie en van de verschillende scenario's zijn bepaald. De emissies en kosten van zowel de huidige busparken als van de verschillende scenario's worden in paragraaf 4.5 onderzocht. In paragraaf 4.6 worden enkele onzekerheden omtrent de aannames die zijn gemaakt nader bekeken. Tot slot worden in paragraaf 4.5 de verschillende scenario's met elkaar vergeleken op basis van de kosteneffectiviteit van de voorgestelde maatregelen.

4.2 Kenmerken

In het huidige buspark in Noord-Brabant bevinden zich 200 stadsbussen. Dit aantal is als volgt over de vier Brabantse steden verdeeld: 46 in Breda, 66 in Eindhoven, 38 in 's-Hertogenbosch en 50 in Tilburg. Naast de hierboven genoemde 66 bussen rijden in Eindhoven ook 11 hybride stadsbussen (de zogenaamde Phileasbus). Aangezien het hierbij nog om een pilot gaat, is er te weinig kennis voorhanden om zinvolle uitspraken te doen over deze bussen. Daarnaast rijden 9 van de stadsbussen in Eindhoven op LPG. Aangezien er in STEPUP geen kengetallen aanwezig zijn voor LPG-bussen zullen deze bussen in het onderzoek worden meegenomen als Euro 4-dieselbussen, aangezien de emissies van Euro 4-motoren het meeste overeenkomen met die van LPG-motoren.

In Tabel 12 zijn de bussen onderscheiden naar de milieuklasse waartoe ze behoren. Voor de stadsbussen uit Eindhoven is hierbij gebruikt gemaakt van de gegevens uit de opgave van de huidige vervoerder. Voor Breda, 's-Hertogenbosch en Tilburg waren deze gegevens niet beschikbaar. Vandaar dat voor deze bussen verondersteld wordt dat de verdeling over de verschillende milieuklassen gelijk is aan die van de streekbussen (zie paragraaf 3.2).

Tabel 12 Onderverdeling van de bussen naar milieuklasse

Milieuklasse	Breda	Eindhoven ¹²	's-Hertogenbosch	Tilburg
Euro 0	17	0	14	18
Euro 1	10	13	8	11
Euro 2	10	11	8	11
Euro 3 ('01-'05)	9	33	8	10
Euro 4 ('06-'08)	0	9 ¹³	0	0
Totaal	46	66	38	50

Evenals bij de streekbussen is op basis van de onderverdeling van de bussen over de verschillende milieuklassen een schatting gemaakt van het jaar van aanschaf van de bussen. Hierbij is gebruikt gemaakt van dezelfde methodiek (zie paragraaf 3.2). Een overzicht van de geschatte bouwjaar van de bussen is weergegeven in bijlage A.

In Tabel 13 zijn de kenmerken van stadsbussen opgenomen die, naast de onderverdeling in milieuklassen en bouwjaar, relevant zijn voor dit onderzoek. Ook deze kenmerken zijn zo veel mogelijk overgenomen uit de opgave van de huidige vervoerder en waar nodig aangevuld met gegevens uit de literatuur en de meningen van experts (zie voetnoten voor verantwoording). Hierbij wordt er vanuit gegaan dat alle stadsbussen evenals de streekbussen 12-meter voertuigen zijn.

Tabel 13 Gebruikte gegevens en aannames (zie voetnoten) over de huidige busparken in de Brabantse steden

Brandstofsoort	Diesel
Brandstofverbruik Euro 0 t/m 3 (l/100km) ¹⁴	41,6
Brandstofverbruik Euro 4/5 (l/100km) ¹⁵	39,5
Jaarkilometrage (km) ¹⁶	64.000
Aanschafkosten ¹⁷ (€)	190.000
Restwaarde ¹⁸ (€)	17.100
Levensduur ¹⁹ (jaar)	8
Onderhoudskosten ²⁰ (€ per jaar)	14.720
Motorrijtuigenbelasting (€ per jaar)	579

¹² De hybride bussen (Phileasbussen) worden hier niet meegenomen.

¹³ Dit zijn de LPG-bussen.

¹⁴ Taakgroep verkeer (2003).

¹⁵ Taakgroep verkeer (2003).

¹⁶ Gebaseerd op een onderzoek naar schoon openbaar vervoer uitgevoerd voor de regio Haaglanden (CE, 2005).

¹⁷ Inschatting op basis van kostenkengetallen uitgegeven door het Centrum Vernieuwing Openbaar Vervoer (CVOV, 2005).

¹⁸ 9% restwaarde bij levensduur van 8 jaar. Dit is een inschatting op basis van kostenkengetallen uitgegeven door het Centrum Vernieuwing Openbaar Vervoer (CVOV, 2005).

¹⁹ Gemiddelde levensduur, gebaseerd op Haarlem (2004), CVOV (2005), Werkgroep 'Rijden op Aardgas' (2006) en persoonlijke communicatie KNV.

²⁰ Gebaseerd op gemiddelde onderhoudskosten van € 0,23 (12m voertuig) (CVOV, 2005). De werkgroep 'Rijden op Aardgas' gaat uit van gemiddelde onderhoudskosten van € 0,18 per kilometer. Voor een toelichting op het niet overnemen van deze aannames wordt verwezen naar voetnoot 9 in hoofdstuk 3.

4.3 Scenariokeuze

Voor de stadsbussen zijn de volgende drie scenario's doorgerekend.

Scenario 1: Gemiddelde afschrijving

Dit scenario is gelijk aan het gelijknamige scenario voor de streekbussen. Dus de bussen worden op het moment dat ze volledig zijn afgeschreven (uitgaande van een afschrijvingstermijn van 8 jaar) vervangen door bussen met dezelfde aandrijftechnieken en brandstoffen. De bussen die reeds afgeschreven zijn, maar momenteel toch nog gebruikt worden, worden in 2006 vervangen door nieuwe bussen. Voor deze nieuwe bussen wordt aangenomen dat ze hetzelfde jaarkilometrage hebben als de bussen die ze vervangen. Evenals bij de streekbussen zal dit scenario ook fungeren als referentiescenario.

Scenario 2: Aardgas geleidelijk

Alle bussen worden op het moment dat ze zijn afgeschreven vervangen door aardgasbussen. De bussen die momenteel al ouder zijn dan 8 jaar, maar nog steeds gebruikt worden, worden in 2006 vervangen door aardgasbussen. Voor de aardgasbussen wordt aangenomen dat ze hetzelfde jaarkilometrage hebben als de bussen die ze vervangen.

Scenario 3: Aardgas totaal

In dit scenario worden alle bussen (dus ook de streekbussen) in 2006 vervangen door aardgasbussen. In dit hoofdstuk zullen enkel de effecten van dit scenario op de emissies en kosten van de stadsbussen worden weergegeven. De effecten voor de streekbussen kwamen reeds in hoofdstuk 3 aan de orde. Voor de nieuwe bussen wordt aangenomen dat ze hetzelfde jaarkilometrage hebben als de bussen die ze vervangen.

4.4 Specificatie van de kosten

Bij de berekening van de kosten van het huidige streekbuspark en de scenario's 'gemiddelde afschrijving' en 'aardgas totaal' zijn dezelfde posten meegenomen als bij de berekening van de kosten in de gelijknamige scenario's voor de streekbussen (zie paragraaf 3.4). Daarnaast wordt voor het brandstofverbruik van stadsbussen verondersteld dat het 62,4 m³ per 100 kilometer is. Deze waarde ligt vanwege dezelfde reden als genoemd in paragraaf 3.4.2 iets hoger dan het brandstofverbruik zoals gehanteerd door de werkgroep 'Rijden op Aardgas'. Voor het scenario 'aardgas geleidelijk' zijn in grote lijnen dezelfde posten meegenomen als bij de berekening van de kosten in het scenario 'aardgas totaal'. Er zijn twee verschillen:

- Aangezien in het scenario 'aardgas geleidelijk' enkel de stadsbussen overschakelen op aardgas, zal de aardgasprijs in dit scenario hoger liggen dan in het scenario 'aardgas totaal'. De prijs van aardgas is immers afhankelijk van de hoeveelheid aardgas die wordt afgenomen. Voor Eindhoven wordt er uitgegaan van een aardgasprijs van € 0,50 per m³ (10 bussen), voor Breda en 's-Hertogenbosch van € 0,46 per m³ (30 bussen), en voor Tilburg van € 0,42 per m³ (50 bussen). Deze prijzen zijn evenals bij de streekbussen hoger dan de prijzen zoals die door de werkgroep 'Rijden op Aardgas' (2006) worden

gehanteerd. Echter, navraag bij aardgasleveranciers (Dutch4 en Zero-e) maakte duidelijk dat de in deze studie gehanteerde prijzen realistischer zijn dan de veronderstelde prijzen van de werkgroep.

- In het scenario 'aardgas geleidelijk' hoeft geen rekening te worden gehouden met de kosten van voortijdig afschrijven.

4.5 Emissies en kosten

Gebruik makend van de invoergegevens en aannames uit paragraaf 4.2 en 4.4 (zie ook: bijlage B) zijn met het programma STEPUP zowel de emissies en de kosten van de huidige busparken als van de verschillende scenario's berekend op jaarbasis.

4.5.1 Effecten op PM₁₀-emissies

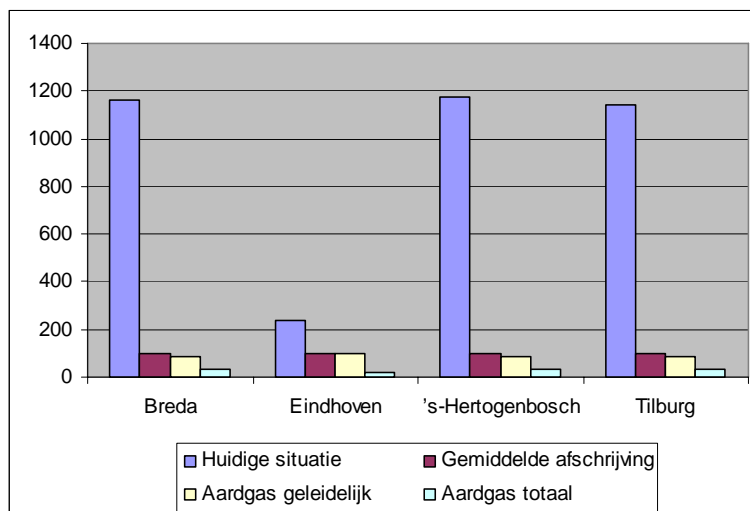
In Tabel 14 zijn voor de vier Brabantse steden de PM₁₀-emissies weergegeven in de huidige situatie en in de drie scenario's.

Tabel 14 Overzicht van de gemiddelde PM₁₀-emissies voor de periode 2006-2010

PM ₁₀ (kg)	Breda	Eindhoven	's-Hertogenbosch	Tilburg
Huidige situatie	2.870	1.564	2.353	3.081
Gemiddelde afschrijving	247	666	200	270
Aardgas geleidelijk	211	647	170	231
Aardgas totaal	82	118	68	90

In Figuur 3 worden voor de vier steden de effecten van de verschillende scenario's op de PM₁₀-emissies weergegeven. De totale PM₁₀-emissies in het scenario 'gemiddelde afschrijving' zijn geïndiceerd op 100%.

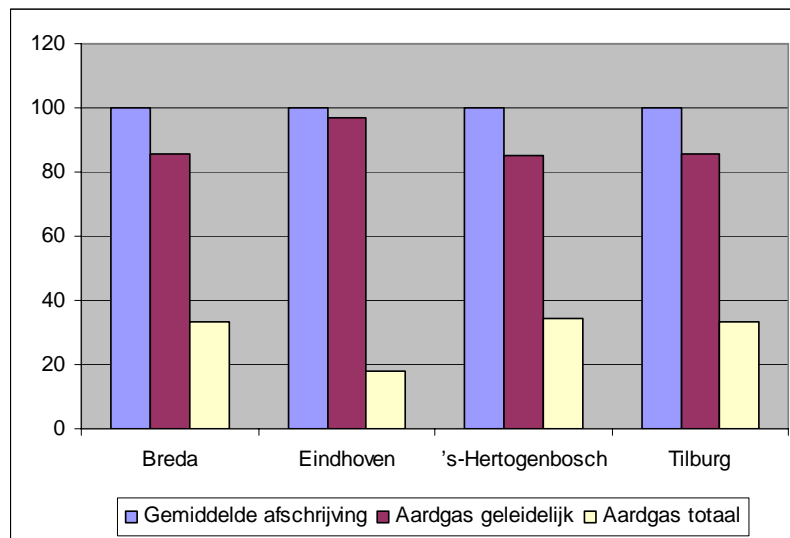
Figuur 3 Geïndiceerde jaarlijkse PM₁₀-emissies voor de huidige situatie en de drie scenario's gemiddeld over de periode 2006-2010 per stad. Index voor het scenario 'gemiddelde afschrijving' is 100%



Uit Figuur 3 en Tabel 14 wordt duidelijk dat in alle scenario's een aanzienlijke reductie van PM₁₀-emissies wordt gerealiseerd. Voor het scenario 'gemiddelde afschrijving' zijn deze reducties voor Breda, 's-Hertogenbosch en Tilburg gelijk aan ongeveer 91%, terwijl de emissiereductie voor Eindhoven gelijk is aan ca. 57%. De reden voor de hoge reductiepercentages is dat de huidige busparken relatief veel oude en dus milieuvriendelijke bussen bevat. Dit verklaart ook waarom het reductiepercentage voor Eindhoven lager ligt dan voor de andere steden. Voor Eindhoven hebben we immers verondersteld dat het een nieuwer en dus schoner buspark bezit dan de overige drie steden, waardoor de mogelijkheden tot emissiereductie geringer zijn. Doordat de gemiddelde leeftijd van de bussen in het buspark van Eindhoven lager is dan in de andere drie busparken worden er daarnaast in Eindhoven ook minder bussen vervangen.

Om een betere vergelijking mogelijk te maken tussen de verschillende scenario's worden in Figuur 4 alleen de effecten van verschillende scenario's op de PM₁₀-emissies weergegeven. De totale emissies en kosten van het scenario 'gemiddelde afschrijving' zijn daarbij wederom geïndiceerd op 100%.

Figuur 4 Geïndiceerde jaarlijkse PM₁₀-emissies voor de drie scenario's gemiddeld over de periode 2006-2010 per stad. Index voor het scenario 'gemiddelde afschrijving' is 100%



Uit Tabel 14 en Figuur 4 wordt duidelijk het scenario 'aardgas totaal' aanzienlijke meerreducties van PM₁₀-emissies (76 tot 82%) oplevert ten opzichte van het scenario 'gemiddeld afschrijving'. De emissiereducties in het scenario 'aardgas geleidelijk' zijn aanmerkelijk geringer (3 tot 15%), doordat hier maar een beperkt aantal bussen overschakelt op aardgas.

In Tabel 15 zijn de uiteindelijke PM₁₀-emissies voor de verschillende scenario's weergegeven in het laatste zichtjaar, 2010.

Tabel 15 Overzicht van de PM₁₀-emissies in 2010

PM ₁₀ (kg)	Breda	Eindhoven	's-Hertogenbosch	Tilburg
Huidige situatie	2.870	1.564	2.353	3.081
Gemiddelde afschrijving	187	581	153	210
Aardgas geleidelijk	148	558	120	168
Aardgas totaal	82	118	68	90

Een vergelijking tussen Tabel 14 en Tabel 15 maakt duidelijk dat de PM₁₀-emissies voor het scenario 'aardgas totaal' voor 2010 gelijk zijn aan de gemiddelde PM₁₀-emissies over de periode 2006-2010. De reden hiervoor is dat alle maatregelen in dit scenario in 2006 worden ingevoerd. Aangezien er in de scenario's 'gemiddelde afschrijving' en 'aardgas geleidelijk' ook gedurende de periode 2006-2010 nog maatregelen worden doorgevoerd, zijn de PM₁₀-emissies in deze scenario's wel lager dan de gemiddelde PM₁₀-emissies.

4.5.2 Effecten op NO_x-emissies

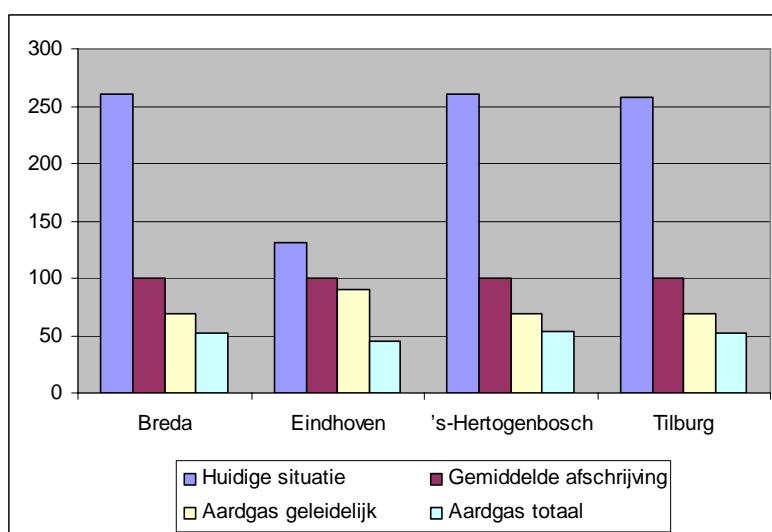
In Tabel 16 zijn voor de vier Brabantse steden de NO_x-emissies weergegeven in de huidige situatie en in de drie scenario's.

Tabel 16 Overzicht van de gemiddelde NO_x-emissies voor de periode 2006-2010

NO _x (kg)	Breda	Eindhoven	's-Hertogenbosch	Tilburg
Huidige situatie	42.210	35.628	34.696	45.504
Gemiddelde afschrijving	16.237	27.153	13.307	17.674
Aardgas geleidelijk	11.266	24.543	9.224	12.287
Aardgas totaal	8.538	12.250	7.053	9.280

In Figuur 5 worden voor de vier steden de effecten van de verschillende scenario's op de NO_x-emissies weergegeven. De totale NO_x-emissies in het scenario 'gemiddelde afschrijving' zijn geïndiceerd op 100%.

Figuur 5 Geïndiceerde jaarlijkse NO_x-emissies voor de huidige situatie en de drie scenario's gemiddeld over de periode 2006-2010 per stad. Index voor het scenario 'gemiddelde afschrijving' is 100%



Uit Tabel 16 en Figuur 5 wordt duidelijk dat de NO_x-emissies in het scenario 'gemiddelde afschrijving' reeds aanzienlijk afneemt ten opzichte van de huidige situatie (ca. 24% voor Eindhoven en 62% voor de andere drie steden). De reden dat de emissies in Eindhoven minder afnemen dan in de andere drie steden is wederom het gevolg van de veronderstelling dat Eindhoven momenteel een nieuwer buspark bezit. De andere twee scenario's leveren significante meer-reducties op ten opzichte van het scenario 'gemiddelde afschrijving'. Zo dalen de NO_x-emissies in het scenario 'aardgas geleidelijk' met ca. 10% extra voor Eindhoven en ca. 31% extra voor de overige drie steden. In het scenario 'aardgas totaal' dalen de NO_x-emissies met ca. 55% extra voor Eindhoven en ca. 47% voor de overige steden.

In Tabel 17 zijn de NO_x-emissies weergegeven voor 2010.

Tabel 17 Overzicht van de NO_x-emissies in 2010

NO _x (kg)	Breda	Eindhoven	's-Hertogenbosch	Tilburg
Huidige situatie	42.210	35.628	34.696	45.504
Gemiddelde afschrijving	15.066	25.462	12.330	16.503
Aardgas geleidelijk	9.930	22.687	8.166	10.950
Aardgas totaal	8.538	12.250	7.053	9.280

Uit Tabel 17 blijkt dat de NO_x-emissies voor het scenario 'aardgas totaal' constant blijft over de jaren, terwijl die voor de scenario's 'gemiddelde afschrijving' en 'aardgas geleidelijk' afnemen in de periode tussen 2006 en 2010. De oorzaak hiervan is, net als bij de PM₁₀-emissies, dat er in de twee laatstgenoemde scenario's wel extra maatregelen worden doorgevoerd in de jaren tussen 2006 en 2010 en in de eerstgenoemde periode niet.

4.5.3 Effecten op de kosten

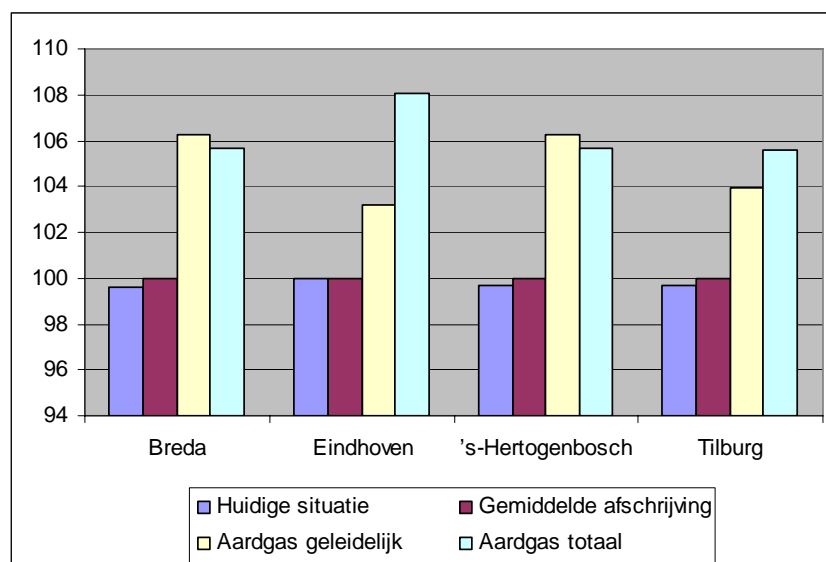
In Tabel 18 zijn voor de vier Brabantse steden de kosten weergegeven in de huidige situatie en in de drie scenario's.

Tabel 18 Overzicht van de gemiddelde kosten voor de periode 2006-2010

Kosten (x € 1.000)	Breda	Eindhoven	's-Hertogenbosch	Tilburg
Huidige situatie	2.571	3.725	2.124	2.795
Gemiddelde afschrijving	2.580	3.725	2.132	2.805
Aardgas geleidelijk	2.742	3.843	2.266	2.916
Aardgas totaal	2.727	4.024	2.252	2.961

In Figuur 6 worden voor de vier steden de effecten van de verschillende scenario's op de kosten weergegeven. De totale kosten in het scenario 'gemiddelde afschrijving' zijn geïndiceerd op 100%.

Figuur 6 Geïndiceerde jaarlijkse kosten voor de huidige situatie en de drie scenario's gemiddeld over de periode 2006-2010 per stad. Index voor het scenario 'gemiddelde afschrijving' is 100%



Uit Tabel 18 en Figuur 6 wordt duidelijk dat de kosten in het scenario 'gemiddelde afschrijving' voor Breda, 's-Hertogenbosch en Tilburg hoger liggen dan in de huidige situatie (ca. 0,5%). Voor Eindhoven zijn de kosten in het scenario 'gemiddelde afschrijving' nagenoeg gelijk aan die in de huidige situatie. De reden hiervoor is dat dankzij de Milieu-investeringsafstrek de kosten van Euro 4/5-dieselbussen vergelijkbaar zijn met de kosten van Euro 2/3-dieselbussen. Het huidige buspark van Eindhoven bestaat voor het grootste deel uit Euro 2/3-dieselbussen, dus wanneer die gefaseerd vervangen worden door Euro 4/5-bussen, dan heeft dit nauwelijks invloed op de jaarlijkse kosten. De huidige busparken van de overige drie steden bestaan voor een groot gedeelte uit Euro 0/1-bussen, waarvan de jaarlijkse kosten wel lager liggen dan voor Euro



4/5-bussen. Vandaar dat voor deze steden de jaarlijkse kosten in het scenario 'gemiddelde afschrijving' wel hoger zijn dan in de huidige situatie.

Voor het scenario 'aardgas geleidelijk' liggen de kosten voor Eindhoven ca. 3% hoger dan in het scenario 'gemiddelde afschrijvingen', voor Tilburg 4% en voor Breda en 's-Hertogenbosch 6%. De meerkosten voor Eindhoven zijn het laagst, omdat er verondersteld wordt dat er in de periode 2006-2010 minder bussen worden afgeschreven, waardoor het aantal aardgasbussen in het buspark van Eindhoven kleiner is dan in de andere drie steden. Voor Tilburg zijn de meerkosten lager dan voor Breda en 's-Hertogenbosch, omdat hier meer aardgasbussen het wagenpark instromen waardoor de aardgasprijs lager is.

Voor het scenario 'aardgas totaal' liggen de kosten voor Eindhoven 8% hoger dan in het scenario 'gemiddelde afschrijvingen' en voor de andere drie steden 6%. De meerkosten zijn voor Eindhoven hoger als gevolg van de extra kosten van voortijdig afschrijven. Doordat verondersteld wordt dat Eindhoven een nieuwer wagenpark heeft dan de andere drie steden, zijn de kosten van het voortijdig afschrijven van de voertuigen voor dit buspark uiteraard ook hoger.

Voor Breda en 's-Hertogenbosch liggen de jaarlijkse kosten in het scenario 'aardgas totaal' lager dan in het scenario 'aardgas geleidelijk'. De reden hiervoor is dat er in het laatstgenoemde scenario een aanzienlijk lagere aardgasprijs geldt, omdat er meer bussen (de streekbussen) gebruik zullen maken van de vulstations. Voor Tilburg is dit voordeel minder groot, omdat voor deze stad het verschil tussen de aardgasprijs in beide aardgasscenario's geringer is. De kostenbesparing van de lagere brandstofkosten wegen in dit geval niet op tegen de extra kosten van het vervroegd afschrijven van een deel van het dieselbuspark. Hetzelfde geldt voor Eindhoven. Aangezien we veronderstellen dat Eindhoven een relatief nieuw buspark heeft, zullen de extra kosten van het vervroegd afschrijven dusdanig hoog zijn dat dit niet gecompenseerd kan worden door de lagere brandstofkosten.

In Tabel 19 worden de kosten voor de verschillende scenario's in 2010 weergegeven.

Tabel 19 Overzicht van de kosten in 2010

Kosten (x € 1.000)	Breda	Eindhoven	's-Hertogenbosch	Tilburg
Huidige situatie	2.571	3.725	2.124	2.795
Gemiddelde afschrijving	2.577	3.725	2.129	2.802
Aardgas geleidelijk	2.757	3.866	2.278	2.924
Aardgas totaal	2.727	4.024	2.252	2.961

Wat uit Tabel 19 duidelijk wordt is dat de kosten voor de scenario's 'gemiddelde afschrijving' en 'aardgas geleidelijk' in de periode 2006-2010 toenemen, terwijl die voor het scenario 'aardgas totaal' constant blijven. Evenals bij de emissies is dit het gevolg van het feit dat er in de eerste twee scenario's wel extra maatregelen in de periode tussen 2006 en 2010 worden genomen, terwijl in het scenario 'aardgas totaal' alle maatregelen in 2006 worden doorgevoerd.

4.6 Onzekerheid in de aardgasscenario's

Zoals in paragraaf 3.6 is aangegeven bestaat er onzekerheid over het verbruik en de emissiecijfers van aardgasbussen. Vandaar dat ook voor de twee aardgasscenario's in dit hoofdstuk bandbreedtes voor de meerkosten ten opzichte van het scenario 'gemiddelde afschrijving' opgesteld worden. Tevens zal wederom de meest gunstige uitkomsten voor de emissies in de aardgasscenario's berekend worden.

Bij de berekening van de bandbreedtes voor de meerkosten van de aardgasscenario's maken we wederom gebruik van een maximaal en minimaal aardgasverbruik dat is bepaald door het dieselverbruik te vermenigvuldigen met respectievelijk 1,8 en 1,2. Deze waarden zijn afkomstig uit het literatuuronderzoek dat in het kader van deze studie is uitgevoerd (zie bijlage B). Het maximale en minimale aardgasverbruik van stadsbussen is dus respectievelijk 74,9 m³ en 49,9 m³ per 100 kilometer. Voor de stadsbussen op diesel wordt gerekend met 41,6 liter per 100 kilometer.

Om de onzekerheid in de uitkomsten te illustreren, laat Tabel 20 de bandbreedte zien in meerkosten van zowel het scenario 'aardgas geleidelijk' als het scenario 'aardgas totaal', beiden ten opzichte van het scenario 'gemiddelde afschrijving'.

Tabel 20 Bandbreedte in meerkosten scenario's 'aardgas geleidelijk' en 'aardgas totaal' t.o.v. scenario 'gemiddelde afschrijving'

		Minimaal	Maximaal
Dieselverbruik (l/100 km)		41,6	41,6
Aardgasverbruik (m ³ /100 km)		49,9	74,9
Gemiddelde meerkosten voor het scenario 'aardgas geleidelijk'	Breda	29.000	330.000
	Eindhoven	39.000	200.000
	's-Hertogenbosch	21.000	246.000
	Tilburg	- 23.000 ^b	246.000
Gemiddelde meerkosten voor het scenario 'aardgas totaal'	Breda	3000	297.000
	Eindhoven	89.000	512.000
	's-Hertogenbosch	- 2000 ^b	241.000
	Tilburg	- 4000 ^b	316.000

^b Hier is er sprake van minderkosten. Er wordt dus een kostenbesparing gerealiseerd ten opzichte van de huidige situatie.

Om de meest gunstige uitkomsten voor de emissies in de beide aardgasscenario's te berekenen gaan we, net als in paragraaf 3.6, uit van testgegevens voor een MAN aardgasbus. Deze testgegevens laten zien dat de PM₁₀ en NO_x-emissiecijfers voor de MAN aardgasbus respectievelijk een factor 6 en 5 lager zijn dan de emissienormen voor een Euro 5-dieselbus. Vandaar dat we voor het berekenen van de meest gunstige uitkomsten voor de emissies in de aardgasscenario's uitgaan van PM₁₀ en NO_x-emissiecijfers die respectievelijk een factor 6 en 4 lager zijn dan de emissiecijfers die in STEPUP gehanteerd worden voor een Euro 5-dieselbus.

In Tabel 21 staan voor de PM₁₀ en NO_x-emissies in de scenario's 'aardgas geleidelijk' en 'aardgas totaal' zowel de 'normale' uitkomsten als de meest gunstige uitkomsten.

Tabel 21 Normale en meest gunstige resultaten voor de emissies in de aardgasscenario's

		Normaal	Meest gunstig
PM ₁₀ -emissiecijfers (g/km)		0,028	0,0072
NO _x -emissiecijfers (g/km)		2,90	0,58
Scenario: aardgas geleidelijk			
PM ₁₀ -emissies (kg)	Breda	211	162
	Eindhoven	647	620
	's-Hertogenbosch	170	130
	Tilburg	231	178
NO _x -emissies (kg)	Breda	11.266	5.772
	Eindhoven	24.543	21.573
	's-Hertogenbosch	9.224	4.681
	Tilburg	12.287	6.348
PM ₁₀ -emissies (kg)	Breda	82	21
	Eindhoven	118	30
	's-Hertogenbosch	68	18
	Tilburg	90	23
NO _x -emissies (kg)	Breda	8.538	1.708
	Eindhoven	12.250	2.450
	's-Hertogenbosch	7.053	1.411
	Tilburg	9.280	1.856

4.7 Kosteneffectiviteit

De kosteneffectiviteit is uitermate geschikt om een scenario te beoordelen op de milieuwinst per geïnvesteerde Euro. Hoe hoger de kosteneffectiviteit van een scenario (d.w.z. hoe lager het aantal Euro's per kg emissiereductie) des te aantrekkelijker het scenario is.

In Tabel 22 is de kosteneffectiviteit berekend voor emissiereducties van PM₁₀ en NO_x apart, maar ook voor de optelsom van beide stoffen, uitgedrukt als zogenaamde CO₂-equivalenten²¹. Voor de aardgasscenario's is ook een bandbreedte opgenomen voor de kosteneffectiviteit, gebaseerd op de onzekerheden uit paragraaf 4,6.

²¹ Hierbij worden de PM₁₀ en NO_x omgerekend naar emissies CO₂ door gebruik te maken van weegfactoren uit de schaduwrijzenmethode (RIVM/CE, 2004).

Tabel 22 Kosteneffectiviteit van de drie scenario's gemiddeld over de jaren 2006-2010

Scenario	NO _x (€/kg)	PM ₁₀ (€/kg)	NO _x + PM ₁₀ (€/ton CO ₂ -eq.)
Breda			
Gemiddelde afschrijving	0,36	3,58	1,19
Aardgas geleidelijk	5,55 (0,97 – 9,95)	64,52 (13,08 – 115,73)	12,66 (0,94 – 22,72)
Aardgas totaal	4,64 (0,22 – 9,01)	56,04 (3,16 – 108,84)	10,80 (0,57 – 21,04)
Eindhoven			
Gemiddelde afschrijving	0,01	0,12	0,06
Aardgas geleidelijk	10,72 (2,76 – 17,93)	129,53 (41,10 – 216,76)	25,03 (7,24 – 41,88)
Aardgas totaal	12,83 (2,67 – 21,86)	207,39 (57,82 – 353,46)	35,09 (8,39 – 59,80)
's-Hertogenbosch			
Gemiddelde afschrijving	0,35	3,43	1,14
Aardgas geleidelijk	5,55 (0,96 – 9,98)	64,84 (13,00 – 166,44)	12,71 (0,89 – 22,83)
Aardgas totaal ^a	4,62 (-0,18 – 9,01)	55,84 (-2,56 – 109,07)	10,78 (-0,46 – 21,06)
Tilburg			
Gemiddelde afschrijving	0,36	3,52	1,17
Aardgas geleidelijk ^a	3,65 (-0,33 – 7,70)	42,58 (-4,50 – 89,75)	8,35 (-0,83 – 17,60)
Aardgas totaal ^a	4,60 (-0,15 – 9,01)	55,66 (-2,12 – 109,15)	10,75 (-0,38 – 21,07)

Toelichting: tussen haakjes staat de bandbreedte voor de desbetreffende kosteneffectiviteit

^a De ondergrens van de bandbreedte is negatief, omdat de kosten van dit scenario lager zijn dan de kosten van het huidige buspark.

Uit Tabel 22 blijkt dat het scenario 'gemiddelde afschrijvingen' het meest kosteneffectief is (d.w.z. het laagst aantal Euro's per kg emissiereductie). De reden hiervoor is dat in dit scenario veel emissiereducties behaald kunnen worden met relatief goedkope maatregelen. In de andere twee scenario's worden er wel extra emissies gereduceerd, maar hiervoor dienen wel duurdere maatregelen ingezet te worden. Als gevolg daarvan is de kosteneffectiviteit van deze maatregelen dan ook lager. Opvallend is dat de kosteneffectiviteit van het scenario 'aardgas totaal' voor Breda en 's-Hertogenbosch hoger is dan de kosteneffectiviteit van het scenario 'aardgas geleidelijk', terwijl voor Tilburg en Eindhoven het omgekeerde geldt. De reden hiervoor is dat er in het scenario 'aardgas geleidelijk' in Tilburg meer bussen overschakelen op aardgas dan in de andere steden, waardoor de aardgasprijs voor Tilburg lager wordt. Hierdoor is de prijsdaling van aardgas in het scenario 'aardgas totaal' ten opzichte van het scenario 'aardgas geleidelijk' voor Tilburg kleiner dan voor de andere drie steden. De geringere prijsdaling resulteert in hogere meerkosten van het scenario 'aardgas totaal' ten opzichte van het scenario 'aardgas geleidelijk' voor Tilburg dan voor de andere steden. Ook voor Eindhoven is de kosteneffectiviteit in het scenario 'aardgas geleidelijk' hoger dan het scenario 'aardgas totaal'. De reden hiervoor is dat de kosten van het vervroegd afschrijven in laatstgenoemde scenario relatief hoog zijn vanwege het relatief nieuwe buspark in Eindhoven.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

De belangrijkste conclusies voor de streek- en stadsbussen zijn:

Streekbussen

In Tabel 23 zijn de resultaten voor het scenario 'gemiddelde afschrijving samengevat'.

Tabel 23 Samenvatting van de resultaten voor het scenario 'gemiddelde afschrijving' voor de stadsbussen. Emissies en meerkosten ten opzichte van de huidige situatie

	Jaarlijkse emissiereductie		Jaarlijkse meerkosten	Meerkosten (x € 1.000 per jaar)	Kosten-effectiviteit (€/ton CO ₂ -eq.)
	PM ₁₀	NO _x			
Gemiddelde afschrijving	91%	61%	1%	65	1,02

Uit Tabel 23 wordt duidelijk dat de emissies in het scenario 'gemiddelde afschrijving' aanzienlijk dalen. De reden hiervoor is dat het huidige buspark relatief veel oude bussen bevat, die in dit scenario vervangen worden door nieuwere, en dus schonere bussen. Omdat de extra kosten ten opzichte van de huidige situatie ook nog eens relatief laag zijn, is de kosteneffectiviteit van dit scenario hoog.

Omdat het scenario 'gemiddelde afschrijving' de reguliere gang van zaken weer zou moeten geven (wat voor het streekbuspark van Noord-Brabant overigens niet opgaat), is er voor gekozen om dit scenario ook als referentiescenario te gebruiken bij de analyse van de overige scenario's. De resultaten voor de overige scenario's zijn samengevat in Tabel 24.

Tabel 24 Samenvatting van de resultaten voor de streekbussen. Emissies en meerkosten ten opzichte van het scenario 'gemiddelde afschrijving'

	Jaarlijkse emissiereductie		Jaarlijkse meerkosten	Meerkosten (x € 1.000 per jaar)	Kosten-effectiviteit (€/ton CO ₂ -eq.)
	PM ₁₀	NO _x			
Korte afschrijving	22%	4%	11%	2.269	20,19
Nieuwe vloot	49%	8%	1%	198	2,31
Aardgas totaal	67% (89%) ^a	47% (89%) ^a	5% (-0,3 – 10%)	945 (-69 – 1.914)	8,51 (-0,04 – 16,98)

Toelichting:

- De emissies tussen haakjes zijn de meest gunstige uitkomsten van de berekening van de emissies. Bij de berekening van deze emissies is gebruik gemaakt van emissiecijfers die zijn gebaseerd op *testgegevens* van een relatief schone aardgasbus van MAN.
- Bij de meerkosten en de kosteneffectiviteit is tussen haakjes de bandbreedte weergegeven.

In alle scenario's worden meerreducties bewerkstelligd ten opzichte van het scenario 'gemiddelde afschrijving'. De grootste reducties worden gerealiseerd in het scenario 'aardgas totaal'. Omdat er onzekerheid bestaat over de emissiecijfers van aardgasbussen, zijn ook de meest gunstige uitkomsten voor de emissies voor het scenario 'aardgas totaal' berekend. Deze emissies zijn aanmerkelijk lager dan de geschatte emissies op basis van de emissiecijfers zoals die in STEPUP gehanteerd worden.

De kosten zijn in alle scenario's hoger dan in het scenario 'gemiddelde afschrijving'. De hoge meerkosten in het scenario 'korte afschrijving' in vergelijking met het scenario 'nieuwe vloot' worden met name veroorzaakt doordat de kosten in dit scenario over een kortere periode (6 in plaats van 8 jaar) dienen te worden afgeschreven. Voor de meerkosten van het scenario 'aardgas totaal' is een bandbreedte gegeven, die wordt bepaald door de onzekerheid in het brandstofverbruik van zowel diesel- als aardgasbussen. De meerkosten van het scenario 'nieuwe vloot' zijn lager dan de meerkosten van het scenario 'aardgas totaal'. Dit wordt veroorzaakt door de extra aanschafkosten die een aardgasbus vereist.

De kosteneffectiviteit van het scenario 'gemiddelde afschrijving' is hoog, omdat tegen relatief lage kosten forse emissiereducties bewerkstelligd worden. In de overige scenario's worden extra reducties gerealiseerd, maar daar staan dan wel extra kosten tegenover. Omdat de kosten van een extra kilogram emissiereductie toenemen als de totale emissies dalen, is de kosteneffectiviteit van de overige scenario's ook lager dan die van het scenario 'gemiddelde afschrijving'. Uit Tabel 24 wordt duidelijk dat met name in het scenario 'nieuwe vloot' aanzienlijke meerreducties bewerkstelligd worden tegen relatief lage meerkosten. In het scenario 'aardgas totaal' zijn de emissiereducties nog forser, maar daar staan dan ook hogere meerkosten tegenover. In het scenario 'korte afschrijving' worden de laagste meerreducties gerealiseerd, terwijl de meerkosten juist het hoogst zijn.

Stadsbussen

In Tabel 25 zijn de resultaten voor het scenario 'gemiddelde afschrijving' samengevat.

Tabel 25 Samenvatting van de resultaten voor het scenario 'gemiddelde afschrijving' voor de stadsbussen. Emissies en meerkosten ten opzichte van de huidige situatie

	Jaarlijkse emissiereductie		Jaarlijkse meerkosten	Meerkosten (x € 1.000 per jaar)	Kosten-effectiviteit (€/ton CO ₂ -eq.)
	PM ₁₀	NO _x			
Breda	91%	62%	0,5%	9	1,19
Eindhoven	57%	24%	< 0,5%	0,4	0,06
's-Hertogenbosch	92%	62%	0,5%	8	1,14
Tilburg	91%	61%	0,5%	10	1,17

Uit Tabel 25 wordt duidelijk dat de emissies in het scenario 'gemiddelde afschrijving' aanzienlijk dalen, wederom omdat er in dit scenario veel oude bussen vervangen worden door nieuwe, schonere bussen. De emissiereducties, en met name de meerkosten, voor het buspark van Eindhoven zijn lager dan voor de



busparken van de andere drie steden. De reden hiervoor is dat er is verondersteld dat het buspark van Eindhoven nieuwer is.

Bij de analyse van de andere twee scenario's zal het scenario 'gemiddelde afschrijving' wederom als referentiescenario dienen. De resultaten voor de overige scenario's zijn samengevat in Tabel 26.

Tabel 26 Samenvatting van de resultaten voor de stadsbussen. Emissies en meerkosten ten opzichte van het scenario 'gemiddelde afschrijving'

	Jaarlijkse Emissiereductie		Jaarlijkse meerkosten	Meerkosten (€ per jaar)	Kosten-effectiviteit (€/ton CO ₂ -eq.)
	PM ₁₀	NO _x			
Breda					
Aardgas geleidelijk	15% (34%)	30% (64%)	6% (1 - 13%)	162 (29 - 330)	12,66 (0,94 - 22,72)
Aardgas totaal	67% (91%)	47% (90%)	6% (< 1 - 12%)	147 (3 - 297)	10,80 (0,57 - 21,04)
Eindhoven					
Aardgas geleidelijk	3% (7%)	10% (21%)	3% (1 - 5%)	118 (39 - 200)	25,03 (7,24 - 41,88)
Aardgas totaal	82% (96%)	55% (91%)	8% (2 - 14%)	299 (89 - 512)	35,09 (8,39 - 59,80)
's-Hertogenbosch					
Aardgas geleidelijk	15% (35%)	31% (65%)	6% (1 - 12%)	134 (21 - 246)	12,71 (0,89 - 22,83)
Aardgas totaal	66% (91%)	47% (89%)	4% (-1 - 9%)	120 (-2 - 241)	10,78 (-0,46 - 21,06)
Tilburg					
Aardgas geleidelijk	14% (34%)	31% (64%)	4% (-1 - 9%)	111 (-23 - 246)	8,35 (-0,46 - 21,06)
Aardgas totaal	67% (92%)	48% (89%)	6% (-0,1 - 11%)	156 (-4 - 316)	10,75 (-0,38 - 21,07)

Toelichting:

- De emissies tussen haakjes zijn de meest gunstige uitkomsten van de berekening van de emissies. Bij de berekening van deze emissies is gebruik gemaakt van emissiecijfers die zijn gebaseerd op *testgegevens* van een relatief schone aardgasbus van MAN.
- Bij de meerkosten en de kosteneffectiviteit is tussen haakjes de bandbreedte weergegeven.

Zowel in het scenario 'aardgas geleidelijk' als in het scenario 'aardgas totaal' worden meerreducties bewerkstelligd ten opzichte van het scenario 'gemiddelde afschrijving'. De reducties in Eindhoven zijn in het scenario 'aardgas geleidelijk' aanzienlijk lager dan in de andere drie steden, wat wordt veroorzaakt door het veronderstelde nieuwe buspark van Eindhoven, waardoor er relatief weinig aardgasbussen het buspark binnenstromen in de periode 2006-2010. Ook voor de stadsbussen zijn de meest gunstige uitkomsten voor de emissies berekend, die ook hier aanzienlijk hoger liggen dan de emissies geschat op basis van de door STEPUP gehanteerde emissiecijfers.

Voor Breda en 's-Hertogenbosch liggen de meerkosten van het scenario 'aardgas totaal' lager dan voor het scenario 'aardgas geleidelijk', terwijl de emissies in het eerstgenoemde scenario wel lager zijn. De kosteneffectiviteit van het scenario 'aardgas totaal' is voor deze steden dan ook hoger dan de kosteneffectiviteit van het scenario 'aardgas geleidelijk'. Voor Tilburg zijn de meerkosten daarentegen lager in het scenario 'aardgas geleidelijk'. De reden hiervoor is dat er in het scenario 'aardgas geleidelijk' in Tilburg meer bussen overschakelen op aardgas dan in de andere steden, waardoor de aardgasprijs voor Tilburg in dit scenario lager is dan in de overige steden. Hierdoor is de prijsdaling van aardgas in het scenario 'aardgas totaal' ten opzichte van het scenario 'aardgas geleidelijk' voor Tilburg kleiner dan voor de andere drie steden. De geringere prijsdaling resulteert in hogere meerkosten van het scenario 'aardgas totaal' ten opzichte van het scenario 'aardgas geleidelijk' voor Tilburg dan voor de andere steden. De hogere meerkosten van het scenario 'aardgas totaal' ten opzichte van het scenario 'aardgas geleidelijk' gaan overigens wel gepaard met hogere emissiereducties. Ook voor Eindhoven zijn de meerkosten van het scenario 'aardgas geleidelijk' lager dan voor het scenario 'aardgas totaal'. De reden hiervoor is dat de kosten van het vervroegd afschrijven in laatstgenoemde scenario relatief hoog zijn vanwege het relatief nieuwe buspark in Eindhoven.

5.2 Aanbevelingen

Aan de hand van de hierboven geformuleerde conclusies worden de volgende aanbevelingen gedaan voor de inzet van schone streek- en stadsbussen.

Streekbussen

- De meest effectieve maatregel voor de Provincie Noord-Brabant is om scherp toe te zien op de vervangingscyclus van 8 jaar. Dit scenario zou eigenlijk de reguliere gang van zaken dienen weer te geven, maar uit het onderzoek blijkt dat er in Noord-Brabant veel streekbussen rondrijden die ouder zijn dan 8 jaar. Handhaving van een vervangingscyclus van 8 jaar zorgt voor aanzienlijke emissiereducties (PM_{10} : ca. 91% en NO_x : ca. 61%), terwijl de meerkosten relatief laag zijn.
- In 2006 alle streekbussen vervangen door nieuwe dieselbussen is de meest interessante aanvullende maatregel. Ten opzichte van de situatie waarin de vervangingscyclus van 8 jaar gehandhaafd wordt, levert deze maatregel aanzienlijke reducties op tegen relatief lage meerkosten.
- Alle bussen in 2006 vervangen door aardgasbussen is eventueel ook een optie. Deze maatregel levert de hoogste emissiereducties op. De omvang van de kosten van deze optie zijn echter onzeker. Op basis van deze studie is de verwachting dat de kosten hoger zullen liggen dan in het scenario 'nieuwe vloot' (4%). De bandbreedte die voor de meerkosten is berekend geeft echter aan dat in bepaalde situaties (relatief laag brandstofverbruik en lage emissiecijfers van aardgasbussen) de kosten in het scenario 'aardgas totaal' zelfs lager zijn dan voor het huidige buspark. Hierbij moet echter worden opgemerkt dat er voor aardgas momenteel nog een accijnsvrijstelling geldt. Of dit ook in de toekomst zo zal blijven is de vraag. Aardgasbussen voldoen wel aan de EEV-norm. Met het oog op de voorgestelde richtlijn door de Europese

Commissie, waarbij overheidsinstanties 25% van hun jaarlijkse uitgaven voor de aankoop of leasing van zwaar vervoersmaterieel dienen te besteden aan voertuigen die voldoen aan de EEV-norm, kan dit een reden zijn om te kiezen voor aardgasvoertuigen.

- Het scenario 'korte afschrijving' is voor de Provincie Noord-Brabant niet interessant. De emissiereducties liggen lager dan in de scenario's 'nieuwe vloot' en 'aardgas totaal', terwijl de kosten hoger zijn.

Stadsbussen

- Ook voor de stadsbussen is het handhaven van een vervangingscyclus van 8 jaar de meest effectieve maatregel. Voor alle steden levert dit een aanzienlijke reductie van PM₁₀ en NO_x-emissies op, tegen relatief lage meerkosten.
- Overschakelen op aardgas levert aanzienlijke emissiereducties op, met name wanneer er voor gekozen wordt om alle bussen te vervangen door aardgasbussen. De extra kosten zijn waarschijnlijk hoog. Door de onzekerheid die bestaat over het brandstofverbruik van aardgasbussen is de bandbreedte in de kosten van de aardgasscenario's groot. Wanneer het brandstofverbruik van de aardgasbussen erg laag uitvalt, dan zijn de kosten van het scenario 'aardgas totaal' voor de steden Breda, 's-Hertogenbosch en Tilburg zelfs lager dan in het scenario 'gemiddelde afschrijving'. Voor Tilburg zou dit ook gelden voor het scenario 'aardgas geleidelijk'. Voor Eindhoven zijn de kosten van de aardgasscenario's in alle gevallen hoger dan in het scenario 'gemiddelde afschrijving'.
- Een andere optie dan de beide aardgasscenario's is wellicht een scenario vergelijkbaar met het scenario 'nieuwe vloot' bij de streekbussen. Het aanschaffen van een compleet nieuw park dieselbussen blijkt voor de streekbussen goede optie te zijn. Aangezien de veronderstelde opbouw van de stadsbusparken te vergelijken valt met die van het streekbuspark, is dan ook te verwachten dat een scenario lijkend op het scenario 'nieuwe vloot' voor de stadsbussen eveneens een goede optie is.

Literatuurlijst

ACEA, 2003

ACEA statement on the adoption of SCR Technology to reduce emissions levels of heavy-duty vehicles

Bruxelles : ACEA (Association of European Automobile Manufactures), 2003

ADEME, 2003

Comparative study on exhaust emissions from diesel- and CNG-powered urban buses

French Agency of Environment and Energy Management (ADEME),
Parijs : ADEME, 2003

CE, 2005

Schone bussen in Haaglanden

CE, Delft, 2005

CE/RIVM, 2004

Optiedocument verkeeremissies

Delft ; Bilthoven : CE ; RIVM, 2004

CVOV, 2005

Kostenkengetallen Openbaar Vervoer

Rotterdam : CVOV (Centrum Vernieuwing Openbaar Vervoer), 2005

EC, 2005

The European Commission wants to promote clean vehicles

Brussels : EC (European Commission), 2005

Doc. nr. IP/05/1672

GC, 2001

Gemeente Haarlem : onderzoek bussen op gas

Deventer : GC (Goudappel Coffeng), 2001

Gudmundsson, 2005

J.S. Gudmundsson

Blue Corridors on-land and on-sea: case studies

Trondheim : NTNU (Norwegian University of Science and Technology), 2005

RIVM, 2004

J.P. Beck, R.J.M. Folkert, W.L.M. Smeets

Beoordeling van de Uitvoeringsnotitie Emissieplafonds verzuring en groot-schalige luchtverontreiniging 2003

Bilthoven : RIVM (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu), 2004

Soltic en Rütter, 2003

Patrik Soltic en Josef Rütter
EMPA

Comparison of the NO₂/NO_x Emissions of Heavy-Duty Euro-3 Diesel Engines with and without a CRT™ System, 12th Int. Symposium Transport and Air Pollution, Avignon, France, 2003

Persoonlijke communicatie**Dutch4, 2006**

Persoonlijke communicatie met dhr. BÜthker

Haarlem, 2004

Business case inzet bussen op aardgas in het Openbaar Vervoer
KNV

Persoonlijke communicatie

Kolk van der, 2005

H.J.J. van der Kolk

Wie ontsteekt de CNG-motor? : Een onderzoek naar het maatschappelijk draagvlak van milieuvriendelijke mobiliteit op de Wadden
Groningen : Rijksuniversiteit Groningen, 2005

Kooistra en De Vries, 2004

Klaas Kooistra, Rob de Vries

Op weg naar duurzaam rijden met aardgas : deelrapportage 2, economische haalbaarheid

Groningen : Rijksuniversiteit Groningen, 2004

MAN Truck en Bus BV, 2005

Persoonlijke communicatie met dhr. Snoek

Taakgroep verkeer, 2003

Volume en emissiegegevens verkeer 2002
Cijfers aangeleverd door het RIVM

Werkgroep 'Rijden op Aardgas', 2006

Persoonlijke communicatie met dhr. Hoogma

Zero-e, 2006

Persoonlijke communicatie met dhr. Visser

Websites**Energie-Cites, 2002**

Gas Fuelled Buses, Saarbrücken
www.energie-cites.org



Oude Delft 180

2611 HH Delft

tel: 015 2 150 150

fax: 015 2 150 151

e-mail: ce@ce.nl

website: www.ce.nl

Besloten Vennootschap

KvK 27251086

Schone bussen voor Brabant

Een doorrekening van verschillende
schone alternatieven

Bijlagen

Rapport

Delft, april 2006

Opgesteld door: A. (Arno) Schroten
 L.J. (Rens) Kortmann





A Milieuklasse en bouwjaar van de bussen

In Tabel 27 is een overzicht gegeven van de streek- en stadsbussen onderverdeeld naar milieuklasse en het veronderstelde bouwjaar.

Tabel 27 Streek- en stadsbussen onderverdeeld naar milieuklasse en verondersteld bouwjaar

Milieuklasse	Jaar van aanschaf	Streek	Breda	Eind- hoven ²²	's Hertog- genbosch	Tilburg
Euro 0	1991	112	17	0	14	18
Euro 1	1992	18	3	4	2	3
	1993	18	3	3	2	3
	1994	18	2	3	2	3
	1995	17	2	3	2	2
Euro 2 ('96-'00)	1996	14	2	3	2	3
	1997	14	2	2	2	2
	1998	14	2	2	2	2
	1999	13	2	2	1	2
	2000	13	2	2	1	2
Euro 3 ('01-'05)	2001	12	2	7	2	2
	2002	12	2	7	2	2
	2003	12	2	7	2	2
	2004	12	2	6	1	2
	2005	12	1	6	1	2
Euro 4 ('06-'08)	2006	0	0	9 ²³	0	0
Totaal		311	46	66	38	50

²² De hybride bussen (Phileasbussen) worden hier niet meegenomen.

²³ Dit zijn de LPG-bussen.



B Gebruikte aannames

In deze bijlage wordt er ingegaan op de aannames die ten grondslag liggen aan dit onderzoek. De meeste onzekerheid bestaat momenteel over het brandstofverbruik van de bussen. Vandaar dat deze variabele in paragraaf B.1 apart besproken wordt. In paragraaf B.2 wordt vervolgens een overzicht gegeven van de gebruikte aannames en de bronnen waarop deze aannames zijn gebaseerd.

B.1 Brandstofverbruik

Doordat CNG in Nederland tot nu toe in beperkte mate wordt toegepast in voertuigen zijn er ook nog weinig praktijkgegevens beschikbaar van het brandstofverbruik van aardgasbussen. Om inzicht te krijgen in het brandstofverbruik van aardgasbussen is een beknopt literatuuronderzoek naar dit onderwerp gedaan, waarbij met name gebruik is gemaakt van studies over de ervaringen met aardgasbussen in het buitenland. In dit literatuuronderzoek is tevens gekeken naar het brandstofverbruik van dieselbussen. De resultaten zijn samengevat in Tabel 28.

Tabel 28 Samenvatting resultaten literatuuronderzoek brandstofverbruik

	Diesilverbruik (liter/100 km)	Aardgasverbruik (m ³ /100 km) ^a	Ratio aardgas/ diesel (l/m ³) ^a	Bron
Praktijkgegevens buitenland				
Australië	33,3	52,6	1,58	Van der Kolk (2005)
Augsburg		66 (73)		ENGVA (2001)
Lille	50	65	1,3	Haarlem (2004)
Saarbrücken		47 (52)	1,2 – 1,25	Energie-cities (2002)
Nice		78 – 85 (86 – 94)		ADEME (2003)
Trondheim	47,7	67 (90)	1,41 (1,89)	Gudmundsson (2005)
Bergen		37 (50)		
Malmö		36 (49)		
Augsburg		48 (53)		
Saarbrücken		46 (51)		
Poitiers		41 (48)		
Nice		56 (65)		
Colmar		52 (61)		
Ravenna		41 (44)		
Florence		43 (47)		
Testgegevens				
Testcyclus was gebaseerd op lijn 21 in Parijs			1,3 -1,6	ADEME (2003)

	Diesilverbruik (liter/100 km)	Aardgasverbruik (m ³ /100 km) ^a	Ratio aardgas/ diesel (l/m ³) ^a	Bron
Schattingen				
Gebaseerd op de inschattingen van de deelnemers aan deze werkgroep	40 stad / 30 streek	60 stad / 45 streek	1,5 ²⁴	Werkgroep Rijden op Aardgas (2006)
Gebaseerd op een inschatting van Dutch4	44	53	1,21	Kooistra en De Vries (2005)
	41,6 stad / 34,5 streek			Taakgroep verkeer (2003)
MAN		57 – 67		Persoonlijke communicatie met MAN
Connexion (Euro 2-bus)	36 stad			Opgaaf Connexion
In deze studie gehanteerde brandstofverbruiken				
Best guess	41,6 stad / 34,5 streek	62,4 stad / 51,8 streek	1,5	
Ondergrens bandbreedte	41,6 stad / 34,5 streek	49,9 stad / 41,4 streek	1,2	
Bovengrens bandbreedte	41,6 stad / 34,5 streek	74,9 stad / 62,1 streek	1,8	

^a De weergegeven aardgasverbruikcijfers komen rechtstreeks uit de literatuur. Hierbij is dus geen rekening gehouden met de verschillen in energie-inhoud van het aardgas in de verschillende landen. Tussen haakjes staan schattingen van verbruikcijfers waarbij deze verschillen in energie-inhoud wel zijn meegenomen.

Bij de interpretatie van de resultaten uit Tabel 28 moet met verschillende zaken rekening worden gehouden. Allereerst verschilt de energie-inhoud van het gebruikte aardgas in de verschillende landen. In Nederland is de energie-inhoud van aardgas bijvoorbeeld 31,65 MJ/kg, terwijl dat in Trondheim 42,5 MJ/kg is. Dit betekent dat een aardgasbus in Trondheim een brandstofverbruik van 90 m³/100 km zou hebben indien die gebruik zou maken van Nederlands aardgas.

Een tweede punt waar rekening mee dient te worden gehouden is dat het soortelijk gewicht (kg/m³) van aardgas niet in alle landen gelijk is. Een deel van de bronnen die in Tabel 28 vermeld staan geven de aardgasverbruikcijfers in kilogrammen weer. Voor deze cijfers is een omrekening gemaakt van kg naar m³. Hierbij is gebruik gemaakt van het soortelijk gewicht van het Nederlandse aardgas (0,883 kg/m³), hoewel dit misschien niet het werkelijke soortelijke gewicht van het desbetreffende aardgas is. Dit levert dus onzekerheid op omtrent de brandstofverbruikcijfers van aardgasbussen.

Ten derde, het verbruik van bussen (zowel aardgas als diesel) is sterk afhankelijk van de rijstijl van de chauffeur en externe invloeden zoals de omgeving en weersinvloeden. Zo toont ADEME (2003) aan dat het verbruik van aardgasbussen in Nice in de winter gemiddeld 78 m³ per 100 kilometer is, terwijl dat in de zomer gemiddeld 85 m³ per 100 kilometer is. Dit verschil wordt veroorzaakt door de grote invloed van het gebruik van airconditioning op het brandstofverbruik.

²⁴ Inmiddels wordt door SenterNovem de ratio diesel/aardgas (l/m³) ingeschat op 1,4. Deze informatie kon echter niet meer meegenomen worden in de berekeningen in deze studie. In deze studie wordt er dus uitgegaan van een ratio diesel/aardgas van 1,5.



Welke conclusies kunnen nu worden getrokken op basis van bovenstaand literatuuronderzoek? Zowel voor het dieselverbruik als het aardgasverbruik bestaan aanzienlijke verschillen tussen de verschillende bronnen. Aangezien de inschattingen van het dieselverbruik zijn gebaseerd op Nederlandse praktijkgegevens ligt het voor de hand om de in deze studie gebruikte dieselverbruikcijfers daarop te baseren. Voor de Euro 0 tot 3-bussen wordt dan ook uitgegaan van de cijfers van het RIVM (2003). Op basis van een inschatting van ACEA (2003) voor het verbruik van Euro 4/5-vrachtwagens wordt aangenomen dat het dieselverbruik voor Euro 4/5-bussen 5-7% lager ligt dan voor Euro 3-bussen.

Vanwege de invloed van situationele factoren op het verbruik van aardgasbussen is het moeilijk om de buitenlandse praktijkgegevens te vertalen naar de Nederlandse context. Beter is het dan ook om gebruik te maken van de verhouding tussen aardgas en dieselverbruik van de buitenlandse bussen. Deze verhouding varieert tussen 1,2 en 1,9, met 1,5 als gemiddelde waarde. De waarde van 1,5 wordt ook gehanteerd door de werkgroep 'Rijden op Aardgas'. Deze werkgroep bestaat uit een groot aantal Nederlandse partijen die kennis hebben van en/of ervaring hebben met rijden op aardgas. Binnen deze werkgroep is dan ook veel kennis verzameld die er bestaat over het rijden op aardgas in Nederland, en hun inschatting van het brandstofverbruik van aardgasbussen is dan ook de meest betrouwbare voor de Nederlandse situatie. Vandaar dat er ook in deze studie gerekend zal worden met de verhouding van 1,5. Om de onzekerheid in het aardgasverbruik tot uitdrukking te brengen worden er bandbreedten voor de kosten van de verschillende aardgasscenario's opgesteld, waarbij de factor 1,2 gebruikt zal worden voor het bepalen van de ondergrens en de factor 1,8 voor het bepalen van de bovengrens van het aardgasverbruik.

B.2 Overzicht gebruikte aannames

In Tabel 29 is een compleet overzicht gegeven van de gebruikte aannames. In veel gevallen komen deze aannames overeen met de aannames zoals die door de Werkgroep 'Rijden op Aardgas' gemaakt zijn. Op drie punten wijken ze echter af van de aannames van de werkgroep. Allereerst worden de onderhoudskosten van aardgasbussen in deze studie ingeschat op € 0,23 per kilometer, terwijl de werkgroep uitgaat van € 0,18 per kilometer. Er is in deze studie gekozen om te rekenen met onderhoudskosten voor aardgasbussen van € 0,23 per kilometer, een bedrag dat ook in andere studies wordt gehanteerd (CVOV, 2005), (CE, 2005). Overigens is het veronderstelde verschil tussen de onderhoudskosten van aardgas- en dieselbussen in deze studie gelijk aan het verschil dat verondersteld wordt door de werkgroep, namelijk € 0,03 per kilometer. Bij de vergelijking van aardgas- en dieselbussen worden er in deze studie op dit punt dus geen andere conclusies getrokken dan in de analyses van de werkgroep. Een tweede verschil tussen de aannames in deze studie en die van de werkgroep 'Rijden op Aardgas' is de veronderstelde brandstofverbruiken. Het brandstofverbruik van dieselbussen is in deze studie gebaseerd op de vaak in dergelijke studies gebruikte inschatting van de Taakgroep verkeer (2003), en ligt iets hoger dan de inschatting van de werkgroep. Doordat zowel in deze studie als in de analyses van de

werkgroep het aardgasverbruik is bepaald aan de hand van het dieselverbruik (m.b.v. de ratio 1,5), is ook het veronderstelde aardgasverbruik in deze studie iets hoger. Tot slot, ook de veronderstelde prijzen voor aardgas wijken in deze studie af van de inschattingen van de werkgroep 'Rijden op aardgas'. De werkgroep gaat uit van een aardgasprijs van € 0,275 per m³. Navraag bij de aardgasleveranciers Dutch4 en Zero-e maakte echter duidelijk dat dit geen realistische prijs is, en dat een prijs van € 0,40 per m³ (voor ca. 100 bussen) een betere inschatting is.

Tabel 29 Gebruikte aannames bij de berekeningen in hoofdstukken 3 en 4

Variabele	Euro 0	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5	Bron
Aanschafkosten	€ 175.000	€ 180.000	€ 185.000	€ 190.000	€ 195.000	€ 197.000	Schatting op basis van gemiddelde kosten (CVOV, 2005) en meerkosten Euro 4/5 (RIVM, 2004). NB. MIA subsidie is netto € 4.050 tot € 4.725 (Euro 4) of € 5.265 tot € 6.142 (Euro 5)
Diesilverbruik stadsbus (l/100km)	41,6	41,6	41,6	41,6	39,5	39,5	Taakgroep verkeer (2003), Inschattingen ACEA: 5-7% minder verbruik in Euro 4/5 vrachtwagens
Diesilverbruik streekbus (l/100km)	34,5	34,5	34,5	34,5	32,8	32,8	Taakgroep verkeer (2003) Inschattingen ACEA: 5-7% minder verbruik in Euro 4/5 vrachtwagens
Onderhoudskosten (per kilometer)						€ 0,23	Op basis van CVOV (2005)
Meerkosten aardgas ten opzichte van Euro 4							
Aanschaf						€ 40.000	Werkgroep 'Rijden op Aardgas' (2006), CVOV (2005), MAN (persoonlijke communicatie) NB. De subsidie in het kader van 'schoon lokaal vervoer' is € 7.000
Onderhoudskosten (per kilometer)						€ 0,03	Werkgroep 'Rijden op Aardgas' (2006)
Additionele kosten (werkplaats, stalling, etc.)						€ 70.000	GC (2001) voor 25 bussen
MRB (per jaar)							
12 m dieselbus						€ 579,00	Connexxion opgaaf
Aardgas (OV bus)						€ 0	Wet motorrijtuigenbelasting (art. 47)
Afschrijving							
Levensduur bus (diesel en aardgas)						8 jaar	Haarlem (2004), CVOV (2005), Werkgroep 'Rijden op Aardgas' (2006) en persoonlijke communicatie KNV
Restwaarde Dieselbus						9% van nieuwwaarde	Schatting op basis van CVOV (2005)

Variabele	Euro 0	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5	Bron	
Brandstofkosten								
Diesel						€0,75	Gebaseerd op een prijs van € 1,00 'aan de pomp', rekening houdend met BTW en grootverbruikerskorting (6 cent).	
Aardgas				€0,50	- €0,46	- €0,42	- €0,40	Op basis van persoonlijke communicatie met Dutch4 en Zero-e. De prijzen zijn resp. gebaseerd op een park van 10, 30, 50 en 100 voertuigen en: <ul style="list-style-type: none"> • Exclusief BTW. • Inclusief exploitatie van het aardgasstation en de investering in het aardgasstation. • Exclusief aanpassingen aan de stalling. • Uitgaande van een fast fill installatie.
Jaarkilometrage stadsbus						64.000	Gebaseerd op onderzoek naar schoon OV voor het stadsgewest Haaglanden (CE, 2005)	
Jaarkilometrage streekbus						77.000	Gebaseerd op onderzoek naar schoon OV voor het stadsgewest Haaglanden (CE, 2005)	
Aardgasverbruik stadsbus (m ³ /100 km)						62,4	Op basis van literatuurstudie (zie paragraaf B.1)	
Aardgasverbruik streekbus (m ³ /100 km)						51,8	Op basis van literatuurstudie (zie paragraaf B.1)	

C Voortijdige afschrijving

Wanneer een voertuig voortijdig wordt afgeschreven brengt dat extra kosten met zich mee. In deze bijlage wordt beschreven waar deze kosten vandaan komen en hoe er mee wordt omgegaan in de berekeningen. NB: het programma STEPUP houdt geen rekening met extra kosten vanwege voortijdige afschrijving. Toch worden de totale kosten en kosteneffectiviteit ernstig onderschat wanneer geen rekening wordt gehouden met deze extra kosten. Daarom is besloten om in dit project hier wel rekening mee te houden.

C.1 Lineaire afschrijving

Bij lineaire afschrijving worden de kosten voor de aanschaf van materieel gelijkmatig verdeeld over de levensduur van het materieel. Als bijvoorbeeld een bus € 190.000 kost en na zijn economische levensduur (10 jaar) nog € 6.000 opbrengt, dan bedragen de jaarlijkse kosten:

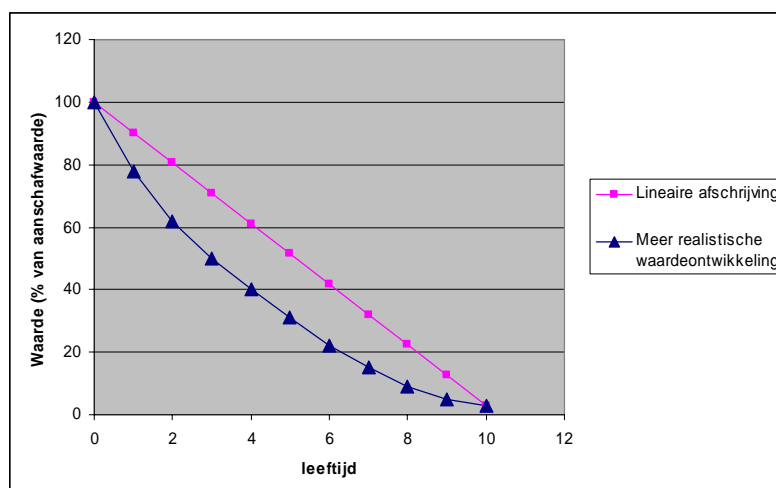
$$\text{jaarlijkse kosten} = \frac{\text{€ } 190.000 - \text{€ } 6.000}{10 \text{ jaar}} = \text{€ } 18.400$$

Het programma STEPUP gebruikt een lineaire afschrijving in de berekening van de totale jaarlijkse kosten van een bus.

C.2 Waardeontwikkeling van het materieel

In werkelijkheid ontwikkelt de waarde van het busmaterieel zich echter niet lineair. In het begin daalt de waarde namelijk sneller dan aan het eind van de levensduur. In Figuur 7 wordt een beeld geschetst van lineaire afschrijving en een meer realistische afschrijving.

Figuur 7 Vergelijking tussen lineaire en een meer realistische afschrijving van materieel



C.3 Extra kosten bij voortijdige afschrijving

Wanneer een voertuig voortijdig wordt afgeschreven brengt dat extra kosten met zich mee. De extra kosten worden bepaald door de afstand tussen de twee curves in Figuur 7.

Als bijvoorbeeld een bus na vier jaar wordt afgeschreven dan zijn de afgeboekte kosten volgens lineaire afschrijving (bovenste curve) kleiner dan de werkelijk waardedaling van de bus (onderste curve). Bij aanschaf van nieuw materieel moeten dus extra uitgaven worden gedaan:

$$\text{Extra uitgaven} = \text{werkelijke waardedaling} - \text{lineaire afschrijving}$$

De extra uitgaven kunnen aanzienlijk zijn. Het is daarom belangrijk om ze mee te nemen in de berekening van jaarlijkse kosten. Alleen dan kunnen verschillende scenario's op een eenduidige manier met elkaar worden vergeleken. In de berekeningen worden de extra uitgaven verwerkt door ze eerst op te tellen bij de aanschafprijs van nieuw materieel.

$$\text{Aangepaste aanschafprijs} = \text{originele aanschafprijs} + \text{extra uitgaven door voortijdige afschrijving}$$

De aangepaste aanschafprijs wordt vervolgens op de normale manier omgezet in jaarlijkse kosten – d.w.z. lineair verdeeld over de levensduur van het nieuwe materieel.