

## **CE Delft**

**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

# **Berekening van externe kosten van emissies voor verschillende voertuigen**

Op basis van nieuwe emissiecijfers  
en met analyse van  
toekomstige waarderingen

Opgesteld voor  
Planbureau voor de Leefomgeving

## **Rapport**

Delft, november 2008

Opgesteld door: H.P. (Huib) van Essen  
M.D. (Marc) Davidson  
F.P.E. (Femke) Brouwer



# Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:

H.P. (Huib) van Essen, M.D. (Marc) Davidson, F.P.E. (Femke) Brouwer  
Berekening van externe kosten van emissies voor verschillende voertuigen  
Op basis van nieuwe emissiecijfers en met analyse van toekomstige  
waarderingen

Delft, CE, 2008

Transportmiddelen / Emissies / Prijsstelling / Meetmethoden / Analyse

VT: Externe kosten

Publicatienummer: 08.4590.20

Alle CE-publicaties zijn verkrijgbaar via [www.ce.nl](http://www.ce.nl)

Opdrachtgever: Milieu- en Natuurplanbureau.

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider H.P. (Huib) van Essen.

© copyright, CE, Delft

## **CE Delft**

### **Oplossingen voor milieu, economie en technologie**

CE Delft 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.

De meest actuele informatie van CE Delft is te vinden op de website: [www.ce.nl](http://www.ce.nl).

Dit rapport is gedrukt op 100% kringlooppapier.

# Inhoud

Samenvatting	1
1 Inleiding	3
1.1 Achtergrond	3
1.2 Doel	3
1.3 Aansluiting bij recente studies	3
1.4 Leeswijzer	4
2 Methodiek	5
2.1 Waarderingsmethoden	5
2.2 Financiële waardering van schade	5
2.2.1 Stated Preference-onderzoek	5
2.2.2 Revealed Preferences	6
2.3 Financiële waardering alternatieve emissiereductie	7
2.4 Verandering van waarderingen door de tijd	7
2.4.1 Financiële waardering van schade	8
2.4.2 Financiële waardering alternatieve emissiereductie	8
3 Waardering van broeikasgasemissies	11
3.1 Literatuuroverzicht	11
3.2 Concrete waarden	13
3.3 Aanbevolen waarden	15
3.4 Verandering van waarderingen door de tijd	16
3.5 Luchtvaartemissies	17
3.6 Conclusie financiële waardering CO <sub>2</sub> -emissies	17
4 Waardering van luchtverontreinigende emissies	19
4.1 Schade van emissies	19
4.2 Waarderingsmethode	20
4.3 Verandering van waarderingen door de tijd	21
4.4 Conclusie financiële waardering luchtvervuilende emissies	21
5 Vertaling naar kosten per kilometer	25
5.1 Gebruikte emissiefactoren	25
5.2 Berekening kosten per kilometer	25
5.3 Trends	26
6 Conclusies	29
Literatuurlijst	31
A Waarderingen luchtvervuilende emissies per WLO-scenario	39
B Externe kosten personenvervoer 2010 in €/km, excl. slijtage emissies	43
C Externe kosten personenvervoer over de weg 2010 in €/km, incl. slijtage emissies	45

D	Externe kosten personenvervoer 2020 in €/km, excl. slijtage emissies	47
E	Externe kosten personenvervoer over de weg 2020 in €/km, incl. slijtage emissies	49
F	Externe kosten personenvervoer 2010 in €/reizigers-km, excl. slijtage emissies	51
G	Externe kosten personenvervoer over de weg 2010 in €/reizigers-km, incl. slijtage emissies	53
H	Externe kosten personenvervoer 2020 in €/reizigers-km, excl. slijtage emissies	55
I	Externe kosten personenvervoer over de weg 2020 in €/reizigers-km, incl. slijtage emissies	57
J	Externe kosten goederenvervoer in €/km 2010, excl. slijtage emissies	59
K	Externe kosten goederenvervoer over de weg in €/km 2010, incl. slijtage emissies	63
L	Externe kosten goederenvervoer in €/km 2020, excl. slijtage emissies	65
M	Externe kosten goederenvervoer over de weg in €/km 2020, incl. slijtage emissies	69
N	Externe kosten goederenvervoer in €/ton-km 2010, excl. slijtage emissies	71
O	Externe kosten goederenvervoer over de weg in €/ton-km 2010, incl. slijtage emissies	75
P	Externe kosten goederenvervoer in €/ton-km 2020, excl. slijtage emissies	77
Q	Externe kosten goederenvervoer over de weg in €/ton-km 2020, incl. slijtage emissies	81

# Samenvatting

Emissiewaardering is een belangrijke bouwsteen voor beleidsanalyses. Het is benodigd voor het uitvoeren van maatschappelijke kosten-batenanalyses, bijvoorbeeld voor aanleg of uitbreiding van infrastructuur. Ook kan het als leidraad worden gebruikt voor prijsbeleid voor verkeer, bijvoorbeeld wanneer dit wordt gebaseerd op het principe van 'de vervuiler betaalt'.

Dit rapport geeft een actuele set waarderingen van emissies van transport voor Nederland. Ook bevat het rapport een prognose van hoe deze waarderingen zich komende decennia zullen ontwikkelen. Deze studie sluit aan op een tweetal recente studies. In de eerste plaats wordt wat betreft de waardering van emissies aangesloten bij handboek voor het schatten van marginale externe kosten, onlangs gepubliceerd door de Europese Commissie (CE, 2007). Dit handboek werd ontwikkeld door CE Delft in het project IMPACT in samenwerking met enkele Europese partners. De in het onderhavige rapport gepresenteerde emissiewaarderingen zijn volledig in lijn met de in het IMPACT handboek aanbevolen waarden. De tweede studie waarbij is aangesloten is STREAM (CE, 2008), waaruit de emissiefactoren en cijfers omtrent bezetting- en beladinggraden zijn gebruikt.

Om emissies financieel te waarderen moeten twee typen gevolgen worden onderscheiden. Wanneer er voor de betreffende emissie geen beleidsdoel bestaat, leiden extra emissies tot extra schade. Deze extra schade is in financiële termen uit te drukken en vormt hiermee de basis van de financiële waardering van emissies. Wanneer echter wel een beleidsdoel is vastgelegd, leiden emissies niet tot extra schade maar tot emissiereductie elders in de maatschappij. In dat geval bepalen kosten van aanvullende maatregelen de financiële waardering van de emissie. In het geval dat de schade die wordt aangericht sterk afhankelijk is van de locatie waar de emissies plaats vinden, zoals bij luchtvervuilende emissies, zijn de beleidsdoelen echter niet bepalend voor de kosten, omdat de kosten dan ook sterk afhangen van de emissielocaties. In onderliggend rapport worden beiden methoden in meer detail besproken.

Inmiddels bestaat een rijke literatuur met betrekking tot de financiële waardering van klimaatschade en van alternatieve emissiereductie. Met name financiële waarderingen van klimaatschade tonen grote verscheidenheid. Tenzij de financiële waardering van CO<sub>2</sub>-emissies wordt gebruikt voor het vaststellen van overkoepelende klimaatdoelen, is daarom de aanbeveling deze te baseren op de preventiekosten. In het licht van het Europese klimaatbeleid en op basis van verschillende recente studies, lijken preventiekosten redelijk die toenemen van € 25/tCO<sub>2</sub> in 2010 tot € 40/tCO<sub>2</sub> in 2020. Op langere termijn lopen de kosten op tot ca. € 85/tCO<sub>2</sub> in 2050. Hierbij moet in acht worden genomen dat voor al deze waarderingen een vrij grote onzekerheid geldt. Tevens dient opgemerkt te worden dat deze waarderingen zijn gebaseerd op klimaatdoelen en preventiekosten voor de gehele Europese economie en dus niet specifiek voor de transportsector.

Voor luchtverontreinigende stoffen (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> en VOS) zijn schadekosten sterk afhankelijk van de locatie van de emissie. Om deze reden is de preventiekostenmethodiek hier minder geschikt, vandaar dat alleen financiële waardering van schade hier wordt besproken. Financiële waardering van gezondheidseffecten neemt hierbij een centrale plek in. De belangrijkste en meest up-to-date studies zijn HEATCO (2006) en CAFE CBA (2005). HEATCO levert gedifferentieerde waarden voor verschillende typen netwerken en regio's, daarom zijn resultaten voor PM<sub>10</sub> en PM<sub>2,5</sub> overgenomen uit deze studie. Omdat CAFE CBA resultaten levert op basis van robuuste *peer reviewed* studies zijn waarden uit deze studie overgenomen voor de waardering van de overige luchtverontreinigende emissies. Tabel 1 geeft een overzicht van de aanbevolen waarderingen voor CO<sub>2</sub> en luchtvervuilende emissies.

Tabel 1 Overzicht financiële waarderingen voor transportgerelateerde emissies in Nederland (het betreft hier steeds de *marginale* kosten bij veranderingen in emissies; zeevaart emissies worden apart gewaardeerd, zie hiervoor Tabel 5 in de hoofdstuktekst)

Stof	Jaar	Locatie		
		Stedelijk/Metropool	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied
PM <sub>2,5</sub> (transport: verbrandings-emissies)	2007	505 €/kg	163 €/kg	99 €/kg
	2010	527 €/kg	170 €/kg	103 €/kg
	2020	605 €/kg	195 €/kg	118 €/kg
PM <sub>10</sub> (transport: overige emissies, van banden e.d.)	2007	202 €/kg	65 €/kg	39 €/kg
	2010	211 €/kg	68 €/kg	41 €/kg
	2020	242 €/kg	78 €/kg	47 €/kg
PM <sub>10</sub> (elektriciteitsopwekking: schoorsteen)	2007	19 €/kg		16 €/kg
	2010	20 €/kg		17 €/kg
	2020	23 €/kg		19 €/kg
NO <sub>x</sub>	2007	7,9 €/kg		
	2010	8,2 €/kg		
	2020	9,5 €/kg		
NMVOC	2007	2,3 €/kg		
	2010	2,4 €/kg		
	2020	2,7 €/kg		
SO <sub>2</sub>	2007	16 €/kg		
	2010	16 €/kg		
	2020	18 €/kg		
CO <sub>2</sub>	2010	25 €/ton		
	2020	40 €/ton		

Noot: Waarden voor 2010 en 2020 bij gemiddelde economische groei van 1,4% (gemiddelde WLO-scenario's).

De marginale preventie- en schadekosten per hoeveelheid emissie zijn gecombineerd met emissiegegevens uit STREAM (CE, 2008) om te komen tot de marginale externe kosten van verschillende modaliteiten in het personen en goederenvervoer. De resultaten zijn uitgesplitst naar de verschillende emissies en voor verschillende voertuigcategorieën en locaties. De marginale externe kosten van emissies van elektriciteitsopwekking en raffinage zijn apart weergegeven. Met name de kosten van emissies van raffinage zijn vrij onzeker vanwege relatief grote onzekerheid in zowel de emissiefactoren als waardering.



# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

Emissiewaardering is een belangrijke bouwsteen voor beleidsanalyses. De maatschappelijke kosten van emissies zijn benodigd voor het uitvoeren van maatschappelijke kosten-batenanalyses, bijvoorbeeld voor aanleg of uitbreiding van infrastructuur. Ook kunnen ze als leidraad worden gebruikt voor prijsbeleid voor verkeer, bijvoorbeeld wanneer dit wordt gebaseerd op het principe van 'de vervuiler betaalt'.

In het verleden zijn diverse studies uitgevoerd om de maatschappelijke kosten van emissies in kaart te brengen, zowel in Nederland als internationaal. In Nederland geeft de studie 'De prijs van een reis' (CE, 2004), een overzicht van de kosten van emissies, samen met andere externe kosten, zoals de kosten van geluid, ongevallen en congestie. Sinds 2004 zijn er nieuwe waarderingen van emissies en emissiecijfers beschikbaar gekomen, waardoor deze cijfers thans geactualiseerd kunnen worden.

## 1.2 Doel

Het Planbureau voor de Leefomgeving heeft CE Delft gevraagd om op basis van een tweetal recente studies een nieuwe set emissiewaarderingen voor Nederland uit te werken.

Naast de waardering van emissies voor dit moment is ook gekeken naar schattingen voor de waardering van emissies die in de toekomst plaats vinden. Met andere woorden, hoe veranderen de waarderingen van emissies door de tijd?

## 1.3 Aansluiting bij recente studies

De in dit rapport gepresenteerde methode en getallen voor de waardering van emissies bouwen voort op de resultaten van een tweetal recente studies: IMPACT en STREAM.

De Europese Commissie heeft onlangs een handboek gepubliceerd voor het schatten van externe kosten van transport. Dit handboek werd ontwikkeld door CE Delft in het project IMPACT, in samenwerking met enkele Europese partners. In dit handboek wordt ruim aandacht besteed aan de waardering van emissies (zowel luchtvervuilende emissies als broeikasgassen). In de onderhavige studie sluiten we volledig aan bij de in het IMPACT-handboek aanbevolen methodes en schattingen van de kosten van emissies. IMPACT geeft schattingen voor de marginale externe kosten. *Marginaal* betekent in dit verband dat het de kosten betreft van een *extra voertuigbeweging* ten opzichte van de huidige situatie. *Extern* wil zeggen dat de kosten, zonder overheidsingrijpen, niet gedragen worden door degene die ze veroorzaakt.

De gehanteerde emissiefactoren en cijfers omtrent bezetting- en beladinggraden zijn gebaseerd op de studie STREAM en bijbehorende emissiedatabase voor Nederland. Deze database is onlangs ontwikkeld door CE Delft en beslaat de belangrijkste modaliteiten in zowel het personen- als goederenvervoer. Data in STREAM zijn gebaseerd op onder meer emissiedata van de Taakgroep Verkeer en logistieke parameters op basis van o.a. CBS-data.

#### **1.4 Leeswijzer**

Hoofdstuk 2 geeft een overzicht van de methodiek om emissies te waarderen. Vervolgens gaan we in hoofdstuk 3 en 4 respectievelijk in op waardering van broeikasemissies (in het bijzonder CO<sub>2</sub>) en luchtverontreinigende emissies. In beide hoofdstukken zijn schattingen van de waardering van emissies uitgedrukt in Euro per gram voor verschillende stoffen. Hoofdstuk 5 geeft aan hoe de waarderingen van emissies zijn gecombineerd met emissiedata om marginale externe kosten per voertuigkilometer te bepalen.

De bijlagen van dit rapport geven een overzicht van de aanbevolen kosten van emissies voor verschillende vervoerswijzen, voertuigtypes en locaties, uitgedrukt in Euro per voertuigkilometer en ook Euro per tonkilometer (vrachtvervoer) en Euro per reizigerskilometer (personenvervoer).





## 2 Methodiek

### 2.1 Waarderingsmethoden

Om emissies financieel te waarderen moeten twee typen gevolgen van de emissies worden onderscheiden (Davidson et al., 2005; CE, 2007a). Wanneer er voor de betreffende emissies *geen* beleidsdoelen bestaan, leiden de extra emissies tot extra schade aan bijvoorbeeld menselijke gezondheid of natuur. Deze extra schade is in financiële termen uit te drukken en vormt dan de basis van de financiële waardering van de emissies. Wanneer voor de betreffende emissies echter wel beleidsdoelen bestaan, leiden de extra emissies *niet* tot extra schade, maar tot emissiereductie elders in de maatschappij. In dit geval bepalen de kosten van aanvullende maatregelen de financiële waardering van de emissies. Zo leggen de Kyoto-doelen grenzen aan de Nederlandse emissies van broeikasgassen en zullen extra emissies in het verkeer moeten worden opgevangen door aanvullende maatregelen in andere sectoren. Belangrijk is op te merken dat wanneer de *overheid* de gebruiker is van de financiële waarderings van emissies het daarbij ook niet meer relevant is of de gestelde emissiedoelen ook daadwerkelijk worden behaald. Uitgaan van andere emissies dan de beleidsdoelen zou dan leiden tot inconsistent beleid (zie ook Watkiss et al., 2005). Hieronder bespreken wij de twee benaderingen in meer detail<sup>1</sup>.

### 2.2 Financiële waardering van schade

Voor de directe waardering van de impacts op *end-point*-niveau staan een aantal methoden ter beschikking (uit: CE, 2007a). Men onderscheidt daarbij wel *Stated Preference*-onderzoek en *Revealed Preference*-onderzoek.

#### 2.2.1 Stated Preference-onderzoek

Hierbij probeert men via vragenlijsten vast te stellen welk bedrag mensen bereid zijn te betalen om een bepaald effect (op gezondheid, kapitaalgoederen, natuur inclusief stilte) te vermijden (WTP, Willingness To Pay) ofwel zouden willen ontvangen om aan een bepaald effect blootgesteld te worden (WTA, Willingness To Accept). Hiermee kunnen vooral goed gezondheids- en natuurgerelateerde effecten worden benaderd. In de internationale literatuur zijn voor gezondheid bijvoorbeeld waarden opgenomen die middels onderzoek zijn gevonden op het voorkomen van bepaalde ziektes.

Het voordeel van het gebruik van *stated-preference*-methoden is dat ze geschikt zijn voor het bepalen van zowel gebruiks- als niet-gebruikswaarden. Door het hypothetische karakter van deze methoden kunnen ze bovendien bij alle niet-

---

<sup>1</sup> In het theoretische geval dat men zich bevindt in het maatschappelijk optimum, dat wil zeggen de situatie waarin alleen die emissies plaatsvinden waarvan de vermindering meer kost dan de schade die de emissies veroorzaken, en het beleidsdoel samenvalt met het maatschappelijk optimum, geven de twee methoden dezelfde uitkomsten.

marktgoederen gehanteerd worden. Het hypothetische karakter van de methoden is echter ook meteen een nadeel, aangezien het de vraag is of respondenten hun daadwerkelijke preferenties kenbaar maken. Daarnaast is het de vraag in hoeverre men in staat is om de gevolgen van bepaalde externe effecten te overzien (bijvoorbeeld in het geval van het klimaatprobleem).

### 2.2.2 Revealed Preferences

In een beperkt aantal gevallen is het via de waardering op andere markten te herleiden wat de prijs voor milieukwaliteit kan zijn. Dit zal vooral het geval zijn bij lokale impacts. Verschillende methoden kunnen onderscheiden worden (Ruijgrok, et al., 2004):

- De *hedonische prijsmethode* schat de waarde van een niet-markt goed door de prijswerking in de markt van een gerelateerd goed te bekijken. Zo kan men bijvoorbeeld via huizenprijzen achterhalen wat de schade is die mensen ondervinden van geluidshinder of gebrek aan natuur.
- De *travel cost-methode* wordt voornamelijk gebruikt voor de waardering van natuurgebieden. Door te bepalen hoe hoog de reiskosten zijn, die bezoekers van het natuurgebied bereid zijn om te maken, kan een schatting van de waarde die men toekent aan het natuurgebied worden bepaald.
- De *bestrijdingskostenmethode* berekent de kosten van maatregelen waarmee een achteruitgang van natuur of milieu wordt voorkomen, vermeden of bestreden. Deze methode is alleen geschikt indien de bekeken maatregelen geen ander rol spelen in de MKBA, zoals bijvoorbeeld in het nulalternatief of projectalternatief. Is dit wel het geval, dan worden dezelfde kosten zowel aan de kosten- als de batenkant opgevoerd en ontstaat er dus een cirkelredenering. Een dergelijke cirkelredenering ontstaat bijvoorbeeld wanneer de baten van bodemsaneringsbeleid worden ingeschat met behulp van de saneringskosten.
- De *averting behaviour-methode* berekent de kosten van maatregelen waarmee mensen een achteruitgang van natuur of milieu in hun directe woon- en leefomgeving trachten te voorkomen of te herstellen. Zo kunnen de kosten van geluidsoverlast bijvoorbeeld geschat worden met behulp van de uitgaven die mensen doen voor het aanschaffen van dubbelglas.
- De *herstelkostenmethode* berekent de kosten van maatregelen die dienen om een achteruitgang of verlies van natuur en milieu als gevolg van een project te herstellen of te compenseren. Deze methode is enkel toepasbaar voor omkeerbare milieuproblemen. De gevolgen van onomkeerbare milieuproblemen kunnen immers niet hersteld worden.
- De *productiefactorenmethode* bepaald aan de hand van de invloed van natuur en milieu op de economische productie van goederen de economische waarde van het milieu. Er wordt met andere woorden gekeken naar de waarde van het milieu als productiefactor in het economische proces. De verandering in de opbrengst van landbouwgewassen kan bijvoorbeeld gebruikt worden om de waarde van een verandering in de verzuring van de bodem in te schatten.



Voor een uitgebreidere beschrijving van de bovenstaande waarderings-technieken wordt verwezen naar Ruijgrok, et al. (2004). Een belangrijk voordeel van de *revealed-preference*-methoden is dat ze uitgaan van daadwerkelijk gedrag van mensen, dit in tegenstelling tot de *stated-preference*-methoden. Dit vergroot over het algemeen de betrouwbaarheid van de resultaten. Een nadeel is echter dat het vaak niet makkelijk zal zijn om deze methoden in de praktijk toe te passen. Bovendien zijn de *revealed-preference*-methoden enkel geschikt voor het bepalen van de gebruikswaarden.

### 2.3 Financiële waardering alternatieve emissiereductie

Bij deze methode worden emissies financieel gewaardeerd aan de hand van de kosten om elders in de maatschappij emissies te compenseren c.q. reduceren. Hierbij wordt uitgegaan van een efficiënt milieubeleid, dat wil zeggen een milieubeleid waarbij van het gehele palet aan maatregelen waarmee emissies kunnen worden gereduceerd alleen de goedkoopste worden getroffen. Extra emissies op de ene plaats in de maatschappij betekenen dan dat elders in de maatschappij extra maatregelen moeten worden getroffen met een prijs (bij benadering) gelijk aan de duurste maatregel (in Euro per kilo vermeden emissie) van de al getroffen set goedkoopste maatregelen. Deze prijs noemen wij vanaf hier de schaduwprijs van de emissies. Alle maatregelen goedkoper dan de schaduwprijs worden immers per definitie al getroffen.

Om de schaduwprijs te bepalen is inzicht nodig in de *emissiereductiekosten-curve*: een rangschikking van alle maatregelen waarmee het milieudoel kan worden behaald, oplopend van de goedkoopste naar de duurste maatregel in Euro per kilo vermeden emissie. Deze curve snijdt in afwezigheid van milieubeleid per definitie de x-as: als nog geen emissies zijn gereduceerd, kunnen de eerste emissies tegen verwaarloosbare kosten worden gereduceerd<sup>2</sup>. Daarnaast loopt de curve naar oneindig naarmate het punt van nul emissies wordt benaderd. De schaduwprijs wordt vervolgens bepaald door de marginale preventiekosten te bepalen op het punt van de beleidsdoelen.

### 2.4 Verandering van waarderingen door de tijd

In beide beschreven situaties - emissies leiden tot schade dan wel alternatieve emissiereductie - kunnen de financiële waarderingen in de tijd veranderen. In deze paragraaf gaan we hier voor beide situaties nader op in.

---

<sup>2</sup> Hierbij wordt uitgegaan van een brede welvaartsbenadering (CE, 2007b). Vaak worden reductiekosten-curves gepresenteerd die door de x-as heenlopen, hetgeen betekent dat aan het begin geld kan worden verdiend met extra emissiereductie bijvoorbeeld door te besparen op brandstofkosten. In een brede welvaartsanalyse worden echter ook de kosten van gedragsverandering en transactiekosten meegenomen.

### 2.4.1 Financiële waardering van schade

De financiële waardering van emissies via de financiële waardering van resulterende schade kan om verschillende redenen door de tijd veranderen. Ten eerste kan de fysieke schade door de tijd veranderen. Als bijvoorbeeld de bevolkingsdichtheid in de tijd toeneemt, zal ook de impact van emissies toenemen. Hetzelfde geldt in het geval van economische groei: ook dan staan er meer Euro's kapitaal bloot aan potentiële schade. Tenslotte kunnen dosis-effectrelaties niet lineair zijn: wanneer emissies toenemen kan de marginale schade van extra emissie groter zijn dan de schade van eerdere emissies. Aan de andere kant kan ontwikkeling ook juist de toekomstige fysieke schade doen afnemen, bijvoorbeeld door adaptatie of economische structuurverandering. Zo is de landbouw immers kwetsbaarder voor klimaatverandering dan de meeste andere economische sectoren, terwijl de relatieve bijdrage van de landbouw aan de economie in de tijd afneemt.

Niet alleen de fysieke schade kan in de tijd veranderen, maar ook de financiële waardering van die schade. De zorg voor een schoon milieu neemt over het algemeen toe met toenemend inkomen, zich uitend in een hogere betalingsbereidheid. De verwachting is daarom dat door de toenemende rijkdom in de toekomst ook de financiële waardering van emissies zal toenemen. De discussie in de literatuur spitst zich toe op de vraag of het milieu een luxegoed is (met een inkomenselasticiteit groter dan 1) of een gewoon economisch goed (met een inkomenselasticiteit tussen 0 en 1). Er is een aantal empirische studies uitgevoerd om de inkomenselasticiteit van WTP (Willingness To Pay) voor milieukwaliteit vast te stellen<sup>3</sup>, waarbij de recentere onderzoeken gebruik maken van *stated preferences*<sup>4</sup>. Het merendeel van de studies claimt dat inkomenselasticiteiten wat kleiner zijn dan 1 (Kristrom en Riera, 1996; Ready, et al., 2002; Høkbay en Söderqvist, 2003). Zij beschouwden verschillende Europese landen en diverse milieuaspecten. Een studie naar de waardering van luchtkwaliteit in een regio van China komt tot een ander conclusie. Gezien de geschatte inkomenselasticiteiten wordt luchtkwaliteit daar als een luxegoed beschouwd (Wang en Mullahy, 2006). Een plausibele verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat bepaalde milieuproblemen in China urgenter zijn dan in Europese regio's. Tevens lijkt de hoogte van de inkomenselasticiteiten samen te hangen met het inkomensniveau.

### 2.4.2 Financiële waardering alternatieve emissiereductie

De schaduwprijs voor emissies wordt zoals eerder gesteld bepaald door het snijpunt van de marginale reductiekostencurve en het beleidsdoel. Zowel deze curve als het beleidsdoel kunnen in de tijd veranderen. De reductiekostencurve kan ten eerste veranderen door veranderingen in emissies. Wanneer de emissies toenemen door bijvoorbeeld toegenomen economische activiteiten, nemen ook de marginale kosten om de beleidsdoelen te bereiken toe. Wanneer aan de andere kant door technologische ontwikkelingen nieuwe, goedkopere emissie-

<sup>3</sup> Strikt genomen is er een verschil tussen de inkomenselasticiteit van WTP voor en de inkomenselasticiteit van de vraag naar milieukwaliteit. Zie Flores en Carson (1997) voor meer informatie.

<sup>4</sup> De toegepaste methode heet *Contingent Valuation*. Dit houdt in dat mensen naar hun WTP voor milieukwaliteit worden gevraagd. Een voordeel is dat hierbij ook 'non-use values' gemeten kunnen worden.



reducerende technieken voor handen komen, nemen de marginale reductiekosten juist af.

Beleidsdoelen kunnen in de tijd veranderen door veranderende maatschappelijke preferenties, bijvoorbeeld door een toegenomen aandacht voor een bepaald milieuprobleem of nieuwe wetenschappelijke inzichten met betrekking tot de schadelijkheid van bepaalde emissies. Ook kunnen veranderingen in de reductiekostencurve tot aanpassing van de beleidsdoelen leiden. Wanneer de kosten van emissiereductie tegenvallen, kunnen beleidsdoelen naar beneden worden bijgesteld en vice versa.



## 3 Waardering van broeikasgasemissies

### 3.1 Literatuuroverzicht

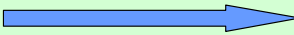

Inmiddels bestaat een rijke literatuur met betrekking tot zowel de financiële waardering van klimaatschade als alternatieve emissiereductie. Met name de financiële waarderingen van klimaatschade tonen een grote verscheidenheid, variërend in orden van grootte afhankelijk van de veronderstellingen. Het is ondoenlijk om hier de bestaande uitgebreide literatuur te bespreken. Wij beperken ons daarom in eerste instantie tot de belangrijkste meta-analyse van de laatste jaren: de review van de maatschappelijke kosten van CO<sub>2</sub>-emissies in opdracht van het Engelse milieuministerie DEFRA. Een uitgebreid overzicht van de literatuur is te vinden in de bijlage van het IMPACT-handboek (CE, 2007c).

In de DEFRA-studies (Watkiss, 2005; Downing, 2005), waaraan verschillende auteurs van de primaire literatuur hebben bijgedragen, wordt vrijwel de gehele literatuur overzien. Onder hen zowel Cameron Hepburn en de grondlegger van het PAGE-model, Chris Hope, die beiden hebben bijgedragen aan de economische analyse achter het Stern rapport (2006), als Richard Tol de grondlegger van het FUND-model en criticaster van het Stern rapport (Tol, 2006). Alleen William Nordhaus, grondlegger van het derde grote model DICE, heeft aan deze review niet bijgedragen, maar zijn werk wordt wel besproken. Na de bespreking van de DEFRA-review bespreken wij nog kort de conclusies uit het Stern rapport (2006).

De belangrijkste conclusies uit de DEFRA-studies zijn:

- 1 Schattingen in de literatuur van de maatschappelijke kosten van broeikasgasemissies lopen ten minste drie orden van grootten uiteen, van ongeveer nul tot meer dan 400 Euro per ton CO<sub>2</sub>. Deze grote verschillen zijn het gevolg van onzekerheden met betrekking tot klimaatverandering, dekking van sectoren en extreme veranderingen, en de keuze in beslisvariabelen. Met name de keuze van de discontovoet en de wijze waarop impacts in verschillende regio's worden gewogen (zogenaamde 'equity weighting') zijn zeer bepalend voor de uitkomsten. Zelfs deze grote range dekt nog niet de volledige onzekerheid. Geen van de gebruikte modellen dekt volledig de risicomatrix (Figuur 1) en daarmee de volledige maatschappelijke kosten van broeikasgasemissies (Figuur 2). De fundamentele onzekerheid maakt het onmogelijk om een illustratieve centrale waarde of een bovengrens aan te geven voor de maatschappelijke kosten van broeikasgasemissies voor een algemene beleidscontext. Een *ondergrens* van € 14 per ton CO<sub>2</sub> is echter redelijk voor een globale beleidscontext die er op is gericht de dreiging van gevaarlijke klimaatverandering te verminderen, op basis van een bescheiden aversie voor extreme risico's, een relatief lage discontovoet en 'equity weighting'.

Figuur 1 De risico-matrix

		Uncertainty in Valuation 		
		Market	Non Market	(Socially Contingent)
Uncertainty in Predicting Climate Change 	Projection (e.g. sea level Rise)	Coastal protection Loss of dryland Energy (heating/cooling)	Heat stress Loss of wetland	Regional costs Investment
	Bounded Risks (e.g. droughts, floods, storms)	Agriculture Water Variability (drought, flood, storms)	Ecosystem change Biodiversity Loss of life Secondary social effects	Comparative advantage & market structures
	System change & surprises (e.g. major events)	Above, plus Significant loss of land and resources Non- marginal effects	Higher order social effects Regional collapse Irreversible losses	Regional collapse

Bron: Downing en Watkiss, 2003.

Figuur 2 Dekking van de risicomatrix door bestaande studies

	Market	Non-Market	Socially contingent
Projection	Limit of coverage of some studies, including Mendelsohn	Some studies, e.g. Tol	None*
Bounded risks			None
System change/ surprise	Limited to Nordhaus and Boyer/ Hope	None	None

Bron: Watkiss, 2005.

- 2 Wanneer het langetermijndoel eenmaal is vastgesteld, volgt daaruit de gedetailleerde uitwerking van het beleid, hetgeen met dat doel ook consistent moet zijn. Het streven moet zijn te verzekeren dat het doel wordt bereikt op de meest kosteneffectieve wijze en er is een behoefte aan consistentie in de beoordeling over de verschillende beleidsgebieden heen om dit te bereiken. Hiervoor is het nuttig om de marginale preventiekosten te onderzoeken. Aan de ene kant is voor dit doeleinde een enkele schatting handig. Ook de





marginale preventiekosten zijn echter onzeker. Het gebruik van een range of onzekerheidsmarge vergroot echter weer de kans op inconsistentie tussen verschillende toepassingen en beleidsterreinen. NB. Deze aanbeveling is ook daadwerkelijk overgenomen door DEFRA<sup>5</sup>. In haar leidraad beveelt zij het gebruik van een schaduwprijs voor CO<sub>2</sub>-emissies aan van 25 Pond per ton CO<sub>2</sub>, groeiend met 2% per jaar voor emissies in latere jaren. DEFRA stelt dat deze schaduwprijs conceptueel verschilt van de maatschappelijke kosten van koolstof en bedoeld is om doelconsistent te zijn en de beste schattingen van preventiekosten in ogenschouw te nemen.

- 3 De aanbeveling is daarom een getrapte aanpak:
- voor de beoordeling van concrete, niet direct klimaatbeleid gerelateerde projecten kan een enkele centrale waarde (toenemend in de tijd) worden gebruikt;
  - voor beoordeling van beleid dat beoogt broeikasgasemissies te beïnvloeden, kan een centrale range (toenemend in de tijd) worden gebruikt, die enige overwegingen van onzekerheid toelaat;
  - voor ingrijpend lange termijn beleid, zoals overkoepelend klimaatbeleid of energiebeleid, kan de volle range worden gebruikt met toegevoegde gevoeligheidsanalyse binnen het brede raamwerk zoals onder punt 2 besproken.

### 3.2 Concrete waarden

#### *Directe schadewaardering*

Hoewel Watkiss et al. eigenlijk geen concrete waarden willen geven, zien zij ook de noodzaak van een handreiking naar het beleid. Watkiss et al. geven daarom Tabel 2 voor de schade van broeikasgasemissies, waarbij zij benadrukken dat deze waarden alleen dienen te worden gebruikt binnen het bredere raamwerk zoals vermeld onder de eerder genoemde aanbeveling 2.

Tabel 2 Maatschappelijke kosten van CO<sub>2</sub>-emissies (in £/tC)

Emissiejaar	Centrale waarde	Lage centrale schatting	Hoge centrale schatting
2000	56	35	220
2010	68	43	270
2020	81	51	350
2030	99	62	365
2040	112	71	410
2050	143	90	500

NB! Watkiss et al. bevelen aan directe schadewaarderingen alleen te gebruiken voor de formulering van klimaatdoelen en het overkoepelende energiebeleid! Wanneer het gaat om de beoordeling van maatregelen die moeten bijdragen aan het behalen van vastgestelde klimaatdoelen bevelen Watkiss et al. financiële waardering op basis van de preventiekosten aan.

<sup>5</sup> <http://www.defra.gov.uk/environment/climatechange/research/carboncost/index.htm>.

### *Het Stern rapport*

In 2006 werd de *Stern Review on the Economics of Climate Change* gepubliceerd. Hoewel dit rapport een grote politieke impact heeft gehad, is de wetenschappelijke waarde moeilijk in te schatten. Aan de ene kant behoort de studie tot de primaire literatuur: met het PAGE-model zijn op basis van nieuwe veronderstellingen en aannames nieuwe gegevens berekend. Aan de andere kant is het rapport niet peer reviewed, zoals de resultaten gepubliceerd in de internationale wetenschappelijke literatuur (Tol, 2006). Daarbij zijn de gegevens niet altijd even eenvoudig te traceren. Ter informatie vermelden wij hier de marginale schadeschattingen die in het Stern rapport terloops worden vermeld.

'Voorlopige berekeningen met het model dat in hoofdstuk 6 wordt gebruikt, suggereren dat de huidige maatschappelijke kosten van koolstof bij business-as-usual rond de \$ 85/tCO<sub>2</sub> (jaar 2000 prijzen) zouden kunnen bedragen, uitgaande van de aanname voor de baseline klimaatgevoeligheid zoals die daar is gebruikt, als er enige rekening wordt gehouden met non-market-impacts en het risico op catastrofes, met alle belangrijke voorbehouden bediscussieerd in hoofdstuk 6.

### *Preventiekosten*

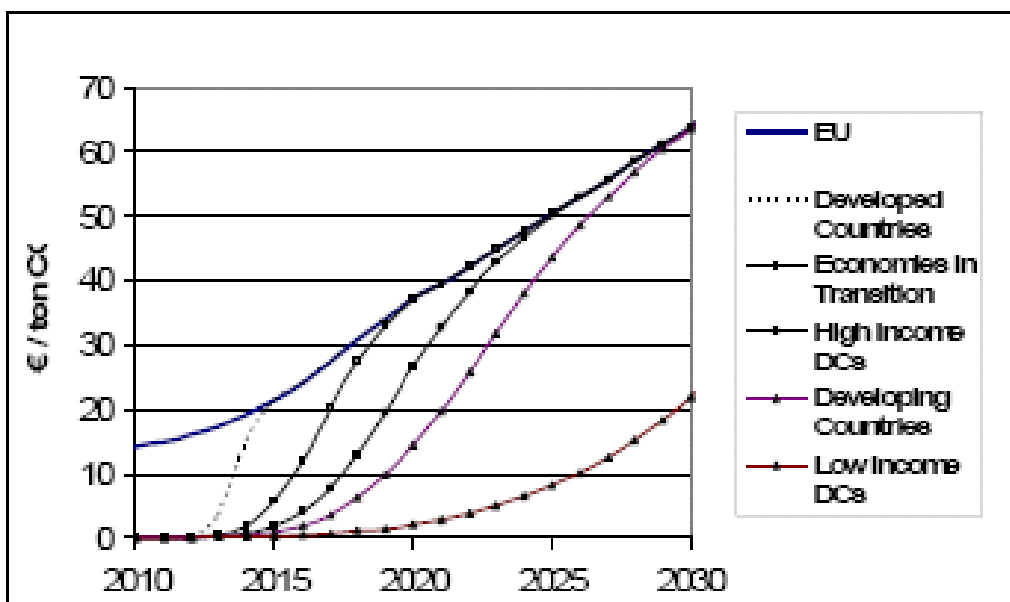
De preventiekosten worden in sterke mate bepaald door het doelniveau (CE, 2007c). De Europese Commissie heeft recent nieuwe doelen aangekondigd, maar deze zijn nog niet volledig geïmplementeerd. Tegelijkertijd zijn landen wereldwijd in een voorbereidingsproces voor een afspraak voor post-Kyoto-doelen. Dit betekent dat aan de ene kant de relevantie van de preventiekosten gebaseerd op de Kyoto-doelen afneemt, maar aan de andere kant er ook nog geen geschikte doelniveaus beschikbaar zijn voor de bepaling van preventiekosten. De bepaling van de marginale preventiekosten door Watkiss et al. is voor deze studie minder relevant omdat deze zijn bepaald op basis van specifieke doelen gesteld door de Engelse overheid, die niet overeenkomen met de Nederlandse of Europese doelen.

Volgens de meest recente update van de ExternE methode (2005) 'liggen de preventiekosten voor het bereiken van het breed geaccepteerde Kyoto-doel ruwweg tussen de € 5 en € 20 per t of CO<sub>2</sub>. Daarbij is het nu mogelijk de prijzen te analyseren van de verhandelbare CO<sub>2</sub>-emissierechten, die toenamen vanaf eind juli 2005 tot begin oktober 2005 van ongeveer € 18/tCO<sub>2</sub> tot ongeveer € 24/tCO<sub>2</sub>.

Deze benadering is gebruikt in vele studies tot nog toe, maar kan nu niet meer worden gebruikt. Recent aangescherpte post-Kyoto-doelen (20-30% reductie in 2020 in vergelijking met 1990) zijn voorgesteld door de Europese Commissie en verschillende lidstaten, en nieuw te evalueren beleid door middel van preventiekosten moet gezien worden in de context van post-Kyoto-beleid. Een impact assessment door de Europese Commissie (EC, 2007: 36) stelde vast dat de lange termijn stabilisatie van klimaatverandering op 2°C kan worden behaald tegen preventiekosten tussen de € 15/ton in 2010 tot € 65/ton CO<sub>2</sub> in 2030 (Figuur 3). In CE (2007c) zijn de preventiekosten op korte termijn iets hoger ingeschat, namelijk op € 25/ton in 2010 en € 40/ton in 2020. Deze schatting is gebaseerd op verschillende literatuurbronnen (Figuur 4).

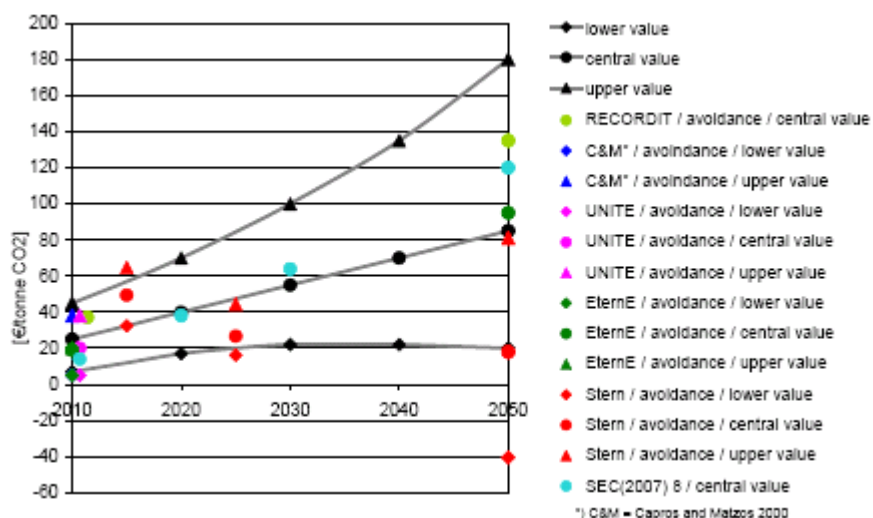


Figuur 3 Koolstofprijs variërend over verschillende regio's en tijd



Bron: EC, 2007:36.

Figuur 4 Externe kosten van CO<sub>2</sub> (preventiekosten) uit verschillende bronnen met elkaar vergeleken



Bron: CE, 2007.

### 3.3 Aanbevolen waarden

Op basis van deze assessment en de kennis dat de huidige handelsprijs onder het EU ETS ongeveer € 20 tot € 25 per ton bedraagt, lijken preventiekosten redelijk die toenemen van € 25/tCO<sub>2</sub> in 2010 tot € 40/tCO<sub>2</sub> in 2020. Op langere termijn lopen de kosten op tot ca. € 85/tCO<sub>2</sub> in 2050. Dit zijn ook de waarden welke zijn aanbevolen in het IMPACT-handboek.

Opgemerkt moet worden dat deze waarden lager zijn dan de waarde van € 50/tCO<sub>2</sub> (prijsspeil 1999) die is gehanteerd in de studie 'De prijs van een reis' (CE, 2004; zie ook CE, 2002). Deze waarde werd gebaseerd op het pakket van

maatregelen uit de Uitvoeringsnota Klimaatverandering, waarin een basispakket en een aanvullend pakket van maatregelen werd voorgesteld waarmee de Kyoto-doelstelling kan worden behaald. Het gehele pakket aan maatregelen uit de Uitvoeringsnota Klimaatverandering in ogenschouw nemend, is destijds als middenwaarde voor de waardering voor CO<sub>2</sub>-emissies € 50 per ton gehanteerd. In het licht van de huidige Europese post-Kyoto-doelstellingen, het EU ETS en de invloed van het EU ETS op beleid in sectoren die niet onder het EU ETS vallen, achten wij de eerdere € 50/tCO<sub>2</sub> niet meer van toepassing voor toekomstige evaluatie van beleid. ExternE (2005: 197) raadt nog wel aan de waarde van € 50/tCO<sub>2</sub> (uit CE, 2002) te gebruiken als een bovengrens in een eventuele gevoeligheidsanalyse van een preventiekostenbenadering op basis van post-Kyoto-doelen.

### 3.4 Verandering van waarderingen door de tijd

Zoals blijkt uit Tabel 2 nemen directe schadewaarderingen van latere emissies toe in de tijd met circa 2% per jaar. De oorzaak van deze toename is het niet-lineaire karakter van klimaat schade. Bij hogere concentraties aan broeikasgasen is de extra schade ten gevolge van een extra emissie ook hoger. Aangezien de concentraties in de tijd toenemen, in ieder geval bij ongewijzigd beleid, neemt de schade ten gevolge van emissies dus ook toe naarmate de emissies verder in de toekomst plaatsvinden.

De meeste Integrated Assessment Modellen (IAM's) laten op de korte termijn beperkte schade zien ten gevolge van klimaatverandering (PAGE) of zelfs baten (FUND). Een beperkte toename van de mondiale temperatuur zou bijvoorbeeld voordelig kunnen zijn voor de landbouw. Op de langere termijn, bij hogere broeikasgasconcentraties, worden de gevolgen doorslaggevend nadelig. Dit is ten gevolge van niet-lineaire schadecurven (bijvoorbeeld in PAGE) en de manier waarop de temperatuur snel kan oplopen na de beperkte concentraties (FUND). In het PAGE-model wordt daarbij de kans op ingrijpende klimaatcatastrofes meegenomen. Het niet-lineaire karakter van de kans op catastrofes leidt ook tot een toenemende marginale schade van emissies.

Ook het feit dat de economie groeit kan leiden tot een toename in de marginale schadekosten. Zo zijn sommige impacts evenredig met het per capita inkomen. De waarde van een statistisch leven groeit bijvoorbeeld met de zelfde snelheid als per capita inkomen. Ook hebben rijkere maatschappijen een hogere betalingsbereidheid voor een schoon milieu en ongeschade natuur (Manne, 1999; Horowitz, 2002). Aan de andere kant zijn rijkere maatschappijen ook minder kwetsbaar voor klimaatverandering (Yohe and Tol, 2002; Adger, 2006; Smit and Wandel, 2006). Het aandeel van klimaatgevoelige sectoren zoals de landbouw neemt af en de kwetsbaarheid neemt bijvoorbeeld af door technologische vooruitgang en aanpassing (Yohe and Tol, 2002).

De preventiekosten worden over het algemeen verondersteld toe te nemen in de tijd, vanwege de aanscherping van de klimaatdoelen (zie Figuur 3). Aan de andere kant is ook de verwachting dat nieuwe technologie de preventiekosten in

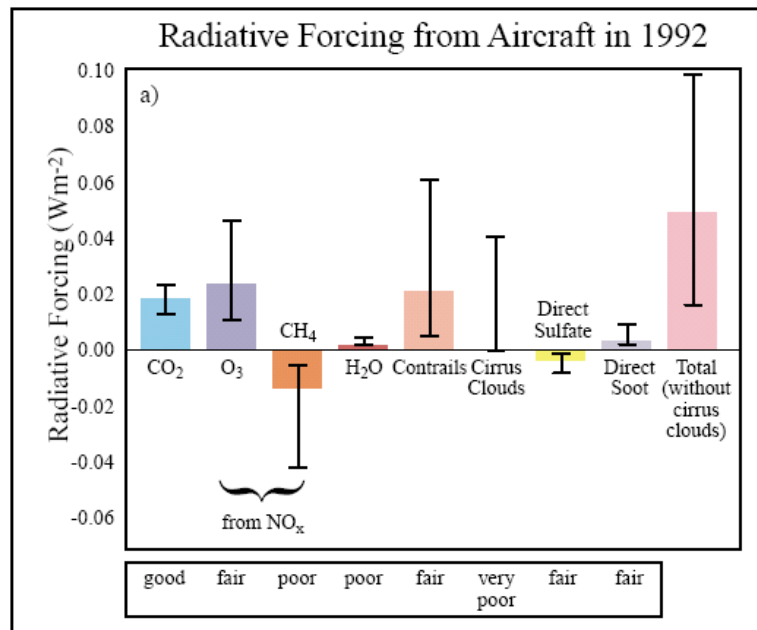


de toekomst zal laten dalen. De eerder genoemde waarden voor de preventie-kosten, toenemend van € 25/tCO<sub>2</sub> in 2010 tot € 40/tCO<sub>2</sub> in 2020, nemen deze overwegingen mee.

### 3.5 Luchtvaartemissies

De luchtvaart draagt ook via andere emissies dan CO<sub>2</sub> bij aan klimaatverandering. Figuur 5 uit het IPCC-rapport uit 1999 betreffende de luchtvaart geeft de bijdrage van de verschillende stoffen aan en hun wetenschappelijke onzekerheid in 1992. Ozon (O<sub>3</sub>) is niet een directe emissie maar wordt gevormd door een atmosferische reactie onder invloed van NO<sub>x</sub>. Aan de andere kant wordt de leeftijd van het broeikasgas CH<sub>4</sub> verlaagd ten gevolge van NO<sub>x</sub>-emissies. De staven geven de beste schatting aan van het broeikaseffect, terwijl de bijbehorende lijnen de range geven, waarbij er een tweederde kans is dat de werkelijke waarde binnen deze range ligt. De evaluaties onder de staven geeft het niveau van wetenschappelijk begrip aan. De bijdrage van de luchtvaart aan klimaatverandering wordt dus geschat op circa twee tot drie keer de bijdrage op basis van enkel CO<sub>2</sub>-emissies. Deze grotere bijdrage is echter wel onzekerder.

Figuur 5 Bijdrage van verschillende stoffen en hun wetenschappelijke onzekerheid in 1992



### 3.6 Conclusie financiële waardering CO<sub>2</sub>-emissies

Tenzij de financiële waardering van CO<sub>2</sub>-emissies wordt gebruikt voor het vaststellen van overkoepelende klimaatdoelen is de aanbeveling de financiële waardering van CO<sub>2</sub>-emissies te baseren op de preventiekosten. In het licht van het Europese klimaatbeleid lijken preventiekosten redelijk die toenemen van € 25/tCO<sub>2</sub> in 2010 tot € 40/tCO<sub>2</sub> in 2020. Op langere termijn lopen de kosten op tot ca. € 85/tCO<sub>2</sub> in 2050. Deze waarden zijn te gebruiken in (maatschappelijke kosten-batenanalyses (MKBA's) van zowel concrete technieken als beleids-

instrumenten, zolang de MKBA niet het klimaatdoel zelf betreft. De onzekerheid in de waardering van CO<sub>2</sub>-emissies groot. Het IMPACT-handboek adviseert een range van 7 tot 45 €/tCO<sub>2</sub> in 2010 en 17 tot 70 €/tCO<sub>2</sub> in 2020.

Gezien de complexiteit van financiële waardering van CO<sub>2</sub>-emissies ten behoeve van het vaststellen van overkoepelende klimaatdoelen geven wij hier voor dat doel geen waarden. Zie hiervoor Watkiss et al., 2005.



## 4 Waardering van luchtverontreinigende emissies

### 4.1 Schade van emissies

Transportgerelateerde luchtverontreiniging veroorzaakt schade aan mensen, de biosfeer, bodem, water, gebouwen en materialen. De belangrijkste schadelijke emissies zijn:

- kleine deeltjes:  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$ ;
- stikstofoxiden:  $NO_x$ ,  $NO_2$ ;
- zwaveloxide:  $SO_2$ ;
- ozon:  $O_3$ ;
- vluchtige organische stoffen: VOS.

Studies naar luchtvervuilingskosten dekken over het algemeen de volgende impactcategorieën:

- Gezondheidskosten. Impact op de menselijke gezondheid ten gevolge van de inademing van kleine deeltjes ( $PM_{2,5}/PM_{10}$ , andere luchtvervuilende stoffen). Uitlaatgasdeeltjes worden hierbij beschouwd als de belangrijkste vervuulende stof. Ook ozon ( $O_3$ ) heeft gevolgen voor de menselijke gezondheid.
- Schade aan gebouwen en materialen: met name de degradatie van façades en materialen door corroderende processen ten gevolge van verzurende stoffen zoals  $NO_x$  en  $SO_2$ . Daarnaast ook de vervuiling van gebouw-oppervlaktes en façades door met name deeltjes en stof.
- Verlies aan landbouwgewassen en impacts op de biosfeer: gewassen, bossen en andere ecosystemen worden geschaad door zuurdepositie, blootstelling aan ozon en  $SO_2$ .
- Impacts op biodiversiteit en ecosystemen (bodem en water/grondwater): de impacts op de bodem en het grondwater worden vooral veroorzaakt door vermisting en verzuring ten gevolge van de depositie van stikstofoxiden en de vervuiling met zware metalen (slijtage van banden).

Van deze impactcategorieën vormen gezondheidskosten de belangrijkste kostencategorie en dan met name veroorzaakt door PM van uitlaatgassen of de transformatie van andere stoffen. Daarbij is de belangrijkste variabele voor de meeste luchtvervuilingskosten en vervoerswijzen de receptordichtheid dichtbij de emissiebron, die een benadering vormt voor de populatie die wordt blootgesteld aan de transportgerelateerde vervuulende stoffen. Omdat de schadekosten sterk afhankelijk zijn van de specifieke plaats van emissies - dit in tegenstelling tot de emissie van broeikasgassen - is de preventiekostenmethode hier minder geëigend: plaats specifieke preventiekostencurven en doelstellingen zijn over het algemeen niet voorhanden. Wij bespreken hier daarom alleen de financiële waardering van schade.

## 4.2 Waarderingsmethode

Luchtverontreinigende emissies vormen een centrale kostenpost in studies naar financiële waarderings van milieu-impacts. Binnen Europese onderzoeksprojecten is de 'Impact Pathway Approach' die is gevolgd in het ExternE-project een veel gebruikt instrument en gedetailleerd uitgewerkt; lopend onderzoek wordt uitgevoerd om deze methode te updaten, zoals NewExt (2004) of Methodex (2007).

De analyse volgt de volgende stappen: emissie van stoffen; verspreiding van stoffen; blootstelling van mensen, ecosystemen, materialen *et cetera*; kwantificering van impacts; waardering van impacts. Deze benadering kan worden gezien als het meest geavanceerd voor de schatting van luchtvervuilingskosten en wordt dus aanbevolen als de best beschikbare methodologie. ExternE volgt een 'bottom up'-benadering die oorspronkelijk werd bedoeld voor het schatten van de marginale kosten in verschillende transportsituaties. De kracht van deze benadering is zijn consistentie en het meenemen van verschillende gedetailleerde inputvariabelen. Het is echter kostbaar om gemiddelde en representatieve getallen af te leiden voor een geheel land.

De ExternE-benadering is onder andere gevolgd in UBA (2006); HEATCO (2006) en CAFE (2005). In het kader van het zesde kaderprogramma van de Europese Commissie is het project HEATCO (2006, Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment) uitgevoerd. Daarnaast is door AEA Technology Environment voor het Clean Air for Europe (CAFE) Programme kosten-batenanalyse uitgevoerd (CAFE, 2005).

Zoals eerder vermeld, nemen in de kostenschattingen de gezondheidskosten de belangrijkste plaats in. Vandaar dat ook de financiële waardering van gezondheidseffecten (verloren levensjaren en levenskwaliteit) een centrale plaats innemen. Gebaseerd op het meest recente onderzoek door NewExt 2004; ExternE, 2005 en UBA, 2006 worden waarden aanbevolen voor een statistisch verloren levensjaar van € 50.000 (chronische effecten) tot € 75.000 (acute effecten). Deze waarden corresponderen met een waarde van een statistisch leven van ca. 1.0 miljoen Euro. Gedetailleerde EU-25 waarden zijn te vinden in HEATCO (2006) en CAFE (2005).

Op basis van de bovenstaande methode kunnen kosten per ton emissie van luchtverontreinigende stoffen worden bepaald. De schadekosten die zijn bepaald in HEATCO en CAFE CBA, de belangrijkste en meest up-to-date studies, zijn in dezelfde orde van grootte. Volgens CE (2007c), hebben de CAFE CBA en HEATCO methoden ieder hun voordelen. Terwijl HEATCO gedifferentieerde waarden levert voor verschillende typen netwerken en regio's in het bijzonder met betrekking tot kleine deeltjes ( $PM_{2,5}/PM_{10}$ ), levert CAFE CBA resultaten voor de andere vervuilende stoffen op basis van robuuste *peer reviewed*-studies. Met betrekking tot de waardering van secundaire deeltjes (nitraten en sulfaten) is CAFE CBA samen met de WHO meer behoedzaam en waardeert deze deeltjes gelijk aan primaire uitlaatgasdeeltjes. Wij bevelen daarom een gecombineerde benadering aan, waarbij de HEATCO resultaten worden gebruikt voor de waar-





dering van  $PM_{2,5}/PM_{10}$ -emissies en de CAFE CBA-resultaten voor de waardering van andere verontreinigende emissies.

### 4.3 Verandering van waarderingen door de tijd

Er is minder bekend over de veranderingen van waarderingen door de tijd in het geval van luchtverontreinigende stoffen dan broeikasgassen. ExternE (2005: 41-42) neemt voor de meeste (in het geval van gezondheidseffecten: alle) effecten lineaire dosis-effectrelaties aan. Bij een lineaire dosis-responsfunctie is de *marginale* dosis-responsfunctie een constante: de respons van een marginale dosis is onafhankelijk van de totale dosis. Dit impliceert dat wanneer de totale dosis in de tijd verandert, de *marginale* respons niet verandert.

Hiermee is niet gezegd dat de financiële waardering van de effecten door de tijd ook onveranderd blijft. Algemeen wordt aangenomen dat de financiële waardering van impacts groeit met het per capita inkomen (zie ook paragraaf 3.2). Heatco (2006: 102-3) beveelt een toenemende waardering door de tijd aan gebaseerd op een default intertemporele elasticiteit van GDP per capita groei van 1.0, eventueel aangevuld met een gevoeligheidsanalyse met een inkomenselasticiteit van 0.7. Dat wil zeggen dat op basis van een verwachte economische groei van 2% per jaar ook de financiële waarderingen van emissies met 2% per jaar groeien.

In de studie 'Welvaart en Leefomgeving' (WLO) van het Centraal Planbureau, Milieu- en Natuurplanbureau en Ruimtelijk Planbureau (CPB/MNP/RP, 2006: 49) wordt in de uitgewerkte vier scenario's *gemiddeld* uitgegaan van een lager groei-cijfer voor het per capita inkomen, namelijk circa 1,4% (Global Economy: 2,1%; Strong Europe: 1,2%; Translantic Market: 1,7%; Regional Communities: 0,7%). Over de zichtperiode van de voorliggende studie (tot aan 2020) maken de specifieke scenario's echter slechts een beperkt verschil uit voor de waarderingen in 2020:  $\pm 22\%$ . Gezien de onzekerheid in de schadeschattingen van luchtvervuilende emissies (geschat op een factor 1,5) zou het specificeren van schadeschattingen per WLO-scenario een niet te rechtvaardigen exactheid suggereren. Voor de volledigheid zijn de waarden per WLO-scenario wel opgenomen in Bijlage A.

### 4.4 Conclusie financiële waardering luchtvervuilende emissies

Tabel 3 en Tabel 4 vatten de aanbevelingen samen voor waardering van luchtvervuilende emissies van het transport over de weg, het spoor, door de lucht en de binnenvaart, voor de Nederlandse situatie. Hierbij is uitgegaan van een gemiddelde economische groei van 1,4% (gemiddelde van de verschillende WLO-scenario's).

Tabel 3 Overzicht financiële waarderingen voor emissies naar lucht ten gevolge van transport en elektriciteitsopwekking in Nederland

	NO <sub>x</sub>	NMVOG	SO <sub>2</sub>
2007	7,9 €/kg	2,3 €/kg	16 €/kg
2010	8,2 €/kg	2,4 €/kg	16 €/kg
2020	9,5 €/kg	2,7 €/kg	18 €/kg

Bron: CAFE CBA. Waarderingen aangepast aan prijspeil 2007 (inflatiecorrectie van 16,25% t.o.v. 2000), aangenomen is dat vanaf 2005 waarderingen met 1,4% per jaar toenemen.

Tabel 4 Overzicht financiële waarderingen voor PM<sub>2,5</sub> en PM<sub>10</sub> ten gevolge van transport en elektriciteitsopwekking in Nederland

Stof	Jaar	Locatie		
		Stedelijk/Metropool	Stedelijk	Buiten bebouwde gebied
PM <sub>2,5</sub> (transport: verbrandings-emissies)	2007	505 €/kg	163 €/kg	99 €/kg
	2010	527 €/kg	170 €/kg	103 €/kg
	2020	605 €/kg	195 €/kg	118 €/kg
PM <sub>10</sub> (transport: overige emissies, van banden e.d.)	2007	202 €/kg	65 €/kg	39 €/kg
	2010	211 €/kg	68 €/kg	41 €/kg
	2020	242 €/kg	78 €/kg	47 €/kg
PM <sub>10</sub> (elektriciteitsopwekking: schoorsteen)	2007	19 €/kg		16 €/kg
	2010	20 €/kg		17 €/kg
	2020	23 €/kg		19 €/kg

Bron: HEATCO (aangevuld met CAFE CBA voor PM<sub>2,5</sub>-emissie zeescheepvaart buiten het bebouwde gebied). Waarderingen aangepast aan prijspeil 2007 (inflatiecorrectie van 16,25% t.o.v. 2000), aangenomen is dat vanaf 2005 waarderingen met 1,4% per jaar toenemen.

Deze waarden verschillen van de waarden in *De prijs van een reis* (CE, 2004) in die zin dat HEATCO en CAFE CBA niet uitgaan van een differentiatie van kosten naar binnen en buiten het bebouwde gebied voor NO<sub>x</sub>, NMVOS en SO<sub>2</sub>. De reden is dat volgens nieuwe inzichten deze emissies niet zelf direct schadelijk lijken maar bijdragen aan de vorming van andere schadelijke stoffen. Aangezien dit omzettingsproces tijd kost en de stoffen zich verplaatsen wordt het onderscheid naar locatie minder relevant. Daarnaast hebben nieuwe wetenschappelijke inzichten geleid tot aanpassing van de waarden in absolute zin.

Zeeschepen emitteren luchtverontreinigende stoffen ver van de bewoonde wereld, daardoor zijn deze emissies minder schadelijk. Om deze reden worden voor scheepvaart emissies aparte kostenschattingen gegeven. Tabel 5 geeft financiële waarderingen voor zeevaart op de Noordzee. Voor PM<sub>10</sub> is geen onderscheid gemaakt naar gebiedstypen omdat emissies slechts plaats vinden buiten bebouwd gebied.

Tabel 5 Overzicht financiële waarderingen voor emissies naar lucht ten gevolge van zeevaart, waarden voor de Noordzee

	NO <sub>x</sub>	NMVOG	SO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>
2007	6,1€/kg	2,3 €/kg	8,2 €/kg	33 €/kg
2010	6,4 €/kg	2,4 €/kg	8,6 €/kg	35 €/kg
2020	7,3 €/kg	2,7 €/kg	9,9 €/kg	40 €/kg



De literatuur waaraan bovenstaande waarden zijn ontleend geven geen bandbreedtes. Gezien de onzekerheid in dosiseffectrelaties en de schattingen in de waarde van een statistisch leven schatten wij de onzekerheid in de waarden op een factor 1,5, hetgeen wil zeggen dat de 'juiste' waarde ook de waarde in de tabel vermenigvuldigd met of gedeeld door 1,5 kan zijn.



## 5 Vertaling naar kosten per kilometer

### 5.1 Gebruikte emissiefactoren

In hoofdstuk 3 en 4 zijn externe kosten van emissie uitgedrukt in Euro per gram. Voor verschillende toepassingen zijn echter de kosten per kilometer van belang. Om tot deze kosten te komen moeten de kosten per gram worden gecombineerd met de emissies per kilometer. Deze emissies zijn berekend in STREAM (CE, 2008).

In STREAM zijn voor verschillende modaliteiten in het personen- en goederenvervoer emissies berekend. Hierbij is rekening gehouden met de bezettingsgraad van voertuigen voor personenvervoer en de beladingsgraad van voertuigen in het goederenvervoer. Deze gegevens zijn zoveel mogelijk afgestemd op de Nederlandse praktijk. STREAM geeft daarmee een beeld van de gemiddelde emissies van modaliteiten in Nederland. De data kunnen niet gebruikt worden voor meer specifieke situaties omdat emissies sterk afhankelijk zijn van logistieke parameters.

### 5.2 Berekening kosten per kilometer

De kosten per kilometer zijn berekend door de kosten per gram te vermenigvuldigen met de emissies per kilometer. Voor luchtvaart houden we ook rekening met de klimaateffecten van niet CO<sub>2</sub>-emissies. In lijn met STREAM is hiervoor verondersteld dat de klimaatbijdrage een factor twee hoger is dan van enkel de CO<sub>2</sub>-emissies.

We hebben de emissies per kilometer berekend voor verschillende voertuigcategorieën, grootteklassen en brandstofsoorten. De cijfers zijn berekend voor verschillende wegtypen en gemiddeld over alle wegtypes.

In de waarderingen is een onderscheid tussen metropool, stad en buiten bebouwd gebied. De kosten per kilometer worden van daaruit berekend per gebiedstype. Om tot gemiddelde kosten over alle wegtypes te komen, zijn aannames gemaakt voor het welk percentage van de kilometers dat in elk wegtype wordt afgelegd. er is hierbij gebruik gemaakt van eigen inschattingen en data uit STREAM. Als eerste is een inschatting gemaakt van kilometers in de stad en kilometers buiten bebouwd gebied, vervolgens zijn de stedelijke kilometers verdeeld over stad en metropool (in Nederland wordt alleen de Randstad aangemerkt als metropool). Om te komen tot een verdeling van kilometers over stad en metropool is aangenomen dat deze evenredig is met de verdeling van inwoners in deze gebieden. Het CBS geeft het aantal inwoners naar type gebied, daarin wordt onderscheid gemaakt tussen zeer sterk, sterk, matig, weinig en niet stedelijk. Zeer sterk stedelijk is aangemerkt als metropool, sterk, matig en weinig stedelijk zijn aangemerkt als stad.

Voor elektrische modaliteiten is het onbelangrijk waar zij hun kilometers afleggen omdat emissies plaatsvinden bij de elektriciteitscentrale. De kosten zijn daarmee wel afhankelijk van de locatie van de elektriciteitscentrale. Emissiewaarderingen voor elektriciteitscentrales zijn gegeven voor stedelijk en niet stedelijk gebied. Omdat emissies echter op grote hoogte worden uitgestoten en dus verdund zijn wanneer ze op leefniveau komen, liggen de waarderingen voor de twee locaties veel dicht bij elkaar dan de waarderingen voor verkeeremissies. In deze studie is aangenomen dat 25% van de centrales in stedelijk gebied ligt en 75% daarbuiten.

In Tabel 6 zijn de geschatte factoren voor het berekenen van een gewogen gemiddelde over de drie gebiedstypen gegeven. De totalen zijn uiteraard afhankelijk van de gemaakte keuzes. Wanneer men dus een precieze bepaling van de externe kosten in Nederland wil zal men een gedetailleerdere studie uit moeten voeren naar de gegeven factoren. Met de gegeven factoren kan echter een indicatieve waarde van het totaal berekend worden.

Tabel 6 Percentage kilometers per vervoersmiddel naar gebiedstype

Voertuig	Stedelijk (metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied
Personenvervoer			
Personenauto	6%	19%	75%
Brommer	14%	46%	40%
Motor	6%	19%	75%
Autobus (OV)	14%	46%	40%
Autobus (touringcar)	5%	15%	80%
Tram	0%	25%*	75%*
Metro	0%	25%*	75%*
Trein (elektrisch)	0%	25%*	75%*
Trein (diesel)	7%	23%	70%
Vliegtuig	0%	0%	100%
Goederenvervoer			
Vrachtwagens	2%	8%	90%
Trein (elektrisch)	0%	25%*	75%*
Trein (diesel)	7%	23%	70%
Binnenvaart	2%	8%	90%
Zeescheepvaart	0%	0%	100%
Vliegtuig	0%	0%	100%

\* Verdeling over locaties van elektriciteitscentrale i.p.v. over kilometers afgelegd door deze modaliteit.

In de bijlagen bij dit rapport zijn de berekende kosten te vinden per voertuig- en per persoons- of tonkilometer. Kosten zijn gegeven per emissie, per gebiedstype en als totaal voor 2010 en 2020.

### 5.3 Trends

In voorgaande hoofdstukken is aangegeven dat kosten van emissies in de toekomst zullen stijgen. Dit is echter niet direct te vertalen naar een stijging in kosten per kilometer. Reden hiervoor is dat voertuigen in de toekomst steeds schoner worden en dus een tegenovergestelde trend volgen.



Wanneer wordt gekeken naar de verschillen in kosten per kilometer is te zien dat deze over het algemeen lager worden. Vooral in het wegtransport nemen de kosten af, deze zijn in 2020 tot 45% lager dan in 2010. Reden hiervoor is de invoering van euronormen voor personenauto's, bussen en vrachtwagens. Doordat emissienormen strenger worden, wordt het wagenpark in de toekomst steeds schoner. Dit geldt in mindere mate voor andere modaliteiten, maar ook hier hebben wetgeving en technische ontwikkelingen een positieve invloed op emissies. Voor meer informatie over deze ontwikkelingen zie CE Delft (2008).





## 6 Conclusies

Om emissies financieel te waarderen moeten twee typen gevolgen worden onderscheiden. Wanneer er voor de betreffende emissie geen beleidsdoel bestaat, leiden extra emissies tot extra schade. Deze extra schade is in financiële termen uit te drukken en vormt hiermee de basis van de financiële waardering van emissies. Wanneer echter wel een beleidsdoel is vastgelegd, leiden emissies niet tot extra schade maar tot emissiereductie elders in de maatschappij. In dat geval bepalen kosten van aanvullende maatregelen de financiële waardering. In onderliggend rapport worden beiden methoden in meer detail besproken.

Inmiddels bestaat een rijke literatuur met betrekking tot de financiële waardering van klimaatschade en van alternatieve emissiereductie. Met name financiële waarderingen van klimaatschade tonen grote verscheidenheid. Tenzij de financiële waardering van CO<sub>2</sub>-emissies wordt gebruikt voor het vaststellen van overkoepelende klimaatdoelen, is daarom de aanbeveling deze te baseren op de preventiekosten. In het licht van het Europese klimaatbeleid en op basis van verschillende recente studies lijken preventiekosten redelijk die toenemen van € 25/tCO<sub>2</sub> in 2010 tot € 40/tCO<sub>2</sub> in 2020. Hierbij moet in acht worden genomen dat voor deze waarderingen een vrij grote onzekerheid geldt. Tevens dient opgemerkt te worden dat deze waarderingen zijn gebaseerd op klimaatdoelen en preventiekosten voor de gehele economie en dus niet specifiek voor de transportsector.

Voor luchtverontreinigende stoffen (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> en VOS) zijn schadekosten sterk afhankelijk van de locatie van de emissie. Om deze reden is de preventiekostenmethodiek hier minder geschikt, vandaar dat alleen financiële waardering van schade hier wordt besproken. Financiële waardering van gezondheidseffecten neemt hierbij een centrale plek in. De belangrijkste en meest up-to-date studies zijn HEATCO (2006) en CAFE CBA (2005). HEATCO levert gedifferentieerde waarden voor verschillende typen netwerken en regio's, daarom zijn resultaten voor PM<sub>10</sub> en PM<sub>2,5</sub> overgenomen uit deze studie. Omdat CAFE CBA resultaten levert op basis van robuuste *peer reviewed* studies zijn waarden uit deze studie overgenomen voor de waardering van de overige luchtverontreinigende emissies.

De kosten van emissies van raffinage zijn vrij onzeker vanwege relatief grote onzekerheid in zowel de emissiefactoren als waardering.

Tabel 7 geeft een overzicht van de aanbevolen waarderingen voor verschillende jaren, uitgaand van een gemiddeld economisch groeiscenario.

Tabel 7 Overzicht financiële waarderingen voor transportgerelateerde emissies in Nederland (het betreft hier steeds de *marginale* kosten bij veranderingen in emissies; zeevaart emissies worden apart gewaardeerd, zie hiervoor Tabel 5)

Stof	Jaar	Locatie		
		Stedelijk/Metropool	Stedelijk	Buiten bebouwde gebied
PM <sub>2,5</sub> (transport: verbrandingsemissies)	2007	505 €/kg	163 €/kg	99 €/kg
	2010	527 €/kg	170 €/kg	103 €/kg
	2020	605 €/kg	195 €/kg	118 €/kg
PM <sub>10</sub> (transport: overige emissies, van banden e.d.)	2007	202 €/kg	65 €/kg	39 €/kg
	2010	211 €/kg	68 €/kg	41 €/kg
	2020	242 €/kg	78 €/kg	47 €/kg
PM <sub>10</sub> (elektriciteitsopwekking: schoorsteen)	2007	19 €/kg		16 €/kg
	2010	20 €/kg		17 €/kg
	2020	23 €/kg		19 €/kg
NO <sub>x</sub>	2007	7,9 €/kg		
	2010	8,2 €/kg		
	2020	9,5 €/kg		
NMVOC	2007	2,3 €/kg		
	2010	2,4 €/kg		
	2020	2,7 €/kg		
SO <sub>2</sub>	2007	16 €/kg		
	2010	16 €/kg		
	2020	18 €/kg		
CO <sub>2</sub>	2010	25 €/ton		
	2020	40 €/ton		

Noot: Waarden voor 2010 en 2020 bij gemiddelde economische groei van 1,4% (gemiddelde WLO-scenario's).



# Literatuurlijst

## **Adger, 2006**

W.N. Adger

Vulnerability

In : Global Environmental Change, vol. 16, no. 3 (2006) p. 268-281.

## **CAFE, 2005**

Mike Holland (EMRC), Steve Pye, Paul Watkiss (AEA Technology), Bert Droste-Franke, Peter Bickel (IER)

Damages per tonne of PM<sub>2,5</sub>, NH<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> and VOC's of EU-25 Member State (excluding Cyprus) and surrounding seas

Service Contract for carrying out cost-benefit analysis of airquality related issues, in particular in the clean air for Europe (CAFE) programme

Didcot : AEA Technology Environment, 2005

## **CE, 2002**

M.D. Davidson

Update schaduwrijzen : Financiële waardering van milieuemissies op basis van Nederlandse overheidsdoelen

Delft : CE Delft, 2002

## **CE, 2004**

J.P.L. (Joost) Vermeulen, B.H. (Bart) Boon, H.P. (Huib) van Essen, L.C. (Eelco) de Boer, J.M.W. (Jos) Dings (CE), F.R. (Frank) Bruinsma, M.J. (Mark) Koetse (VU)

De prijs van een reis : de maatschappelijke kosten van het verkeer

Delft : CE Delft, 2004

## **CE, 2007**

Leidraad MKBA in het milieubeleid

Delft : CE Delft, 2007

## **CE, 2007**

Marc Davidson, Marisa Korteland, Arno Schrotten, Richard Smokers, Sander de Bruyn

Kostenmethodieken klimaatbeleid : Een analyse van verschillende methoden voor de transportsector

Delft : CE Delft, 2007

## **CE, 2007**

Internalisation Measures and Policies for All external Cost of Transport (IMPACT) Deliverable 1: Draft Handbook on estimation of external costs in the transport sector revised version

Delft : CE Delft, 2007

**CE, 2008**

Eelco den Boer, Femke Brouwer, Huib van Essen  
Studie naar TRansport Emissies van Alle Modaliteiten (STREAM)  
Delft : CE Delft, 2008

**CPB/MNP/RP, 2006**

Welvaart en Leefomgeving; een scenariostudie voor Nederland in 2040  
Den Haag/Bilthoven : Centraal Planbureau, Ruimtelijke Planbureau/Milieu- en  
Natuurplanbureau, 2006

**Davidson, 2005**

M.D. Davidson, B.H. Boon, J. van Swigchem  
Monetary valuation of emissions in environmental policy : The reduction cost  
approach based upon policy targets  
In : Journal of Industrial Ecology, vol.9, no.4 (2005) p. 145-154

**Downing, 2003**

T. Downing, P. Watkiss  
The Marginal Social Costs of Carbon in Policy Making: Applications, Uncertainty  
and a Possible Risk Based Approach  
Paper presented at the DEFRA International Seminar on the Social Costs of  
Carbon, July 2003  
[http://www.defra.gov.uk/environment/climatechange/research/carboncost/pdf/downing\\_watkiss.pdf](http://www.defra.gov.uk/environment/climatechange/research/carboncost/pdf/downing_watkiss.pdf)

**Downing, 2005**

T. Downing, et al.  
Scoping uncertainty in the social cost of carbon  
Final project Report. Social Cost of Carbon: A Closer Look at Uncertainty (SCCU)  
London : Defra, 2005

**EC, 2007**

Limiting Global Climate Change to 2 degrees Celsius : The way ahead for 2020  
and beyond, Impact Assessment  
Brussels : Commission of the European Communities, 2007

**ExternE, 2005**

P. Bickel, R. Friedrich  
Externalities of Energy (ExternE), Methodology 2005 update  
Luxembourg : European Commission, 2005

**Flores, 1997**

N.E. Flores, R.T. Carson  
The Relationship between the Income Elasticities of Demand and Willingness to  
Pay  
In : Journal of environmental economics and management, Vol. 33 No. 3 (1997)  
p. 287-295



**HEATCO, 2006**

P. Bickel, et al.

Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment (HEATCO)

Deliverable D5: Proposal for Harmonised Guidelines

Stuttgart : IER, 2006

**Hökby, 2003**

S. Hökby, T. Söderqvist

Elasticities of Demand and Willingness to Pay for Environmental Services in Sweden

In : Environmental and Resource Economics, Vol. 26 No. 3 (2003) p. 361-383

**Horowitz, 2002**

J.K. Horowitz

Preferences in the future

In : Environmental and Resource Economics, vol. 21, no.3 (2002) p. 241-258

**IPCC, 1999**

J.E. Penner, D.H. Lister, D.J. Griggs, D.J. Dokken, M. McFarland (Eds.)

Aviation and the Global Atmosphere : IPCC special report

Cambridge : Cambridge University Press, 1999

**Kristrom, 1996**

B. Kristrom, P. Riera

Is the income elasticity of environmental improvements less than one?

In : Environmental and Resource Economics, Vol. 7 No.1 (1996) p. 45-55

**Manne, 1999**

A. Manne

Equity, Efficiency, and Discounting

In : Discounting and intergenerational equity / P.R. Portney, and J.P. Weyant (Eds), pp. 111-129

Baltimore : Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1999

**Methodex, 2007**

Harmonising and sharing of methods and data in environmental and health externalities evaluation; extraction of operational estimates from existing studies (excluding energy and transport)

<http://www.methodex.org/index.htm>

**NewExt, 2004**

R. Friedrich, [et al.]

New Elements for the Assessment of External Costs from Energy Technologies (NewExt) : Final Report

Stuttgart : University of Stuttgart, 2004

[http://www.ier.uni-stuttgart.de/forschung/projektwebsites/newext/newext\\_final.pdf](http://www.ier.uni-stuttgart.de/forschung/projektwebsites/newext/newext_final.pdf)

**Ready, 2002**

R.C. Ready, J. Malzubris, S. Senkane

The relationship between environmental values and income in a transition economy; surface water quality in Latvia

In : Environment and Development Economics, No.7 (2002) p. 147-156

**Ruijgrok, 2004**

E.C.M. Ruijgrok, R. Brouwer, H. Verbruggen

Waardering van Natuur, Water en Bodem in Maatschappelijke Kosten-batenanalyse, Aanvulling op de Leidraad OEI

Den Haag : S.n., 2004

**Smit, 2006**

B. Smit, J. Wandel

Adaptation, Adaptive Capacity and Vulnerability

In : Global Environmental Change, vol. 16, no. 3 (2006) p. 282–292

**Stern, 2006**

N. Stern, et al.

The Stern Review on the Economics of Climate Change

London : HM Treasury, 2006

**Tol, 2006**

R.S.J. Tol

The Stern Review of the economics of climate change: a comment

In : Energy & Environment , vol. 17, no. 6 (2006) p. 977-981

**UBA, 2006**

S. Schwermer, (et al.)

Economic valuation of environmental damages : method convention for estimating environmental costs

Dessau : Umweltbundesamt (UBA), 2006

**Wang, 2006**

H. Wang, J. Mullahy

Willingness to pay for reducing fatal risk by improving air quality : a contingent valuation study in Chongqing, China

In : The science of the total environment, Vol. 367 No.1 (2006) p. 50-57

**Watkiss, 2005**

P. Watkiss, et al.

The Social Cost of Carbon (SCC) Review : Methodological Approaches for Using SCC Estimates in Policy Assessment, Final Report

London : Defra, 2005



**Yohe, 2002**

G.W. Yohe, R.S.J. Tol

Indicators for social and economic coping capacity : moving toward a working definition of adaptive capacity

In : Global Environmental Change, vol. 12, no.1 (2002) p. 25-40





## **Berekening van externe kosten van emissies voor verschillende voertuigen**

Op basis van nieuwe emissiecijfers  
en met analyse van  
toekomstige waarderingen

### Bijlagen

#### **Rapport**

Delft, november 2008

Opgesteld door: H.P. (Huib) van Essen  
M.D. (Marc) Davidson  
F.P.E. (Femke) Brouwer





## A Waarderingen luchtvervuilende emissies per WLO-scenario

In het hoofdrapport (paragraaf 4.4) zijn de waarderingen voor luchtvervuilende emissies weergegeven voor verschillende jaren. De waarden voor 2010 en 2020 zijn berekend met de gemiddelde economische groei van de verschillende WLO-scenario's. In onderstaande tabellen staan dezelfde waarderingen maar dan uitgesplitst naar de verschillende WLO-scenario's, waarbij rekening is gehouden met de verschillende percentages economische groei.

Tabel 8 Scenario Global Economy (economische groei van 2,1%)

Stof	Jaar	Locatie		
		Stedelijk/Metropool	Stedelijk	Buiten bebouwde gebied
PM <sub>2,5</sub> (transport: verbrandings-emissies)	2007	505 €/kg	163 €/kg	99 €/kg
	2010	545 €/kg	176 €/kg	107 €/kg
	2020	670 €/kg	217 €/kg	131 €/kg
PM <sub>10</sub> (transport: overige emissies, van banden e.d.)	2007	202 €/kg	65 €/kg	39 €/kg
	2010	218 €/kg	70 €/kg	43 €/kg
	2020	268 €/kg	87 €/kg	52 €/kg
PM <sub>10</sub> (elektriciteitsopwekking: schoorsteen)	2007	19 €/kg		16 €/kg
	2010	21 €/kg		17 €/kg
	2020	26 €/kg		21 €/kg
NO <sub>x</sub>	2007	7,9 €/kg		
	2010	8,4 €/kg		
	2020	10 €/kg		
NMVOC	2007	2,3 €/kg		
	2010	2,4 €/kg		
	2020	3,0 €/kg		
SO <sub>2</sub>	2007	16 €/kg		
	2010	17 €/kg		
	2020	20 €/kg		

Tabel 9 Scenario Transatlantic Market (economische groei van 1,7%)

Stof	Jaar	Locatie		
		Stedelijk/Metropool	Stedelijk	Buiten bebouwde gebied
PM <sub>2,5</sub> (transport: verbrandings-emissies)	2007	505 €/kg	163 €/kg	99 €/kg
	2010	534 €/kg	173 €/kg	104 €/kg
	2020	632 €/kg	204 €/kg	124 €/kg
PM <sub>10</sub> (transport: overige emissies, van banden e.d.)	2007	202 €/kg	65 €/kg	39 €/kg
	2010	214 €/kg	69 €/kg	42 €/kg
	2020	253 €/kg	82 €/kg	49 €/kg
PM <sub>10</sub> (elektriciteitsopwekking: schoorsteen)	2007	19 €/kg		16 €/kg
	2010	21 €/kg		17 €/kg
	2020	24 €/kg		20 €/kg
NO <sub>x</sub>	2007	7,9 €/kg		
	2010	8,3 €/kg		
	2020	9,8 €/kg		
NMVOC	2007	2,3 €/kg		
	2010	2,4 €/kg		
	2020	2,8 €/kg		
SO <sub>2</sub>	2007	16 €/kg		
	2010	16 €/kg		
	2020	19 €/kg		

Tabel 10 Scenario Strong Europe (economische groei van 1,2%)

Stof	Jaar	Locatie		
		Stedelijk/Metropool	Stedelijk	Buiten bebouwde gebied
PM <sub>2,5</sub> (transport: verbrandings-emissies)	2007	505 €/kg	163 €/kg	99 €/kg
	2010	521 €/kg	168 €/kg	102 €/kg
	2020	587 €/kg	190 €/kg	115 €/kg
PM <sub>10</sub> (transport: overige emissies, van banden e.d.)	2007	202 €/kg	65 €/kg	39 €/kg
	2010	209 €/kg	67 €/kg	41 €/kg
	2020	235 €/kg	76 €/kg	46 €/kg
PM <sub>10</sub> (elektriciteitsopwekking: schoorsteen)	2007	19 €/kg		16 €/kg
	2010	20 €/kg		17 €/kg
	2020	23 €/kg		19 €/kg
NO <sub>x</sub>	2007	7,9 €/kg		
	2010	8,2 €/kg		
	2020	9,2 €/kg		
NMVOC	2007	2,3 €/kg		
	2010	2,4 €/kg		
	2020	2,7 €/kg		
SO <sub>2</sub>	2007	16 €/kg		
	2010	16 €/kg		
	2020	18 €/kg		



Tabel 11 Scenario Regional communities (economische groei van 0,7%)

Stof	Jaar	Locatie		
		Stedelijk/Metropool	Stedelijk	Buiten bebouwde gebied
PM <sub>2,5</sub> (transport: verbrandingsemissies)	2007	505 €/kg	163 €/kg	99 €/kg
	2010	509 €/kg	164 €/kg	99 €/kg
	2020	545 €/kg	176 €/kg	107 €/kg
PM <sub>10</sub> (transport: overige emissies, van banden e.d.)	2007	202 €/kg	65 €/kg	39 €/kg
	2010	203 €/kg	66 €/kg	40 €/kg
	2020	218 €/kg	70 €/kg	43 €/kg
PM <sub>10</sub> (elektriciteitsopwekking: schoorsteen)	2007	19 €/kg		16 €/kg
	2010	20 €/kg		16 €/kg
	2020	21 €/kg		17 €/kg
NO <sub>x</sub>	2007	7,9 €/kg		
	2010	8,1 €/kg		
	2020	8,6 €/kg		
NMVOC	2007	2,3 €/kg		
	2010	2,3 €/kg		
	2020	2,5 €/kg		
SO <sub>2</sub>	2007	16 €/kg		
	2010	16 €/kg		
	2020	16 €/kg		





Personenvervoer 2010 (inclusief upstream emissies; exclusief slijtage emissies)												
Voertuig	Type	Eenheid	CO <sub>2</sub> -eq.	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>			SO <sub>2</sub>	Totaal			
					Stedelijk (metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied		Stedelijk (metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied	Gemiddeld (gewogen)
Trein	Electrisch	€ct/ztpl-km	0,05	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,08	0,08	0,08	0,08
	Stop											
	Intercity											
	Totaal (NS)											
	Lange afstand	0,08	0,03	0,00	0,00	0,00	0,03	0,14	0,13	0,14	0,14	
Diesel	€ct/MJ	0,22	0,68	3,69	1,19	0,72	0,09	4,67	2,17	1,71	2,03	
Vliegtuig	B737-400	€ct/km	76	41	53	17	11	23	193	157	151	151,12
	F-100		69	35	48	15	10	21	174	141	136	135,83
	B737-400		55	28	38	12	8	17	139	113	109	108,65
	F-100		48	20	33	10	7	15	116	93	89	89,28
	B737-400		51	25	36	11	7	16	128	103	100	99,60
	F-100		43	16	30	10	6	13	103	83	79	79,32
	B747-400 pax		167	130	116	37	24	52	465	386	373	373,26
	B747-400 pax		182	153	126	40	26	56	517	431	417	417,31



## C Externe kosten personenvervoer over de weg 2010 in €-cent/km, incl. slijtage emissies

Personenvervoer 2010 (inclusief upstream emissies; inclusief slijtage emissies)										
Voertuig	Type	Eenheid	PM <sub>10</sub> slijtage			Totaal (incl. slijtage emissies)				
			Stedelijk (metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied	Stedelijk (metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied	Gemiddeld (gewogen)	
Personenauto	Benzine	€ct/km								
	Totaal		0,34	0,11	0,07	1,77	1,22	1,13	1,18	
	Stad		0,42	0,13	0,08	2,23	1,54	1,43	1,50	
	Buiten		0,32	0,10	0,06	1,25	0,95	0,90	0,93	
	Snelweg		0,32	0,10	0,06	2,05	1,30	1,17	1,25	
	Diesel									
	Totaal		0,34	0,11	0,07	3,26	1,89	1,64	1,79	
	Stad		0,42	0,13	0,08	4,76	2,63	2,24	2,47	
	Buiten		0,32	0,10	0,06	2,87	1,65	1,43	1,56	
	Snelweg		0,32	0,10	0,06	2,64	1,64	1,46	1,57	
	LPG									
	Totaal		0,34	0,11	0,07	1,54	1,03	0,94	0,99	
	Stad		0,42	0,13	0,08	1,95	1,29	1,17	1,24	
	Buiten		0,32	0,10	0,06	1,21	0,83	0,76	0,80	
	Snelweg		0,32	0,10	0,06	1,65	1,08	0,98	1,04	
Totaal										
Totaal	0,34	0,11	0,07	2,26	1,44	1,30	1,38			
Stad	0,42	0,13	0,08	2,95	1,84	1,65	1,76			
Buiten	0,32	0,10	0,06	1,77	1,17	1,06	1,13			
Snelweg	0,32	0,10	0,06	2,34	1,46	1,31	1,40			
Brommer	Totaal	€ct/km	0,06	0,02	0,01	0,06	0,02	0,01	0,84	
Motor	Totaal	€ct/km	0,16	0,05	0,03	1,64	0,82	0,67	1,18	
Autobus	OV-bus	€ct/km	1,39	0,45	0,27	3,14	1,62	1,34	17,18	
	Touringcar		1,21	0,39	0,24	24,74	16,52	15,04	11,99	





Personenvervoer 2020 (inclusief upstream emissies; exclusief slijtage emissies)												
Voertuig	Type	Eenheid	CO <sub>2</sub> -eq.	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>			SO <sub>2</sub>	Totaal			
					Stedelijk (metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied		Stedelijk (metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied	Gemiddeld (gewogen)
Trein	Electrisch	€ct/ztpl-km	0,05	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,09	0,08	0,09	0,09
	Stop											
	Intercity											
	Totaal (NS)											
	Lange afstand	0,08	0,03	0,00	0,00	0,00	0,03	0,14	0,14	0,14	0,14	
Diesel	€ct/MJ	0,29	0,46	2,60	0,84	0,51	0,00	3,36	1,60	1,27	1,49	
Vliegtuig	B737-400	€ct/km	113	37	60	19	13	25	235	194	187	187,18
	F-100		102	31	55	18	11	21	169	139	134	133,88
	B737-400		82	25	44	14	9	17	146	120	116	115,77
	F-100		72	18	38	12	8	17	155	127	123	122,74
	B737-400		76	23	41	13	8	16	182	157	155	154,66
	F-100		82	21	37	11	9	43	598	506	492	492,05
	B747-400 pax		253	151	133	42	28	61	579	482	464	464,42
	B747-400 pax		248	167	142	46	28	21	579	482	464	464,42

## E Externe kosten personenvervoer over de weg 2020 in €-cent/km, incl. slijtage emissies

Personenvervoer 2020 (inclusief upstream emissies; inclusief slijtage emissies)										
Voertuig	Type	Eenheid	PM <sub>10</sub> slijtage			Totaal (incl. slijtage emissies)				
			Stedelijk (metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied	Stedelijk (metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied	Gemiddeld (gewogen)	
Personenauto	Benzine	€ct/km								
	Totaal		0,39	0,12	0,08	1,81	1,55	1,50	1,31	
	Stad		0,48	0,15	0,09	1,90	1,58	1,52	1,64	
	Buiten		0,36	0,12	0,07	1,79	1,54	1,50	1,08	
	Snelweg		0,36	0,12	0,07	1,79	1,54	1,50	1,29	
	Diesel									
	Totaal		0,39	0,12	0,08	1,81	1,55	1,50	1,51	
	Stad		0,48	0,15	0,09	1,90	1,58	1,52	1,87	
	Buiten		0,36	0,12	0,07	1,79	1,54	1,50	1,29	
	Snelweg		0,36	0,12	0,07	1,79	1,54	1,50	1,48	
	LPG									
	Totaal		0,39	0,12	0,08	1,81	1,55	1,50	1,00	
	Stad		0,48	0,15	0,09	1,90	1,58	1,52	1,14	
	Buiten		0,36	0,12	0,07	1,79	1,54	1,50	0,88	
	Snelweg		0,36	0,12	0,07	1,79	1,54	1,50	1,01	
Totaal										
Totaal	0,39	0,12	0,08	1,81	1,55	1,50	1,39			
Stad	0,48	0,15	0,09	1,90	1,58	1,52	1,70			
Buiten	0,36	0,12	0,07	1,79	1,54	1,50	1,15			
Snelweg	0,36	0,12	0,07	1,79	1,54	1,50	1,39			
Brommer	Totaal	€ct/km	0,07	0,02	0,01	1,50	1,45	1,44	1,01	
Motor	Totaal	€ct/km	0,19	0,06	0,04	1,61	1,48	1,46	1,47	
Autobus	OV-bus	€ct/km	1,60	0,51	0,31	3,02	1,94	1,74	13,58	
	Touringcar		1,39	0,45	0,27	2,81	1,87	1,69	9,26	



F Externe kosten personenvervoer 2010 in €-cent/reizigers-km, excl. slijtage emissies

Personenvervoer 2010 (inclusief upstream emissies; exclusief slijtage emissies)												
Voertuig	Type	CO <sub>2</sub> -eq.	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>			SO <sub>2</sub>	Totaal				
				Stedelijk (metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied		Stedelijk (metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied	Gemiddeld (gewogen)	
Personenauto	Benzine											
	Totaal	0,35	0,10	0,32	0,10	0,07	0,17	0,95	0,73	0,70	0,72	
	Stad	0,45	0,13	0,39	0,12	0,08	0,22	1,20	0,93	0,89	0,92	
	Buiten	0,30	0,08	0,09	0,03	0,02	0,15	0,62	0,56	0,55	0,56	
	Snelweg	0,34	0,11	0,52	0,17	0,11	0,17	1,15	0,79	0,73	0,77	
	Diesel											
	Totaal	0,34	0,36	1,11	0,36	0,22	0,13	1,93	1,18	1,04	1,12	
	Stad	0,42	0,49	1,80	0,58	0,36	0,16	2,87	1,65	1,43	1,56	
	Buiten	0,29	0,31	0,97	0,31	0,19	0,11	1,69	1,02	0,91	0,98	
	Snelweg	0,33	0,31	0,76	0,24	0,15	0,13	1,53	1,01	0,92	0,98	
	LPG											
	Totaal	0,29	0,24	0,27	0,09	0,05	0,00	0,80	0,61	0,58	0,60	
	Stad	0,37	0,28	0,36	0,11	0,07	0,00	1,01	0,76	0,72	0,74	
	Buiten	0,24	0,19	0,16	0,05	0,03	0,00	0,59	0,48	0,46	0,47	
	Snelweg	0,28	0,26	0,34	0,11	0,06	0,00	0,88	0,65	0,61	0,63	
	Totaal											
Totaal	0,34	0,20	0,58	0,18	0,12	0,15	1,27	0,88	0,81	0,85		
Stad	0,44	0,24	0,81	0,26	0,16	0,19	1,68	1,13	1,03	1,09		
Buiten	0,29	0,16	0,38	0,12	0,08	0,13	0,96	0,70	0,66	0,69		
Snelweg	0,33	0,22	0,64	0,20	0,13	0,14	1,33	0,90	0,83	0,87		
Brommer	Totaal	0,16	0,13	2,88	0,93	0,57	0,08	3,24	1,29	0,93	1,43	
Motor	Totaal	0,35	0,27	0,74	0,24	0,15	0,17	1,53	1,03	0,94	0,99	
Autobus	OV-bus	0,26	0,68	0,90	0,29	0,18	0,10	1,95	1,33	1,22	1,38	
	Touringcar	0,09	0,20	0,31	0,10	0,06	0,03	0,64	0,42	0,39	0,40	
Tram		0,22	0,07	0,01	0,00	0,01	0,07	0,38	0,37	0,38	0,37	
Metro		0,21	0,07	0,01	0,00	0,01	0,07	0,36	0,35	0,35	0,35	

Personenvervoer 2010 (inclusief upstream emissies; exclusief slijtage emissies)											
Voertuig	Type	CO <sub>2</sub> -eq.	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>			SO <sub>2</sub>	Totaal			
				Stedelijk (metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied		Stedelijk (metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied	Gemiddeld (gewogen)
Trein	Electrisch										
	Stop	0,22	0,07	0,01	0,00	0,01	0,07	0,37	0,37	0,37	0,37
	Intercity	0,11	0,04	0,00	0,00	0,00	0,03	0,18	0,18	0,18	0,18
	Totaal (NS)	0,13	0,04	0,00	0,00	0,00	0,04	0,23	0,22	0,22	0,22
	Lange afstand	0,13	0,04	0,00	0,00	0,00	0,04	0,21	0,21	0,21	0,21
	Diesel										
	Stop	0,26	0,81	4,44	1,43	0,87	0,09	5,59	2,59	2,02	2,41
Vliegtuig	B737-400	0,75	0,40	0,52	0,16	0,11	0,23	1,91	1,55	1,50	1,50
	F-100	0,98	0,49	0,68	0,22	0,14	0,30	2,46	1,99	1,92	1,92
	B737-400	0,55	0,28	0,38	0,12	0,08	0,17	1,38	1,12	1,08	1,08
	F-100	0,67	0,28	0,47	0,15	0,10	0,21	1,63	1,31	1,26	1,26
	B737-400	0,51	0,25	0,35	0,11	0,07	0,16	1,26	1,02	0,99	0,99
	F-100	0,61	0,23	0,43	0,13	0,09	0,19	1,46	1,17	1,12	1,12
	B747-400 pax	0,41	0,32	0,28	0,09	0,06	0,13	1,14	0,95	0,92	0,92
	B747-400 pax	0,45	0,38	0,31	0,10	0,06	0,14	1,27	1,06	1,02	1,02



G Externe kosten personenvervoer over de weg 2010 in €-cent/reizigers-km, incl. slijtage emissies

Personenvervoer 2010 (inclusief upstream emissies; inclusief slijtage emissies)										
Voertuig	Type	Eenheid	PM <sub>10</sub> slijtage			Totaal (incl. slijtage emissies)				
			Stedelijk (metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied	Stedelijk (metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied	Gemiddeld (gewogen)	
Personenauto	Benzine	€ct/rzg-km								
	Totaal		0,22	0,07	0,04	1,17	0,80	0,74	0,78	
	Stad		0,27	0,09	0,05	1,47	1,02	0,94	0,99	
	Buiten		0,21	0,07	0,04	0,83	0,62	0,59	0,61	
	Snelweg		0,21	0,07	0,04	1,35	0,86	0,77	0,82	
	Diesel									
	Totaal		0,22	0,07	0,04	2,15	1,25	1,09	1,18	
	Stad		0,27	0,09	0,05	3,14	1,74	1,48	1,63	
	Buiten		0,21	0,07	0,04	1,89	1,09	0,95	1,03	
	Snelweg		0,21	0,07	0,04	1,74	1,08	0,96	1,03	
	LPG									
	Totaal		0,22	0,07	0,04	1,02	0,68	0,62	0,65	
	Stad		0,27	0,09	0,05	1,28	0,85	0,77	0,82	
	Buiten		0,21	0,07	0,04	0,80	0,55	0,50	0,53	
	Snelweg		0,21	0,07	0,04	1,09	0,71	0,65	0,69	
Totaal										
Totaal	0,22	0,07	0,04	1,49	0,95	0,85	0,91			
Stad	0,27	0,09	0,05	1,95	1,21	1,09	1,16			
Buiten	0,21	0,07	0,04	1,17	0,77	0,70	0,74			
Snelweg	0,21	0,07	0,04	1,54	0,97	0,87	0,93			
Brommer	Totaal	€ct/rzg-km	0,06	0,02	0,01	3,30	1,31	0,94	1,45	
Motor	Totaal	€ct/rzg-km	0,14	0,05	0,03	1,67	1,07	0,97	1,03	
Autobus	OV-bus	€ct/rzg-km	0,11	0,04	0,02	2,06	1,37	1,25	1,42	
	Touringcar		0,10	0,03	0,02	0,74	0,46	0,41	0,43	



## H Externe kosten personenvervoer 2020 in €-cent/reizigers-km, excl. slijtage emissies

Personenvervoer 2020 (inclusief upstream emissies; exclusief slijtage emissies)												
Voertuig	Type	CO <sub>2</sub> -eq.	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>			SO <sub>2</sub>	Totaal				
				Stedelijk (metro-pool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied		Stedelijk (metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied	Gemiddeld (gewogen)	
Personenauto	Benzine											
	Totaal	0,48	0,06	0,21	0,06	0,05	0,19	0,94	0,80	0,78	0,79	
	Stad	0,58	0,10	0,30	0,09	0,07	0,25	1,22	1,02	0,99	1,01	
	Buiten	0,42	0,05	0,09	0,03	0,02	0,16	0,72	0,66	0,65	0,66	
	Snelweg	0,48	0,05	0,27	0,08	0,06	0,19	0,99	0,80	0,78	0,79	
	Diesel											
	Totaal	0,50	0,20	0,31	0,10	0,07	0,14	1,15	0,94	0,91	0,93	
	Stad	0,61	0,28	0,34	0,11	0,07	0,18	1,40	1,17	1,14	1,16	
	Buiten	0,43	0,18	0,19	0,06	0,04	0,12	0,93	0,80	0,78	0,79	
	Snelweg	0,50	0,16	0,44	0,14	0,09	0,14	1,24	0,94	0,89	0,92	
	LPG											
	Totaal	0,38	0,16	0,18	0,05	0,03	0,00	0,73	0,60	0,58	0,59	
	Stad	0,46	0,15	0,26	0,08	0,05	0,00	0,87	0,69	0,66	0,68	
	Buiten	0,33	0,15	0,14	0,04	0,03	0,00	0,63	0,53	0,51	0,52	
	Snelweg	0,38	0,19	0,17	0,05	0,03	0,00	0,74	0,62	0,60	0,61	
	Totaal											
Totaal	0,48	0,12	0,26	0,08	0,06	0,17	1,03	0,85	0,83	0,85		
Stad	0,59	0,16	0,31	0,10	0,07	0,21	1,27	1,06	1,03	1,05		
Buiten	0,42	0,10	0,13	0,04	0,03	0,14	0,80	0,71	0,70	0,71		
Snelweg	0,49	0,12	0,37	0,12	0,08	0,16	1,13	0,88	0,84	0,86		
Brommer	Totaal	0,25	0,17	1,11	0,36	0,22	0,09	1,62	0,87	0,73	0,92	
Motor	Totaal	0,55	0,30	0,85	0,27	0,17	0,19	1,90	1,32	1,22	1,28	
Autobus	OV-bus	0,42	0,78	1,04	0,33	0,21	0,11	2,35	1,65	1,52	1,70	
	Touringcar	0,14	0,23	0,36	0,12	0,07	0,04	0,77	0,53	0,48	0,50	
Tram		0,22	0,07	0,01	0,00	0,01	0,08	0,38	0,38	0,38	0,38	
Metro		0,21	0,07	0,01	0,00	0,01	0,07	0,36	0,36	0,36	0,36	

Personenvervoer 2020 (inclusief upstream emissies; exclusief slijtage emissies)												
Voertuig	Type	CO <sub>2</sub> -eq.	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>			SO <sub>2</sub>	Totaal				
				Stedelijk (metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied		Stedelijk (metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied	Gemiddeld (gewogen)	
Trein	Electrisch											
	Stop	0,22	0,07	0,01	0,00	0,01	0,08	0,38	0,37	0,38	0,38	
	Intercity	0,11	0,04	0,00	0,00	0,00	0,04	0,18	0,18	0,18	0,18	
	Totaal (NS)	0,13	0,04	0,00	0,00	0,00	0,05	0,23	0,23	0,23	0,23	
	Lange afstand	0,13	0,04	0,00	0,00	0,00	0,04	0,22	0,21	0,21	0,21	
Diesel												
	Stop	0,35	0,91	5,10	1,65	1,00	0,00	6,36	2,91	2,26	2,71	
Vliegtuig	B737-400	1,20	0,47	0,60	0,19	0,12	0,26	2,52	2,11	2,05	2,05	
	F-100	1,57	0,57	0,78	0,25	0,16	0,34	3,26	2,72	2,64	2,64	
	B737-400	0,88	0,32	0,44	0,14	0,09	0,19	1,82	1,52	1,48	1,48	
	F-100	1,08	0,32	0,54	0,17	0,11	0,23	2,17	1,80	1,75	1,75	
	B737-400	0,81	0,29	0,40	0,13	0,08	0,17	1,68	1,40	1,36	1,36	
	F-100	0,98	0,26	0,49	0,15	0,10	0,21	1,95	1,61	1,56	1,56	
	B747-400 pax	0,66	0,37	0,33	0,10	0,07	0,14	1,49	1,27	1,23	1,23	
	B747-400 pax	0,71	0,43	0,36	0,11	0,07	0,15	1,65	1,41	1,37	1,37	

# I Externe kosten personenvervoer over de weg 2020 in €-cent/reizigers-km, incl. slijtage emissies

Personenvervoer 2020 (inclusief upstream emissies; inclusief slijtage emissies)										
Voertuig	Type	Eenheid	PM <sub>10</sub> slijtage			Totaal (incl. slijtage emissies)				
			Stedelijk (metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied	Stedelijk (metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied	Gemiddeld (gewogen)	
Personenauto	Benzine	€ct/rzg-km								
	Totaal		0,26	0,08	0,05	1,20	0,88	0,83	0,86	
	Stad		0,32	0,10	0,06	1,54	1,12	1,05	1,10	
	Buiten		0,24	0,08	0,05	0,96	0,73	0,70	0,72	
	Snelweg		0,24	0,08	0,05	1,23	0,88	0,82	0,86	
	Diesel									
	Totaal		0,26	0,08	0,05	1,41	1,02	0,96	1,00	
	Stad		0,32	0,10	0,06	1,72	1,27	1,20	1,24	
	Buiten		0,24	0,08	0,05	1,17	0,88	0,83	0,86	
	Snelweg		0,24	0,08	0,05	1,48	1,02	0,94	0,98	
	LPG									
	Totaal		0,26	0,08	0,05	0,98	0,68	0,63	0,66	
	Stad		0,32	0,10	0,06	1,19	0,79	0,72	0,76	
	Buiten		0,24	0,08	0,05	0,87	0,61	0,56	0,59	
	Snelweg		0,24	0,08	0,05	0,98	0,70	0,65	0,68	
	Totaal									
Totaal	0,26	0,08	0,05	1,29	0,94	0,88	0,92			
Stad	0,32	0,10	0,06	1,59	1,16	1,09	1,13			
Buiten	0,24	0,08	0,05	1,04	0,79	0,75	0,77			
Snelweg	0,24	0,08	0,05	1,37	0,95	0,89	0,93			
Brommer	Totaal	€ct/rzg-km	0,07	0,02	0,01	0,28	0,11	1,63	0,95	
Motor	Totaal	€ct/rzg-km	0,16	0,05	0,03	0,33	0,24	1,93	1,32	
Autobus	OV-bus	€ct/rzg-km	0,13	0,04	0,03	0,34	0,16	2,38	1,75	
	Touringcar		0,11	0,04	0,02	0,19	0,07	0,79	0,53	



J

## Externe kosten goederenvervoer in €-cent/km 2010, excl. slijtage emissies

Goederenvervoer 2010 (inclusief upstream emissies; exclusief slijtage emissies)												
Voertuig	Type	Eenheid	CO <sub>2</sub> -eq.	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>			SO <sub>2</sub>	Totaal			
					Stedelijk (metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied		Stedelijk (Metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied	Gemiddeld (gewogen)
Vrachtwagens	<i>Bulk</i>	€ct/km										
	>20 ton											
	Totaal		2,52	5,70	6,77	2,17	1,35	0,99	15,98	11,38	10,56	10,75
	Stad		3,80									
	Buitenweg		2,66									
	Snelweg		2,24									
	Trekker met oplegger											
	Totaal		2,33	5,21	5,67	1,82	1,14	0,91	14,13	10,27	9,59	9,75
	Stad		3,85									
	Buitenweg		2,54									
	Snelweg		1,97									
	<i>Container/non-bulk</i>											
	Bestelauto											
	Totaal		0,50	0,53	2,31	0,74	0,46	0,19	3,53	1,96	1,68	1,75
	Stad		0,90									
	Buitenweg		0,60									
Snelweg	0,75											
3,5-10 ton												
Totaal	1,25	2,91	5,18	1,66	1,03	0,49	9,83	6,31	5,68	5,83		
Stad	1,49											
Buitenweg	1,13											
Snelweg	1,17											
10-20 ton												
Totaal	1,92	4,58	6,34	2,03	1,26	0,75	13,59	9,29	8,52	8,70		

Goederenvervoer 2010 (inclusief upstream emissies; exclusief slijtage emissies)												
Voertuig	Type	Eenheid	CO <sub>2</sub> -eq.	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>			SO <sub>2</sub>	Totaal			
					Stedelijk (metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied		Stedelijk (Metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied	Gemiddeld (gewogen)
	Stad		2,72									
	Buitenweg		1,87									
	Snelweg		1,63									
	>20 ton											
	Totaal		2,46	5,69	6,77	2,17	1,35	0,96	15,88	11,28	10,46	10,66
	Stad		3,70									
	Buitenweg		2,59									
	Snelweg		2,18									
	Trekker met oplegger											
	Totaal		2,19	5,20	5,67	1,82	1,13	0,86	13,91	10,06	9,38	9,54
	Stad		3,61									
	Buitenweg		2,39									
	Snelweg		1,85									
Trein	Bulk - electric	€ct/km	66	22	1,93	0,00	1,58	21	111	109	110	109,97
	Bulk - diesel	€ct/MJ	81	475	500	161	99	32	1088	749	687	729,70
	Wagenlading electric	€ct/km	38	13	1,12	0,00	0,92	12	64	63	64	63,87
	Wagenlading - diesel	€ct/MJ	47	272	287	92	57	18	624	429	393	418,17
	Container - electric	€ct/km	22	8	0,66	0,00	0,54	7,11	38	37	38	37,50
	Container - diesel	€ct/MJ	29	168	177	57	35	11	384	265	243	257,80
Binnenvaart	<i>Bulk</i>	€ct/MJ										
	Spits		24	92	258	83	51	9	384	209	176	184
	Kempenaar		37	145	406	131	80	15	604	329	277	289
	Rhine Herne Canal ship		87	337	942	304	185	34	1401	762	644	671
	Koppelverband		138	537	1501	484	295	55	2232	1214	1025	1069
	Four barges convoy set		202	794	2220	715	436	81	3297	1793	1514	1578
	<i>Containers</i>											
	Neo Kemp		31	122	341	110	67	12	507	276	233	243
	Rhine Herne Canal ship		77	297	831	268	163	30	1235	672	567	591
	Container ship (Rhine)		120	467	1304	420	256	47	1939	1055	891	928
	Container ship (JOWI class)		219	852	2381	767	468	87	3538	1925	1626	1695



Goederenvervoer 2010 (inclusief upstream emissies; exclusief slijtage emissies)													
Voertuig	Type	Eenheid	CO <sub>2</sub> -eq.	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>			SO <sub>2</sub>	Totaal				
					Stedelijk (metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied		Stedelijk (Metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied	Gemiddeld (gewogen)	
Zeescheepvaart	<i>Droge bulk</i>	€ct/km											
	1.300 GT		155	749			194	278			1376	1376	
	5.800 GT		248	1422			311	571			2553	2553	
	20.000GT		421	2681			1180	2037			6319	6319	
	45.000GT		531	3377			1365	2361			7634	7634	
	80.000GT		782	4963			2216	3799			11760	11760	
	<i>Containers</i>												
	1.300 GT		168	764			316	213			1461	1461	
	5.800 GT		331	1491			318	368			2509	2509	
	20.000GT		596	3801			1306	2321			8024	8024	
45.000GT	1026	6731			2852	4875			15483	15483			
80.000GT	1640	9865			2871	5408			19784	19784			
Vliegtuig	<i>Belly hold cargo</i>	€ct/km											
	B737-400		57	28			7	17			109	109	
	B747-400 pax		185	131			24	56			396	396	
	B747-400 pax		202	154			26	61			442	442	
	<i>Vrachtvliegtuig</i>												
	B747 F		172	126			24	53			376	376	
B747 F	167	130			24	52			373	373			
B747 F	182	153			26	56			417	417			



K

## Externe kosten goederenvervoer over de weg in €-cent/km 2010, incl. slijtage emissies

Goederenvervoer 2010 (inclusief upstream emissies; inclusief slijtage emissies)									
Voertuig	Type	Eenheid	PM <sub>10</sub> (slijtage emissies)			Totaal (inclusies slijtage emissies)			
			Stedelijk (metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied	Stedelijk (Metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied	Gemiddeld (gewogen)
Vrachtwagens	<i>Bulk</i>	€ct/km							
	>20 ton								
	Totaal		1,60	0,52	0,31	17,58	11,89	10,87	11,11
	Stad		1,89	0,61	0,37				
	Buitenweg		1,56	0,50	0,31				
	Snelweg		1,56	0,50	0,31				
	Trekker met oplegger								
	Totaal		1,60	0,52	0,31	15,73	10,79	9,91	10,11
	Stad		1,84	0,59	0,36				
	Buitenweg		1,54	0,50	0,30				
	Snelweg		1,54	0,50	0,30				
	<i>Container/non-bulk</i>								
	Bestelauto								
	Totaal		0,44	0,14	0,09	3,97	2,11	1,77	1,85
	Stad		0,51	0,16	0,10				
Buitenweg	0,40	0,13	0,08						
Snelweg	0,40	0,13	0,08						
3,5-10 ton									
Totaal	1,60	0,52	0,31	11,43	6,83	5,99	6,19		
Stad	1,89	0,61	0,37						
Buitenweg	1,56	0,50	0,31						
Snelweg	1,56	0,50	0,31						
10-20 ton									
Totaal	1,60	0,52	0,31	15,19	9,80	8,83	9,06		

Goederenvervoer 2010 (inclusief upstream emissies; inclusief slijtage emissies)									
Voertuig	Type	Eenheid	PM <sub>10</sub> (slijtage emissies)			Totaal (inclusies slijtage emissies)			
			Stedelijk (metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied	Stedelijk (Metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied	Gemiddeld (gewogen)
	Stad		1,89	0,61	0,37				
	Buitenweg		1,56	0,50	0,31				
	Snelweg		1,56	0,50	0,31				
	>20 ton								
	Totaal		1,60	0,52	0,31	17,49	11,80	10,78	11,02
	Stad		1,89	0,61	0,37				
	Buitenweg		1,56	0,50	0,31				
	Snelweg		1,56	0,50	0,31				
	Trekker met oplegger								
	Totaal		1,60	0,52	0,31	15,52	10,58	9,69	9,90
	Stad		1,84	0,59	0,36				
	Buitenweg		1,54	0,50	0,30				
	Snelweg		1,54	0,50	0,30				



Goederenvervoer 2020 (inclusief upstream emissies; exclusief slijtage emissies)												
Voertuig	Type	Eenheid	CO <sub>2</sub> -eq.	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>			SO <sub>2</sub>	Totaal			
					Stedelijk (metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied		Stedelijk (Metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied	Gemiddeld (gewogen)
	Snelweg		2,61									
	>20 ton											
	Totaal		3,93	2,46	2,30	0,72	0,48	1,07	9,76	8,18	7,94	8,00
	Stad		5,92									
	Buitenweg		4,15									
	Snelweg		3,49									
	Trekker met oplegger											
	Totaal		3,50	2,05	1,95	0,61	0,41	0,95	8,45	7,11	6,91	6,96
	Stad		5,77									
	Buitenweg		3,82									
	Snelweg		2,96									
Trein	Bulk - electric	€ct/km	105	25	2,21	0,00	1,82	23	156	154	156	155
	Bulk - diesel	€ct/MJ	127	385	406	130	80	35	953	678	628	663
	Wagenlading electric	€ct/km	61	15	1,29	0,00	1,06	13	91	89	90	90
	Wagenlading - diesel	€ct/MJ	73	221	232	75	46	20	546	388	360	380
	Container - electric	€ct/km	36	9	0,75	0,00	0,62	7,89	53	52	53	53
	Container - diesel	€ct/MJ	45	136	143	46	28	12	337	239	222	234
Binnenvaart	<i>Bulk</i>	€ct/MJ										
	Spits		36	80	201	65	40	10	328	192	167	173
	Kempenaar		57	127	317	102	62	16	517	302	262	272
	Rhine Herne Canal ship		133	293	735	237	145	38	1199	701	609	630
	Koppelverband		211	468	1170	377	231	60	1910	1116	970	1004
	Four barges convoy set		312	691	1730	557	341	89	2823	1650	1434	1484
	<i>Containers</i>											
	Neo Kemp		48	106	266	86	52	14	434	253	220	228
	Rhine Herne Canal ship		117	259	647	208	128	33	1056	617	537	555
	Container ship (Rhine)		183	406	1017	327	200	53	1659	970	843	872
	Container ship (JOWI class)		335	741	1856	597	366	96	3028	1770	1538	1591

Goederenvervoer 2020 (inclusief upstream emissies; exclusief slijtage emissies)													
Voertuig	Type	Eenheid	CO <sub>2</sub> - eq.	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>			SO <sub>2</sub>	Totaal				
					Stedelijk (metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied		Stedelijk (Metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied	Gemiddeld (gewogen)	
Zeescheepvaart	<i>Droge bulk</i>	€ct/km											
	1.300 GT		248	650			328	88			1314	1314	
	5.800 GT		398	1234			729	181			2541	2541	
	20.000GT		673	2324			1221	299			4517	4517	
	45.000GT		850	2928			1412	347			5537	5537	
	80.000GT		1251	4303			2293	557			8404	8404	
	<i>Containers</i>												
	1.300 GT		269	643			223	67			1203	1203	
	5.800 GT		530	1256			359	116			2261	2261	
	20.000GT		954	3198			1351	344			5847	5847	
45.000GT	1641	5662			2951	715			10969	10969			
80.000GT	2623	8301			2972	808			14703	14703			
Vliegtuig	<i>Belly hold cargo</i>	€ct/km											
	B737-400		91	32			8	19			150	150	
	B747-400 pax		297	151			27	62			536	536	
	B747-400 pax		323	177			30	67			597	597	
	<i>Vrachtvliegtuig</i>												
	B747 F		259	115			28	59			461	461	
	B747 F		251	150			27	57			485	485	
B747 F													
			273	176			29	63			541	541	





M

## Externe kosten goederenvervoer over de weg in €-cent/km 2020, incl. slijtage emissies

Goederenvervoer 2010 (inclusief upstream emissies; inclusief slijtage emissies)									
Voertuig	Type	Eenheid	PM <sub>10</sub> (slijtage emissies)			Totaal (inclusies slijtage emissies)			
			Stedelijk (metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied	Stedelijk (Metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied	Gemiddeld (gewogen)
Vrachtwagens	<i>Bulk</i>	€ct/km							
	>20 ton								
	Totaal		1,84	0,59	0,36	11,74	8,92	8,44	8,56
	Stad		2,17	0,70	0,42				
	Buitenweg		1,80	0,58	0,35				
	Snelweg		1,80	0,58	0,35				
	Trekker met oplegger								
	Totaal		1,84	0,59	0,36	10,60	8,01	7,58	7,69
	Stad		2,12	0,68	0,41				
	Buitenweg		1,78	0,57	0,35				
	Snelweg		1,78	0,57	0,35				
	<i>Container/non-bulk</i>								
	Bestelauto								
	Totaal		0,51	0,16	0,10	2,17	1,54	1,43	1,46
	Stad		0,58	0,19	0,11				
	Buitenweg		0,46	0,15	0,09				
	Snelweg		0,46	0,15	0,09				
3,5-10 ton									
Totaal	1,84	0,59	0,36	8,50	5,76	5,27	5,39		
Stad	2,17	0,70	0,42						
Buitenweg	1,80	0,58	0,35						
Snelweg	1,80	0,58	0,35				2,27		
10-20 ton									
Totaal	1,84	0,59	0,36	10,59	7,68	7,17	7,30		

Goederenvervoer 2010 (inclusief upstream emissies; inclusief slijtage emissies)									
Voertuig	Type	Eenheid	PM <sub>10</sub> (slijtage emissies)			Totaal (inclusies slijtage emissies)			
			Stedelijk (metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied	Stedelijk (Metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied	Gemiddeld (gewogen)
	Stad		2,17	0,70	0,42				
	Buitenweg		1,80	0,58	0,35				
	Snelweg		1,80	0,58	0,35				
	>20 ton								
	Totaal		1,84	0,59	0,36	11,60	8,78	8,30	8,42
	Stad		2,17	0,70	0,42				
	Buitenweg		1,80	0,58	0,35				
	Snelweg		1,80	0,58	0,35				
	Trekker met oplegger								
	Totaal		1,84	0,59	0,36	10,29	7,71	7,27	7,38
	Stad		2,12	0,68	0,41				
	Buitenweg		1,78	0,57	0,35				
	Snelweg		1,78	0,57	0,35				



Goederenvervoer 2010 (inclusief upstream emissies; exclusief slijtage emissies)											
Voertuig	Type	CO <sub>2</sub> -eq.	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>			SO <sub>2</sub>	Totaal			
				Stedelijk (Metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied		Stedelijk (Metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied	Gemiddeld (gewogen)
	Snelweg	0,61									
	>20 ton										
	Totaal	0,32	0,74	0,89	0,28	0,18	0,13	2,08	1,48	1,37	1,39
	Stad	0,48									
	Buitenweg	0,34									
	Snelweg	0,29									
	Trekker met oplegger										
	Totaal	0,24	0,58	0,63	0,20	0,13	0,10	1,55	1,12	1,04	1,06
	Stad	0,40									
	Buitenweg	0,27									
	Snelweg	0,21									
Trein	Bulk - electric	0,05	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,09	0,09	0,09	0,09
	Bulk - diesel	0,07	0,38	0,40	0,13	0,08	0,03	0,87	0,60	0,55	0,58
	Wagenlading electric	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,06	0,06	0,06	0,06
	Wagenlading - diesel	0,05	0,26	0,28	0,09	0,06	0,02	0,61	0,42	0,38	0,41
	Container - electric	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,07	0,07	0,07	0,07
	Container - diesel	0,05	0,30	0,31	0,10	0,06	0,02	0,68	0,47	0,43	0,46
Binnenvaart	<i>Bulk</i>										
	Spits	0,12	0,45	1,26	0,41	0,25	0,05	1,88	1,02	0,86	0,90
	Kempenaar	0,11	0,44	1,22	0,39	0,24	0,04	1,82	0,99	0,83	0,87
	Rhine Herne Canal ship	0,10	0,38	1,05	0,34	0,21	0,04	1,56	0,85	0,72	0,75
	Koppelverband	0,05	0,19	0,53	0,17	0,10	0,02	0,79	0,43	0,36	0,38
	Four barges convoy set	0,03	0,13	0,36	0,12	0,07	0,01	0,54	0,29	0,25	0,26
	<i>Containers</i>										
	Neo Kemp	0,10	0,40	1,12	0,36	0,22	0,04	1,66	0,90	0,76	0,79
	Rhine Herne Canal ship	0,13	0,49	1,36	0,44	0,27	0,05	2,02	1,10	0,93	0,97
	Container ship (Rhine)	0,09	0,37	1,02	0,33	0,20	0,04	1,52	0,83	0,70	0,73
	Container ship (JOWI class)	0,07	0,28	0,80	0,26	0,16	0,03	1,18	0,64	0,54	0,57

Goederenvervoer 2010 (inclusief upstream emissies; exclusief slijtage emissies)											
Voertuig	Type	CO <sub>2</sub> -eq.	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>			SO <sub>2</sub>	Totaal			
				Stedelijk (Metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied		Stedelijk (Metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied	Gemiddeld (gewogen)
Zeescheepvaart	Droge bulk										
	1.300 GT	0,17	0,83			0,21	0,31			1,52	1,52
	5.800 GT	0,06	0,36			0,08	0,14			0,64	0,64
	20.000GT	0,03	0,18			0,08	0,14			0,42	0,42
	45.000GT	0,01	0,09			0,03	0,06			0,19	0,19
	80.000GT	0,01	0,07			0,03	0,05			0,16	0,16
	<i>Containers</i>										
	1.300 GT	0,19	0,87			0,36	0,24			1,67	1,67
	5.800 GT	0,09	0,42			0,09	0,10			0,71	0,71
	20.000GT	0,05	0,33			0,11	0,20			0,70	0,70
45.000GT	0,04	0,27			0,11	0,20			0,62	0,62	
80.000GT	0,04	0,23			0,07	0,13			0,47	0,47	
Vliegtuig	<i>Belly hold cargo</i>										
	B737-400	3,15	1,71			0,45	0,98			6,28	6,28
	B747-400 pax	2,91	2,27			0,41	0,90			6,50	6,50
	B747-400 pax	3,17	2,67			0,45	0,98			7,27	7,27
	<i>Vrachtvliegtuig</i>										
	B747 F	2,20	1,61			0,31	0,68			4,80	4,80
B747 F	2,13	1,66			0,30	0,66			4,75	4,75	
B747 F	2,32	1,95			0,33	0,72			5,32	5,32	



○ Externe kosten goederenvervoer over de weg in €-cent/ton-km 2010, incl. slijtage emissies

Goederenvervoer 2010 (inclusief upstream emissies; inclusief slijtage emissies)										
Voertuig	Type	Eenheid	PM <sub>10</sub> (slijtage emissies)			Totaal (inclusies slijtage emissies)				
			Stedelijk (metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied	Stedelijk (Metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied	Gemiddeld (gewogen)	
Vrachtwagens	<i>Bulk</i>	€ct/ton-km								
	>20 ton									
	Totaal		0,18	0,06	0,03	1,95	1,32	1,21	1,23	
	Stad		0,21	0,07	0,04					
	Buitenweg		0,17	0,06	0,03					
	Snelweg		0,17	0,06	0,03					
	<i>Trekker met oplegger</i>									
	Totaal		0,14	0,04	0,03	1,35	0,92	0,85	0,87	
	Stad		0,16	0,05	0,03					
	Buitenweg		0,13	0,04	0,03					
	Snelweg		0,13	0,04	0,03					
	<i>Container/non-bulk</i>									
	<i>Bestelauto</i>									
	Totaal		1,36	0,44	0,27	12,22	6,48	5,43	5,68	
	Stad		1,56	0,50	0,30					
	Buitenweg		1,23	0,40	0,24					
	Snelweg		1,23	0,40	0,24					
<i>3,5-10 ton</i>										
Totaal	1,50	0,48	0,29	10,71	6,40	5,61	5,80			
Stad	1,77	0,57	0,35							
Buitenweg	1,46	0,47	0,29							
Snelweg	1,46	0,47	0,29							
<i>10-20 ton</i>										
Totaal	0,61	0,20	0,12	5,74	3,70	3,33	3,42			

Goederenvervoer 2010 (inclusief upstream emissies; inclusief slijtage emissies)									
Voertuig	Type	Eenheid	PM <sub>10</sub> (slijtage emissies)			Totaal (inclusies slijtage emissies)			
			Stedelijk (metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied	Stedelijk (Metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied	Gemiddeld (gewogen)
	Stad		0,71	0,23	0,14				
	Buitenweg		0,59	0,19	0,12				
	Snelweg		0,59	0,19	0,12				
	>20 ton								
	Totaal		0,21	0,07	0,04	2,29	1,54	1,41	1,44
	Stad		0,25	0,08	0,05				
	Buitenweg		0,20	0,07	0,04				
	Snelweg		0,20	0,07	0,04				
	Trekker met oplegger								
	Totaal		0,18	0,06	0,03	1,72	1,18	1,08	1,10
	Stad		0,20	0,07	0,04				
	Buitenweg		0,17	0,06	0,03				
	Snelweg		0,17	0,06	0,03				





Goederenvervoer 2020 (inclusief upstream emissies; exclusief slijtage emissies)											
Voertuig	Type	CO <sub>2</sub> -eq.	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>			SO <sub>2</sub>	Totaal			
				Stedelijk (Metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied		Stedelijk (Metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied	Gemiddeld (gewogen)
	Snelweg	0,98									
	>20 ton										
	Totaal	0,51	0,32	0,30	0,09	0,06	0,14	1,28	1,07	1,04	1,05
	Stad	0,77									
	Buitenweg	0,54									
	Snelweg	0,46									
	Trekker met oplegger										
	Totaal	0,39	0,23	0,22	0,07	0,05	0,11	0,94	0,79	0,77	0,77
	Stad	0,64									
	Buitenweg	0,42									
	Snelweg	0,33									
Trein	Bulk - electric	0,08	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,12	0,12	0,12	0,12
	Bulk - diesel	0,10	0,31	0,32	0,10	0,06	0,03	0,76	0,54	0,50	0,53
	Wagenlading electric	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,09	0,08	0,09	0,09
	Wagenlading - diesel	0,07	0,21	0,23	0,07	0,04	0,02	0,53	0,38	0,35	0,37
	Container - electric	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,09	0,09	0,09	0,09
	Container - diesel	0,08	0,24	0,25	0,08	0,05	0,02	0,60	0,42	0,39	0,41
Binnenvaart	<i>Bulk</i>										
	Spits	0,15	0,38	0,98	0,32	0,19	0,01	1,53	0,87	0,74	0,77
	Kempenaar	0,16	0,38	0,95	0,31	0,19	0,03	1,51	0,87	0,75	0,78
	Rhine Herne Canal ship	0,13	0,32	0,82	0,26	0,16	0,01	1,28	0,72	0,62	0,64
	Koppolverband	0,07	0,17	0,42	0,13	0,08	0,02	0,67	0,39	0,34	0,35
	Four barges convoy set	0,05	0,11	0,28	0,09	0,06	0,01	0,45	0,26	0,22	0,23
	<i>Containers</i>										
	Neo Kemp	0,13	0,34	0,87	0,28	0,17	0,00	1,34	0,75	0,64	0,66
	Rhine Herne Canal ship	0,16	0,41	1,06	0,34	0,21	0,00	1,63	0,91	0,78	0,81
	Container ship (Rhine)	0,15	0,32	0,80	0,26	0,16	0,05	1,31	0,77	0,67	0,70
	Container ship (JOWI class)	0,12	0,25	0,62	0,20	0,12	0,05	1,04	0,62	0,54	0,56

Goederenvervoer 2020 (inclusief upstream emissies; exclusief slijtage emissies)											
Voertuig	Type	CO <sub>2</sub> -eq.	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>			SO <sub>2</sub>	Totaal			
				Stedelijk (Metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied		Stedelijk (Metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied	Gemiddeld (gewogen)
Zeescheepvaart	<i>Droge bulk</i>										
	1.300 GT	0,27	0,72			0,36	0,10			1,45	1,45
	5.800 GT	0,10	0,31			0,18	0,05			0,64	0,64
	20.000GT	0,04	0,15			0,08	0,02			0,30	0,30
	45.000GT	0,02	0,07			0,04	0,01			0,14	0,14
	80.000GT	0,02	0,06			0,03	0,01			0,11	0,11
	<i>Containers</i>										
	1.300 GT	0,31	0,73			0,25	0,08			1,37	1,37
	5.800 GT	0,15	0,36			0,10	0,03			0,64	0,64
	20.000GT	0,08	0,28			0,12	0,03			0,51	0,51
45.000GT	0,07	0,23			0,12	0,03			0,44	0,44	
80.000GT	0,06	0,20			0,07	0,02			0,35	0,35	
Vliegtuig	<i>Belly hold cargo</i>										
	B737-400	5,61	1,98			0,52	1,16			9,26	9,26
	B747-400 pax	5,17	2,63			0,48	1,08			9,35	9,35
	B747-400 pax	5,63	3,08			0,52	1,17			10,40	10,40
	<i>Vrachtvliegtuig</i>										
	B747 F	3,28	1,46			0,36	0,72			5,82	5,82
B747 F	3,18	1,91			0,34	0,70			6,13	6,13	
B747 F	3,46	2,24			0,37	0,76			6,83	6,83	



Q

## Externe kosten goederenvervoer over de weg in €-cent/ton-km 2020, incl. slijtage emissies

Goederenvervoer 2020 (inclusief upstream emissies; inclusief slijtage emissies)									
Voertuig	Type	Eenheid	PM <sub>10</sub> (slijtage emissies)			Totaal (inclusies slijtage emissies)			
			Stedelijk (metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied	Stedelijk (Metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied	Gemiddeld (gewogen)
Vrachtwagens	<i>Bulk</i>	€ct/ton-km							
	>20 ton								
	Totaal		0,20	0,07	0,04	1,30	0,99	0,94	0,95
	Stad		0,24	0,08	0,05				
	Buitenweg		0,20	0,06	0,04				
	Snelweg		0,20	0,06	0,04				
	<i>Trekker met oplegger</i>								
	Totaal		0,16	0,05	0,03	0,91	0,69	0,65	0,66
	Stad		0,19	0,06	0,04				
	Buitenweg		0,15	0,05	0,03				
	Snelweg		0,15	0,05	0,03				
	<i>Container/non-bulk</i>								
	Bestelauto								
	Totaal		1,56	0,50	0,30	6,67	4,73	4,40	4,48
	Stad		1,79	0,58	0,35				
	Buitenweg		1,41	0,45	0,28				
	Snelweg		1,41	0,45	0,28				
3,5-10 ton									
Totaal	1,73	0,56	0,34	7,96	5,39	4,94	5,05		
Stad	2,03	0,66	0,40						
Buitenweg	1,68	0,54	0,33						
Snelweg	1,68	0,54	0,33						
10-20 ton									
Totaal	0,70	0,22	0,14	4,00	2,90	2,71	2,75		

Goederenvervoer 2020 (inclusief upstream emissies; inclusief slijtage emissies)									
Voertuig	Type	Eenheid	PM <sub>10</sub> (slijtage emissies)			Totaal (inclusies slijtage emissies)			
			Stedelijk (metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied	Stedelijk (Metropool)	Stedelijk	Buiten bebouwd gebied	Gemiddeld (gewogen)
	Stad		0,82	0,26	0,16				
	Buitenweg		0,68	0,22	0,13				
	Snelweg		0,68	0,22	0,13				
	>20 ton								
	Totaal		0,24	0,08	0,05	1,52	1,15	1,09	1,10
	Stad		0,28	0,09	0,06				
	Buitenweg		0,23	0,08	0,05				
	Snelweg		0,23	0,08	0,05				
	Trekker met oplegger								
	Totaal		0,20	0,07	0,04	1,14	0,86	0,81	0,82
	Stad		0,24	0,08	0,05				
	Buitenweg		0,20	0,06	0,04				
	Snelweg		0,20	0,06	0,04				

