Externe en infrastructuur-kosten van verkeer

Een overzicht voor Nederland in 2010

Rapport
Delft, juni 2014

Opgesteld door:
A. (Arno) Schroten (CE Delft)
H.P. (Huib) van Essen (CE Delft)
S.J. (Sanne) Aarnink (CE Delft)
E. (Erik) Verhoef (VU)
J. (Jasper) Knockaert (VU)

VU VRIJE UNIVERSITEIT AMSTERDAM

Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:
A. (Arno) Schroten (CE Delft), H.P. (Huib) van Essen (CE Delft), S.J. (Sanne) Aarnink (CE Delft), E. (Erik) Verhoef (VU), J. (Jasper) Knockaert (VU)
Externe en infrastructuurkosten van verkeer
Een overzicht voor Nederland in 2010
Delft, CE Delft, juni 2014

Verkeer / Infrastructuur / Kosten / Maatschappelijke factoren / Economische factoren

Publicatienummer: 14.4485.35

Opdrachtgever: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.
Alle openbare CE-publicaties zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Huib van Essen.

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft
Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al 35 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.

Voorwoord

Deze studie is ontwikkeld door CE Delft in samenwerking met de Vrije Universiteit in opdracht van het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu. Het is een actualisatie en uitbreiding van de studie 'De prijs van een reis' van CE Delft en de Vrije Universiteit uit 2004. Deze studie weerspiegelt de laatste wetenschappelijke inzichten op het gebied van externe en infrastructuurkosten van al het verkeer in Nederland en de internationale lucht- en zeevaart van en naar ons land.

De taakverdeling en inhoudelijke verantwoordelijkheden binnen het projectteam bij de totstandkoming van deze studie zijn als volgt:

- De rol van de Vrije Universiteit in deze studie was beperkt tot de analyse en uitwerking van de marginale congestiekosten. De Vrije Universiteit heeft dus enkel de Paragrafen 10.1, 10.2, 10.4, 10.5, 10.6(gedeeltelijk) en Bijlage I over marginale congestiekosten geschreven.
- CE Delft was projectleider en eindverantwoordelijk voor de inhoud van de gehele studie, met uitzondering van bovengenoemde delen over marginale congestiekosten welke zijn geschreven door de Vrije Universiteit.

Bij de totstandkoming van deze studie zijn de methodiek, de afbakening, de tussenresultaten en het eindrapport voorgelegd aan en besproken met een klankbordgroep (voor de leden van deze groep zie Bijlage N). De auteurs van deze studie hebben het commentaar en de suggesties van de klankbordgroep zeer serieus genomen en in de meeste gevallen verwerkt in deze studie. Indien commentaar niet is meegenomen is dit teruggekoppeld aan de klankbordgroep en zijn de inhoudelijke redenen daarvoor aangegeven.

Wij willen alle leden van de klankbordgroep hartelijk danken voor hun bijdragen en de constructieve samenwerking.

Arno Schroten, Huib van Essen en Sanne Aarnink (CE Delft)
Erik Verhoef en Jasper Knockaert (Vrije Universiteit)
Juni 2014

Inhoud

	Voorwoord	**3**
	Samenvatting	**9**
	Begrippenlijst	**17**
1	**Inleiding**	**21**
1.1	Achtergrond	21
1.2	Actualisatie van ‘De prijs van een reis’	22
1.3	Doel van deze studie	23
1.4	Afbakening	24
1.5	Leeswijzer	25
2	**Uitgangspunten en aanpak**	**27**
2.1	Inleiding	27
2.2	Definities	27
2.3	Geografische afbakening	28
2.4	Presentatievarianten	30
2.5	Onzekerheden	36
2.6	Basisjaar	37
3	**Infrastructuurkosten**	**39**
3.1	Inleiding	39
3.2	Algemene methodiek	39
3.3	Wegvervoer	43
3.4	Spoorvervoer	54
3.5	Tram en metro	59
3.6	Binnenvaart	61
3.7	Zeevaart	65
3.8	Luchtvaart	70
4	**Kosten van ruimtebeslag**	**73**
4.1	Inleiding	73
4.2	Definitie van kosten van ruimtebeslag	73
4.3	Methodiek bepalen totale/gemiddelde kosten van ruimtebeslag	74
4.4	Waarderingskentallen	79
4.5	Resultaten	82
5	**Kosten van verkeersonveiligheid**	**85**
5.1	Inleiding	85
5.2	Definitie externe ongevalskosten	85
5.3	Methodiek bepalen totale/gemiddelde ongevalskosten	88
5.4	Waarderingskentallen	89
5.5	Methodiek bepalen marginale ongevalskosten	92
5.6	Resultaten	93

6	**Kosten van broeikasgasemissies**	**97**
6.1	Inleiding	97
6.2	Definiëring externe kosten van broeikasgasemissies	97
6.3	Methodiek bepalen totale/gemiddelde kosten broeikasgasemissies	100
6.4	Schaduwprijzen	103
6.5	Methodiek bepalen marginale kosten klimaatverandering	106
6.6	Resultaten	106
7	**Kosten van luchtvervuiling**	**113**
7.1	Inleiding	113
7.2	Definiëring externe kosten luchtvervuiling	113
7.3	Methodiek bepalen totale/gemiddelde kosten luchtvervuiling	114
7.4	Schaduwprijzen	115
7.5	Methodiek bepalen marginale kosten luchtvervuiling	116
7.6	Resultaten	116
8	**Kosten van emissies van brandstof- en elektriciteits-productie**	**123**
8.1	Inleiding	123
8.2	Definiëring kosten van emissies van brandstof- en elektriciteits-productie	123
8.3	Methodiek bepalen totale/gemiddelde kosten	124
8.4	Schaduwprijzen emissies brandstof- en elektriciteitsproductie	125
8.5	Methodiek bepalen marginale kosten	126
8.6	Resultaten	126
9	**Kosten van geluid**	**131**
9.1	Inleiding	131
9.2	Definiëring kosten van geluid	131
9.3	Methodiek bepalen totale/gemiddelde externe kosten van geluid	131
9.4	Schaduwprijzen	133
9.5	Methodiek bepalen marginale externe kosten van geluid	135
9.6	Resultaten	136
10	**Kosten van congestie**	**141**
10.1	Inleiding	141
10.2	Definiëring congestiekosten	141
10.3	Methodiek bepalen totale/gemiddelde congestiekosten	144
10.4	Schaduwprijzen	146
10.5	Methodiek bepalen marginale congestiekosten	147
10.6	Resultaten	152
11	**Overige kostenposten**	**157**
11.1	Inleiding	157
11.2	Natuur en landschap	157
11.3	Grondwater- en bodemvervuiling	161
11.4	Gezondheidsbaten fietsen	163

12 Belastingen, heffingen en subsidies 167
12.1 Inleiding 167
12.2 Belastingen en heffingen 167
12.3 Subsidies en overheidsbijdragen 174

13 Synthese 181
13.1 Inleiding 181
13.2 Overzicht infrastructuurkosten, externe kosten en baten, heffingen, belastingen en subsidies 181
13.3 Totale en gemiddelde kosten/baten 189
13.4 Marginale kosten 208
13.5 Belastingen en heffingen 221
13.6 Subsidies en overheidsbijdragen 223
13.7 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek 224

Literatuurlijst 227

Bijlage A Verkeersgegevens 241
A.1 Verkeersprestaties 241
A.2 Voertuig- en ritkenmerken 244

Bijlage B Infrastructuurkosten 247
B.1 Inleiding 247
B.2 Internationale studies infrastructuurkosten 247
B.3 Berekening van asschadefactoren 247
B.4 Gemiddelde infrastructuurkosten per voertuigkilometers 248

Bijlage C Kosten van ruimtebeslag 251
C.1 Inleiding 251
C.2 Bepaling van direct en indirect ruimtebeslag 251
C.3 Gemiddelde kosten per voertuigkilometer 255

Bijlage D Kosten van verkeersonveiligheid 257
D.1 Inleiding 257
D.2 Ongevallenstatistieken 257
D.3 Gemiddelde externe ongevalskosten per voertuigkilometer 259

Bijlage E Kosten van broeikasgasemissies 261
E.1 Inleiding 261
E.2 Totale broeikasgasemissies 2010 261
E.3 Gemiddelde kosten van broeikasgasemissies per voertuigkilometer 263

Bijlage F Kosten van luchtvervuiling 265
F.1 Inleiding 265
F.2 Totale luchtvervuilende emissies 2010 265
F.3 Gemiddelde kosten van luchtvervuiling per voertuigkilometer 267
F.4 Gemiddelde kosten van luchtvervuiling gedifferentieerd naar Euroklasse 268

Bijlage G **Kosten van emissies van brandstof- en elektriciteits-productie** **271**
G.1 Inleiding 271
G.2 Emissiefactoren 271
G.3 Totale energiegebruik per vervoerswijze 271
G.4 Gemiddelde kosten per voertuigkilometer 272

Bijlage H **Kosten van geluid** **273**
H.1 Inleiding 273
H.2 Aantal geluidbelasten mensen 273
H.3 Gemiddelde kosten per voertuigkilometer 276

Bijlage I **Marginale externe congestie-kosten** **277**
I.1 Inleiding 277
I.2 Bepalen van de marginale externe congestiekosten voor een specifieke verkeerssituatie (specifieke plaats en tijd) 282
I.3 Representatieve marginale externe congestiekosten voor Nederland 291
I.4 Dynamische knelpuntcongestie 296
I.5 Kwalitatieve uitbreidingen 299
I.6 Conclusies 300
I.7 Achtergrondinformatie 300

Bijlage J **Belastingderving als gevolg van bijtellingsregeling** **303**
J.1 Inleiding 303
J.2 Uitgangspunten 303
J.3 Methodiek 306
J.4 Resultaten 308
J.5 Bepalen van de bruto kosten voor de werknemer 311
J.6 Bepalen van de belastingderving 312

Bijlage K **Kosten BIBK/BUBK** **315**

Bijlage L **Vergelijking met CE Delft en VU (2004)** **319**

Bijlage M **Niet onderzochte externe kosten- en batenposten** **325**
M.1 Inleiding 325
M.2 Externe kosten van energievoorzieningszekerheid 325
M.3 Externe kosten van nucleaire energieopwekking 325
M.4 Barrièrewerking van infrastructuur 326
M.5 Externe kosten van watervervuiling door de scheepvaart 326
M.6 Externe kosten van productie, onderhoud en beheer van vervoermiddelen en infrastructuur 327
M.7 Agglomeratie-effecten 327

Bijlage N **Leden van de begeleidingsgroep** **331**

Samenvatting

Doel van het onderzoek

Verkeer en vervoer leveren een belangrijke bijdrage aan onze welvaart. Tegenover deze baten staan echter ook kosten. Een groot deel van deze kosten zijn intern van aard, wat wil zeggen dat ze worden gedragen door degenen die ze veroorzaken (o.a. brandstofkosten, kosten van aanschaf van het vervoermiddel, onderhoudskosten, etc.) en daardoor ook worden meegenomen in mobiliteitsbeslissingen.

Naast deze interne kosten is verkeer en vervoer ook verantwoordelijk voor externe en infrastructuurkosten. Deze kosten worden niet, of alleen in het geval er gebruiksheffingen van kracht zijn, meegenomen in de mobiliteits-beslissingen van individuen en bedrijven (bijv. milieukosten). Naast deze externe en infrastructuurkosten spelen ook belastingen, heffingen en ontvangen subsidies een rol.

Omdat er voor de externe kosten geen waarde tot stand komt op de markt dienen deze kostenposten op een alternatieve wijze ingeschat te worden. Daarnaast dienen ook de infrastructuurkosten in beeld te worden gebracht. De inschatting van deze kosten is het onderwerp van deze studie. In deze studie presenteren we dan ook een overzicht van de externe en infrastructuur-kosten, subsidies, belastingen en heffingen van verkeer in Nederland in 2010[1]. Hierbij brengen we zowel de totale, gemiddelde als marginale kosten en opbrengsten/subsidies in kaart.

Deze studie is een actualisatie en verbreding van 'De prijs van een reis', een studie die in 2004 door CE Delft en de Vrije Universiteit is uitgevoerd. In vergelijking tot de studie uit 2004 is het aantal vervoerswijzen sterk uitgebreid (o.a. met lucht- en zeevaart, tram en metro). Daarnaast is de methodologie van het waarderen van externe effecten op verschillende punten verbeterd, waarbij gebruik is gemaakt van recente inzichten op dit gebied. Deze studie sluit dan ook aan bij state-of-the-art Europese studies op dit onderwerp.

Afbakening van het onderzoek

Een overzicht van de vervoerswijzen en kostenposten die in dit onderzoek zijn meegenomen is weergegeven in Tabel 1. Naast deze kostenposten zijn ook de aan het bezit en gebruik van vervoermiddelen gerelateerde belasting-opbrengsten in kaart gebracht, alsmede de relevante subsidies.

[1] De resultaten van dit onderzoek zijn specifiek voor 2010 bepaald en kunnen niet zomaar vertaald worden naar kosten/baten, opbrengsten van belastingen en heffingen en uitgaven aan subsidies in andere jaren.

Tabel 1 **Overzicht van vervoerswijzen en kostenposten**

	Klimaat	Luchtkwaliteit	Geluid	Ongevallen	Congestie	Infrastructuur	Ruimtebeslag	Emissies van elektriciteits- en brandstofproductie	Natuur en landschap	Bodem- en grondwater-vervuiling
Personenvervoer										
Personenauto	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Motorfiets	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Bromfiets	X	X	X	X	X[a]	X	X	X	X	X
Fiets	-	-	-	X	-	X	X	X	X	X
Bus/Touringcar	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
(Snel)tram	-	X	X	X	-	X	X	X	X	X
Metro	-	X	X	X	-	X	X	X	X	X
Personentrein	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X
Luchtvaart	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X
Goederenvervoer										
Bestelauto	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Vrachtauto	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Goederentrein	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X
Binnenvaart	X	X	-	X	-	X	X	X	X	-
Zeevaart	X	X	-	X	-	X	X	X	X	-
Luchtvaart	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X

[a] Alleen de marginale externe congestiekosten voor bromfietsen zijn ingeschat.

In deze studie kijken we naar kosten van vervoer op Nederlands grondgebied. Voor lucht- en zeevaart hebben we voor de externe effecten met een mondiaal karakter (kosten van broeikasgasemissies, kosten van emissies van brandstofproductie en ongevalskosten) een alternatieve methodiek gevolgd, waarbij we van al het verkeer van en naar de Nederlandse (lucht)havens 50% van de kosten toerekenen aan Nederland. Hiermee zijn de schattingen voor totale externe en infrastructuurkosten voor deze vervoerswijzen niet één op één vergelijkbaar met die voor de andere vervoerswijzen.

Onzekerheden

De schattingen van externe en infrastructuurkosten worden gekenmerkt door onzekerheid, wat wordt veroorzaakt door onzekerheid in de gehanteerde waarderingsmethodieken, de gebruikte data en de gemaakte aannames. Om deze onzekerheden in beeld te brengen, presenteren we bij elke kostenpost een bandbreedte voor de kostenschatting. Daarnaast hebben we voor een aantal methodologische keuzes gevoeligheidsanalyses uitgevoerd waarbij we het effect op de kostenschattingen van alternatieve methodologische keuzes presenteren. Tot slot hebben we de gehanteerde methodiek, data en aannames uitgebreid beschreven om zo de onderbouwing van de gepresenteerde kosten zo transparant mogelijk te maken.

Resultaten

In Tabel 2 is per vervoerswijze een overzicht gegeven van:

- de infrastructuurkosten in 2010;
- de externe kosten die neerslaan binnen de transportsector (congestie-kosten, deel ongevalskosten) in 2010;
- de externe kosten die neerslaan bij de rest van de maatschappij (overige externe kosten) in 2010;
- externe baten (baten van verkoelende effecten emissies, gezondheids-baten fietsen) in 2010;
- gebruiksheffingen (vooral gerelateerd aan infrastructuurgebruik)in 2010;
- aan bezit en gebruik van vervoermiddelen gerelateerde belastingen in 2010;
- aan bezit en gebruik van vervoermiddelen gerelateerde subsidies in 2010.

Voor al deze posten is zowel de middenwaarde als de bandbreedte (tussen haakjes) in de schattingen weergegeven. Deze bandbreedten houden echter geen rekening met het feit dat sommige posten conservatief zijn ingeschat, wat vooral het gevolg is van het feit dat sommige kostenelementen vanwege een gebrek aan data of betrouwbare waarderingsmethodieken niet meegenomen konden worden. Zo geldt er dat de congestiekosten alleen vastgesteld worden voor wegvervoer op het hoofdwegennet en de kosten van materiele schade niet worden meegenomen bij ongevalskosten (externe kosten die neerslaan binnen de transportsector); daarnaast geldt er dat de kosten van geluid < 50 dB niet zijn meegenomen en dat de onomkeerbare effecten van aantasting van natuur en landschap niet zijn meegenomen (externe kosten die neerslaan bij de rest van de maatschappij). De in dit rapport gepresenteerde externe kosten dienen dan ook opgevat te worden als conservatieve inschattingen.

In Tabel 3 zijn de gemiddelde externe en infrastructuurkosten, externe baten, belastingen en heffingen en subsidies voor verkeer en vervoer in 2010 weergegeven, uitgedrukt in €/1.000 reizigerskilometer, €/1.000 tonkilometer of €/1.000 voertuigkilometer. Merk op dat de gemiddelde kosten, baten, belastingen en heffingen en subsidies voor de verschillende vervoerswijzen vaak onderling niet (direct) vergelijkbaar zijn. Bij de gemiddelde kosten voor de auto wordt bijvoorbeeld ook rekening gehouden met de kosten die worden gemaakt in het stadsverkeer, waardoor deze kosten niet meer direct vergelijkbaar zijn met de gemiddelde kosten voor een passagiersvliegtuig.

Tot slot, in deze studie is een breed scala aan marginale externe en infrastructuurkosten geschat. De hoogte van deze kosten hangt sterk af van o.a. locatie (bijv. binnen de stad of in een buitengebied) en tijd (bijv. spits of daluur), wat is weergegeven door zowel middenwaarden als best en worst cases te presenteren. We verwijzen naar de relevante hoofdstukken in het hoofdrapport voor de resultaten voor de marginale kostenschattingen.

Tabel 2 Totale externe en infrastructuurkosten, externe baten, belastingen en heffingen en subsidies voor verkeer en vervoer in 2010

Vervoerswijze	Infrastructuur-kosten	Externe kosten (binnen transportsector)	Externe kosten (rest van de maatschappij)	Externe baten	Gebruikers-heffingen	Belastingen	Subsidies
Personenvervoer op Nederlands grondgebied in mln €							
Personenauto benzine	4.006 (3.604 - 4.493)	4.585 (2.928 - 6.330)	3.629 (1.339 - 5.974)	23 (12 - 34)	306	7.714	-427 - 1.218
Personenauto diesel	1.613 (1.426 - 1.835)	1.994 (1.361 - 2.660)	1.676 (639 - 2.865)	23 (12 - 34)	147	4.281	-865 - 621
Personenauto LPG	203 (179 - 231)	233 (157 - 314)	171 (62 - 283)	2 (1 - 3)	18	314	-19 - 56
Bus	447 (369 - 542)	90 (61 - 121)	135 (41 - 220)	3 (2 - 5)	0	57	2.228 - 2.289
Touringcar	485 (399 - 579)	54 (38 - 70)	88 (30 - 150)	3 (1 - 4)	0	55	0
Motorfiets	60 (52 - 70)	124 (90 - 160)	192 (50 - 285)	1 (1 - 2)	0	154	0 - 18
Bromfiets	75 (67 - 85)	478 (285 - 685)	211 (70 - 293)	0,3 (0,2 - 0,5)	0	12	0 - 6
Personentrein elektrisch	2.886 (2.534 - 3.173)	25 (18 - 33)	208 (80 - 371)	0	280	10	558 - 863
Personentrein diesel	251 (228 - 281)	4 (3 - 5)	26 (11 - 46)	1 (0 - 1)	23	4	27 - 42
Tram	76 (70 - 84)	24 (20 - 29)	17 (5 - 28)	0	0	1	176 - 192
Metro	66 (63 - 69)	9 (7 - 13)	17 (5 - 26)	0	0	1	55 - 70
Fiets	553 (470 - 658)	806 (611 - 1.031)	360 (322 - 393)	535	0	0	0 - 84

Vervoerswijze	Infrastructuur-kosten	Externe kosten (binnen transportsector)	Externe kosten (rest van de maatschappij)	Externe baten	Gebruikers-heffingen	Belastingen	Subsidies
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied in mln €							
Bestelauto	1.045 (921 – 1.192)	1.236 (867 – 1.628)	1.307 (449 – 2.239)	20 (10 - 29)	81	1.188	41
Vrachtauto	2.576 (2.134 – 3.021)	1.330 (1.074 – 1.596)	1.905 (677 – 3.322)	73 (37 - 108)	0	1.345	0
Goederentrein elektrisch	413 (344 - 420)	1,2 (0,8 – 1,6)	22 (8 - 38)	0	17	2	0
Goederentrein diesel	188 (160 - 201)	1,1 (0,8 – 1,4)	46 (19 - 85)	2 (1 - 3)	9	8	0
Binnenvaart	1.113 (962 – 1.332)	14 (12 - 17)	550 (221 – 1.068)	31 (16 - 46)	20	0	0
Internationale vervoerswijzen in mln €							
Luchtvaart personen	731 (667 - 808)	12 (10 - 14)	1.401 (277 – 2.630)	0	706	1	0
Luchtvaart goederen	72 (66 - 80)	4 (3 - 4)	420 (79 - 792)	0	20	0	0
Zeevaart	317 (274 - 373)	2,5 (2 – 2,9)	2.496 (876 – 4.857)	940 (677 – 1.202)	342	0	0

Noot: Voor de bepaling van de totale kosten voor internationale vervoerswijzen (lucht- en zeevaart) is een alternatieve methodiek gehanteerd, waardoor deze kosteninschattingen niet één op één vergelijkbaar zijn met die voor de andere vervoerswijzen.

Tabel 3 Gemiddelde externe en infrastructuurkosten, externe baten, belastingen en heffingen en subsidies voor verkeer en vervoer in 2010

Vervoerswijze	Infrastructuur-kosten	Externe kosten (binnen transportsector)	Externe kosten rest van de maatschappij)	Externe baten	Gebruiks-heffingen	Belastingen	Subsidies
Personenvervoer op Nederlands grondgebied in €/1.000 rkm							
Personenauto benzine	46 (41 - 51)	52 (33 - 72)	41 (15 - 68)	0,3 (0,1 - 0,4)	3	88	-5 - 14
Personenauto diesel	38 (34 - 44)	47 (32 - 63)	40 (15 - 68)	0,5 (0,3 - 0,8)	3	102	-21 - 15
Personenauto LPG	40 (35 - 45)	45 (31 - 61)	33 (12 - 55)	0,4 (0,2 - 0,6)	3	61	-4 - 11
Bus	124 (102 - 151)	25 (17 - 34)	38 (11 - 61)	0,9 (0,4 - 1,3)	0	16	619 - 636
touringcar	60 (49 - 71)	7 (5 - 9)	11 (4 - 19)	0,3 (0,2 - 0,5)	0	7	0
Motorfiets	21 (18 - 24)	43 (31 - 55)	66 (17 - 98)	0,4 (0,2 - 0,6)	0	53	0 - 6
Bromfiets	75 (67 - 85)	478 (285 - 685)	211 (70 - 293)	0,3 (0,2 - 0,5)	0	12	0 - 6
Personentrein elektrisch	175 (154 - 192)	2 (1 - 2)	13 (5 - 22)	0	17	1	34 - 52
Personentrein diesel	315 (287 - 353)	5 (3 - 6)	32 (14 - 57)	0,7 (0,4 - 1,1)	29	4	34 - 52
Tram	81 (75 - 89)	26 (21 - 30)	18 (5 - 30)	0	0	1	188 - 205
Metro	73 (70 - 76)	10 (8 - 14)	18 (5 - 29)	0	0	1	60 - 77
Fiets	40 (34 - 48)	59 (45 - 75)	26 (24 - 29)	39,1	0	0	0 - 6
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied in €/1.000 vkm (bestelauto) of €/1.000 tkm (overige vervoerwijzen)							
Bestelauto	60 (53 - 69)	71 (50 - 94)	75 (28 - 129)	1,1 (0,6 - 1,7)	5	68	2 - 2
Vrachtauto	49 (41 - 58)	25 (20 - 30)	36 (13 - 63)	1,4 (0,7 - 2,1)	0	26	0

Vervoerswijze	Infrastructuur-kosten	Externe kosten (binnen transportsector)	Externe kosten (rest van de maatschappij)	Externe baten	Gebruiks-heffingen	Belastingen	Subsidies
Goederentrein elektrisch	129 (108 - 132)	0,4 (0,3 - 0,5)	7 (3 - 12)	0	5	1	0
Goederentrein diesel	69 (59 - 74)	0,4 (0,3 - 0,5)	17 (7 - 31)	0,9 (0,4 - 1,3)	3	3	0
Binnenvaart	28 (24 - 33)	0,3 (0,3 - 0,4)	14 (5 - 27)	0,8 (0,4 - 1,2)	1	0	0
Internationaal personenvervoer in €/1.000 rkm							
Luchtvaart personen	10 (9 - 11)	0,2 (0,1 - 0,2)	19 (4 - 35)	0	9	0,01	0
Internationaal goederenvervoer in €/1.000 tkm							
Luchtvaart goederen	14 (13 - 15)	0,7 (0,6 - 0,8)	81 (15 - 152)	0	4	0	0
Zeevaart	0,3 (0,3 - 0,4)	0,003 (0,002 - 0,003)	3 (1 - 5)	1 (0,7 - 1)	0,35	0	0

Begrippenlijst

Begrip	Uitleg
Aanlegkosten	Alle kosten met betrekking tot de aanleg van nieuwe infrastructuur die leiden tot een verhoging van de functionaliteit van het bestaande infrastructuurnetwerk voor gebruikers
Annuïtaire afschrijving	Afschrijvingsmethode waarbij de jaarlijkse last van rente en aflossing constant is over de afschrijvingsperiode
B&O-kosten	De beheerkosten en onderhoudskosten
Beheerkosten	De kosten van de diensten die moeten worden geleverd om een efficiënt gebruik van de infrastructuur mogelijk te maken (o.a. politie, verkeersmanagement, etc.)
Belastingen	Verplichte betalingen, zonder dat hier een direct aanwijsbare tegenprestatie tegenover staat, aan lokale, regionale of nationale overheden
Belastinguitgave	Een belastinguitgave (in enge zin) is een derving of uitstel van belastingontvangsten, die voortvloeit uit een voorziening in de wet voor zover die voorziening niet in overeenstemming is met de primaire heffingsstructuur (bijv. een korting op de BTW).
Bestelauto	Voertuigen waarvan het ledig gewicht vermeerderd met het laadvermogen maximaal 3.500 kg bedraagt en die voornamelijk zijn ingericht voor het vervoer van goederen (dit houdt o.a. in dat een bestelauto een laadruimte dient te bezitten met een vlakke laadvloer, waarbij de laadvloer aan specifieke afmetingen dient te voldoen; de afmetingen zijn afhankelijk van het type bestelauto)
BIBK	Binnen de bebouwde kom
BUBK	Buiten de bebouwde kom
CO_2-equivalenten	Een maat die voor een gegeven hoeveelheid klimaat-emissies de hoeveelheid CO_2-emissies geeft die dezelfde invloed op de opwarming van de aarde (Global Warming Potential) heeft over een periode van 100 jaar
Cost driver	Factor die de omvang van kosten bepaalt of in een belangrijke mate beïnvloedt
Direct ruimtebeslag	De ruimte die wordt ingenomen door de fysieke infrastructuur
Discontovoet	Rentevoet waarmee de contante waarde wordt berekend van geldsommen die in het verleden (of de toekomst) betaald zijn (moeten worden) of ontvangen zijn (zullen worden)
Dosis-respons relatie	Principe uit de toxicologie dat stelt dat de kans op een schadelijk effect toeneemt naarmate er meer van een schadelijke stof wordt toegediend
Externe baten	Baten voor derden waarvoor de veroorzaker van die baten niet beloond wordt. Deze baten komen zonder overheids-ingrijpen niet tot uitdrukking in de kosten/baten voor de veroorzaker van de externe baten (en worden dus ook niet meegenomen in de beslissingen van deze persoon)

Begrip	Uitleg
Externe kosten	De kosten voor derden die worden veroorzaakt door een bepaalde partij maar waarvoor andere (geschade) partijen niet vergoed worden. Zonder overheidsingrijpen komen deze effecten niet tot uitdrukking in de kosten voor de veroorzaker, waardoor hij/zij deze kosten niet meeneemt in de beslissing over de actie die de kosten veroorzaakt.
Externe kosten die neerslaan bij de rest van de maatschappij	Externe kosten die worden gedragen door partijen die zich buiten de transportsector bevinden
Externe kosten die neerslaan binnen de transportsector	Externe kosten die worden gedragen door partijen die zich in de transportsector bevinden. Congestiekosten en een deel van de ongevalskosten zijn een voorbeeld van dit type kosten
Gemiddelde kosten	De externe en/of infrastructuurkosten per voertuig-kilometer, reizigerskilometer of tonkilometer
Hedonische prijzen methode	Waarderingsmethode waarbij op basis van verschillen in de prijs van bepaalde marktgoederen (vaak onroerend goed) een waarde voor een extern effect bepaald wordt
Heffingen	Verplichte betalingen aan de overheid (of een andere partij, zoals een haven of vliegveld) waar direct aanwijsbare tegenprestaties tegenover staan
Herstelkostenmethode	Waarderingsmethode die kijkt naar de kosten die moeten worden gemaakt om de oorspronkelijke staat van een goed (bijv. natuur) te herstellen
Hoofdwegennet	Alle wegen onder het beheer van de Rijksoverheid
Indirect ruimtebeslag	Onder indirect ruimtebeslag worden (wettelijke) beperkende gebruiksmogelijkheden van gronden in de nabijheid van infrastructuur verstaan
Infrastructuurkosten	Infrastructuurkosten zijn alle kosten voor aanleg, vernieuwing, onderhoud en beheer van transport-infrastructuur. Ze bestaan uit de directe uitgaven aan infrastructuur plus de financieringskosten (of opportuniteitskosten)
Inkomenselasticiteit	De inkomenselasticiteit van de vraag geeft de mate weer waarin de vraag naar een bepaald goed verandert als het inkomen verandert
Inkomsten beperkende regeling	Regeling die de te betalen belasting beperken, maar wel onderdeel zijn van de primaire heffingsstructuur
Lineaire afschrijving	Afschrijvingsmethode met constante jaarlijkse aflossingen
Lange Zware Vrachtvoertuigen (LZVs)	Exceptioneel lange en zware vrachtvoertuigen met een lengte van maximaal 25,25 meter en een gewicht van maximaal 60 ton
LTO	Landing and Takeoff; volledige cyclus van landen en opstijgen van een vliegtuig
Marginale kosten	De additionele kosten van een extra vervoersbeweging
Onderhoudskosten	Alle niet-vernieuwingskosten die bedoeld zijn om de kwaliteit van de infrastructuur te handhaven op het niveau van de vorige oplevering. Deze vernieuwde delen van de infrastructuur hebben een technische levensduur van meer dan 1-2 jaar
Onderliggend wegennet	Alle wegen onder beheer van gemeenten, provincies, waterschappen en overige (niet-Rijks) wegbeheerders

Begrip	Uitleg
Opportuniteitskosten	De kosten van een economische keuze, uitgedrukt in termen van de beste 'gemiste kans': de opportuniteitskosten weerspiegelen de (niet gerealiseerde) opbrengsten van het best mogelijke alternatief ten opzichte van de uiteindelijk genomen beslissing
Overheidsbijdrage	Overdrachten van de overheid aan derden (in deze studie: vervoerders) om specifieke diensten te verlenen. Ook wel Public Service Obligations (PSO) genoemd
Personenauto-equivalent (PAE)	Parameter die aangeeft hoeveel ruimte een voertuig inneemt in vergelijking met een personenauto
Preventiekosten	De kosten van de (mogelijke) emissiereductiemaatregelen die ingezet dienen te worden om vastgestelde beleids-doelen op een kostenefficiënte wijze te realiseren
Reizigerskilometer (rkm)	Reizigerskilometer: het vervoer van één reiziger over één kilometer
Schadekosten	Alle schade die individuen ervaren ten gevolge van de milieuvervuiling
Schaduwprijs	Waarde die wordt toegerekend aan een goed of dienst, waarvoor geen prijs tot stand komt op een markt waar vraag en aanbod elkaar ontmoeten. De schaduwprijs is in principe gelijk aan de welvaartsvergroting die een extra eenheid van deze goederen of diensten kan opleveren. Vaak wordt de schaduwprijs gebruikt voor de situatie waarin vraag en aanbod naar het niet-geprijsde goed in evenwicht zouden zijn
Stated preference	Methode om de vraag naar een goed of dienst te ramen die gebaseerd is op antwoorden van consumenten op vragen naar hoe ze zouden reageren in een hypothetische situatie van veranderingen in prijzen en/of inkomen
Subsidies	Financiële stromen van de overheid naar private partijen waar geen directe tegenprestatie voor wordt verlangd
Tonkilometer (tkm)	Het vervoer van één ton over één kilometer
Totale kosten	De totale externe en/of infrastructuurkosten voor de transportsector als geheel of voor een deel van de transportsector
Vernieuwingskosten	Alle kosten met betrekking tot de vernieuwing van infrastructuur om zodoende de kwaliteit van de infrastructuur te handhaven op het niveau van de vorige oplevering. Het gaat hierbij voornamelijk om kleinschalig onderhoud met een technische levensduur van minder dan 1-2 jaar
Voertuigkilometer (vkm)	De verplaatsing van één voertuig over één kilometer
VOSL (Value of a Statistical life)	De waardering voor een menselijk leven, berekend op basis van de waardering van een individu voor een marginale verandering in het risico op zijn/haar dood
VoT (Value of Time)	De waardering voor een uur reistijdverlies
Vrachtauto	Voertuigen waarvan het ledig gewicht vermeerderd met het laadvermogen meer dan 3.500 kg bedraagt. Tenzij anders vermeld betreft dit de som van alle typen vrachtauto's (<10t, 10-20t, >20t) en trekker-opleggers
WTP (Willingness To Pay)	Maximum bedrag dat een persoon bereid is te betalen om te kunnen beschikken over een goed of dienst of om een nadeel (bijvoorbeeld schade of hinder) te vermijden

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Verkeer en vervoer leveren een belangrijke bijdrage aan onze welvaart. Het stelt mensen in staat om volop te profiteren van een groot aanbod van werkgelegenheid, scholingsmogelijkheden en recreatieve bezigheden. Daarnaast kan de efficiëntie van het productieproces vergroot worden, onder andere als gevolg van regionale specialisatie (Button, 2010). Door KiM (2012a) wordt ingeschat dat het economisch belang van verkeer en vervoer voor Nederland in 2010 minimaal gelijk is aan € 115 miljard (zie volgende tekstbox).

Het economische belang van mobiliteit

Door KiM (2012a) is een grove inschatting gemaakt van het economisch belang van mobiliteit in Nederland in 2010. Daarbij zijn ze uitgegaan van out-of-pocketkosten, transportkosten en tijdkosten van consumenten en producenten. De som van deze kosten vormt een ondergrens van het economisch belang. Als het economisch belang geringer zou zijn dan de som van bestedingen en tijd, dan zouden consumenten en bedrijven immers niet kiezen voor de verplaatsing van het betreffende transport. Het belang kan echter ook (aanmerkelijk) hoger liggen; immers, een groot deel van de mobiliteit zal plaats blijven vinden als de prijs van transport stijgt, wat aangeeft dat voor velen het nut dat ze ontlenen aan transport (ruim) boven de huidige kosten van transport liggen.

Op basis van de bovenstaande methodiek schat KiM (2012a) in dat het belang van mobiliteit voor Nederland in 2010 minimaal ca. € 115 miljard bedroeg. Hiervan heeft ca. € 61 miljard betrekking op consumenten en ca. € 54 miljard op het bedrijfsleven.

Tegenover de baten van verkeer en vervoer staan ook kosten. Hierbij gaat het in de eerste plaats om interne kosten, dat wil zeggen de kosten die worden gedragen door degenen die ze veroorzaken. Het gaat dan bijvoorbeeld om brandstofkosten, kosten van aanschaf van het voertuig, onderhoudskosten, etc. Doordat deze interne kosten (over het algemeen) betaald worden door de actoren die ze ook veroorzaken worden deze kosten meegenomen in de mobiliteitsbeslissingen van individuen en bedrijven.

Naast interne kosten is verkeer en vervoer ook verantwoordelijk voor externe kosten (en baten) en infrastructuurkosten. Bij externe kosten (baten) gaat het om de kosten (baten) die worden gedragen (genoten) door een andere partij dan de partijen die verantwoordelijk zijn voor het veroorzaken van deze kosten. Externe kosten worden dan ook niet meegenomen in de mobiliteits-beslissingen van individuen en bedrijven, wat leidt tot een inefficiënte omvang/samenstelling van de mobiliteit. Voorbeelden van externe kosten zijn de kosten van luchtvervuilende emissies die worden uitgestoten door het verkeer en de geluidsoverlast die wordt veroorzaakt. Ook voor de infrastructuurkosten geldt dat ze vaak niet rechtstreeks betaald worden door de gebruikers; het overgrote deel van de infrastructuurkosten wordt immers gefinancierd door de overheid. Ook deze kosten worden dus meestal niet of onvoldoende meegenomen in mobiliteitsbeslissingen van individuen en bedrijven.

Naast de externe en infrastructuurkosten zijn ook de betaalde belastingen en heffingen (en ontvangen subsidies) door verkeersdeelnemers van belang. Hoewel er zeker bij de belastingen geen directe relatie is met de omvang van de externe en infrastructuurkosten, dienen deze betalingen en ontvangsten wel meegenomen te worden om een (macro-economisch) volledig beeld te krijgen van de kosten van verkeer en vervoer in Nederland.

Voor de interne kosten van vervoer (en ook voor de interne baten van vervoer) komt op de markt een waarde tot stand via de geldende marktprijzen. De brandstofkosten volgen bijvoorbeeld rechtstreeks uit de geldende brandstofprijzen. Voor externe effecten en infrastructuurkosten ontbreken dergelijke markten en de externe kosten dienen dan ook op een indirecte, alternatieve wijze ingeschat te worden. Deze inschatting van externe kosten van verkeer en vervoer is het onderwerp van deze studie. Daarnaast wordt de omvang van de betaalde belastingen en heffingen en uitgekeerde subsidies in kaart gebracht.

1.2 Actualisatie van 'De prijs van een reis'

In Nederland is al vaker onderzoek gedaan naar de externe en infrastructuur-kosten van verkeer en vervoer. De meest recente studie op dit vlak is 'De prijs van een reis' (CE Delft en VU, 2004). In deze studie worden de externe en infrastructuurkosten van het personen- en goederenvervoer (weg, spoor en binnenvaart) in Nederland in 2002 in kaart gebracht. Daarnaast wordt ook inzicht geboden in de belastingopbrengsten van het vervoer in Nederland, alsmede in de verstrekte subsidies. De resultaten van deze studie zijn in vele beleidstrajecten gebruikt. Daarnaast worden de resultaten van deze studie ook vaak toegepast in maatschappelijke kosten-batenanalyses (MKBA's) van infrastructurele en verkeer gerelateerde projecten.

'De prijs van een reis' is gepubliceerd in 2004 en inmiddels toe aan een actualisatie. Hiervoor zijn verschillende redenen:

- De kennis op het gebied van het waarderen van externe effecten van verkeer heeft zich sinds 2004 sterk verder ontwikkeld. Dit leidt in sommige gevallen tot andere aanbevolen waarderingskentallen of –methodieken dan toegepast in de studie uit 2004.
- De verkeers- en voertuiggegevens die worden gehanteerd in de studie uit 2004 zijn op sommige punten achterhaald. Zo is bijvoorbeeld het gemiddeld aantal ongevallen (per voertuigkilometer) de afgelopen jaren sterk gedaald. Ook zijn vooral wegvoertuigen, onder druk van Europese regelgeving, aanzienlijk schoner geworden.
- De externe kostenschattingen zoals die gepresenteerd worden in de studie uit 2004 zijn niet altijd even geschikt om toegepast te worden in MKBA's. Zo presenteert de studie uit 2004 enkel marginale kostenschattingen voor zogenaamde 'best' en 'worse cases', terwijl voor MKBA's meestal gebruik gemaakt wordt van 'gemiddelde' marginale kosten kentallen.

Het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM), onderdeel van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu, heeft CE Delft en de VU gevraagd om de update van 'De prijs van een reis' uit te voeren. Dit rapport is het resultaat van deze studie.

1.3 Doel van deze studie

Het doel van deze studie is om een onafhankelijk, wetenschappelijk onderbouwd en actueel overzicht te bieden van de externe en infrastructuurkosten, subsidies, belastingen en heffingen van de verschillende modaliteiten in Nederland in 2010. Het vertalen van de schattingen van de externe en infrastructuurkosten in beleidsaanbevelingen valt nadrukkelijk buiten het kader van deze studie.

De resultaten van het onderzoek kunnen voor verschillende doeleinden worden ingezet, waaronder voor het gebruik in MKBA's. Deze toepassing van de resultaten wordt nader toegelicht in volgende tekstbox.

Gebruik resultaten in MKBA's

De resultaten zoals gepresenteerd in deze studie kunnen gebruikt worden als kentallen bij het opstellen van Maatschappelijke Kosten-Batenanalyses (MKBA's). Zoals ook wordt aangegeven in RIGO (2012) kunnen kostenkentallen in een MKBA op een verfijnde en grovere wijze worden toegepast.

Verfijnde methode
Bij de verfijnde methode worden in de MKBA de fysieke effecten van een ingreep (bijvoorbeeld verandering in emissies, verandering in aantal dodelijke slachtoffers bij verkeersongevallen, aantal geluidgehinderden) bepaald, die vervolgens gewaardeerd worden met een schaduwprijs uitgedrukt in € per fysiek effect. Voor emissies gaat het dan bijvoorbeeld om €/kg NO_x en bij verkeersslachtoffers om €/dodelijk slachtoffer. De schaduwprijzen zoals die in dit rapport worden gepresenteerd en gehanteerd zijn ook zeer geschikt om op deze wijze in MKBA's gebruikt te worden.

Grovere methodiek
Vaak wordt in kentallen-MKBA's de stap van het bepalen van de fysieke effecten overgeslagen. In plaats daarvan worden de veranderingen in emissies, verkeersveiligheid, etc. gewaardeerd op basis van kentallen in €/voertuigkilometer, €/reizigerskilometer of €/tonkilometer. Ook in uitgebreide MKBA's wordt deze werkwijze vaak toegepast wanneer de betreffende effecten niet het hoofdeffect van een maatregel vormen, maar een neveneffect. Voor deze toepassing van kentallen in MKBA's zijn de resultaten van deze studie (uitgedrukt in €/voertuigkilometer, €/reizigerskilometer of €/tonkilometer) zeer geschikt. Drie opmerkingen zijn hierbij echter wel op zijn plaats:

- Voor effecten op congestie en ongevallen geldt dat in een MKBA altijd gerekend wordt met de totale maatschappelijke kosten, dus interne en externe kosten. In deze studie presenteren we echter alleen de *externe* congestie- en ongevalskosten. Voor deze kostenposten zijn de resultaten van deze studie dus niet rechtstreeks toepasbaar in een MKBA.
- In deze studie presenteren we zowel gemiddelde als marginale externe kostenschattingen (zie ook Paragraaf 2.4). Welk van deze twee typen kosten gehanteerd moet worden in een MKBA hangt af van het type ingreep/maatregel dat in de MKBA wordt bekeken:
  - Als de maatregel leidt tot veranderingen in de bestaande verkeersstromen (en daarmee tot veranderingen in de omvang van de externe effecten), dan kan het best gebruik worden gemaakt van marginale kosten. Bij de marginale kosten gaat het immers om de kosten die ontstaan als er extra voertuigen worden toegevoegd aan een bestaande verkeersstroom. De marginale kosten kunnen soms sterk afwijken van de gemiddelde kosten; dit geldt bijvoorbeeld voor de kosten van geluid: de marginale effecten van geluid zijn aanmerkelijk lager wanneer er een auto wordt toegevoegd aan een bestaande verkeersstroom dan wanneer er een auto rijdt over een tot dan toe verlaten weg. Het gebruik van gemiddelde kosten van geluid zou in deze situatie dus tot een overschatting van de kosten van geluid leiden.

- Als de maatregel leidt tot nieuwe verkeersstromen of tot het verdwijnen van bestaande verkeersstromen (en daarmee tot het ontstaan of verdwijnen van externe effecten) dan kan het best gebruikt worden gemaakt van gemiddelde kosten. Deze kosten geven de beste indicatie van de kosten die de nieuwe verkeersstroom veroorzaakt.

– De kostenkentallen zoals die in deze studie worden gepresenteerd zijn specifiek afgeleid voor het jaar 2010. In MKBA's dienen echter vaak de effecten voor een groot aantal jaren bepaald te worden. Het verdient dan ook aanbeveling om zorgvuldig te bekijken in hoeverre de kostenkentallen uit deze studie aangepast dienen te worden om ook toegepast te kunnen worden voor effecten uit toekomstige jaren.

Naast het bieden van een state-of-the-art overzicht van externe en infrastructuurkosten, subsidies, belastingen en heffingen, is deze studie ook bedoeld om 'witte vlekken' op dit vlak te identificeren. Hierbij gaat het zowel om het in kaart brengen van verbeterpunten voor de gedane kostenschattingen als om het identificeren van externe kosten/batenposten waarvoor het momenteel nog niet mogelijk is om betrouwbare schattingen van hun omvang te maken (bijvoorbeeld door een gebrek aan een betrouwbare methodologie). In Paragraaf 13.7 en Bijlage M geven we een uitgebreid overzicht van de geïdentificeerde witte vlekken.

De studie is gebaseerd op beschikbare wetenschappelijke literatuur en onafhankelijke databronnen. Het opstellen van deze studie is begeleid door een klankbordgroep met diverse vertegenwoordigers van onder andere bracheorganisaties van verschillende vervoerswijzen. Een overzicht van de leden van de klankbordgroep is te vinden in Bijlage N.

1.4 Afbakening

Deze studie is opgesteld voor de belangrijkste vervoerswijzen over weg, spoor, water en door de lucht, voor zowel personen- als goederenvervoer.
Tabel 4 geeft een overzicht van de vervoerswijzen die zijn meegenomen.
Per vervoerswijze is ook aangegeven welke kostenposten zijn meegenomen.
Een uitvoeriger beschrijving van de afbakening van de studie is te vinden in Hoofdstuk 2.

Tabel 4 Overzicht van vervoerswijzen en kostenposten

	Klimaat	Luchtkwaliteit	Geluid	Ongevallen	Congestie	Infrastructuur (aanleg, onderhoud, beheer)	Ruimtebeslag	Emissies van elektriciteits- en brandstofproductie	Natuur en landschap	Bodem- en grondwater-vervuiling
Personenvervoer										
Personenauto	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Motorfiets	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Bromfiets	X	X	X	X	X[a]	X	X	X	X	X
Fiets	-	-	-	X	-	X	X	X	X	X

Bus/touringcar	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
(Snel)tram	-	X	X	X	-	X	X	X	X	X
Metro	-	X	X	X	-	X	X	X	X	X
Personentrein	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X
Luchtvaart	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X
Goederenvervoer										
Bestelauto	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Vrachtauto	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Goederentrein	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X
Binnenvaart	X	X	-	X	-	X	X	X	X	-
Zeevaart	X	X	-	X	-	X	X	X	X	-
Luchtvaart	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X

[a] Alleen de marginale externe congestiekosten voor bromfietsen zijn ingeschat.

In deze studie zijn ook een aantal externe kostenposten niet meegenomen omdat er onvoldoende basis is voor een betrouwbare kwantificering en waardering van deze posten. Dit kan het gevolg zijn van een gebrek aan data, maar vaker nog is dit het gevolg van ontbrekende methodieken voor het kwantificeren en waarderen. Enkele kostenposten die in deze studie niet worden meegenomen zijn:

- congestiekosten en schaarstekosten[2], met uitzondering van congestiekosten van het wegvervoer;
- externe kosten van energievoorzieningszekerheid;
- externe kosten als gevolg van nucleaire elektriciteitsopwekking;
- externe kosten van barrièrewerking van infrastructuur;
- externe kosten door watervervuiling als gevolg van scheepvaart;
- externe kosten die zijn gerelateerd aan de productie, onderhoud en beheer van voertuigen en infrastructuur[3].

In Bijlage M gaan we uitgebreider in op deze verschillende externe kostenposten en geven we per post aan waarom we die niet hebben meegenomen in dit onderzoek. De congestiekosten en schaarstekosten voor niet-weg modaliteiten komen niet in deze bijlage aan bod, maar in Hoofdstuk 0.
Voor de kostenposten die in deze studie zijn meegenomen geldt overigens dat soms een deel van de externe effecten niet kan worden gekwantificeerd of dat inschattingen nog zeer onzeker zijn. Waar dat het geval is, is dat aangegeven bij de betreffende kostenpost.

1.5 Leeswijzer

Dit rapport is als volgt opgebouwd. In Hoofdstuk 2 staan de uitgangspunten en de algehele aanpak beschreven. Vervolgens worden voor de verschillende kostenposten de methodiek, aannames en resultaten gepresenteerd: in Hoofdstuk 3 voor de infrastructuurkosten, in Hoofdstuk 4 voor de kosten van ruimtebeslag en in Hoofdstuk 5 tot en met Hoofdstuk 0 voor alle andere externe kosten. De uitwerking van de belastingen, heffingen en subsidies staan in Hoofdstuk 12. In Hoofdstuk 13 staat een synthese van de resultaten.

In de bijlagen staat achtergrond informatie over:

[2] Hierbij gaat het bijvoorbeeld om kosten die zijn gerelateerd aan de schaarste van slots op luchthavens of de beperkte beschikbaarheid van spoorinfrastructuurcapaciteit.

[3] De directe kosten van aanleg, onderhoud en beheer van infrastructuur worden in dit onderzoek wel meegenomen (zie Hoofdstuk 3).

Verkeersgegevens	0
Infrastructuurkosten	Bijlage B
Kosten van ruimtebeslag	Bijlage C
Kosten van verkeersonveiligheid	Bijlage D
Kosten van broeikasgasemissies	Bijlage E
Kosten van luchtvervuilende emissies	Bijlage F
Kosten van emissies van brandstof en elektriciteitsproductie	Bijlage G
Kosten van geluid	Bijlage H
Marginale congestiekosten	Bijlage I
Belastingderving als gevolg van privégebruik van auto's van de zaak	Bijlage J
Kosten binnen en buiten de bebouwde kom	Bijlage K
Vergelijking met Prijs van een reis (CE Delft en VU, 2004)	Bijlage L
Niet onderzochte kostenposten	Bijlage M
Leden van de begeleidingsgroep	Bijlage N

2 Uitgangspunten en aanpak

2.1 Inleiding

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de methodologische uitgangspunten en de overkoepelende aanpak voor de studie. Allereerst geven we in Paragraaf 2.2 een overzicht van enkele belangrijke definities die in deze studie worden gehanteerd. De geografische afbakening van de studie wordt gepresenteerd in Paragraaf 2.3. Vervolgens geven we in Paragraaf 2.4 een overzicht van de verschillende presentatievarianten. De wijze waarop we in deze studie omgaan met onzekerheden komt aan bod in Paragraaf 2.5, waarna we in Paragraaf 2.6 het basisjaar van deze studie bespreken.

Specifieke methodologische keuzes en gebruikte data en uitgangspunten per kostenpost worden besproken in Hoofdstuk 3 tot en met Hoofdstuk 0.

2.2 Definities

Externe kosten zijn kosten voor derden die worden veroorzaakt door een vervoerswijze maar die zonder overheidsingrijpen niet tot uitdrukking komen in de kosten voor de gebruiker. Er kan onderscheid gemaakt worden tussen twee soorten externe kosten:

- kosten die worden gedragen door andere verkeersdeelnemers;
- kosten die worden gedragen door actoren buiten de verkeerssector (bijv. de overheid of de maatschappij als geheel).

Infrastructuurkosten zijn alle kosten voor aanleg, vernieuwing, onderhoud en beheer van transportinfrastructuur.

Belastingen, heffingen en subsidies worden in deze studie gedefinieerd als overdrachten tussen overheden en gebruikers of aanbieders van mobiliteit welke direct gerelateerd zijn aan het bezit, de aanschaf of het gebruik van een voertuig, het gebruik van infrastructuur of energie. Het verschil tussen belastingen en heffingen is daarbij dat het bij belastingen om een betaling gaat waarbij er geen directe tegenprestatie wordt geleverd door de overheid (of aanbieder van mobiliteit), terwijl dit bij een heffing wel het geval is. De methodologische keuzes, afbakening en data met betrekking tot belastingen, heffingen en subsidies worden nader besproken in Hoofdstuk 12.

2.3 Geografische afbakening

2.3.1 Algemene methodiek

Voor alle kosten kijken we alleen naar de kosten van vervoer op Nederlands grondgebied, inclusief alle verkeersmiddelen die in het buitenland staan geregistreerd[4]. Bij de belastingen, heffingen en subsidies kijken we naar de inkomsten en uitgaven van de Nederlandse overheid (waar relevant inclusief lagere overheden).

2.3.2 Geografische afbakening internationale vervoerswijzen

Voor de internationale vervoerswijzen zeevaart en luchtvaart is de afbakening zoals hierboven beschreven problematisch, omdat een groot deel van het vervoer van deze vervoerswijzen op deze manier aan geen enkel land toebedeeld zou worden. Internationaal vervoer via de lucht- en zeevaart vindt namelijk vaak plaats in niet-territoriale gebieden (luchtruim/wateren), waardoor bij toepassing van de algemene methodiek voor de geografische afbakening een deel van de externe effecten (het deel dat plaatsvindt in de niet-territoriale gebieden) niet aan een bepaald land wordt toegewezen. Het gaat hierbij met name om de externe effecten met een mondiaal karakter: de kosten van klimaatverandering, de kosten van emissies van brandstofproductie en de ongevalskosten. Bij de geografische afbakening voor de internationale vervoerswijzen maken we daarom onderscheid tussen de 'lokale' externe effecten en de 'mondiale' externe effecten.

Mondiale externe effecten

Voor de effecten met een mondiaal karakter (broeikasgasemissies, emissies van brandstofproductie en ongevalskosten) wordt van al het verkeer van en naar Nederlandse (lucht)havens de helft van alle kosten van de reis meegerekend (de andere helft wordt toebedeeld aan de vertreklocatie of bestemming van de reis).[5]

Uiteraard was het ook mogelijk geweest om gebruik te maken van een alternatieve toewijzingsmethodiek voor de mondiale effecten van lucht- en zeevaart. Enkele alternatieve methodieken zijn:

- *Alle externe effecten van de reis van vertrekkende vliegtuigen/schepen uit Nederland worden toegewezen aan Nederland*. Deze methodiek levert ongeveer dezelfde resultaten op als de 50% toedeling zoals we die in deze studie hanteren. Modelberekeningen met het AERO-model (uitgevoerd in het kader van deze studie) laten bijvoorbeeld zien dat de CO_2-emissies van vertrekkende vliegtuigen 49,9% van de totale CO_2-emissies van vertrekkende en aankomende vliegtuigen vormen.

---

[4] Dit betekent dat ook de kosten van schadelijke effecten op buitenlands grondgebied die het gevolg zijn van het verkeer op Nederlands grondgebied worden meegenomen in deze studie. Bijvoorbeeld, schadelijke effecten van in Nederland uitgestoten NO_x-emissies op buitenlandse ecosystemen worden in deze studie toegerekend aan Nederland. Dit houdt dan uiteraard ook in dat schadelijke effecten in Nederland als gevolg van het verkeer op buitenlands grondgebied niet worden toegewezen aan Nederland en dus geen onderdeel vormen van deze studie.

[5] Deze toewijzingsmethodiek wordt vaak toegepast bij mondiale effecten van internationaal vervoer. Zo geldt er bij het EU ETS voor de luchtvaart bijvoorbeeld dat bij intra-EU-vluchten enkel de CO_2-emissies van uitgaande vluchten worden meegenomen, wat (nagenoeg) hetzelfde is als 50% van de uitgaande en binnenkomende vluchten. Ook in studies naar de klimaateffecten van de zeevaart wordt vaak de methodiek gehanteerd dat 50% van het verkeer van en naar een land worden toegerekend aan dat land. Dit is bijvoorbeeld het geval in het EXTREMIS-model (TRT, 2008). Ook Entec (2005) maakt gebruik van deze toewijzingsmethodiek.

- *Alle externe effecten van de reis van aankomende vliegtuigen/schepen in Nederland*. Evenals de bovenstaande methodiek leidt ook deze aanpak (zeer waarschijnlijk) tot vergelijkbare resultaten als de 50% toedeling zoals we die in deze studie hanteren.
- *De externe effecten worden toegewezen op basis van de nationaliteit van de luchtvaartmaatschappij en de reder (of de vlag waaronder het schip vaart)*. Deze toedelingsmethodiek kan tot verwarrende uitkomsten leiden. Voor de zeevaart geldt bijvoorbeeld dat Panama de lijst van aantal schepen die vaart onder hun vlag aanvoert (ca. 7% van alle zeeschepen op 1 januari 2011; Unctad, 2011). Er is dus geen/nauwelijks een relatie tussen de vlag van het schip en het land van herkomst/bestemming.
- *De externe effecten worden toegewezen aan het land dat de uiteindelijke eindbestemming is van de persoon of het goed dat wordt vervoerd met de luchtvaart of de zeevaart*. Dit betekent bijvoorbeeld dat wanneer alle containers van een zeeschip dat aankomt in Rotterdam worden doorgevoerd naar Duitsland, alle externe effecten van dit schip worden toegewezen aan Duitsland. Een meer gedetailleerde benadering zou zijn om de externe effecten toe te wijzen op basis van toegevoegde waarde die een land ontleent aan de passagiers/vracht van het vliegtuig/schip. Deze methodiek sluit echter niet aan bij de toewijzingsmethodiek die wordt gehanteerd voor de andere vervoerswijzen (de emissies van een binnenvaartschip dat containers vervoert naar Duitsland worden ook niet volledig toegerekend aan Duitsland, maar slechts voor zover ze op Duits grondgebied zijn uitgestoten). Bovendien vraagt deze methode om zeer gedetailleerde data over de eindbestemmingen van de passagiers/vracht die met het vliegtuig/zeeschip aankomen in Nederland.

De bovenstaande alternatieve toewijzingsmethodieken leiden ofwel tot vergelijkbare resultaten, ofwel sluiten niet aan bij de gehanteerde aanpak voor de overige vervoerswijzen (en kunnen leiden tot verwarrende uitkomsten). Ook vanwege de beschikbare data hebben we in deze studie daarom gekozen voor de toedeling waarbij 50% van de mondiale effecten van al het verkeer van en naar Nederlandse (lucht)havens wordt toegerekend aan Nederland. Deze methodiek zou nog verder uitgewerkt kunnen worden door rekening te houden met de effecten die plaatsvinden in territoriale gebieden anders dan in Nederland of het land van herkomst/bestemming[6]. De beschikbare data staan het niet toe om op een zo gedetailleerd niveau de mondiale effecten van lucht- en zeevaart toe te wijzen aan de verschillende landen. Vandaar dat er in deze studie is gekozen voor een meer pragmatische aanpak, waarbij de mondiale effecten volledig worden toegewezen aan het land van herkomst en bestemming (en dus niet aan de tussenliggende landen).

Bij de bepaling van de gemiddelde kosten (in €/reizigerskilometer of €/tonkilometer[7]) hanteren we ook de aanname dat 50% van de kilometers van reizen van en naar Nederland toegewezen dienen te worden aan Nederland. Door voor de kilometers dezelfde aannames te hanteren als voor de externe

---

6 Een schip dat van Rotterdam naar Singapore vaart kan bijvoorbeeld ook door Belgische of Franse territoriale wateren komen en een deel van de effecten zou dus aan deze landen toegewezen kunnen worden. Hierbij moet echter bedacht worden dat in deze situatie ook de effecten van schepen die door Nederlandse wateren varen maar geen Nederlandse havens aandoen aan Nederland zouden moeten worden toegewezen.

7 In deze studie presenteren we de gemiddelde kosten voor de luchtvaart ook in €/LTO en voor de zeevaart in €/call (zie Paragraaf 2.4.2 voor een nadere toelichting). Bij de bepaling van deze gemiddelde kosten worden 50% van de kosten van vluchten/vaarten van en naar Nederland gedeeld door het totale aantal LTO's of calls in Nederlandse (lucht)havens.

effecten waarborgen we dat we de correcte externe kosten per reizigerskilometer of tonkilometer bepalen.

Uiteraard zorgt de bovenstaande toewijzingsmethodiek voor enige onzekerheid in de schattingen van met name de totale kosten van broeikasgasemissies van lucht- en zeevaart. De beschikbare data staan het echter niet toe om een onderbouwde inschatting te maken van een redelijk te hanteren bandbreedte voor dit effect. Om toch enig inzicht te krijgen in de invloed van deze onzekerheid op de resultaten voeren we in deze studie voor de relevante kostenposten een gevoeligheidsanalyse uit waarbij we bekijken wat de gevolgen voor de kosten zijn als in plaats van 50% van de mondiale effecten 40 of 60% word toegewezen aan Nederland. De resultaten van deze gevoeligheidsanalyse worden gebruikt bij het construeren van de (kunstmatige) bandbreedte voor deze effecten.

Lokale externe effecten

Voor de lokale externe effecten (infrastructuurkosten, ruimtebeslag, luchtvervuiling, geluid, overige kostenposten) van de lucht- en zeevaart hanteren we in deze studie grotendeels dezelfde aanpak als voor de overige vervoerswijzen. Dit betekent dat alleen de effecten die optreden op nationaal grondgebied worden meegenomen in de analyse. Voor luchtvervuiling betekent dit bijvoorbeeld dat voor luchtvaart enkel de LTO (landing en take-off) emissies worden meegenomen en voor zeevaart de emissies op het Nederlands Continentaal Plat[8].

Voor de bepaling van de gemiddelde kosten (uitgedrukt in termen van €/reizigerskilometer of €/tonkilometer[9]) hanteren we bij de internationale vervoerswijzen - evenals bij de mondiale effecten – de aanname dat 50% van de kilometers van reizen van en naar Nederland toegewezen dienen te worden aan Nederland. Voor de luchtvervuilende emissies van de passagiersluchtvaart betekent dit bijvoorbeeld dat de gemiddelde kosten worden bepaald door alle LTO emissies die toegewezen kunnen worden aan de passagiersluchtvaart te delen door 50% van de reizigerskilometers van alle vluchten van en naar Nederland. De LTO-emissies die vrijkomen bij de bestemming/aankomst in het buitenland worden toegewezen aan de overige 50% van de vluchtkilometers.

2.4 Presentatievarianten en definiëring marginale cases

De hoogte van de verschillende kosten/baten, belastingen, heffingen en subsidies worden (uitgesplitst naar de verschillende vervoerswijzen) afzonderlijk gepresenteerd in Hoofdstuk 3 tot en met 12. Daarnaast zetten we voor elke vervoerswijze de kosten/baten, belastingen, heffingen en subsidies overzichtelijk naast elkaar in Hoofdstuk 13.

---

8 Uiteraard stoten vliegtuigen/zeeschepen ook emissies uit op non-territoriaal gebied. Echter, omdat dit over het algemeen ver verwijderd is van bevolkte gebieden zijn de schadelijke effecten van deze emissies beperkt. Om die reden laten we deze emissies in deze studie buiten beschouwing. Een uitgebreidere toelichting op deze veronderstelling kan worden gevonden in Hoofdstuk 2.3.2.

9 Zoals aangegeven in voetnoot 7 presenteren we in deze studie de gemiddelde kosten voor de luchtvaart ook in €/LTO en voor de zeevaart in €/call (zie Paragraaf 2.4.2 voor een nadere toelichting). Bij de bepaling van deze gemiddelde kosten worden de lokale externe effecten op Nederlands grondgebied gedeeld door het totale aantal LTO's of calls in Nederlandse (lucht)havens.

Bij de presentatie van de resultaten houden we op twee manieren rekening met het enigszins afwijkende (geografische) karakter van lucht- en zeevaart (ten opzichte van de overige vervoerswijzen):

- Bij de presentatie van de totale externe en infrastructuurkosten maken we onderscheid tussen internationaal (lucht- en zeevaart) en nationaal transport (de rest). In de tabellen (en figuren) zullen we deze groep als aparte subcategorie onderscheiden.
- Voor de totale externe en infrastructuurkosten van het internationaal transport maken we daarnaast onderscheid tussen de externe kosten die plaatsvinden op nationaal grondgebied en de externe kosten die plaatsvinden op internationaal grondgebied. Daarbij veronderstellen we dat de 'mondiale' externe kosten toegewezen dienen te worden aan het internationaal grondgebied en de overige externe kosten aan het nationaal grondgebied[10].

Zowel bij de prestentatie van de schattingen per kostenpost als bij de presentatie van de totale externe en infrastructuurkosten (en totale belastingopbrengsten/heffingen/subsidies) hanteren we een drietal varianten:

- totale kosten en totale belastingen/heffingen/subsidies;
- gemiddelde kosten en gemiddelde belastingen/heffingen/subsidies;
- marginale kosten en marginale belastingen/heffingen/subsidies.

In de volgende paragrafen wordt elk van deze varianten nader toegelicht.

2.4.1 Totale kosten en totale belastingen/heffingen/subsidies

In de eerste presentatievariant worden per vervoerswijze de totale kosten, subsidies en opbrengsten gepresenteerd, uitgedrukt in miljoenen of miljarden euro per jaar. Voor de personenauto worden de totalen gepresenteerd per brandstoftype (benzine, diesel en LPG) omdat de belastingen en heffingen voor deze drie categorieën sterk verschillen. Ook voor treinen wordt een onderscheid gemaakt naar brandstof (diesel en elektriciteit). Voor alle andere vervoerswijzen worden enkel de totale kosten voor de vervoerswijze als geheel gepresenteerd.

De kosten worden hierbij uitgesplitst naar de verschillende kostenposten en voor zover van toepassing naar de partij door wie de kosten worden gedragen (actoren binnen de transportsector en actoren buiten de transportsector). De opbrengsten van belastingen en heffingen worden uitgesplitst naar de verschillende categorieën van belastingen en heffingen (accijns, BPM, etc.).

2.4.2 Gemiddelde kosten en gemiddelde belastingen/heffingen/subsidies

De gemiddelde kosten worden voor het personenvervoer uitgedrukt in euro per 1.000 reizigerskilometer en voor het goederenvervoer in euro per 1.000 tonkilometer. Deze worden berekend door de totale kosten te delen door de totale vervoersprestatie van de betreffende vervoerswijze.
Voor bestelauto's is het weinig zinvol om de kosten uit te drukken in euro per reizigerskilometer (geen personenvervoer) of tonkilometer (bestelauto's zijn immers niet bedoeld om grote vrachten te vervoeren, maar juist kleine vrachten die niet efficiënt met een vrachtauto vervoerd kunnen worden). Vandaar dat we de gemiddelde kosten voor deze vervoerswijze in euro per 1.000 voertuigkilometer presenteren.

---

[10] Uiteraard vind een deel van de mondiale externe effecten van de lucht- en zeevaart op Nederlands grondgebied plaats, maar naar verwachting is dit slechts een beperkt deel en levert deze werkwijze in de resultaten dus slechts een kleine afwijking op. Het ontbreekt aan data om een onderbouwde toewijzing van mondiale externe effecten aan nationaal en internationaal grondgebied te maken.

Voor sommige toepassingen kan het handig zijn om de kosten uitgedrukt te hebben in euro per voertuigkilometer. Voor alle wegvervoerswijzen worden daarom ook kosten gepresenteerd in euro per 1.000 voertuigkilometer (in tabelvorm in de bijlagen). Ook voor de luchtvaart wordt er een tweede variant voor de presentatie van de gemiddelde kosten met een lokaal karakter gehanteerd, namelijk €/LTO. Dit is gedaan omdat deze presentatievariant veelvuldig wordt gebruikt in de praktijk en in de literatuur. Voor de zeevaart worden de gemiddelde kosten met een lokaal karakter ook uitgedrukt in €/call (naast het feit dat de gemiddelde kosten worden uitgedrukt in €/1.000 tkm), waarbij een call gedefinieerd wordt als een bezoek aan een Nederlandse haven.

Bij de presentatie van de gemiddelde kosten worden dezelfde categorieën van vervoerswijzen gehanteerd en dezelfde uitsplitsingen naar kostenposten en de verschillende typen belastingen en heffingen als voor de totale kosten.

2.4.3 Marginale kosten en marginale belastingen/heffingen/subsidies

De marginale kosten zijn de additionele kosten van een extra vervoersbeweging. Deze hangen sterk af van de kenmerken van het voertuig, de locatie en andere omstandigheden. De belangrijkste parameters waar de hoogte van de marginale kosten van afhangt verschillen per kostenpost. Zo hangen kosten van broeikasgasemissies af van het brandstofverbruik en het type brandstof, terwijl voor luchtkwaliteitskosten bijvoorbeeld ook de locatie een rol speelt. De marginale ongevalskosten en congestiekosten hangen van nog veel meer factoren af, zoals weersomstandigheden en het rijgedrag van de bestuurder.

Om de variatie in marginale kosten in beeld te brengen wordt bij de presentatie van de marginale kosten onderscheid gemaakt tussen:
- best case;
- worst case;
- middenwaarde.

De definitie van deze drie cases verschilt per kostenpost en vervoerswijze; voor de verschillende vervoerswijzen zijn de definities van de cases daarom samengevat in Tabel 5 (personenvervoer) en Tabel 6 (goederenvervoer). Voor geluid worden twee worst cases gepresenteerd; een worst case voor overdag (die gebruikt wordt voor het berekenen van de totale marginale kosten van alle kostenposten samen) en een worst case voor ‘s nachts[11].

[11] De marginale kosten van geluid liggen gedurende de nacht aanzienlijk hoger dan overdag, wat enerzijds het gevolg is van het geringe achtergrondgeluid ’s nachts en anderzijds van het feit dat mensen stilte ’s nachts hoger waarderen.

De marginale kosten worden, net als de gemiddelde kosten, uitgedrukt in euro per 1.000 reizigerskilometer voor het personenvervoer, in euro per 1.000 tonkilometer voor het goederenvervoer en in euro per 1.000 voertuigkilometer voor de bestelauto.

Voor de internationale vervoerswijzen worden de marginale externe kosten met een lokaal karakter daarnaast ook uitgedrukt in euro per LTO (luchtvaart) of in euro per call (zeevaart). Dit is gedaan voor zowel de middenwaarden als voor de best en worst cases. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de kosten per call of LTO in de best case hoger zijn dan in de worst case. Dit is contra-intuïtief en lijkt wat vreemd, maar is het gevolg van het feit dat de best cases en worst case zijn gedefinieerd op basis van de kosten per reiziger- of tonkilometer. De best case is daardoor altijd het allergrootste en daarmee per eenheid lading meest efficiënte vliegtuig of scheepstype. De kosten per reizigers- of tonkilometer zijn dan immers het laagst. De worst case betreft juist kleine vliegtuigen en schepen. Uitgedrukt in kosten per call of LTO zijn de kosten in de best case echter hoger dan in de worst case omdat een heel groot vliegtuig of schip per call of LTO veel hogere kosten veroorzaakt dan een klein vliegtuig of schip.

Voor veel kostenposten zijn de middenwaarden van de marginale kosten gelijk aan de gemiddelde kosten. In sommige gevallen zijn ze echter veel hoger of lager (zie hiervoor de betreffende hoofdstukken waarin de kostenposten worden besproken).

Tabel 5 Cases waarvoor de marginale kosten zijn uitgewerkt (personenvervoer)

Personenvervoer	**Middenwaarde**	**Best case**	**Worst case**
Personenauto (benzine, diesel, LPG)	Parkgemiddelde emissies Gemiddelde alle wegtypes/locaties Gemiddelde congestie Gewogen gemiddelde dag/nacht Gemiddelde bezetting (1,33)	Bouwjaar 2010 (Euro 5) Buitenweg Geen congestie Overdag 4 personen	Bouwjaar 1996 Stad (dichtbevolkt gebied) Ernstige congestie Overdag 1 persoon
Motorfiets	Parkgemiddelde emissies Gemiddelde alle wegtypes/locaties Gemiddelde congestie Gewogen gemiddelde dag/nacht Gemiddelde bezetting (1,1)	Bouwjaar 2010 (Euro 3) Buitenweg Geen congestie Overdag 2 personen	Bouwjaar 1996 Stad (dichtbevolkt gebied) Ernstige congestie Overdag 1 persoon
Bromfiets	Parkgemiddelde emissies Gemiddelde alle wegtypes/locaties Gemiddelde congestie Gewogen gemiddelde dag/nacht Gemiddelde bezetting (1,1 personen)	Bouwjaar 2010 (Euro 2) Buitenweg Geen congestie Overdag 2 personen	Bouwjaar 1996 Stad (dichtbevolkt gebied) Ernstige congestie Overdag 1 persoon
Fiets	Gemiddeld wegtype	Buiten bebouwde kom	Binnen bebouwde kom
Bus	Parkgemiddelde emissies Gemiddelde alle wegtypes/locaties Gemiddelde congestie Gewogen gemiddelde dag/nacht Gemiddelde bezetting (11 personen)	Bouwjaar 2010 (Euro 5) Buitenweg Geen congestie Overdag 26 personen	Bouwjaar 1996 Stad (dichtbevolkt gebied) Ernstige congestie Overdag 7 personen
Touringcar	Parkgemiddelde emissies Gemiddelde alle wegtypes/locaties Gemiddelde congestie Gewogen gemiddelde dag/nacht Gemiddelde bezetting (23 personen)	Bouwjaar 2010 (Euro 5) Buitenweg Geen congestie Overdag 50 personen	Bouwjaar 1996 Stad (dichtbevolkt gebied) Ernstige congestie Overdag 15 personen
(Snel)tram	Gewogen gemiddelde dag/nacht Gemiddelde bezettingsgraad	Overdag 2 maal gemiddelde bezetting	Overdag Helft gemiddelde bezetting
Metro	Gemiddelde bezettingsgraad	2 maal gemiddelde bezetting Ondergronds	Helft gemiddelde bezetting Bovengronds

Personenvervoer	**Middenwaarde**	**Best case**	**Worst case**
Personentrein (elektrisch)	Gemiddelde trein Gewogen gemiddelde dag/nacht Gemiddelde bezettingsgraad (141 personen)	Intercity Overdag Hoge bezetting (315 personen)	Stoptrein Overdag Lage bezetting (52 personen)
Personentrein (diesel)	Gewogen gemiddelde dag/nacht Gemiddelde bezettingsgraad (46 personen)	(bouwjaar 2010 (EU stage 3a)) Overdag Hoge bezetting (92 personen)	(Bouwjaar 1995 (niet gereguleerd) Overdag Lage bezetting (23 personen)
HSL	Gewogen gemiddelde dag/nacht Gemiddelde bezettingsgraad (65%)	Overdag Hoge bezetting (95%)	's Nachts Helft gemiddelde bezetting
Luchtvaart	Gemiddeld vliegtuig Gewogen gemiddelde dag/nacht Gemiddelde bezettingsgraad (120 personen) 2.000 km	Boeing 777 Overdag Hoge bezettingsgraad (90%, 383 personen) 10.000 km	Embraer 190 Overdag Lage bezettingsgraad (50%, 50 personen) 750 km

Noot: De gemiddelde bezettingsgraden zijn gebaseerd op CBS (2012) en CE Delft (2008c). Voor de luchtvaart is de gemiddelde bezettingsgraad en vluchtafstand berekend op basis van de modeloutput van AERO.

Tabel 6 Cases waarvoor de marginale kosten worden uitgewerkt (goederenvervoer)

Goederenvervoer	**Middenwaarde**	**Best case**	**Worst case**
Bestelauto	Parkgemiddelde emissies Gemiddelde alle wegtypes/locaties Gemiddelde congestie Gewogen gemiddelde dag/nacht Gemiddelde beladingsgraad	Bouwjaar 2010 (Euro 5) Buitenweg Geen congestie Overdag 2 maal gemiddelde belading	Bouwjaar 1996 Stad (dichtbevolkt gebied) Ernstige congestie Overdag Helft gemiddelde belading
Vrachtauto (<10 ton, 10-20 ton, >20 en trekker/ oplegger)	Parkgemiddelde emissies Gemiddelde alle wegtypes/locaties Gemiddelde congestie Gewogen gemiddelde dag/nacht Gemiddelde beladingsgraad	Bouwjaar 2010 (Euro V) Buitenweg Geen congestie Overdag Hoge beladingsgraad (75%)	Bouwjaar 1996 Stad (dichtbevolkt gebied) Ernstige congestie Overdag Lage beladingsgraad (25%)
Goederentrein elektrisch	Gemiddelde trein Gewogen gemiddelde dag/nacht Gemiddelde beladingsgraad	Lange trein Overdag capaciteit 2.670 ton Hoge belading (75%)	Korte trein Overdag Capaciteit 600 ton Lage belading (25%)[a]
Goederentrein diesel	Gemiddelde trein Gewogen gemiddelde dag/nacht Gemiddelde beladingsgraad	Lange trein (bouwjaar 2010 (EU stage 3a)) Overdag Capaciteit 2.670 ton Hoge belading (75%)	Korte trein (Bouwjaar 1995 (niet gereguleerd) Overdag Capaciteit 600 ton Lage belading (25%)[a]

Goederenvervoer	**Middenwaarde**	**Best case**	**Worst case**
Binnenvaart	Gemiddeld schip Gemiddelde beladingsgraad	6-baks duwstel uit 2010 (CCR-II) Hoge beladingsgraad (75%) 18.000 ton capaciteit	Spits uit 1990 (Niet gereguleerd) Lage beladingsgraad (25%)[b] 350 ton capaciteit
Zeevaart	Gemiddeld schip Gemiddelde beladingsgraad	Olietanker, bouwjaar 2010 (295.000 ton), IMO Tier II Hoge beladingsgraad (90%) *Tonkilometers per call: 5.500 miljoen*	Feeder (containers) Bouwjaar 1995 (3.500 ton), Pre-tier Lage beladingsgraad (25%) *Tonkilometers per call: 120.750*
Luchtvaart	Gemiddeld vliegtuig Gemiddelde belading (8 ton) Gemiddelde afstand (4.500 km)	B747F (vrachtvliegtuig) Maximale capaciteit 113t Beladingsgraad 95% 12.000 km	B737-400 (belly hold cargo) Maximale capaciteit 17t Beladingsgraad 30% 3.000 km

[a] Ter illustratie; in de praktijk zal een goederentrein met 600 ton capaciteit niet rijden met een dergelijk lage beladingsgraad.

[b] Ter illustratie; in de praktijk zal een spits altijd helemaal vol of helemaal leeg zijn.

In aanvulling op de cases zoals weergegeven in Tabel 5 en Tabel 6 wordt aandacht besteed aan de volgende specifieke voertuigcategorieën met een innovatief karakter:
- elektrische auto's;
- elektrische bus;
- elektrische fiets;
- bussen op (groen) gas;
- lange en zware vrachtauto's.

Voor ieder van deze voertuigen zijn eveneens marginale kosten berekend. Vanwege het erg kleine aandeel van deze voertuigcategorieën hebben ze nagenoeg geen invloed op de totale/gemiddelde kosten. De marginale kosten van deze vervoerswijzen zijn vergeleken met die van respectievelijk conventionele personenauto's, fietsen, bussen en zware vrachtauto's. Deze resultaten zijn telkens opgenomen in aparte kaders.

2.5 Onzekerheden

De schattingen van externe en infrastructuurkosten zoals die in deze studie worden gepresenteerd worden gekenmerkt door onzekerheid. Dit kan verschillende oorzaken hebben:
- *Onzekerheid als gevolg van de gehanteerde waarderingsmethodieken*
  Aangezien de omvang van externe effecten niet tot uiting komt in marktprijzen dienen ze ingeschat te worden met alternatieve methodieken. Al deze methodieken worden gekenmerkt door een zekere mate van onzekerheid. Echter, er bestaan wel duidelijke verschillen in de mate van onzekerheid tussen de methodieken die worden gebruikt voor de verschillende externe kostenposten. Dit is allereerst het gevolg van de mate waarin deze methodieken zijn doorontwikkeld. De waarderingsmethodieken voor luchtvervuilende emissies zijn bijvoorbeeld veel verder ontwikkeld dan de methodieken voor de waardering van natuurkwaliteit. Daarnaast is het ene externe effect ook makkelijker te kwantificeren/

waarderen dan een ander effect. Zo zal het bijvoorbeeld makkelijker zijn om de betalingsbereidheid van mensen voor minder geluidsoverlast te meten dan de betalingsbereidheid voor het in stand houden van de biodiversiteit.
- *Onzekerheid als gevolg van de gehanteerde inputdata*
  Ook de gehanteerde inputdata wordt vaak gekenmerkt door onzekerheden. Dit geldt zowel voor de basisdata (verkeersdata) als de meer specifieke data aangaande de verschillende externe effecten (emissies, aantal ongevallen, etc.). Ook hier geldt dat er een grote variatie is in de mate van onzekerheid tussen de verschillende data.
- *Onzekerheid als gevolg van gemaakte aannames*
  Bij de bepaling van de externe kosten wordt gebruik gemaakt van verschillende aannames, die allemaal een bepaalde onzekerheid met zich meebrengen. De mate van onzekerheid is vooral afhankelijk van de mate waarin de aannames onderbouwd kunnen worden met behulp van beschikbare kennis uit de literatuur of van experts.

In deze studie maken we de onzekerheden in de kostenschattingen op drie manieren zichtbaar:
- Door gebruik te maken van *bandbreedtes* kunnen de belangrijkste onzekerheden in de kostenschattingen worden meegenomen. Deze bandbreedtes zijn gebaseerd op de onzekerheden in de bepaling van de totale kosten, waarbij we ons vooral richten op de onzekerheid in de gehanteerde schaduwprijzen (aangezien die over het algemeen zorgen voor de grootste onzekerheden in de analyse). Waar de onzekerheden over de fysieke effecten (emissies, geluidbelaste personen, aantal verkeersslachtoffers) erg groot is, hebben we ook deze onzekerheden meegenomen bij de bepaling van de bandbreedte. De bandbreedtes zijn alleen geconstrueerd voor de totale en gemiddelde kosten. Voor de marginale kosten kunnen de worst en best case opgevat worden als de onder- en bovengrens van een bandbreedte.
- In een enkele situatie hebben we ook een *gevoeligheidsanalyse* uitgevoerd om onzekerheden in kaart te brengen. Gevoeligheidsanalyses zijn voornamelijk gehanteerd om de effecten van fundamenteel andere methodologische keuzes in kaart te brengen.
- Door op transparante wijze de gevolgde methodieken en gebruikte data weer te geven. Waar nodig zijn de onzekerheden in de methodieken en data expliciet toegelicht, evenals de gehanteerde aannames.

2.6 Basisjaar

Alle resultaten worden gepresenteerd voor het jaar 2010. Alle kosten, opbrengsten, subsidies, effecten en waarderingsgetallen zijn dan ook zoveel mogelijk gebaseerd op data voor 2010. Indien data voor andere jaren zijn gebruikt zijn deze vertaald naar data voor 2010 door:
- het prijspeil te vertalen naar 2010 m.b.v. inflatiecijfers van het CBS (2012);
- de waarderingskentallen te corrigeren naar 2010 voor ontwikkelingen in BBP per inwoner (op basis van CBS (2012)). Hierbij wordt (in lijn met de aanbevelingen van HEATCO (2006) en het Schaduwprijzen Handboek (CE Delft, 2010)) een inkomenselasticiteit verondersteld van 0,85.

De resultaten zoals die in deze studie worden gepresenteerd zijn specifiek voor het jaar 2010 bepaald en kunnen niet zomaar vertaald worden naar kosten/baten, opbrengsten van belastingen en heffingen en uitgaven aan subsidies in andere jaren. Zo kunnen er bijvoorbeeld sterke fluctuaties zijn in

de totale verkeers- en vervoersvolumes tussen jaren (in 2010 waren de vliegbewegingen voor Schiphol bijvoorbeeld 9% lager dan in 2012 (Schipholgroup, 2012), terwijl het aantal reizigerskilometers van de bus/tram/metro in 2010 juist ca. 20% hoger waren dan in 2012 (CBS, 2012), wat een significante invloed kan hebben op de gemiddelde kosten. Ook de omvang van de verschillende externe effecten kan sterk fluctueren over de jaren (bijv. door voertuigen die schoner en zuiniger worden), wat uiteraard ook van invloed is op de hoogte van de kostenschattingen. Kortom, de vertaling van de resultaten voor 2010 naar andere jaren dient met de nodige zorg gedaan te worden.

3 Infrastructuurkosten

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk bespreken we de methodiek voor de bepaling van de infrastructuurkosten voor de verschillende vervoerswijzen. In Paragraaf 3.2 beschrijven we allereerst in algemene termen de methodiek voor de bepaling van de infrastructuurkosten. In Paragraaf 3.3 t/m 3.8 beschrijven we vervolgens in meer detail de gehanteerde methodiek voor de verschillende vervoerswijzen en presenteren we per vervoerswijze de geschatte infrastructuurkosten.

3.2 Algemene methodiek

In deze paragraaf beschrijven we de algemene methodiek voor de bepaling van de infrastructuurkosten. Allereerst staan we stil bij enkele definities, waarna we achtereenvolgens de methodiek voor de bepaling van de totale/gemiddelde en marginale infrastructuurkosten beschrijven.

3.2.1 Definitie

Infrastructuurkosten kunnen worden gedefinieerd als de directe uitgaven aan infrastructuur[12] plus de financieringskosten of, gezien vanuit een ander gezichtspunt, de opportuniteitskosten van andere winstgevende bestedingen van het kapitaal (Fraunhofer-ISI en CE Delft, 2008)[13]. Infrastructuurkosten (kunnen) verschillen van infrastructuuruitgaven. Uitgaven aan infrastructuur vinden onregelmatig plaats, en de investeringen en grootschalige onderhoudsuitgaven worden over een langere tijdsduur afgeschreven. In het licht van de doelstelling van deze studie verdient het gebruik van infrastructuurkosten duidelijk de voorkeur, aanzien die een beter inzicht bieden in de feitelijke kostenstructuur.

In dit onderzoek onderscheiden we vier soorten infrastructuurkosten[14]:

- Aanlegkosten; alle kosten met betrekking tot de aanleg van nieuwe infrastructuur die leiden tot een verhoging van de functionaliteit van het bestaande infrastructuurnetwerk voor gebruikers.

---

12 Hierbij gaat het zowel om lijn- als puntinfrastructuur.

13 Financieringskosten treden, in de vorm van rentebetalingen, op wanneer er een lening wordt afgesloten voor de uitgaven aan infrastructuur. Wanneer de infrastructuur echter wordt gefinancierd vanuit de lopende inkomsten (kasstelsel), dan is er sprake van opportuniteitskosten; de inkomsten hadden immers ook voor een ander doel kunnen worden ingezet, waarmee een bepaald rendement zou zijn gehaald. Dit misgelopen rendement dient gezien te worden als kosten van de keuze om het geld te investeren in infrastructuur. Financieringskosten en opportuniteitskosten vormen dus feitelijk twee verschillende kanten van dezelfde medaille.

14 In CE Delft en VU (2004) en ook in CE Delft (2008a) werden de vernieuwingskosten en onderhoudskosten samengenomen. Echter, omdat de vernieuwingskosten betrekking hebben op infrastructuuraanpassingen met een levensduur langer dan 1-2 jaar, worden ze vanuit theoretisch oogpunt bij voorkeur gebaseerd op een kostenbenadering en niet op een uitgavenbenadering (zoals wordt gedaan met de onderhoudskosten, zie Paragraaf 3.2.2). Daarom zullen we in deze studie, waar mogelijk, onderscheid maken tussen vernieuwingskosten en onderhoudskosten.

- Vernieuwingskosten; alle kosten met betrekking tot vernieuwing van de infrastructuur, om zodoende de kwaliteit van de infrastructuur te handhaven op het niveau van de vorige oplevering. De vernieuwde delen van de infrastructuur hebben een technische levensduur die langer is dan 1-2 jaar.
- Onderhoudskosten; alle niet-vernieuwingskosten die bedoeld zijn om de kwaliteit van de infrastructuur te handhaven op het niveau van de vorige oplevering. Het gaat hierbij voornamelijk om kleinschalig onderhoud met een technische levensduur van minder dan 1-2 jaar.
- Beheerkosten; hierbij gaat het om de kosten van de diensten die moeten worden geleverd om een efficiënt gebruik van de infrastructuur mogelijk te maken (o.a. politie, verkeersmanagement, etc.).

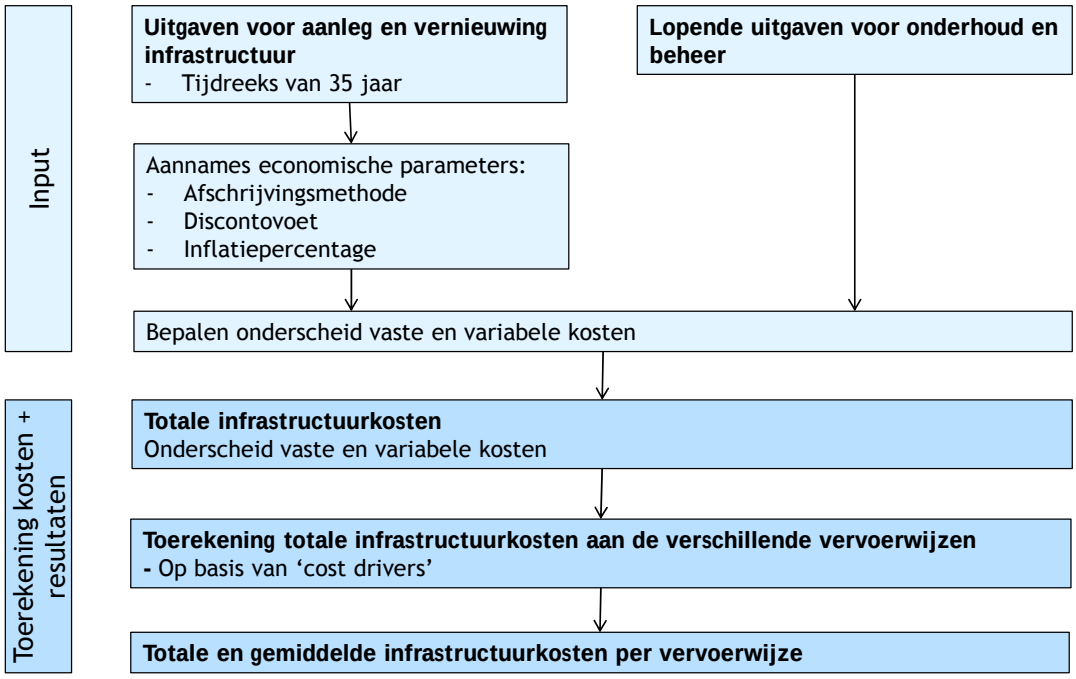
De vernieuwings-, onderhouds- en beheerkosten kunnen zowel gebaseerd worden op de daadwerkelijke uitgaven als op de uitgaven volgens de normkostenmethodiek. Bij de laatstgenoemde aanpak worden de kosten gebaseerd op de (jaarlijkse) uitgaven die nodig zijn om de huidige infrastructuur bij de gegeven omstandigheden in fysiek en in functioneel opzicht op langere termijn in stand te houden (CE Delft, 2008a). Het voordeel van deze methodiek is dat de hoogte van de kosten niet wordt beïnvloed door eventuele tijdelijke achterstanden in onderhoud (achterstallig onderhoud). Voor de berekening van de infrastructuurkosten verdient het dan ook aanbeveling om voor vernieuwings-, onderhouds- en beheerkosten uit te gaan van de normkosten (mits beschikbaar).

In deze studie onderscheiden we de infrastructuurkosten ook naar de mate waarin ze worden beïnvloed door het infrastructuurgebruik. Daartoe onderscheiden we een tweetal soorten kosten (Ecorys en CE Delft, 2006):
- Variabele kosten; hierbij gaat het om kosten die afhankelijk zijn van het gebruik van de infrastructuur, terwijl tegelijkertijd de functionaliteit van de infrastructuur niet verandert. Een deel van de vernieuwings- en onderhoudskosten behoren tot deze categorie.
- Vaste kosten; hierbij gaat het om kosten die niet afhankelijk zijn van het gebruik van de infrastructuur, terwijl tegelijkertijd de functionaliteit van de infrastructuur niet verandert of om kosten die de functionaliteit of levensduur van de infrastructuur verlengen. Aanlegkosten en beheerkosten zijn over het algemeen vast, terwijl ook een deel van de onderhouds- en vernieuwingskosten als vaste kosten gecategoriseerd kunnen worden.

3.2.2 Methodiek bepalen totale/gemiddelde infrastructuurkosten

Voor de bepaling van de totale/gemiddelde infrastructuurkosten per voertuigcategorie hanteren we een top-down benadering. Deze benadering is op schematische wijze weergegeven in Figuur 1.

Figuur 1 **Algemene methodiek voor de bepaling van de totale en gemiddelde infrastructuurkosten**



De top-down benadering voor de bepaling van de totale/gemiddelde infrastructuurkosten bestaat uit twee belangrijke stappen:

1. *Bepalen van de totale infrastructuurkosten*

Voor de bepaling van de totale infrastructuurkosten hanteren we, evenals in CE Delft en VU (2004) en CE Delft (2008a), de Perpetual Inventory Method (PIM)[15]. In deze methodiek wordt onderscheid gemaakt tussen kosten die betrekking hebben op infrastructuuraanpassingen met een lange levensduur (aanleg en vernieuwing) en kosten die betrekking hebben op infrastructuur-aanpassingen met een korte looptijd (onderhoud en beheer). Voor de bepaling van de aanleg- en vernieuwingskosten wordt in de PIM-methodiek op basis van historische uitgaven de jaarlijkse afschrijvingen berekend, die vervolgens worden aangevuld met de benodigde financieringskosten. De onderhouds- en beheerkosten worden daarentegen gebaseerd op de lopende uitgaven (of op kosten die zijn bepaald volgens de normkostenmethodiek).

[15] Een alternatieve methode voor de bepaling van de infrastructuurkosten is de zogenaamde synthetische methode, waarbij de (toekomstige) vervangingsinvesteringen voor de bestaande infrastructuur worden geschat (voor meer informatie over deze methodiek, zie Fraunhofer ISI en CE Delft (2008). Door Fraunhofer ISI en CE Delft (2008) wordt aangegeven dat de PIM-benadering de voorkeur geniet indien de huidige waarde bepaald moet worden van historische uitgaven. Voor deze studie verdient de PIM-benadering dan ook de voorkeur boven de synthetische benadering.

Voor de bepaling van de afschrijvings- en financieringskosten dienen een aantal uitgangspunten te worden vastgesteld:

- *Afschrijvingsmethodiek;* verschillende afschrijvingsmethoden kunnen worden gebruikt voor het bepalen van de aanleg- en vernieuwingskosten. In deze studie hanteren we, evenals in CE Delft en VU (2004), een annuïteiten afschrijvingsmethodiek[16]. Hierbij worden de afschrijvingen zodanig bepaald dat de jaarlijkse kosten (afschrijvingen + financierings-kosten) constant zijn.
- *Afschrijvingstermijn*; de afschrijvingstermijn van de infrastructuur is afhankelijk van de levensduur van de infrastructuur. Idealiter wordt de afschrijvingstermijn gedifferentieerd naar het type infrastructuur. Echter, de beschikbare data is in de meeste gevallen te beperkt om verschillende afschrijvingstermijnen te hanteren voor verschillende typen infrastructuur. Daarom rekenen we evenals in CE Delft en VU (2004) met een gemiddelde afschrijvingstermijn van 35 jaar[17] [18].
- De nominale historische kosten worden *gecorrigeerd voor inflatie*[19]. Daarbij maken we, waar mogelijk, gebruik van specifieke prijsindexcijfers voor de weg- en waterbouw.
- *Discontovoet;* in deze studie hanteren we een discontovoet van 4%. Hiermee sluiten we aan bij CE Delft en VU (2004) en CE Delft (2008a). Sinds 2007 beveelt het Ministerie van Financiën (2007; 2011) aan om een risicovrije[20] reële rentevoet te hanteren van 2,5%[21]. De Europese Richtlijn 'betreffende het in rekening brengen van het gebruik van bepaalde infrastructuurvoorzieningen aan zware vrachtvoertuigen' ('de Eurovignet-richtlijn'; Europese Commissie, 2006) lijkt echter aan te sturen op het gebruik van reële rentevoeten die gelden voor de periode waarop de

---

16 Een alternatieve, veel gebruikte, afschrijvingsmethodiek is de lineaire afschrijving, waarbij de afschrijvingskosten door de tijd heen constant zijn (waardoor de totale kosten door de tijd heen afnemen). CE Delft (2008a) heeft beide methodieken toegepast voor de berekening van de infrastructuurkosten van het wegvervoer. Uit deze analyse bleek dat de invloed van de gekozen afschrijvingsmethodiek op de uiteindelijke resultaten beperkt was.

17 Verschillende studies tonen aan dat 35 jaar de gemiddelde afschrijvingstermijn is voor de infrastructuur van verschillende modaliteiten. Fraunhofer ISI en CE Delft (2008) concluderen bijvoorbeeld dat 35 jaar een goede benadering is van de gemiddelde afschrijvingstermijn van weginfrastructuur. Met betrekking tot spoorvervoer blijkt hetzelfde uit UIC (2011).

18 De OEI-leidraad die richtlijnen geeft voor het uitvoeren van Maatschappelijke Kosten-BatenAnalyses (MKBA's) voor infrastructuurprojecten beveelt aan om bij deze MKBA's uit te gaan van een tijdshorizon van 100 jaar. Deze lange tijdshorizon wordt gehanteerd om te voorkomen dat belangrijke toekomstige kosten of baten van het project buiten de MKBA vallen, zoals bijvoorbeeld ook sociaaleconomische effecten. In deze studie kijken we alleen naar de kosten van de infrastructuur, waarbij we alle kosten over de technische levensduur meenemen. Zoals hierboven aangegeven is deze technische levensduur gemiddeld gelijk aan ca. 35 jaar.

19 Deze benadering sluit aan bij de methodiek zoals die in deze studie voor de overige (externe) kostenposten wordt gehanteerd. Ook sluit deze aanpak aan bij eerdere studies naar de infrastructuurkosten (CE Delft en VU, 2004; CE Delft, 2008a). In CE Delft (2008a) is nog wel een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarin de infrastructuurkosten zijn berekend op basis van niet voor inflatie gecorrigeerde uitgaven. De reden voor het uitvoeren van deze gevoeligheidsanalyse was de ruimte die de Europese Eurovignet Richtlijn open lijkt te laten voor de berekening van infrastructuurkosten op basis van niet voor inflatie gecorrigeerde infrastructuuruitgaven. De keuze om wel/niet voor inflatie te corrigeren heeft een significant effect op de resultaten. CE Delft (2008a) vindt dat de infrastructuurkosten voor een vrachtautocombinatie op een Rijksweg ca. 17% lager zijn als er wordt uitgegaan van niet inflatie gecorrigeerde infrastructuurkosten.

20 Aangezien het hier om een analyse op basis van historische uitgaven gaat hoeft er geen rekening te worden gehouden met de risico's van deze investeringen.

21 Tot deze verlaging van de aanbevolen risicovrije reële rentevoet is besloten omdat de reële kapitaalmarktrente de laatste jaren structureel onder de 4% ligt.

infrastructuuruitgaven betrekking hebben, wat bijvoorbeeld betekent dat voor de uitgaven van voor 1987 een discontovoet van 10% gehanteerd moet worden. Om de onzekerheden met betrekking tot de te gebruiken discontovoet in beeld te brengen bepalen we de bandbreedte van de infrastructuurkosten op basis van alternatieve aannames over de discontovoet. Voor de ondergrens van de bandbreedte in de infrastructuurkosten gaan we daarbij uit van een discontovoet van 2,5%, terwijl we voor de bovengrens gebruik maken van de discontovoeten die gelden voor de periode waarop specifieke infrastructuuruitgaven betrekking hebben[22].

2. *Toedelen van de kosten aan de verschillende voertuigcategorieën;*
De toedeling van de totale infrastructuurkosten aan de verschillende voertuigcategorieën wordt gebaseerd op de zogenaamde 'equivalentie factor methode'[23]. Bij deze methode wordt een aantal voertuig/vaartuig gerelateerde 'cost drivers' vastgesteld voor elk kostencategorie, die het oorzakelijke verband tussen het gebruik van de infrastructuur door de voertuigen en de infrastructuurkosten goed weerspiegelen. Een voorbeeld is bijvoorbeeld de aslast van een wegvoertuig, die een goede verklaring biedt voor de bijdrage van het voertuig aan gewichtsafhankelijke infrastructuurkosten. Op basis van deze 'cost drivers' worden vervolgens de infrastructuurkosten toegedeeld aan de verschillende vervoerswijzen. In de volgende paragrafen komen we hier nog uitgebreid op terug.

Het moet opgemerkt worden dat met name bij de vaste infrastructuurkosten de relevante 'cost drivers' niet altijd even eenduidig zijn vast te stellen, waardoor de toewijzing van deze kosten aan de verschillende voertuigcategorieën altijd enigszins arbitrair is.

3.2.3 Methodiek bepalen marginale infrastructuurkosten

Voor de bepaling van de marginale infrastructuurkosten zou idealiter een totale kostenfunctie opgesteld worden (waarbij rekening wordt gehouden met alle relevante 'cost drivers' van de infrastructuurkosten), waarna vervolgens marginale kosten berekend worden als de partiële afgeleide van deze functie. Omdat de benodigde data hiervoor niet beschikbaar is, worden de (gemiddelde) variabele infrastructuurkosten meestal gebruikt als benadering van de marginale infrastructuurkosten. Evenals in CE Delft en VU (2004) hanteren we deze aanpak ook in deze studie.

3.3 Wegvervoer

In deze paragraaf presenteren we de infrastructuurkosten voor het wegvervoer. Daartoe geven we allereerst een nadere toelichting op de gehanteerde methodiek, bestaande uit een beschrijving van de wijze waarop de totale infrastructuurkosten zijn berekend en een beschrijving van de toedelingsmethodiek van de totale kosten aan de verschillende vervoers-

---

22 Concreet betekent dit dat we voor de infrastructuuruitgaven in de periode 1965-1986 gebruik maken van een discontovoet van 10%, voor de periode 1987-1995 van een discontovoet van 5%, voor de periode 1996-2006 van een discontovoet van 4% en voor de periode 2007-2010 van een discontovoet van 2,5%.

23 Volgens Fraunhofer-ISI en CE Delft (2008) zijn er drie methodieken voor het toedelen van infrastructuurkosten: 1) de equivalentie factor methode, 2) een econometrische benadering, waarbij de toedeling van kosten wordt gebaseerd op de regressiecoëfficiënten die volgen uit een econometrische analyse, en 3) een speltheoretische benadering. De laatste twee methoden worden in de praktijk weinig toegepast, voornamelijk vanwege het bewerkelijke karakter van deze methoden.

wijzen. Tot slot presenteren we de resulterende schattingen van de infrastructuurkosten voor het wegvervoer.

3.3.1 Totale infrastructuurkosten

Aanleg

Voor de bepaling van de aanlegkosten is gebruik gemaakt van een historische reeks (van 35 jaar) van uitgaven aan infrastructuuraanleg. Deze reeks is voor de periode 2001 tot 2010 gebaseerd op de Rijksbegrotingen[24], terwijl voor de periode 1985-2000 gebruik is gemaakt van CBS-data. De data voor de periode t/m 1984 is afkomstig uit CE Delft (2008a) en is gebaseerd op Tebodin en DHV (1992).

Voor het onderliggend wegennet[25] is de data overgenomen uit CE Delft (2008a), waarin aanleguitgaven worden gepresenteerd die grotendeels zijn gebaseerd op CBS-data (periode t/m 2001). Voor de jaren 2001-2006 heeft CE Delft (2008a) de infrastructuuruitgaven voor het onderliggend wegennet ingeschat op basis van een extrapolatie van de data van voor 2001[26]. Voor deze studie is deze extrapolatie doorgezet voor de periode t/m 2010. Merk op dat er ten aanzien van de uitgaven voor het onderliggend wegennet sprake is van een aanzienlijke mate van onzekerheid voor de uitgaven in de periode vanaf 2001.

Met betrekking tot het onderliggend wegennet hebben we nog een drietal correcties uitgevoerd[27]:

- Een deel van de investeringen in weginfrastructuur worden specifiek gemaakt voor de fiets. Op basis van Ligtermoet (2010) schatten we in dat de aanleguitgaven voor specifieke (brom)fiets infrastructuur in 2010 gelijk waren aan ca. € 287 miljoen. Dit deel van de aanleguitgaven worden bij de uiteindelijke toedeling van de infrastructuurkosten specifiek toegewezen aan de fiets en de bromfiets.
- In lijn met CE Delft en VU (2004) en CE Delft (2008a) veronderstellen we dat slechts 70% van de aanlegkosten binnen de bebouwde kom verkeer

---

24 De volgende begrotingsposten zijn daarbij meegenomen: 12.03, 12.04, 12.05, 34.01.01, 34.01.03, 34.01.04, 34.01.05, 34.01.06.

25 Hierbij gaat het om de wegen onder beheer van gemeenten, provincies, waterschappen en overige wegbeheerders. Het onderliggend wegennet buiten de bebouwde kom bestaat uit de wegen onder beheer van provincies, waterschappen en overige wegbeheerders plus 43% van de gemeentelijke wegen (CE Delft, 2008a). Het onderliggend wegennet binnen de bebouwde kom betreft 57% van de gemeentelijke wegen (CE Delft, 2008a). In tegenstelling tot CE Delft en VU (2004) maken we geen onderscheid naar verschillende typen stadswegen, die verschillen in de mate waarin ze gebruikt worden door de verschillende vervoerswijzen (een vrachtauto is bijvoorbeeld verantwoordelijk voor een groter deel van de kilometers op een rondweg dan op een weg in een woonwijk). Door gebrek aan betrouwbare data was het niet mogelijk om deze onderverdeling te maken. Het gevolg is dat we de resultaten voor het OWN op een relatief hoog aggregatieniveau ('de gemiddelde weg binnen de bebouwde kom' en 'de gemiddelde weg buiten de bebouwde kom') presenteren.

26 Voor de periode na 2001 wordt door het CBS geen onderscheid meer gemaakt tussen aanleguitgaven en uitgaven van beheer en onderhoud van wegen behorende tot het OWN. In CE Delft (2008a) is er daarom voor gekozen om de gedifferentieerde statistieken van voor 2001 te extrapoleren op basis van de groeivoet van de totale infrastructuurkosten (aanleg + B&O-uitgaven). In deze studie sluiten we aan bij deze werkwijze. Voor meer informatie wordt verwezen naar CE Delft (2008a, Bijlage I).

27 In CE Delft (2008a) is er een gevoeligheidsanalyse voor de laatste twee correcties uitgevoerd. Hierbij is o.a. gekeken naar de situatie waarin deze twee correcties niet worden uitgevoerd en er dus verondersteld wordt dat alle infrastructuurkosten binnen de bebouwde kom gerelateerd zijn aan gemotoriseerd verkeer. In deze situatie vallen de infrastructuurkosten voor alle vervoerswijzen aanzienlijk hoger uit (ca. 75%).

gerelateerd is. De overige 30% van de aanlegkosten heeft betrekking op de aanleg van pleinen, trottoirs, etc.
- Van de verkeersgerelateerde aanlegkosten binnen de bebouwde kom heeft 35% betrekking op parkeerplaatsen (TLN, 2002). Deze kosten dienen niet meegenomen te worden bij de aanlegkosten, omdat de aanlegkosten van parkeerplaatsen afzonderlijk worden ingeschat op basis van data die wordt verschaft door CROW (2006).

Tot slot, de aanlegkosten worden voor 100% vast (gebruiksonafhankelijk) verondersteld.

Vernieuwing

De uitgaven voor vernieuwing van de Rijkswegen zijn gebaseerd op inschattingen in het kader van het BasisOnderhoudsNiveau (BON), zoals die door Rijkswaterstaat in 2008 zijn gedaan (RWS, 2008). Dit document vormt een (gedeeltelijke) update van BON-onderzoeken uit 2001 en 2007 (RWS, 2001; 2007). In het BON zijn de beheer- en onderhoudskosten van Rijkswegen berekend met als gedachte dat onderhoud wordt gepleegd op optimaal niveau, dat wil zeggen dat er aan de basisnormen wordt voldaan op economisch optimale wijze. In het BON wordt onderscheid gemaakt tussen vast en variabel onderhoud:
- *Vast onderhoud:* alle activiteiten die noodzakelijk zijn om de hoofd-infrastructuur van dag tot dag te laten functioneren. Hieronder vallen zowel de exploitatie (gas, water, licht, bediening, storingsonderhoud en dagelijks beheer) als het jaarlijks terugkerend onderhoud aan diverse objecten.
- *Variabel onderhoud*: hier betreft het grote onderhoudsprojecten (vervangingen, renovaties en reconstructies) die noodzakelijk zijn om de bestaande capaciteit in stand te houden en te laten (blijven) voldoen aan de functionele eisen.

In overleg met Rijkswaterstaat is vastgesteld dat het variabel onderhoud opgevat kan worden als vernieuwingsuitgaven, terwijl het vast onderhoud gezien moet worden als beheer en onderhoudskosten. Op basis van inschatting van de vernieuwingsuitgaven in RWS (2001, 2007 en 2008) zijn voor de periode 1975-2010 de vernieuwingsuitgaven ingeschat. Hierbij zijn de waarden voor 2001, 2007 en 2009 geëxtrapoleerd op basis van de jaarlijkse groei van voertuigkilometers in Nederland, wat een goede voorspeller blijkt te zijn voor de ontwikkeling in vernieuwingsuitgaven in de periode 2001-2009.

Voor het onderliggend wegennet zijn geen normkosten zoals het BON bekend. Daarom gaan we voor deze wegen uit van de daadwerkelijk gerealiseerde uitgaven. De vernieuwingsuitgaven zijn in de statistieken onderdeel van de beheer- en onderhoudsuitgaven (B&O). We veronderstellen dat net als voor de Rijkswegen 52% van de B&O-uitgaven betrekking hebben op vernieuwings-uitgaven.

Voor de specifieke fietsinfrastructuur biedt Ligtermoet (2010) geen inzicht in het aandeel van de vernieuwingskosten in de totale beheer en onderhouds-kosten. Vandaar dat we hebben aangenomen dat dit aandeel hetzelfde is als voor de overige weginfrastructuur.

Zowel voor het Rijkswegennet als het onderliggend wegennet wordt, op basis van RWS (2007) en RWS (2008), verondersteld dat 60% van de vernieuwings-kosten variabel (gebruiksafhankelijk) en 40% vast (gebruiksonafhankelijk) is.

Onderhoud

Zoals aangegeven in Paragraaf 3.2 baseren we de onderhoudskosten niet op een langlopende tijdreeks, maar op de lopende onderhoudsuitgaven. Daarbij hebben we voor de Rijkswegen gebruik gemaakt van de inschattingen van normkosten in RWS (2008). Zoals hierboven aangegeven kan het vast onderhoud in dit document opgevat worden als de B&O-kosten. Aangezien de vaste onderhoudskosten relatief constant zijn over de tijd, veronderstellen we dat de B&O-kosten in 2010 gebaseerd kunnen worden op de normkosten voor vast onderhoud zoals weergegeven in RWS (2008). Tot slot dienen we onderscheid te maken tussen onderhoudskosten en beheerkosten. Nadere bestudering van de verschillende posten in het BON leert dat ca. 53% van het vaste onderhoud in het BON betrekking heeft op onderhoudskosten (en 47% op beheerkosten).

Zoals eerder aangegeven zijn er voor het onderliggend wegennet geen normkostenberekeningen zoals het BON beschikbaar. Evenals CE Delft (2008a) gaan we daarom uit van de daadwerkelijke uitgaven aan onderhoud, zoals die door het CBS worden geregistreerd. Echter, sinds 2002 maakt het CBS voor het onderliggend wegennet geen onderscheid meer tussen uitgaven aan enerzijds aanleg en anderzijds beheer en onderhoud (incl. vernieuwing). Evenals voor de aanlegkosten voeren we daarom voor de B&O-uitgaven een extrapolatie door, waarbij we ons baseren op de groeipercentages uit een recente tijdreeks die zowel aanleg als beheer en onderhoud omvat. Op deze wijze zijn de B&O-uitgaven voor 2010 bepaald. Vervolgens is aangenomen dat het aandeel van de onderhoudsuitgaven in deze uitgaven voor het onderliggend wegennet gelijk is aan dat van Rijkswegen.

Evenals bij de aanlegkosten en de vernieuwingskosten zijn de onderhoudskosten van specifieke fietsinfrastructuur gebaseerd op Ligtermoet (2010).

Zowel voor het Rijkswegennet als het onderliggend wegennet wordt, op basis van bestudering van het RWS (2007) en RWS (2008), verondersteld dat 33% variabel (gebruiksafhankelijk) en 67% vast (gebruiksonafhankelijk) is.

Beheer

Ook voor de bepaling van de beheerkosten van de weginfrastructuur baseren we ons op de lopende uitgaven voor 2010. Voor het Rijkswegennet gaan we daarbij wederom uit van de normkosten volgens RWS (2008) (47% van het vaste onderhoud in het BON heeft betrekking op beheerkosten). Doordat niet alle beheerkosten zijn opgenomen in het BON, dienen enkele kostenposten te worden toegevoegd. Het gaat dan voornamelijk om uitgaven met betrekking tot inspanningen om files terug te dringen en het verkeer beter te managen[28].

Voor het onderliggend wegennet hanteren we voor de beheerkosten dezelfde aanpak als voor de onderhoudskosten. De beheerkosten worden dus gebaseerd op geëxtrapoleerde CBS-statistieken. Voor specifieke fietsinfrastructuur gaan we wederom uit van Ligtermoet (2010).

Tot slot, de beheerkosten worden voor 100% vast (gebruiksonafhankelijk) verondersteld.

---

[28] Specifiek gaat het dan om de volgende begrotingsposten: 12.01.01 en 12.02.02, waarbij het bij de laatste post enkel gaat om de servicepakketen ‘Meer vlot, meer veilig’ en ‘Meer kwaliteit leefomgeving’.

Parkeerplaatsen

De aanleg- en onderhoudskosten van parkeerplaatsen worden afzonderlijk ingeschat, omdat deze kosten op een andere manier toegewezen worden dan de overige kostenposten (zie Paragraaf 3.3.2). Bij de kosten van parkeerplaatsen worden alleen de openbare parkeerplaatsen meegenomen; de kosten van niet-openbare parkeerplaatsen konden vanwege een gebrek aan data niet meegenomen worden[29].

Zowel het aantal openbare parkeerplaatsen als de kosten per parkeerplaats baseren we op CROW (2006). Verder nemen we aan dat alle openbare parkeerplaatsen binnen de bebouwde kom zijn gelegen[30].

3.3.2 Toerekening van de infrastructuurkosten

Aanlegkosten

Voor de toerekening van de aanlegkosten aan de verschillende vervoerswijzen kiezen we voor dezelfde methodiek als in CE Delft (2008a). Op basis van Tebodin en DHV (1992) blijkt dat ca. 11% van de aanlegkosten gewichtsafhankelijk zijn (om wegen geschikt te maken voor zware voertuigen zijn er bijvoorbeeld hogere uitgaven aan de wegverharding noodzakelijk[31]).
Deze kosten worden toegedeeld op basis van 4de macht aslasten (voor een nadere toelichting op de berekening van 4de macht aslasten, zie Bijlage B).
De overige 89% van de aanlegkosten wordt toebedeeld op basis van het capaciteitsbeslag in de spits van de voertuigen. De redenering daarachter is dat nieuwe infrastructuur wordt aangelegd op het moment dat er een capaciteitstekort optreedt. Verkeersdeelnemers die meer ruimte in beslag nemen in de spits dienen derhalve ook een groter deel van de aanlegkosten te dragen. Om het capaciteitsbeslag van de verschillende voertuigen te kunnen vergelijken wordt gebruik gemaakt van personenauto-equivalenten (PAE's)[32].
De gehanteerde PAE's zijn weergegeven in 0. Aangezien de gehanteerde PAE's aanzienlijk hoger zijn dan in CE Delft en VU (2004) hebben we ook een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarbij we de infrastructuur-kosten voor het wegvervoer berekenen op basis van de PAE's zoals die in CE Delft en VU (2004) werden toegepast.

De bovenstaande methodiek voor de toerekening van de aanlegkosten wordt zowel toegepast voor de Rijkswegen als voor het onderliggend wegennet. Voor de aanlegkosten van fietspaden is daarnaast een aanvullende methodiek

---

29 Merk op dat de kosten van niet-openbare parkeerplaatsen nagenoeg altijd zijn 'geïnternaliseerd' via de verkoopprijzen van deze parkeerplaatsen. Overigens geldt ook voor het gebruik van een deel van de openbare parkeerplaatsen dat er parkeergeld betaald dient te worden en dat de kosten van deze parkeerplaatsen dan ook feitelijk geïnternaliseerd zijn. Deze vorm van internalisatie wordt impliciet meegenomen in dit rapport doordat in Hoofdstuk 12 de opbrengsten van parkeergelden worden meegenomen.

30 In de praktijk liggen er ook parkeerplaatsen buiten de bebouwde kom. Er zijn echter geen data beschikbaar die een opsplitsing tussen binnen en buiten de bebouwde kom mogelijk maakt. Verwacht mag echter worden dat het overgrote deel van de parkeerplaatsen buiten de bebouwde kom privaat van aard zijn (verzorgingsplaatsen langs snelwegen worden afzonderlijk beschouwd in deze studie) en dus buiten de scope van deze studie vallen. We nemen in deze studie dan ook aan, evenals in CE Delft en VU (2004), dat alle openbare parkeerplaatsen binnen de bebouwde kom liggen.

31 Ook in internationale studies naar de infrastructuurkosten van wegvervoer worden vergelijkbare percentages gewichtsafhankelijke aanlegkosten onderscheiden (zie Bijlage B).

32 Concreet betekent dit dat voor de verschillende voertuigcategorieën de voertuigkilometers in de spits worden vermenigvuldigd met de bijbehorende PAE-factor. Op basis van de uitkomst van deze berekening wordt bepaald welk deel van de aanlegkosten dient te worden toegerekend aan het desbetreffende voertuig.

ontwikkeld. Deze kosten worden binnen de bebouwde kom volledig toegerekend aan fietsen, terwijl ze buiten de bebouwde kom ook gedeeltelijk worden toegerekend aan bromfietsen (op basis van voertuigkilometers)[33].

Tot slot, de aanlegkosten van parkeerplaatsen worden volledig toegerekend aan personenauto's en bestelauto's (voor vrachtauto's wordt aangenomen dat ze parkeren op eigen terrein). Deze toerekening vindt plaats op basis van voertuigkilometers.

Vernieuwingskosten

Een review van een aantal internationale studies naar de infrastructuurkosten van wegvervoer laat zien dat er bij de toedeling van vernieuwingskosten, evenals bij de aanlegkosten, vaak onderscheid wordt gemaakt tussen gewichtsafhankelijke kosten en capaciteitsafhankelijke kosten (zie Bijlage B).
De gewichtsafhankelijke kosten worden meestal toegedeeld op basis van aslasten, terwijl voor de capaciteitsafhankelijke kosten toedeling op basis van PAE-kilometers of voertuigkilometers het meest voor de hand ligt.
Om consistentie met CE Delft en VU (2004) en CE Delft (2008a) te waarborgen is er voor gekozen om de capaciteitsafhankelijke kosten toe te delen op basis van voertuigkilometers. De gewichtsafhankelijke kosten delen we, op dezelfde wijze als bij de aanlegkosten, toe op basis van aslasten.

Op basis van een nadere bestudering van de verschillende kostenposten in het RWS (2007) en RWS (2008) is in overleg met Rijkswaterstaat vastgesteld dat ca. 81% van de vernieuwingskosten gewichtsafhankelijk is en dus is er voor gekozen om deze kosten op basis van 2de en 4de macht aslasten toe te delen. De overige 19% wordt toegedeeld op basis van voertuigkilometers.

Onderhoudskosten

Bij de toedeling van de onderhoudskosten maken we onderscheid naar vaste (gebruiksonafhankelijke) en variabele (gebruiksafhankelijke) kosten. Voor de toedeling van de vaste onderhoudskosten worden in de literatuur verschillende toedelingsmethodieken gehanteerd (zie Bijlage B). In een groot deel van de studies worden deze kosten gedeeltelijk gewichtsafhankelijk verondersteld (toewijzing op basis van aslasten of de kosten worden specifiek toegewezen aan zware voertuigen) en gedeeltelijk capaciteitsafhankelijk (toewijzing op basis van PAE-kilometers of Vkm's). In deze studie kiezen we ervoor om voor de snelwegen de Duitse toedelingsmethodiek te hanteren, omdat deze is gebaseerd op een zeer gedetailleerd onderzoek naar de aard van de vaste onderhoudskosten op Duitse snelwegen. Specifiek worden de volgende toewijzingsregels gehanteerd:

- 35% van de kosten worden toegedeeld op basis van voertuigkilometers;
- 15% van de kosten wordt toegedeeld aan vrachtauto's > 12 ton;
- 50% van de kosten wordt toegedeeld op basis van capaciteitsbeslag in de spits.

[33] Merk op dat de kosten van fietspaden maar een deel vormen van de aanlegkosten die worden toegewezen aan de fiets en de bromfiets. Beide vervoerswijzen maken immers ook gebruik van de overige weginfrastructuur en een deel van de kosten van deze infrastructuur wordt dus (op de hierboven beschreven wijze) toegedeeld aan de fiets en de bromfiets. Hetzelfde geldt voor de vernieuwings-, onderhouds- en beheerkosten.

Voor de overige wegen kiezen we voor een alternatieve toewijzingsmethodiek[34], die vooral is gebaseerd op ITS (2001). De vaste onderhoudskosten voor deze wegen wijzen we toe op basis van capaciteitsbeslag (PAE-kilometers).

Op basis van een nadere bestudering van de BON-kosten is, na overleg met DVS, vastgesteld dat er twee categorieën variabele onderhoudskosten kunnen worden onderscheiden[35]:

- 65% van de kosten is afhankelijk van de verreden kilometers en het gewicht van het voertuig (bijv. schade aan het wegdek). Deze kosten worden toegerekend op basis van voertuigkilometers en 2de en 4de macht aslasten.
- 35% van de kosten is alleen afhankelijk van de verreden kilometers (bijvoorbeeld reinigen van zeer open asfalt beton). Deze kosten worden toegerekend op basis van voertuigkilometers.

Beheerkosten

De verschillende internationale studies op het gebied van infrastructuurkosten delen de beheerkosten toe op basis van voertuigkilometers, PAE-kilometers of een combinatie van beide cost drivers (zie Bijlage B). In deze studie hanteren we de Duitse methodiek[36], waarbij de beheerkosten voor 30% worden toegerekend op basis van voertuigkilometers en voor 70% op basis van PAE-kilometers. Deze toedelingsmethodiek wordt toegepast voor zowel de Rijkswegen als het onderliggend wegennet.

Parkeren

De kosten van parkeerplaatsen worden volledig toegewezen aan personenauto's en bestelauto's. Van vrachtauto's wordt, evenals in CE Delft en VU (2004), aangenomen dat ze op privaat terrein parkeren. De toewijzing aan de personen- en bestelauto vindt plaats op basis van voertuigkilometers.

Overzicht toedelingsmethodiek

De methodiek waarmee de posten van de totale infrastructuurkosten worden toegewezen aan de verschillende voertuigcategorieën is samengevat in Tabel 7.

---

34 Aangezien vrachtauto's relatief gezien minder kilometers op deze wegen rijden ligt het minder voor de hand om een vast percentage van de vaste onderhoudskosten toe te rekenen aan deze groep voertuigen.

35 In CE Delft (2008a) worden nog twee extra categorieën onderscheiden: kosten die afhankelijk zijn van verreden kilometers en de geluidproductie van voertuigen (bijv. geluidschermen) en kosten die afhankelijk zijn van de ernst en aard van verkeersongevallen. Echter, doordat een deel van deze kosten deel uitmaakt van de vernieuwingskosten (die niet apart werden onderscheiden in CE Delft (2008a)) is het aandeel van deze kosten in de variabele onderhoudskosten verwaarloosbaar klein geworden. Om een te grote mate van complexiteit bij de toedeling van de infrastructuurkosten te vermijden is er daarom voor gekozen om deze categorieën in deze studie niet te onderscheiden.

36 De reden om te kiezen voor de Duitse methodiek is – evenals bij de onderhoudskosten - dat die is gebaseerd op een gedetailleerd onderzoek naar de aard van de beheerkosten op het Duitse wegennet.

Tabel 7 **Samenvatting toedelingsmethodiek**

Kostencategorie	Toedeling
Aanlegkosten	– PAE-kilometers (89%) – 4de macht aslasten (11%)
Vernieuwingskosten	– Voertuigkilometers (19%) – 2de en 4de macht aslasten (81%)
Vaste onderhoudskosten	Snelwegen – Voertuigkilometers (35%) – Specifiek vrachtauto's > 12 ton (15%) – PAE-kilometers (50%) Overige wegen – PAE-kilometers
Variabele onderhoudskosten	– 2de en 4de macht aslasten (65%) – Voertuigkilometers (35%)
Beheerkosten	– Voertuigkilometers (30%) – PAE-kilometers (70%)
Parkeren	– Voertuigkilometers (personen- en bestelauto)

3.3.3 Resultaten

Totale infrastructuurkosten

De totale infrastructuurkosten voor het wegvervoer zijn weergegeven in Tabel 8, waarbij er onderscheid is gemaakt tussen de kosten van infrastructuur binnen en buiten de bebouwde kom. De totale infrastructuurkosten van het wegvervoer bedroegen in 2010 ca. € 11 miljard. Deze kosten zijn aanzienlijk hoger dan dat in CE Delft (2008) is ingeschat voor 2006 (ca. € 9,4 miljard). Dit is vooral het gevolg van het feit dat de uitgaven aan infrastructuur de laatste jaren sterk gestegen zijn (o.a. investeringen in uitbreiding en verbreding van wegen, extra onderhoudswerkzaamheden). Daarnaast zijn de vernieuwingskosten in deze studie gebaseerd op een afschrijvingsmethodiek, waarbij er ook rekening wordt gehouden met de financieringskosten van deze infrastructuurinvesteringen. In CE Delft (2008a) – en ook in CE Delft en VU (2004) – werd er geen rekening gehouden met deze financieringskosten.

Tabel 8 **Totale infrastructuurkosten wegvervoer in 2010 (mln €$_{2010}$)**

Voertuig-categorie	Binnen de bebouwde kom				Buiten de bebouwde kom			
	Aanleg + vernieuwing		B&O		Aanleg + vernieuwing		B&O	
	Vast	Variabel	Vast	Variabel	Vast	Variabel	Vast	Variabel
Personenauto totaal	1.198	71	1.344	25	2.400	137	603	44
Personenauto benzine	897	53	1.007	19	1.519	89	394	29
Personenauto diesel	268	16	300	6	783	43	185	13
Personenauto LPG	33	2	37	1	97	6	24	2
Bestelauto	177	11	189	4	512	27	117	8
Bus	156	163	6	30	50	34	1	6
Touringcar	62	67	2	12	183	131	4	24
Motorfiets	6	1	4	0	34	4	11	1
Bromfiets	10	2	7	1	29	0	25	0

Voertuig-categorie	Binnen de bebouwde kom				Buiten de bebouwde kom			
	Aanleg + vernieuwing		B&O		Aanleg + vernieuwing		B&O	
	Vast	Variabel	Vast	Variabel	Vast	Variabel	Vast	Variabel
Vrachtauto totaal	214	170	40	32	1.381	518	135	86
Vrachtauto < 10 ton	121	102	19	19	1.083	422	98	69
Vrachtauto 10-20 ton	3	1	1	0	13	1	2	0
Vrachtauto > 20 ton	24	14	8	3	89	20	14	4
Trekker	66	53	12	10	197	74	21	13
Fiets	195	18	67	7	214	3	48	1
Totaal	2.017	504	1.659	111	4.801	854	944	170

Zoals aangegeven in Paragraaf 3.2 hebben we een bandbreedte voor de infrastructuurkosten bepaald op basis van variaties in de discontovoet. De bandbreedte voor de totale kosten is weergegeven in Tabel 9. Bij toepassing van een lage discontovoet (2,5% in plaats van 4%) liggen de totale infrastructuurkosten ca. 12% lager, terwijl toepassing van een hogere discontovoet leidt tot ca. 17% hogere kosten. Naast de discontovoet zijn er nog andere factoren die bijdragen aan de onzekerheid van de infrastructuurkosten, zoals ook aangegeven in Paragraaf 3.3.1 en Paragraaf 3.3.2. De belangrijkste factoren in dit opzicht zijn de wijze van toedeling van vaste kosten van beheer en onderhoud, de inflatiecorrectie, de wijze waarop de kosten binnen de bebouwde kom zijn toegewezen en de databeschikbaarheid met betrekking tot de uitgaven aan infrastructuur voor het onderliggend wegennet. Daarnaast geldt dat de infrastructuurkosten voor het onderliggend wegennet op een relatief hoog aggregatieniveau zijn vastgesteld, vanwege het ontbreken van betrouwbare detaildata voor het onderliggend wegennet.

Tabel 9 **Bandbreedte voor de totale infrastructuurkosten van het wegvervoer in 2010 (mln €)**

Voertuigcategorie	Midden	Laag	Hoog
Personenauto totaal	5.822	5.210	6.558
Personenauto benzine	4.006	3.604	4.493
Personenauto diesel	1.613	1.426	1835
Personenauto LPG	203	179	231
Bestelauto	1.045	921	1.192
Bus	447	369	542
Touringcar	485	399	579
Motorfiets	60	52	70
Bromfiets	75	67	85
Vrachtauto totaal	2.576	2.134	3.021
Vrachtauto < 10 ton	1.933	1.598	2.260
Vrachtauto 10-20 ton	22	18	25
Vrachtauto > 20 ton	176	147	208
Trekker	446	370	527
Fiets	553	470	658
Totaal	11.061	9.620	12.705

Gemiddelde infrastructuurkosten

De gemiddelde infrastructuurkosten van het wegvervoer in 2010 zijn weergegeven in Tabel 10. Over het algemeen liggen de infrastructuurkosten binnen de bebouwde kom aanzienlijk hoger dan buiten de bebouwde kom, wat het gevolg is van het feit dat de infrastructuur binnen de bebouwde kom minder intensief gebruikt wordt dan de infrastructuur buiten de bebouwde kom.

Bij het personenvervoer zijn de hoogste kosten binnen de bebouwde kom voor de bus, die vanwege de relatief hoge aslasten een groot deel van de kosten krijgen toegewezen. Buiten de bebouwde kom zijn de gemiddelde kosten voor de (brom)fiets opvallend. Deze hoge gemiddelde kosten zijn het gevolg van de kosten van fietsinfrastructuur, die specifiek worden toegewezen aan de (brom)fiets. Ook is het goed om op te merken dat een belangrijk deel van de gemiddelde infrastructuurkosten voor de auto (en ook van de bestelauto) de kosten voor parkeerplaatsen zijn (ca. 60%).

Bij het vrachtvervoer zijn de gemiddelde kosten per ton het hoogst voor de trekker, die vanwege zijn relatief hoge aslast een groot deel van de kosten krijgt toegewezen. Buiten de bebouwde kom zijn de kosten van de verschillende vrachtautoklassen redelijk vergelijkbaar; tegenover de hogere aslasten voor de zwaardere vrachtauto's staat dat deze vrachtauto's relatief meer gebruik maken van het hoofdwegennet.

Tabel 10 Gemiddelde infrastructuurkosten van het weg vervoer in 2010

Voertuigcategorie	BIBK			BUBK		
	Vast	Variabel	Totaal	Vast	Variabel	Totaal
Personenvervoer (€/1.000 rkm)						
Personenauto totaal	91,4	3,4	94,9	28,0	1,7	29,7
Personenauto benzine[a]	91,4	3,4	94,9	28,5	1,8	30,3
Personenauto diesel[a]	91,4	3,4	94,9	27,0	1,6	28,6
Personenauto LPG[a]	91,4	3,4	94,9	28,0	1,7	29,7
Bus	64,2	76,9	141,1	47,1	37,4	84,5
Touringcar	39,9	49,1	88,9	28,8	23,9	52,7
Motorfiets	21,2	3,8	25,0	17,9	2,0	19,9
Bromfiets	24,5	4,3	28,8	184,6	1,6	186,1
Fiets	23,0	2,2	25,1	114,8	1,6	116,4
Bestelauto (€/1.000 vkm)						
Bestelauto	130,2	5,3	135,5	43,1	2,4	45,5
Goederenvervoer (€/1.000 tkm)						
Vrachtauto totaal	55,7	44,5	100,1	31,6	12,6	44,2
Vrachtauto < 10 ton	62,1	13,6	75,7	46,7	4,4	51,1
Vrachtauto 10-20 ton	48,4	25,7	74,1	32,9	7,6	40,5
Vrachtauto > 20 ton	54,8	44,3	99,1	32,5	13,0	45,5
Trekker	58,1	50,6	108,7	31,3	13,0	44,2

[a] De gemiddelde kosten buiten de bebouwde kom zijn niet gelijk voor de verschillende brandstoftypen personenauto's (benzine, diesel LPG), doordat de voertuigkilometers buiten de bebouwde kom voor deze auto's verschillend verdeeld zijn over snelwegen en overige wegen (een dieselauto rijdt bijvoorbeeld relatief meer kilometers op snelwegen dan een benzineauto). De gemiddelde infrastructuurkosten zijn lager voor snelwegen dan voor de overige wegen buiten de bebouwde kom, waardoor de gemiddelde kosten buiten de bebouwde kom ook verschillen tussen de verschillende typen personenauto's.

De resultaten van een gevoeligheidsanalyse voor de gemiddelde infrastructuurkosten bij alternatieve PAE-waarden (de waarden zoals gehanteerd in CE Delft en VU, 2004) zijn weergegeven in volgende tekstbox.

Gevoeligheidsanalyse personenauto-equivalenten (PAE's)

In deze studie hanteren we de in het IMPACT Handboek (CE Delft et al., 2008b) aanbevolen PAE's. Deze PAE's zijn hoger dan de PAE's die werden gebruikt in CE Delft en VU (2004), vooral voor de zwaardere vrachtautocategorieën. Om de invloed van deze hoger PAE's op de infrastructuurkosten in kaart te brengen hebben we een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd, waarbij we bij de toewijzing van de totale infrastructuurkosten aan de verschillende vervoerswijzen gebruik hebben gemaakt van de PAE-waarden zoals die werden gehanteerd in CE Delft en VU (2004). Deze alternatieve PAE-waarden zijn terug te vinden in 0.

De (totale) gemiddelde infrastructuurkosten die zijn bepaald met behulp van de alternatieve set PAE's zijn weergegeven in onderstaande tabel. Over het algemeen zijn de kosten voor de zwaardere voertuigen (vooral zware vrachtauto's) lager, terwijl de gemiddelde infrastructuurkosten voor de lichtere voertuigen (auto's, motorfietsen, (brom)fiets, bestelauto's en vrachtauto's < 10 ton) hoger zijn. Dit is volledig te verklaren door het feit dat de gehanteerde PAE's voor zware voertuigen in deze gevoeligheidsanalyse lager zijn dan in de hoofdanalyse (terwijl de PAE's voor lichte voertuigen over het algemeen gelijk of zelfs hoger zijn dan in de hoofdanalyse), waardoor er bij de toedeling van de infrastructuurkosten een verschuiving van de zware naar de lichte voertuigen plaatsvindt.

Gemiddelde infrastructuurkosten van het wegverkeer in 2010 bij alternatieve PAE-waarden

Voertuigcategorie	BIBK	BUBK
Personenvervoer (€/1.000 rkm)		
Personenauto totaal	96,6	32,9
Bus	140,9	84,8
Touringcar	88,9	52,8
Motorfiets	26,0	21,7
Bromfiets	30,0	187,0
Fiets	25,4	116,8
Bestelauto (€/1.000 vkm)		
Bestelauto	130,1	43,2
Goederenvervoer (€/1.000 tkm)		
Vrachtauto < 10 ton	83,5	61,2
Vrachtauto 10-20 ton	71,1	39,7
Vrachtauto > 20 ton	90,5	39,3
Trekker	98,7	37,0

Uit bovenstaande tabel blijkt dat binnen de bebouwde kom de gemiddelde infrastructuurkosten voor personenauto's met ca. 2% toenemen, terwijl de kosten voor de lichtste vrachtauto's met ca. 10% stijgen. Buiten de bebouwde kom liggen deze relatieve toenames op respectievelijk ca. 11 en 20%. De daling van de gemiddelde infrastructuurkosten voor zware voertuigen varieert van 4 tot 9% binnen de bebouwde kom en van 5 tot 16% buiten de bebouwde kom.

Marginale kosten

De marginale infrastructuurkosten voor het wegvervoer zijn weergegeven in Tabel 11. De middenwaarden zijn gebaseerd op het variabele deel van de gemiddelde kosten. Voor de best case is uitgegaan van de variabele kosten voor een buitenweg en is er tevens een correctie uitgevoerd voor de hogere bezettingsgraad/beladingsgraad. Voor de worst case is tenslotte uitgegaan van de variabele kosten op een stadsweg voor voertuigen met een lage bezettingsgraad/beladingsgraad. Voor een nadere toelichting op de definitie van de verschillende marginale cases, zie Tabel 5 en Tabel 6 in Paragraaf 2.4.

Tabel 11 Marginale infrastructuurkosten wegvervoer in 2010

Voertuigcategorie	Best case	Middenwaarde	Worst case
Personenvervoer (€/1.000 rkm)			
Personenauto benzine[a]	0,6	2,2	4,6
Personenauto diesel[a]	0,5	1,8	4,6
Personenauto LPG[a]	0,6	2,0	4,6
Bus	14,2	65,0	142,1
Touringcar	10,5	28,9	94,5
Motorfiets	1,1	2,3	4,4
Bromfiets	0,8	3,5	4,3
Fiets	1,6	2,1	2,2
Bestelauto (€/1.000 vkm)			
Bestelauto	2,4	2,8	5,3
Goederenvervoer (€/1.000 tkm)			
Vrachtauto < 10t	2,9	6,0	27,3
Vrachtauto 10-20t	4,5	10,8	45,0
Vrachtauto > 20t	7,6	18,5	78,2
Trekker	6,1	15,2	71,1

[a] De middenwaarde is niet gelijk voor de verschillende brandstoftypen doordat de aandelen tussen de verschillende wegtypen (binnen de bebouwde kom, buitenwegen en autosnelwegen) niet gelijk zijn voor de brandstoftypen. De wegtypen hebben verschillende infrastructuurkosten, waardoor ook de gemiddelde kosten verschillen.

3.4 Spoorvervoer

In deze paragraaf bepalen we de infrastructuurkosten voor het spoorvervoer. Daarbij gaan we allereerst in op de wijze waarop de totale infrastructuurkosten zijn bepaald, om vervolgens stil te staan bij de toedelingsmethodiek. Tot slot presenteren we de resultaten van onze berekeningen.

3.4.1 Totale infrastructuurkosten

Aanlegkosten

Voor de bepaling van de aanlegkosten is gebruik gemaakt van een historische reeks (van 35 jaar) van uitgaven aan infrastructuuraanleg. Voor de periode 1997-2010 is daarbij gebruik gemaakt van gerealiseerde uitgaven in de Rijksbegrotingen[37], waarbij voor de jaren vanaf 2005 is gecorrigeerd voor het

[37] De volgende begrotingsposten zijn daarbij meegenomen voor de periode 2004-2010: 13.03.01, 13.03.02, 13.03.03, 13.05.01, 13.05.03, 17.05 (gemengd net), 17.02 (Betuweroute) en 17.03 (HSL). Voor de periode 2000-2003 zijn de volgende begrotingsposten meegenomen: 01.02.01, 01.02.02, 01.02.03, 01.02.06 (gemengd net), 03.02 (Betuweroute) en 03.03 (HSL). Tot slot, voor de periode 1997-1999 zijn de volgende begrotingsposten meegenomen: 01.02.01, 01.02.02 (gemengd net), 03.02 (Betuweroute) en 03.02 (HSL).

feit dat de uitgaven op de Rijksbegroting inclusief BTW zijn[38]. Voor een deel van deze periode hadden we ons ook kunnen baseren op data uit de jaarverslagen van ProRail. In onderstaande tekstbox is uitgelegd waarom we ons in deze studie baseren op data uit de Rijksbegroting in plaats van op ProRail-data. Voor de periode 1983-1986 hebben we ons gebaseerd op data van het CBS (2012), terwijl de aanleguitgaven in de periode 1975-1982 zijn geschat op basis van een lineaire extrapolatie.

In aanvulling op de bovenstaande historische aanleguitgaven aan spoorinfrastructuur zijn extra data verzameld met betrekking tot de aanleguitgaven aan de HSL-infrastructuur. De aanleg van deze infrastructuur is op twee manieren gefinancierd. Een deel van de infrastructuur (de onderbouw) is rechtstreeks gefinancierd door de Rijksoverheid en deze uitgaven komen dan ook als aanleguitgaven terug in de Rijksbegrotingen. De aanleg van een ander deel van de infrastructuur (de bovenbouw) is echter gefinancierd door een private investeerder (Infraspeed). Over een periode van 25 jaar ontvangt deze investeerder jaarlijks een vast bedrag ('performance fee'), dat bestaat uit een vergoeding voor de gemaakte aanlegkosten, de financieringskosten, de geschatte B&O-kosten voor 25 jaar en een opslag voor winst en risico.
Het was niet mogelijk om inzicht te krijgen in welk deel van deze vergoeding opgevat kan worden als een vergoeding voor de aanlegkosten (informatie was vertrouwelijk). Daarom hebben we deze volledige fee in dit onderzoek meegenomen bij de vaste B&O-kosten. Hiermee onderschatten we dus de variabele kosten van het spoorvervoer.

Tot slot, voor de aanlegkosten is aangenomen dat ze volledig vast (gebruiksonafhankelijk) zijn.

Infrastructuuruitgaven door ProRail vergeleken met de gerealiseerde uitgaven op de Rijksbegrotingen

Door ProRail wordt jaarlijks gerapporteerd over hun investeringen en onderhouds- en beheerkosten van de Nederlandse spoorinfrastructuur. De bedragen in deze jaarverslagen zijn echter niet rechtstreeks vergelijkbaar met de bedragen zoals die zijn opgenomen in de Rijksbegrotingen. Door de Algemene Rekenkamer (2010) is uitgebreid onderzoek gedaan naar de verschillen tussen de door ProRail gepresenteerde gegevens en de gerealiseerde bedragen op de Rijksbegrotingen. Naast een groot aantal kleinere verklaringen voor specifieke verschillen, noemen zij twee belangrijke redenen voor de verschillen:

- De uitgaven in de Rijksbegrotingen zijn inclusief BTW, terwijl de uitgaven in de jaarverslagen exclusief BTW zijn.
- Een deel van de door de Nederlandse overheid uitgekeerde bedragen zijn door ProRail nog niet besteed, bijvoorbeeld door vertragingen in geplande investerings- en onderhoudsprojecten.

In deze studie hebben we er voor gekozen om in onze berekeningen uit te gaan van de gerealiseerde bedragen in de Rijksbegrotingen. Hiervoor hebben we de volgende redenen:

- Met betrekking tot de aanleguitgaven geldt dat de jaarverslagen van ProRail maar voor een beperkte periode informatie leveren (2003-2010). Hierdoor is het moelijker om een consistente tijdreeks van jaarlijkse aanleguitgaven te vormen.

[38] ProRail is over haar uitgaven aan aanleg en onderhoud van spoorinfrastructuur BTW verschuldigd. Hiervoor worden zij door het Ministerie van Infrastructuur en Milieu gecompenseerd, zodat ze voldoende geld ter beschikking hebben voor hun taakuitvoering. De gerealiseerde bedragen in de Rijksbegroting zijn sinds 2005 dan ook inclusief BTW. In de analyse van de infrastructuurkosten van het spoor is het noodzakelijk om de bedragen uit de Rijksbegroting te corrigeren voor de BTW-bedragen, aangezien dat geen reële kosten van de infrastructuur zijn.

- Bij de vernieuwings- en onderhoudsuitgaven speelt dat de gerealiseerde bedragen in de Rijksbegrotingen uitgaan van geplande investerings- en onderhoudsprojecten, terwijl de uitgaven in de jaarverslagen van ProRail de daadwerkelijke investeringen en onderhouds-uitgaven weerspiegelen. Voor de bepaling van de kosten van infrastructuur zijn het eerste type uitgaven geschikter, omdat die niet vertekend worden door achterstallig onderhoud.
- De bepaling van de infrastructuurkosten dient te worden gebaseerd op de uitgaven exclusief BTW, omdat BTW-betalingen geen reële kosten van de infrastructuur vormen. Echter, door de gerealiseerde bedragen uit de Rijksbegroting te corrigeren voor BTW, hebben we deze bedragen geschikt gemaakt voor toepassing in onze analyses.

Vernieuwingskosten

De vernieuwingskosten voor de spoorinfrastructuur zijn gebaseerd op een historische reeks van uitgaven aan groot onderhoud van het spoor. Voor de periode 2004-2010 zijn deze kosten overgenomen uit de Rijksbegrotingen[39], waarbij evenals bij de aanleguitgaven is gecorrigeerd voor de BTW. Voor de jaren vóór 2004 is aangenomen dat deze uitgaven 32% (gemiddeld aandeel in de periode 2004-2010) van de totale uitgaven aan beheer en onderhoud van het spoor vormen.

Het variabele deel van de vernieuwingskosten wordt door ProRail ingeschat op ca. 21%[40] (ProRail, 2012).

Beheer- en onderhoudskosten

De B&O-kosten worden gebaseerd op de gerealiseerde uitgaven voor 2010 in de Rijksbegroting[41]. Daarbovenop worden ook de opbrengsten van de gebruiks-vergoedingen meegenomen. Door ProRail wordt ingeschat dat ca. 22,5% van de B&O-kosten variabel zijn[42] (ProRail, 2012).

Zoals eerder aangeven wordt ook de performance fee die de Nederlandse overheid jaarlijks verstrekt aan de beheerder van de HSL meegenomen als vaste B&O-kosten.

3.4.2 Toerekening van de infrastructuurkosten

Aanlegkosten

Twee motieven voor investeringen in nieuwe spoorinfrastructuur kunnen worden onderscheiden:

1. Investeringen gericht op het vergroten van de capaciteit van de spoor-infrastructuur. Tot deze investeringen wordt besloten vanwege capaciteits-tekort tijdens de drukste periode, ofwel tijdens de spits. Deze kosten rekenen we daarom toe op basis van het aandeel van personen- en goederenvervoer aan het spoorvervoer tijdens de spits. Op basis van CE Delft en VU (2004) schatten we in dat personentreinen ca. 96% van de capaciteit tijdens de spits gebruiken en goederenvervoer dus 4%.

---

39 Hierbij gaat het om begrotingspost 13.02.02.

40 ProRail maakt onderscheid tussen groot onderhoud (22% variabel) en vernieuwing (20% variabel). Het gewogen gemiddelde van het aandeel variabele kosten in de vernieuwings-kosten blijkt gelijk te zijn aan 21%.

41 Daarbij zijn de volgende begrotingsposten meegenomen: 13.01, 13.02.01, 13.02.05, 34.03.01, 34.03.02, 34.03.03, 34.03.05, 34.03.06 (gemengd net), 13.02.04 (Betuweroute), 13.04 (HSL).

42 Door ProRail wordt aangegeven dat 31% van het procesmatige onderhoud, 16% van de lonen en salarissen en 13% van de beheerkosten opgevat kunnen worden als variabele kosten. Het gewogen gemiddelde van deze percentages is ca. 22,5%.

2. Investeringen die tot doel hebben de functionaliteit van de infrastructuur voor de gebruiker te verhogen (bijv. de aanleg van de Betuwelijn). Deze kosten worden volledig toegerekend aan de gebruikers die er baat bij hebben (bij de Betuwelijn dus het goederenvervoer, terwijl de kosten van de HSL volledig worden toegerekend aan het personenvervoer).

Vernieuwingskosten

Een deel van de variabele vernieuwingskosten (ca. 29%, het zogenaamde projectmatige onderhoud) wordt door ProRail meegenomen bij de bepaling van de tarieven voor de gebruiksvergoeding. Voor toerekening van deze kosten hanteren we de verdeelsleutel zoals die door ProRail voor de gebruiksvergoeding is opgesteld (zie hieronder). De overige variabele vernieuwingskosten zijn afhankelijk van het gewicht en de mate van gebruik van de verschillende type treinen en wijzen we daarom toe op basis van tonkilometers.

Voor de vaste vernieuwingskosten van het gemengde net is geen duidelijke cost driver beschikbaar. Vandaar dat we, evenals in CE Delft en VU (2004), deze kosten toewijzen op basis van voertuigkilometers.

Voor de HSL en de Betuweroute zijn er, gezien hun jonge leeftijd, geen uitgaven toegekend aan de vernieuwing van de infrastructuur[43].

Onderhouds- en beheerkosten

Door ProRail is in het kader van het opstellen van de tarieven voor de gebruiksvergoedingen uitgebreid onderzoek verricht naar de variabele B&O-kosten voor verschillende typen spoorvervoer. Op basis van dit onderzoek concluderen zij dat op het gemengde net ca. 84% van de variabele B&O-kosten toegedeeld dienen te worden aan elektrische personentreinen, 10% aan diesel personentreinen, 3% aan elektrische goederentreinen en 3% aan diesel goederentreinen (ProRail, 2012). Wij nemen deze aanname in dit rapport over.

De vaste B&O-kosten van het gemengde net wijzen we, evenals de vaste vernieuwingskosten, toe op basis van voertuigkilometers.

De B&O-kosten voor de HSL- en de Betuweroute worden specifiek toegewezen aan personen- en goederentreinen. Bij de Betuweroute wordt een nadere onderverdeling naar elektrische en dieseltreinen gemaakt op basis van voertuigkilometers.

3.4.3 Resultaten

De totale kosten van de spoorinfrastructuur in Nederland in 2010 zijn weergegeven Tabel 12. De totale kosten bedroegen in 2010 € 3,7 miljard. Hiervan kwam ca. 67% voor rekening van het personenvervoer op het gemengde net, 4% voor het goederenvervoer op het gemengde net, 17% voor de HSL- en 12% voor de Betuweroute. De aanzienlijk hogere kosten voor elektrische personentreinen dan voor diesel personentreinen is het gevolg van het feit dat elektrische treinen verantwoordelijk zijn voor een veel groter deel van de (reizigers)kilometers en dus een veel groter deel van de totale kosten krijgen toegewezen.

---

[43] Voor de HSL- en Betuwelijn waren er enkel data bekend over de totale investeringsuitgaven (aanleg + vernieuwing). Omdat het niet mogelijk was om deze uitgaven toe te delen aan aanleg en vernieuwingskosten hebben we er in deze studie voor gekozen, zeker ook gezien de relatief jonge leeftijd van beide spoorlijnen, om de investeringsuitgaven volledig te beschouwen als aanleguitgaven. Voor de resulterende totale en gemiddelde infrastructuurkosten van het spoorvervoer heeft dit geen effect.

Tabel 12 **Totale kosten van de spoorinfrastructuur in Nederland in 2010 (mln €)**

Voertuigcategorie	Aanleg-kosten	Vernieuwing variabel	Vernieuwing vast	B&O variabel	B&O vast	Totaal
Personentrein elektrisch	758	117	433	215	731	2.255
Personentrein diesel	37	14	65	26	109	251
HSL	510	0	0	0	121	631
Goederentrein elektrisch	29	4	10	8	16	67
Goederentrein Diesel	48	4	16	8	27	102
Betuweroute elektrisch	313	0	0	8	26	346
Betuweroute diesel	78	0	0	2	7	87
Totaal	1.773	139	524	266	1.036	3.738

Evenals voor de andere modaliteiten hebben we ook voor het spoorvervoer een bandbreedte bepaald van de totale infrastructuurkosten, op basis van een hogere en een lagere discontovoet (zie Tabel 13).

Tabel 13 **Bandbreedte voor de totale kosten van de spoorinfrastructuur in Nederland in 2010 (mln €)**

Voertuigcategorie	Midden	Laag	Hoog
Personentrein elektrisch	2.255	2.002	2.543
Personentrein diesel	251	228	281
HSL	631	532	630
Goederentrein elektrisch	67	59	76
Goederentrein Diesel	102	89	115
Betuweroute elektrisch	346	286	344
Betuweroute diesel	87	71	86
Totaal	3.738	3.266	4.076

De gemiddelde infrastructuurkosten voor het spoorverkeer in 2010 zijn weergegeven in Tabel 14. Daarbij zijn voor zowel het personenvervoer als het goederenvervoer zowel de totale gemiddelde kosten (incl. de kosten voor de HSL- en de Betuweroute) als de gemiddelde kosten voor het gemengde net weergegeven. De gemiddelde kosten voor de HSL- en de Betuweroute zijn niet afzonderlijk weergegeven. Aangezien op beide lijnen in 2010 nog maar een beperkt deel van de capaciteit gebruikt werd, levert de berekening van de gemiddelde infrastructuurkosten een vertekend beeld op.

Door de relatief hoge kosten van de HSL- en de Betuweroute vallen de totale gemiddelde kosten voor respectievelijk de personentrein elektrisch en de goederentrein (zowel elektrisch als diesel) significant hoger uit dan de gemiddelde kosten voor het gemengd net. De relatief hoge gemiddelde kosten voor de personentrein diesel is vooral het gevolg van het feit dat het hierbij gaat om korte treinen met relatief weinig passagiers, waardoor de kosten per reizigerskilometer hoger uitvallen.

Tabel 14 Gemiddelde infrastructuurkosten voor het spoorverkeer in 2010

Voertuigcategorie	Centrale waarde			Onder-grens	Boven-grens
	Vast	Variabel	Totaal	Totaal	Totaal
Personenvervoer in €/1.000 rkm					
Personentrein elektrisch totaal	155	20	175	154	192
Personentrein elektrisch gemengde net	118	20	138	123	156
Personentrein diesel	265	50	315	287	353
Goederenvervoer in €/1.000 tkm					
Goederentrein elektrisch totaal	123	6	129	108	132
Goederentrein Diesel totaal	64	5	69	59	74
Goederentrein elektrisch gemengd net	39	8	48	42	54
Goederentrein diesel gemengd net	39	5	45	39	50

Noot: De onder- en bovengrens zijn gebaseerd op respectievelijk een lagere (2,5%) en hogere discontovoet (variabele discontovoet over de tijd, variërend van 2,5% tot 10%), terwijl voor de centrale waarde een discontovoet is gehanteerd van 4% (zie ook Paragraaf 3.2.2).

Tot slot zijn de marginale infrastructuurkosten voor het spoorverkeer in 2010 weergegeven in Tabel 15. De middenwaarde is hierbij gebaseerd op het variabele deel van de gemiddelde kosten. Voor de best en worst case zijn correcties uitgevoerd voor de verschillen in gemiddelde belading/bezetting van de treinen (zie Tabel 5 en Tabel 6).

Tabel 15 Marginale infrastructuurkosten voor het spoorverkeer in 2010

Voertuigcategorie	Best case	Middenwaarde	Worst case
Personenvervoer in €/1.000 rkm			
Personentrein elektrisch	9,8	20,1	36,1
Personentrein diesel	24,1	49,7	88,3
Goederenvervoer in €/1.000 tkm			
Goederentrein elektrisch	2,9	6,1	10,7
Goederentrein diesel	2,5	5,0	9,2

3.5 Tram en metro

3.5.1 Methodiek

De bepaling van de infrastructuurkosten van de tram en de metro is gebaseerd op data voor de Rotterdamse tram en metro (aangeleverd door de RET) en op data voor de Utrechtse tram (data aangeleverd door ProRail)[44]. Voor de Rotterdamse tram en metro hebben we informatie ontvangen over de kapitaallasten, onderhoudskosten en beheerkosten in 2010 van zowel de tram en de metro. Hoewel de berekeningsmethodiek voor de kapitaallasten enigszins afwijkt van de methodiek die in deze studie gehanteerd wordt voor de meeste andere vervoerswijzen[45], zijn de resulterende kostenschattingen redelijk vergelijkbaar met de overige schattingen van de aanleg- en vernieuwings-

[44] De HTM en de GVB is ook verzocht om data over de infrastructuurkosten van de tram en/of metro in respectievelijk Den Haag en Amsterdam, maar van hen hebben we helaas deze data niet ontvangen.

[45] De kapitaallasten zijn bepaald op basis van een historische reeks van investeringsuitgaven, die omgerekend zijn naar kapitaallasten op basis van een lineaire afschrijvingsmethodiek waarbij gebruik gemaakt wordt van een discontovoet van 4% en variabele afschrijvingstermijnen voor de verschillende infrastructuurelementen.

kosten. De data met betrekking tot de onderhoudskosten en beheerkosten zijn gebaseerd op lopende uitgaven in 2010 en zijn dus goed vergelijkbaar met de kostenschattingen voor de overige vervoerswijzen.
Door de RET is tenslotte ingeschat dat ca. 15% van de B&O-kosten variabel zijn. Er waren geen data beschikbaar over welk deel van de kapitaallasten (lees: vernieuwingskosten) variabel is.

Voor de Utrechtse tram hebben we een historische reeks van aanleguitgaven ontvangen, op basis waarvan we de aanlegkosten in 2010 voor de Utrechtse tram konden bepalen. Daarnaast hebben we informatie ontvangen over de vernieuwingskosten en B&O-kosten in 2010. Op basis hiervan is het dus mogelijk om een compleet beeld te krijgen van de infrastructuurkosten van de Utrechtse tram. Hierbij is aangenomen dat evenals in Rotterdam ca. 15% van de B&O-kosten variabel is.

De infrastructuurkosten voor de tram in Den Haag en de tram en metro in Amsterdam hebben we gebaseerd op de Rotterdamse data[46]. Daartoe hebben we alle kosten voor de Rotterdamse tram en metro teruggerekend naar infrastructuurkosten per kilometer infrastructuur, om die vervolgens te vermenigvuldigen met de kilometers tram en metro infrastructuur in Den Haag en Amsterdam. Op deze manier vinden we een zeer grove schatting van de infrastructuurkosten van de tram en/of metro in deze twee steden. Ook hier is aangenomen dat ca. 15% van de B&O-kosten variabel is.

3.5.2 Resultaten

De infrastructuurkosten voor de tram en de metro in Nederland in 2010 zijn weergegeven in Tabel 16. Vanwege de vertrouwelijkheid van een deel van de data is het niet mogelijk om meer gedetailleerde kosten- en uitgavendata voor de tram- en metro infrastructuur te presenteren. Daarnaast moet opgemerkt worden dat het om een eerste, grove indicatie van de infrastructuurkosten gaat, aangezien voor twee van de vier steden waar trams en/of metro's rijden geen specifieke data beschikbaar waren.

Tabel 16 Totale infrastructuurkosten van de tram en metro in 2010 (mln €$_{2010}$)

Kostencategorie	Tram			Metro		
	Midden	Laag	Hoog	Midden	Laag	Hoog
Aanleg + vernieuwing	28	23	36	12	10	16
B&O vast	38	38	38	46	46	46
B&O variabel	10	10	10	8	8	8
Totaal	76	70	84	66	63	69

Noot: De lage en hoge waarden zijn gebaseerd op respectievelijk een lagere (2,5%) en hogere discontovoet (variabele discontovoet over de tijd, variërend van 2,5% tot 10%), terwijl voor de middenwaarde een discontovoet is gehanteerd van 4% (zie ook Paragraaf 3.2.2).

De totale infrastructuurkosten van de tram worden voor 2010 ingeschat op ca. € 76 miljoen, terwijl de kosten voor de metro worden ingeschat op ca. 66%. Voor beide vervoerswijzen is het variabele deel van deze kosten geschat op ca. 12 à 13%. Dit is waarschijnlijk een onderschatting, omdat ook een deel van de vernieuwingskosten variabel is. Echter, omdat het niet duidelijk is welk deel van de kapitaallasten bestaat uit vernieuwingskosten (en het ook niet duidelijk is hoe groot het aandeel van de variabele kosten in

[46] Eventuele specifieke kenmerken van de infrastructuurkosten van de tram (en metro) in Den Haag en Amsterdam worden hierdoor niet in kaart gebracht.

de totale vernieuwingskosten voor de tram en metro is) is het niet mogelijk om een betrouwbare schatting te geven van de variabele vernieuwingskosten.

De gemiddelde infrastructuurkosten van de tram en de metro in 2010 zijn weergegeven in Tabel 17. De gemiddelde infrastructuurkosten per reizigers-kilometer zijn voor beide vervoerswijzen ongeveer gelijk. Enerzijds liggen de infrastructuurkosten per km spoor bij de metro hoger dan bij de tram, maar daar staat tegenover dat het spoor bij de metro intensiever (in termen van aantal passagiers) gebruikt wordt.

Tabel 17 Gemiddelde infrastructuurkosten van de tram en metro in 2010 (mln €$_{2010}$/1.000 rkm)

Kostencategorie	Tram			Metro		
	Midden	Laag	Hoog	Midden	Laag	Hoog
Aanleg + vernieuwing	30	24	38	14	11	17
B&O vast	40	40	40	50	50	50
B&O variabel	11	11	11	9	9	9
Totaal	81	75	89	73	70	76

Noot: De lage en hoge waarden zijn gebaseerd op respectievelijk een lagere (2,5%) en hogere discontovoet (variabele discontovoet over de tijd, variërend van 2,5% tot 10%), terwijl voor de centrale waarde een discontovoet is gehanteerd van 4% (zie ook Paragraaf 3.2.2).

De marginale infrastructuurkosten van de tram en metro zijn weergegeven in Tabel 18. De centrale waarde van de marginale kosten is gebaseerd op het variabele deel van de gemiddelde kosten (centrale waarde). De marginale kosten in de best en worst case zijn gecorrigeerd voor de verschillen in de gemiddelde bezettingsgraad in de verschillende cases (zie Tabel 5 en Tabel 6).

Tabel 18 Marginale infrastructuurkosten van de tram en metro in 2010 (mln €$_{2010}$/1.000 rkm)

Kostencategorie	Tram			Metro		
	Best case	Centrale waarde	Worst case	Best case	Centrale waarde	Worst case
Marginale kosten	5	11	21	4	9	18

3.6 Binnenvaart

In deze paragraaf bepalen we de infrastructuurkosten voor de binnenvaart. Allereerst schatten we daartoe de totale infrastructuurkosten voor de binnenvaart in, om vervolgens te bepalen welk deel we kunnen toedelen aan de ‘goederen-binnenvaart’. Waterwegen hebben naast de functie als vaarweg ook andere gebruiksfuncties, zoals watermanagement en natuur. De kosten die met deze gebruiksfuncties gepaard gaan blijven in deze studie echter buiten beschouwing.

3.6.1 Totale infrastructuurkosten

Aanlegkosten

Voor de bepaling van de aanlegkosten is gebruik gemaakt van een historische reeks (van 35 jaar) van uitgaven aan infrastructuuraanleg. Voor de Rijksvaarwegen is deze reeks voor de periode 2002-2010 gebaseerd op de Rijksbegrotingen[47]. Voor de jaren 1992-2001 zijn de aanleguitgaven uit CE Delft en VU (2004) gebruikt, terwijl de uitgaven in de jaren vóór 1992 zijn geëxtrapoleerd. Voor de investeringen van lokale overheden in vaarwegen baseren we ons op CBS-statistieken over uitgaven aan vaarwegen en binnenhavens voor de periode 1999-2010. Voor de jaren 1992-1998 maken we gebruik van een tijdreeks uit CE Delft en VU (2004). De uitgaven voor de periode 1975-1992 zijn ingeschat op basis van een extrapolatie.

Naast de bovenstaande aanleguitgaven aan het vaarwegennet en de binnenhavens dienen ook de aanleguitgaven in zeehavens die toegerekend kunnen worden aan de binnenvaart meegenomen te worden in de bepaling van de aanlegkosten voor de binnenvaart. De wijze waarop deze kosten zijn bepaald wordt nader toegelicht in Paragraaf 3.7.

Voor de aanlegkosten is aangenomen dat ze volledig vast (gebruiksonafhankelijk) zijn.

Vernieuwingskosten

Evenals de aanlegkosten worden ook de vernieuwingskosten gebaseerd op een historische tijdreeks van 35 jaar. Voor de Rijksvaarwegen is er enkel voor de jaren 2004-2010 informatie beschikbaar over de omvang van de uitgaven aan vernieuwingen van de infrastructuur vanuit de Rijksbegrotingen[48]. Vanwege deze relatief korte tijdreeks is de schatting van de vernieuwingsuitgaven voor de jaren vóór 2004 zeer onzeker. Vandaar dat we daarbij een bandbreedte hebben gehanteerd.

Voor de overige vaarwegen zijn er geen specifieke statistieken beschikbaar over de vernieuwingsuitgaven. Deze uitgaven zijn voor deze vaarwegen opgenomen in de totale B&O-uitgaven. We nemen aan dat de vernieuwingsuitgaven voor deze vaarwegen eenzelfde aandeel in de totale B&O-uitgaven vormen als bij de Rijksvaarwegen (namelijk ca. 16%). Aangezien de zeevaart geen gebruik maakt van deze vaarwegen kunnen alle uitgaven worden toegeschreven aan de binnenvaart.

Tot slot dient ook een deel van de vernieuwingskosten in zeehavens te worden toegerekend aan de binnenvaart. De wijze waarop deze kosten zijn bepaald is beschreven in Paragraaf 3.7. Bij het bepalen van de vernieuwingskosten voor de zeehavens was het niet mogelijk om deze kosten te onderscheiden van de aanlegkosten. Vandaar dat we zowel voor de zeevaart als de binnenvaart de vernieuwingskosten in combinatie met de aanlegkosten zullen presenteren.

Op basis van het BON NAT 2009 (RWS, 2009) en CE Delft en VU (2004) is een ruwe inschatting gemaakt van het variabele deel van de vernieuwingskosten. Dit deel is ca. 15%.

---

[47] Voor de periode 2004-2010 gaat het dan om de begrotingsposten 15.03 en 15.05. Voor de jaren 2002 en 2003 gaat het om de begrotingsposten 02.02.01 en 02.01.02.

[48] Begrotingspost 15.02.04.

Onderhouds- en beheerkosten

De onderhoud- en beheerkosten voor de Rijksvaarwegen worden gebaseerd op de gerealiseerde uitgaven in 2010 in de Rijksbegrotingen[49]. Voor de overige vaarwegen baseren we ons op de uitgaven voor 2010 zoals die door het CBS (2012) worden gerapporteerd. Tot slot dienen ook de B&O-kosten van de zeehavens die toegerekend kunnen worden aan de binnenvaart meegenomen te worden (zie Paragraaf 3.7.1).

Evenals voor de vernieuwingskosten schatten we op basis van BON NAT 2009 (RWS, 2009) en CE Delft en VU (2004) in dat ca. 15% van de B&O-kosten variabel zijn.

Overzicht totale kosten binnenvaartinfrastructuur

Op basis van de hierboven gepresenteerde methodiek zijn de totale kosten voor de binnenvaartinfrastructuur (binnenwateren + binnenhavens + deel infrastructuurkosten zeehavens dat dient te worden toegewezen aan de binnenvaart) bepaald. De resultaten daarvan zijn weergegeven in Tabel 19.

Tabel 19 Totale kosten binnenvaartinfrastructuur in 2010 (mln €$_{2010}$)

	Midden	Laag	Hoog
Rijksvaarwegen			
Aanlegkosten + vernieuwingskosten vast	477	356	664
Vernieuwingskosten variabel	9	5	14
B&O vast	352	352	352
B&O variabel	39	39	39
Overige vaarwegen			
Aanlegkosten + vernieuwingskosten vast	133	107	159
Vernieuwingskosten variabel	1	1	1
B&O vast	99	99	99
B&O variabel	3	3	3
Totaal	*1.113*	*962*	*1.332*

Noot: De lage en hoge waarden zijn bepaald met behulp van alternatieve aannames over de discontovoet (2,5% voor de lage waarde en een variabele discontovoet over de tijd (variërend van 2,5% tot 10%) voor de hoge waarde, terwijl voor de middenwaarde een discontovoet is gehanteerd van 4%) en de bepaling van de vernieuwingskosten.

3.6.2 Toerekening van de infrastructuurkosten

Aanlegkosten

De aanlegkosten wijzen we, evenals in CE Delft en VU (2004), toe op basis van het gemiddelde capaciteitsbeslag van een binnenvaartschip en een recreatievaartuig. Daartoe maken we gebruik van de verdeelsleutel zoals die in CE Delft en VU (2004) is ontwikkeld. Volgens deze verdeelsleutel dient op de Rijksvaarwegen ca. 99% van de aanlegkosten toegerekend te worden aan de binnenvaart en op de overige vaarwegen ca. 93%.

[49] Begrotingsposten 15.01 en 15.02.

Vernieuwingskosten

Een deel van de vernieuwingskosten voor de Rijksvaarwegen dient te worden toegeschreven aan de zeevaart, die immers ook gebruik maakt van (een deel) van deze vaarwegen. Op basis van CE Delft en VU (2004) wordt ingeschat dat ca. 20% van de vernieuwingskosten van de Rijksvaarwegen kunnen worden toegeschreven aan de zeevaart.

De resterende 80% van de vernieuwingskosten voor de Rijksvaarwegen en de totale vernieuwingskosten voor de overige vaarwegen dienen te worden toegewezen aan de binnenvaart en de recreatievaart. Daarbij maken we onderscheid tussen variabele en vaste vernieuwingskosten. De vaste vernieuwingskosten worden evenals de aanlegkosten toegewezen op basis van het gemiddelde capaciteitsbeslag. De variabele infrastructuurkosten worden daarentegen toegewezen op basis van vaartuigkilometers, wat inhoudt dat op Rijksvaarwegen ca. 60% van de vernieuwingskosten wordt toegewezen aan de binnenvaart en op de overige vaarwegen ca. 16%[50].

Beheer- en onderhoudskosten

Ook voor de B&O-kosten voor de Rijksvaarwegen dient een deel toe te worden gewezen aan de zeevaart. Evenals bij de vernieuwingskosten wordt er aangenomen dat 20% van de B&O-kosten voor de binnenwateren kunnen worden toegewezen aan de zeevaart.

De overige B&O-kosten worden toegewezen aan de binnenvaart en de recreatievaart. Daarbij maken we wederom onderscheid naar variabele en vaste kosten. Laatstgenoemde categorie wordt – evenals bij de vernieuwings-kosten – toegewezen op basis van het gemiddelde capaciteitsbeslag.
Bij de variabele B&O-kosten hanteren we een aparte toewijzingsmethodiek voor de kosten van de bediening van sluizen en bruggen op de Rijksvaarwegen (ca. 70% van de variabele B&O-kosten voor de Rijksvaarwegen). Aangezien er weinig recreatievaart in de winter en tijdens dure nachtelijke uren is, zal het overgrote deel van deze kosten veroorzaakt worden door de binnenvaart.
In CE Delft en VU (2004) is uitgegaan van een inschatting van Rijkswaterstaat dat ca. 80% van deze kosten kunnen worden toegerekend aan de binnenvaart en de overige 20% aan de recreatievaart. In deze studie volgen we deze methodiek. De overige variabele B&O-kosten wijzen we toe op basis van vaartuigkilometers.

3.6.3 Resultaten

De totale infrastructuurkosten voor de binnenvaart zijn weergegeven in Tabel 20. Voor de volledigheid zijn ook de totale kosten van de binnenvaart-infrastructuur die toegewezen worden aan de recreatievaart en de zeevaart gepresenteerd. Voor de laatste vervoerswijzen zijn enkel de middenwaarden weergegeven. De totale infrastructuurkosten voor de binnenvaart in 2010 zijn gelijk aan ca. € 1,1 miljard. Hiervan is ca. 5% variabel.

[50] In CE Delft en VU (2004) is op basis van data over passages een inschatting gemaakt van de vaartuigkilometers van de binnenvaart en de recreatievaart. Hieruit volgt dat het aandeel van de binnenvaart in de totale vaartuigkilometers op Rijksvaarwegen ca. 60% is en op de overige vaarwegen ca. 16%. Voor 2010 zijn er geen data beschikbaar over de vaartuigkilometers voor de binnen- en recreatievaart. Gegevens van de Taakgroep Verkeer laten wel zien dat de verhouding in het totale energieverbruik van de binnenvaart en de recreatievaart tussen 2002 en 2010 redelijk constant is gebleven. Op basis daarvan nemen we dan ook aan dat ook de verhouding in vaartuigkilometers voor die periode relatief constant is gebleven.

Tabel 20 Totale infrastructuurkosten binnenvaart in 2010 (mln €$_{2010}$)

Kostenpost	Binnenvaart			Recreatievaart	Zeevaart
	Midden	Laag	Hoog	Midden	Midden
Aanleg- + vernieuwingskosten vast	610	463	823	15	26
Aanleg- + vernieuwingskosten variabel	10	5	16	12	
B&O vast	451	451	451	10	69
B&O variabel	42	42	42	28	12
Totaal	1.113	962	1.332	65	107

Noot: De lage en hoge waarden zijn bepaald met behulp van alternatieve aannames over de discontovoet (2,5% voor de lage waarde en een variabele discontovoet over de tijd (variërend van 2,5% tot 10%) voor de hoge waarde, terwijl voor de middenwaarde een discontovoet is gehanteerd van 4%) en de bepaling van de vernieuwingskosten.

De gemiddelde infrastructuurkosten voor de binnenvaart worden gepresenteerd in Tabel 21.

Tabel 21 Gemiddelde infrastructuurkosten binnenvaart in 2010 (€$_{2010}$/1.000 tkm)

Kostenpost	Binnenvaart		
	Middenwaarde	Ondergrens	Bovengrens
Aanleg- + vernieuwingskosten vast	15,1	11,5	20,4
Aanleg- + vernieuwingskosten variabel	0,3	0,1	0,4
B&O vast	11,2	11,2	11,2
B&O variabel	1,1	1,1	1,1
Totaal	27,6	23,9	33,1

Noot: De onder- en bovengrens zijn bepaald met behulp van alternatieve aannames over de discontovoet (2,5% voor de lage waarde en een variabele discontovoet over de tijd (variërend van 2,5% tot 10%) voor de hoge waarde, terwijl voor de middenwaarde een discontovoet is gehanteerd van 4%) en de bepaling van de vernieuwingskosten.

Tot slot, voor de bepaling van de marginale infrastructuurkosten van de binnenvaart zijn we er vanuit gegaan dat die gelijk zijn aan het variabele deel van de gemiddelde kosten. Voor de best en worst case hebben we gecorrigeerd voor een respectievelijk hogere en lagere gemiddelde belading (zie Tabel 5 en Tabel 6).

Tabel 22 Marginale infrastructuurkosten voor de binnenvaart in €/1.000 tkm (2010)

Best case	Middenwaarde	Worst case
0,06	1,31	9,72

3.7 Zeevaart

De infrastructuurkosten voor de zeevaart bestaan uit de volgende elementen:
- de infrastructuurkosten van de zeehavens;
- de kosten van het door Rijkswaterstaat uitgevoerde onderhoud en beheer van het hoofdvaarwegennet dat kan worden toegerekend aan de zeevaart.

3.7.1 Infrastructuurkosten van de zeehavens

De infrastructuurkosten van de zeehavens zijn gebaseerd op een gedetailleerde casestudie voor de Haven van Rotterdam, waarvan de resultaten zijn geëxtrapoleerd naar de acht grootste zeehavens (Rotterdam, Amsterdam, Zeeland Seaports (Vlissingen en Terneuzen), Delfzijl/Eemshaven, Moerdijk en IJmuiden). De veronderstelling is dat de infrastructuurkosten voor deze acht havens een goede schatting geven van de totale infrastructuurkosten van zeehavens in Nederland.

Infrastructuurkosten haven van Rotterdam

De bepaling van de infrastructuurkosten voor de haven van Rotterdam is gebaseerd op gegevens die zijn aangeleverd door het Havenbedrijf Rotterdam. Hierbij is aangenomen dat het landzijdige deel van de haven is verhuurd aan derden (in lijn met Bruinsma et al., 2000), waardoor de bijbehorende aanlegkosten feitelijk zijn geïnternaliseerd (hierbij wordt verondersteld dat de opbrengsten uit verhuur de aanlegkosten van de verhuurde infrastructuur dekken). Vandaar dat we in ons onderzoek enkel de kosten die zijn verbonden aan de nautische infrastructuur hebben meegenomen. Het gaat dan om de kosten van kades, steigers, baggeren, etc.

Bij de bepaling van de infrastructuurkosten voor de haven van Rotterdam zijn we uitgegaan van de volgende aannames:

- Door het havenbedrijf zijn gegevens aangeleverd over normatieve jaarlijkse uitgaven aan aanleg en groot onderhoud (vernieuwingsuitgaven), (klein) onderhoud en beheer[51]. In de normatieve uitgaven voor aanleg en vernieuwing zijn de kosten voor de Tweede Maasvlakte niet meegenomen, omdat die nog niet geactiveerd zijn op de balans van het Havenbedrijf.
- Op basis van de uitgaven aan aanleg en vernieuwing is de huidige waarde van de nautische infrastructuur bepaald, waarbij - evenals voor de andere vervoerswijzen is uitgegaan van een gemiddelde afschrijftermijn van 35 jaar. Vervolgens zijn op basis van een discontovoet van 4% de jaarlijkse afschrijvingen bepaald (gebruik makend van een annuïteitenmethode). Evenals voor de overige verwijzen is er ook een bandbreedte voor deze kosten bepaald op basis van alternatieve discontovoeten (zie Paragraaf 3.2).
- De onderhouds- en beheerkosten[52] zijn gebaseerd op de jaarlijkse normatieve uitgaven. Hierbij zijn ook de indirecte kosten (bijvoorbeeld personeelskosten Havenbedrijf) meegenomen.
- Door het Havenbedrijf wordt ingeschat dat ca. 10% van de onderhoudskosten gebruiksafhankelijk is (HBR, 2012). Voor de overige kosten (aanleg, vernieuwing en beheer) geeft het Havenbedrijf aan dat die volledig gebruiksonafhankelijk zijn.
- Een deel van deze infrastructuurkosten dient te worden toegerekend aan de binnenvaart. Door het Havenbedrijf wordt ingeschat dat dit voor de aanleg en vernieuwingskosten 10% is, voor de onderhoudskosten 50% en voor de beheerkosten 65%.

De infrastructuurkosten die op basis van de bovenstaande veronderstellingen zijn berekend voor de haven van Rotterdam zijn weergegeven in Tabel 23.

---

[51] Het gaat hier om normatieve jaarlijkse uitgaven en niet om daadwerkelijke jaarlijkse uitgaven (zie ook Paragraaf 3.2.1); deze uitgaven kunnen dan ook niet teruggevonden worden in het Jaarverslag van het Havenbedrijf Rotterdam.

[52] Bij de beheerkosten gaat het om de kosten van de verkeersbegeleiding.

Tabel 23 **Totale infrastructuurkosten voor de haven van Rotterdam in 2010 (mln €$_{2010}$)**

Kostencategorie	Zeevaart			Binnenvaart		
	Midden	Laag	Hoog	Midden	Laag	Hoog
Aanleg + vernieuwing	110	89	141	12	10	16
Onderhoud vast	23	23	23	23	23	23
Onderhoud variabel	3	3	3	3	3	3
Beheer	17	17	17	31	31	31
Totaal	153	132	184	69	67	73

Noot: De lage en hoge waarden zijn gebaseerd op respectievelijk een lagere (2,5%) en hogere discontovoet (variabele discontovoet over de tijd, variërend van 2,5% tot 10%), terwijl voor de centrale waarde een discontovoet is gehanteerd van 4% (zie ook Paragraaf 3.2.2).

Extrapolatie naar acht grootste zeehavens

De infrastructuurkosten voor de haven van Rotterdam zijn geëxtrapoleerd naar de acht grootste zeehavens van Nederland op basis van gegevens over het aantal overgeslagen tonnen in 2010 (zie Tabel 24). Deze methode is vrij grof, aangezien het aantal overgeslagen tonnen geen perfecte cost driver voor de kosten van de haveninfrastructuur vormen. Zo kan er bij de infrastructuur-kosten van zeehavens bijvoorbeeld sprake zijn van schaaleffecten ('economies of scale'), waardoor er bij extrapolatie sprake kan zijn van een onderschatting van de infrastructuurkosten van zeehavens. Ook kunnen lokale verschillen tussen havens (bijv. aandeel binnenvaart in totaal verkeer in de haven, omvang van de benodigde baggeractiviteiten, etc.) er voor zorgen dat de extrapolatie van de Rotterdamse infrastructuurkosten leidt tot een over- of onderschatting van de daadwerkelijke infrastructuurkosten.
De hier gepresenteerde resultaten dienen dan ook gezien te worden als een eerste orde schatting van de daadwerkelijke infrastructuurkosten[53].
De resulterende infrastructuurkosten zijn weergegeven in Tabel 25.

Tabel 24 **Overgeslagen tonnen in de acht grootste zeehavens van Nederland in 2010**

Haven	Overgeslagen tonnen (mln)	Aandeel in totaal aantal overgeslagen tonnen in 2010%
Rotterdam	430	74,2%
Amsterdam	73	12,5%
Zeeland Seaports	33	5,7%
Delfzijl/Eemshaven	8	1,3%
Moerdijk	19	3,2%
IJmuiden	18	3,0%
Totaal	579	100,0%

Bronnen: Havenstatistieken Amsterdam, 2010; Jaarverslag Groningen Seaports, 2010; Jaarverslag Moerdijk, 2011.

[53] Ter controle zijn de directe infrastructuurkosten voor de Haven van Amsterdam (data verkregen van het Havenbedrijf Amsterdam) vergeleken met de schattingen van deze kosten op basis van de kostendata voor Rotterdam. Deze vergelijking laat zien dat er significante verschillen (tot 50%) bestaan tussen de ingeschatte kosten en de daadwerkelijke kosten. Echter, doordat de Rotterdamse haven veruit het grootste deel van de zeevaart in Nederland afhandelt (65 tot 75%) heeft deze onzekerheid in de kostenschattingen slechts betrekking op een beperkt deel van de eindresultaten. We schatten dan ook in dat de extrapolatie van de infrastructuurkosten van Rotterdam een extra onzekerheid van maximaal 10% oplevert.

Tabel 25 **Totale infrastructuurkosten van Nederlandse zeehavens in 2010 (mln €$_{2010}$).**

Kostencategorie	Zeevaart			Binnenvaart		
	Midden	Laag	Hoog	Midden	Laag	Boven-grens
Aanleg + vernieuwing	148	120	190	16	13	21
Onderhoud vast	32	32	32	32	32	32
Onderhoud variabel	4	4	4	4	4	4
Beheer	26	26	26	49	49	49
Totaal	210	181	252	101	97	105

Noot: De lage en hoge waarden zijn gebaseerd op respectievelijk een lagere (2,5%) en hogere discontovoet (variabele discontovoet over de tijd, variërend van 2,5% tot 10%), terwijl voor de centrale waarde een discontovoet is gehanteerd van 4% (zie ook Paragraaf 3.2.2).

3.7.2 Kosten van door Rijkswaterstaat uitgevoerd onderhoud en beheer

Zoals in Paragraaf 3.6 is aangegeven dient een deel van het door Rijkswaterstaat uitgevoerde onderhoud en beheer van het hoofdvaarwegnet toegerekend te worden aan de zeevaart. Het gaat dan bijvoorbeeld om het baggeren van de waterwegen die toegang vormen tot de havens, onderhoud van de oevers, onderhoud van sluizen, vuurtorens, betonning, etc. Deze kosten zijn in Paragraaf 3.6 ingeschat, waarbij er op basis van CE Delft en VU (2004) is aangenomen dat 20% van deze kosten dienen te worden toegerekend aan de zeevaart. De resulterende kosten zijn weergegeven in Tabel 26.

Tabel 26 **Totale kosten voor de zeevaart van onderhoud en beheer door Rijkswaterstaat in 2010 (mln €$_{2010}$)**

Kostenpost	Midden	Laag	Hoog
Vernieuwingskosten (vast + variabel)	26	13	40
B&O vast	69	69	69
B&O variabel	12	12	12

Noot: De lage en hoge waarden zijn bepaald met behulp van alternatieve aannames over de discontovoet (2,5% voor de lage waarde en een variabele discontovoet over de tijd (variërend van 2,5% tot 10%) voor de hoge waarde, terwijl voor de middenwaarde een discontovoet is gehanteerd van 4%) en de bepaling van de vernieuwingskosten.

3.7.3 Resultaten

Op basis van de bovenstaande kostenelementen kunnen de totale infrastructuurkosten voor de zeevaart in 2010 worden bepaald (zie Tabel 27). Deze kosten zijn gelijk aan € 317 miljoen, waarvan ca. 5% variabel is[54]. Hierbij dient opgemerkt te worden dat dit een grove eerste inschatting is, met name omdat deze kostenschatting gebaseerd is op een extrapolatie van een gedetailleerde casestudie voor de Rotterdamse haven.

[54] Merk op dat het zowel bij de infrastructuurkosten voor zeehavens als bij de kosten van onderhoud en beheer door Rijkswaterstaat aan het hoofdvaarwegennet niet mogelijk was om te bepalen welk deel van de vernieuwingskosten variabel zijn. Het aandeel variabele kosten in de totale infrastructuurkosten is naar alle waarschijnlijkheid dan ook hoger.

Tabel 27 Totale infrastructuurkosten voor de zeevaart in 2010 (mln €$_{2010}$)

Kostencategorie	Midden	Laag	Hoog
Aanleg + Vernieuwingskosten	175	132	231
B&O vast	126	126	126
B&O variabel	16	16	16
Totaal	317	274	373

Noot: De lage en hoge waarden zijn bepaald met behulp van alternatieve aannames over de discontovoet (2,5% voor de lage waarde en een variabele discontovoet over de tijd (variërend van 2,5% tot 10%) voor de hoge waarde, terwijl voor de middenwaarde een discontovoet is gehanteerd van 4%) en de bepaling van de vernieuwingskosten voor de Rijksvaarwegen.

De gemiddelde infrastructuurkosten voor de zeevaart zijn weergegeven in Tabel 28. Merk op dat er bij de bepaling van de gemiddelde infrastructuurkosten voor de zeevaart is uitgegaan van 50% van de tonkilometers van de schepen die Nederlandse havens aandoen. De totale infrastructuurkosten worden dus verdeeld over een groot aantal tonkilometers en zijn daardoor ook relatief laag. Per call zijn de gemiddelde infrastructuurkosten aanzienlijk hoger.

Tabel 28 Gemiddelde infrastructuurkosten voor de zeevaart in 2010

	In €/call			In €/1.000 tkm		
Kostencategorie	Midden	Laag	Hoog	Midden	Laag	Hoog
Aanleg + Vernieuwingskosten	2,36	1,79	3,12	0,18	0,14	0,24
B&O vast	1,71	1,71	1,71	0,13	0,13	0,13
B&O variabel	0,21	0,21	0,21	0,02	0,02	0,02
Totaal	4,28	3,71	5,04	0,33	0,28	0,38

Noot: De lage en hoge waarden zijn bepaald met behulp van alternatieve aannames over de discontovoet (2,5% voor de lage waarde en een variabele discontovoet over de tijd (variërend van 2,5% tot 10%) voor de hoge waarde, terwijl voor de middenwaarde een discontovoet is gehanteerd van 4%) en de bepaling van de vernieuwingskosten voor de Rijksvaarwegen.

Tot slot de marginale infrastructuurkosten voor de zeevaart. Net als voor de overige vervoerswijzen is aangenomen dat het variabele deel van de gemiddelde infrastructuurkosten een goede benadering vormt voor de marginale infrastructuurkosten. Er zijn onvoldoende data beschikbaar om de marginale kosten ook voor de best en worst case te bepalen. Vandaar dat deze waarden gelijk zijn gesteld aan de middenwaarde.

Tabel 29 Marginale infrastructuurkosten zeevaart ((€$_{2010}$/call en €$_{2010}$/1.000 tkm)

Kostencategorie	Best case	Middenwaarde	Worst case
Marginale infrastructuurkosten (€/call)	4.281	4.281	4.281
Marginale infrastructuurkosten (€/1.000 tkm)	0,02	0,02	0,02

3.8 Luchtvaart

De infrastructuurkosten voor de luchtvaart in Nederland zijn gebaseerd op de infrastructuurkosten voor de luchthavens van nationale betekenis[55]: Schiphol, Eindhoven Airport, Groningen Airport Eelde, Lelystad Airport en Rotterdam-The Hague Airport[56].

3.8.1 Methodiek

Op basis van door Schiphol aangeleverde data[57] en data uit de jaarverslagen van de overige luchthavens over de operationele kosten, afschrijvingen en vermogenskosten die betrekking hebben op de luchtvaartactiviteiten (opstijgen, landen en parkeren van vliegtuigen, passagiers- en bagage-afhandeling en beveiliging van passagiers en bagage (security)) van de luchthaven (zie Tabel 30) zijn de infrastructuurkosten voor de luchtvaart bepaald. Bij de operationele kosten gaat het bijvoorbeeld om de lopende uitgaven aan onderhoud, schoonmaak, personeel, etc. In deze studie nemen we aan dat deze kosten kunnen worden opgevat als de B&O-kosten van de luchtvaart. De afschrijvingskosten en de vermogenskosten vormen samen de aanleg- en vernieuwingskosten. Hoewel er voor de bepaling van deze kosten door de luchthavens enkele andere aannames (bijv. variabele afschrijvingstermijnen, discontovoet die is bepaald als het gewogen gemiddelde van de rente over vreemd vermogen en dividenden op eigen vermogen) gemaakt worden dan dat in deze studie is gedaan voor de andere vervoerswijzen, zijn we in onze analyses toch uitgegaan van deze gerapporteerde kosten[58].
Deze aanpak levert uiteraard de nodige onzekerheid op. Nader onderzoek is gewenst.

Tabel 30 Gerapporteerde infrastructuurkosten voor Schiphol en de regionale luchthavens in 2010 (mln €$_{2010}$)

Kostencategorie	Schiphol	Regionale luchthavens	Totaal
Operationele kosten	481	43	523
Afschrijvingen	136	5	141
Vermogenskosten	127	5[a]	131
Totaal	743	52	795

[a] Inschatting CE Delft op basis van de aanname dat de verhouding in afschrijvingen en vermogenskosten voor de regionale luchthavens gelijk is aan de verhouding voor Schiphol.

Bron: Jaarverslag Schiphol Group, 2010; Jaarverslag Eindhoven Airport, 2010; Jaarverslag 2010 Groningen Airport Eelde.

55 Hierbij gaat het om luchthavens die internationale vluchten kunnen ontvangen en economisch van belang voor het hele land. Naast de luchthavens van nationale betekenis kent Nederland ook nog 12 luchthaven van regionaal belang: Ameland, Budel, Drachten, Lelystad, Hoogeveen, Hilversum, Midden-Zeeland, Seppe, Teuge en Texel. Aangezien het aandeel van deze luchthavens in de totale Nederlandse luchtvaart zeer beperkt is, laten we deze luchthavens in deze studie buiten beschouwing.

56 Naast deze vijf luchthavens is ook de luchthaven Maastricht-Aken een luchthaven van nationale betekenis. Echter, door een gebrek aan data konden de infrastructuurkosten voor deze luchthaven niet bepaald worden. Het niet meenemen van deze kosten heeft echter geen significant effect op de infrastructuurkosten voor de Nederlandse luchtvaart als geheel.

57 Het gaat hier om meer gespecificeerde data dan die worden gepubliceerd in het Jaarverslag van Schiphol. De hier gepresenteerde kostencijfers kunnen dan ook niet allemaal teruggevonden worden in het Jaarverslag van Schiphol.

58 Meer gedetailleerde uitgavendata die noodzakelijk zijn om kostenschattingen te maken die volledig in lijn zijn met de kostenschattingen voor de andere vervoerswijzen konden door de luchthavens niet ter beschikking worden gesteld.

Het variabele deel van de infrastructuurkosten wordt voor de verschillende luchthavens niet gerapporteerd en ook navraag bij de luchthavens leverde geen bruikbare informatie op. Vandaar dat we zelf een (ruwe) inschatting hebben gemaakt van het aandeel van de variabele kosten in de totale infrastructuurkosten:

- Voor de vernieuwingskosten (die onderdeel uitmaken van de post afschrijvingen + vermogenskosten) hebben we ons daarbij gebaseerd op de onderverdeling van de afschrijvingen die bekend is voor Schiphol: banen, rijbanen en platformen 11,8%, terreinen en wegen 6,5%, gebouwen 18,3%, installaties 48,5% en overige vaste activa 14,9%. Van deze afschrijvings-categorieën bevat waarschijnlijk alleen de categorie 'banen, rijbanen en platformen' een (significant) variabel deel. We hebben aangenomen dat ca. 25% van deze afschrijvingen betrekking hebben op variabele vernieuwingskosten, waarmee het variabele deel van de aanleg + vernieuwingskosten uitkomt op ca. 3%.
- Voor de B&O-kosten hebben we ons gebaseerd op een studie van WWM (2006), waarin op basis van gedetailleerde data voor de luchthaven van Helsinki wordt ingeschat dat 11% van de B&O-kosten variabel is.

Doordat we geen goed inzicht hebben in de samenstelling van de verschillende kostenposten is het niet mogelijk om nauwkeurig cost drivers vast te stellen. Daarom delen we de infrastructuurkosten toe op basis van de aandelen van personen- en vrachtluchtvaart in het totale aantal LTO's op Nederlandse luchthavens (zie 0). Deze aanpak leidt tot onzekerheid in de uiteindelijke resultaten.

3.8.2 Resultaten

De totale infrastructuurkosten voor de luchtvaart in 2010 zijn weergegeven in Tabel 31. De totale infrastructuurkosten voor de luchtvaart bedragen ca. € 800 miljoen, waarvan 91% is toegewezen aan de passagiersvliegtuigen[59].

Tabel 31 Totale infrastructuurkosten luchtvaart 2010 (mln €$_{2010}$)

Kostencategorie	Midden	Laag	Hoog
Aanleg + vernieuwing vast	272	204	353
Vernieuwing variabel	8	6	11
B&O vast	466	466	466
B&O variabel	58	58	58
Totaal luchtvaart	803	733	887
Luchtvaart (personen)	731	667	807
Luchtvaart (vracht)	72	66	80

Noot: Voor de bepaling van de lage waarden is aangenomen dat de aanleg- en vernieuwings-kosten 25% lager liggen dan de middenwaarden, terwijl voor de hoge waarden is aangenomen dat deze kosten juist 30% hoger liggen. Deze percentages zijn gebaseerd op de vergelijking van de middenwaarden en lage/hoge waarden voor deze kostenposten voor de overige vervoerwijzen.

De gemiddelde infrastructuurkosten voor de luchtvaart zijn weergegeven in Tabel 32. Evenals voor de zeevaart geldt dat de totale infrastructuurkosten zijn verdeeld over 50% van het totale aantal reizigers- en tonkilometers van vliegtuigen die in Nederland vertrekken of aankomen (zie ook Paragraaf 2.3).

[59] Zie Bijlage A.1 voor een toelichting op de manier waarop is bepaald welk deel van de infrastructuurkosten toegerekend dient te worden aan passagiersvliegtuigen en welk deel aan vrachtvliegtuigen.

De gemiddelde infrastructuurkosten voor de luchtvaart zijn zowel in €/LTO als in € per 1.000 reizigerskilometer of 1.000 tonkilometer weergegeven.

Tabel 32 Gemiddelde infrastructuurkosten luchtvaart 2010

	In €/LTO			In €/1.000 rkm (personen) of tkm goederen)		
Kostencategorie	**Midden**	**Laag**	**Hoog**	**Midden**	**Laag**	**Hoog**
Luchtvaart personen	3.521	3.214	3.889	9,7	8,9	10,7
Luchtvaart goederen	3.521	3.214	3.889	12,6	12,7	15,4

Noot: Voor de bepaling van de lage waarden is aangenomen dat de aanleg- en vernieuwingskosten 25% lager liggen dan de middenwaarden, terwijl voor de hoge waarden is aangenomen dat deze kosten juist 30% hoger liggen. Deze percentages zijn gebaseerd op de vergelijking van de middenwaarden en lage/hoge waarden voor deze kostenposten voor de overige vervoerwijzen.

Tot slot zijn in Tabel 33 de marginale infrastructuurkosten voor personen- en vrachtluchtvaart weergegeven. Voor de middenwaarde zijn deze gelijk aan het variabele deel van de gemiddelde kosten. Merk op dat deze marginale kosten gekenmerkt worden door een grote mate van onzekerheid, omdat er weinig inzicht is in het variabele deel van de infrastructuurkosten. Volgens WWM (2006) bestaan het grootste deel van de variabele kosten voor personenluchtvaart uit personeelskosten, die redelijk constant zijn per vluchtbeweging. Daarom hebben we voor de bepaling van de marginale infrastructuurkosten voor de best en worst case van de personenluchtvaart ook enkel een correctie uitgevoerd voor verschillen in het gemiddelde aantal rkm's per vlucht. Op de marginale infrastructuurkosten per LTO heeft dit uiteraard geen invloed; deze zijn dan in de best en worst case dan ook gelijk aan de middenwaarde.

Voor het vrachtvervoer per luchtvaart is geen informatie bekend over de belangrijkste cost drivers van de marginale infrastructuurkosten. Vandaar dat we bij de marginale kosten in €/tkm volstaan met een correctie voor het gemiddelde aantal tkm's per vlucht. Voor de marginale infrastructuurkosten per LTO stellen we de kosten voor de best en worst case gelijk aan de middenwaarde.

Tabel 33 Marginale infrastructuurkosten luchtvaart 2010 (in €$_{2010}$/LTO en in €$_{2010}$/1.000 rkm of tkm)

Voertuigcategorie	Best case	Middenwaarde	Worst case
Marginale infrastructuurkosten in €/LTO			
Luchtvaart (personen)	3.521	3.521	3.521
Luchtvaart (vracht)	3.521	3.521	3.521
Marginale infrastructuurkosten in (€/1.000 rkm of tkm)			
Luchtvaart (personen) (€/1.000 rkm)	0,01	0,79	10,06
Luchtvaart (vracht) (€/1.000 tkm)	0,00	1,14	4,20

4 Kosten van ruimtebeslag

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk komen de kosten van (direct en indirect) ruimtebeslag aan bod. Aangezien deze kosten niet veranderen als er een extra voer/vaartuig aan de verkeersstroom wordt toegevoegd, zijn de marginale kosten van ruimtebeslag nihil. Daarom besteden we alleen aandacht aan de totale en gemiddelde kosten van ruimtebeslag.

In het vervolg van dit hoofdstuk staan we allereerst stil bij de definiëring van de kosten van ruimtebeslag (Paragraaf 4.2). In de Paragrafen 4.3 en 4.4 gaan we vervolgens in op de te hanteren methodiek voor de bepaling van deze kosten. Tot slot geven we in Paragraaf 4.5 een overzicht van de resultaten.

4.2 Definitie van kosten van ruimtebeslag

De kosten van ruimtebeslag bestaan uit de opportuniteitskosten van het gebruik van schaarse grond; de grond die nu gebruikt wordt voor verkeersinfrastructuur had ook gebruikt kunnen worden voor andere renderende activiteiten[60]. De misgelopen opbrengsten van deze activiteiten kunnen gezien worden als de kosten van het ruimtebeslag door verkeersinfrastructuur.

We maken in dit onderzoek onderscheid tussen direct en indirect ruimtebeslag. Bij direct ruimtebeslag gaat het om de ruimte die wordt ingenomen door de fysieke infrastructuur. Onder indirect ruimtebeslag worden (wettelijk) beperkende gebruiksmogelijkheden van gronden in de nabijheid van infrastructuur verstaan. Indirect ruimtebeslag heeft betrekking op de volgende aspecten (CE Delft en VU, 2004):

- *Transport van gevaarlijke stoffen*; bij het transport van gevaarlijke stoffen wordt een tweetal typen risico's onderscheiden die kunnen leiden tot een beperking van het ruimtegebruik (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2003). Ten eerste bestaat er het plaatsgebonden risico dat gedefinieerd wordt als de kans per jaar dat een persoon, die zich continu en onbeschermd op een bepaalde plaats in de omgeving van een transportroute bevindt, overlijdt door een ongeval met het transport van gevaarlijke stoffen op die route. Ten tweede bestaat er het groepsrisico, dat de kans weergeeft op een ongeval met tien of meer dodelijke slachtoffers in de omgeving van de beschouwde activiteit. Van deze twee typen risico's wordt het plaatsgebonden risico gebruikt voor het vaststellen van risicocontouren, waarbinnen bijvoorbeeld niet gebouwd mag worden. De groepsrisico's kunnen daarentegen gebruikt worden om te evalueren of de woningdichtheid in de een bepaald gebied nog kan worden vergroot. Aangezien de plaatsgebonden risicocontouren normstellend zijn, zijn ze voor dit onderzoek van groter belang.
- *Geluidzonering;* middels de Wet geluidhinder is vastgelegd dat in gebieden rondom verkeersinfrastructuur (wegen, spoorwegen, vliegvelden) waar de

[60] Merk op dat de kosten voor natuur en landschap die het gevolg zijn van het bestaan van de infrastructuur apart worden onderscheiden (zie Hoofdstuk 0).

geluidsbelasting boven een bepaalde drempelwaarde[61] komt geen extra bebouwing mag plaatsvinden. Er is in deze situatie dus sprake van indirect ruimtebeslag[62].
- *Zichtzones*; langs bepaalde vaarwegen gelden bebouwingsvrije zones , die binnenvaartschippers een vrij zicht moeten garanderen.
- *Luchtvervuiling:* de Wet milieubeheer stelt dat gevoelige objecten (bijvoorbeeld scholen) niet gebouwd mogen worden op locaties waar de concentraties luchtvervuilende emissies te hoog zijn. Op deze locaties mogen echter wel andere gebouwen worden gebouwd. Er is hier dus sprake van een herverdeling van locatiekeuzes, waarvan de kosten nihil zijn. Vandaar dat we deze kosten ook niet meenemen in deze studie.
- *Voorkomen radarverstoringen (luchtvaart):* op aanvliegroutes van vliegvelden zijn er beperkingen opgelegd aan de hoogte van gebouwen op specifieke locaties, om verstoringen van de radar te voorkomen. Ook hierbij gaat het om een herverdeling van locatiekeuzes of om een iets andere vormgeving van de gebouwen, waarvan de maatschappelijke kosten nihil zijn. Deze kosten blijven in deze studie dan ook buiten beschouwing.

Zowel voor direct als indirect ruimtebeslag geldt dat de kosten aanzienlijk kunnen verschillen tussen verschillende regio's in Nederland. In de Randstad is ruimte bijvoorbeeld schaarser dan in Noord-Nederland, waardoor de kosten van ruimtebeslag in deze regio hoger liggen. Echter, in deze studie kijken we naar de totale en gemiddelde kosten van ruimtebeslag voor Nederland als geheel. Differentiatie van deze kosten naar verschillende regio's valt buiten de scope van dit onderzoek. Bij de bepaling van kosten van ruimtebeslag maken we daarom ook gebruik van gemiddelde waarderingskentallen voor Nederland.

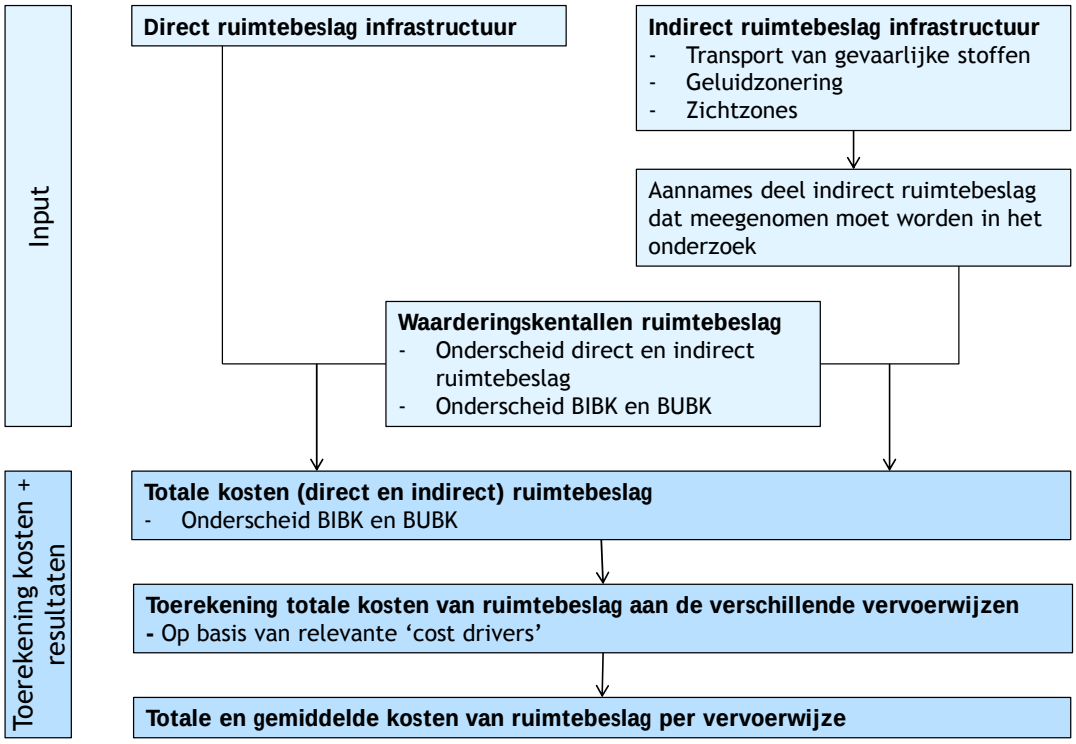
4.3 Methodiek bepalen totale/gemiddelde kosten van ruimtebeslag

De gevolgde methodiek voor de bepaling van de totale en gemiddelde kosten van ruimtebeslag is in grafische vorm weergeven in Figuur 2.

[61] Deze drempelwaarde is voor Rijkswegen en wegen buiten stedelijk gebied gelijk aan 55 dB, voor wegen in stedelijk gebied aan 65 dB en voor spoorwegen aan 70 dB. Voor luchtvaart zijn er specifieke geluidscontouren opgesteld door de overheid (zie ook Paragraaf 4.3).

[62] De wet staat toe om door middel van de aanleg van geluidwerende voorzieningen (bijvoorbeeld een geluidswal of een tunnel voor het verkeer) het gebied toch beschikbaar te maken voor woningbouw. In dit geval bestaan de kosten niet uit de opportuniteitskosten van het niet kunnen bebouwen van de grond, maar uit de kosten van de aan te leggen geluid-werende voorzieningen. Vanuit de economische theorie kan beargumenteerd worden dat de hoogte van deze kosten gelijk zijn aan elkaar. Vanuit die optiek kunnen beide situaties in deze studie dus op dezelfde wijze worden meegenomen.

Figuur 2 Methodiek bepaling kosten van ruimtebeslag



Zoals duidelijk wordt uit Figuur 2 onderscheiden we de volgende stappen bij de bepaling van de totale en gemiddelde kosten van ruimtebeslag:

– Bepalen van het directe ruimtebeslag van infrastructuur; voor de bepaling van het directe ruimtebeslag volgen we verschillende methoden voor de verschillende modaliteiten:
  - Voor het wegvervoer is gebruik gemaakt van de inschatting van het directe ruimtebeslag door het wegennet in 2002, zoals die in CE Delft en VU (2004) wordt gepresenteerd[63]. Op basis van de ontwikkeling van de lengte van het wegennet in Nederland tussen 2002 en 2010 is het directe ruimtebeslag uit 2002 geëxtrapoleerd naar 2010. Daarnaast is een inschatting gemaakt van het ruimtegebruik door openbare (door overheden beheerde) parkeerplaatsen, op basis van CROW (2006)[64].
  - Voor het spoorvervoer is evenals in CE Delft en VU (2004) het directe ruimtebeslag gebaseerd op de percelen die in het bezit zijn van ProRail. Een deel van de ruimte waarop spoorinfrastructuur is

[63] Dit betekent dat evenals in CE Delft en VU (2004) geen rekening wordt gehouden met het ruimtebeslag van rotondes, verkeerspleinen, weefvakken, in- en uitvoegstroken, voorsorteervakken, bushaltes, trottoirs, pleinen en sierbestratingen. De reden dat deze vormen van infrastructuur niet worden meegenomen bij de bepaling van het directe ruimtebeslag is dat het ruimtebeslag van het wegennetwerk wordt gebaseerd op de lengte van de wegen vermenigvuldigd met de breedte van wegen volgens de minimale ontwerp-eisen. Onze inschatting van het directe ruimtebeslag door het wegennetwerk is dus waarschijnlijk een conservatieve inschatting.

[64] Vanwege datagebrek was het niet mogelijk om ook het ruimtebeslag van niet-openbare parkeerplaatsen (op eigen terrein, bij bedrijven, bij winkels) te bepalen. Merk echter op dat voor deze parkeerplaatsen door de grondeigenaren betaald is bij de aanschaf van de grond benodigd voor het parkeren. De kosten van ruimtebeslag zijn bij deze parkeerplaatsen dus 'geïnternaliseerd'. Tot slot, ook het ruimtebeslag door parkeren op de openbare weg wordt niet afzonderlijk onderscheiden om dubbeltellingen met het ruimtegebruik van het wegennet te voorkomen.

gevestigd is in handen van NS Vastgoed (stations, kantoren, etc.), maar door een gebrek aan data is dit ruimtebeslag niet meegenomen in deze studie[65].

- Voor de tram is het directe ruimtebeslag gebaseerd op data van de HTM, RET, GVB en Connexxion over de lengte van de traminfrastructuur en het aantal haltes. Vervolgens is op basis van kentallen over de gemiddelde breedte van tramsporen en gemiddelde oppervlakten van haltes (Bruinsma et al., 2000) het totale ruimtebeslag van traminfrastructuur bepaald.
- Ook voor de metro is het ruimtebeslag gebaseerd op data van de lokale vervoerders (RET en GVB) over de lengte van het metronetwerk en het aantal haltes/stations, op basis waarvan met behulp van relevante kentallen uit Bruinsma et al. (2000) het totale directe ruimtebeslag is bepaald. Voor de metro bestaat het directe ruimtebeslag enkel uit het bovengrondse ruimtegebruik van de metro.
- Voor de binnenvaart is enkel rekening gehouden met het directe ruimtebeslag van specifieke binnenvaartinfrastructuur (havenbekkens, wacht- en overnachtingsplaatsen buiten havens). Het ruimtebeslag van waterwegen is, evenals in CE Delft en VU (2004), niet meegerekend, omdat de voornaamste functie ervan het watermanagement is[66].
  Van het ruimtebeslag door zeehavens is 20% toegedeeld aan de binnenvaart voor medegebruik (Bruinsma et al., 2000).
- Voor de zeevaart bestaat het ruimtegebruik uit de havenbekkens (op basis van Bruinsma et al. wordt 80% van dit ruimtegebruik toegerekend aan de zeevaart en de overige 20% aan de binnenvaart). Het grondgebruik van zeehavens aan de landzijde wordt in deze studie niet in kaart gebracht. Bruinsma et al. (2000) nemen aan dat dit grondgebruik volledig gebruikt wordt voor activiteiten die niet direct gerelateerd zijn de zeevaart, maar veeleer aan industriële activiteiten[67].
  Wij volgen deze aanname in deze studie.
- Ook voor de *luchtvaart* geldt dat een deel van het directe ruimtegebruik op luchthavens niet direct gerelateerd is aan vervoersactiviteiten (bijv. ruimtegebruik voor winkels en horeca) en daarom niet meegenomen hoeft te worden in dit onderzoek. Voor Schiphol, bedraag dit ca. 3% van het totale directe ruimtebeslag. Er is aangenomen dat hetzelfde geldt voor de regionale luchthavens.
  Het directe ruimtebeslag dat wordt meegenomen in de externe

---

65 Ook bij de kosten van dit ruimtebeslag kan echter aangenomen worden dat ze worden doorberekend aan de klant (uiteindelijk de treinreiziger) en dat deze kosten daarmee zijn 'geïnternaliseerd'.

66 Er kan geclaimd worden dat er sprake is van medegebruik van de waterwegen door de binnenvaart. Echter, Bruinsma et al. (2000) geven aan dat dit argument niet opgaat omdat de vaarwegen – gegeven de waterhuishoudkundige functie – in nagenoeg alle gevallen niet gedempt kunnen worden om het een andere functie te geven, bijvoorbeeld bebouwing.

67 Bovendien is deze grond verhuurd of verkocht aan derden, waardoor er op de markt reeds een prijs tot uiting komt voor dit ruimtegebruik. Feitelijk zijn deze kosten dus reeds 'geinternaliseerd'. Overigens moet opgemerkt worden dat een beperkt deel van de ruimte in de haven (in de Rotterdamse haven ca. 4%, Havenbedrijf Rotterdam, 2010) bestaat uit vrije terreinen, d.w.z. terreinen die nog niet zijn uitgegeven aan bedrijven. Deze ruimte is echter vrij beschikbaar en er is dan ook geen sprake van (extern) ruimtebeslag. Deze vorm van ruimtebeslag is dan ook geen onderdeel van deze studie. Hetzelfde geldt voor het ruimtebeslag als gevolg van interne reserveringen of opties. Interne reserveringen verwijst naar ruimte in het bezit van bedrijven die momenteel nog niet gebruikt wordt, maar al wel gekocht/gehuurd is door bedrijven om toekomstige uitbreidingen mogelijk te maken. Daarnaast hebben bedrijven de mogelijkheid om een optie te nemen op bepaalde terreinen. Aangezien er voor deze beide vormen van reserveringen een (we veronderstellen marktconforme) vergoeding wordt betaald is er geen sprake van een externe kostenpost.

kostenberekening bestaat dan ook uit het direct ruimtebeslag van luchthavens verminderd met deze 3%.

– *Bepalen van het indirecte ruimtebeslag van infrastructuur*; het indirecte ruimtebeslag is gebaseerd op wettelijke regelingen[68] omtrent de risicocontouren voor het transport van gevaarlijke stoffen, geluidszonering rondom wegen, spoorwegen en luchthaven en zichtzones langs vaarwegen. De volgende vormen van indirect ruimtebeslag zijn voor de verschillende vervoerswijzen meegenomen[69]:
  - Bij het wegverkeer is rekening gehouden met het indirecte ruimtebeslag als gevolg van restricties voor nieuwbouw in gebieden met te hoge geluidniveaus. Voor deze gerestricteerde gebieden wordt aangenomen dat binnen de bebouwde kom 10% in aanmerking komt voor bebouwing indien de grondgebruik restricties zouden worden opgeheven[70] (uitkomst van een expert workshop gehouden in het kader van CE Delft en VU (2004)), waarvan 50% nodig is voor publieke voorzieningen (bijv. infrastructuur, parken, etc.). Uiteindelijk wordt dus 5% van het indirecte ruimtebeslag door geluidszonering binnen de bebouwde kom meegenomen. Buiten de bebouwde kom is dit 2% (CE Delft en VU, 2004). Vanwege de onzekerheid in deze percentages, hebben we ook een doorrekening gemaakt met respectievelijk 10% en 2% binnen de bebouwde kom en 5% en 1% buiten de bebouwde kom. De resultaten van deze analyses zijn gebruikt bij het opstellen van een bandbreedte voor de totale/gemiddelde kosten van ruimtebeslag. Het indirecte ruimtebeslag van wegen als gevolg van de risicocontouren voor het transport van gevaarlijke stoffen is niet meegenomen. Gezien de omvang van deze contouren is het aannemelijk dat zij volledig binnen de geluidscontouren vallen[71] (CE Delft en VU, 2004).
  - Bij het spoorvervoer is het indirecte ruimtebeslag als gevolg van geluidszonering op dezelfde wijze meegenomen in de analyse als bij het wegverkeer. Wederom wordt voor het indirecte ruimtebeslag als gevolg van externe veiligheidsrisico's aangenomen dat de bijbehorende risicocontouren binnen de geluidszones vallen.
  - Bij de tram speelt alleen het indirecte ruimtebeslag door geluidzonering een rol. Echter, gezien de ruimtelijke positionering van traminfrastructuur ligt het niet voor de hand dat opheffing van de restricties voor het grondgebruik tot additionele bouwactiviteiten gaat leiden. Het indirecte ruimtebeslag van de tram is daarom verder niet in het onderzoek meegenomen.
  - Ook voor de metro is aangenomen dat er geen sprake is van indirect ruimtegebruik door geluidszonering. Ook de kosten van eventuele

---

68 Er is enkel sprake van indirect ruimtebeslag als er beperkende gebruiksmogelijkheden voor de ruimte bestaan. In de praktijk betekent dit met name gronden waarvoor bepaald wordt dat zij vrij dienen te blijven van bebouwing. Zones waar weliswaar overlast (geluid, luchtkwaliteit) wordt ervaren maar waar geen beperkende maatregelen voor het gebruik van de ruimte gelden blijven buiten beschouwing. De overlast wordt uiteraard wel meegenomen bij de externe kosten van geluid, luchtvervuiling, etc.

69 Er zijn geen correcties uitgevoerd voor eventueel overlappend indirect ruimtebeslag van verschillende modaliteiten. De verwachting is echter dat deze overlapping zeer beperkt is.

70 Zoals aangegeven in CE Delft en VU (2004) gaat het daarbij vooral om bedrijventerreinen die zonder geluidsrestricties (gedeeltelijk) tot woongebieden geherstructureerd zouden kunnen worden.

71 Het ruimtebeslag van risicozones zou geheel aan vrachtauto's moeten worden toegerekend. Echter, omdat geluidzones worden toegedeeld op basis van de geluidsproductie van voertuigen, komen de kosten van ruimtebeslag van de geluidszones ook grotendeels bij de vrachtauto's terecht. Er is dus geen reden om hiervoor te corrigeren.

beperkingen aan bebouwing boven de metrotunnels zijn niet meegenomen. De maatschappelijke kosten hiervan zijn naar verwachting nihil omdat het om een herverdeling van locatiekeuzes gaat.
    - Bij de binnenvaart is alleen het indirecte ruimtebeslag van zichtzones langs de vaarwegen meegenomen[72]. Gebaseerd op de uitkomsten van de expert workshops gehouden in het kader van CE Delft en VU (2004) is aangenomen dat binnen de bebouwde kom 50% van de grond binnen de zichtzones potentieel bebouwbaar is, waarvan 50% noodzakelijk is voor publieke voorzieningen. In totaal is dus 25% van het indirecte ruimtebeslag binnen de bebouwde kom meegenomen in het onderzoek. Buiten de bebouwde kom is dit – evenals voor de weg en het spoor – 2%. Voor de bepaling van de bandbreedte van de kosten van ruimtebeslag hebben we ook een doorrekening gemaakt met respectievelijk 35 en 15% binnen de bebouwde kom en 5 en 1% buiten de bebouwde kom.
    - Bij de zeevaart is er geen sprake van indirect ruimtebeslag.
    - Bij de luchtvaart wordt alleen het indirecte ruimtebeslag als gevolg van de geluidzonering meegenomen. De risicocontouren met betrekking tot externe veiligheidsrisico's vallen volledig binnen de geluidscontouren en om dubbeltellingen te voorkomen dienen laatstgenoemde dus niet meegenomen te worden. Gezien de schaarste van de grond rondom Schiphol is aangenomen dat ca. 20% van de grond binnen de geluidszones potentieel bebouwbaar is en er dus 10% van het indirecte ruimtebeslag meegenomen dient te worden in het onderzoek.
- *Bepalen van de totale kosten van ruimtebeslag per modaliteit;* de totale kosten van ruimtebeslag per modaliteit zijn bepaald door het directe en indirecte ruimtebeslag te vermenigvuldigen met relevante waarderingskentallen. In Paragraaf 4.4 wordt nader ingegaan op de gehanteerde waarderingskentallen. De jaarlijkse kosten zijn vervolgens gedefinieerd als de jaarlijkse rentekosten die worden bepaald met behulp van een discontovoet van 4%. Gegeven de blijvende waarde van grond is er geen rekening gehouden met afschrijvingskosten.
- *Toedelen van de totale kosten van ruimtebeslag aan de verschillende vervoerswijzen;* het gehanteerde toedelingsmechanisme van de kosten van ruimtebeslag aan de afzonderlijke vervoerswijzen verschilt per modaliteit:
    - Bij het *wegvervoer* worden de kosten van ruimtebeslag toebedeeld op basis van capaciteitsbeslag (PAE-kilometers). De redenering hierachter is dezelfde als bij aanlegkosten van nieuwe infrastructuur: naarmate het gebruik van de weg de capaciteit nadert zal er nieuwe infrastructuur worden aangelegd en dus een extra beslag op de ruimte worden gelegd. Aangezien vrachtauto's meer ruimte in beslag nemen dan personenauto's en er dus voor zorgen dat nieuwe infrastructuur eerder moet worden aangelegd, dienen zij volgens deze redenering een groter deel van de kosten toegerekend te krijgen. Er zijn een aantal uitzonderingen op deze algemene toedelingsmethodiek. Allereerst is het ruimtebeslag van parkeerplaatsen enkel toebedeeld aan personenauto's en bestelauto's (op basis van vkm's), omdat wordt aangenomen dat dit de enige vervoerswijzen zijn die gebruik maken van (openbare) parkeerplaatsen. Ten tweede, de kosten van ruimtebeslag van fietspaden zijn, identiek aan de toedeling van de aanlegkosten van fietspaden, gedeeltelijk toegerekend aan fietsen en gedeeltelijk aan bromfietsen. Tot slot, de kosten van indirect ruimte-

[72] De risicocontouren van het transport van gevaarlijke stoffen vallen over het algemeen binnen de oevers van de vaarwegen en leiden dus niet of nauwelijks tot ruimtelijke beperkingen. Ook is er bij vaarwegen geen sprake van geluidszonering.

beslag door geluidszones zijn op dezelfde wijze toegerekend als de kosten van geluidsoverlast (op basis van geluidweegfactoren en voertuigkilometers), om zo rekening te kunnen houden met de verschillen in geluidsoverlast die de verschillende voertuigen veroorzaken.

- Bij het spoorvervoer zijn de kosten van ruimtebeslag toegerekend aan het personenvervoer (het capaciteitsbeslag in de spits van het goederenvervoer is immers nihil), waarbij de toedeling aan elektrische en dieseltreinen plaatsvindt op basis van voertuigkilometers. Enkel voor de infrastructuur die specifiek gebruikt wordt door goederentreinen (bijvoorbeeld de Betuwelijn) is het ruimtebeslag toegewezen aan goederentreinen, waarbij de verdeling tussen elektrische en dieseltreinen wederom plaats vindt op basis van voertuigkilometers. De kosten van indirect ruimtebeslag door geluidszones zijn, evenals bij het wegvervoer, toegedeeld op basis van geluidweegfactoren en voertuigkilometers.
- Bij de luchtvaart worden de kosten van ruimtebeslag – evenals de infrastructuurkosten – toegerekend op de aandelen van personen- en vrachtluchtvaart in het totale aantal LTO's op Nederlandse luchthavens (zie 0).
- Bij de overige modaliteiten is een nadere toedeling van kosten niet noodzakelijk, omdat er bij deze modaliteiten geen verschillende typen vervoersmiddelen worden onderscheiden.

4.4 Waarderingskentallen

Bij het vaststellen van de waarderingskentallen maken we onderscheid tussen waarderingskentallen voor direct en indirect ruimtebeslag.

Direct ruimtebeslag

Het directe ruimtebeslag van verkeersinfrastructuur baseren we op de grondverwervingskosten[73]. Deze kosten kunnen aanzienlijk lager zijn dan de marktprijzen voor grond. De reden hiervoor is dat de marktprijzen naast de grondverwervingskosten ook de volledige aanlegkosten van de lokale infrastructuur en in sommige gevallen ook de ontsluitende infrastructuur kunnen reflecteren[74] [75]. Door deze kosten tot uitdrukking te brengen in de grondprijzen kunnen lokale overheden de (grond)exploitatie van bouwprojecten sluitend krijgen. Echter, voor deze studie zou het gebruik van die marktprijzen leiden tot een overschatting van de kosten van direct ruimte-

---

73 Deze kosten kunnen worden gezien als een vergoeding voor de opportuniteitskosten van het directe ruimtebeslag (het feit dat de ruimte niet voor andere doeleinden kan worden gebruikt).

74 Dit impliceert ook dat een deel van de infrastructuurkosten en kosten van ruimtebeslag binnen de bebouwde kom in rekening wordt gebracht bij de omwonenden en daarmee dus geïnternaliseerd zijn. Bedacht moet echter worden dat het hierbij om een andere groep mensen gaat dan de mensen die gebruik maken van de infrastructuur (hoewel er uiteraard een aanzienlijke overlap bestaat). In dat opzicht is deze situatie vergelijkbaar met bijvoorbeeld de gezondheidskosten van luchtvervuiling; ook hierbij bestaat er een overlap tussen degenen die de kosten veroorzaken (verkeersdeelnemers) en degenen die er uiteindelijk voor betalen (belastingbetaler). De overlap tussen beide groepen is in het laatste voorbeeld waarschijnlijk minder groot dan in het geval van infrastructuurkosten en kosten van ruimtebeslag in de bebouwde kom; het principe is daarentegen hetzelfde.

75 Er zijn ook gemeentes die bij de bepaling van de grondprijs een residuele grondwaardemethodiek gebruiken, waarbij de grondprijs wordt bepaald op basis van de prijs van het vastgoed vrij op naam minus de totale stichtingskosten van het vastgoed (bouwkosten, plankosten, winsten van aannemers, etc.).

beslag. Het ruimtebeslag dient immers gewaardeerd te worden op de initiële waarde van de grond, zonder dat daar de kosten van de bebouwing in tot uitdrukking komt. Voor een nadere uitleg wordt verwezen naar CE Delft en VU (2004) en Bruinsma et al. (2000).

In CE Delft en VU (2004) is uitgebreid veldonderzoek gedaan naar de gemiddelde grondverwervingskosten in Nederland. Voor een selectie van dertien Nederlandse gemeenten (verspreid over het hele land) zijn de grondverwervingskosten van agrarisch land dat een stedelijke bestemming krijgt (grondverwervingskosten voor uitleglocaties) en van agrarisch land waarbij de agrarische functie behouden blijft bepaald. Deze kosten zijn respectievelijk gebruikt als waardering voor het directe ruimtebeslag binnen de bebouwde kom[76] en buiten de bebouwde kom. De grondverwervingskosten van agrarisch land dat een stedelijke bestemming krijgt werden voor 2002 ingeschat op € 20 tot € 40 per m^2 (€ 30 is toentertijd aangehouden in de berekeningen). Op basis van WUR (2010) en NVM (2011) is ingeschat dat deze verwervingskosten in 2010 van dezelfde ordegrootte zijn[77]. In deze studie hanteren we dan ook een bandbreedte van € 20 tot € 40 per m^2, met een centrale waarde van € 30 per m^2. De grondverwervingskosten van agrarisch land dat een agrarische functie behoudt worden in CE Delft en VU (2004) voor 2002 ingeschat op € 7 per m^2. Hierbij gaat het om de waarde van de grond plus een toeslag voor het opkopen van opstallen en dergelijke. Op basis van DLG (2011) en DLG (2006) is ingeschat dat deze kosten in 2010 ca. 19% hoger liggen[78], dus op ca. € 8,50 per m^2 (bandbreedte[79] € 6 - € 14 per m^2).

Indirect ruimtebeslag

Bij de waardering van de kosten van indirect ruimtebeslag dient onderscheid gemaakt te worden tussen indirect ruimtebeslag buiten de bebouwde kom en indirect ruimtebeslag binnen de bebouwde kom (Bruinsma et al., 2000; CE Delft en VU, 2004).

De kosten van indirect ruimtebeslag kunnen gewaardeerd worden op basis van de verandering in de grondwaarde bij een functieverandering van de grond. Buiten de bebouwde kom gaat het dan om een functieverandering van landbouw naar bebouwd gebied. Echter, opgemerkt moet worden dat de verandering in het grondgebruik doorgaans zal betekenen dat elders de aanleg van extra onroerend goed wordt nagelaten. Er is sprake van een fors

---

76 Impliciet wordt er hierbij dus vanuit gegaan dat de huidige infrastructuur gelijktijdig met de bebouwing tot stand is gekomen.

77 WUR (2010) presenteert de grondprijzen voor de periode 1998-2008 voor landbouwgronden die een bestemming voor wonen en werken gaan krijgen. Tussen 2002 en 2008 stijgen deze prijzen met ca. 10%. Voor de periode 2008-2010 presenteert WUR (2010) geen cijfers. Volgens NVM (2011) zijn in deze periode de grondkosten voor nieuwbouwhuizen echter met ca. 8% gedaald. Indien deze cijfers worden gecombineerd blijkt dus dat de grondprijzen per saldo nauwelijks zijn veranderd in de periode 2002-2010. We veronderstellen dat de ontwikkeling in de grondprijzen een goede benadering vormt van de ontwikkeling in de grondverwervingskosten en dus dat ook de grondverwervingskosten van agrarische grond dat een stedelijke bestemming in 2010 gelijk zijn aan de waarden in 2002.

78 Hierbij gaat het om de ontwikkeling van de gemiddelde prijs van landbouwgronden in Nederland voor de periode 2002-2010. Wederom nemen we aan dat dit een goede benadering is voor de ontwikkeling in de verwervingskosten.

79 De bandbreedte is gebaseerd op de constatering in CE Delft en VU (2004) dat de verwervingskosten van agrarische grond die een agrarische functie blijft houden ongeveer het dubbele is van de prijs voor agrarische grond. Op basis van de spreiding in de agrarische grondprijzen voor 2010 in DLG (2011) komen we dan tot een bandbreedte van € 6 tot € 14 per m^2.

herverdelingseffect[80] en de totale financiële waardering van indirect grondgebied zal dus kleiner zijn dan het verschil in grondwaarden voor landbouwgrond en bebouwde grond. De relevante basis van de waardering is dan ook niet het prijsverschil tussen het gebruik van grond voor landbouw en voor woningbouw, maar van woningbouw op een gunstige locatie tegenover woningbouw op een minder gunstige locatie. In CE Delft en VU (2004) is (arbitrair) aangenomen dat dit verschil in locatie kan worden gewaardeerd met € 1 per m^2. Op basis van WUR (2010) zouden we kunnen aannemen dat deze waardering in 2010 ca. 10% hoger ligt; maar gezien het arbitraire karakter van dit waarderingskental hebben we evenals in CE Delft en VU (2004) een waarde van € 1 per m^2 gehanteerd (bandbreedte € 0 – € 5 per m^2).

De waardering van indirect ruimtebeslag binnen de bebouwde kom ligt iets gecompliceerder. Enerzijds zou je kunnen stellen dat de situatie gelijk is aan de situatie buiten de bebouwde kom; door de flexibiliteit van de ruimtelijke inrichting leidt het bebouwen van grond waarvoor momenteel een bouwrestrictie geldt er vooral toe dat elders (waarschijnlijk vooral op uitleglocaties) minder gebouwd wordt (herverdelingseffect). In dit geval zal de waardering van het indirecte ruimtebeslag zeer laag zijn. Bedacht moet echter worden dat vooral locaties in stadscentra een unieke waarde vertegenwoordigen, die gedeeltelijk ook samenhangen met mogelijke agglomeratieeffecten. In deze situatie is het verschil in prijs van woningbouw op een gunstige locatie en woningbouw op een ongunstige locatie wel significant; dit prijsverschil kan worden benaderd door het verschil in de prijs van grond binnen de bebouwde kom en landbouwgrond. In CE Delft en VU (2004) wordt aangenomen dat de grondwaarde binnen de bebouwde kom ca. € 300 per m^2 bedraagt. Aannemende dat de grondprijs in de periode 2002-2010 met ca. 15% is gestegen[81], komen we voor deze studie op een grondwaarde van ca. € 340 per m^2. Zoals eerder aangegeven bestaan de verwervingskosten voor landbouw-grond waarvan de functie verandert naar woningbouw ca. € 30, waarmee de waardestijging van de grond binnen de bebouwde kom uitkomt op ca. € 310 per m^2. Omdat niet duidelijk is in welke verhouding bovenstaande situaties zich in de praktijk voordoen is, evenals in CE Delft en VU (2004), een 50/50-verdeling aangenomen (om de invloed van deze veronderstelling op de resultaten te toetsen zal een bandbreedte worden gevormd waarbij wordt uitgegaan van een 25/75- en 75/25-verdeling). Daarmee komt de waardering van indirect ruimtebeslag binnen de bebouwde kom uit op € 155 per m^2.

---

80 Zeker ook gezien het relatief grote aanbod van ruimte in gebieden buiten de bebouwde kom. Weinig woonlocaties in Nederland buiten de bebouwde kom zijn dermate uniek dat er geen alternatieve, wel beschikbare ruimte voor beschikbaar is.

81 Er bestaan in Nederland geen duidelijke monitoren van grondprijzen binnen de bebouwde kom. Rigo (2009) maakt daarom op basis van de prijzen van particuliere kavels een inschatting van deze prijzen in de periode 1998-2008. Op basis van deze gegevens kan worden ingeschat dat de grondprijzen binnen de bebouwde kom ca. 20-25% zijn gestegen in de periode 2002-2008. Echter, NVM (2011) geeft aan dat in de periode 2008-2010 de grondprijzen fors zijn gedaald, ca. 8-10%. Op basis van deze gegevens schatten we in dat de grondprijzen in de periode 2002–2010 ca. 15% zijn gestegen.

Overzicht waarderingskentallen

Een samenvatting van de waarderingskentallen zoals die in deze studie zijn toegepast is weergegeven in Tabel 34.

Tabel 34 **Waarderingskentallen voor ruimtegebruik in € per m² (tussen haakjes staat de gehanteerde bandbreedte)**

	Binnen de bebouwde kom	Buiten de bebouwde kom
Direct ruimtebeslag	30 (20-40)	8,50 (6-14)
Indirect ruimtebeslag	155 (75-235)	1 (0-5)

4.5 Resultaten

Het totale directe en indirecte ruimtebeslag voor de verschillende modaliteiten is weergegeven in Tabel 35. Bij het indirecte ruimtebeslag gaat het om de km² die meegenomen zijn in de analyse (potentieel bebouwbaar). Een nadere toelichting op de wijze waarop dit ruimtebeslag is bepaald is weergegeven in Bijlage C.

Tabel 35 **Direct en indirect ruimtebeslag (in km²) voor de verschillende modaliteiten (middenwaarde)**

	Direct ruimtebeslag	Indirect ruimtebeslag (mee te nemen in de analyse)
Wegverkeer	1.359	10
Tram	1,4	0
Metro	1,4	0
Trein	70,3	0,5
Binnenvaart	20,2	4,2
Zeevaart	44,0	0
Luchtvaart	36,7	18,5

De totale kosten van ruimtebeslag in 2010 zijn weergegeven in Tabel 36. Aangezien het directe ruimtebeslag over het algemeen veel groter is dan het indirecte ruimtebeslag zijn ook de kosten van eerstgenoemde aanmerkelijk hoger.

Tabel 36 **Totale kosten van ruimtebeslag in 2010 (mln €$_{2010}$)**

Voertuigcategorie	Midden			Laag	Hoog
	Direct	Indirect	Totaal	Totaal	Totaal
Personenvervoer in mln €					
Personenauto benzine	824	19	843	468	1.279
Personenauto diesel	271	7	278	158	427
Personenauto LPG	34	1	34	20	53
Bus	6	2	9	5	15
Touringcar	3	1	4	2	6
Motorfiets	5	6	11	5	26
Bromfiets	7	9	16	6	36
Personentrein elektrisch	27	2	29	19	46
Personentrein diesel	4	0	4	3	7
Tram	2	0	2	1	2
Metro	2	0	2	1	2
Fiets	87	0	87	59	120

Voertuigcategorie	Midden			Laag	Hoog
	Direct	Indirect	Totaal	Totaal	Totaal
Goederenvervoer in mln €					
Bestelauto	175	5	180	103	276
Vrachtauto	93	13	106	67	180
Goederentrein elektrisch	4	0	4	3	7
Goederentrein diesel	4	0	4	3	7
Binnenvaart	7	14	21	9	42
Internationale lucht- en zeevaart in mln €					
Luchtvaart personen	11	1	12	8	24
Luchtvaart goederen	1	0	1	1	2
Zeevaart	15	0	15	11	25

Noot: De hoge en lage waarden zijn gebaseerd op een respectievelijk hogere en lagere waardering van (direct en indirect) ruimtebeslag. Daarnaast is er bij de bepaling van deze waarden voor het wegvoer, de trein en de binnenvaart ook uitgegaan van een groter/kleiner (indirect) ruimtebeslag.

De gemiddelde kosten van ruimtebeslag zijn weergegeven in Tabel 37 (vervoer op Nederlands grondgebied) en Tabel 38 (Internationaal vervoer). Opvallend aan Tabel 37 zijn de relatief hoge kosten van de bromfiets en fiets. Deze hoge gemiddelde kosten zijn het gevolg van de externe kosten van het ruimtebeslag van fietsinfrastructuur, die specifiek worden toegewezen aan de (brom)fiets.

De gemiddelde kosten per voertuigkilometer voor het wegverkeer kunnen worden teruggevonden in Bijlage C.

Tabel 37 Gemiddelde kosten van ruimtebeslag in 2010 voor vervoerswijzen op Nederlands grondgebied

Voertuigcategorie	Midden			Laag[a]	Hoog[a]
	Direct	Indirect	Totaal	Totaal	Totaal
Personenvervoer (€/1.000 rkm)					
Personenauto benzine[b]	9,37	0,22	9,59	5,33	14,55
Personenauto diesel[b]	6,45	0,16	6,61	3,75	10,15
Personenauto LPG[b]	6,56	0,14	6,70	3,81	10,24
Bus	1,72	0,65	2,36	1,27	4,29
Touringcar	0,36	0,08	0,44	0,26	0,78
Motorfiets	1,77	2,14	3,91	1,62	9,09
Bromfiets	7,16	8,53	15,69	6,50	36,02
Personentrein elektrisch	1,65	0,12	1,77	1,15	2,81
Personentrein diesel	5,07	0,38	5,45	3,54	8,65
Tram	1,85	0,00	1,85	1,23	2,47
Metro	1,90	0,00	1,90	1,27	2,54
Fiets	6,36	0,00	6,36	4,28	8,79
Bestelauto (€/1.000 vkm)					
Bestelauto	10,05	0,30	10,34	5,92	15,89
Goederenvervoer (€/1.000 tkm)					
Vrachtauto	1,77	0,24	2,01	1,27	3,42
Goederentrein elektrisch	1,28	0,12	1,40	0,90	2,26
Goederentrein diesel	1,35	0,13	1,48	0,95	2,39
Binnenvaart	0,17	0,35	0,52	0,22	1,05

[a] De hoge en lage waarden zijn gebaseerd op een respectievelijk hogere en lagere waardering van (direct en indirect) ruimtebeslag. Daarnaast is er bij de bepaling van deze waarden voor

het wegvoer, de trein en de binnenvaart ook uitgegaan van een groter/kleiner (indirect) ruimtebeslag.

[b] De gemiddelde kosten verschillen tussen de brandstoftypen personenauto's doordat deze verschillende kilometrages en verschillende aandelen op de verschillende wegtypen hebben. Binnen de bebouwde kom zijn de totale kosten van ruimtebeslag groter dan buiten de bebouwde kom. Doordat de dieselauto relatief meer buiten de bebouwde kom rijdt dan de benzine- en LPG-auto, zijn de gemiddelde kosten voor deze categorie lager dan voor de andere personenauto's.

Tabel 38 Gemiddelde kosten van ruimtebeslag in 2010 voor de internationale vervoerswijzen

Voertuigcategorie	Midden			Laag[a]	Hoog[a]
	Direct	Indirect	Totaal	Totaal	Totaal
Personenvervoer (€/LTO)					
Luchtvaart personen	55	3	58	39	115
Goederenvervoer in €/LTO (luchtvaart) en €/call (zeevaart)					
Luchtvaart goederen	55	3	58	39	115
Zeevaart	202	0	202	143	333
Personenvervoer (€/1.000 rkm)					
Luchtvaart personen[b]	0,15	0,01	0,16	0,11	0,32
Goederenvervoer (€/1.000 tkm)					
Luchtvaart goederen[b]	0,22	0,01	0,23	0,15	0,45
Zeevaart[b]	0,02	0,00	0,02	0,01	0,03

[a] De hoge en lage waarden zijn gebaseerd op een respectievelijk hogere en lagere waardering van (direct en indirect) ruimtebeslag.

[b] Het betreft de kosten van ruimtebeslag op Nederlands grondgebied, gedeeld door de helft van de totale reizigers- of tonkilometers van en naar Nederland.

5 Kosten van verkeersonveiligheid

5.1 Inleiding

Jaarlijks overlijden honderden mensen als gevolg van een verkeersongeval. Daarnaast vallen er ook vele niet-dodelijke slachtoffers bij verkeers-ongevallen. Verkeersongevallen brengen verschillende kosten met zich mee, waarvan een deel extern van aard is. In dit hoofdstuk beschrijven we de methodiek voor de kwantificering van deze kosten. Allereerst gaan we in op de definiëring van externe ongevalskosten (Paragraaf 5.2), waarna we in Paragraaf 5.3 en Paragraaf 5.4 de methodiek voor de bepaling van de totale en gemiddelde externe ongevalskosten beschrijven. De methodiek voor de bepaling van de marginale externe ongevalskosten wordt beschreven in Paragraaf 5.5. Tot slot worden de resultaten gepresenteerd in Paragraaf 5.6.

5.2 Definitie externe ongevalskosten

Verkeersongevallen leiden tot verschillende soorten kosten. In het vervolg van deze paragraaf bespreken we allereerst deze kostenposten, om vervolgens stil te staan bij de vraag in hoeverre de verschillende kostenposten extern van aard zijn.

5.2.1 Maatschappelijke kosten van verkeersongevallen

De volgende maatschappelijke kosten van verkeersongevallen kunnen worden onderscheiden (SWOV, 2011):

- *Medische kosten;* hierbij gaat het om de kosten die voortvloeien uit de behandeling van slachtoffers (bijv. kosten voor ziekenhuis, revalidatie, geneesmiddelen en aanpassingen voor gehandicapten).
- *Afhandelingskosten;* hierbij gaat om de kosten die optreden als gevolg van de afhandeling van ongevallen en de daarbij ontstane schade door organisaties als brandweer, politie, justitie en verzekeraars.
- *Materiele kosten;* hierbij gaat het om de kosten die voortvloeien uit de beschadiging van goederen zoals voertuigen, lading en infrastructuur. De schade aan infrastructuur wordt ook meegenomen bij de onderhouds-kosten van de infrastructuur (zie Hoofdstuk 3). Om dubbeltellingen te voorkomen nemen we deze kosten hier niet mee.
- *Kosten van productieverlies;* hierbij gaat het om de kosten voor de maatschappij als geheel die het gevolg zijn van tijdelijke of blijvende arbeidsongeschiktheid van gewonden en van het geheel wegvallen van de productie van de overleden verkeersslachtoffers (lager Bruto Binnenlands Product). Ook de economische waardering van het consumptieverlies maakt onderdeel uit van deze kosten.
- *Immateriële kosten* voor slachtoffers en hun naasten; dit zijn de kosten van leed, pijn, verdriet en verlies aan levensvreugde van de slachtoffers en hun familie en vrienden.

Naast deze vijf kostencategorieën worden ook de reistijdverliezen door files ten gevolge van verkeersongevallen vaak meegenomen bij de bepaling van de maatschappelijke kosten van verkeersongevallen. Aangezien deze kosten ook deel uit maken van de congestiekosten (zie Hoofdstuk0), nemen we ze bij de ongevalskosten niet mee.

5.2.2 Externe vs. interne kosten van verkeersongevallen

Slechts een deel van de maatschappelijke kosten van verkeersongevallen, zoals die hierboven zijn gedefinieerd, zijn extern van aard. Bij de bepaling van het externe deel van de kosten van verkeersongevallen zijn de volgende zaken van belang:

- perspectief van de analyse;
- risico perceptie;
- verzekeringen.

Hieronder zullen we deze drie zaken nader bespreken.

Perspectief van de analyse

Of kosten van verkeersongevallen extern of intern beoordeeld worden is mede afhankelijk van het gekozen perspectief. Een voorbeeld kan dit verduidelijken. Stel we hebben een ongeval tussen een vrachtauto en een personenauto, waarbij er in de personenauto een dodelijk slachtoffer valt. Vanuit het perspectief van de transportsector als geheel is het overgrote deel van deze kosten intern (de kosten vallen namelijk vooral neer bij de automobilist, die onderdeel is van de transportsector). Wordt er daarentegen gekozen voor het perspectief van de vrachtauto, dan is het overgrote deel van de kosten extern van aard (de verongelukte automobilist maakt immers geen deel uit van de categorie 'vrachtauto').

Afhankelijk van het perspectief van de analyse kunnen ongevalskosten dus extern of intern van aard zijn. Het te hanteren analyseperspectief is afhankelijk van de doelstelling van het onderzoek en het is dus niet mogelijk om een perspectief vast te stellen dat in alle situaties gehanteerd kan worden. Om maximaal inzicht te geven in de kosten van verkeersongevallen is er in deze studie voor gekozen om deze kosten vanuit verschillende perspectieven te presenteren. Daartoe hebben we onderstaande matrix ontwikkeld, waarin (vanuit het perspectief van de individuele verkeersdeelnemer) per vervoerswijze zal worden weergegeven in hoeverre de (externe) ongevalskosten afgewenteld worden op de transportsector of op de rest van de maatschappij. De verschillende kostenposten, zoals hierboven benoemd kunnen dan ingedeeld worden in één van beide categorieën (zie Tabel 39)[82].
De immateriële kosten zijn bijvoorbeeld voor de individuele verkeersdeelnemer extern, terwijl ze vanuit het perspectief van de transportsector intern zijn. De niet-verzekerde medische kosten zijn daarentegen zowel vanuit het perspectief van de individuele verkeersdeelnemer als vanuit het perspectief van de transportsector extern.

[82] Deze categorisering van de ongevalskosten sluit aan bij de methodiek zoals die ook in UNITE (2000) wordt gehanteerd.

Tabel 39 Categorisering van externe ongevalskosten

Kostenpost	Kosten die neerslaan binnen de transportsector	Kosten die neerslaan bij de rest van de maatschappij
Medische kosten	Verzekerde medische kosten	Niet verzekerde medische kosten
Afhandelingskosten	Afhandelingskosten verzekeraars	Overige afhandelingskosten
Materiele kosten	Alle verzekerde en niet-verzekerde materiële kosten	
Kosten van productieverlies		Netto kosten van productieverlies[a]
Immateriële kosten	Alle immateriële kosten (incl. consumptieverlies)	

[a] Bruto kosten van productieverlies minus de waardering van toekomstig consumptieverlies.

Risico perceptie

Of de kosten van verkeersongevallen extern beschouwd mogen worden is mede afhankelijk van de mate waarin reizigers rekening houden met het risico dat ze lopen op het moment dat ze deelnemen aan het verkeer. In de literatuur (zie bijvoorbeeld GRACE (2006), UNITE (2000), CE Delft et al. (2011)) wordt meestal aangenomen dat mensen wel rekening houden met hun eigen risico op het moment dat ze besluiten om deel te nemen aan het verkeer[83], maar niet met het risico dat ze veroorzaken voor andere verkeersdeelnemers. De kosten die samenhangen met het eigen risico zijn dus volledig geïnternaliseerd, terwijl de kosten die samenhangen met het risico van anderen extern van aard zijn (afhankelijk van het gekozen analyseperspectief). In deze studie zullen we aansluiten bij deze veronderstelling. In Tabel 39 zijn enkel de externe ongevalskosten weergegeven, wat betekent dat de kosten die samenhangen met het eigen risico niet worden weergegeven in deze tabel (bijv. de immateriële kosten van enkelzijdige ongevallen).

Verzekeringen

Vaak wordt aangenomen dat een deel van de ongevalskosten wordt geïnternaliseerd door middel van verzekeringen en dus vanuit die optiek niet meer als extern hoeft te worden beschouwd. Echter, internalisering van een extern effect vereist dat de marginale kosten bij de veroorzaker ervan in rekening worden gebracht. Aangezien verzekeringspremies niet of nauwelijks afhankelijk zijn van het aantal gereden kilometers en maar in geringe mate van het risicogedrag van verkeersdeelnemers kan geconcludeerd worden dat er bij verzekeringen niet of in geringe mate sprake is van internalisatie van het effect (Ubbels en Knockaert, 2008; VU, 2005). De verzekerde ongevalskosten worden dus gedragen door derden. Bij materiële ongevalskosten (die gedekt worden door autoverzekeringen) betekent dit dat ze gedragen worden door andere verkeersdeelnemers (in de vorm van premies die ze betalen voor autoverzekeringen). Bij verzekerde medische kosten komen de kosten in eerste instantie bij de rest van de maatschappij terecht. Echter, verwacht mag worden dat de verzekeraars (een deel van) deze kosten verhalen op de autoverzekeringen, waardoor deze kosten weer neerslaan binnen de transport-sector. Het is onduidelijk om welk deel van de verzekerde medische kosten het hierbij gaat. In deze studie nemen we daarom aan dat de volledige verzekerde medische kosten verhaald kunnen worden op autoverzekeringen en

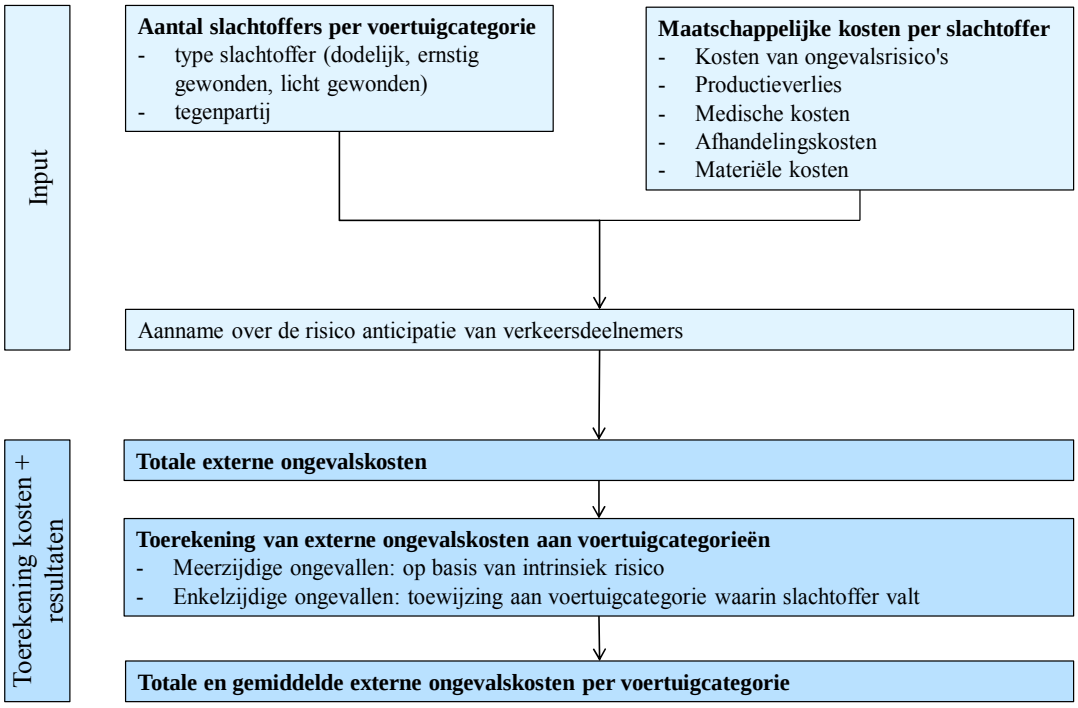
[83] Desondanks bestaat er in de literatuur veel discussie over de vraag in hoeverre mensen in staat zijn kleine risico's (met grote gevolgen) in te schatten (zie bijvoorbeeld VU, 2005; GRACE, 2006). Er bestaan op dit terrein echter nog veel onzekerheden en toepassing van alternatieve risico theorieën is methodologisch niet mogelijk. Vandaar dat we in deze studie – evenals andere externe kostenstudies – uitgaan van het principe dat een verkeersdeelnemer zijn eigen ongevalsrisico volledig internaliseert.

dus neerslaan binnen de transportsector. Meer onderzoek op dit vlak is echter gewenst.

5.3 Methodiek bepalen totale/gemiddelde ongevalskosten

De gehanteerde methodiek voor de bepaling van de totale en gemiddelde externe ongevalskosten is grafisch weergegeven in Figuur 3.

Figuur 3 Methodiek bepaling totale en gemiddelde externe ongevalskosten



De top-down benadering voor de bepaling van de totale en gemiddelde ongevalskosten, zoals weergegeven in Figuur 3, bestaat uit drie stappen:

1. *Bepaling totale externe ongevalskosten*; de eerste stap van de bepaling van de totale en gemiddelde externe ongevalskosten per voertuigcategorie bestaat uit het berekenen van de totale externe ongevalskosten. Daartoe vermenigvuldigen we allereerst het totale aantal verkeersslachtoffers (zie Bijlage D.2) met de externe ongevalskosten per slachtoffer (zie Paragraaf 5.4 voor een nadere toelichting op de te hanteren kostenkentallen per slachtoffer). Daarbij maken we onderscheid tussen drie typen slachtoffers: dodelijke slachtoffers, ernstig gewonden en licht gewonden[84]. Daarnaast zijn er ook ongevallen met enkel materiële schade. Voor deze ongevallen zullen we voor het wegvervoer enkel de totale kosten bepalen, maar deze niet toedelen aan de verschillende vervoerswijzen (zie Stap 2). De reden hiervoor is dat een betrouwbare methodiek voor de toewijzing van deze kosten ontbreekt. Voor de overige modaliteiten worden deze ongevallen, vanwege een gebrek aan data helemaal niet meegenomen.

[84] Spoedeisendehulp (SEH), MAIS0, MAIS1 en MAIS9 + overig letsel, waarbij MAIS staat voor 'Maximum Abbreviated Injury Scale'. Dit is een maatstaf voor de ernst van het letsel (SWOV, 2012).

2. *Toerekening van de totale externe ongevalskosten aan de verschillende vervoerswijzen*; de toerekening van de externe ongevalskosten is bij eenzijdige ongevallen eenvoudig: van deze ongevallen wordt 100% van de externe kosten aan de betreffende categorie toegerekend[85].
   Voor meerzijdige ongevallen is de toerekening complexer. In de literatuur worden drie verschillende toewijzingsmethoden onderscheiden voor de externe kosten van meerzijdige ongevallen (zie bijvoorbeeld CE Delft en VU, 2004; CE Delft et al., 2011):
   - *Op basis van ongevallenbetrokkenheid*; de externe ongevalskosten worden evenredig toegerekend aan de voertuigen die bij het ongeval betrokken zijn.
   - *Op basis van schuldvraag*; de kosten worden toegerekend aan het voertuig dat schuldig is aan het ongeval.
   - *Op basis van intrinsiek risico*; de kosten worden toegerekend aan het voertuig dat intrinsiek het grootste risico van verkeersslachtoffers met zich meebrengt. Dit principe wordt in de praktijk gebracht door slachtoffers bij een meerzijdig ongeval toe te rekenen aan de tegenpartij. Dit betekent bijvoorbeeld dat de slachtoffers die vallen bij een ongeval waarbij vrachtauto's betrokken zijn meestal worden toegerekend aan de vrachtauto, aangezien de slachtoffers meestal buiten de vrachtauto vallen.

   In deze studie gaan we, evenals in CE Delft en VU (2004) en CE Delft et al. (2011), uit van een toedelingsmethodiek gebaseerd op intrinsiek risico. Deze toedelingsmethodiek doet namelijk het meest recht aan de risico's die het gebruik van bepaalde voertuigcategorieën met zich meebrengt en sluit daarom ons inziens het best aan bij de aard van de externe ongevalskosten (ook bij de externe ongevalskosten gaat het immers om de kosten van risico's die ontstaan voor anderen als gevolg van de beslissing om deel te nemen aan het verkeer). Daarnaast voeren we voor een aantal voertuigen een korte gevoeligheidsanalyse uit op basis van toewijzing van de kosten op basis van schuldvraag[86].
3. *Bepaling van de gemiddelde ongevalskosten*; door de totale externe ongevalskosten per voertuigcategorie te delen door het totale aantal reizigers- of tonkilometers van de betreffende voertuigcategorie worden de gemiddelde externe ongevalskosten gevonden.

5.4 Waarderingskentallen

In deze paragraaf bespreken we de verschillende waarderingskentallen die worden gehanteerd voor de bepaling van de (externe) kosten van verkeersongevallen. Daarbij besteden we afzonderlijk aandacht aan de waarde van een statistisch mensenleven (op basis waarvan de immateriële kosten kunnen worden bepaald) en de overige directe en indirecte economische kosten van verkeersongevallen.

85 Merk op dat de immateriële ongevalskosten hier geen onderdeel van uitmaken, omdat we veronderstellen dat die door de individuele verkeersdeelnemer volledig zijn geïnternaliseerd (zie Paragraaf 5.2).

86 Betoogd zou namelijk kunnen worden dat ook de schuldvraag een deel van het risico dat voertuigen met zich meebrengen weerspiegelt. Dit is namelijk het geval als gebruikers van bepaalde vervoerswijzen structureel een gevaarlijker rijgedrag laten zien en daardoor een groter risico op (het veroorzaken van) een ongeval hebben. Ongevallenbetrokkenheid is daarentegen op geen enkele wijze direct verbonden aan het risico dat het gebruik van bepaalde voertuigen met zich meebrengt en is daarom geen goede indicator voor toewijzing van externe ongevalskosten.

Waarde van een statistisch mensenleven

De immateriële kosten van verkeersongevallen kunnen worden bepaald met behulp van de waarde van een statistisch mensenleven (value of a statistical life, VOSL). De VOSL is gebaseerd op het bedrag dat mensen overhebben voor een risico-reductie ('willingness to pay', WTP) en vormt daarmee een goed waarderingskental voor de immateriële kosten van verkeersongevallen. Naast de waardering van de immateriële kosten van verkeersongevallen omvat de VOSL ook een waardering voor toekomstige consumptie (CE Delft et al., 2008b).

Benadrukt moet worden dat het bij de VOSL niet gaat om de waardering van een leven van een specifiek individu, maar om de waardering voor een afname van het ongevalsrisico. De meeste mensen wensen immers tegen geen enkele prijs te overlijden. Echter, mensen zijn niet bereid om tegen elke prijs elk risico op een ongeval te vermijden.

Voor Nederland wordt een VOSL aanbevolen van € 2,2 ± 0,3 miljoen (prijspeil 2001) (SWOV, 2005)[87]. Deze waarde van een VOSL is gebaseerd op een uitgebreid onderzoek van De Blaeij (2003). Gecorrigeerd voor inflatie en BBP-ontwikkelingen resulteert dit in een VOSL van € 2,8 ± 0,4 miljoen (prijspeil 2010). De resulterende VOSL (en de bandbreedte daarin) zal gebruik worden voor de waardering van dodelijke slachtoffers van verkeersongevallen. Voor ernstig gewonde slachtoffers beveelt SWOV (2012) aan om de immateriële kosten vast te stellen op 12% van de VOSL. Voor lichtgewonden schatten we de immateriële kosten – op aanbeveling van CE Delft et al., 2008b – in op 1% van de VOSL[88]. Om de onzekerheden in deze percentages in beeld te brengen zullen we voor de bandbreedte in de externe ongevalskosten voor ernstig gewonden ook rekenen met respectievelijk 10 en 15% en voor lichtgewonden met 0 en 2%.

In de literatuur is er veel discussie over de vraag in hoeverre de VOSL afhankelijk is van de context waarin het risico zich voordoet (zie bijvoorbeeld GRACE, 2006; HLG, 1999a; SWOV, 2005). Dit roept de vraag op of dezelfde VOSL gebruikt kan worden voor verschillende vervoerswijzen.
Twee effecten zijn hierbij van belang: het schaaleffect en het context effect (HLG, 1999a). Het schaaleffect verwijst naar de invloed die het aantal (mogelijke) slachtoffers heeft op de VOSL. De SWOV (2005) vindt in de literatuur tegengestelde resultaten met betrekking tot het schaaleffect. Sommige studies vinden een hogere VOSL voor ongevallen met veel slachtoffers dan voor ongevallen met één slachtoffer, terwijl andere studies juist tot tegengestelde conclusies komen. Bij het context effect gaat het om de mate van vrijwilligheid waarmee een risico gelopen wordt. Als de mate van vrijwilligheid groter is, dan is de VOSL over het algemeen lager. Dit kan ertoe leiden dat de VOSL voor collectieve vormen van transport hoger zijn dan voor individuele vormen van transport. Jones-Lee (1995) vindt bijvoorbeeld dat de WTP voor het voorkomen van een dodelijk ongeval in de metro 50% hoger is

---

87 Hoewel niet expliciet aangegeven in Weseman et al. (2005) gaan we er in deze studie vanuit dat de VOSL ook de kosten van pijn en leed voor de familie en vrienden van het slachtoffer weerspiegelen. Dit is in lijn met vele andere studies op dit terrein, zoals GRACE (2006), UNITE (2000) en CE Delft et al. (2011).

88 De inschatting van de immateriële kosten van lichtgewonden op 1% van de lichtgewonden geldt slechts voor een deel van de lichtgewonden zoals die zijn gedefinieerd in deze studie, namelijk om mensen die de spoedeisende hulp bezoeken en de slachtoffers die in de categorieën MAIS0, MAIS1 en MAIS9 vallen. Voor de categorie 'overig letsel' die in deze studie ook deel uitmaakt van lichtgewonden zijn we er vanuit gegaan dat er geen immateriële kosten zijn.

dan dezelfde WTP in het wegverkeer. Hoewel er dus aanwijzingen zijn dat de VOSL verschilt tussen vervoerswijzen is er te weinig kennis beschikbaar om de VOSL te differentiëren naar de verschillende vervoerswijzen (zie ook SWOV, 2005). Vandaar dat we er in deze studie voor kiezen om voor alle vervoerswijzen dezelfde VOSL te hanteren.

Overige kosten verkeersongevallen

Naast de immateriële kosten van verkeersongevallen, die gewaardeerd kunnen worden met behulp van de VOSL, zijn er ook nog enkele andere kosten verbonden aan verkeersongevallen. Het gaat hierbij om de medische kosten, afhandelingskosten, materiële kosten en de kosten van productieverlies. Bij de kosten van productieverlies dient uitgegaan te worden van de netto kosten, dat wil zeggen de bruto kosten van productieverlies minus de waardering van toekomstig consumptieverlies. Op deze manier kan een dubbeltelling voorkomen worden, aangezien de waardering van toekomstig consumptieverlies ook deel uitmaakt van de VOSL (SWOV, 2005).

Voor de waardering van deze kosten van verkeersongevallen wordt gebruik gemaakt van specifieke Nederlandse data, zoals die worden gepresenteerd in DVS (2012). De gehanteerde waarderingskentallen zijn weergegeven in Tabel 40. Deze waarderingskentallen zijn specifiek afgeleid voor het wegvervoer. Vanwege een gebrek aan data hanteren we deze kentallen in deze studie echter ook voor de overige modaliteiten. Dit leidt in sommige situaties waarschijnlijk tot een onderschatting van de externe ongevalskosten, omdat met name de materiële kosten en afhandelingskosten bij andere modaliteiten vaak hoger zijn dan bij wegvervoer. Nader onderzoek naar specifieke waarderingskentallen voor niet-wegmodaliteiten is gewenst.

Tabel 40 Waarderingskentallen voor overige kosten van verkeersongevallen (€/slachtoffer)

Kostenpost	Dodelijke slachtoffers	Ernstig gewonden	Licht gewonden[a]
Medische kosten	13.899	10.360	534
Netto productieverlies	5.818	21.125	426
Materiele kosten	10.943	10.632	3.579
Afhandelingskosten[b]	17.684	5.739	1.274

[a] In DVS (2012) is de categorie lichtgewonden opgedeeld in twee categorieën: licht gewonden en overige gewonden. De waarderingskentallen zoals hier gepresenteerd zijn een gewogen gemiddelde van de waarderingskentallen voor deze twee categorieën.

[b] De afhandelingskosten zoals vermeld in DVS (2012) bestaan uit de aan ongevallen gerelateerde kosten van verzekeraars, justitie, politie en brandweer. De kosten van verzekeraars (die 84% van de totale afhandelingskosten bedragen (DVS, 2012)) worden via premiebetalingen gedragen door verkeersdeelnemers en zijn dus sector intern. De overige afhandelingskosten slaan neer bij de rest van de maatschappij.

Bron: DVS, 2012, bewerkt door CE Delft/VU.

Zoals aangegeven in Paragraaf 5.3 bestaan de medische kosten van verkeersongevallen uit een verzekerd en een onverzekerd deel. Voor het verzekerde deel is aangenomen dat de kosten neerslaan binnen de transportsector, terwijl de onverzekerde medische kosten voor rekening komen van de rest van de maatschappij. Er is niet bekend welk deel van de medische kosten van verkeersongevallen wordt vergoed door verzekeraars. Op basis van CBS-data is wel te achterhalen dat ca. 35% van de medische kosten in Nederland betaald wordt door de overheid, terwijl de overige 65% wordt betaald door huishoudens en bedrijven (in de vorm van verzekeringspremies en kosten die voor eigen rekening worden genomen). We nemen aan dat deze percentages ook

voor de specifieke medische kosten van verkeersongevallen gelden en rekenen daarom 35% van de medische kosten toe aan de rest van de maatschappij en 65% aan de transportsector. Deze aanname is onzeker en nader onderzoek op dit terrein is dan ook gewenst.

5.5 Methodiek bepalen marginale ongevalskosten

De marginale ongevalskosten kunnen worden gedefinieerd als de kosten van het extra ongevalsrisico dat ontstaat bij een extra kilometer die wordt toegevoegd aan de bestaande verkeersstroom. Het belangrijkste verschil tussen de berekening van de marginale en gemiddelde externe ongevalskosten is het feit dat er bij de marginale kosten rekening moet worden gehouden met de invloed van een extra gereden kilometer op het ongevalsrisico. Dit komt tot uiting in de waarde van de risico-elasticiteit; wanneer deze waarde gelijk is 0, dan verandert het ongevalsrisico niet als de hoeveelheid verkeer verandert. In dit geval zijn de marginale en gemiddelde ongevalskosten aan elkaar gelijk. Is de risico-elasticiteit daarentegen groter (kleiner) dan 0 dan neemt het ongevalsrisico toe (af) als het verkeersvolume stijgt en zijn de marginale kosten groter (kleiner) dan de gemiddelde kosten.

In de literatuur bestaat er geen overeenstemming over de grootte en het teken van de risico-elasticiteit. In GRACE (2006) worden de schattingen van de risico-elasticiteit door een groot aantal studies met elkaar vergeleken. De onderzoekers concluderen echter dat:

"Unfortunately, the survey of the literature does not give one single recommendation on the magnitude and the sign on the risk elasticity. The most surprising result is that so many studies find negative elasticities. This is true also for studies that seem to be well executed and control for infrastructure quality, etc." (GRACE, 2006, p. 57).

Laatstgenoemde conclusie van GRACE (2006), het feit dat de risico-elasticiteit in veel gevallen negatief is, wordt ook gevonden door Duivenvoorden (2010) voor Nederlandse 80 km wegen. Zij merkt echter ook op dat dit resultaat vrij onzeker is, omdat er nog weinig onderzoek op dit terrein is verricht. Tot slot, ook in IMPACT (CE Delft et al., 2008b) wordt aangegeven dat er veel onzekerheid bestaat over de waarde en het teken van de risico-elasticiteit. Bij de keuze van de aan te bevelen marginale externe ongevalskosten heeft dit aspect dan ook geen doorslaggevende rol gespeeld. Bij de uiteindelijk aanbevolen marginale externe ongevalskosten is er sprake van een negatieve risico-elasticiteit.

Welke risico-elasticiteit moeten we nu veronderstellen in deze studie?
Voor het wegverkeer maken we onderscheid naar verschillende typen wegen. Voor stedelijke wegen gaan we uit van een risico-elasticiteit van 0.
De redenering hierachter is dat er in de stad vaak sprake is van drukke verkeersstromen, waardoor het toevoegen van een extra voertuig niet leidt tot een significante verandering in het ongevalsrisico per voertuig. Dezelfde redenering hanteren we voor de wegen buiten de bebouwde kom die worden gekenmerkt door congestie. Op al deze wegen zijn de marginale ongevalskosten dus gelijk aan de gemiddelde ongevalskosten. Voor de wegen buiten de bebouwde kom zonder congestie veronderstellen we een negatieve risico-elasticiteit (wat in lijn is met de bevindingen van Duivenvoorden (2010) voor 80 km wegen buiten de bebouwde kom). De redenering hierbij is dat het toevoegen van een extra voertuig aan de verkeersstroom leidt tot voorzichtiger rijgedrag van de weggebruikers vanwege het drukkere verkeer.

Voor deze wegen maken we daarom gebruik van de schattingen van marginale externe ongevalskosten zoals die worden aanbevolen door IMPACT (CE Delft et al., 2008). De resulterende schattingen van de marginale externe ongevalskosten dienen gezien te worden als eerste orde schattingen; nader onderzoek op dit vlak is zeer gewenst.

Voor de overige modaliteiten nemen we aan dat de risico-elasticiteit gelijk is aan 0, zodat de marginale ongevalskosten gelijk zijn aan de gemiddelde ongevalskosten. Ook op dit vlak is nader onderzoek gewenst.

5.6 Resultaten

In deze paragraaf presenteren we de totale, gemiddelde en marginale externe kosten van verkeersongevallen. Voor het wegvervoer presenteren we in Bijlage D ook de gemiddelde externe kosten van verkeersongevallen per voertuigkilometer.

De externe kosten van verkeersongevallen zoals hieronder gepresenteerd zijn exclusief de kosten die optreden bij ongevallen met enkel materiële schade. Voor het wegvervoer bedroegen de kosten van ongevallen met enkel materiële schade in 2010 ongeveer € 3,6 miljard (DVS, 2012, bewerkt door CE Delft/VU). De onderstaande kostenschattingen dienen daarom ook opgevat te worden als een conservatieve inschatting van de externe ongevallenkosten.

De totale externe kosten van verkeersongevallen in 2010 zijn gepresenteerd in Tabel 41. Uit deze tabel wordt duidelijk dat het overgrote deel van de externe kosten binnen de transportsector neerslaat (ca. 90 tot 95%).

Tabel 41 Totale externe kosten van verkeersongevallen in 2010 (mln €)

Voertuigcategorie	Binnen de transportsector			Rest van de maatschappij		
	Midden	Laag[a]	Hoog[a]	Midden	Laag[a]	Hoog[a]
Personenvervoer op Nederlands grondgebied in mln €						
Personenauto benzine	3.557	2.033	5.170	216	216	216
Personenauto diesel	1.298	754	1.874	80	80	80
Personenauto LPG	160	93	231	10	10	10
Bus	84	56	115	4	4	4
Touringcar	39	26	53	2	2	2
Motorfiets	103	72	136	18	18	18
Bromfiets	478	285	685	44	44	44
Personentrein elektrisch	25	18	33	1	1	1
Personentrein diesel	4	3	5	0	0	0
Tram	24	20	29	0	0	0
Metro	9	7	13	1	1	1
Fiets	806	611	1.031	258	258	258
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied in mln €						
Bestelauto	795	483	1.130	46	46	46
Vrachtauto	509	359	669	19	19	19
Goederentrein elektrisch	1	1	2	0	0	0
Goederentrein diesel	1	1	1	0	0	0
Binnenvaart	14	12	17	0	0	0

Voertuigcategorie	Binnen de transportsector			Rest van de maatschappij		
	Midden	Laag[a]	Hoog[a]	Midden	Laag[a]	Hoog[a]
Internationale lucht- en zeevaart in mln €						
Luchtvaart personen[b]	12	10	14	0,2	0,2	0,2
Luchtvaart goederen[b]	4	3	4	0,1	0,1	0,1
Zeevaart[c]	2	2	3	0,1	0,1	0,1

[a] De lage en hoge waarden zijn gebaseerd op een respectievelijk lagere en hogere waardering van de kosten per verkeersslachtoffer.

[b] Het betreft de kosten van ongevallen van alle uit Nederland vertrekkende vluchten.

[c] Het betreft de kosten van ongevallen in de Nederlandse Exclusive Economic Zone.

De gemiddelde externe kosten van verkeersongevallen in 2010 per 1.000 reizigers-/voertuig-/tonkilometer zijn voor het vervoer op Nederlands grondgebied weergegeven in Tabel 42. Zoals verwacht mocht worden zijn de kosten voor het wegvervoer over het algemeen aanzienlijk hoger dan voor de overige modaliteiten. De hoogste kosten zijn er voor de bromfiets, wat het gevolg is van de relatief hoge ongevallenbetrokkenheid van deze vervoerswijze.

Tabel 42 Gemiddelde externe kosten van verkeersongevallen in 2010 per 1.000 reizigers-/voertuig-/tonkilometer op Nederlands grondgebied

Voertuigcategorie	Binnen de transportsector			Rest van de maatschappij		
	Midden	Laag[a]	Hoog[a]	Midden	Laag[a]	Hoog[a]
Personenvervoer (€/1.000 rkm)						
Personenauto benzine[b]	40,47	23,13	58,81	2,46	2,46	2,46
Personenauto diesel[b]	30,85	17,92	44,54	1,90	1,90	1,90
Personenauto LPG[b]	31,24	18,13	45,11	1,92	1,92	1,92
Bus	23,41	15,55	31,85	1,10	1,10	1,10
Touringcar	4,84	3,20	6,58	0,22	0,22	0,22
Motorfiets	35,39	24,73	46,97	6,23	6,23	6,23
Bromfiets	478,13	284,75	684,84	43,75	43,75	43,75
Personentrein elektrisch	1,52	1,07	2,01	0,06	0,06	0,06
Personentrein diesel	4,69	3,31	6,18	0,18	0,18	0,18
Tram	25,80	21,30	30,45	0,33	0,33	0,33
Metro	10,48	7,67	13,99	0,76	0,76	0,76
Fiets	58,84	44,60	75,26	18,80	18,80	18,80
Bestelauto (€/1.000 vkm)						
Bestelauto	45,73	27,76	64,99	2,63	2,63	2,63
Goederenvervoer (€/1.000 tkm)						
Vrachtauto	9,69	6,83	12,74	0,36	0,36	0,36
Goederentrein elektrisch	0,37	0,26	0,49	0,01	0,01	0,01
Goederentrein diesel	0,39	0,28	0,51	0,01	0,01	0,01
Binnenvaart	0,35	0,29	0,42	0,01	0,01	0,01

[a] De lage en hoge waarden zijn gebaseerd op een respectievelijk lagere en hogere waardering van de kosten per verkeersslachtoffer.

[b] De gemiddelde ongevalskosten variëren tussen de drie typen personenauto's doordat er verschillen zijn in de aandelen binnen de bebouwde kom en buiten de bebouwde kom van de verschillende typen personenauto's in de totale jaarkilometrages. De benzineauto rijdt bijvoorbeeld relatief veel binnen de bebouwde kom waar de ongevalskosten relatief hoog zijn, waardoor de gemiddelde ongevalskosten hoger zijn dan voor de LPG- en dieselauto.

In Tabel 43 zijn de gemiddelde externe kosten voor de lucht- en zeevaart weergegeven. Zoals verwacht mocht worden zijn de gemiddelde kosten per reizigerskilometer en tonkilometer relatief laag in vergelijking met vooral het wegvervoer.

Tabel 43 Gemiddelde externe kosten van verkeersongevallen in 2010 voor de internationale vervoerswijzen

Voertuigcategorie	Binnen de transportsector			Rest van de maatschappij		
	Midden	Laag[a]	Hoog[a]	Midden	Laag[a]	Hoog[a]
Personenvervoer (€/1.000 rkm)						
Luchtvaart personen[b]	0,16	0,14	0,18	0,00	0,00	0,00
Goederenvervoer (€/1.000 tkm)						
Luchtvaart goederen[b]	0,72	0,62	0,83	0,01	0,01	0,01
Zeevaart[c]	0,003	0,002	0,003	0,00	0,00	0,00

[a] De lage en hoge waarden zijn gebaseerd op een respectievelijk lagere en hogere waardering van de kosten per verkeersslachtoffer.

[b] Het betreft 50% van de kosten van ongevallen van alle uit Nederland vertrekkende en in Nederland binnenkomende vluchten, gedeeld door de helft van het totale aantal ton- en reizigerskilometers van en naar Nederland.

[c] Het betreft de kosten van ongevallen in de Nederlandse Exclusive Economic Zone, gedeeld door de helft van de tonkilometers van alle vaarten van en naar Nederland.

Bij de bovenstaande kostenschattingen van externe ongevalskosten zijn we uitgegaan van toewijzingsmethodiek op basis van intrinsiek risico. Zoals aangegeven in Paragraaf 5.3 hebben we ook een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarbij we de totale externe ongevalskosten van bestel- en vrachtauto's hebben toegedeeld op basis van schuldvraag. De resultaten van deze gevoeligheidsanalyse zijn weergegeven in volgende tekstbox.

Externe kosten bij toewijzing op basis van schuldvraag

Voor bestel- en vrachtauto's is ook gekeken naar de externe kosten indien de totale externe ongevalskosten niet worden toegewezen op basis van intrinsiek risico, maar op basis van schuldvraag (voor de overige vervoerswijzen was dit niet mogelijk door een gebrek aan data). Uit Rijkswaterstaat (2010) blijkt dat bestelauto's in 67% van de dodelijke ongevallen de schuldige partij zijn; bij ongevallen met gewonden is dit percentage gelijk aan 63%. Voor vrachtwagens is dit 47% voor dodelijke ongevallen en 60% voor ongevallen met gewonden. Wanneer de totale ongevalskosten worden toegewezen op basis van deze percentages, dan zijn de gemiddelde ongevalskosten voor vrachtauto's en bestelauto's aanzienlijk lager dan in de hoofdvariant; voor bestelauto's bedragen de kosten € 31 per 1.000 voertuigkilometers en voor vrachtauto's € 5,5 per 1.000 tonkilometer. Tabel 42 laat zien dat de gemiddelde ongevalskosten op basis van intrinsiek risico ongeveer € 48 per 1.000vkm voor bestelauto's bedraagt en ongeveer € 10 per 1.000tkm voor vrachtauto's.

Tot slot, de marginale externe ongevallenkosten per 1.000 reizigers-/voertuig-/tonkilometer zijn weergegeven in Tabel 44 voor vervoerswijzen op Nederlands grondgebied en in Tabel 45 voor de internationale vervoerswijzen. Deze kosten omvatten zowel de kosten die neerslaan binnen de transportsector als de kosten die neerslaan bij de rest van de maatschappij[89].

[89] Door een gebrek aan data was het voor de marginale ongevalskosten niet mogelijk om een onderscheid te maken tussen externe kosten die neerslaan binnen de transportsector en kosten die neerslaan bij de rest van de maatschappij.

De marginale ongevalskosten van de wegmodaliteiten variëren sterk, wat vooral afhangt van de mate waarin een extra gereden kilometer leidt tot een verhoging of verlaging van het risico op een ongeval. Zoals al werd opgemerkt in Paragraaf 5.5, zijn de marginale ongevalskosten voor niet-wegmodaliteiten gelijk verondersteld aan de gemiddelde ongevalskosten, ongeacht de case.

Tabel 44 **Marginale externe kosten per 1.000 reizigers-/voertuig-/tonkilometer van ongevallen in 2010**

Voertuigcategorie	Midden	Best	Worst
Personenvervoer (€/1.000 rkm)			
Personenauto benzine[a]	37	2	177
Personenauto diesel[a]	25	2	177
Personenauto LPG[a]	26	2	177
Bus	24	1	61
Touringcar	7	2	28
Motorfiets	43	31	156
Bromfiets	421	113	577
Personentrein elektrisch	2	2	2
Personentrein diesel	5	5	5
Personentrein HSL	2	2	2
Tram	26	26	26
Metro	11	11	11
Fiets	78	78	78
Bestelauto (€/1.000 vkm)			
Bestelauto	37	12	167
Goederenvervoer (€/1.000 tkm)			
Trekker	3	1	43
Vrachtauto < 10 t	13	8	430
Vrachtauto 10-20 t	5	2	140
Vrachtauto > 20 t	2	1	69
Goederentrein elektrisch	0,38	0,38	0,38
Goederentrein diesel	0,41	0,41	0,41
Binnenvaart	0,36	0,36	0,36

[a] De middenwaarde varieert tussen de drie typen personenauto's doordat er verschillen zijn in de aandelen binnen de bebouwde kom en buiten de bebouwde kom van de verschillende typen personenauto's in de totale jaarkilometrages. Voor de best en de worst case zijn de kosten wel gelijk omdat deze cases niet zijn gedefinieerd als het gemiddelde van wegtypen, maar als de gemiddelde kosten op een buitenweg (best case) en in de stad (worst case). Deze kosten zijn daarmee onafhankelijk van het type personenauto.

Tabel 45 **Marginale externe kosten van ongevallen in 2010 voor de internationale vervoerswijzen**

Voertuigcategorie	Midden	Best	Worst
Personenvervoer (€/1.000 rkm)			
Luchtvaart personen	0,16	0,16	0,16
Goederenvervoer (€/1.000 tkm)			
Luchtvaart goederen	0,73	0,73	0,73
Zeevaart	0,003	0,003	0,003

6 Kosten van broeikasgasemissies

6.1 Inleiding

Verkeer en vervoer heeft een belangrijk aandeel in de totale uitstoot van broeikasgasemissies in Nederland. Zo zijn het wegvervoer, spoorvervoer en de binnenvaart gezamenlijk bijvoorbeeld verantwoordelijk voor ca. 18% van de totale uitstoot van broeikasgasemissies in Nederland in 2010 (PBL, CBS en Wageningen UR, 2012). Deze emissies zijn verantwoordelijk voor de opwarming van de aarde, ofwel klimaatverandering (IPCC, 2007). In dit hoofdstuk gaan we in op de bepaling van de omvang van de kosten van broeikasgasemissies van de verschillende vervoerwijzen. Daartoe worden in Paragraaf 6.2 allereerst de externe kosten van broeikasgasemissies gedefinieerd. In de Paragrafen 6.3 en 6.4 wordt vervolgens de methodiek voor de bepaling van de totale en gemiddelde externe kosten van broeikasgasemissies uiteengezet.
De methodiek voor de bepaling van de marginale externe kosten van broeikasgasemissies wordt besproken in Paragraaf 6.5. Tot slot worden in Paragraaf 6.6 de resultaten gepresenteerd.

6.2 Definiëring externe kosten van broeikasgasemissies

De belangrijkste broeikasgassen die de transportsector uitstoot zijn[90]:
- koolstofdioxide (CO_2);
- lachgas (N_2O);
- methaan (CH_4).

Van bovengenoemde broeikasgassen speelt vooral CO_2 een grote rol in de totale uitstoot van de verkeerssector.

Naast de bovenstaande broeikasgasemissies wijzen recente inzichten ook op de potentiële verwarmende effecten van black carbon (roet). Roet heeft invloed op de hoeveelheid zonlicht die de aarde kan weerkaatsen; doordat roet donker van kleur is absorbeert het meer zonlicht dan anders het geval zou zijn geweest, wat leidt tot een verdere temperatuurstijging. In andere woorden, roet beïnvloedt het 'albedo' van de aarde. Dit is in versterkte mate het geval wanneer de roetdeeltjes terecht komen op met sneeuw bedekte oppervlaktes, omdat met name deze oppervlaktes vrijwel al het zonlicht dat de aarde bereikt terugkaatsen. De precieze invloed van black carbon op klimaat-verandering is momenteel nog onbekend en daarom laten we dit effect in deze studie buiten beschouwing.

Naast de bovenstaande broeikasgassen die een opwarmend effect hebben, zijn er ook emissies die een verkoelend effect hebben op het klimaat. Het gaat dan met name om SO_2 emissies en indirecte effecten van NO_x (zie onderstaande box voor een nadere toelichting). Met name bij de zeevaart spelen deze emissies een belangrijke rol bij het bepalen van de totale klimaatimpact, vooral omdat de SO_2 inhoud van de in de zeevaart gebruikte stookolie (nog) aanzienlijk hoger ligt dan bij de overige transportbrandstoffen. Anders dan voor broeikasgasemissies hebben NO_x en SO_2 emissies een zeer korte

[90] Naast deze drie broeikasgassen hebben ook chloorfluorkoolstofemissies (CFK's), die vrijkomen bij het gebruik van airco's in voertuigen, een klimaateffect. De uitstoot van deze emissies is echter zeer beperkt en daarom worden ze in deze studie buiten beschouwing gelaten.

levensduur waardoor het verkoelende effect van deze in 2010 uitgestoten emissies van korte duur is. Hierdoor is het lastig dit goed te vergelijken met het lange termijn verwarmende effect van broeikasgasemissies. Daarnaast is het verkoelende effect van SO_2 lokaal omdat het te kort in de atmosfeer blijft om zich mondiaal te verspreiden. In sommige gebieden treedt dus afkoeling op, terwijl in andere gebieden alleen opwarming plaatsvindt. Aangezien we in deze studie alleen mondiale effecten betrekken in de analyse is het lastig om de verschillen tussen regio's met veel en regio's met weinig zeevaart (verkeer) goed in beeld te brengen. In paragraaf 6.3 wordt verder uitgelegd hoe we deze verkoelende (en verwarmende) effecten toch op gelijkwaardige voet mee kunnen nemen in de bepaling van klimaatbaten (en –kosten).

Om de tegenstrijdige effecten op het klimaat goed te presenteren maken we in dit hoofdstuk onderscheid tussen de externe kosten van de in 2010 uitgestoten broeikasgasemissies (als gevolg van de CO_2-, CH_4- en N_2O-emissies), de externe klimaatbaten (als gevolg van de in 2010 uitgestoten NO_x- en SO_2-emissies) en de netto externe kosten van broeikasgasemissies (de externe kosten van broeikasgasemissies verminderd met de klimaatbaten).

Klimaateffecten van NO_x- en SO_2-emissies

Over het algemeen wordt bij de bepaling van de externe kosten van broeikasgasemissies van verkeer vooral rekening gehouden met de 'traditionele' broeikasgassen: CO_2, CH_4 en N_2O. Echter, naast deze broeikasgassen zijn er ook andere emissies met een klimaatimpact. De belangrijkste daarbij zijn SO_2-emissies en de indirecte effecten van NO_x (Fuglestvedt et al., 2009a). In tegenstelling tot de traditionele broeikasgassen hebben deze emissies geen verwarmend maar juist een tijdelijk verkoelend effect. Deze emissies leiden dan ook niet tot kosten, maar juist tot klimaatbaten.

SO_2 heeft zowel een direct als indirect verkoelend effect; de directe verkoeling wordt veroorzaakt doordat SO_2-deeltjes zonlicht weerkaatsen, het indirecte verkoelingseffect resulteert uit het feit dat SO_2-emissies bijdragen aan wolkvorming, hetgeen leidt tot een verkoeling (Fuglestvedt et al., 2009a). Hoewel de impact van beide effecten onzeker is, is met name de richting (verkoelend of verwarmend) en omvang van het laatstgenoemde effect nog erg onzeker (Flugestvedt et al., 2008).

NO_X-emissies hebben twee indirecte tegenstrijdige effecten. Enerzijds leiden deze emissies tot een toename van ozon concentraties (een zeer sterk broeikasgas) en anderzijds breekt deze stof methaan (CH_4) emissies af (m.a.w. het verkort de levensduur van methaan). Dit eerste effect leidt tot een opwarming, terwijl het tweede effect leidt tot een verkoeling (Fuglestvedt et al., 2009a). De meeste studies tonen aan dat het netto effect van NO_x-emissies evenals voor dat van SO_2-emissies, verkoelend is (zie bijvoorbeeld de overzichtsstudie van Fuglesvedt et al., 2009b).

Uit de literatuur blijkt dat op mondiaal niveau het verkoelende effect van NO_x- en SO_2-emissies bij de zeevaart tijdelijk het verwarmende effect van de traditionele broeikasgassen volledig compenseert; sterker nog: de zeevaart heeft op dit moment geen netto verwarmend, maar juist een netto verkoelend effect op het klimaat (Eyring et al., 2009). Omdat SO_2 en NO_x een korte levensduur hebben, in tegenstelling tot broeikasgasemissies die een lange levensduur hebben, treedt het verkoelende effect lokaal en tijdelijk op terwijl het verwarmende effect mondiaal en over een langere periode optreedt. Met andere woorden, het verwarmende effect van de in 2010 uitgestoten CO_2 blijft veel langer optreden dan het verkoelende effect van de NO_x en SO_2 dat in 2010 is uitgestoten. Hoewel de verschillen in levensduur (en in klimaat-impact) worden meegenomen in de bepaling van de klimaatbaten door het gebruik van Global Warming Potentials (GWP's) (zie paragraaf 6.3) is het belangrijk om op te merken dat als de uitstoot van verkoelende emissies sterk gereduceerd of zelfs gestopt wordt (bijv. vanwege luchtkwaliteitsoverwegingen), enkel het lange-termijn verwarmende effect van de in 2010

uitgestoten emissies overblijft, terwijl het verkoelende effect van de in 2010 uitgestoten NO_x en SO_2 emissies snel volledig verdwenen zal zijn.

Voor de overige vervoerswijzen is overigens sprake van een netto verwarmend effect (zowel op de lange als korte termijn). Dit is met name het gevolg van het feit dat de uitstoot van NO_x en vooral SO_2 bij deze vervoerwijzen veel lager ligt dan bij de zeevaart (o.a. door het gebruik van SO_2-arme brandstoffen).

Tot slot, bij de luchtvaart heeft ook de uitstoot van enkele andere stoffen (waterdamp, roetdeeltjes, sulfaat en ozon (door een chemische reactie met stikstofoxiden (NO_x)) op grote hoogten invloed op het klimaat. Sommige van deze stoffen hebben een verkoelend effect en beperken de effecten van klimaatverandering, terwijl andere van deze stoffen (bijv. waterdamp en sulfaat) een verwarmend effect hebben doordat zij zonnestraling absorberen. De klimaatimpact van deze op grote hoogte uitgestoten emissies worden in deze studie ook meegenomen.

De gevolgen van klimaatverandering zijn erg complex doordat ze een mondiaal en lange termijn karakter hebben. Bovendien zijn de precieze risico's van klimaatverandering erg moeilijk in te schatten, doordat er bijvoorbeeld verschillende 'feedbackloops'[91] zijn, die de inschatting van de omvang van de impacts, en derhalve van de kosten van klimaatverandering erg complex maken. Tot slot is de relatie tussen klimaatverandering en sommige zeer ernstige gevolgen (welke weliswaar een kleine waarschijnlijkheid hebben), zoals een vertraging of stop van de golfstroom, onbekend. Enkele van de belangrijkste gevolgen van klimaatverandering worden beschreven in volgende tekstbox.

Kosten van klimaatverandering

- *Zeespiegelstijging.* Een temperatuurtoename zal resulteren in het smelten van delen van de ijskappen en andere met sneeuw bedekte oppervlaktes, wat zal leiden tot een stijging van de zeespiegel. Hierdoor kunnen leef- en landbouwgebieden verloren gaan en zullen er meer uitgaven nodig zijn om kustgebieden te beschermen.
- *Verlies van landbouwgewassen.* Een toename in de temperatuur en een verandering in de waterhuishouding (bijv. van gemiddelde neerslag en extremen) kunnen in bepaalde gebieden een negatieve (en in andere gebieden een positieve) invloed hebben op de landbouw.
- *Gezondheidskosten.* Temperatuurstijgingen kunnen leiden tot meer ziekenhuisopnames en sterfgevallen door hitte-stress. Tegelijkertijd kan een toename in de temperatuur leiden tot een afname van het aantal sterfgevallen door koude-stress. Veranderingen in temperatuur kunnen ook leiden tot een grotere verspreiding van een aantal door parasieten of insecten overgebrachte ziektes, zoals malaria. Bovendien kan een toename en/of verergering van extreme weersomstandigheden, zoals orkanen en hittegolven, leiden tot grote aantallen gewonden en sterfgevallen.
- *Schade aan gebouwen en materialen.* Klimaatverandering kan leiden tot een toename van het optreden van weersextremen zoals orkanen, en mogelijk zullen deze ook intenser worden. Zulke extreme omstandigheden kunnen aanzienlijke schade aan gebouwen, materialen en infrastructuur veroorzaken.

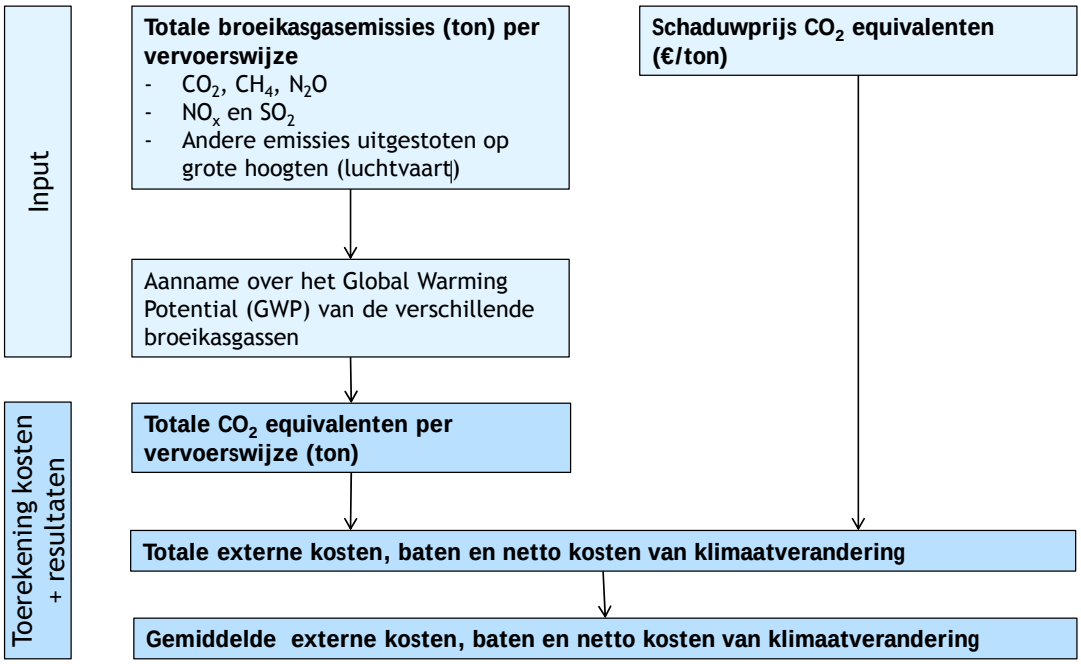
[91] Een verhoging van de temperatuur leidt bijvoorbeeld tot een vermindering van het aardoppervlak dat is bedekt met sneeuw. Sneeuw weerkaatst zonlicht en heeft dus een verkoelend effect. Hoe meer sneeuw smelt, hoe minder zonlicht weerkaatst wordt, wat zal leiden tot een verdere toename van de temperatuur, waardoor er nog meer sneeuw zal smelten, etc.

– *Impacts op ecosystemen en biodiversiteit*. Verandering in het klimaat kunnen negatieve effecten hebben op flora en fauna. Dieren en vooral planten kunnen zich maar in beperkte mate aanpassen aan zulke veranderingen. Migratie en het uitsterven van verschillende soorten zijn dan ook een waarschijnlijk gevolg van klimaatverandering.

6.3 Methodiek bepalen totale/gemiddelde kosten broeikasgasemissies

De methodiek voor het bepalen van de totale en gemiddelde kosten van broeikasgasemissies is op hoofdlijnen weergegeven in Figuur 4.

Figuur 4 Methodiek bepaling totale en gemiddelde externe kosten van broeikasgasemissies



Op hoofdlijnen bestaat de methodiek voor de bepaling van de totale en gemiddelde externe kosten van broeikasgasemissies uit vier stappen:

1. *Bepaal de totale hoeveelheid broeikasgassen per vervoerswijze*; in Bijlage E wordt dit nader toegelicht en worden de totale broeikasgassen per vervoerswijze gepresenteerd.
2. *Bepaal de totale CO_2-equivalenten emissies per vervoerswijze;* omdat de verschillende broeikasgassen een verschillende levensduur en klimaat-impact hebben worden ze omgerekend naar tonnen CO_2-equivalenten zodat ze onderling kunnen worden vergeleken. Een ton N_2O en CH_4 hebben respectievelijk een 298 en 25 keer grotere impact op klimaatverandering dan één ton CO_2 (IPCC, 2007). Door de emissies van elk broeikasgas te vermenigvuldigen met dit bijbehorende kental (ook wel Global Warming Potential (GWP) genoemd) wordt de hoeveelheid CO_2-equivalenten verkregen[92]. De GWPs van NO_x en SO_2 zijn erg onzeker, onder meer omdat

[92] Global Warming Potentials (GWP) kunnen gezien worden als correctiefactoren voor het verschil in klimaatimpact en levensduur van de verschillende broeikasgassen. Zoals in de beleidscontext gebruikelijk is maken we daarbij gebruik van GWPs voor 100 jaar, wat wil zeggen dat alle klimaateffecten van een emissie over een periode van 100 jaar worden meegenomen door ze te verdisconteren tot één correctiefactor.

ze afhangen van de achtergrondconcentraties CH_4 en van lokale atmosferische omstandigheden. Fuglesvedt et al. (2009b) geeft een overzicht van de GWP-waarden die door verschillende studies worden gepresenteerd.
Op basis hiervan hebben wij de te hanteren GWPs bepaald. Vanwege de grote onzekerheid hanteren we daarbij een bandbreedte (zie volgend tekstbox). Met betrekking tot de niet-CO_2-emissies die door de luchtvaart hoog in de atmosfeer worden uitgestoten wordt een andere methode gehanteerd. Evenals in CE Delft et al. (2011) worden de CO_2-emissies van vliegtuigen vermenigvuldigd met een correctiefactor van 2 om de totale klimaatimpact van de luchtvaart vast te stellen[93]. Vanwege de onzekerheid in deze correctiefactor kijken we bij de bepaling van de bandbreedte van de kosten van broeikasgasemissies voor de luchtvaart ook naar een correctiefactor van 1,3.[94]

3. *Bepaal de totale externe kosten, baten en netto kosten van klimaatverandering;* door de totale hoeveelheid uitgestoten emissies (in CO_2-eq.) te vermenigvuldigen met de CO_2-schaduwprijs worden de totale externe kosten en baten van klimaatverandering verkregen.
De schaduwprijs van een ton CO_2-eq. geeft de maatschappelijke kosten weer van een ton CO_2-eq. In Paragraaf 6.4 gaan we dieper in op de schaduwprijs voor CO_2-emissies. De netto externe kosten van klimaat-verandering worden tenslotte bepaald als de som van de externe kosten van broeikasgasemissies en –baten.
4. *Bepaald de gemiddelde externe kosten, baten en netto kosten van klimaatverandering;* door de totale externe kosten, baten en netto kosten van klimaatverandering (per vervoerwijze) te delen door de rkm's of tkm's van de betreffende vervoerwijze kunnen de gemiddelde externe kosten van klimaatverandering worden bepaald.

---

93 In eerdere studies (o.a. CE Delft en VU, 2004) werd er gebruik gemaakt van de zogenaamde 'radiative forcing index' (RFI) om te corrigeren voor het klimaateffect van de uitstoot van emissies op grote hoogten. Deze correctiefactor, die varieert tussen de 2 en 4, geeft aan hoeveel groter de totale klimaatimpact van de luchtvaart op een bepaald moment is in vergelijking met de uitgestoten CO_2-emissies (een RFI van 2 betekent dus dat de totale klimaatimpact van een vliegtuig op dat specifieke moment twee keer groter is dan de klimaatimpact van de uitgestoten CO_2-emissies). Een nadeel van de RFI is dat deze correctie-factor geen rekening houdt met de verschillen in levensduur van de verschillende emissies. CO_2 heeft bijvoorbeeld een levensduur van meer dan 100 jaar, terwijl de levensduur van wolkvorming slechts enkele uren is. Het gebruik van de RFI als correctiefactor leidt dan ook tot een overschatting van de klimaatimpact van de luchtvaart. Beter is het om gebruik te maken van zogenaamde 'Emission Weighting Factors', waarbij er wel rekening wordt gehouden met de factor tijd (Foster et al., 2007); de straling van een bepaalde hoeveelheid broeikasgas wordt vergeleken met de straling van eenzelfde hoeveelheid CO_2 over een bepaalde tijdsperiode (bijv. 100 jaar). Door Lee et al. (2009) wordt geschat dat deze correctiefactor gelijk is aan 2. Deze waarde zullen we ook in deze studie hanteren.

94 Door Lee et al. (2009) wordt aangegeven dat vooral de klimaateffecten van cirrusbewolking veroorzaakt door vliegtuigen onzeker is. Wanneer deze effecten niet zouden worden meegenomen, dan kan volgens Lee et al. (2009) worden uitgegaan van een correctiefactor van ca. 1,3. Deze correctiefactor hanteren we in deze studie voor de bepaling van de ondergrens van de kosten van broeikasgasemissies van luchtvaart.

Global Warming Potentials voor NO_x en SO_2

Zoals al uitgelegd werd in paragraaf 6.2 hebben NO_x en SO_2 verkoelende effecten op het klimaat. Niet alleen de klimaatimpact, maar ook de levensduur van deze emissies is anders (namelijk veel korter) dan die van CO_2. Om deze effecten vergelijkbaar te maken met de effecten van CO_2 (en dus om de externe baten uit te kunnen rekenen met de schaduwprijs voor CO_2-eq.) wordt evenals voor de broeikasgasemissies CH_4 en N_2O gebruik gemaakt van GWP's. Het GWP verdisconteert namelijk de effecten van verschillende emissies over een bepaalde periode en houdt daarbij rekening met zowel de levensduur van een emissie als met de kracht van het verkoelende of verwarmende effect (m.a.w. de 'radiative forcing'). Een negatieve GWP_{100} van -10 betekent dat het uitstoten van 1 ton van deze emissie een 10 keer sterker verkoelend effect heeft over een periode van 100 jaar dan wanneer op het zelfde moment 1 ton CO_2 wordt uitgestoten.

Er zijn enkele studies die een schatting hebben gemaakt van het GWP van NO_x en SO_2. Deze GWPs zijn echter vrij onzeker, wat leidt tot een grote bandbreedte in deze schattingen. De GWPs van NO_x en SO_2 variëren bovendien tussen de verschillende modaliteiten, doordat de chemische atmosfeer op zee anders is dan op land, en de uitstoot van emissies dus ook een ander klimaateffect heeft. Fuglestvedt et al. (2009b) geven een overzicht van de schattingen van GWPs voor NO_x en SO_2 door verschillende studies. Dit leidt tot de GWP bandbreedtes zoals gepresenteerd in de onderstaande tabel. De GWP voor de scheepvaart zijn in lijn met het nieuwste IPCC (2014) rapport.

	GWP laag	GWP hoog	GWP midden
Scheepvaart			
NO_x (via O_3 en CH_4)	-25	-36	-30,5
SO_2 – direct	-11	-43	-27
SO_2 – indirect (wolkvorming)	Pm	Pm	Pm
Weg, spoor en binnenvaart			
NO_x	-9,7	-28	-18,9
SO_2	Pm	Pm	Pm

Bron: Fuglestvedt et al., 2009b voor GWP laag en hoog. Het GWP midden is het gemiddelde van GWP laag en hoog.

Ondanks de zeer korte levensduur van SO_2 en NO_x laat bovenstaande tabel negatieve GWP's zien voor deze emissies. Dit betekent dat het tijdelijke verkoelende effect zodanig sterk is, dat zelfs over een verdisconteerde periode van 100 jaar deze emissies nog steeds een sterkere klimaatimpact hebben dan CO_2. Daarbij is het wel belangrijk om op te merken dat deze klimaatimpact zich in de praktijk dus enkel in het eerste jaar (of eigenlijk in de eerste paar dagen na de uitstoot) voordoet. Ook bij de kosten van CO_2 (en van andere broeikasgas-emissies) is er sprake van verdisconteerde effecten over een periode van 100 jaar, maar in tegenstelling tot de SO_2 en NO_x-emissies blijft het verwarmende effect decennia lang van kracht.

Flugesvedt et al. (2009b) geven ook een bandbreedte voor het effect van SO_2-indirect van de scheepvaart (-220 tot -440). Het nieuwste IPCC rapport (2014) erkent dit effect nog niet, omdat zowel de richting van het effect (opwarmend of verkoelend) als de omvang nog erg onzeker zijn. Op basis van een advies van de heer Flugesvedt is besloten om voor deze studie het effect van SO_2-indirect niet mee te nemen en in lijn te blijven met de IPCC. Hierdoor is het mogelijk dat de klimaatbaten van de zeevaart onderschat worden in deze studie.

Het GWP van SO_2 dat wordt uitgestoten door de binnenvaart en het weg- en spoorvervoer is onbekend. Echter, gezien de strenge SO_2-restricties op deze brandstoffen, zijn de klimaat-baten van SO_2 beperkt voor deze vervoerswijzen. Er is daarom gekozen om enkel de klimaat-baten van NO_x mee te nemen voor de overige modaliteiten.

6.4 Schaduwprijzen

Een belangrijke stap in het bepalen van de kosten van broeikasgasemissies is het vaststellen
van de schaduwprijs voor een ton CO_2-eq. Daarvoor kunnen twee methoden worden gebruikt:

- *Directe schadewaardering*: hierbij wordt een inschatting gemaakt van de economische kosten van de te verwachten schade van klimaatverandering.
- *Preventiekostenmethode*: hierbij worden de (maatschappelijke) kosten bepaald van de (mogelijke) emissiereductiemaatregelen die ingezet dienen te worden om vastgestelde beleidsdoelen te realiseren. De veronderstelling hierbij is dat de vastgestelde beleidsdoelen een goede afspiegeling vormen van de preferenties van burgers.

Economen geven in het algemeen de voorkeur aan het gebruik van schadekosten voor het waarderen van externe effecten, aangezien deze methode uitgaat van de daadwerkelijke kosten die optreden als gevolg van het externe effect (CE Delft, 2007). Directe schadewaardering levert dus een 'first-best' schatting op van de kosten van externe effecten. Met betrekking tot de kosten van klimaatverandering zijn er echter twee belangrijke redenen om te kiezen voor een CO_2-prijs gebaseerd op een preventiekostenbenadering in plaats van op een schadekostenbenadering:

- *Schadekosten van klimaatverandering worden gekenmerkt door een hoge mate van onzekerheid*. VU (2012) noemt vier belangrijke bronnen van onzekerheid in de schattingen van schadekosten van klimaatverandering:
  - Ontbreken van belangrijke kostencategorieën in de schattingen; in de studies naar de schadekosten van klimaatverandering worden belangrijke schadeposten van een mogelijk grote omvang niet of slechts beperkt meegenomen (met name vanwege het ontbreken van betrouwbare schattingsmethodieken). Het gaat dan bijvoorbeeld om verliezen in biodiversiteit, de mogelijke effecten van klimaatverandering op economische groeiontwikkelingen, politieke instabiliteit, gewelddadige conflicten en migratie.
  - Onzekerheden over de effecten van klimaatverandering; er bestaan grote onzekerheden over de omvang van de klimaatverandering en de gevolgen ervan op het klimaat op aarde, zeespiegelstijging en weersextremen. Met name mogelijke extreme effecten van klimaatverandering (bijvoorbeeld het verzwakken of stilvallen van de golfstroom, het volledig smelten van de ijskappen op Groenland en West Antartica, veranderingen in klimaatsubsystemen zoals 'El Niño Southern Oscillation, etc.) worden niet of slechts op incomplete wijze meegenomen in de analyses.
  - Onzekerheden over de te hanteren maatschappelijke discontovoet; er is veel discussie over de hoogte van de discontovoet die gehanteerd dient te worden bij de bepaling van de schadekosten van klimaatverandering.
  - Er wordt onvoldoende rekening gehouden met aversie tegen verliezen en risicomijding; mensen zijn over het algemeen risicomijdend en hebben een aversie tegen verliezen. Deze effecten worden in de meeste studies echter niet of slechts in beperkte mate meegenomen.

  Op basis van deze onzekerheden concludeert de VU (2012) dat het gebruik van een schadekostenmethode voor de bepaling van een schaduwprijs voor CO_2 leidt tot zeer onzekere uitkomsten. Een beter alternatief zou volgens hen zijn om een veilige concentratie van CO_2 in de atmosfeer te kiezen en vervolgens een kosteneffectiviteitsanalyse uit te voeren van beleid dat dit kan realiseren. Deze voorgestelde aanpak sluit nauw aan bij de preventiekostenbenadering. Er dient echter opgemerkt te worden dat ook de

preventiekostenbenadering de nodige onzekerheden kent, zoals de te hanteren olieprijzen en de (investerings)kosten van de CO_2-besparende technieken (CE Delft et al., 2008b; CE Delft et al., 2011). Deze onzekerheden zijn echter veel kleiner dan de onzekerheden in de schadekosten (CE Delft et al., 2011).

- *Er zijn reductiedoelen vastgesteld voor broeikasgassen;* zoals aangegeven in de 'Leidraad MKBA in het milieubeleid' (CE Delft, 2007) dient de voorkeur te worden gegeven aan de preventiekostenmethode in plaats van aan de schadekostenmethodiek als er reductiedoelstelling voor broeikasgassen is vastgesteld. Immers, zolang de doelstellingen nog niet gehaald zijn moeten er extra reductiemaatregelen getroffen worden, ook al zijn de kosten daarvan hoger dan de directe schadekosten. Voor broeikasgassen zijn er door (internationale) overheden verschillende reductiedoelstellingen geformuleerd[95], waardoor de preventiekostenmethode de voorkeur heeft ten opzichte van de schadekostenmethode (CE Delft et al., 2011).

Vanwege deze twee redenen wordt de preventiekostenmethodiek gevolgd in deze studie voor het berekenen van de schaduwprijs van CO_2-eq. Dit is in lijn met recente studies op het gebied van het waarderen van externe klimaatkosten van transport, zoals CE Delft et al. (2011) en CE Delft et al. (2008b).

Vanwege de grote onzekerheid met betrekking tot de hoogte van de CO_2-schaduwprijs hanteren we in deze studie een bandbreedte[96]. De ondergrens van deze bandbreedte is gebaseerd op de korte termijn klimaatdoelstellingen van de Europese Commissie voor 2020 (20% CO_2-reductie t.o.v. 1990). De kosten voor het realiseren van deze doelstelling worden door CE Delft et al. (2008) ingeschat op € 25 per ton. De schatting is gebaseerd op een uitgebreide literatuurstudie naar CO_2-prijzen. De economische crisis is in deze studie (logischerwijs) nog niet meegenomen, maar heeft wel een drukkende werking op de CO_2-prijs. De CO_2-prijs die samenhangt met het halen van de CO_2-doelstelling in 2020 is momenteel dus waarschijnlijk lager dan € 25 per ton. Wij hanteren daarom een CO_2-prijs van € 10 per ton als ondergrens van de bandbreedte[97]. De bovengrens baseren we op de kosten voor het realiseren van de 2˚C-doelstelling in 2050 (stabilisatie van broeikasgassen op 450 ppm)[98] [99]. Deze doelstelling is aanmerkelijk scherper dan de

---

95 Voor de korte/middellange termijn gaat het dan om de Kyoto-doelstellingen (2012) en de klimaatdoelstellingen van de Europese Commissie voor 2020 (20% reductie t.o.v. 1990). Voor de lange termijn (2050) heeft de Europese Commissie de doelstelling uitgesproken om de temperatuurstijging te beperken tot maximaal 2°C. Gebaseerd op deze doelstelling streeft de EU een reductie van alle broeikasgassen in 2050 van 80% na. In aanvulling hierop heeft de Europese Commissie in het Witboek Transport een specifieke transportdoelstelling van 60% reductie van broeikasgassen in 2050 (t.o.v. 1990) opgenomen.

96 Vanwege de zeer grote onzekerheden in de schattingen van de CO_2-prijs gaat het hierbij niet om een absolute bandbreedte, maar om een inschatting van een realistische hoge en lage schaduwprijs voor CO_2. Er zijn (uiteraard) scenario's denkbaar waarin de schaduwprijs voor CO_2 nog hoger of lager uitvallen dan de hoge en lage waarden zoals in deze studie gepresenteerd. Zo kan zeer stringent (toekomstig) luchtkwaliteitsbeleid reden vormen om de CO_2-prijzen naar beneden bij te stellen (zie bijv. CPB, 2012). Momenteel is het echter niet duidelijk of er stringenter luchtkwaliteitsbeleid in Europa ingevoerd gaat worden (er is nog gen overeenstemming over de nieuwe NEC-plafonds). Vandaar dat we in deze studie geen rekening houden met de invloed van stringenter luchtkwaliteitsbeleid op de CO_2-prijs. Mocht er in de toekomst wel stringenter luchtkwaliteitsbeleid ingevoerd gaan worden, dan dienen de schattingen van de CO_2-prijzen nader bekeken te worden.

97 Expert guess CE Delft.

98 Merk op dat zowel voor de ondergrens als de bovengrens van de CO_2-prijs wordt uitgegaan van een economie brede CO_2-reductiedoelstelling i.p.v. dat er wordt uitgegaan van specifieke CO_2-reductiedoelstellingen voor transport (bijv. de doelstelling uit de 'Transport White Paper' van de Europese Commissie om in 2050 de CO_2-emissies van verkeer met 60% te reduceren).

20%-reductiedoestelling voor 2020 en is daarom uitermate geschikt om toe te passen bij de bepaling van de bovengrens van de CO_2-schaduwprijs. Op basis van een uitgebreide meta-analyse schatten Kuik et al. (2009) dat deze kosten in 2025 € 129 per ton CO_2 bedragen (met een bandbreedte van € 69-241). Wanneer we deze kosten terug extrapoleren naar 2010 dan vinden we kosten in de range van € 44 tot € 155 per ton CO_2-eq., met een middenwaarde van € 78 per ton[100]. De bovengrens van deze range zullen we ook in deze studie hanteren als bovengrens. Voor de middenwaarde hanteren we € 78 per ton CO_2-eq. zoals die ook op basis van Kuik et al. (2009) kan worden bepaald.

Tot slot, de effecten van broeikasgasemissies zijn mondiaal en dus niet afhankelijk van factoren als de bevolkingsdichtheid in de nabijheid van de emissiebron; er hoeft dan ook geen aparte CO_2-eq. prijs gehanteerd te worden voor binnen en buiten de bebouwde kom.

De reden hiervoor is dat er geen recente studies beschikbaar zijn die de kosten hebben bepaald voor het bereiken van deze transportspecifieke reductiedoelstellingen. Daarom gaan we in deze studie, evenals in bijv. CE Delft et al. (2011), uit van een schaduwprijs die is gebaseerd op economie brede reductiedoelstellingen.

99 Het feit dat er bij de gehanteerde CO_2-prijzen in deze studie wordt uitgegaan van economie brede CO_2-reductiedoelstellingen (zie voetnoot 99) leidt er ook toe dat de gepresenteerde CO_2-prijzen niet vergelijkbaar zijn met de prijs in het Europese Emission Trading Scheme (ETS), die immers slechts voor een beperkt aantal sectoren geldt.

100 Hierbij is gebruik gemaakt van een discontovoet van 3%.

6.5 Methodiek bepalen marginale kosten klimaatverandering

De marginale kosten van klimaatverandering worden verondersteld gelijk te zijn aan de gemiddelde kosten, aangezien aangenomen wordt dat de relatie tussen het aantal emissies en de resulterende schade een lineaire functie betreft. Dit betekent dan ook dat voor de gemiddelde case de marginale kosten gelijk zijn aan de gemiddelde kosten. Voor de best- en worst case zijn deze marginale kosten aangepast op basis van verschillen in emissies per reizigerskilometer of tonkilometer (op basis van het STREAM-model).

6.6 Resultaten

In deze paragraaf presenteren we de totale, gemiddelde en marginale externe kosten van broeikasgasemissies. Voor elektrische treinen, de tram en de metro zijn de kosten nihil, omdat de schadelijke effecten van de broeikasgasemissies die vrijkomen bij de elektriciteitsproductie worden meegenomen bij de externe kosten van brandstof- en elektriciteitsproductie. Deze voertuigen zijn dan ook niet opgenomen in onderstaande tabellen. Voor het wegvervoer zijn de gemiddelde externe kosten van broeikasgasemissies per voertuigkilometer weergegeven in Tabel 46.

Tabel 46 geeft een overzicht van de totale externe kosten van broeikasgas-emissies (als gevolg van CO_2-, CH_4- en N_2O-emissies die zijn uitgestoten in 2010) en externe klimaatbaten (als gevolg van NO_x- en SO_2-emissies die zijn uitgestoten in 2010) voor de verschillende vervoerswijzen. De externe klimaatbaten zijn het grootst voor de zeevaart, gevolgd door de vervoers-wijzen die diesel consumeren. Wanneer de kosten van broeikasgasemissies en -baten worden gesommeerd dan blijken alleen voor de zeevaart de klimaat-baten groter te zijn dan de kosten van broeikasgasemissies in 2010, wat resulteert in netto klimaatbaten. Zoals eerder aangegeven heeft de uitstoot van deze emissies wel significante negatieve gevolgen voor luchtvervuiling (zie Hoofdstuk 7) en bestaat er al beleid waardoor deze emissies op korte termijn gereduceerd zullen worden. Naar verwachting zal de scheepvaart in de toekomstige externe kostenstudies dan ook op netto jaarlijkse kosten van broeikasgasemissies i.p.v. op klimaatbaten uitkomen.

Tabel 46 Externe kosten van broeikasgasemissies, -baten en netto kosten voor gemiddelde CO_2-eq.-prijzen

Voertuigcategorie	Kosten van broeikasgas-emissies in 2010	Klimaatbaten in 2010[d]			Gemiddelde netto kosten van broeikasgas-emissies in 2010
		GWP ge-middeld	GWP laag	GWP hoog	
Personenvervoer in mln €					
Personenauto benzine	1.005	-23	-12	-34	982
Personenauto diesel	442	-23	-12	-34	419
Personenauto LPG	52	-2	-1	-3	50
Bus	22	-3	-2	-5	19
Touringcar	22	-3	-1	-4	20
Motorfiets	23	-1	-1	-2	22
Bromfiets	4	0	0	0	3
Personentrein diesel	2	-1	0	-1	2
Goederenvervoer in mln €					
Bestelauto	334	-20	-10	-29	314
Vrachtauto	468	-73	-37	-108	395
Goederentrein diesel	6	-2	-1	-3	3
Binnenvaart	120	-31	-16	-46	88
Internationale lucht- en zeevaart in mln €					
Luchtvaart personen[a]	1.039[b]	-	-	-	1.039
Luchtvaart goederen[a]	323[b]	-	-	-	323
Zeevaart[c]	882	-940	-677	-1.202	-58

[a] Het betreft de kosten van 50% van de broeikasgasemissies van alle vluchten van en naar Nederland.

[b] Voor luchtvaart was het niet mogelijk om onderscheid te maken tussen de externe klimaat-kosten en -baten. De hier gepresenteerde kosten van broeikasgasemissies zijn dan ook eigenlijk de netto kosten van broeikasgasemissies.

[c] Het betreft de kosten van 50% van de broeikasgasemissies van alle vaarten van en naar Nederland.

[d] Merk op dat hoewel deze klimaatbaten zeer significant zijn (zeker voor de zeevaart), het daadwerkelijk verkoelende effect van deze emissies zich slechts in een zeer korte periode voordoet (dit in tegenstelling tot het verwarmende effect van broeikasgasemissies, dat zich over een periode van enkele decennia voordoet). Voor meer informatie, zie de tekstbox in Paragraaf 6.3.

Naast een onzekerheid in de GWPs van NO_x en SO_2, is ook een bandbreedte gehanteerd voor de schaduwprijzen (zie Paragraaf 6.4). De totale netto kosten van broeikasgasemissies (kosten van broeikasgasemissies -/- klimaatbaten) in 2010 wanneer gerekend wordt met verschillende schaduwprijzen zijn weergegeven in Tabel 47. De hoogste totale kosten van broeikasgasemissies zijn er voor de personenauto en de luchtvaart. De zeevaart heeft een tijdelijk netto verkoelend effect en dus negatieve kosten van broeikasgasemissies in 2010.

Tabel 47 Totale netto externe kosten van broeikasgasemissies 2010 (mln €)[a]

Voertuigcategorie	Midden	Laag	Hoog
Personenvervoer in mln €			
Personenauto benzine	982	126	1.838
Personenauto diesel	419	54	784
Personenauto LPG	50	6	94
Bus	19	2	36
Touringcar	20	3	37
Motorfiets	22	3	41
Bromfiets	3	0	6
Personentrein diesel	2	0,2	4
Goederenvervoer in mln €			
Bestelauto	314	40	588
Vrachtauto	395	51	739
Goederentrein diesel	3	0,4	6
Binnenvaart	88	11	166
Internationale lucht- en zeevaart in mln €			
Luchtvaart personen[b]	1.039	87	1.944
Luchtvaart goederen[b]	323	27	605
Zeevaart[c]	-57	-7	-107

[a] De klimaatbaten zijn berekend met gemiddelde GWPs.

[b] Het betreft de kosten van 50% van de broeikasgasemissies van alle vluchten van en naar Nederland.

[c] Het betreft de kosten van 50% van de broeikasgasemissies van alle vaarten van en naar Nederland.

Tabel 48 laat de onzekerheidsmarges zien wanneer gevarieerd wordt met de toerekening van de CO_2-emissies van de lucht- en zeevaart aan Nederland. Daarbij zijn er twee situaties bekeken, namelijk de situatie waarbij 40% van alle CO_2-emissies worden toegewezen aan Nederland en een situatie waarbij 60% van de CO_2-emissies worden toegewezen aan Nederland. Ter vergelijking zijn ook de middenwaarden van de hoofdvarianten weergegeven.

Tabel 48 Onzekerheidsmarges totale netto externe kosten van broeikasgasemissies internationale vervoerswijzen

	CO_2-eq.-emissies (Mton)		**Externe kosten van broeikasgasemissies, gemiddelde CO_2-prijs (mln €)**		
	40% aan NL	*60% aan NL*	**50% aan NL**	**40% aan NL**	**60% NL**
Luchtvaart (personen)[a]	10,7	16	1.039	831	1.634
Luchtvaart (goederen)[a]	3,3	5	323	259	388
Zeevaart[b]	-0,6	-0,9	-57	-45	-69

[a] Om de totale impact van broeikasgasemissies voor de luchtvaart te berekenen worden de CO_2-eq. emissies vermenigvuldigd met de correctiefactor 2 voor uitstoot op grote hoogten.

[b] Om de klimaatbaten van SO_2 en NO_x te berekenen is het gemiddelde GWP gehanteerd.

De gemiddelde kosten van broeikasgasemissies per 1.000 reizigers-/voertuig-/tonkilometer in 2010 zijn voor het vervoer op Nederlands grondgebied weergegeven in Tabel 49. De gemiddelde kosten voor de lucht- en zeevaart zijn weergegeven in Tabel 50. Met name voor het vrachtvervoer via de luchtvaart zijn de gemiddelde kosten (in €/tonkilometer) van broeikasgas-

emissies aanzienlijk. Deze hoge kosten zijn te verklaren door de hoge energie-intensiteit (in termen van energie per tkm) van luchtvracht, enerzijds doordat de luchtvaart een energie-intensieve vervoerswijze is, anderzijds doordat de vracht die met een vliegtuig wordt vervoerd over het algemeen een relatief kleine massa heeft (waardoor de gemiddelde 'belading van een vliegtuig' laag is).

Tabel 49 **Gemiddelde netto externe kosten van broeikasgasemissies per 1.000 reizigers-/voertuig-/tonkilometer op Nederlands grondgebied in 2010**

Voertuigcategorie	Midden[a]	Laag[a]	Hoog[a]
Personenvervoer (€/1.000 rkm)			
Personenauto benzine	11,2	1,4	20,9
Personenauto diesel	10,0	1,3	18,6
Personenauto LPG	9,7	1,2	18,2
Bus	5,4	0,7	10,1
Touringcar	2,4	0,3	4,5
Motorfiets	7,5	1,0	14,0
Bromfiets	3,2	0,4	6,0
Personentrein diesel	2,4	0,3	4,5
Bestelauto (€/1.000 vkm)			
Bestelauto	18,1	2	34
Goederenvervoer (€/1.000 tkm)			
Vrachtauto	7,5	1,0	14,1
Goederentrein diesel	1,3	0,2	2,4
Binnenvaart	2,2	0,3	4,1

[a] Voor alle scenario's zijn de klimaatbaten berekend met de gemiddelde GWPs, alleen de schaduwprijs is gevarieerd.

Tabel 50 **Gemiddelde netto externe kosten van broeikasgasemissies in 2010 voor de internationale vervoerswijzen**

Voertuigcategorie	Midden[c]	Laag[c]	Hoog[c]
Personenvervoer (€/1.000 rkm)			
Luchtvaart personen[a]	13,8	1,1	25,8
Goederenvervoer (€/1.000 tkm)			
Luchtvaart goederen[a]	62,2	5,2	116,4
Zeevaart[b]	-0,06	-0,01	-0,11

[a] Het betreft de kosten van 50% van de broeikasgasemissies van alle vluchten van en naar Nederland, gedeeld door de helft van de totale reizigers- en tonkilometers van alle aankomende en vertrekkende vluchten.

[b] Het betreft de kosten van 50% van de broeikasgasemissies van alle vaarten van en naar Nederland, gedeeld door de helft van de totale tonkilometers van alle aankomende en vertrekkende vaarten.

[c] Voor alle scenario's zijn de klimaatbaten berekend met de gemiddelde GWPs, alleen de schaduwprijs is gevarieerd.

De marginale externe kosten van broeikasgasemissies voor de best, midden en worst case zijn gepresenteerd in Tabel 51 en Tabel 52. De verschillen in de marginale kosten voor de verschillende cases zijn volledig te verklaren door verschillen in het energiegebruik (en daarmee CO_2-emissies) per 1.000 reizigerskilometer (rkm) of 1.000 tonkilometer (tkm).

Tabel 51 **Marginale externe kosten en baten van broeikasgasemissies per 1.000 reizigers-/voertuig-/tonkilometer op Nederlands grondgebied in 2010**

Voertuigcategorie	klimaatkosten			klimaatbaten		
	Midden	Best	Worst	Midden	Best	Worst
Personenvervoer(€/1.000 rkm)						
Personenauto benzine	11,4	3,1	31,2	0,26	0,01	0,51
Personenauto diesel	10,5	2,9	27,0	0,55	0,13	1,50
Personenauto LPG	10,2	2,7	28,8	0,41	0,03	0,70
Bus	6,2	2,5	8,6	0,87	0,28	0,90
Touringcar	2,7	1,3	4,0	0,32	0,15	0,47
Motorfiets	7,9	3,8	14,7	0,42	0,15	0,07[a]
Bromfiets	3,5	1,6	11,5	0,32	0,15	0,00[b]
Personentrein diesel	3,1	1,2	4,8	0,74	0,19	3,00
Bestelauto (€/1.000 vkm)						
Bestelauto	19,2	15,9	24,5	1,13	0,57	3,15
Goederenvervoer (€/1.000 tkm)						
Trekker	7,4	3,9	21,7	1,16	0,63	4,43
Vrachtauto < 10 t	31,1	16,1	90,7	4,24	2,59	17,25
Vrachtauto 10-20 t	16,8	9,1	54,1	2,61	1,59	10,93
Vrachtauto > 20 t	11,9	6,6	37,9	1,83	1,01	8,08
Goederentrein diesel	2,1	0,9	4,4	0,86	0,12	1,87
Binnenvaart	3,0	0,7	5,3	0,78	0,15	1,98

[a] De worst case motorfiets is lager dan de best case. Dit komt doordat een gemiddelde motorfiets binnen de bebouwde kom (worst case) minder NO_x-uitstoot dan buiten de bebouwde kom (best case) (CBS, 2012).

[b] De worst case bromfiets is lager dan de best case. Dit komt doordat een bromfiets in 2010 (best case) meer NO_x-uitstoot dan in 1996 (worst case) (CBS, 2012).

Tabel 52 **Marginale externe kosten en baten van broeikasgasemissies in 2010 voor de internationale vervoerswijzen**

Voertuigcategorie	Klimaatkosten			Klimaatbaten		
	Midden	Best	Worst	Midden	Best	Worst
Personenvervoer(€/1.000 rkm)						
Luchtvaart personen	13,8	12,2	39,7	0	0	0
Goederenvervoer(€/1.000 tkm)						
Luchtvaart goederen	62,2	53,4	146,5	0	0	0
Zeevaart	0,9	0,1	8,0	0,97	0,09	8,30

Kosten van broeikasgasemissies van bussen op groen gas, elektrisch wegvervoer en Lange Zware Vrachtvoertuigen (LZVs)

Voor de elektrische fiets, auto en bus zijn de gemiddelde marginale kosten gelijk aan nul, omdat de kosten van broeikasgasemissies zijn opgenomen bij de kosten die voortkomen uit de emissies die vrijkomen bij elektriciteitsopwekking.

De CO_2-emissies bij de uitstoot van bussen op groen gas zijn onduidelijk; CE Delft en TNO (2008) rapporteren alleen de CO_2-emissiereductie over de gehele brandstofketen. CE Delft (2008d) rapporteert iets hogere CO_2-emissies per vkm dan voor reguliere bussen. In deze studie veronderstellen we dat de gemiddelde CO_2-uitstoot per kilometer en daarmee de gemiddelde kosten van broeikasgasemissies gelijk zijn aan een bus op diesel (€ 6/1.000 rkm). De milieu-winst van groen gas zit in de baten van CO_2-reductie bij de opwekking van groen gas; dit wordt in Hoofdstuk 8 beschreven. CE Delft en het Ministerie van I&M zijn momenteel bezig met een onderzoek naar groen gas, waardoor nieuwe cijfers binnenkort beschikbaar komen. Mochten bussen op groen gas in de toekomst aanzienlijk in aantal toenemen, dan neemt ook de kans op gaslekkages toe.
Dit kan leiden tot extra broeikasgasemissies in de vorm van methaan en kan dus leiden tot hogere kosten van broeikasgasemissies dan hetgene dat hier gerapporteerd is.

De gemiddelde marginale kosten van broeikasgasemissies voor een LZV liggen per tonkilometer lager dan voor een trekker (€ 4/1.000 tkm vs. € 6/1.000 tkm voor een trekker), maar liggen per voertuigkilometer (€ 66/1.000 vkm) hoger dan voor een trekker (€ 57/1.000 vkm).

7 Kosten van luchtvervuiling

7.1 Inleiding

De verkeerssector veroorzaakt luchtvervuiling door de uitstoot van een aantal luchtverontreinigende emissies zoals PM en NO_x. Deze emissies kunnen schade veroorzaken aan de menselijke gezondheid, bodem, water, de biosfeer, gebouwen en/of materialen. In dit hoofdstuk wordt de methodiek voor het berekenen van de externe kosten van luchtvervuiling omschreven. Paragraaf 7.2. omschrijft welke luchtverontreinigende emissies en welke van hun gevolgen zijn opgenomen in deze studie. In Paragraaf 7.3 wordt de methodiek voor het bepalen van de totale en gemiddelde kosten gepresenteerd, terwijl Paragraaf 7.5 dit toelicht voor het bepalen van de marginale kosten. De gehanteerde schaduwprijzen worden omschreven in Paragraaf 7.4. Tot slot worden in Paragraaf 7.6 de resultaten van de analyse naar de kosten van luchtvervuiling gepresenteerd.

7.2 Definiëring externe kosten luchtvervuiling

De belangrijkste luchtvervuilende stoffen in de vervoerssector zijn:
- fijnstof: $PM_{2.5}$ (verbrandingsemissies[101]) en PM_{10} (slijtage-emissies[102]; dit zijn emissies als gevolg van slijtage van de remmen, banden en bovenleiding). $PM_{0,1}$ wordt in deze studie niet meegenomen (zie ook onderstaand kader);
- stikstofoxiden (NO_x);
- zwaveloxide (SO_2).

Gezondheidsschade door zeer kleine deeltjes
Recentelijk komt er steeds meer bewijs voor het feit dat met name de zeer kleine deeltjes ($PM_{0,1}$) ernstige gevolgen hebben voor de menselijke gezondheid. Deze effecten vormen nog geen onderdeel van de state-of-the-art schaduwprijzen. Vanwege die reden zijn we niet in staat de schadelijke effecten van deze deeltjes mee te nemen in dit onderzoek. Dit kan leiden tot een onderschatting van de externe kosten van luchtvervuilende emissies.

De externe kosten van luchtvervuiling zijn:
- *Gezondheidskosten*. De inademing van fijn stof (met name PM_{10} en $PM_{2.5}$) heeft gevolgen voor de menselijke gezondheid en veroorzaakt bijvoorbeeld een verhoogd risico op hart- en vaatziekten. Deze categorie vormt de belangrijkste externe kostenpost van luchtvervuiling.
- *Schade aan gebouwen en materialen*. Luchtvervuilende stoffen kunnen op twee manieren schade veroorzaken aan gebouwen: a) stikstofoxide (NO_x)

---

101 De verbrandingsemissies zijn voor het overgrote deel kleiner dan 2,5 micrometer en worden daarom over het algemeen aangeduid als $PM_{2.5.}$ Zowel de emissiedata als de waarderings-getallen hebben betrekking op alle verbrandingsemissies, incl. de fractie die groter is dan 2,5 micrometer.

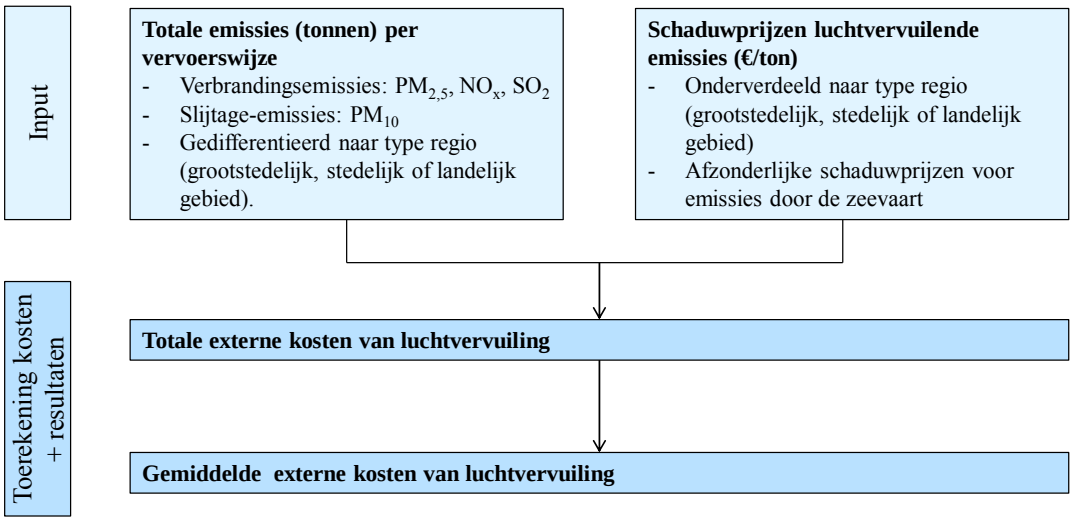
102 Bij de binnenvaart en zeevaart is er geen sprake van slijtage-emissies. Bij de luchtvaart zijn er wel slijtage-emissies, maar volgens Bennett et al. (2011) zijn de deeltjes die als gevolg van slijtage vrijkomen dermate groot dat ze niet of nauwelijks gezondheidseffecten veroorzaken. Vandaar dat we voor luchtvaart geen rekening houden met de kosten van slijtage-emissies.

en zwaveloxide (SO_2) zijn verzurende stoffen die corrosie kunnen veroorzaken aan gevels; b) deeltjes en stof kunnen gebouwen en materialen vervuilen.
- *Verlies van landbouwgewassen*. Verschillende luchtvervuilende stoffen kunnen schade veroorzaken aan landbouwgewassen, met name de verzurende stoffen NO_x en SO_2. Een toename in de concentratie van deze stoffen zal leiden tot een vermindering van het productievolume van landbouwgewassen.
- *Impacts op ecosystemen en biodiversiteit*. NO_x en SO_2 veroorzaken schade aan de bodem en het grondwater, met name in de vorm van verzuring. Dit kan negatieve gevolgen hebben voor ecosystemen en kan middels deze weg ook schade veroorzaken aan de biodiversiteit.

7.3 Methodiek bepalen totale/gemiddelde kosten luchtvervuiling

De methodiek die wordt gebruikt om de totale en gemiddelde kosten van luchtvervuiling te berekenen is weergegeven in Figuur 5 en bestaat uit vier stappen:
- *Verzamel de totale emissies per vervoerwijze;* de totale emissies per vervoerwijze zijn gebaseerd op data van het CBS (2012). Voor de $PM_{2,5}$- en PM_{10}-emissies wordt onderscheid gemaakt naar emissies in grootstedelijk, stedelijk of landelijk gebied. Voor de overige emissies wordt enkel onderscheid gemaakt tussen emissies binnen en buiten de bebouwde kom. Een overzicht van de totale luchtvervuilende emissies per vervoerswijze kan worden gevonden in Bijlage F.2.
- *Bepaal de totale externe kosten van luchtvervuiling;* door de totale emissies per vervoerswijze te vermenigvuldigen met de schaduwprijzen van de betreffende emissies worden de totale externe kosten van luchtvervuiling gevonden. De gehanteerde schaduwprijzen worden nader toegelicht in Paragraaf 7.4.
- *Bepaal de gemiddelde externe kosten van luchtvervuiling*; de gemiddelde externe kosten van luchtvervuiling worden berekend door de totale externe kosten van luchtvervuiling te delen door de reizigerskilometers respectievelijk tonkilometers van de verschillende vervoerswijzen.

Figuur 5 **Methodiek bepaling totale en gemiddelde externe luchtvervuilingskosten**



Voor het wegvervoer zijn per vervoerswijze ook de gemiddelde kosten per Euroklasse bepaald. Dit is gebaseerd op emissiefactoren voor de verschillende Euroklassen (onderscheiden naar type regio), die vervolgens vermenigvuldigd zijn met de relevante schaduwprijzen. De resultaten van deze analyse zijn te vinden in Bijlage F.4.

7.4 Schaduwprijzen

De schaduwprijzen van de verschillende luchtverontreinigende emissies kunnen worden berekend met behulp van de preventiekostenmethode of met behulp van directe schadekosten. De eerst genoemde methode baseert de schaduwprijzen op de (maatschappelijke) kosten van de benodigde emissie-reductiemaatregelen om bepaalde beleidsdoelen te realiseren. Bij directe schadewaardering worden de schaduwprijzen gebaseerd op de kosten van de te verwachten effecten van de luchtvervuilende emissies. In deze studie wordt gebruik gemaakt van schaduwprijzen die zijn gebaseerd op directe schade-waardering. Vanuit een economisch oogpunt verdienen deze schaduwprijzen de voorkeur, aangezien ze zijn gebaseerd op de daadwerkelijke schadelijke effecten van luchtvervuilende emissies. Vanwege deze reden hanteren nagenoeg alle vooraanstaande Europese studies schaduwprijzen die zijn gebaseerd op directe schadewaardering. De meest gebruikte methode voor het schatten van deze schaduwprijzen is de zogenaamde Impact Pathway Approach (o.a. toegepast in NEEDS, 2006; 2007 en 2008; HEATCO, 2006a, 2006b; CAFE CBA, 2005a; 2005b en ExternE, 2005). Dit is de meest geavanceerde methode voor het schatten van de externe kosten van luchtvervuiling gezien zijn consistentie en het gebruik van gedetailleerde inputvariabelen.

In deze studie zullen we gebruik maken van de schaduwprijzen zoals die door NEEDS (2008) zijn bepaald. Deze schaduwprijzen zijn gebaseerd op de meest recente wetenschappelijke inzichten en ze omvatten het brede scala aan schadelijke effecten van luchtvervuilende emissies zoals omschreven in Paragraaf 7.2 (gezondheidskosten, schade aan gebouwen en materialen, verlies aan landbouwgronden en impacts of ecosystemen en biodiversiteit). Ook de schadelijke effecten van de in Nederland uitgestoten emissies die neerslaan in het buitenland worden meegenomen in deze schaduwprijzen. Voor PM-emissies zullen we in dit onderzoek geen gebruik maken van de schaduwprijzen uit NEEDS (2008), maar van schaduwprijzen die zijn afgeleid in HEATCO (2006a). In tegenstelling tot NEEDS biedt laatstgenoemde studie namelijk specifieke schaduwprijzen voor de PM-emissies van transport[103].

De bevolkingsdichtheid in de nabijheid van de emissiebron is een belangrijke cost driver voor de externe kosten van luchtvervuiling, met name voor de gevolgen van de uitstoot van fijnstof. Zoals eerder omschreven heeft PM nadelige gevolgen voor de menselijke gezondheid. Derhalve is het relevant hoeveel mensen er worden blootgesteld aan de uitgestoten emissies.
De schade per eenheid uitgestoten emissie zal groter zijn binnen de bebouwde kom dan daarbuiten, aangezien binnen de bebouwde kom meer mensen worden blootgesteld aan de schadelijke stof. In deze studie zal daarom voor PM-emissies een onderscheid worden gemaakt tussen de schaduwprijzen voor verschillende regio's, te weten: grootstedelijk, stedelijk en landelijk gebied.

[103] NEEDS (2008) berekent schaduwprijzen voor PM die vooral gebaseerd zijn op de PM-emissies die vrijkomen bij elektriciteitsproductie. De hierbij uitgestoten fijnstofdeeltjes zijn over het algemeen groter dan bij transport en hebben daardoor minder ernstige gezondheidsgevolgen. Bovendien worden deze emissies op grotere hoogte uitgestoten, waardoor de gezondheids-effecten beperkter zijn.

Een overzicht van de gehanteerde schaduwprijzen is weergegeven in Tabel 53. Om inzicht te krijgen in de invloed van de onzekerheid in de schaduwprijzen op de uiteindelijke externe kosten van luchtvervuiling berekenen we ook een bandbreedte gebaseerd op alternatieve waarden voor de schaduwprijs. Op basis van CE Delft (2010) zijn we uitgegaan van een onder- en bovengrens voor deze schaduwprijzen die respectievelijk een factor 2 lager en hoger zijn dan de waarden zoals gepresenteerd in Tabel 53.

Tabel 53 Schaduwprijzen luchtvervuilende emissies (€$_{2010}$/ton)

Type emissie	Differentiatie	Schaduwprijs
NO_x	Weg, spoor, luchtvaart, binnenvaart	10.600
	Zeevaart	6.750
SO_2	Weg, spoor, luchtvaart, binnenvaart	15.200
	Zeevaart	9.100
$PM_{2,5}$ (verbranding)	Grootstedelijk	559.100
	Stedelijk	180.500
	Landelijk	109.300
	Zeevaart	37.100
PM_{10} (slijtage)	Grootstedelijk	223.600
	Stedelijk	72.100
	Landelijk	43.700

Bron: NEEDS (2008) en HEATCO (2006a); correctie voor BBP-ontwikkelingen en inflatie door CE Delft.

7.5 Methodiek bepalen marginale kosten luchtvervuiling

Evenals bij klimaatverandering worden de externe marginale kosten van luchtvervuiling gelijk verondersteld aan de gemiddelde kosten. Dit betekent dan ook dat voor de gemiddelde case de marginale kosten gelijk zijn aan de gemiddelde kosten. Voor de best en worst case zijn deze marginale kosten aangepast op basis van verschillen in emissies per reizigerskilometer of tonkilometer (op basis van het STREAM-model).

7.6 Resultaten

In deze paragraaf presenten we de totale, gemiddelde en marginale externe kosten van luchtvervuiling. In Tabel 54 worden de totale kosten gepresenteerd. Voor de elektrische treinen, trams en metro's bestaan deze kosten volledig uit de kosten van slijtage-emissies. De luchtvervuilende emissies die vrijkomen bij de productie van elektriciteit voor deze vervoerswijzen zijn meegenomen bij de bepaling van de externe kosten van brandstof- en elektriciteitsproductie.

De kosten van luchtvervuiling voor de lucht- en zeevaart zijn, anders dan bij de kosten van broeikasgasemissies, enkel gebaseerd op de emissies die zijn uitgestoten op Nederlands grondgebied (per LTO)/het Nederlands Continentaal Plat.

Tabel 54 Totale externe kosten van luchtvervuiling in 2010 (mln €)

Voertuigcategorie	Midden	Laag[a]	Hoog[a]
Personenvervoer op Nederlands grondgebied in mln €			
Personenauto benzine	299	150	599
Personenauto diesel	411	205	822
Personenauto LPG	23	12	47
Bus	36	18	71
Touringcar	26	13	51
Motorfiets	17	8	33
Bromfiets	15	7	30
Personentrein elektrisch[b]	81	41	162
Personentrein diesel	13	6	26
Tram	2	1	4
Metro	2	1	4
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied in mln €			
Bestelauto	357	179	715
Vrachtauto	634	317	1.268
Goederentrein elektrisch	7	3	14
Goederentrein diesel	28	14	55
Binnenvaart	330	165	659
Internationale lucht- en zeevaart in mln €			
Luchtvaart personen[c]	33	17	66
Luchtvaart goederen[c]	3	2	7
Zeevaart[d]	1.162	581	2.323

[a] De hoge en lage waarden zijn gebaseerd op respectievelijk hoge en lagere schaduwprijzen voor luchtvervuilende emissies.

[b] De relatief hoge kosten van de elektrische personentrein worden veroorzaakt door slijtage (PM_{10}-) emissies. Voor elektrische goederentreinen geldt dezelfde PM_{10}-emissiefactor maar de elektrische personentrein heeft een veel groter aantal voertuigkilometers dan de elektrische goederentrein.

[c] Het betreft de kosten van luchtvervuilende emissies op Nederlands grondgebied (LTO-emissies).

[d] Het betreft de kosten van luchtvervuilende emissies op het Nederlands continentaal plat.

De gemiddelde externe kosten per 1.000 reizigers-/voertuig-/tonkilometer van luchtvervuiling zijn voor het verkeer op Nederlands grondgebied weergegeven in Tabel 55. De relatief hoge kosten voor de personentreinen diesel zijn vooral het gevolg van het feit dat het hierbij gaat om relatief korte treinen met daardoor weinig reizigers aan boord, waardoor de kosten per reizigers-kilometer hoog uitvallen. Daarnaast geldt voor al het spoorvervoer dat de slijtage-emissies leiden tot aanzienlijke externe kosten. Bij bromfietsen en motorfietsen dient nog opgemerkt te worden dat de emissies van koolwater-stoffen (HC) in deze studie buiten beschouwing zijn gelaten, terwijl deze emissies in voorgaande externe kostenstudies (bijvoorbeeld CE Delft en VU, 2004) verantwoordelijk waren voor het overgrote deel van de externe luchtvervuilingskosten van brom(fietsen) en motorfietsen. De ingeschatte kosten voor deze vervoerswijzen zijn daarom waarschijnlijk ook een conservatieve inschatting.

Tabel 55 Gemiddelde externe kosten van luchtvervuiling per 1.000 reizigers-/voertuig-/tonkilometer op Nederlands grondgebied in 2010

Voertuigcategorie	Midden	Laag[a]	Hoog[a]
Personenvervoer (€/1.000 rkm)			
Personenauto benzine	3	2	7
Personenauto diesel	10	5	20
Personenauto LPG	5	2	9
Bus	10	5	20
Touringcar	3	2	6
Motorfiets	6	3	11
Bromfiets	15	7	30
Personentrein elektrisch	5	2	10
Personentrein diesel	16	8	32
Tram	2	1	4
Metro	2	1	4
Bestelauto (€/1.000 vkm)			
Bestelauto	21	10	41
Goederenvervoer (€/1.000 tkm)			
Vrachtauto	12	6	24
Goederentrein elektrisch	2	1	4
Goederentrein diesel	10	5	20
Binnenvaart	8	4	16

[a] De hoge en lage waarden zijn gebaseerd op respectievelijk hoge en lagere schaduwprijzen voor luchtvervuilende emissies.

Voor het wegverkeer zijn ook de gemiddelde externe kosten van lucht-vervuiling per voertuigkilometer bepaald. De resultaten daarvan zijn te vinden in Bijlage F.3.

Voor de lucht- en zeevaart zijn de gemiddelde kosten weergegeven in Tabel 56. Per reizigers- en tonkilometer zijn deze externe kosten relatief beperkt in vergelijking met de andere vervoerswijzen. Dit is het gevolg van de aanname dat de emissies die worden uitgestoten op grote hoogten (luchtvaart) of midden op de oceaan (zeevaart) geen schadelijke effecten hebben op de menselijke gezondheid, waardoor de kosten van luchtvervuiling voor deze emissies nihil zijn.

Tabel 56 Gemiddelde externe kosten van luchtvervuiling in 2010 voor de internationale vervoerswijzen

Voertuigcategorie	Midden	Laag[a]	Hoog[a]
Personenvervoer (€/LTO)			
Luchtvaart personen	160	80	319
Goederenvervoer in €/LTO (luchtvaart) en €/call (zeevaart)			
Luchtvaart goederen	160	80	319
Zeevaart	15.705	7.852	31.410
Personenvervoer (€/1.000 rkm)			
Luchtvaart personen[b]	0,4	0,2	0,9
Goederenvervoer (€/1.000 tkm)			
Luchtvaart goederen[b]	0,6	0,3	1,3
Zeevaart[c]	1,2	0,6	2,4

[a] De hoge en lage waarden zijn gebaseerd op respectievelijk hoge en lagere schaduwprijzen voor luchtvervuilende emissies.

[b] Het betreft de kosten van luchtvervuilende emissies op Nederlands grondgebied (LTO-emissies), gedeeld door de helft van de totale reizigers- en tonkilometers van alle aankomende en vertrekkende vluchten.

[c] Het betreft de kosten van luchtvervuilende emissies op het Nederlands continentaal plat, gedeeld door de helft van de totale tonkilometers van alle in Nederland aankomende en vertrekkende vaarten.

In Tabel 57 en Tabel 58 zijn de marginale kosten van luchtvervuiling in 2010 gepresenteerd voor de gemiddelde, best en worst case. Met name voor het wegvervoer zijn de marginale kosten in de worst case aanzienlijk hoger dan de middenwaarde. Dit is vooral het gevolg van het feit dat er voor de worst case is uitgegaan van relatief vervuilende Euro 2-voertuigen. In Bijlage F.4 geven we een gedetailleerd overzicht van de externe kosten van luchtvervuiling voor de verschillende vervoerswijzen gedifferentieerd naar Euroklasse.

Tabel 57 **Marginale externe kosten van luchtvervuiling per 1.000 reizigers-/voertuig-/tonkilometer op Nederlands grondgebied in 2010**

Voertuigcategorie	Midden	Best	Worst
Personenvervoer (€/1.000 rkm)			
Personenauto benzine	3,4	0,3	15,0
Personenauto diesel	9,8	0,9	76,1
Personenauto LPG	4,6	0,4	16,6
Bus	9,9	1,4	63,9
touringcar	3,2	0,7	29,8
Motorfiets	5,7	2,4	17,2
Bromfiets	15,0	4,1	96,9
Personentrein elektrisch	4,9	1,6	44,8
Personentrein diesel	16,1	1,8	153,5
Personentrein HSL	4,9	2,6	25,3
Tram	2,1	1,1	4,2
Metro	2,0	0,0	4,0
Bestelauto (€/1.000 vkm)			
Bestelauto	20,5	5,2	143,0
Goederenvervoer (€/1.000 tkm)			
Trekker	9,7	4,9	64,5
Vrachtauto < 10t	42,0	21,0	255,6
Vrachtauto 10-20t	24,5	12,4	154,3
Vrachtauto > 20t	16,7	7,8	113,6
Goederentrein elektrisch	2,1	0,6	13,4
Goederentrein diesel	10,2	1,8	33,8
Binnenvaart	8,2	1,5	35,4

Tabel 58 **Marginale externe kosten van luchtvervuiling in 2010 voor de internationale vervoerswijzen[a]**

Voertuigcategorie	Midden	Best[b]	Worst[b]
Personenvervoer (€/LTO)			
Luchtvaart personen	160	715	51
Goederenvervoer €/LTO (luchtvaart) en €/call)			
Luchtvaart goederen	160	679	73
Zeevaart	15.705	19.122	5.530
Personenvervoer (€/1.000 rkm)			
Luchtvaart personen	0,4	0,2	1,3
Goederenvervoer (€/1.000 tkm)			
Luchtvaart goederen	0,6	0,5	4,7
Zeevaart	1,2	0,4	31,6

[a] Het betreft alleen de externe kosten van luchtvervuiling bij de LTO (luchtvaart) of op het continentaal plat (zeevaart), niet van de rest van de vlucht of vaart.

[b] Merk op dat wanneer de marginale kosten worden uitgedrukt in €/LTO (luchtvaart) of in €/call (zeevaart), de kosten van de best case hoger liggen dan die van de worst case. Dit komt vooral doordat de best cases significant meer reizigers- of tonkilometers omvatten dan de worst cases, waardoor de kosten per reizigers- of tonkilometer relatief laag uitvallen, maar per LTO of call relatief hoog (zie ook Paragraaf 2.4.3)

Kosten van bussen op groen gas, elektrisch wegvervoer en Lange en zware vrachtvoertuigen (LZVs)

De elektrische fiets, auto en bus stoten geen vervuilende emissies uit, deze vinden enkel plaats bij de opwekking van elektriciteit. Wel veroorzaken de elektrische auto en bus slijtage (PM_{10}-)emissies, die gelijk zijn verondersteld aan die van een gemiddelde personenauto. De gemiddelde marginale kosten van luchtvervuilende emissies vallen dan ook aanzienlijk lager uit voor deze drie vervoerswijzen dan voor de vergelijkbare reguliere vervoerwijzen: € 0/1.000 rkm voor de elektrische fiets, € 0,8 per 1.000 rkm voor de elektrische auto en € 0,6/1.000 rkm voor de elektrische bus.

Ook voor de bus op groen gas geldt dat de PM_{10}-emissies (slijtage-emissies) gelijk zijn verondersteld aan een 'reguliere' bus, aangezien deze emissies onafhankelijk zijn van het type brandstof (CE Delft en TNO, 2008). Echter, de NO_x- en $PM_{2,5}$-emissies zijn 85 en 80% lager dan het geval is voor een bus op diesel (CE Delft en TNO, 2012). De gemiddelde marginale kosten van luchtvervuiling van een bus op groen gas (€ 1,2/1.000 rkm) zijn dan ook aanzienlijk lager dan voor een bus op diesel (€ 9,9/1.000 rkm). Ten slotte geldt voor de LZV dat de kosten per voertuigkilometer wederom aanzienlijk hoger liggen dan voor een trekker (€ 138 vs.€ 89 per 1.000 vkm), maar dat de kosten per tonkilometer juist lager zijn (€ 7,7 per 1.000 tkm).

8 Kosten van emissies van brandstof- en elektriciteits-productie

8.1 Inleiding

De vervoerssector veroorzaakt naast directe emissies ook een aantal indirecte emissies, zoals de emissies die worden uitgestoten tijdens de productie van brandstoffen en elektriciteit[104]. De kosten van deze emissies zijn het onderwerp van dit hoofdstuk. Eerst definiëren we de relevante emissies en hun schadelijke effecten in Paragraaf 8.2. Daarna wordt de methodiek voor het bepalen van de totale en gemiddelde externe kosten omschreven in Paragraaf 8.3, waarbij de gehanteerde schaduwprijzen nader worden toegelicht in Paragraaf 8.4. De methodiek voor de bepaling van de marginale kosten van emissies van brandstof- en elektriciteitsproductie wordt toegelicht in Paragraaf 8.5. Ten slotte worden in Paragraaf 8.6 de resultaten gepresenteerd.

8.2 Definiëring kosten van emissies van brandstof- en elektriciteits-productie

De productie van motorbrandstoffen en elektriciteit veroorzaakt lucht-vervuilende en broeikasgasemissies (onder andere bij de winning van de ruwe grondstoffen, bij het transport van brandstoffen, etc.). Deze zogenaamde 'well-to-tank'-emissies leiden tot externe kosten, voornamelijk kosten van luchtvervuiling en kosten van broeikasgasemissies.

De emissies van brandstof- en elektriciteitsproductie leiden tot de volgende externe kosten[105]:

– *Klimaatverandering;* broeikasgasemissies (CO_2, N_2O, CH_4) kunnen verschillende schadelijke effecten hebben. Al deze effecten zijn uitvoerig beschreven in Hoofdstuk 6.

---

104 Andere indirecte emissies die veroorzaakt worden door de vervoerssector zijn de emissies die vrijkomen bij de productie en het onderhoud en beheer van vervoermiddelen en infrastructuur. De externe kosten van deze emissies blijven in deze studie buiten beschouwing, vooral omdat ze een andere dimensie hebben dan het overgrote deel van de andere externe kostenposten. In tegenstelling tot de andere externe kostenposten hangen de kosten van deze emissies namelijk niet rechtstreeks samen met het gebruik van een vervoermiddel. De kosten van emissies van brandstofproductie en elektriciteitsopwekking doen dat uiteraard wel, omdat extra brandstofverbruik (elektriciteitsgebruik) als gevolg van het gebruik van het vervoermiddel leidt tot een stijging van deze kosten. Naast het verschil in dimensie is ook het gebrek aan betrouwbare methodieken en data voor het kwantificeren van de kosten van emissies die vrijkomen bij de productie en het onderhoud en beheer van vervoermiddelen en infrastructuur een reden om deze kostenposten in deze studie buiten beschouwing te laten. Een nadere toelichting hierop kan gevonden worden in Bijlage M.

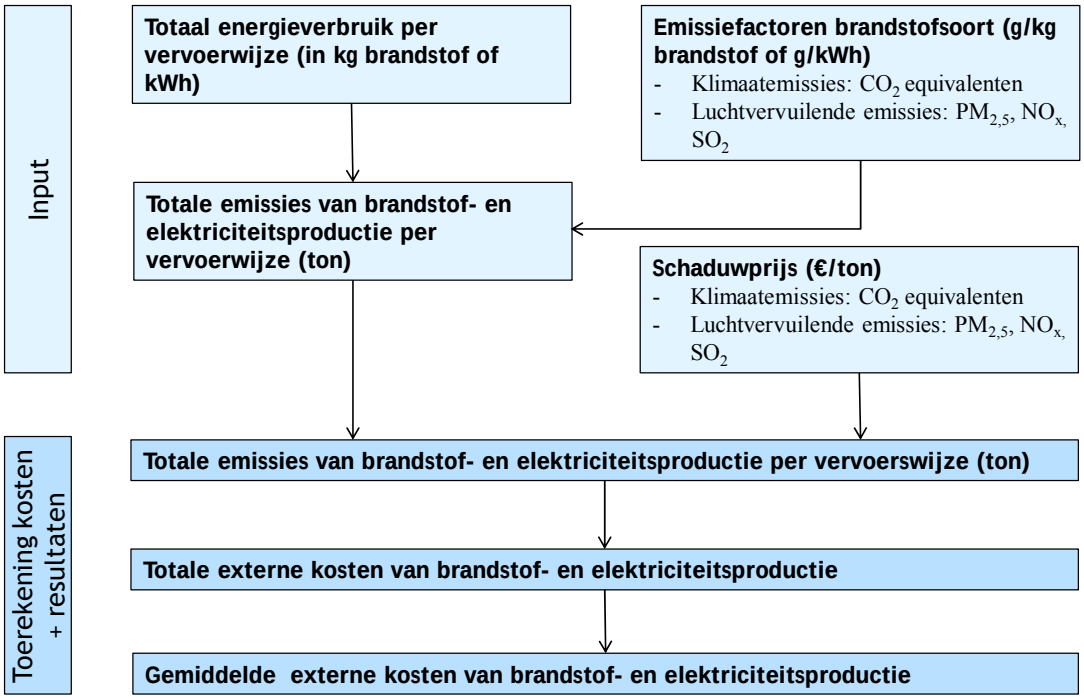
105 Voor de elektrische voertuigen kunnen ook doorbelaste subsidies voor groene stroom worden gezien als kosten voor de burger. In dit hoofdstuk wordt echter alleen gekeken naar de *emissies* van elektriciteitsopwekking, omdat de kosten van elektrische voertuigen anders niet meer kunnen worden vergeleken met de overige voertuigcategorieën.

- *Luchtvervuiling; d*e uitstoot van luchtvervuilende emissies ($PM_{2,5,}$ NO_x, SO_2) bij de productie van brandstoffen en elektriciteit heeft verschillende schadelijke effecten, die uitvoerig zijn beschreven in Hoofdstuk 7. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat de luchtverontreinigende emissies van energieproductie doorgaans minder schade toebrengen aan de menselijke gezondheid dan de directe luchtvervuilende emissies van vervoer, doordat energiecentrales en raffinaderijen over het algemeen niet in dichtbevolkte gebieden liggen. Dit komt tot uiting in het hanteren van andere schaduwprijzen (zie Paragraaf 8.4).
- *Risico's verbonden aan de productie en het transport van brandstoffen en elektriciteit;* hierbij gaat het bijvoorbeeld om de risico's op een nucleaire ramp bij het gebruik van kernenergie of om de risico's op een olieramp bij de winning of het transport van olie (met name op zee). In de literatuur zijn geen betrouwbare methodieken en/of kentallen beschikbaar voor de kwantificering en waardering van de externe kosten die het gevolg zijn van deze risico's. Vandaar dat deze externe kosten niet worden meegenomen in dit onderzoek (zie ook Bijlage M).

8.3 Methodiek bepalen totale/gemiddelde kosten

De gevolgde methodiek voor het bepalen van de externe kosten van de emissies van brandstof- en elektriciteitsproductie is op schematische wijze weergegeven in Figuur 6.

Figuur 6 Methodiek bepaling totale en gemiddelde externe kosten van emissies van brandstof- en elektriciteitsproductie



Voor het bepalen van de totale en gemiddelde kosten hebben we allereerst het totale energieverbruik per vervoerwijze bepaald. Om consistentie met de bepaling van de kosten van broeikasgasemissies te waarborgen hebben we het totale energieverbruik per vervoerwijze teruggerekend vanuit de totale broeikasgasemissies[106]. Het resulterende totale energieverbruik per vervoerwijze is weergegeven in Bijlage G. Vervolgens hebben we met behulp van specifieke emissiefactoren per brandstofsoort (zie Bijlage G) de totale emissies van brandstof- en elektriciteitsproductie per vervoerwijze bepaald.
De waardering van de broeikasgasemissies en luchtverontreinigende emissies is op dezelfde wijze gedaan als omschreven in respectievelijk Hoofdstuk 6 en 7[107]. Dit houdt in dat de totale/gemiddelde emissies worden vermenigvuldigd met de relevante schaduwprijzen.

Een belangrijk aspect bij de bepaling van de externe kosten van emissies van elektriciteitsproductie is welke brandstofmix er wordt aangenomen voor de productie van elektriciteit. Een (klein) deel van de in Nederland verbruikte elektriciteit wordt geproduceerd met kernenergie (voornamelijk elektriciteit geïmporteerd vanuit onder andere Frankrijk). Zoals hierboven aangegeven nemen we de externe kosten die samenhangen met de risico's van kernenergie niet mee in dit onderzoek. Dit zou betekenen dat we bij de bepaling van de externe kosten van elektriciteitsproductie alleen rekening zouden houden met de positieve effecten van kernenergie (lage emissies), terwijl de negatieve effecten buiten beschouwing blijven. Dit zou een sterk vertekend beeld opleveren. Om dit te voorkomen is er in het onderzoek uitgegaan van een elektriciteitsmix zonder kernenergie.

8.4 Schaduwprijzen emissies brandstof- en elektriciteitsproductie

De te hanteren schaduwprijzen voor broeikasgasemissies en luchtverontreinigende emissies zijn gelijk aan de schaduwprijzen zoals die gepresenteerd zijn in Hoofdstuk 6 en 7.

Een uitzondering hierop is de schaduwprijs voor PM-emissies. Voor directe luchtvervuilingsemissies worden hiervoor de schaduwprijzen van HEATCO (2006) gebruikt, omdat deze schaduwprijzen specifiek voor de vervoerssector zijn vastgesteld (er wordt onder andere rekening gehouden met het feit dat deze emissies op een relatief lage hoogte worden uitgestoten en met het feit dat de schadelijke effecten sterk afhankelijk zijn van de bevolkingsdichtheid in de nabijheid van de emissiebron). De emissies die vrijkomen bij de productie van brandstoffen en elektriciteit worden echter op een grotere hoogte uitgestoten (hoge schoorsteen). Bovendien zijn elektriciteitscentrales en raffinaderijen doorgaans niet in dichtbevolkte gebieden gesitueerd. Vanwege deze redenen is het beter om gebruik te maken van de meer algemene schaduwprijzen voor PM-emissies van NEEDS (2008).

---

106 Energieverbruik en CO_2-emissies zijn direct aan elkaar gerelateerd. Daardoor kunnen de totale CO_2-emissies eenvoudig worden omgerekend naar het totale energieverbruik met behulp van de CO_2-inhoud van een eenheid brandstof.

107 Bij de berekening van kosten van broeikasgasemissies in hoofdstuk 6, zijn ook de klimaatbaten van NO_x en SO_2 meegenomen. Hoewel deze emissies ook bij de productie van brandstof en elektriciteit vrijkomen, zijn hier geen GWPs voor ingeschat in eerdere studies. Omdat het GWP van deze stoffen sterk afhankelijk zijn van specifieke factoren, zoals de hoogte waarop de uitstoot plaatsvindt, is het niet mogelijk om het GWP dat is toegepast op de uitstoot van voertuigen ook toe te passen op de uitstoot van upstream faciliteiten. Mogelijk zijn de netto kosten van broeikasgasemissies van upstream emissies daarom een (beperkte) overschatting.

Zoals aangegeven in Hoofdstuk 6 en 7 worden de schaduwprijzen voor luchtvervuilende en broeikasgasemissies gekenmerkt door een bepaalde mate van onzekerheid. Deze onzekerheid maken we in deze studie inzichtelijk door bandbreedtes te creëren, waarbij wordt gerekend met alternatieve schaduwprijzen. Deze alternatieve schaduwprijzen zijn op dezelfde wijze bepaald als in Hoofdstuk 6 en 7.

8.5 Methodiek bepalen marginale kosten

Evenals bij de kosten van luchtvervuilende en broeikasgasemissies zijn de marginale kosten van de emissies van brandstof- en elektriciteitsproductie verondersteld gelijk te zijn aan de gemiddelde kosten. Dit betekent dan ook dat voor de gemiddelde case de marginale kosten gelijk zijn aan de gemiddelde kosten. Voor de best en worst case zijn deze marginale kosten aangepast op basis van verschillen in energieverbruik per reizigerskilometer of tonkilometer (op basis van het STREAM-model).

8.6 Resultaten

In deze paragraaf presenten we de totale, gemiddelde en marginale kosten van de emissies van brandstof- en elektriciteitsproductie. De gemiddelde en marginale kosten zijn daarbij uitgedrukt in € per rkm of in € per tonkm. Voor het wegverkeer zijn in Bijlage G ook de gemiddelde kosten per voertuigkilometer weergegeven.

De totale kosten van de emissies van brandstof- en elektriciteitsproductie zijn weergeven in Tabel 59. De kosten zijn het hoogst voor de grootverbruikers in termen van energie: de auto, vrachtauto, luchtvaart en zeevaart.

Tabel 59 Totale kosten van de emissies van brandstof- en elektriciteitsproductie (mln €)

Voertuigcategorie	Midden	Laag[a]	Hoog[a]
Personenvervoer in mln €			
Personenauto benzine	698	267	1367
Personenauto diesel	236	92	462
Personenauto LPG	25	8	49
Bus	12	5	24
Touringcar	11	5	24
Motorfiets	16	6	32
Bromfiets	2	1	5
Personentrein elektrisch	65	13	123
Personentrein diesel	1	1	3
Tram	7	1	13
Metro	6	1	12
Goederenvervoer in mln €			
Bestelauto	179	70	350
Vrachtauto	253	98	496
Goederentrein elektrisch	5	1	10
Goederentrein diesel	3	1	6
Binnenvaart	64	25	126

Voertuigcategorie	Midden	Laag[a]	Hoog[a]
Internationale lucht- en zeevaart in mln €			
Luchtvaart personen[b]	284	111	558
Luchtvaart goederen[b]	89	34	174
Zeevaart[c]	437	172	858

[a] De lage en hoge waarden zijn gebaseerd op respectievelijk hogere en lagere waarden voor de gehanteerde schaduwprijzen voor emissies.

[b] Het betreft de kosten van emissies die gerelateerd zijn aan 50% van het brandstofverbruik van alle aankomende en vertrekkende vluchten in Nederland.

[c] Het betreft de kosten van emissies die gerelateerd zijn aan 50% van het brandstofverbruik van alle aankomende en vertrekkende vaarten in Nederland.

Naast bovenstaande marges in de gehanteerde schaduwprijzen is ook het effect van een andere toedeling van het totale brandstofverbruik van de internationale vervoerswijzen lucht- en zeevaart aan Nederland op deze externe kosten in beeld gebracht. Dit is weergegeven in Tabel 60 voor drie verschillende toewijzingsscenario's.

Tabel 60 Onzekerheidsmarge kosten brandstof- en elektriciteitskosten internationale vervoerswijzen

	Energieverbruik in mln kg			Externe kosten van broeikasgasemissies gemiddelde CO_2-prijs (mln €)		
	50% aan NL	*40% aan NL*	*60% aan NL*	*50% aan NL*	*40% aan NL*	*60% aan NL*
Luchtvaart (personen)	2.141	1.713	2.570	284	143	574
Luchtvaart (goederen)	667	533	800	89	45	179
Zeevaart	3.556	2.845	4.268	437	218	888

De gemiddelde kosten van de emissies van brandstof- en elektriciteits-productie per 1.000 reizigers-/voertuig-/tonkilometer zijn voor het verkeer op Nederlands grondgebied weergeven in Tabel 61. Voor de lucht- en zeevaart zijn de gemiddelde kosten weergegeven in Tabel 62. Met name de hoge gemiddelde kosten (in €/tkm) voor het vrachtvervoer met het vliegtuig valt op. Deze hoge kosten zijn te verklaren door de hoge energie-intensiteit (in termen van energie per tkm) van luchtvracht, enerzijds doordat de luchtvaart een energie-intensieve vervoerswijze is, anderzijds doordat de vracht die met een vliegtuig wordt vervoerd over het algemeen een relatief kleine massa heeft (waardoor de gemiddelde 'belading van een vliegtuig' laag is).

Tabel 61 **Gemiddelde kosten van de emissies van brandstof- en elektriciteitsproductie per 1.000 reizigers-/voertuig-/tonkilometer op Nederlands grondgebied**

Voertuigcategorie	Midden	Laag[a]	Hoog[a]
Personenvervoer (€/1.000 rkm)			
Personenauto benzine	7,9	3,0	15,6
Personenauto diesel	5,6	2,2	11,0
Personenauto LPG	4,9	1,6	9,5
Bus	3,4	1,3	6,6
Touringcar	1,5	0,6	2,9
Motorfiets	5,5	2,1	10,9
Bromfiets	2,3	0,9	4,5
Personentrein elektrisch	3,9	0,8	7,5
Personentrein diesel	1,7	0,7	3,3
Tram	7,1	1,5	13,5
Metro	6,7	1,4	12,8
Bestelauto (€/1.000 vkm)			
Bestelauto	10,3	4,0	20,14
Goederenvervoer (€/1.000 tkm)			
Vrachtauto	4,8	1,9	9,4
Goederentrein elektrisch	1,7	0,4	3,2
Goederentrein diesel	1,1	0,4	2,2
Binnenvaart	1,6	0,6	3,1

[a] De lage en hoge waarden zijn gebaseerd op respectievelijk hogere en lagere waarden voor de gehanteerde schaduwprijzen voor emissies.

Tabel 62 **Gemiddelde kosten van de emissies van brandstof- en elektriciteitsproductie in 2010 voor de internationale vervoerswijzen**

Voertuigcategorie	Midden	Laag[a]	Hoog[a]
Personenvervoer (€/1.000 rkm)			
Luchtvaart personen[b]	3,8	1,5	7,4
Goederenvervoer (€/1.000 tkm)			
Luchtvaart goederen[b]	17,0	6,6	33,4
Zeevaart[c]	0,4	0,2	0,9

[a] De lage en hoge waarden zijn gebaseerd op respectievelijk hogere en lagere waarden voor de gehanteerde schaduwprijzen voor emissies.

[b] Het betreft de kosten van emissies die gerelateerd zijn aan 50% van het brandstofverbruik van alle aankomende en vertrekkende vluchten, gedeeld door de helft van de totale reizigers- en tonkilometers van alle aankomende en vertrekkende vluchten in Nederland.

[c] Het betreft de kosten van emissies die gerelateerd zijn aan 50% van het brandstofverbruik van alle aankomende en vertrekkende vaarten, gedeeld door de helft van de totale tonkilometers van alle aankomende en vaarten in Nederland.

De marginale kosten van brandstof- en elektriciteitsproductie per 1.000 reizigers-/voertuig-/tonkilometer zijn voor het verkeer op Nederlands grondgebied weergegeven in Tabel 63. Voor de lucht- en zeevaart zijn de marginale kosten weergegeven in Tabel 64. De verschillen in de marginale kosten voor de verschillende cases zijn volledig te verklaren door verschillen in het energiegebruik per rkm of tkm.

Tabel 63 **Marginale kosten van de emissies van brandstof- en elektriciteitsproductie per 1.000 reiziger-/voertuig-/tonkilometer op Nederlands grondgebied**

	Midden	Best	Worst
Personenvervoer (€/1.000 rkm)			
Personenauto benzine	7,9	2,2	22,3
Personenauto diesel	5,6	1,6	15,1
Personenauto LPG	4,9	1,4	13,1
Bus	3,4	1,5	6,4
Touringcar	1,5	0,8	3,0
Motorfiets	5,5	2,7	10,2
Bromfiets	2,3	1,1	6,7
Personentrein elektrisch	3,9	1,7	14,1
Personentrein diesel	1,7	0,8	3,3
Personentrein HSL	7,1	2,7	7,9
Tram	6,7	3,6	14,3
Metro	3,8	3,4	13,5
Bestelauto (€/1.000 vkm)			
Bestelauto	10,3	8,5	13,1
Goederenvervoer (€/1.000 tkm)			
Trekker	4,0	1,5	8,4
Vrachtauto < 10 t	15,5	6,2	35,0
Vrachtauto 10-20 t	9,1	3,5	20,9
Vrachtauto > 20 t	6,3	2,5	14,6
Goederentrein elektrisch	1,7	0,6	3,8
Goederentrein diesel	1,1	0,4	2,1
Binnenvaart	1,6	0,3	2,5

Tabel 64 **Marginale kosten van de emissies van brandstof- en elektriciteitsproductie voor de internationale vervoerswijzen**

	Midden	Best	Worst
Personenvervoer (€/1.000/rkm)			
Luchtvaart personen	3,8	1,5	7,4
Goederenvervoer (€/1.000/tkm)			
Luchtvaart goederen	17,0	6,6	33,4
Zeevaart	0,4	0,2	0,9

Kosten van emissies bij elektriciteits- en brandstofproductie van bussen op groen gas, elektrisch wegvervoer en LZVs

De gemiddelde kosten van emissies bij elektriciteitsopwekking voor de elektrische wegvervoerswijzen liggen hoger dan de kosten van brandstofproductie voor vergelijkbare voertuigen met verbrandingsmotoren. De elektrische fiets veroorzaakt € 0,6 per 1.000 reizigerskilometer. Vanzelfsprekend liggen deze kosten hoger dan de kosten voor een reguliere fiets (waar deze kosten immers gelijk aan 0 zijn), echter indien de elektrische fiets als alternatief voor de bromfiets wordt gebruikt is aanzienlijke milieuwinst te behalen. De gemiddelde marginale kosten voor de elektrische auto (€ 7,1/1.000 rkm) en elektrische bus (€ 5,3/1.000 rkm) zijn vergelijkbaar of vallen hoger uit dan de kosten van emissies bij brandstofproductie van vergelijkbare voertuigen met verbrandingsmotoren; echter dit kunnen deze voertuigen compenseren met de lage kosten van broeikasgas- en luchtvervuilende emissies, waar de diesel en benzine varianten juist slechter scoren. Netto gezien scoren elektrische auto's wat betreft de externe kosten van emissies echter beter dan conventionele auto's.

De netto baten van een bus op groen gas hangen af van de herkomst van het gas. Een bus op groen gas dat is geproduceerd van afval heeft netto baten van - € 3,4 per 1.000 reizigerskilometer, terwijl een bus op groen gas van droge mest netto baten heeft van - € 4,72 per 1.000 rkm. CE Delft is in opdracht van het ministerie van I&M momenteel bezig met een onderzoek naar de emissiefactoren van voertuigen op groen gas, maar deze cijfers waren op het moment van schrijven van dit rapport nog niet beschikbaar. Tenslotte zijn de kosten van dieselproductie per 1.000 vkm voor LZVs wat hoger dan het geval is voor een trekker (€ 38/1.000 vkm vs. € 37/1.000 vkm) door het relatief hogere brandstofverbruik van de LZV. Echter, per tonkilometer vallen de kosten gunstiger uit door een hogere belading (€ 2,2 per 1.000 tkm).

9 Kosten van geluid

9.1 Inleiding

Verkeer veroorzaakt geluid, wat omwonenden kan hinderen in hun activiteiten en/of gezondheidsschade kan veroorzaken. In dit hoofdstuk gaan we nader in op deze externe kosten van geluid. In Paragraaf 9.2 worden de kosten van geluid in meer detail omschreven. Vervolgens wordt in Paragraaf 9.3. de methodiek toegelicht om de totale en gemiddelde externe kosten van geluid te bepalen. De waarderingskentallen die daarbij gehanteerd worden vormen het onderwerp van Paragraaf 9.4. Paragraaf 9.5. gaat in op de marginale kosten van geluid van verkeer. Ten slotte worden in Paragraaf 9.6 de resultaten gepresenteerd.

9.2 Definiëring kosten van geluid

De externe kosten van geluid bestaan uit een tweetal elementen:

- *Overlastkosten*: sociale en/of economische kosten van een belemmering van ontspanningsactiviteiten, ongenoegen, overlast (pijn, lijden), etc.
- *Gezondheidskosten*: verkeersgeluid kan ook fysieke gezondheidsschade veroorzaken, zoals gehoorschade (bij een geluidsniveau van boven de 85dB(A)). Lagere geluidsniveaus (boven de 60 dB(A)) kunnen al leiden tot stressreacties (hartritmestoornissen, hoge bloeddruk, hormonale veranderingen). Ten slotte kan verkeersgeluid de subjectieve kwaliteit van nachtrust verstoren.

Een extra effect van verkeersgeluid is de beperkingen die het oplegt aan het landgebruik in de nabijheid van transportinfrastructuur (luchthaven, (spoor)wegen). Deze kosten zijn onderdeel van de kosten van ruimtebeslag (zie Hoofdstuk 4) en worden daarom in dit hoofdstuk niet meegenomen.

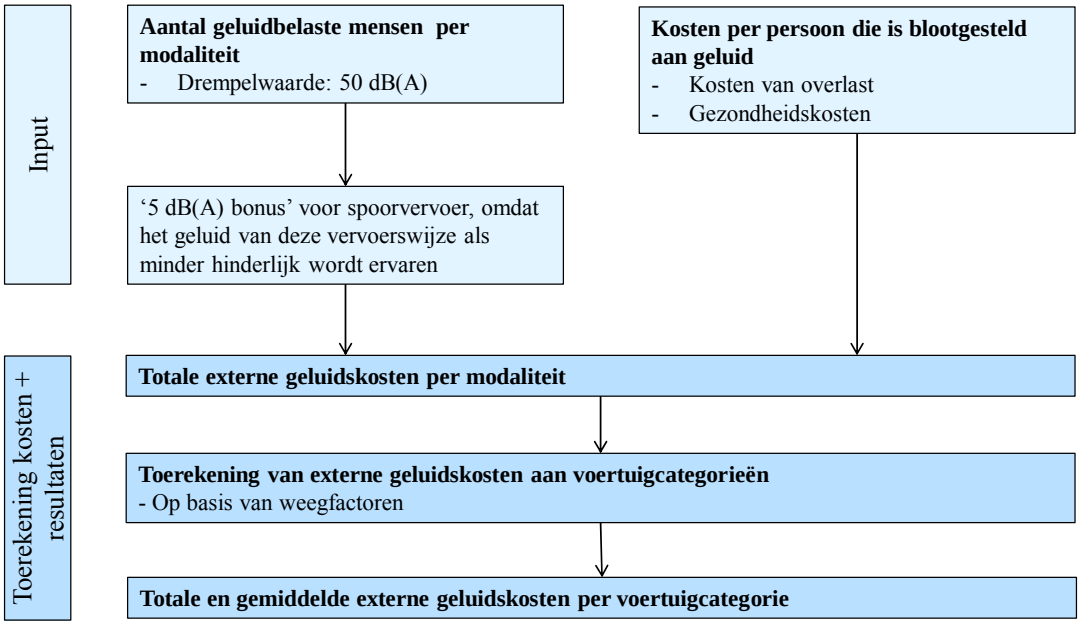
De externe kosten van geluid van de binnen- en zeevaart wordt verwaarloosbaar geacht, vanwege de gemiddeld relatief grote afstanden tot huizen of andere gebouwen[108].

9.3 Methodiek bepalen totale/gemiddelde externe kosten van geluid

De gevolgde methodiek voor het bepalen van de totale en gemiddelde externe kosten van geluid is op hoofdlijnen weergegeven in Figuur 7.

[108] Eventuele problemen met geluidsoverlast in havengebieden zijn over het algemeen het gevolg van de daar gevestigde industrieën of het weg- of spoorvervoer dat daar plaatsvindt.

Figuur 7 **Methodiek bepaling totale en gemiddelde externe kosten van geluidhinder**



De berekening van de externe kosten van geluid bestaat uit drie stappen:

– *Bepaal het aantal geluidbelaste mensen per modaliteit*. Op basis van door PBL opgestelde geluidskaarten is een schatting gemaakt van het aantal geluidbelaste mensen in Nederland in 2010 (zie Bijlage H). Daarbij is onderscheid gemaakt naar wegverkeer, spoorverkeer en luchtvaart. Voor het wegverkeer en de luchtvaart is hierbij 50 dB(A) als drempelwaarde gehanteerd, terwijl voor railvervoer een drempelwaarde van 55 dB(A) wordt gehanteerd (de zogenaamde 'railbonus'[109]). Dit betekent overigens niet dat een geluidsbelasting beneden de 50 dB(A) geen enkele overlast oplevert voor mensen (zie bijvoorbeeld Miedema en Oudshoorn, 2001). Echter, de beschikbare waarderingskentallen staan de waardering van de overlastkosten door geluidniveaus beneden de 50 dB(A) niet toe (zie ook Paragraaf 9.4). Deze studie geeft dus een conservatieve schatting van de externe kosten van geluid van verkeer. Voor luchtvaart geldt bovendien dat enkel de geluidbelaste mensen in specifieke regio's rondom de luchthavens zijn meegenomen en die mensen buiten die regio wonen (maar die eventueel wel enige geluidsoverlast ondervinden van de vliegtuigen) een nulwaarde krijgen toegekend (zie Bijlage H voor een nadere toelichting). Hierdoor dienen de externe kosten van geluid van de luchtvaart opgevat te worden als een conservatieve inschatting.

[109] Een groot aantal studies heeft geconcludeerd dat het geluid van treinverkeer als minder hinderlijk wordt ervaren dan als hetzelfde geluidsniveau wordt veroorzaakt door het wegverkeer. Om deze reden wordt vaak een 5dB(A) bonus gegeven aan treinverkeer door een drempelwaarde van 55 of 60dB(A) te hanteren in plaats van 50 of 55dB(A), zoals voor de andere vervoersmodaliteiten gebeurd. Verkeersgeluid door de luchtvaart wordt daarentegen vaak als hinderlijker ervaren dan het geluid van wegverkeer. Analoog aan het spoorverkeer zou dit dus moeten resulteren in een 'luchtvaartmalus'. Het toepassen van een dergelijke malus is echter niet mogelijk, omdat het voor geluidsniveaus beneden de 50 dB(A) geen betrouwbare schaduwprijzen beschikbaar zijn. Daarom wordt er vaak voor gekozen om voor de luchtvaart met hogere schaduwprijzen voor geluidoverlast te werken, om zodoende toch uiting te kunnen geven aan de grotere hinder die mensen ondervinden van vliegtuiggeluid (zie ook Paragraaf 9.4).

- *Bepaal de totale externe kosten van geluid;* door het aantal geluidbelaste mensen te vermenigvuldigen met een relevante schaduwprijs worden de totale externe kosten verkregen. De schaduwprijs geeft de maatschappelijke geluidkosten weer per dB(A) per persoon per jaar. Paragraaf 9.4 gaat dieper in op de schaduwprijs voor geluid.
- *Bepaal de gemiddelde externe kosten van geluid;* door de totale kosten van geluid toe te wijzen aan verschillende voertuigcategorieën op basis van weegfactoren[110]. Deze weegfactoren zijn afgeleid uit het Reken- en meetvoorschrift Wegverkeerslawaai (VROM, 2006) en kunnen worden gevonden in 0. Voor luchtvaart is er – vanwege een gebrek aan data – gebruik gemaakt van een simpelere methodiek voor de toewijzing van de totale geluidskosten aan passagiers- en vrachtluchtvaart; deze kosten zijn toegewezen op basis van het aandeel van beide typen luchtvaart in het totale aantal LTO's op Nederlandse luchthavens. De totale kosten per voertuigcategorie worden vervolgens gedeeld door het totaal aantal reizigers- of tonkilometers van de desbetreffende categorie om de gemiddelde externe geluidkosten te verkrijgen.

9.4 Schaduwprijzen

De financiële waardering van overlastkosten kan bepaald worden met behulp van verschillende methoden. Zo kan bijvoorbeeld naar het verschil in de prijzen van ontroerend goed gekeken worden; een huis nabij Schiphol zal goedkoper zijn dan een vergelijkbaar huis waarbij men geen geluidshinder ondervindt (hedonische prijzen methodiek). Het probleem van zulke methodes is echter om het prijseffect van geluidhinder te isoleren, aangezien verschillende factoren van invloed zijn op de huizenprijzen. Daarom wordt voor de kwantificering van de overlastkosten vaak gebruik gemaakt van *stated preference onderzoeken.* Op basis van een uitgebreide bestudering van de literatuur concludeert CE Delft et al. (2008b) dat studies gebaseerd op de hedonische prijzen methodiek tot vergelijkbare waarderingen voor overlast-kosten van geluid komen als stated preference onderzoeken.

Opgemerkt moet worden dat hoewel geluidsniveaus beneden de 50 dB(A) ook kunnen leiden tot overlastkosten, er in de literatuur op dit vlak nog geen betrouwbare schaduwprijzen bestaan. Dit is het gevolg van onzekerheden over zowel de dosis-effectrelaties als de economische waardering van de overlast bij die geluidsniveaus (Navrud, 2002; Heatco, 2006). In deze studie zullen we ons dan ook beperken tot de overlastkosten als gevolg van geluidsniveaus boven de 50 dB(A). Dit leidt ertoe dat de resulterende externe kosten van geluid als een conservatieve inschatting gezien dienen te worden.

Bij de waardering van de gezondheidskosten van verkeersgeluid wordt onderscheid gemaakt naar twee aspecten: medische kosten en de kosten van vroegtijdig overlijden. Met behulp van dosis-effectrelaties worden deze effecten gekwantificeerd en vervolgens gewaardeerd. In de laatste stap wordt gebruik gemaakt van de waarde van een verloren levensjaar en specifieke schadewaarderingen van de verschillende medische gevolgen van het verkeersgeluid. Voor deze gezondheidseffecten wordt een drempelwaarde van 70 dB gehanteerd. Ook bij lagere geluidsniveaus treden er gezondheids-

[110] Omdat verschillende voertuigtypes in verschillende mate bijdragen aan verkeersgeluid (denk bijvoorbeeld aan de geluidsbelasting van een personenauto vs. een vrachtauto) is het niet voldoende de totale kosten simpelweg te delen door het aantal reizigers- of tonkilometers. Daarom wordt gebruik gemaakt van weegfactoren.

effecten op[111], maar daarvoor zijn geen betrouwbare waarderingskentallen beschikbaar. Deze werkwijze draagt ertoe bij dat de ingeschatte externe kosten van geluid opgevat dienen te worden als een conservatieve schatting van de daadwerkelijke kosten.

Voor deze studie wordt gebruik gemaakt van de schaduwprijzen zoals deze zijn berekend in HEATCO (2006). Deze state-of-the-art schaduwprijzen nemen zowel de overlastkosten als de gezondheidskosten mee. Als schaduwprijs voor de overlastkosten hanteert HEATCO (2006) voor Nederland een waarde van ca. € 13 per dB(A) per persoon per jaar (prijspeil 2010, gecorrigeerd voor BBP-ontwikkeling), die is gebaseerd op Navrud (2002). Zowel door HEATCO (2006) als door Navrud (2002) wordt echter aangegeven dat de onzekerheid in deze schaduwprijs relatief groot is. Om deze onzekerheid in kaart te brengen zullen we ook de kosten van geluid bepalen met behulp van een schaduwprijs van respectievelijk € 1 en € 17 per dB(A) per persoon per jaar[112].
De gehanteerde schaduwprijzen voor gezondheidskosten kunnen, evenals de schaduwprijzen voor overlastkosten en de totale (centrale) schaduwprijzen, worden teruggevonden in Tabel 65.

Tabel 65 laat duidelijk zien dat de schaduwprijzen voor de overlastkosten bij luchtvaart hoger liggen dan bij het weg- en spoorverkeer. Dit geeft uiting aan het feit dat mensen geluid van vliegtuigen over het algemeen storender vinden dan geluid van wegverkeer of treinverkeer (zie bijvoorbeeld Miedema en Oudshoorn, 2001). Het geluid van spoorverkeer wordt daarentegen als minder storend ervaren in vergelijking met wegverkeer en daarom geldt er voor het spoorvervoer, zoals eerder aangegeven, een 'railbonus' van 5 dB(A). Ook deze 'railbonus' komt duidelijk tot uiting in de gepresenteerde schaduwprijzen.

Tabel 65 Schaduwprijzen voor verkeersgeluid in Nederland (in €$_{2010}$ per dB(A) niveau per persoon per jaar)

Lden	Weg			Spoor			Luchtvaart		
dB(A)	Hinder	Gezondheid	Totaal	Hinder	Gezondheid	Totaal	Hinder	Gezondheid	Totaal
51	13	0	13	0	0	0	20	0	20
52	26	0	26	0	0	0	40	0	40
53	38	0	38	0	0	0	60	0	60
54	51	0	51	0	0	0	80	0	80
55	64	0	64	0	0	0	99	0	99
56	77	0	77	13	0	13	119	0	119
57	89	0	89	26	0	26	139	0	139
58	102	0	102	38	0	38	159	0	159
59	115	0	115	51	0	51	179	0	179
60	128	0	128	64	0	64	199	0	199
61	141	0	141	77	0	77	219	0	219
62	153	0	153	89	0	89	239	0	239

111 Vandaar dat ook vaak een drempelwaarde van 65 dB(A) voor (ernstige) gezondheidseffecten als gevolg van geluidsoverlast door verkeer wordt gehanteerd.

112 Navrud (2002) presenteert een bandbreedte voor de waardering van de overlastkosten van verkeersgeluid, waarbij de ondergrens 92% lager ligt dan de aanbevolen waarde en de bovengrens 28% hoger. De aanbevolen waarde is overigens vastgesteld door de Working group on health and socio-economic aspects (2003) en wordt op brede schaal toegepast.

Lden	Weg			Spoor			Luchtvaart		
dB(A)	Hinder	Gezondheid	Totaal	Hinder	Gezondheid	Totaal	Hinder	Gezondheid	Totaal
63	166	0	166	102	0	102	258	0	258
64	179	0	179	115	0	115	278	0	278
65	192	0	192	128	0	128	298	0	298
66	205	0	205	141	0	141	318	0	318
67	217	0	217	153	0	153	338	0	338
68	230	0	230	166	0	166	358	0	358
69	243	0	243	179	0	179	378	0	378
70	256	0	256	192	0	192	398	0	398
71	268	72	341	205	72	277	417	71	488
72	281	80	361	217	80	297	437	78	516
73	294	89	383	230	89	319	457	87	544
74	307	98	405	243	97	339	477	97	574
75	320	106	426	256	106	362	497	105	602
76	332	115	447	268	115	383	517	113	629
77	345	124	469	281	124	405	537	122	659
78	358	132	490	294	132	426	557	131	687
79	371	141	511	307	141	447	576	139	716
80	383	149	533	320	149	469	596	147	743
≥81	396	158	554	332	158	490	616	157	773

Bron: HEATCO (2006); correcties voor inflatie en BBP-ontwikkeling door CE Delft.

9.5 Methodiek bepalen marginale externe kosten van geluid

Marginale geluidkosten zijn sterk afhankelijk van lokale factoren.
De drie belangrijkste *cost drivers* van marginale externe kosten van geluid zijn (CE Delft et al., 2008):

- *Tijdstip*. Geluid brengt 's nachts hogere marginale kosten met zich mee dan overdag. Daarom is in de Europese richtlijn 2002/49/EC de verplichting opgenomen om gebruik te maken van de dosismaat L_{den}, waarbij er voor de avond en de nacht een 'straffactor' van respectievelijk 5 en 10 dB geldt. Om rekening te kunnen houden met deze cost driver maken we onderscheid tussen marginale kosten van geluid voor dag en nacht.
- *Bevolkingsdichtheid in de nabijheid van de geluidsbron.* Evenals bij luchtvervuiling heeft de receptordichtheid een belangrijke invloed op de omvang van de externe kosten. De geluidshinder op een weg vlakbij bebouwing zal groter zijn dan dat op een weg met een grote afstand tot bebouwing. In andere woorden, hoe kleiner de afstand tussen de geluidsbron en de blootgestelde mensen, hoe groter de geluidshinder en (marginale) kosten. Een ruwe benadering voor de bevolkingsdichtheid in de nabijheid van de geluidsbron kan worden gemaakt door verschillende gebiedstypen te onderscheiden (grootstedelijk, stedelijk en landelijk).
- *Bestaand geluidsniveau:* Het bestaande geluidsniveau (dat afhangt van het verkeersvolume, de verkeerssamenstelling, snelheid, etc.) is bepalend voor de geluidshinder die ervaren wordt; hoe hoger het bestaande geluidsniveau, hoe kleiner de marginale kosten van geluid van één extra voertuig; één extra voertuig op een drukke weg zal minder overlast veroorzaken dan één extra voertuig op een plattelandsweg. Als benadering voor het

bestaande geluidsniveau maken we bij de marginale kosten van geluid onderscheid naar gebiedstype en verkeerssituatie (druk, rustig).

Voor weg- en spoorvervoer baseren we de marginale kosten van geluid (gedifferentieerd naar gebiedstype, verkeerssituatie, tijdstip en vervoerwijze) op de aanbevolen waarden door CE Delft et al. (2008). Deze waarden kunnen gezien worden als state-of-the-art op het gebied van de marginale externe kosten van geluid.

De marginale kosten van geluid van luchtvaart zijn gebaseerd op de schattingen zoals die gepresenteerd worden in CE Delft (2002). De marginale kosten van geluid zoals die gepresenteerd worden in die studie zijn geschaald op basis van de verhouding in gemiddelde kosten van geluid. Voor trams bestaan er, naar ons weten, geen schattingen van de marginale kosten van geluid. Voor een ruwe schatting van deze kosten veronderstellen we dat de verhouding tussen de gemiddelde en marginale kosten van geluid voor de tram gelijk is aan die voor de auto in de stad.

9.6 Resultaten

In deze paragraaf presenteren we de totale, gemiddelde en marginale kosten van geluid voor de verschillende vervoerswijzen. Zowel de gemiddelde als marginale kosten van geluid drukken we daarbij uit in € per 1.000 reizigers-kilometer of € per 1.000/tonkilometer (en voor lucht- en zeevaart ook in respectievelijk €/LTO en €/call). In Bijlage G presenteren we daarnaast voor het wegvervoer de gemiddelde externe kosten van geluid per voertuig-kilometer.

De totale kosten van geluid in 2010 zijn weergegeven in Tabel 66, waarbij we zowel de middenwaarde als de lage en hoge waarde (afhankelijk van de gehanteerde schaduwprijs) presenteren. Zoals eerder in dit hoofdstuk aangegeven gaat het hierbij om een conservatieve inschatting van de totale kosten van geluid, zeker voor de luchtvaart.

Tabel 66 Totale kosten van geluid in 2010 (mln €)

Voertuigcategorie	Midden	Laag	Hoog
Personenvervoer in mln €			
Personenauto benzine	345	25	410
Personenauto diesel	135	9	153
Personenauto LPG	15	1	16
Bus	35	3	46
Touringcar	11	1	14
Motorfiets	104	8	129
Bromfiets	128	10	169
Personentrein elektrisch	23	3	30
Personentrein diesel	3	0	4
Tram	6	0	8
Metro	6	0	7
Goederenvervoer in mln €			
Bestelauto	98	7	113
Vrachtauto	195	16	252
Goederentrein elektrisch	4	0	6
Goederentrein diesel	4	0	5
Binnenvaart	0	0	0

Voertuigcategorie	Midden	Laag	Hoog
Internationale lucht- en zeevaart in mln €			
Luchtvaart personen	16	1	21
Luchtvaart goederen	1,6	0,1	2,1
Zeevaart	0	0	0

Noot: De lage en hoge waarden zijn gebaseerd op respectievelijk hogere en lagere waarden voor de gehanteerde schaduwprijzen.

De gemiddelde kosten van geluid per 1.000 reizigers-/voertuig-/tonkilometer in 2010 zijn voor het verkeer op Nederlands grondgebied weergegeven in Tabel 67. Voor de lucht- en zeevaart zijn de gemiddelde kosten van geluid weergegeven in Tabel 68. Bij het personenvervoer zijn met name de hoge kosten van geluid voor de bromfiets en in mindere mate de motorfiets opvallend. Deze zijn te verklaren door het feit dat deze voertuigen relatief veel geluid produceren, waardoor ze een relatief groot deel van de totale kosten van geluid krijgen toebedeeld. De kosten voor de bromfiets zijn hoger dan voor de motorfiets, omdat eerstgenoemde vervoerswijze een groter deel van zijn kilometers aflegt in de bebouwde omgeving en daarmee dus relatief meer mensen hindert. Bij de luchtvaart dient nog opgemerkt te worden – naast het feit dat het om een conservatieve schatting gaat – dat de geluidsbelasting vooral optreedt bij het landen en opstijgen. De gemiddelde kosten van geluid zijn echter bepaald over de gehele vlucht en per reiziger- of tonkilometer vallen ze daardoor relatief laag uit.

Tabel 67 Gemiddelde kosten van geluid per 1.000 reizigers-/voertuig-/tonkilometer op Nederlands grondgebied in 2010

Voertuigcategorie	Midden	Laag[a]	Hoog[a]
Personenvervoer (€/1.000 rkm)			
Personenauto benzine	3,9	0,3	4,7
Personenauto diesel	3,2	0,2	3,6
Personenauto LPG	2,8	0,2	3,2
Bus	9,7	0,8	12,8
Touringcar	1,4	0,1	1,7
Motorfiets	35,6	2,7	44,4
Bromfiets	127,7	10,4	168,9
Personentrein elektrisch	1,4	0,2	1,8
Personentrein diesel	4,2	0,5	5,6
Tram	6,2	0,5	8,3
Metro	6,2	0,5	8,3
Bestelauto (€/1.000 vkm)			
Bestelauto	5,6	0,4	113,4
Goederenvervoer (€/1.000 tkm)			
Vrachtauto	3,7	0,3	4,8
Goederentrein elektrisch	1,3	0,1	1,8
Goederentrein diesel	1,4	0,2	1,9
Binnenvaart	0,0	0,0	0,0

[a] De lage en hoge waarden zijn gebaseerd op respectievelijk hogere en lagere waarden voor de gehanteerde schaduwprijzen.

Tabel 68 Gemiddelde kosten van geluid in 2010 voor de internationale vervoerswijzen

Voertuigcategorie	Midden	Laag[a]	Hoog[a]
Personenvervoer (€/LTO)			
Luchtvaart personen	76	6	102
Goederenvervoer in €/LTO (luchtvaart) en €/call (zeevaart)			
Luchtvaart goederen	76	6	102
Zeevaart	0	0	0
Personenvervoer (€/1.000 rkm)			
Luchtvaart personen[b]	0,2	0,02	0,3
Goederenvervoer (€/1.000 tkm)			
Luchtvaart goederen[b]	0,3	0,02	0,4
Zeevaart	0	0	0

[a] De lage en hoge waarden zijn gebaseerd op respectievelijk hogere en lagere waarden voor de gehanteerde schaduwprijzen.

[b] Het betreft de kosten van geluidshinder op Nederlands grondgebied, gedeeld door de helft van de totale reizigers- of tonkilometers van en naar Nederland. Hierdoor zijn de gemiddelde kosten relatief laag.

Tot slot zijn in Tabel 69 en Tabel 70 de marginale kosten van geluid voor de verschillende cases gepresenteerd. In aanvulling op de cases zoals we die in Hoofdstuk 2 hebben gedefinieerd, presenteren we hier ook de marginale kosten van geluid voor een worst case waarbij het nacht is in plaats van dag. Op deze manier is het mogelijk om inzichtelijk te maken wat de invloed van het tijdstip op de dag is op de marginale kosten van geluid. In de rest van deze studie wordt er bij de worst case voor de marginale kosten van geluid overigens uitgegaan van de dagwaarden (om consistentie met de andere externe kostenposten te waarborgen).

De middenwaarde voor de marginale kosten van geluid is gebaseerd op een gewogen gemiddelde voor dag- en nachtwaarden (en voor een gemiddelde weg bij het wegvervoer)voor een voertuig met een gemiddelde beladingsgraad/ bezettingsgraad. In de best case gaat het om waarden voor overdag (op een buitenweg voor het wegvervoer) voor voertuigen met een hoge beladings-graad/bezettingsgraad. De marginale kosten zijn in die situatie aanmerkelijk lager dan in de gemiddelde case. In de worst case wordt er daarentegen uitgegaan van voertuigen met een lage bezettings-/beladingsgraad (op een stadsweg voor het wegvervoer), wat leidt tot aanmerkelijk hogere marginale kosten van geluid. De marginale kosten van geluid worden nog hoger als de waarden worden bepaald voor de nacht in plaats van de dag.

Tabel 69 **Marginale kosten van geluid per 1.000 reizigers-/voertuig-/tonkilometer op Nederlands grondgebied in 2010**

Voertuigcategorie	Midden	Best	Worst (overdag)	Worst ('s nachts)
Personenvervoer (€/1.000 rkm)				
Personenauto benzine	3,0	0,0	9,6	42,7
Personenauto diesel	1,9	0,0	9,6	42,7
Personenauto LPG	2,0	0,0	9,6	42,7
Bus	4,5	0,0	6,9	30,5
Touringcar	0,6	0,0	3,2	14,2
Motorfiets	4,6	0,2	19,4	85,3
Bromfiets	4,0	0,2	14,4	63,4
Personentrein elektrisch	0,9	0,1	5,8	19,1
Personentrein diesel	2,8	0,4	13,0	42,9
Personentrein HSL	0,9	0,1	5,8	19,1
Tram	1,3	0,7	2,7	1,3
Metro	1,4	0,0	2,8	1,3
Bestelauto (€/1.000 vkm)				
Bestelauto	13,9	0,9	48,2	213,3
Goederenvervoer (€/1.000 tkm)				
Trekker	1,7	0,1	17,0	75,4
Vrachtauto < 10 t	2,1	0,6	101,4	448,3
Vrachtauto 10-20 t	21,2	0,3	44,4	196,2
Vrachtauto > 20 t	9,0	0,2	24,9	110,1
Goederentrein elektrisch	0,4	0,0	3,5	14,4
Goederentrein diesel	0,4	0,0	3,5	14,4
Binnenvaart	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabel 70 **Marginale kosten van geluid in 2010 voor de internationale vervoerswijzen**

	Midden	Best[a]	Worst[a]
Personenvervoer (€/LTO)			
Luchtvaart personen	34	95	26
Goederenvervoer in €/LTO (luchtvaart) en €/call (zeevaart)			
Luchtvaart goederen	34	105	2
Zeevaart	0	0	0
Personenvervoer (€/1.000 rkm)			
Luchtvaart personen	0,1	0,0	0,6
Goederenvervoer (€/1.000 tkm)			
Luchtvaart goederen	0,1	0,0	0,2
Zeevaart	0	0	0

[a] Merk op dat wanneer de marginale kosten worden uitgedrukt in €/LTO (luchtvaart) of in €/call (zeevaart), de kosten van de best case hoger liggen dan die van de worst case. Dit komt vooral doordat de best cases significant meer reizigers- of tonkilometers omvatten dan de worst cases, waardoor de kosten per reizigers- of tonkilometer relatief laag uitvallen, maar per LTO of call relatief hoog (zie ook Paragraaf 2.4.3)

10 Kosten van congestie

10.1 Inleiding

Dit hoofdstuk presenteert schattingen van congestiekosten. Meer dan in andere hoofdstukken van dit rapport, hebben we hier ook aandacht voor de achterliggende rekenmethodologie. De reden is dat voor deze studie een extra onderzoeksinspanning is verricht om te komen tot betere schattingen van de marginale externe congestiekosten. In de eerdere studie 'Prijs van een Reis' (CE Delft en VU, 2004) werd één enkel cijfer voor marginale externe kosten per voertuigkilometer gepresenteerd, hetgeen geen recht doet aan de grote variëteit van marginale congestiekosten in de werkelijkheid (een grote spreiding over de ruimte en over de tijd van de dag), noch aan het feit dat voor de meest ernstige vormen van congestie, een marginale kost per kilometer geen geschikte maatstaf is, aangezien de kost ontstaat als gevolg van de passage van een knelpunt. De kost per passage is dan een veel logischer maatstaf.

Vanwege het sterk niet-lineaire karakter van congestiekosten, is voor het bepalen van marginale externe kosten in een specifieke situatie een andere benadering gevolgd dan voor de schatting van de totale kosten en – na deling door totale kilometrages – daarmee de gemiddelde kosten. Deze indeling hebben we doorgevoerd zowel in de tekst, als bij de uitvoering van het achterliggende onderzoek.[113] Een gedetailleerd verslag van het onderzoek waarop we ons baseren voor de marginale externe congestiekosten is gepresenteerd in Bijlage I. We verwijzen naar deze achtergrondtekst voor een gedetailleerde beschrijving van de berekeningen en de toegepaste methodologie; in dit hoofdstuk beperken we ons tot een beknopte samenvatting hiervan.

In Paragraaf 10.2 definiëren we allereerst externe congestiekosten. In de daaropvolgende Paragraaf 10.3 presenteren we de schattingen voor totale en gemiddelde congestiekosten, gebaseerd op de cijfers die in de Mobiliteitsbalans gepresenteerd worden. Hierbij dient opgemerkt te worden dat het hierbij enkel gaat om de congestiekosten op het hoofdwegennet. Paragraaf 10.4 documenteert de relevante schaduwprijzen. De daaropvolgende Paragraaf 10.5 geeft een beknopt overzicht van de ontwikkelde methodiek voor het bepalen van marginale externe congestiekosten in concrete situaties. De laatste paragraaf geeft een volledig overzicht van alle resultaten.

10.2 Definiëring congestiekosten

Congestie is een fenomeen dat veel breder voorkomt dan alleen in verkeer en vervoer. Een economische definitie zou kunnen zijn dat congestie optreedt wanneer de gemiddelde gebruikerskosten toenemen met het aantal gebruikers. Het gaat dan om de zogeheten 'gegeneraliseerde gebruikerskosten', waarin ook kostencomponenten zijn opgenomen die niet direct in geld worden afgerekend, zoals reistijd of comfort. Van vakanties kennen we de skilift; overbelaste computer-, WIFI- en telecommunicatienetwerken zijn een

[113] Het onderzoek voor marginale externe congestiekosten is uitgevoerd door VU Amsterdam. CE Delft is verantwoordelijk voor de bijdrage over totale en gemiddelde congestiekosten.

ander voorbeeld. In deze studie gaat het uiteraard om verkeersinfrastructuur. Specifiek beperken we ons, met name vanwege databeschikbaarheid, tot congestie op de weg; daarbij kijken we naar de personenauto, motor, bromfiets, bus, bestelauto en vrachtauto.

10.2.1 Relatie marginale en gemiddelde/totale congestiekosten

Sterker nog dan bij andere kosten van wegverkeer, is het verband tussen marginale, gemiddelde en totale kosten complex. In de eerste plaats varieert congestie sterk over tijd (binnen de dag en tussen dagen) en over de ruimte, waardoor het delen van totale congestiekosten door totale kilometrages weliswaar een rekenkundig gemiddelde oplevert, maar een gemiddelde dat voor slechts een beperkt deel van de feitelijke verplaatsingen relevant is.
In de tweede plaats zijn congestiefuncties vaak sterk niet-lineair, zodat het verschil tussen gemiddelde congestiekosten (óók als deze specifiek voor die situatie zijn bepaald) en marginale congestiekosten aanzienlijk kan zijn. Zoals we in Paragraaf 10.5 zullen zien, kan dat verschil volgens veelgebruikte congestiefuncties gemakkelijk een factor 4 of meer zijn. Met andere woorden, er kan een groot verschil zijn tussen de congestiekosten die een weggebruiker zelf ervaart per kilometer, en die hij of zij voor anderen veroorzaakt.

10.2.2 Soorten congestie

Bij het schatten van congestiekosten is het van belang een goed onderscheid te maken tussen twee archetypische vormen waarin congestie zich kan manifesteren, niet in de laatste plaats omdat de mate waarin aanpassingskosten relevant zijn, zullen afhangen van de specifieke vorm van congestie; en omdat ze bepalend zijn voor de vraag of de kosten per kilometer dan wel per passage (van een knelpunt) de meest relevante maatstaf zijn voor marginale kosten:

1. De eerste betreft *statische congestie*. Deze benadering is toepasbaar voor situaties waarin reistijdverliezen de enige of dominante congestiecomponent vormen, en verkeersstromen binnen de onderscheiden periodes voldoende stationair (stabiel over de tijd) zijn om een raamwerk met constante stromen en snelheden een acceptabele benadering te maken.
2. De tweede betreft *dynamische knelpuntanalyse*. Deze biedt een raamwerk om op consistente wijze marginale externe congestiekosten te bepalen in situaties waarin verwachte (en dus anticipeerbare) files – in de zin van 'wachtrijen' – optreden doordat minimaal één knelpunt in het netwerk op maximale capaciteit verkeer doorlaat. Deze vorm van congestie treedt op als de concentratie van gewenste reistijdstippen zo hoog is dat niet iedereen op het gewenste moment kan aankomen op de plaats van bestemming. Er treden dan ook extra kosten op, los van reistijdverliezen, doordat sommige mensen noodgedwongen op een minder dan geprefereerd tijdstip zullen moeten reizen. Bij verkeersstromen onder de capaciteit kan dat ook gebeuren, maar is dat geen vanzelfsprekendheid.

10.2.3 Kostenelementen

Er zijn daarmee drie componenten van congestiekosten die we mee nemen in onze analyse:

1. De eerste betreft reistijdverliezen. Dit is de gebruikelijke indicator voor (externe) kosten door congestie.
2. De tweede betreft wat we planningskosten zullen noemen ('schedule delay cost' in de internationale literatuur). Hierbij gaat het om de economische waarde van het ongemak of disnut dat ervaren wordt doordat de reis, om de grootste tijdverliezen te voorkomen, op een minder-dan-meest-ideaal moment wordt gemaakt – dat kan zowel eerder als later zijn – dan wat zonder congestie zou zijn gekozen. Deze component speelt een grote rol in

dynamische modellen van verkeerscongestie, maar is in voorlopers van deze studie nog niet expliciet beschouwd.
3. De derde betreft kosten van onbetrouwbaarheid. Hierbij gaat het om het disnut dat samenhangt met onbetrouwbaarheid ofwel variabiliteit omtrent reistijden.

10.2.4 Welk deel van de congestiekosten is extern?

Congestiekosten worden gewoonlijk ervaren door degenen die het ook veroorzaken. Met andere woorden, congestiekosten slaan, net als een deel van de externe ongevalskosten, neer binnen de transportsector zelf. Dit maakt het bepalen van de externe congestiekosten voor bepaalde groepen weggebruikers een exercitie die zorgvuldige definities vereist en zelfs dan lastig te interpreteren cijfers oplevert. Dit is met name het geval als men geïnteresseerd zou zijn in de vraag hoeveel congestiekosten een bepaald deel van de weggebruikers veroorzaakt voor anderen, en daarmee niet voor zichzelf. Hoe groter een dergelijke groep wordt gedefinieerd, hoe lager de kosten die ze 'voor anderen' veroorzaken, simpelweg omdat er minder anderen zijn die beïnvloed worden en een groter deel van de kosten bij de eigen groep neerslaat[114].

Het is in dit verband van belang op te merken dat dergelijke problematiek niet speelt bij het bepalen van marginale externe congestiekosten. Daarbij gaat het altijd om de kosten die een individu door een bepaalde verplaatsing voor alle andere weggebruikers veroorzaakt, waarbij die anderen prima deels in dezelfde groep kunnen vallen.

Om die reden kiezen we er in deze studie voor om bij congestiekosten niet 'totale externe congestiekosten' te rapporteren, maar de totale congestiekosten zonder onderscheid naar intern en extern, zodat ook geen misverstand kan bestaan over het aggregatieniveau waarop het begrip 'extern' gedefinieerd zou zijn. Voor marginale kosten, gedefinieerd op het niveau van een laatst toegevoegde individuele gebruiker van een knelpunt dan wel laatst toegevoegde voertuigkilometer, kan een dergelijk misverstand niet bestaan (altijd het individuele niveau), en daar zullen we dan ook juist wel de marginale externe kosten presenteren (naast, overigens, de marginale interne kosten).

10.2.5 Congestiekosten voor niet-wegmodaliteiten

De discussie tot dusverre maakt al duidelijk dat we ons richten op congestie in het wegverkeer. Anders dan voor wegverkeer is voor andere transportwijzen relatief weinig bekend over de verschillende congestiekosten.

Voor spoorvervoer zijn er diverse complicaties in vergelijking met de analyse voor wegverkeer. Alhoewel spoorinfrastructuur net als weginfrastructuur een eindige capaciteit heeft (in termen van het maximaal aantal voertuigbewegingen per tijdseenheid), wijkt het gedrag en de vervoersdynamiek er in belangrijke mate af, vanwege het planmatige karakter van de vervoersstromen en het relatief beperkt aantal actoren in de organisatie van het spoorvervoer. Bovendien is de gebruiker van de infrastructuur een aanbieder van een dienstregeling, niet een eindgebruiker. Verder dient bij reizigersvervoer per spoor ook rekening te worden gehouden met een hele reeks andere factoren dan alleen tijdverliezen van een trein, zoals extra tijdverliezen door gemiste

[114] Bij wijze van voorbeeld, de groep 'rode personenauto's' veroorzaakt hogere kosten voor 'alle andere weggebruikers' dan de groep 'personenauto's', omdat alle kosten die rode personenauto's voor andere personenauto's veroorzaken in het laatstgenoemde geval niet meer meegeteld worden als neerslaand bij andere 'weggebruikers'.

overstappen, discomfort door ('crowding') congestie – dus: ongemak door volle rijtuigen – in het voertuig, etc. Anderzijds zijn er compensatieregelingen, en ook deze dienen verrekend te worden om de volledige impact van congestie in beeld te brengen. De voor een dergelijke studie benodigde gegevens zijn niet voorhanden, waardoor het moeilijk is om harde uitspraken te doen.

Ook bij de luchtvaart treden deze twee vormen van congestie op. Enerzijds is er de schaarste aan slots, die zorgen voor schaarstekosten, anderzijds zijn er de tijdverliezen en 'crowding' effecten die bijvoorbeeld optreden bij het inchecken en de douane.

Wat betreft waterwegen zijn gegevens bekend over wachttijden in havens en bij sluiscomplexen. Het functionele verband tussen de vervoersvraag en deze wachttijden is echter onvoldoende bestudeerd, waardoor ook hier uitspraken over marginale (externe) kosten op basis van beschikbare kennis niet verantwoord mogelijk zijn.

10.3 Methodiek bepalen totale/gemiddelde congestiekosten

De gevolgde methodiek voor de bepaling van de totale en gemiddelde congestiekosten bestaat uit drie stappen:

1. *Bepalen van de totale congestiekosten voor het wegverkeer in 2010*
   De totale en gemiddelde congestiekosten zijn gebaseerd op de schattingen zoals die gepresenteerd worden in de Mobiliteitsbalans 2012 (KiM, 2012a). Deze cijfers zijn door het KiM gecorrigeerd met nieuwe VoT (Value of Time) waarden en VoR (Value of Reliability) waarden. Hierbij gaat het enkel om de congestiekosten op het hoofdwegennet. De congestiekosten op het onderliggend wegennet worden niet gepresenteerd in de Mobiliteitsbalans en blijven vanwege die reden ook in deze studie buiten beschouwing. Dit betekent uiteraard wel dat de geschatte totale en gemiddelde congestiekosten een (forse) onderschatting vormen van de daadwerkelijke congestiekosten op de Nederlandse wegen.

   De reden om in deze studie te kiezen voor de Mobiliteitsbalans als bron voor de totale en gemiddelde congestiekosten is dat dit de enige studie is die schattingen van totale/gemiddelde congestiekosten voor Nederland presenteert die zijn gebaseerd op meetgegevens (lusgegevens).
   Een alternatieve aanpak zou zijn geweest om de totale en gemiddelde congestiekosten te baseren op modelberekeningen. Binnen de scope van dit onderzoek was het echter niet mogelijk om op betrouwbare wijze de benodigde modelberekeningen uit te voeren. Wel verdient het aanbeveling om in de toekomst een dergelijke analyse uit te voeren, omdat het de mogelijkheid biedt om de schattingen van de Mobiliteitsbalans te verifiëren en om schattingen van de congestiekosten op het onderliggend wegennet te maken.

   Bij de bepaling van de totale congestiekosten voor het hoofdwegennet is in de Mobiliteitsbalans de volgende werkwijze gehanteerd:
   - Allereerst wordt het totaal aantal voertuigverliesuren (VVU) berekend door rijden in files (tot 50 km/uur) en vertraagde afwikkeling (tussen 50 en 100 km/uur) af te zetten tegen een referentiesnelheid van 100 km/uur. Deze referentiesnelheid is een benadering van de gemiddelde snelheid bij vrije afwikkeling van het verkeer.
     De verkeersvolumes en bijbehorende daadwerkelijke snelheden zijn gebaseerd op meetgegevens (lusdata). Hierbij kan onderscheid

gemaakt worden tussen voertuigen korter (personenauto's, bestelauto's, motorfietsen) en langer (vrachtauto's, bussen) dan 6 meter.
- In een tweede stap worden de kosten van reistijdverlies bepaald door de voertuigverliesuren te vermenigvuldigen met de waardering voor een uur reistijdverlies (VoT – Value of Time). Hierbij wordt voor de voertuigen korter dan 6 meter gerekend met de gemiddelde VoT voor personenauto's en voor de voertuigen langer dan 6 meter met de gemiddelde VoT voor vrachtauto's[115]. In de Mobiliteitsbalans 2012 is gerekend met een oude set aan VoT-waarden. In het kader van dit onderzoek is door het KiM echter een correctie uitgevoerd waarbij de nieuwste ontwikkelingen met betrekking tot de aanbevolen VoT-waarden (zie Paragraaf 10.4) zijn meegenomen.
- Naast de kosten van reistijdverlies worden door KiM (2012a) ook de volgende kostenposten meegenomen:
  - Kosten van uitwijkgedrag, waarbij het gaat om de kosten die mensen ervaren omdat ze trachten de files te ontlopen, bijvoorbeeld door eerder of later van huis te gaan, een ander vervoermiddel te kiezen of een andere bestemming te kiezen. Deze kosten komen sterk overeen met de planningskosten, zoals die eerder in Paragraaf 10.2 zijn geïntroduceerd. Door KiM (2012a) is aangenomen dat de kosten van uitwijkgedrag bepaald kunnen worden door een factor 2 op de kosten van reistijdverlies te zetten.
  - Onbetrouwbare reistijden (zie Paragraaf 10.2); In de Mobiliteitsbalans is gerekend met een opslag van 38% van de kosten van de wachttijd in een file (KiM, 2012a). Op basis van nieuwe inzichten heeft het KiM een correctie uitgevoerd door niet te rekenen met een opslag voor onbetrouwbare reistijden maar met nieuwe Value of Reliability (VoR) waarden en standaarddeviatie.
  - Additionele brandstofkosten; deze kosten zijn echter zeer beperkt.
  - Indirecte kosten; hierbij gaat het om effecten van congestie op andere markten dan wegverkeer (bijvoorbeeld de kosten die optreden als veel mensen overstappen van de auto naar de trein). Deze kosten worden ingeschat door een marge van 0 tot 30% bovenop de directe kosten te zetten.

De door KiM gehanteerde waarderingskentallen voor de verschillende kostenelementen zijn niet in lijn gebracht met de schaduwprijzen zoals die door de VU zijn gehanteerd voor de bepaling van de marginale externe congestiekosten (zie Paragraaf 10.4). De mate van detail waarin de totale congestiekosten worden gepresenteerd in de Mobiliteitsbalans stonden een dergelijke correctie van de totale congestiekosten (zoals gepresenteerd in de Mobiliteitsbalans) niet toe.

2. *Toedelen van de totale congestiekosten aan de verschillende vervoerwijzen*

   Door CE Delft zijn de totale (gecorrigeerde, zie Stap 1) congestiekosten uit de Mobiliteitsbalans toegedeeld aan de verschillende vervoerswijzen op basis van PAE-kilometers. Dit is in lijn met de aanbevelingen zoals die gedaan worden in CE Delft et al. (2008b). Zoals eerder aangegeven bij de berekening van de infrastructuurkosten wordt in deze studie met een andere set van PAE's gerekend dan in CE Delft en VU (2004). Omdat de toedeling van de totale congestiekosten aan de verschillende vervoerwijzen sterk afhankelijk is van gehanteerde PAE-waarden voeren we in Paragraaf 10.6 een gevoeligheidsanalyse uit waarbij we de totale

[115] Aangezien de VoT per voertuig voor een bus gemiddeld hoger ligt dan voor een vrachtauto leidt deze werkwijze tot een (beperkte) onderschatting van de totale congestiekosten voor deze groep voertuigen.

congestiekosten voor de verschillende vervoerswijzen berekenen op basis van de alternatieve set PAE's (zie 0).

3. *Bepalen van de gemiddelde congestiekosten per vervoerwijze*
   De gemiddelde congestiekosten per vervoerwijze worden tenslotte bepaald door de totale congestiekosten per vervoerwijze te delen door de relevante aantallen reizigers-, ton- of voertuigkilometers.

10.4 Schaduwprijzen

De in deze studie gehanteerde waarderingen voor reistijd, onzekerheid, en planningskosten, zijn gebaseerd op Significance et al. (2012). Deze studie geeft een state-of-the-art overzicht van de relevante schaduwprijzen met betrekking tot congestie voor Nederland.

De gehanteerde schaduwprijzen voor reistijdverliezen zijn weergegeven in Tabel 71.

Tabel 71 Waardering reistijdverlieskosten

Vervoerswijze	Eenheid	Waardering van reistijdverlies (VoT)
Personen (excl. bus)	Per persoon	9 €/uur
Personen (bus)	Per persoon	6,75 €/uur
Goederen (excl. bestelwagens)	Per voertuig	42,20 €/uur
Bestelauto's	Per voertuig	9 €/uur[a]

[a] Significance et al. (2012) presenteert geen VoT-waarden voor bestelauto's. Deze waarden zijn daarom gelijk verondersteld aan de VoT-waarden voor personenauto's.

Bron: Significance et al. (2012).

De tweede soort schaduwprijzen zijn voor 'schedule delay' kosten. Voor deze eenheidsprijzen voor reizen vóór of ná het meest gewenste tijdstip, in het Engels de Value of Schedule Delay Early (VSDE) en Late (VSDL), gebruiken we de gemiddelde waarden voor de ratio's van die waarden met de value of time – de SDER en SDLR[116] – zoals gepresenteerd in de studie van VU (2008).
Met andere woorden, de VSDE stellen we op 0,745*VoT, en de VSDL op 1,652*VoT (zie ook Tabel 72, die tevens aantoont dat deze waarden voor SDER en SDLR een middenwaarde vormen van de waarden gevonden in de literatuur).

Tabel 72 SDER- en SDLR-waarden in de literatuur

Studie	Parameter	SDER	SDLR
Meta analyse (69 observaties) uit VU, 2008	Gemiddelde	0,745	1,652
	Mediaan	0,748	1,174
	Bereik	0,166-2,460	0,164-7,150
Literatuuroverzicht uit Li Hensher Rose, 2010 (drie studies)	Bereik	0,496-0,738	2,048-4,769
Spitsmijden beloningsexperiment (Knockaert et al., 2012)	Panel mixed logit model	1,266	1,455
Small, 1982	All commuters	0,72	1,9

[116] Respectievelijk de Schedule Delay Early Ratio en de Schedule Delay Late Ratio.

De derde soort schaduwprijzen betreft die voor de waardering van onbetrouwbaarheid van reistijden. Tot voor kort hanteerden studies (inclusief MKBAs) een vereenvoudigde methode om de onbetrouwbaarheid van reistijden te waarderen door de kosten van onbetrouwbaarheid te berekenen als een vaste toeslag op de reistijdverlieskosten. Hiervoor wordt doorgaans een vaste verhouding van 0,25 gebruikt als er geen specifieke informatie over de onzekerheid voor handen is. Dit is altijd een grove inschatting geweest, gebaseerd op een zeer indicatieve exercitie in CPB (2004), maar één die door een latere, meer gedetailleerde studie (Peer et al, 2012) voor Nederlandse hoofdwegen overigens wel ondersteund wordt. In de Mobiliteitsbalans van 2012 (KiM 2012a) zijn de kosten van onbetrouwbare reistijden ook berekend met een opslagfactor, hoewel in deze studie een opslag van 38% is gebruikt. Sinds kort is het voor het hoofdwegennet mogelijk de kosten van onbetrouwbare reistijden voor de weg te waarderen met de 'value of reliability' (VoR), toegepast op situatie specifieke veranderingen in de reistijdbetrouwbaarheid. De gehanteerde VoRs zijn samengevat in Tabel 73. Het was binnen de scope van deze studie nog niet mogelijk om deze VoR waarden te hanteren voor de bepaling van de marginale externe congestiekosten; daarom hebben we dan ook gebruik gemaakt van de opslagfactor van 25% (zie ook Bijlage I).

Tabel 73 Waardering onbetrouwbare reistijden

Vervoerswijze	Eenheid	Waardering van Value of Reliability (VoR)
Personen (excl. bus)	Per persoon	5,75 €/uur standaard deviatie van de reistijd
Personen (bus)	Per persoon	3,75 €/uur standaard deviatie van de reistijd
Goederen (excl. bestelauto)	Per voertuig	15,80 €/uur standaard deviatie van de reistijd
Bestelauto	Per voertuig	5,75 €/uur standaard deviatie van de reistijd[a]

[a] Significance et al. (2012) presenteert geen VoT-waarden voor bestelauto's. Deze waarden zijn daarom gelijk verondersteld aan de VoT-waarden voor personenauto's.

Bron: Significance et al. (2012).

Tot slot, de verschillende schaduwprijzen met betrekking tot congestiekosten worden gekenmerkt door een bepaalde mate van onzekerheid. In de context van deze studie is het echter lastig een gepaste maat voor de onzekerheid met betrekking tot de waardering van de kosten van reistijd en onbetrouwbaarheid te geven. We kiezen, arbitrair, voor een factor 2. Deze factor kan zonder meer toegepast worden op de waarden voor de marginale externe kosten zoals hier gepresenteerd; de onderwaarde wordt dan 0,5 keer de aangegeven kosten, en de bovenwaarde 2 keer deze kosten.

10.5 Methodiek bepalen marginale congestiekosten

Voor beide typen congestie zoals besproken in Paragraaf 10.2 – statische congestie en dynamische knelpuntcongestie – ontwikkelen we rekenregels en geven we aan hoe deze kunnen worden toegepast zowel in specifieke situaties, als voor het bepalen van representatieve waarden voor marginale externe congestiekosten in Nederland. Voor een uitgebreide beschrijving van de wijze waarop de marginale congestiekosten zijn bepaald verwijzen we naar Bijlage I.

De gehanteerde waarderingen voor tijd en onbetrouwbaarheid zijn kengetallen zoals deze zijn bepaald door het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (zie Paragraaf 10.4). Uit de literatuur blijkt dat er een redelijke mate van onzekerheid is met betrekking tot deze getallen (zie bijv. VU (2008); eveneens besproken in Bijlage I.7), maar voor consistente toepassingen van cijfers in dit

rapport met andere berekeningen, verdient het de voorkeur uit te gaan van de genoemde cijfers.

Omdat de uitdrukkingen voor de marginale externe kosten een lineaire functie zijn van de waardering van reistijd en onbetrouwbaarheid, kunnen de onzekerheidsmarges met betrekking tot deze waarderingen (0,5 tot 2 maal de gemiddelde waarde, zie de vorige paragraaf) overigens rechtstreeks toegepast worden op de uitgerekende bedragen.

10.5.1 Statische analyse

Voor het bepalen van de marginale externe kosten in situaties waarin 'normale congestie' dominant is, en planningskosten dus niet noodzakelijkerwijs een rol spelen omdat er geen knelpunten zijn waarvoor de gewenste verkeersstroom de capaciteit overschrijdt, kan een congestiekostenfunctie gebruikt worden die het verband weergeeft tussen verkeersstroom en reistijd. De internationaal waarschijnlijk meest gebruikte statische congestiefunctie is de zogeheten BPR-functie[117]. Door de VoT te gebruiken, kunnen hier vervolgens congestiekostenfuncties van afgeleid worden. Merk op dat ook als er alleen normale congestie is, en nergens in het netwerk de toestroom uitstijgt boven de capaciteit, er sprake kan zijn van planningskosten. Het niet meenemen van planningskosten in dat geval kan dus gezien worden als een conservatieve schatting van die kosten; de impliciete aanname is dan dat deze verwaarloosbaar zijn.

Een groot praktisch voordeel van een BPR-functie is dat de marginale externe congestiekosten bepaald kunnen worden als de reistijdverliezen per kilometer bekend zijn. De omvang van de verkeersstroom en de capaciteit van de weg zijn uiteraard de werkelijk achterliggend factoren, maar als het gezamenlijke effect daarvan op de reistijd per kilometer bekend is, is ook de marginale externe kost bepaald.

Tabel 74 geeft een overzicht van wat de rekenregel voor marginale externe congestiekosten gebaseerd op de BPR-functie oplevert voor verschillende waarden van de parameter b in die BPR-functie (b is de exponent in die functie, zie ook de onderstaande box), en van het geobserveerde reistijdverlies per kilometer door congestie (ΔT). De tabel gaat uit van een VoT van € 9 * 1,33, waarbij € 9 de gemiddelde VoT per persoon per uur is voor personenverkeer met de auto, en 1,33 de correctie voor de bezettingsgraad is. De kosten van onbetrouwbaarheid van reistijden is hierbij nog niet meegenomen. Voor verschillende vrije snelheden is aangegeven wat de waarde van ΔT betekent voor de feitelijke snelheid.

Tabel 74 illustreert hoe groot de spreiding in marginale externe congestiekosten kan zijn. Blauw gearceerd zijn waarden waarvan we inschatten dat deze het vaakst relevant zullen zijn (gegeven dat er congestie is).

Parameters in de BPR-functie

De feitelijke te gebruiken parameters voor de BPR-functie (waaronder b, zie hoofdstekst) hangen af van het type weg, maar naar verwachting ook van lokale omstandigheden als aantal en scherpte van bochten of heuvels, zicht, type wegdek. Het verdient aanbeveling om op basis van geobserveerde stroomsnelheidsdata op representatieve wegen dergelijke parameters voor Nederlandse wegen te schatten.

[117] Bureau of Public Roads; voor meer informatie zie Bijlage I.

Merk op dat, ook als andere functionele vormen wellicht een betere statistische fit geven dan de BPR, de exponentiële functie van de BPR het voordeel heeft dat er slechts twee parameters geschat hoeven te worden, en - relevant zolang de fit goed is - de berekende marginale externe kosten hetzelfde zijn voor de BPR als voor elke andere functie die door hetzelfde punt gaat met dezelfde helling. Een alternatief zou zijn om bijvoorbeeld de reistijdfuncties die in het LMS voor verschillende wegtypen zijn opgenomen, als basis te nemen en daar zo goed mogelijk BPR-functies op te schatten, zodat voor de rekenregels voor verschillende wegtypen resultaten worden gevonden die consistent zijn met modelschattingen in het LMS.
Tenslotte kunnen we zien welke parameters worden gerapporteerd in de literatuur. Onderstaande tabel geeft bijvoorbeeld de waarden gevonden door Horowitz (1991). De variatie in de exponent (b) is dusdanig groot, dat een studie voor Nederland op zijn plaats lijkt.

Tabel 74 geeft meer een indicatie van de spreiding die een dergelijke studie kan opleveren, dan dat we zouden voorstellen deze waarden voor Nederland te gebruiken. De conventionele waarde voor de exponent van 4 valt overigens wel goed binnen de range die Horowitz rapporteert.

BPR-parameters geschat door Horowitz (1991)

Coëfficient	Freeways			Multilane		
	70 mph	60 mph	50 mph	70 mph	60 mph	50 mph
a	0.88	0.83	0.56	1.00	0.83	0.71
b	9.80	5.50	3.60	5.40	2.70	2.10

Tabel 74 Specifieke marginale externe congestiekosten bij toepassing van een statische analyse

Reistijdverlies per km (minuten)	0:00	0:05	0:10	0:20	0:30	0:45	1:00	1:30	2:00	3:00	4:00	5:00	10:00
Snelheid op 120 km/u weg	120	103	90	72	60	48	40	30	24	17	13	11	6
Snelheid op 100 km/u weg	100	88	78	64	55	44	38	29	23	17	13	11	6
Snelheid op 80 km/u weg	80	72	65	55	48	40	34	27	22	16	13	10	6
Snelheid op 50 km/u weg	50	47	44	39	35	31	27	22	19	14	12	10	5
Marginale externe reistijdverlieskosten (€/km) bij b = ….													
1	0,00	0,02	0,03	0,07	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,60	0,80	1,00	2,00
2	0,00	0,03	0,07	0,13	0,20	0,30	0,40	0,60	0,80	1,20	1,60	2,00	3,99
3	0,00	0,05	0,10	0,20	0,30	0,45	0,60	0,90	1,20	1,80	2,39	2,99	5,99
4	0,00	0,07	0,13	0,27	0,40	0,60	0,80	1,20	1,60	2,39	3,19	3,99	7,98
5	0,00	0,08	0,17	0,33	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	2,99	3,99	4,99	9,98
6	0,00	0,10	0,20	0,40	0,60	0,90	1,20	1,80	2,39	3,59	4,79	5,99	11,97
7	0,00	0,12	0,23	0,47	0,70	1,05	1,40	2,09	2,79	4,19	5,59	6,98	13,97
8	0,00	0,13	0,27	0,53	0,80	1,20	1,60	2,39	3,19	4,79	6,38	7,98	15,96
9	0,00	0,15	0,30	0,60	0,90	1,35	1,80	2,69	3,59	5,39	7,18	8,98	17,96
10	0,00	0,17	0,33	0,67	1,00	1,50	2,00	2,99	3,99	5,99	7,98	9,98	19,95

Noot: Deze tabel toont alleen de marginale externe reistijdverlieskosten. De marginale kosten van onbetrouwbare reistijden kunnen hier afzonderlijk aan worden toegevoegd.

Vervolgens berekenen we representatieve externe congestiekosten (bestaande uit zowel reistijdverlieskosten als onbetrouwbaarheidskosten) voor Nederland op basis van de congestiecurves uit TREMOVE, en voor het in deze studie gehanteerde vervoersvolume (zie Tabel 75).

Tabel 75 Representatieve marginale externe congestiekosten in Nederland in 2010

Kostenelementen	Eenheid	Groot-stedelijk	Stedelijk	Landelijk	
				Snelweg	Overige wegen
Reistijdverlieskosten spits	€/pae-km	0,24	0,25	0,08	0,15
Reistijdverlieskosten dal	€/pae-km	0,000	0,000	0,000	0,000
Onbetrouwbaarheids-kosten spits	€/pae-km	0,046	0,046	0,015	0,027
Onbetrouwbaarheids-kosten dal	€/pae-km	0,000	0,000	0,000	0,000

Noot: Gebaseerd op regionale congestiecurves van TREMOVE.

De marginale externe kosten zijn hier uitgedrukt in euro per personenauto-equivalentkilometer. In Paragraaf 10.6 presenteren we de waarden per reizigers- en tonkilometer voor de verschillende vervoerswijzen.

10.5.2 Dynamische analyse

Wanneer knelpuntcongestie optreedt, en vanwege de beperkte capaciteit niet iedereen op de gewenste momenten op de plaats van bestemming kan aankomen, kunnen de planningskosten bepaald worden uit de afruil tussen reistijdverliezen (*travel delays*) aan de ene kant en afwijkingen van het meest gewenste aankomsttijdstip (*schedule delays*) aan de andere. De latere Nobel prijswinnaar William Vickrey was de eerste die dit doorzag. Zijn *bottleneck-model* (knelpuntmodel) is het meest gebruikte conceptuele dynamische economische model van verkeerscongestie. Het leidt tot een rekenregel voor de marginale externe congestiekosten in het geval er files zijn, die qua hanteerbaarheid vergelijkbaar is met de hierboven besproken BPR-regel voor statische congestie, maar daarbij zowel de reistijdverlieskosten (dus: van travel delays) en de planningskosten (dus: van schedule delays) meeneemt[118]. Deze rekenregel adviseren we voor het bepalen van de marginale externe congestiekosten in het geval er sprake is van files, en er dus een kritisch knelpunt is dat gedurende zekere tijd op maximale capaciteit voertuigen doorlaat. Van belang is op te merken dat de BPR-functie marginale externe kosten per voertuigkilometer geeft, en de knelpuntfunctie marginale externe kosten per passage van het knelpunt.

We kunnen, net als voor de BPR-functie, de uitkomsten van de rekenregel geven voor verschillende waarden van de relevante determinanten; in dit geval de duur van de spitsperiode en de factor f (een maat voor de concentratie van de gewenste aankomsttijdstippen waarvoor f=1 correspondeert met identieke gewenste aankomsttijden en f=0 met een dermate brede spreiding dat knelpuntcongestie net zou verdwijnen).

De resultaten van deze analyse zijn weergegeven in Tabel 77. Gearceerd is het gebied waar f=½ en de duur van de spitsperiode tussen de 30 minuten en 2 uur is. De twee extremen daarbinnen zouden we weer als best case en worst case kunnen nemen. De tabel laat zien dat als f groter wordt en de duur van de spits langer; de marginale externe kosten voor een passage kunnen oplopen tot extreem hoge waarden tot zelfs boven de € 15.

[118] De kosten van onbetrouwbaarheid van reistijden is in deze analyse niet meegenomen. Om deze kostenpost mee te kunnen nemen is een geavanceerder knelpuntmodel nodig en dat valt buiten de scope van dit onderzoek.

De empirische toepassing van bovenstaande methodologie op bestaande knelpunten in het kader van deze studie heeft een experimenteel karakter; we hebben ons daarom beperkt tot een selectie van 79 knelpunten in het hoofdwegennet waarvoor gegevens beschikbaar zijn (DVS).

Om een vergelijking met eerdere schatting mogelijk te maken, geven we in de berekeningen ook aan wat de geschatte kosten van dezelfde tijdverliezen zouden zijn bij toepassing van de traditionele statische methodologie. Deze zijn namelijk rechtstreeks afleidbaar uit het knelpuntmodel, wanneer uit de kostenberekening de planningskosten worden weggelaten.

Om tot een representatieve waarde voor marginale externe congestiekosten te komen voor die gevallen waar knelpuntcongestie daadwerkelijk optreedt, wordt een gewogen gemiddelde berekend over de 79 knelpunten. Omdat er meer weggebruikers betrokken zijn bij zwaardere congestie, ligt dat gewogen gemiddelde boven het ongewogen gemiddelde over de beschouwde knelpunten.

Tabel 76 **Congestiekosten in knelpuntmodel (de weergegeven indicatoren zijn geaggregeerd over de verschillende files/knelpunten voor ochtend- en avondspits; het gemiddelde, de mediaan en het gewogen gemiddelde kunnen beschouwd worden als een maat voor de middenwaarde, terwijl het maximum een maat is voor de bovenwaarde; de aangegeven kosten gaat uit van een maximale concentratie van gewenste aankomsttijden)**

Variabele	Eenheid	Ochtend (46 knelpunten)					Avond (40 knelpunten)				
		Minimum	Maximum	Gemiddeld	Mediaan	Gewogen	Minimum	Maximum	Gemiddeld	Mediaan	Gewogen
Duur file (*N/s*)	Uur/file	00:26	02:37	01:17	01:13	01:21	00:22	02:04	01:08	01:11	01:09
Activiteit (*N*)	Voertuigen/ file	864	12.771	4.392	3.722	4.674	1.068	9.659	4.020	3.255	4.106
Voertuig-verlies-uren	Uur/file	102	6.969	1.787	1.111	1.968	103	3.999	1.336	963	1.369
Marginale externe congestie-kost	€/rit	2,73	16,23	7,97	7,59	10,11	2,32	12,77	7,08	7,34	8,01

Merk op dat de hier aangegeven waarden enkel gelden voor die dagen waarop zich inderdaad een file voordoet bij een knelpunt. Omdat de kans op file niet gelijk is over de verschillende knelpunten, kunnen bovenstaande cijfers niet zonder meer opgeschaald worden naar jaartotalen.

Tabel 77 Specifieke marginale externe congestiekosten bij toepassing van een dynamische – knelpunt - analyse

Duur van de spits (uur:minuten)	0:15	0:30	0:45	1:00	1:15	1:30	1:45	2:00	2:15	2:30	2:45	3:00
Marginale externe kosten (€/passage) bij f = …												
0,1	0,85	1,70	2,55	3,39	4,24	5,09	5,94	6,79	7,64	8,48	9,33	10,18
0,2	0,93	1,85	2,78	3,70	4,63	5,55	6,48	7,40	8,33	9,26	10,18	11,11
0,3	1,00	2,01	3,01	4,01	5,01	6,02	7,02	8,02	9,02	10,03	11,03	12,03
0,4	1,08	2,16	3,24	4,32	5,40	6,48	7,56	8,64	9,72	10,80	11,88	12,96
0,5	1,16	2,31	3,47	4,63	5,78	6,94	8,10	9,26	10,41	11,57	12,73	13,88
0,6	1,23	2,47	3,70	4,94	6,17	7,40	8,64	9,87	11,11	12,34	13,57	14,81
0,7	1,31	2,62	3,93	5,24	6,56	7,87	9,18	10,49	11,80	13,11	14,42	15,73
0,8	1,39	2,78	4,16	5,55	6,94	8,33	9,72	11,11	12,49	13,88	15,27	16,66
0,9	1,47	3,93	4,40	5,86	7,33	8,79	10,26	11,72	13,19	14,65	16,12	17,58
1	1,54	3,09	4,63	6,17	7,71	9,26	10,80	12,34	13,88	15,43	16,97	18,51

Noot: Bij de bepaling van de marginale externe kosten is geen rekening gehouden met de marginale kosten van onbetrouwbaarheid van reistijden.
De marginale reistijdverlieskosten en planningskosten zijn wel meegenomen.

10.6 Resultaten

In deze paragraaf presenteren we de totale en gemiddelde congestiekosten en de marginale externe congestiekosten voor het wegverkeer op het hoofdwegennet. Zoals aangegeven in Paragraaf 10.2 zijn de congestiekosten voor de overige vervoerswijzen in deze studie niet onderzocht.

In Tabel 78 zijn de totale congestiekosten voor het wegverkeer op de hoofdwegen in 2010 weergegeven. Zoals aangegeven in Paragraaf 10.3 zijn deze schattingen gebaseerd op de cijfers zoals die in de Mobiliteitsbalans 2012 worden gepresenteerd, waarbij een correctie is uitgevoerd voor de nieuwste set aan VoT-waarden en i.p.v. een opslag voor onbetrouwbaarheid in reistijden is gerekend met VoR-waarden en standaarddeviaties. Door deze correcties zijn de kosten in Tabel 78 dan ook iets lager dan de gerapporteerde kosten voor 2010 (€ 2,8 – € 3,7 miljard) in de Mobiliteitsbalans 2012.

Door CE Delft is enkel op basis van PAE-kilometers een nadere onderverdeling gemaakt naar de verschillende vervoerswijzen. Het verdient aanbeveling om deze vrij grove toedelingsmethodiek nader te verfijnen. Daarnaast is nader onderzoek naar de onzekerheid in deze kostenschattingen gewenst.
De bandbreedte van de totale (en gemiddelde) congestiekosten is enkel gebaseerd op de onzekerheid in de indirecte effecten van congestie zoals die door KiM (2012a) worden gepresenteerd. De onzekerheid in andere waarderingskentallen wordt in deze bandbreedte niet meegenomen.

Tabel 78 Totale congestiekosten voor het wegverkeer op de hoofdwegen in 2010

Voertuigcategorie	Midden	Laag	Hoog
Personenvervoer in mln €			
Personenauto benzine	1.028	895	1.160
Personenauto diesel	696	606	786
Personenauto LPG	73	64	82
Bus	5	5	6
Touringcar	14	13	16
Motorfiets	21	18	24
Bromfiets	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Goederenvervoer in mln €			
Bestelauto	441	384	498
Vrachtauto	821	715	927

De totale congestiekosten op het hoofdwegennet bedragen in 2010 ca. € 2,7 tot € 3,5 miljard. Het grootste deel van deze kosten komt voor rekening van personenauto's (ca. 58%), vrachtauto's (ca. 26%) en bestelauto's (ca. 14%). Uiteraard zijn de schattingen van de totale congestiekosten zoals die in Tabel 79 worden gepresenteerd een onderschatting van de congestiekosten op het gehele Nederlandse wegennet. Immers, ook op het onderliggend wegennet treden er aanzienlijke congestiekosten op[119].

Zoals aangegeven in Paragraaf 10.3 hangen de totale congestiekosten per vervoerwijze sterk af van de gehanteerde PAE-waarden. Vandaar dat we een gevoeligheidsanalyse hebben uitgevoerd met alternatieve PAE-waarden (zie 0). De resultaten van deze gevoeligheidsanalyse zijn weergegeven in volgende tekstbox.

Gevoeligheidsanalyse personenauto-equivalenten

In deze studie hanteren we de in het IMPACT Handboek (CE Delft et al., 2008b) aanbevolen PAE's. Deze PAE's zijn hoger dan de PAE's die werden gebruikt in CE Delft en VU (2004), vooral voor de zwaardere vrachtautocategorieën. Om de invloed van deze hoger PAE's op congestiekosten in kaart te brengen hebben we een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd, waarbij we bij de toewijzing van de totale congestiekosten aan de verschillende vervoerswijzen gebruik hebben gemaakt van de PAE-waarden zoals die werden gehanteerd in CE Delft en VU (2004). Deze alternatieve PAE-waarden zijn terug te vinden in 0.

De totale congestiekosten die zijn bepaald met behulp van de alternatieve set PAE's zijn weergegeven in onderstaande tabel. De totale congestiekosten voor vrachtauto's vallen aanzienlijk lager uit dan in de hoofdvariant, terwijl vooral de kosten voor personenauto's stijgen. Het aandeel van personenauto's in de totale congestiekosten stijgt van ca. 58% naar ca. 68%, terwijl het aandeel van vrachtauto's in de totale congestiekosten daalt van ca. 26% naar ca. 16%.

Voertuigcategorie	Midden	Laag	Hoog
Personenvervoer in mln €			
Personenauto benzine	1.210	1.054	1.366
Personenauto diesel	819	714	925
Personenauto LPG	86	75	98
Bus	6	5	6

[119] CE Delft et al. (2011) wijzen erop dat het aandeel van stedelijke congestie in de totale congestiekosten 30% kan bedragen.

Touringcar	16	14	18
Motorfiets	25	22	29
Bromfiets			
Goederenvervoer in mln €			
Bestelauto	433	377	489
Vrachtauto	505	440	570

De gemiddelde congestiekosten zijn gepresenteerd in Tabel 79. Merk hierbij op dat het (op de bestelauto na) gaat om kosten uitgedrukt in € per 1.000 rkm of € per 1.000 tkm. Dit verklaart bijvoorbeeld waarom de gemiddelde congestiekosten voor de bus lager uitvallen dan voor de personenauto.

Tabel 79 Gemiddelde congestiekosten per 1.000 reizigers-/voertuig-/tonkilometer voor het wegverkeer op de hoofdwegen in 2010

Voertuigcategorie	Midden	Laag	Hoog
Personenvervoer (€/1.000 rkm)			
Personenauto benzine	31	27	35
Personenauto diesel	31	27	35
Personenauto LPG	31	27	35
Bus	7	6	8
Touringcar	4	3	4
Motorfiets	18	15	20
Bromfiets	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Bestelauto (€/1.000 vkm)			
Bestelauto	49	43	55
Goederenvervoer (€/1.000 tkm)			
Vrachtauto	22	20	25

De marginale externe congestiekosten zijn gebaseerd op de statische analyse, zoals gepresenteerd in Paragraaf 10.5.1. De resulterende kostenschattingen zijn weergegeven in Tabel 80. De marginale congestiekosten in de best case zijn gelijk aan 0, omdat er verondersteld is dat in deze case er geen sprake is van congestie. De worst case gaat uit van de marginale externe congestiekosten op een stadsweg tijdens de spits. De middenwaarde is een gemiddelde van de marginale externe congestiekosten over de verschillende typen wegen en over de dag.

Tabel 80 **Marginale externe congestiekosten per 1.000 reizigers-/voertuig-/tonkilometer voor het wegverkeer in 2010**

Voertuigcategorie	Midden	Best	Worst
Personenvervoer (€/1.000 rkm)			
Personenauto benzine	60	0	308
Personenauto diesel	60	0	308
Personenauto LPG	60	0	308
Bus	16	0	88
Touringcar	8	0	41
Motorfiets	31	0	154
Bromfiets	50	0	154
Bestelauto (€/1.000 vkm)			
Bestelauto	96	0	369
Goederenvervoer (€/1.000 tkm)			
Trekker	29	0	192
Vrachtauto < 10 t	208	0	1940
Vrachtauto 10-20 t	77	0	630
Vrachtauto > 20 t	38	0	313

11 Overige kostenposten

11.1 Inleiding

Onderzoeken naar de externe kosten van verkeer en vervoer richten zich voornamelijk op de belangrijkste kostenposten (luchtvervuiling, klimaatverandering, geluidhinder, ongevallen en congestie). In deze studie behandelen we echter ook enkele andere, belangrijke kostenposten, te weten: schade aan natuur en landschap (Paragraaf 11.2) en externe kosten van grondwater- en bodemvervuiling (Paragraaf 11.3). Naast deze externe kosten van vervoer onderscheiden we in dit hoofdstuk ook een externe batenpost van vervoer onderscheiden, namelijk de externe gezondheidsbaten van fietsen (Paragraaf 11.4). In vergelijking met de externe kostenposten die in de voorgaande hoofdstukken zijn beschreven is de beschikbare literatuur over de kwantificering en monetarisering van deze externe kosten van vervoer relatief beperkt. De onzekerheid in de waardering van deze kostenposten is dan ook groter dan bij de eerder besproken externe kosten.

11.2 Natuur en landschap

11.2.1 Definiëring kosten natuur en landschap

Verkeer en vervoer heeft negatieve gevolgen voor de natuur en het landschap en daarmee ook voor de biodiversiteit. De belangrijkste schadelijke gevolgen van verkeer zijn:

- *Verlies van natuurlijke leefomgeving*. Voor de aanleg van infrastructuur moeten bepaalde stukken landschap worden opgeofferd, waardoor het leefgebied van bepaalde soorten flora en fauna verdwijnt of kleiner wordt. Ook wordt hierdoor de productiefunctie van natuur geschaad; de natuur levert minder producten op die voor de mens direct economische waarde inhouden, zoals hout, vis, schoon water, etc.
- *Versnippering van het landschap*. Doorsnijdingseffecten van infrastructuur leiden tot een versnippering van landschappen, wat ecosystemen verstoort en de biodiversiteit vermindert.
- *Vermindering van de kwaliteit van de leefomgeving*. Hierbij gaat het om het verminderen van de belevingswaarde van natuur/landschap en het verdwijnen van cultuurhistorische landschappen.

Merk hierbij op dat alleen de biodiversiteitsverliezen als gevolg van veranderingen in het landgebruik en versnippering van het landschap in deze externe kosten worden meegenomen. Biodiversiteitsverliezen als gevolg van luchtvervuiling worden meegenomen bij de externe kosten van luchtvervuiling (zie Hoofdstuk 7).

Van de bovengenoemde welvaartseffecten worden in deze studie enkel de omkeerbare effecten meegenomen. De gehanteerde waarderingsmethode (de herstelkostenmethode, zie Paragraaf 11.2.3) staat niet toe om onomkeerbare effecten te kwantificeren. Dit betekent dus dat de kosten van het verdwijnen van soorten en cultuurhistorische landschappen in deze studie buiten beschouwing blijven. Nader onderzoek op dit punt is gewenst.

Aangezien de kosten van natuur en landschap niet samenhangen met het verkeersvolume zijn de marginale kosten gelijk aan nul. In deze paragraaf zullen we dan ook geen aandacht besteden aan de marginale kosten van natuur en landschap.

11.2.2 Methodiek bepalen totale/gemiddelde kosten natuur en landschap

De kosten van natuur en landschap zijn sterk locatie specifiek. Natuurgebieden en landschappen verschillen qua kwaliteit, uniekheid en de diensten die ze voortbrengen voor mensen. Hierdoor verschillen de welvaartseffecten (zowel de gebruiks- als de niet-gebruikswaarden) die samengaan met schadelijke effecten voor natuur en landschap sterk per natuurgebied en landschap. Voor een precieze inschatting van deze welvaartseffecten zou per lokaal natuurgebied/landschap de omvang van de schadelijke effecten (fysieke effecten) bepaald moeten worden, om die vervolgens met relevante waarderingskengetallen te monetariseren. Op nationale schaal ontbreken hiervoor echter de data. Vandaar dat we in deze studie kiezen voor een andere aanpak, waarbij we de kosten voor natuur en landschap bepalen op basis van een kengetal uitgedrukt in €/m^2 infrastructuur. Deze methodiek die in het verleden door een groot aantal andere studies is toegepast (bijv. INFRAS/IWW, 2000 en 2004; CE Delft et al., 2008; CE Delft et al., 2011; UNITE, 2000), levert een grove indicatie op van de omvang van deze kostenpost.

Specifieker, de bepaling van de totale en gemiddelde kosten van natuur en landschap bestaat uit de volgende drie stappen:

- *Bereken de oppervlakte (in m^2) van de infrastructuur per modaliteit die leidt tot schade aan natuur en landschap;* uitgangspunt hierbij zijn de inschattingen die in Hoofdstuk 4 zijn gemaakt van het directe ruimtebeslag van de infrastructuur, waarbij er gecorrigeerd wordt voor de aandelen van de infrastructuur die leiden tot schadelijke effecten voor natuur en landschap[120].
- *Bepaal de totale kosten van natuur en landschap;* door het totale infrastructuuroppervlak te vermenigvuldigen met een waarderingskengetal voor de waarde van natuur en landschap. Voor een naderde toelichting van dit waarderingskengetal, zie Paragraaf 11.2.3.
- *Deel de kosten toe aan de verschillende vervoerswijzen;* de kosten van natuur en landschap worden toegewezen aan de verschillende vervoerwijzen op basis van voertuigkilometers (en voor luchtvaart op basis van LTO's). Voor het wegvervoer wordt, evenals in CE Delft et al. (2011), gerekend met PAE-kilometers zodat rekening kan worden gehouden met het verschillende capaciteitsbeslag dat de verschillende vervoerswijzen leggen op de weginfrastructuur. De kosten die het gevolg zijn van fietspaden worden enkel toegewezen aan de bromfiets en de fiets.
- *Bepaal de gemiddelde kosten van natuur en landschap;* door de totale kosten te delen door het aantal reizigers- of tonkilometers.

[120] De internationale literatuur (INFRAS/IWW, 2004 en 2004; CE Delft et al., 2008; CE Delft et al., 2011; UNITE, 2000) neemt aan dat deze correcties dienen te worden doorgevoerd voor het wegverkeer (slechts 30% van de niet-snelwegen leidt tot negatieve effecten voor landschap en natuur) en spoorwegen (slechts 10% van de spoorinfrastructuur leidt tot negatieve effecten voor natuur en landschap). Voor de binnenvaart en luchtvaart wordt aangenomen dat alle infrastructuur leidt tot negatieve effecten voor natuur en landschap.

11.2.3 Waarderingskengetal natuur en landschap

Doordat de gevolgen van vervoer op natuur en landschap (en biodiversiteit) zo complex en moeilijk in te schatten zijn, kan er geen gebruik gemaakt worden van dosis-respons relaties of van directe schadewaardering. Daarom worden doorgaans alternatieve methodes gebruikt, waarbij de herstelkostenmethode de meest gangbare is. Deze methode gaat niet uit van de preferenties van mensen, maar kijkt naar de kosten die moeten worden gemaakt om de natuur of het landschap weer in de oorspronkelijke staat te herstellen. Deze methode leidt over het algemeen tot hogere kostenschattingen dan willingness-to-pay methoden en de kostenschattingen dienen dan ook opgevat te worden als een bovengrens van de monetaire waardering van de welvaartseffecten (INFRAS/ IWW, 2004; NEEDS, 2006). Wel dient bedacht te worden dat de herstel-kostenmethode niet in staat is om alle welvaartseffecten die samenhangen met aantasting van natuur en landschap te waarderen.
Voor onomkeerbare effecten (zoals het verlies aan specifieke soorten die niet opnieuw uitgezet kunnen worden of het verdwijnen van cultuurhistorische landschappen) levert de herstelkostenmethode geen waardering op.

Toepassing van de herstelkostenmethode levert de totale kosten op die gemaakt moeten worden om de natuur of het landschap in de oorspronkelijke staat te herstellen. Voor de bepaling van de jaarlijkse kosten dienen deze totale kosten gedeeld te worden door het aantal jaren dat de infrastructuur schade heeft opgeleverd aan de natuur en het landschap. In lijn met INFRAS/ IWW (2004), UNITE (2000) en CE Delft et al. (2011) gaan we hierbij uit van 60 jaar[121]. Omdat de schadelijke effecten van de infrastructuur voor de natuur en het landschap niet verandert in de tijd (UNITE, 2000) wordt er geen discontovoet toegepast op de historische kosten.

Bij de bepaling van kosten van natuur en landschap onderscheiden we in deze studie twee aspecten:

- De kosten om natuur/landschap weer te ontsluiten door het verwijderen van de infrastructuur; als waarderingskental maken we gebruik van € 28 per m^2 (CE Delft et al., 2008).
- De kosten om ecosystemen te herstellen (bijv. de kosten voor het bewerken van de grond, herbebossen, onderhoud, etc.); een uitgebreid onderzoek naar deze kosten is uitgevoerd door NEEDS (2006). In deze studie worden landspecifieke waarderingskentallen voor de EU-25 gepresenteerd, waarbij o.a. rekening wordt gehouden met verschillen in landgebruik tussen de verschillende landen. Voor Nederland presenteert NEEDS (2006) een gemiddeld waarderingsgetal van € 0,76 per m^2 (prijspeil 2004). Na correctie voor inflatie komen we op een waarderingskengetal van € 0,83 per m^2. Tot slot, deze kosten hebben niet alleen betrekking op het oppervlak dat direct door de infrastructuur in beslag wordt genomen, maar ook op het aanliggende gebied[122].

De gehanteerde waarderingskengetallen worden gekenmerkt door een relatief hoge mate van onzekerheid. Voor de kosten om natuur/landschap weer te ontsluiten door het verwijderen van de infrastructuur geeft CE Delft et al., 2008) een bandbreedte van € 11- 43 per m^2 (gecorrigeerd voor inflatie door CE Delft). Echter, eerder gaven we reeds aan dat de kostenschattingen die volgen uit de herstelkostenmethode gezien dienen te worden als de

[121] In al deze studies wordt aangenomen dat de natuur in 1950 nog ongeveer in tact was en dat dus enkel rekening dient te worden gehouden met de infrastructuur die sindsdien is aangelegd.

[122] Volgens NEEDS (2006) gaat het dan om 15 meter aan beide zijden van snelwegen, 5 meter bij het onderliggend wegennet, 5 meter bij spoorwegen, 40 meter bij kanalen en 2-25 meter bij vliegvelden.

bovengrens van de externe kosten van natuur en landschap[123]. In aanvulling op bovenstaande analyse hebben we daarom enkel een ondergrens van de bandbreedte geschat, waarbij we voor de kosten van het verwijderen van de infrastructuur rekenen met € 11 per m^2 (ca. 60% lagere schaduwprijs). Voor de kosten van het herstellen van ecosystemen zijn geen betrouwbare andere kengetallen beschikbaar. Daarom gaan we voor de bepaling van de ondergrens van de bandbreedte ook voor deze kostenpost uit van een 60% lagere schaduwprijs, dat wil zeggen € 0,33 per m^2.

11.2.4 Resultaten

De totale en gemiddelde kosten van natuur en landschap zijn weergegeven in Tabel 81 en Tabel 82. Deze kosten liggen vooral bij het wegverkeer, de binnenvaart en de luchtvaart. In vergelijking met de andere externe kosten zijn de kosten van natuur en landschap bescheiden.

Tabel 81 Totale en gemiddelde (per 1.000 reizigers-/voertuig-/tonkilometer) kosten van natuur en landschap voor verkeer op Nederlands grondgebied in 2010

Voertuigcategorie	Totale kosten		Gemiddelde kosten	
	Midden	Laag[a]	Midden	Laag[a]
Personenvervoer in mln € en in €/1.000 rkm				
Personenauto benzine	87,8	35,1	1,0	0,4
Personenauto diesel	37,6	15,0	0,9	0,4
Personenauto LPG	4,6	1,8	0,9	0,4
Bus	0,9	0,4	0,3	0,1
Touringcar	0,8	0,3	0,1	0,0
Motorfiets	1,4	0,6	0,5	0,2
Bromfiets	1,5	0,6	1,5	0,6
Personentrein elektrisch	1,1	0,5	0,1	0,0
Personentrein diesel	0,2	0,1	0,2	0,1
Tram	0,1	0,0	0,1	0,0
Metro	0,1	0,0	0,1	0,0
Fiets	15,3	6,1	1,1	0,4
Bestelauto in mln € en in €/1.000 vkm				
Bestelauto	24,9	10,0	1,4	0,6
Goederenvervoer in mln € en in €/1.000 tkm				
Vrachtauto	29,3	11,7	0,6	0,2
Goederentrein elektrisch	0,1	0,0	0,0	0,0
Goederentrein diesel	0,0	0,0	0,0	0,0
Binnenvaart	14,8	5,9	0,4	0,1

[a] De lage waarden zijn gebaseerd op lagere waarderingskentallen.

[123] Voor zover het de welvaarsfuncties betreft die met de herstelkostenmethode in kaart kunnen worden gebracht. Zoals eerder aangegeven kan de herstelkostenmethode niet gebruikt worden voor het waarderen van onomkeerbare effecten (zoals het verdwijnen van cultuurhistorisch landschap).

Tabel 82 Totale en gemiddelde kosten van natuur en landschap in 2010 voor de internationale vervoerswijzen

Voertuigcategorie	Totale kosten (in mln €)		Gemiddelde kosten (€/LTO voor luchtvaart en €/cal voor zeevaart)		Gemiddelde kosten (€1000 rkm of tkm)	
	Midden	Laag[a]	Midden	Laag[a]	Midden	Laag[a]
Luchtvaart personen[b]	16,6	6,6	80	32	0,2	0,1
Luchtvaart goederen[b]	1,6	0,7	80	32	0,3	0,1
Zeevaart	0	0	0	0	0	0

[a] De lage waarden zijn gebaseerd op lagere waarderingskentallen.

[b] Het betreft de kosten van natuur en landschap op Nederlands grondgebied. Voor het bepalen van de gemiddelde kosten zijn deze kosten gedeeld door de helft van het totale aantal reizigers en tonkilometers van alle vertrekkende en aankomende vluchten/vaarten in Nederland.

11.3 Grondwater- en bodemvervuiling

11.3.1 Definiëring kosten grondwater- en bodemvervuiling

Vervoer kan een negatieve invloed hebben op de bodem- en waterkwaliteit in de nabijheid van de infrastructuur. De belangrijkste negatieve effecten zijn het gevolg van het vrijkomen van de volgende stoffen:

- zware metalen;
- polyaromatische koolwaterstoffen (PAK's).

Deze stoffen kunnen verschillende negatieve gevolgen hebben voor de grond- en/of waterkwaliteit in de nabijheid van de infrastructuur, zoals:

- schade aan de kwaliteit van flora en fauna in de nabijheid van infrastructuur;
- verminderde vruchtbaarheid van de grond;
- vervuiling van het drinkwater (wat uiteraard ook schadelijk kan zijn voor mensen en dieren).

Evenals in CE Delft et al. (2011) worden de kosten van grondwater- en bodemvervuiling alleen meegenomen voor weg- en spoorvervoer. Voor de luchtvaart zijn deze kosten verwaarloosbaar, terwijl het – vanwege een gebrek aan data – niet mogelijk is om deze kosten te bepalen voor de binnen- en zeevaart.

11.3.2 Methodiek bepalen totale/gemiddelde kosten grondwater- en bodemvervuiling

Evenals bij de bepaling van de kosten voor natuur en landschap zou er bij de bepaling van de kosten van grondwater- en bodemvervuiling idealiter gebruik gemaakt worden van specifieke lokale gegevens, zoals de vervuiling die zich heeft voorgedaan langs de Nederlandse infrastructuur. Deze data zijn echter niet beschikbaar en daarom hanteren we in deze studie een grovere aanpak, waarbij we deze kosten bepalen aan de hand van een waarderingskengetal dat is uitgedrukt in € per m^3 bodem die potentieel vervuild kan raken.
Deze methode is in het verleden toegepast door een breed scala aan studies (o.a. INFRAS/IWW, 2000 en 2004; UNITE, 2000; CE Delft et al., 2011) en geeft een (grove) indicatie van de omvang van deze kosten voor Nederland.

Om de totale en gemiddelde externe kosten van grondwater- en bodemvervuiling te berekenen worden vier stappen gevolgd:

- *Bepaal het totale bodemvolume (in m^3) dat schade kan oplopen;* evenals CE Delft et al. (2011) veronderstellen we dat de totale oppervlakte waar de gevolgen van grondwater- en bodemvervuiling optreden gelijk is aan het directe ruimtebeslag van de infrastructuur (zie Hoofdstuk 4) plus 5 meter aan weerszijden. Vervolgens wordt aangenomen dat de diepte van de vervuiling tot 20 cm gaat. Op basis van deze informatie kan het totale bodemvolume (in m^3) worden berekend dat schade door grondwater- en bodemvervuiling oploopt.
- *Bepaal de totale externe kosten van grondwater- en bodemvervuiling;* door het totale vervuilde bodemvolume te vermenigvuldigen met een kostenkengetal (in €/m^3) voor dit type vervuiling, kunnen de totale externe kosten van grondwater- en bodemvervuiling worden gevonden. In Paragraaf 11.3.3 gaan we uitgebreider in op het gehanteerde waarderingskengetal.
- *Toedeling van de totale externe kosten aan de afzonderlijke vervoerwijzen;* voor de toedeling van de totale kosten aan de verschillende vervoerswijzen maken we gebruik van voertuigkilometers die worden gewogen naar de gemiddelde emissies van zware metalen door voertuigen (op basis van Ecoinvent, 2010).
- *Bepaal de gemiddelde externe kosten van grondwater- en bodemvervuiling*; de gemiddelde kosten worden berekend door de totale externe kosten te delen door de vkm's/tkm's/rkm's per vervoerwijze.

De bovenstaande methodiek is niet geschikt voor de bepaling van de marginale kosten van grondwater- en bodemvervuiling. Omdat alternatieve methodieken niet voor handen zijn, zullen de marginale kosten in deze studie buiten beschouwing blijven.

11.3.3 Waarderingskengetal grondwater- en bodemvervuiling

Op basis van een uitgebreide bestudering van de literatuur wordt door CE Delft et al. (2008) aanbevolen om voor de waardering van grondwater- en bodemvervuiling gebruik te maken van een waarderingskengtetal dat door INFRAS (2006) is bepaald voor Zwitserland. Gebaseerd op een gedetailleerd onderzoek naar de saneringskosten die nodig zijn om de grond langs snel- en spoorwegen schoon te maken (herstelkosten) komt deze studie tot een waarderingskengetal van € 61 per m^3 (prijspeil 2010).

Evenals bij de kosten van natuur en landschap levert de toepassing van de herstelkostenmethode een schatting van de totale kosten van grondwater- en bodemvervuiling op. Voor de bepaling van de jaarlijkse kosten wordt dezelfde methodiek toegepast als bij de kosten van natuur en landschap.

Om inzicht te krijgen in de invloed van de onzekerheid in de schaduwprijs op de ingeschatte kosten wordt een bandbreedte voor de kosten van grondwater- en bodemvervuiling geconstrueerd, waarbij de ondergrens wordt bepaald m.b.v. een schaduwprijs die 60% lager is dan de hierboven genoemde schaduwprijs (€ 24 per m^3). We bepalen geen afzonderlijke bovengrens, aangezien de schattingen op basis van de herstelkostenmethode reeds als een bovengrens gezien kunnen worden.

11.3.4 Resultaten

De totale en gemiddelde (per 1.000 reizigers-/voertuig-/tonkilometer) kosten van water- en bodemvervuiling voor de verschillende vervoerswijzen zijn gepresenteerd in Tabel 83. In totaal zijn deze kosten gelijk aan ca. € 535 miljoen, waarbij het grootste deel voor rekening komt van de vrachtauto ca. 40% en de personenauto ca. 35%. De gemiddelde kosten zijn over het algemeen relatief laag.

Tabel 83 Totale en gemiddelde (per 1.000 reizigers-/voertuig-/tonkilometer) kosten van water- en bodemvervuiling in 2010

Voertuigcategorie	Totale kosten		Gemiddelde kosten	
	Midden	Laag[a]	Midden	Laag[a]
Personenvervoer in mln € en in €/1.000 rkm				
Personenauto benzine	135,3	48,9	1,5	0,6
Personenauto diesel	57,4	23,4	1,4	0,6
Personenauto LPG	7,0	2,9	1,4	0,6
Bus	16,6	4,0	4,6	1,1
Touringcar	11,4	4,6	1,4	0,6
Motorfiets	2,3	0,9	0,8	0,3
Bromfiets	1,7	0,4	1,7	0,4
Personentrein elektrisch	7,7	3,1	0,5	0,2
Personentrein diesel	1,1	0,5	1,4	0,6
Tram	0,6	0,3	0,7	0,3
Metro	0,5	0,2	0,6	0,2
Bestelauto in mln € en in €/1.000 vkm				
Bestelauto	88,8	35,5	5,1	2,0
Goederenvervoer in mln € en in €/1.000 tkm				
Vrachtauto	202,1	88,4	3,9	1,7
Goederentrein elektrisch	1,2	0,5	0,4	0,1
Goederentrein diesel	1,1	0,4	0,4	0,2
Binnenvaart[b]	-	-	-	-

[a] De lage waarden zijn gebaseerd op lagere waarderingskentallen.

[b] Vanwege een gebrek aan data zijn de totale en gemiddelde kosten van water- en bodemvervuiling voor de binnenvaart niet bepaald.

11.4 Gezondheidsbaten fietsen

11.4.1 Definiëring gezondheidsbaten fietsen

Actieve vervoerswijzen (fietsen en lopen) veroorzaken vrijwel geen negatieve externe effecten, maar kunnen wel externe baten met zich mee brengen in de vorm van gezondheidseffecten[124]. Vanwege de afbakening van deze studie richten we ons hier alleen op de externe gezondheidsbaten van fietsen.
De belangrijkste positieve effecten van fietsen voor de gezondheid zijn[125]:

– *Vermijding vervroegde sterfte/gewonnen levensjaren.* Mensen die regelmatig fietsen zijn fitter en weerbaarder tegen ziektes. Bovendien hebben deze mensen minder kans op een hartaanval. Deze baten zijn

[124] Hiermee vormen deze vervoerswijzen een uitzondering, omdat de baten die andere vervoerswijzen met zich meebrengen in nagenoeg alle gevallen intern van aard zijn. Deze baten vallen dan ook buiten de scope van deze studie.

[125] Uiteraard zijn er ook gezondheidsrisico's verbonden aan fietsen, zoals het risico op een verkeersongeval of de direct blootstelling aan luchtvervuilende emissies. De Hartog et al. (2010) concluderen echter dat de gezondheidsbaten van fietsen substantieel groter zijn dan de gezondheidsrisico's.

gedeeltelijk geïnternaliseerd doordat een deel van de fietsers rekening houden met de positieve gezondheidseffecten bij de beslissing om te gaan fietsen. Uit onderzoek van Blauw Research (2009) blijkt dat 45% van de fietsende Nederlanders het feit dat fietsen goed is voor de gezondheid noemt als reden om te fietsen. Op basis daarvan veronderstellen we dan ook dat 45% van de baten van gewonnen levensjaren geïnternaliseerd zijn. Deze aanname is uiteraard onzeker en nader onderzoek op dit punt is gewenst.
- *Besparingen in de gezondheidszorg/sociale zekerheid.* Een betere gezondheid zal netto besparingen opleveren in de uitgaven aan gezondheidszorg. Bovendien zullen de uitgaven aan ziekte uitkeringen dalen. Deze baten zijn volledig extern van aard.
- *Hogere productiviteit door minder ziekte*. Indien het absenteïsme daalt zullen werkgevers minder geld kwijt zijn aan het opvangen van de afwezigheid van een werknemer, zoals de kosten van vervangend personeel. Ook kunnen hiermee productiviteitsdalingen voorkomen worden. Ook deze baten zijn volledig extern van aard.

11.4.2 Methodiek bepalen totale/gemiddelde baten fietsen

De bepaling van de totale en gemiddelde externe baten van fietsen bestaat uit de volgende drie stappen:

- *Bepaal het aantal mensen dat geregeld met de fiets naar het werk gaat;* op basis van CBS-data maken we een inschatting van het aantal mensen dat regelmatig met de fiets naar het werk gaat[126]. We richten ons hier bewust op het gebruik van de fiets in het woon-werkverkeer, aangezien de gezondheidsbaten van fietsen het resultaat zijn van *regelmatig* fietsen. De impliciete veronderstelling hierbij is dat het gebruik van de fiets voor andere reismotieven (bijvoorbeeld sociaal-recreatief verkeer) een onregelmatig karakter heeft en daardoor veel minder of geen gezondheidsbaten met zich meebrengt. Uiteraard is dit niet altijd zo en zullen er mensen zijn die altijd met de auto of het OV naar het werk gaan, maar toch ook nog regelmatig op de fiets zitten[127]. Het was echter niet mogelijk om dit te kwantificeren. Vandaar dat we ons in deze studie hebben beperkt tot het gebruik van de fiets in het woon-werkverkeer. Dit leidt mogelijkerwijs tot een onderschatting van de totale externe gezondheidsbaten van fietsen.
- *Bepaal de totale gezondheidsbaten van fietsen;* door de gezondheidsbaten per persoon per jaar te vermenigvuldigen met het totale aantal personen dat regelmatig met de fiets naar het werk gaat bepalen we de totale gezondheidsbaten van fietsen. In Paragraaf 11.4.3 wordt nader toegelicht hoe de gezondheidsbaten per persoon per jaar zijn bepaald.
- *Bepaal de gemiddelde gezondheidsbaten van fietsen;* door de totale externe gezondheidsbaten van fietsen te delen door het totale aantal rkm's met de fiets in het woon-werkverkeer worden de gemiddelde externe baten van fietsen bepaald.

---

126 Uiteraard heeft de gemiddelde afstand waarover mensen naar hun werk fietsen ook invloed op de te behalen gezondheidseffecten. Het was binnen deze studie echter niet mogelijk om hier in de berekeningen rekening mee te houden.

127 Ook scholieren die dagelijks fietsen naar school.

11.4.3 Gezondheidsbaten per persoon

De schattingen van de gezondheidsbaten van fietsen lopen wijd uiteen. Een recente studie van TML heeft deze cijfers geanalyseerd en de meest waarschijnlijke baten voor België vast gesteld (TML, 2010). Daarbij kiezen ze over het algemeen voor vrij conservatieve waarden voor de verschillende baten. Omdat het binnen het bestek van deze studie niet mogelijk was om specifieke waarden voor Nederland af te leiden en omdat de waarden voor België en Nederland waarschijnlijk in dezelfde orde van grootte zullen liggen baseren wij ons in dit onderzoek voornamelijk op de analyse van TML. Deze werkwijze leidt uiteraard tot een aanzienlijke onzekerheid in de geschatte externe gezondheidsbaten van fietsen. De uiteindelijke resultaten dienen dan ook vooral gezien te worden als een eerste inschatting van de orde van grootte van deze baten.

De door TML geschatte externe gezondheidsbaten van fietsen (per persoon per jaar) voor België zijn weergegeven in Tabel 84. Tevens zijn in deze tabel de in deze studie gehanteerde baten voor Nederland weergegeven. Op twee punten wijken wij af van de Belgische waarden. Ten eerste hanteren wij een lagere waarde voor de baten van vermeden vervroegde sterfte, omdat we – in tegenstelling tot TML (2010) – rekening houden met het feit dat deze baten door een deel van de fietsers wordt geïnternaliseerd doordat ze deze baten meenemen bij de keuze om te gaan fietsen. Zoals eerder aangegeven gaan we er vanuit dat 45% van de fietsers deze baten internaliseren; de meegenomen baten per persoon liggen dus op 55% van de Belgische waarden. Daarnaast hanteren we ook een andere waarde voor de baten van de gestegen productiviteit, omdat voor deze waarden specifieke Nederlandse gegevens beschikbaar zijn (uit TNO, 2010)[128]. De externe baten voor een persoon die regelmatig naar zijn/haar werk fiets bedragen ongeveer € 358 per jaar in Nederland.

Tabel 84 Externe gezondheidsbaten per persoon

Baten	Schatting TML voor België (per persoon in € per jaar)	Gehanteerde baten voor NL (per persoon in € per jaar)
Vermeden vervroegde sterfte	71	39
Netto besparing sociale zekerheid	46	46
Stijging productiviteit	123	280
Totale gezondheidsbaten	240	358

Bron: TML, 2010.

[128] TML (2010) laat zien dat de baten van gestegen productiviteit sterk afhankelijk zijn van de nationale context. Vandaar dat we in deze studie uitgaan van specifieke Nederlandse cijfers.

11.4.4 Marginale baten van fietsen

Volgens TML (2010) nemen de marginale gezondheidsbaten van fietsen af wanneer mensen meer gaan fietsen. Vooral mensen die nooit fietsen (te weinig bewegen) ondervinden positieve gezondheidsbaten als ze regelmatig gaan fietsen. Dit suggereert dat de marginale gezondheidsbaten van fietsen lager zijn dan de gemiddelde gezondheidsbaten voor mensen die regelmatig fietsen, terwijl ze voor mensen die zelden fietsen juist hoger zijn. Echter, door een gebrek aan beschikbare data is het niet mogelijk om afzonderlijk de marginale externe baten van fietsen in te schatten. Vandaar dat we, evenals TML (2010), veronderstellen dat de marginale externe baten van fietsen gelijk zijn aan de gemiddelde externe baten.

11.4.5 Resultaten

De totale en gemiddelde gezondheidsbaten van fietsen zijn weergegeven in Tabel 85. Nogmaals dient opgemerkt te worden dat deze baten vrij onzeker zijn en dienen te worden opgevat als een eerste orde inschatting van de daadwerkelijke baten.

Tabel 85 Totale en gemiddelde gezondheidsbaten van fietsen

Voertuigcategorie	Totale baten (mln €)	Gemiddelde baten (€/1.000 rkm)
Fiets	535	39

12 Belastingen, heffingen en subsidies

12.1 Inleiding

In dit hoofdstuk bespreken we de belastingen, heffingen, subsidies en overheidsbijdragen voor de verkeerssector. In Paragraaf 12.2 gaan we allereerst in op de relevante belastingen en heffingen, waarna in Paragraaf 12.3 de subsidies en overheidsbijdragen aan bod komen.

12.2 Belastingen en heffingen

In deze paragraaf bespreken we de belastingen en heffingen die gelden voor de verschillende vervoerswijzen. Na een korte bespreking van enkele methodologische punten worden de relevante belastingen en heffingen per modaliteit besproken.

12.2.1 Enkele methodologische punten

Verschil belastingen en heffingen

In deze studie maken we onderscheid tussen belastingen en heffingen. Belastingen worden daarbij gedefinieerd als verplichte betalingen aan lokale, regionale of nationale overheden zonder dat daar een direct aanwijsbare tegenprestatie tegenover staat. De primaire doelstelling van de belasting op verkeer is - in ieder geval voor zover het de Rijksbelastingen betreft - het financieren van overheidsuitgaven. De opbrengsten van deze belastingen vloeien dan ook rechtstreeks naar de algemene middelen. Het belasten van de externe effecten van transport is dus geen primaire doelstelling van deze verkeersbelastingen. Overigens worden fiscale instrumenten wel gebruikt voor andere doeleinden, zoals vergroening en het ontmoedigen van ongewenst gedrag, maar dit is niet het primaire doel.

Bij heffingen gaat het daarentegen om betalingen aan de overheid of mobiliteitsaanbieders waar een directe tegenprestatie tegenover staat. Een voorbeeld hiervan zijn de havengelden in de zeehavens; vanuit de betaalde havengelden wordt de aanleg en onderhoud van de zeehaven-infrastructuur gefinancierd.

Algemene belastingen buiten beschouwing

Evenals in CE Delft en VU (2004) blijven de algemene belastingen – belastingen op arbeid, kapitaal, winst en dergelijke – buiten beschouwing. Deze belastingen worden in de gehele economie geheven en hebben daardoor geen andere invloed op de verkeersmarkt dan op andere sectoren. Alleen regelingen die specifiek ingrijpen op het functioneren van de verkeersmarkt passeren daarom de revue.

BTW buiten beschouwing

In CE Delft en VU (2004) bleef ook de BTW buiten beschouwing, omdat die gezien kan worden als een algemene belasting en dus geen specifieke invloed heeft op het functioneren van de verkeersmarkt. Ook de BTW over accijnzen en andere heffingen kunnen vanuit dit perspectief niet gezien worden als specifieke verkeersbelastingen. Deze redenering gaat nog steeds op en vanwege die reden nemen we de betaling van BTW niet mee in deze studie.

12.2.2 Wegverkeer

Voor het wegverkeer worden de volgende belastingen onderscheiden[129]:

- brandstofaccijns;
- belasting op Personenauto's en Motorrijwielen (BPM);
- motorrijtuigenbelasting, incl. provinciale opcenten (MRB);
- Eurovignet.

Daarnaast wordt de volgende heffing voor het wegverkeer meegenomen:

- parkeergelden.

De brandstofaccijnzen voor de verschillende vervoerswijzen zijn berekend door het totale brandstofverbruik (zie Bijlage G) te vermenigvuldigen met het accijnstarief voor 2010. De opbrengsten van MRB + provinciale opcenten, Eurovignet en parkeergelden zijn afkomstig van het CBS (2012). Tot slot, de BPM opbrengsten zijn berekend door CE Delft. Hierbij is het goed om allereerst op te merken dat we bij de BPM niet zijn uitgegaan van inkomsten maar van baten. Immers, de auto's die in 2010 nieuw zijn gekocht en waarvoor dus in 2010 BPM is betaald rijden ook in de toekomstige jaren rond; een deel van de BPM-inkomsten in 2010 dienen dan ook toegerekend te worden aan toekomstige jaren. Volgens dezelfde redenering geldt dat een deel van de BPM-inkomsten uit eerdere jaren aan 2010 toegerekend dienen te worden. Bij de bepaling van de BPM-baten voor 2010 zijn we dan ook uitgegaan van een historische reeks van BPM-inkomsten voor de periode 1993-2010 (CBS, 2012)[130], waarbij we op basis van forfaitaire afschrijvingstarieven[131] van de Belastingdienst, hebben bepaald welk deel van de BPM-inkomsten toegerekend dienen te worden aan 2010. Hierbij is uiteraard gecorrigeerd voor inflatie.

De totale opbrengsten van belastingen en heffingen voor het wegvervoer in 2010 zijn weergegeven in Tabel 86.

---

129 De bijtelling voor de auto van de zaak wordt impliciet meegenomen bij de impliciete subsidie voor het privégebruik van de auto van de zaak (zie Paragraaf 12.3).

130 Door het CBS wordt bij de jaarlijkse BPM-inkomsten geen onderscheid gemaakt tussen personenauto's en motorfietsen en tussen de verschillende brandstoftypen bij personenauto's. Voor een aantal recente jaren hebben we deze onderverdeling kunnen achterhalen op basis van data van de RDW en Financiën. Op basis van deze data hebben we de verdeling voor de eerdere jaren ingeschat.

131 Het gaat hier om de afschrijvingstarieven die worden gehanteerd om te bepalen hoeveel BPM er verschuldigd is over voertuigen die vanuit het buitenland worden ingevoerd.

Tabel 86 Totale opbrengsten van belastingen en heffingen voor het wegvervoer in 2010 (mln €)

Voertuigcategorie	Belastingen				Heffingen
	Brandstof-accijnzen	BPM	MRB + Provinciale opcenten	Eurovignet	Parkeergelden[a]
Personenvervoer in mln €					
Personenauto benzine	3.467	1.905	2.341	0	306
Personenauto diesel	1.011	1.321	1.949	0	147
Personenauto LPG	64	49	202	0	18
Bus	52	0	4	0	0
Touringcar	52	0	4	0	0
Motorfiets	80	26	48	0	0
Bromfiets	12	0	0	0	0
Goederenvervoer in mln €					
Bestelauto	766	0	422	0	81
Vrachtauto	1.085	0	105	155	0

Bron: Ministerie van Financiën, CBS (2012); bewerkingen door CE Delft.
[a] Parkeergelden betreffen alleen de parkeergelden die zijn betaald door motorvoertuigen. Betaalde fietsgelden zijn door een gebrek aan data niet opgenomen in deze studie.

De gemiddelde opbrengsten van belastingen en heffingen per rkm of tkm zijn weergegeven in Tabel 87.

Tabel 87 Gemiddelde opbrengsten van belastingen en heffingen voor het wegvervoer in 2010

Voertuigcategorie	Belastingen				Heffingen
	Brandstof-accijnzen	BPM	MRB + Provinciale opcenten	Eurovignet	Parkeergelden
Personenvervoer in €/1.000 rkm					
Personenauto benzine	39	22	27	0	3
Personenauto diesel	24	31	46	0	3
Personenauto LPG	12	10	39	0	3
Bus	15	0	1	0	0
Touringcar	6	0	0	0	0
Motorfiets	28	9	17	0	0
Bromfiets	12	0	0	0	0
Bestelauto in €/1.000 vkm					
Bestelauto	44	0	24	0	5
Goederenvervoer in €/1.000 tkm					
Vrachtauto	21	0	2	3	0

Tot slot, de marginale opbrengsten van belastingen en heffingen zijn voor het wegvervoer respectievelijk gelijk aan de gemiddelde opbrengsten van de brandstofaccijnzen en de parkeergelden[132]. Voor de best case en worst case zijn correcties uitgevoerd voor de verschillen in beladings-/bezettingsgraden

[132] Hierbij is aangenomen dat 95% van de parkeergelden afkomstig zijn van straat parkeren en 5% van parkeervergunningen. Laatstgenoemde opbrengsten zijn niet variabel en zijn dan ook niet meegenomen bij de bepaling van de marginale belastingopbrengsten.

en verschillen in energiegebruik per rkm/tkm (op basis van het STREAM-model).

Tabel 88 Marginale opbrengsten van belastingen en heffingen voor het wegvervoer in 2010

Voertuigcategorie	Belastingen			Heffingen		
	Midden	Best	Worst	Midden	Best	Worst
Personenvervoer in €/1.000 rkm						
Personenauto benzine[a]	39,5	10,9	106,5	1,1	3,3	4,4
Personenauto diesel[a]	24,0	7,0	65,4	1,1	3,3	4,4
Personenauto LPG[a]	12,4	3,4	35,7	1,1	3,3	4,4
Bus	14,5	6,5	27,5	0	0	0
Touringcar	6,4	3,4	12,8	0	0	0
Motorfiets	27,6	13,6	50,7	0	0	0
Bromfiets	11,5	5,6	33,1	0	0	0
Bestelauto in €/1.000 vkm						
Bestelauto	44,1	36,4	56,4	4,4	4,4	4,4
Goederenvervoer in €/1.000 tkm						
Trekker	17,2	9,1	50,4	0	0	0
Vrachtauto < 10 t	66,7	37,4	210,7	0	0	0
Vrachtauto 10 - 20 t	39,2	21,1	125,6	0	0	0
Vrachtauto > 20 t	27,2	15,3	88,2	0	0	0

[a] De grote spreiding tussen de best en de worst case wordt veroorzaakt door verschillen in brandstofverbruik (best = BUBK, worst = BIBK) wat leidt tot verschillen in betaalde accijnzen (belasting). Daarnaast wordt een factor 4 in de spreiding veroorzaakt door het verschil in bezettingsgraad (best = 4 personen, worst = 1 persoon) (zowel belastingen als heffingen)

12.2.3 Spoorverkeer (incl. tram en metro)

Voor het spoorverkeer worden de volgende belastingen onderscheiden:
- brandstofaccijns (dieseltreinen);
- energiebelasting (elektrische treinen);
- (indirecte) betalingen in het kader van ETS[133].

Daarnaast wordt de volgende heffing onderscheiden:
- infrastructuurheffingen.

De brandstofaccijns, energiebelasting en betalingen in het kader van ETS zijn bottom-up bepaald, dat wil zeggen het totale brandstof/energieverbruik(zie Bijlage G) is vermenigvuldigd met de relevante (belasting)tarieven. Bij de energiebelasting is daarbij rekening gehouden met de gestaffelde belasting-tarieven[134]. Voor de betalingen in het kader van ETS is uitgegaan van een gemiddelde ETS-prijs voor 2010 van € 13/ton CO_2 (KiM, 2012b). De totale opbrengsten van de infrastructuurheffingen voor treinen van het gemengde net zijn afkomstig uit het Jaarverslag van ProRail (ProRail, 2010). Daarbovenop is van ProRail voor de HSL informatie ontvangen over de opbrengsten van de

[133] De elektriciteitsbedrijven vallen onder het Europese Emission Trading System. Wij gaan er in dit onderzoek vanuit dat zij de kosten hiervan doorberekenen in hun tarieven, waardoor die indirect betaald worden door het spoorvervoer. Deze betalingen worden in dit onderzoek meegenomen bij de belastingen en heffingen voor het spoorvervoer.

[134] De Nederlandse energiebelasting wordt gekenmerkt door een gestaffeld tarief. Het systeem kent vijf schijven die worden gekenmerkt door afnemende tarieven. Hoe meer elektriciteit wordt gebruikt door een afnemer, des te hoger de schijf waarin die partij valt. Dit betekent dan ook dat het spoorvervoer voor het overgrote deel in de hoogste schijf valt en daardoor relatief lage tarieven betaalt.

gebruiksvergoeding en de HSL-heffing. De gebruiksvergoeding voor de Betuweroute in 2010 zijn gebaseerd op het Beheerplan 2011 (Prorail, 2011).

De totale opbrengsten van belastingen en heffingen voor het spoorverkeer zijn weergegeven in Tabel 89.

Tabel 89 Totale opbrengsten van belastingen en heffingen voor het spoorverkeer in 2010 (mln €)

Voertuigcategorie	Belastingen			Heffingen
	Brandstof-accijnzen	Energie-belasting	EU ETS	Infrastructuur-heffingen
Personenvervoer in mln €				
Personentrein elektrisch	0	1,4	8,5	279,7
Personentrein diesel	3,5	0	0	23,3
Tram	0	0,5	0,9	0,00
Metro	0	0,3	0,8	0,00
Goederenvervoer in mln €				
Goederentrein elektrisch	0	1,3	0,7	17,1
Goederentrein diesel	8,1	0,0	0,00	8,9

Bron: KiM (2012a); ProRail (2010); contact met ProRail over HSL; Prorail (2011) voor Betuweroute

De gemiddelde opbrengsten van belastingen en heffingen (per 1.000 rkm of 1.000 tkm) zijn weergeven in Tabel 90.

Tabel 90 Gemiddelde opbrengsten van belastingen en heffingen voor het spoorverkeer in 2010

Voertuigcategorie	Belastingen			Heffingen
	Brandstof-accijnzen	Energie-belasting	EU ETS	Infrastructuur-heffingen
Personenvervoer in €/1.000 rkm				
Personentrein elektrisch	0,0	0,1	0,5	17,0
Personentrein diesel	4,4	0,0	0,0	29,3
Tram	0,0	0,5	0,9	0,0
Metro	0,0	0,3	0,9	0,0
Goederenvervoer in €/1.000 tkm				
Goederentrein elektrisch	0,0	0,4	0,2	5,4
Goederentrein diesel	3,0	0,0	0,0	3,2

Alle belastingen en heffingen voor het spoorverkeer kunnen aangemerkt worden als variabele belastingen/heffingen, met uitzondering van de HSL-heffing. De marginale opbrengsten van belastingen en heffingen zijn dan ook rechtstreeks afgeleid van de gemiddelde opbrengsten van belastingen en heffingen (gecorrigeerd voor de HSL-heffing), waarbij er voor de best en worst case is gecorrigeerd voor verschillen in beladings-/bezettingsgraden en verschillen in energiegebruik per rkm/tkm (op basis van het STREAM-model). De resulterende marginale opbrengsten van belastingen en heffingen zijn weergegeven in Tabel 91.

Tabel 91 **Marginale opbrengsten van belastingen en heffingen voor het spoorverkeer**

Voertuigcategorie	Belastingen			Heffingen		
	Midden	Best	Worst	Midden	Best	Worst
Personenvervoer in €/1.000 rkm						
Personentrein elektrisch	0,6	0,3	2,2	17,0	9,3	44,4
Personentrein diesel	4,4	2,2	8,8	29,3	16,0	55,7
Tram	1,5	0,7	2,9	0	0	0
Metro	1,2	0,6	2,4	0	0	0
Goederenvervoer in €/1.000 tkm						
Goederentrein elektrisch	0,6	0,2	1,4	5,4	3,3	12,0
Goederentrein diesel	3,0	1,3	6,2	3,3	2,4	7,6

12.2.4 Binnenvaart

Voor de binnenvaart onderscheiden we in deze studie alleen de haven- en sluisgelden (heffing). De afvalstoffenheffing die door de binnenvaart betaald moet worden wordt niet meegenomen, omdat deze heffing een vergoeding vormt voor een dienst die aan de binnenvaart wordt geleverd (namelijk het verwerken van het afval)[135].

Voor de binnenvaart waren er enkel data beschikbaar over de betaalde havengelden in de zeehavens[136]. De in Tabel 92 gerapporteerde opbrengsten van heffingen vormen dus ook een (lichte) onderschatting van de totale opbrengsten van heffingen.

Tabel 92 **Totale en gemiddelde opbrengsten van heffingen voor de binnenvaart in 2010**

Voertuigcategorie	Totale haven- en sluisgelden (mln €)	Gemiddelde haven- en sluisgelden (€/1.000 tkm)
Binnenvaart	20	0,50

Bron: Jaarverslagen en websites van de havens Rotterdam, Amsterdam, Vlissingen/Terneuzen, Moerdijk, Delfszijl/Eemshaven.

Aangezien de haven- en sluisgelden als variabel aangemerkt kunnen worden zijn de marginale opbrengsten van heffingen voor de binnenvaart gelijk aan de gemiddelde opbrengsten. Het bepalen van de marginale opbrengsten van heffingen voor de best en worst case was binnen deze studie niet mogelijk. Voor deze cases zijn de marginale heffingsopbrengsten dan ook gelijk verondersteld aan de opbrengsten voor de gemiddelde case.

135 Indien de afvalstoffenheffing meegenomen zou worden in het onderzoek dan zouden ook de kosten van de afvalverwerking moeten worden meegenomen. Dit valt echter buiten de scope van de studie (zijn geen externe kosten). Bovendien wordt dit ook niet voor de andere vervoerswijzen gedaan.

136 Voor de volgende zeehavens waren data beschikbaar: Rotterdam, Amsterdam, Vlissingen/Terneuzen, Moerdijk, Delfszijl/Eemshaven.

12.2.5 Zeevaart

De totale opbrengsten van havengelden (heffingen) bedroegen in 2010 € 342 miljoen. Deze schatting is gebaseerd op de gerapporteerde getallen in de jaarrapporten van de verschillende zeehavens[137]. Per call komt dit neer op € 4.628 en per 1.000 tonkilometer op € 0,35.

Aangezien de havengelden aangemerkt kunnen worden als marginale heffingen, zijn de marginale opbrengsten van heffingen voor de zeevaart gelijk aan de gemiddelde opbrengsten. Het bepalen van de marginale opbrengsten van heffingen voor de best en worst case was binnen deze studie niet mogelijk. Voor deze cases zijn de marginale heffingsopbrengsten dan ook gelijk verondersteld aan de opbrengsten voor de gemiddelde case.

12.2.6 Luchtvaart

Voor de luchtvaart onderscheiden we de volgende belastingen:

- brandstofaccijns (binnenlandse commerciële vluchten, recreatievluchten, politievluchten, etc.).

Daarnaast worden de volgende heffingen onderscheiden:

- geluidsheffing;
- luchthavengelden.

De opbrengsten van de brandstofaccijnzen (die overigens alleen gelden voor binnenlandse vluchten) zijn, evenals voor de overige vervoerswijzen, bottom-up bepaald. Aangezien de binnenlandse vluchten enkel betrekking hebben op personenluchtvaart zijn de opbrengsten van brandstofaccijnzen volledig toegewezen aan de personenluchtvaart.

De totale opbrengsten voor de geluidsheffing en de luchthavengelden zijn afkomstig uit de Jaarverslagen voor de verschillende luchthavens van nationale betekenis (zie Paragraaf 3.8). Bij de luchthavengelden zijn daarbij de volgende heffingen meegenomen: vliegtuiggerelateerde vergoedingen, passagiers-gerelateerde vergoedingen, security heffingen en vliegtuigparkeergelden. De passagiersgerelateerde vergoedingen en de security heffingen zijn volledig toegerekend aan de personenluchtvaart; de overige heffingen zijn toegedeeld aan personen- en vrachtluchtvaart op basis van de aandelen van beide type luchtvaart in het aantal LTO's (zie Bijlage A.1 voor een nadere toelichting).

Tabel 93 Totale opbrengsten van belastingen en heffingen voor de luchtvaart in 2010 (mln €)

Voertuigcategorie	Belastingen	Heffingen	
	Brandstof-accijns	Luchthaven-gelden	Geluids-heffing
Luchtvaart personen	0,8	672	34
Luchtvaart goederen	0	17	3
Luchtvaart totaal	0,8	689	37

Bron: Jaarverslagen Schiphol, Eindhoven Airport, Groningen Airport Eelde, Lelystad Airport en Rotterdam-The Hague Airport.

De gemiddelde opbrengsten van belastingen en heffingen per LTO en per rkm/tkm zijn weergegeven in Tabel 94.

[137] Wederom gaat het daarbij om de volgende havens: Rotterdam, Amsterdam, Vlissingen/Terneuzen, Moerdijk, Delfszijl/Eemshaven.

Tabel 94 Gemiddelde opbrengsten van belastingen en heffingen voor de luchtvaart in 2010

Voertuigcategorie	Belastingen	Heffingen	
	Brandstofaccijns	Luchthavengelden	Geluidsheffing
Belastingen en heffingen in €/LTO			
Luchtvaart personen	4[a]	3.237	162
Luchtvaart goederen	0	822	162
Belastingen en heffingen in €/ 1.000 rkm (personen) en tkm (goederen)			
Luchtvaart personen	0,01	8,9	0,4
Luchtvaart goederen	0	3,2	0,6

[a] Het betreft de totale betaalde brandstofaccijns voor binnenlandse vluchten gedeeld door het totale aantal LTO's (d.w.z. 50% van de internationale vluchten + alle binnenlandse vluchten). Per binnenlandse LTO bedragen de opbrengsten van brandstofaccijns € 151.

Tot slot, de marginale opbrengsten van heffingen voor de luchtvaart zijn weergegeven in Tabel 95. Hierbij gaat het om de luchthavengelden en geluidsheffingen, die sterk verschillen per type vliegtuig en dus ook voor de best en worst case. Omdat de marginale cases enkel internationale vluchten omvatten hoeft er geen rekening te worden gehouden met de brandstofaccijns (er wordt enkel accijns geheven over kerosine gebruikt voor binnenlandse vluchten).

Tabel 95 Marginale opbrengsten van heffingen voor de luchtvaart

	Midden	Best[a]	Worst[a]
Marginale opbrengsten in €/LTO			
Luchtvaart personen	3.400	12.191	1.720
Luchtvaart goederen	984	5.040	81
Marginale opbrengsten in €/1.000 rkm (personen) of €/1.000 tkm (goederen)			
Luchtvaart personen (€/1.000 rkm)	9,4	3,2	45,9
Luchtvaart goederen (€/1.000 tkm)	3,9	3,9	5,3

[a] Merk op dat wanneer de marginale kosten worden uitgedrukt in €/LTO, de kosten van de best case hoger liggen dan die van de worst case. Dit komt vooral doordat de best cases significant meer reizigers- of tonkilometers omvatten dan de worst cases, waardoor de opbrengsten per reizigers- of tonkilometer relatief laag uitvallen, maar per LTO of call relatief hoog (zie ook Paragraaf 2.4.3)

12.3 Subsidies en overheidsbijdragen

In deze paragraaf bespreken we de methodiek voor de bepaling van de omvang van de verschillende subsidies en overheidsbijdragen aan verkeer en vervoer. Eerst definiëren we subsidies en overheidsbijdragen, waarna we vervolgens per modaliteit de relevante subsidies en overheidsbijdragen behandelen.

12.3.1 Definiëring van subsidies en overheidsbijdragen

In deze studie worden subsidies gedefinieerd als financiële stromen van de overheid naar private partijen waar geen directe tegenprestatie voor worden verlangd (Ecologic et al., 2006). Daarbij kan onderscheid worden gemaakt tussen financiële stromen die rechtstreeks tot uiting komen op de overheids-begroting (on-budget subsidies) en financiële stromen die niet (rechtstreeks) tot uiting komen op de overheidsbegroting (off-budget subsidies). Laatstgenoemde type 'financiële stromen' worden in Nederland

gecategoriseerd als inkomstenbeperkende regelingen of belastinguitgave. Inkomstenbeperkende regelingen zijn regelingen die de te betalen belasting beperken, maar wel onderdeel zijn van de primaire heffingsstructuur. Een belastinguitgave (in enge zin) is een derving of uitstel van belasting-ontvangsten, die voortvloeit uit een voorziening in de wet voor zover die voorziening niet in overeenstemming is met de primaire heffingsstructuur. Voor deze studie zijn met name de belastinguitgave van belang (bijv. verlaagde BTW-tarieven voor openbaar vervoer). In deze studie nemen we zowel de on-budget subsidies en de belastinguitgave (en indien relevant inkomstenbeperkende regelingen) mee.

Een aparte positie wordt ingenomen door de overheidsbijdragen (public service obligations, PSO's). Hierbij gaat het om overdrachten van de overheid aan vervoerders om specifieke diensten te verlenen (bijvoorbeeld over-drachten aan spoorvervoerders voor het in stand houden van onrendabele lijnen). Aangezien er een specifieke tegenprestatie wordt verwacht voor de door de overheid verstrekte overdracht vormen de overheidsbijdragen vanuit het perspectief van de vervoerder in strikte zin geen subsidies[138]. Echter, vanuit het perspectief van de reiziger bestaat er geen verschil tussen subsidies (en belastinguitgave/inkomenstenbeperkende regelingen) en overheidsbijdragen[139]. In deze studie hanteren we het reizigersperspectief, wat betekent dat ook de overheidsbijdragen worden meegenomen. Dit is in lijn met CE Delft en VU (2004).

Tot slot, zowel bij de subsidies als bij de overheidsbijdragen richten we ons in deze studie op regelingen die direct gerelateerd zijn aan het gebruik van een vervoerwijze (subsidies/overheidsbijdragen voor voertuigproductie, infrastructuur, etc. blijven dus buiten beschouwing).

12.3.2 Wegverkeer

Voor het wegverkeer onderscheiden we in deze studie de volgende belastinguitgiften[140]:

- impliciete subsidie in de bijtelling voor privégebruik auto van de zaak[141];
- onbelaste kilometervergoeding voor woon-werk- en zakelijk verkeer;
- verlaagde BTW-tarieven OV en taxi.

Een discussiepunt bij zowel de impliciete subsidie in de bijtelling voor de auto van de zaak als de onbelaste kilometervergoeding voor woon-werk en zakelijk verkeer is in hoeverre de woon-werkkilometers als zakelijke of als privé-

---

138 Uiteraard is het wel mogelijk dat men 'te veel' betaalt voor de verleende diensten, waardoor er sprake is van een impliciete subsidie. Het valt echter buiten de scope van deze studie om dit te kwantificeren. We gaan er dus vanuit dat de overheidsbijdragen een reële prijs vormen voor de geleverde diensten.

139 Zowel subsidies als overheidsbijdragen zorgen ervoor dat de prijs voor de reis voor de reiziger lager wordt dan de prijs die op de markt tot stand zou zijn gekomen (dan wel dat ze gebruik kunnen maken van een vervoersdienst die zonder subsidie/overheidsbijdrage niet door de markt geleverd zou zijn).

140 Er zijn ook nog enkele belastingvrijstellingen zoals de vrijstelling op zeer zuinige auto's en oldtimers. Deze impliciete subsidies zijn echter niet expliciet opgenomen als subsidie doordat deze vrijstellingen al leiden tot verlaagde overheidsinkomsten bij belastingen (waar de MRB en BPM meegenomen worden). Het meenemen van deze vrijstellingen als subsidie zou dan ook leiden tot een dubbeltelling.

141 Doordat de impliciete subsidie voor het privégebruik van de auto van de zaak wordt berekend als het verschil in de belasting die door de gebruiker betaald wordt (bijtelling) en de belasting die ze zouden hebben betaald als ze een soortgelijke auto privé zouden hebben gereden worden impliciet ook de overheidsinkomsten van de bijtelling meegenomen. Vandaar dat deze inkomsten niet afzonderlijk worden meegenomen bij de belastingopbrengsten.

kilometers moeten worden beschouwd. Wanneer deze kilometers als zakelijke kilometers beschouwd worden dan kunnen beide regelingen (bijtelling voor de auto van de zaak en de onbelaste kilometervergoeding) voor de woon-werkkilometers opgevat worden als een vergoeding voor zakelijke kosten (vergelijkbaar met de werkkostenregeling) en zijn het dus geen 'verkeers-subsidies'. Daar staat echter tegenover dat er ook betoogd kan worden dat de kosten voor woon-werkverkeer opgevat dienen te worden als privékosten (mensen kiezen er immers zelf voor om op een grotere afstand van hun werk te gaan wonen). In deze studie maken wij geen expliciete keuze voor één van beide perspectieven, maar brengen we de belastinguitgiften voor beide situaties in kaart.

Bij de bepaling van de impliciete subsidie in de bijtelling van de auto van de zaak speelt nog een tweede discussiepunt: in hoeverre dienen de vaste kosten van de auto van de zaak toegewezen te worden aan het privégebruik ervan (zie ook Bijlage I). Er kan betoogd worden dat het bezit van de auto van de zaak voor de werknemer waarde met zich meebrengt (bijvoorbeeld omdat men dan geen privéauto hoeft aan te schaffen). In deze situatie dienen de vaste kosten naar rato van het gebruik van de auto toegerekend te worden aan de privékilometers. Er kan echter ook betoogd worden dat de werknemer niet zo veel voordeel ondervindt van het bezit van de auto van de zaak (bijvoorbeeld wanneer de werknemer ook een privéauto bezit en het bezit van twee auto's weinig extra 'nut' oplevert). In het meest extreme geval ondervindt de werk-nemer helemaal geen extra voordeel van het bezit van de auto van de zaak en dienen er dus geen vaste kosten (maar wel variabele kosten) toegerekend te worden aan het privégebruik. Het moge duidelijk zijn dat in de laatste situatie de impliciete subsidie kleiner is dan in de eerste situatie, omdat een groter deel van de kosten van het privégebruik van de auto van de zaak worden 'gedekt' door de betaalde bijtelling. Omdat het op basis van de beschikbare literatuur niet mogelijk is om in te schatten in hoeverre werknemers profijt ondervinden van het bezit van een auto van de zaak, brengen we in deze studie beide situaties in beeld.

De totale belastinguitgiften voor het wegvervoer zijn weergegeven in Tabel 96. De belastingderving als gevolg van het verlaagde BTW-tarief voor het OV en taxi's is daarbij bepaald door de omzet van de transportbedrijven in de verschillende sectoren te vermenigvuldigen met het verschil tussen het hoge en lage BTW-tarief. De belastinguitgifte van de onbelaste bijtelling is bepaald op basis van EIM (2009), waarin de totale omvang van de uitgekeerde onbelaste kilometervergoeding wordt gepresenteerd. Met behulp van een marginale belastingvoet van 42% (Ministerie van Financiën, 2012) is vervolgens de totale belastingderving bepaald; deze belastingderving is vervolgens toegewezen aan de verschillende vervoerswijzen op basis van aandelen in de voertuigkilometers in het woon-werkverkeer (gebaseerd op CBS (2012)). Voor de berekening van de impliciete subsidie in de bijtelling voor de auto van de zaak verwijzen we naar Bijlage I.

Tabel 96 **Totale belastinguitgiften wegverkeer in 2010 (mln €)**

Voertuig-categorie	Verlaagd BTW-tarief	Onbelaste km vergoeding (woon-werk km = privé km)	Onbelaste km vergoeding (woon-werk km = zakelijke km)	Bijtelling (woon-werk km = privé km)	Bijtelling (woon-werk km = zakelijke km)
Personenvervoer in mln €					
Personenauto	162	613	0	-723 tot 1.120	-1.473 tot 172
Bus	88	62	0	0	0
Touringcar	0	0	0	0	0
Motorfiets	0	18	0	0	0
Bromfiets	0	6	0	0	0
Fiets	0	84	0	0	0
Goederenvervoer in mln €					
Bestelauto	41	0	0	0	0
Vrachtauto	0	0	0	0	0

Bron: Verlaagd BTW-tarief: berekend door CE Delft op basis van omzetgegevens van de verschillende vervoersmaatschappijen (overgenomen uit Sociaal fonds Taxi, 2011, WROOV, 2011) ; Onbelaste km-vergoeding: EIM (2009), bewerking CE Delft; Bijtelling: zie Bijlage I.

Tabel 97 **Gemiddelde belastinguitgiften wegverkeer in 2010**

Voertuig-categorie	Verlaagd BTW-tarief	Onbelaste km vergoeding (woon-werk km = privé km)	Onbelaste km vergoeding (woon-werk km = zakelijke km)	Bijtelling (woon-werk km = privé km)	Bijtelling (woon-werk km = zakelijke km)
Personenvervoer(in €/1.000 rkm)					
Personenauto	1	5	0	-5 tot 8	-11 tot 1
Bus	25	17	0	0	0
Touringcar	0	0	0	0	0
Motorfiets	0	6	0	0	0
Bromfiets	0	6	0	0	0
Fiets	0	6	0	0	0
Bestelauto (in €/1.000 vkm)					
Bestelauto	2	0	0	0	0
Goederenvervoer (in €/1.000 tkm)					
Vrachtauto	0	0	0	0	0

Naast bovengenoemde belastinguitgiften onderscheiden we in deze studie ook de volgende overheidsbijdragen:
- overheidsbijdragen aan de OV-studentenjaarkaart;
- BDU-exploitatiebijdragen

Bij het wegverkeer hebben deze overheidsbijdragen alleen betrekking op de bus. De overheidsbijdrage aan de OV-studentenjaarkaart is daarbij overgenomen uit de Rijksbegrotingen, waarna een onderverdeling naar de verschillende vormen van OV is gemaakt op basis van reizigerskilometers. Voor de BDU-exploitatiebijdragen is Bakker en Zwaneveld (2009) als uitgangspunt genomen, die de BDU-exploitatiebijdragen voor het lokale OV (bus, tram, metro) presenteren. Op basis van gegevens van de gemeentelijke vervoerbedrijven en/of de betreffende stadsregio's over de BDU-bijdragen voor de tram en metro, is hieruit de BDU-bijdrage voor de bus gedestilleerd. De resulterende totale en gemiddelde overheidsbijdragen aan het wegvervoer zijn weergegeven in Tabel 98.

Tabel 98 Overheidsbijdragen voor de bus in 2010

	Totale overheidsbijdragen (mln €)	Gemiddelde overheidsbijdrage (€/1.000 rkm)
Bijdrage aan OV-studentenjaarkaart	147	41
BDU-exploitatiebijdrage	1.992	553

Bron: Rijksbegroting, 2010/2011; Bakker en Zwaneveld (2009)

12.3.3 Spoorverkeer (inclusief tram en metro)

Voor het spoorverkeer onderscheiden we in deze studie de volgende belastinguitgiften[142]:
- verlaagde BTW-tarieven voor openbaar vervoer (6% in plaats van 19%);
- onbelaste kilometervergoeding voor woon-werkverkeer.

De omvang van deze belastinguitgiften is op dezelfde wijze bepaald als voor het wegvervoer. De totale belastinguitgiften voor het spoorverkeer zijn weergegeven in Tabel 99.

[142] Het verlaagde BTW-tarief op rode diesel kan ook gezien worden als subsidie. Echter, dit verlaagde tarief heeft al geleid tot lagere accijnsinkomsten (zie Paragraaf 12.2.3). Het meenemen van het verlaagde tarief op rode diesel zou dan ook leiden tot een dubbeltelling.

Tabel 99 Totale belastinguitgiften spoorverkeer in 2010 (mln €)

Voertuigcategorie	Verlaagd BTW-tarief	Onbelaste km vergoeding (woon-werk km = privé km)	Onbelaste km vergoeding (woon-werk km = zakelijke km)
Personenvervoer in mln €			
Personentrein elektrisch	236	306	0
Personentrein diesel	11	15	0
Tram	10	16	0
Metro	10	15	0
Goederenvervoer in mln €			
Goederentrein elektrisch	0	0	0
Goederentrein diesel	0	0	0

Bron: Verlaagd BTW-tarief: berekend door CE Delft op basis van omzetgegevens van de verschillende vervoersmaatschappijen (Overgenomen uit NS (2010), GVB (2010), HTM (2010), Connexxion (2010)); Onbelaste km-vergoeding: EIM (2009), bewerking CE Delft).

De gemiddelde belastinguitgiften voor het spoorverkeer zijn weergegeven in Tabel 100.

Tabel 100 Gemiddelde belastinguitgiften spoorverkeer in 2010

Voertuigcategorie	Verlaagd BTW-tarief	Onbelaste km vergoeding (woon-werk km = privé km)	Onbelaste km vergoeding (woon-werk km = zakelijke km)
Personenvervoer in €/1.000 rkm			
Personentrein elektrisch	14	19	0
Personentrein diesel	14	19	0
Tram	11	20	0
Metro	11	20	0
Goederenvervoer in €/1.000 tkm			
Goederentrein elektrisch	0	0	0
Goederentrein diesel	0	0	0

Naast de belastinguitgiften onderscheiden we ook de volgende overheidsbijdragen:
- overheidsbijdragen aan de OV-studentenjaarkaart;
- BDU-exploitatiebijdragen.

Voor de inschatting van overheidsbijdrage aan de OV-studentjaarkaart hebben we dezelfde methodiek gehanteerd als voor het wegverkeer.
De BDU-exploitatiebijdragen voor de trein zijn overgenomen uit Bakker en Zwaneveld (2009), terwijl deze bijdragen voor de tram en de metro zijn gebaseerd op gegevens van de gemeentelijke vervoerbedrijven en/of de betreffende stadsregio's. De resulterende totale en gemiddelde overheids-bijdragen aan het spoorverkeer zijn weergegeven in Tabel 101 en Tabel 102.

Tabel 101 Totale overheidsbijdragen aan het spoorverkeer in 2010 (mln €)

Voertuigcategorie	Bijdrage OV-studentenjaarkaart	BDU-exploitatiebijdrage
Personentrein elektrisch	258	64
Personentrein diesel	12	3
Tram	17	149
Metro	16	28

Bron: Rijksbegroting, 2010/2011; Bakker en Zwaneveld, 2009; informatie ontvangen van de RET/GVB/Connexxion.

Tabel 102 Gemiddelde overheidsbijdragen aan het spoorverkeer in 2010 (€/1.000 rkm)

Voertuigcategorie	Bijdrage OV-studentenjaarkaart	BDU-exploitatiebijdrage
Personentrein elektrisch	16	4
Personentrein diesel	16	4
Tram	18	159
Metro	18	31

12.3.4 Overige vervoerswijzen

Voor de overige vervoerswijzen onderscheiden we in deze studie geen subsidies of overheidsbijdragen. Wel dient opgemerkt te worden dat er voor de internationale luchtvaart een BTW-vrijstelling bestaat voor de vliegtickets en de brandstof. Er waren echter onvoldoende data beschikbaar om de omvang van deze subsidie te berekenen.

13 Synthese

13.1 Inleiding

In dit hoofdstuk geven we een overzicht van de belangrijkste resultaten van deze studie. In Paragraaf 13.2 geven we allereerst per vervoerswijze een overzicht van de externe en infrastructuurkosten, de externe baten, de belastingen en heffingen en subsidies. Vervolgens gaan we in Paragraaf 13.3 t/m 13.6 gedetailleerder in op respectievelijk de totale en gemiddelde kosten, de marginale kosten, de belastingen en heffingen en de subsidies. Tot slot doen we in Paragraaf 13.7 nog een aantal aanbevelingen voor vervolg-onderzoek.

Een gedetailleerd overzicht van de gemiddelde kosten voor het wegvervoer binnen en buiten de bebouwde kom kan worden gevonden in Bijlage K.

13.2 Overzicht infrastructuurkosten, externe kosten en baten, heffingen, belastingen en subsidies

In Tabel 103 en Tabel 104 is voor de verschillende vervoerwijzen een overzicht gegeven van:

- de infrastructuurkosten;
- de externe kosten die neerslaan binnen de transportsector (congestie-kosten, deel ongevalskosten, zie Paragraaf 5.2);
- de externe kosten die neerslaan bij de rest van de maatschappij (overige externe kosten);
- externe baten (baten van verkoelende effecten broeiksasgasemissies, gezondheidsbaten fietsen);
- gebruikersheffingen (vooral gerelateerd aan infrastructuurgebruik);
- belastingen;
- subsidies.

Voor al deze posten is zowel de middenwaarde als de bandbreedte (tussen haakjes) in de schattingen weergegeven. Hiermee wordt een goed inzicht verkregen in de onzekerheid van de schattingen. Deze bandbreedten houden echter geen rekening met het feit dat sommige posten conservatief zijn ingeschat, wat vooral het gevolg is van het feit dat sommige kostenelementen vanwege een gebrek aan data of betrouwbare waarderingsmethodieken niet meegenomen konden worden. Zo geldt er dat de congestiekosten alleen vastgesteld worden voor wegvervoer op het hoofdwegennet en de kosten van materiele schade niet worden meegenomen bij ongevalskosten (externe kosten die neerslaan binnen de transportsector); daarnaast geldt er dat de kosten van geluid < 50 dB niet zijn meegenomen en dat de onomkeerbare effecten van aantasting van natuur en landschap niet zijn meegenomen (externe kosten die neerslaan bij de rest van de maatschappij). De externe kosten dienen dan ook opgevat te worden als conservatieve inschattingen. Voor meer informatie wordt verwezen naar de hoofdstukken over de respectievelijke kostenposten.

Een overzicht van de marginale infrastructuurkosten, externe kosten, externe baten en belastingen/heffingen is weergegeven in Tabel 105. De bandbreedte in de hier gepresenteerde schattingen wordt gevormd door de best en worst case. Merk op dat er geen marginale subsidies zijn onderscheiden in deze studie.

Zowel bij de totale, gemiddelde als marginale kosten hebben we er voor gekozen om de afzonderlijke kostenposten niet bij elkaar op te tellen. Allereerst, omdat een deel van deze kostenposten gedekt worden door directe gebruiksheffingen, terwijl voor een ander deel van de kostenposten geldt dat er geen of indirecte (via de Rijksbegroting) dekking plaats vindt. Bij de interpretatie van de verschillende kostenposten dient hiermee rekening te worden gehouden en deze nuancering is niet meer mogelijk zodra alle kostenposten worden opgeteld. Ten tweede, de verschillende kostenposten kennen een verschillende mate van onzekerheden en optelling van de posten vereist de nodige voorzichtigheid.

Uiteraard kunnen de gemiddelde en marginale kosten voor verschillende vervoerswijzen (Tabel 104 en Tabel 105) vaak niet rechtstreeks met elkaar vergeleken worden. De vergelijking van de gemiddelde of marginale kosten van een bromfiets en een vliegtuig is bijvoorbeeld weinig zinvol, omdat deze vervoerswijzen voor heel andere doeleinden wordt gehanteerd. Maar ook de gemiddelde kosten voor een auto kunnen niet rechtstreeks vergeleken worden met de gemiddelde kosten voor een passagiersvliegtuig; immers, in de gemiddelde kosten voor een personenauto zijn ook de kosten die een auto maakt voor stadsverkeer verdisconteerd. Voor een eerlijke vergelijking van de gemiddelde externe kosten van een auto en het vliegtuig zou uitgegaan dienen te worden van de gemiddelde kosten van een auto voor een lange afstandsrit. Deze informatie wordt in Tabel 104 echter niet geboden.

Tabel 103 Totale kosten, baten, belasting- en heffingsopbrengsten en subsidies voor personen- en goederenvervoer in 2010

Vervoerswijze	Infrastructuur-kosten	Externe kosten (binnen transportsector)	Externe kosten (rest van de maatschappij)	Externe baten	Gebruiks-heffingen	Belastingen	Subsidies
Personenvervoer op Nederlands grondgebied in mln €							
Personenauto benzine	4.006 (3.604 - 4.493)	4.585 (2.928 - 6.330)	3.629 (1.339 - 5.974)	23 (12 - 34)	306	7714	-427 - 1.218
Personenauto diesel	1.613 (1.426 - 1.835)	1.994 (1.361 - 2.660)	1.676 (639 - 2.865)	23 (12 - 34)	147	4.281	-865 - 621
Personenauto LPG	203 (179 - 231)	233 (157 - 314)	171 (62 - 283)	2 (1 - 3)	18	314	-19 - 56
Bus	447 (369 - 542)	90 (61 - 121)	135 (41 - 220)	3 (2 - 5)	0	57	2.228 - 2.289
Touringcar	485 (399 - 579)	54 (38 - 70)	88 (30 - 150)	3 (1 - 4)	0	55	0
Motorfiets	60 (52 - 70)	124 (90 - 160)	192 (50 - 285)	1 (1 - 2)	0	154	0 - 18
Bromfiets	75 (67 - 85)	478 (285 - 685)	211 (70 - 293)	0,3 (0,2 - 0,5)	0	12	0 - 6
Personentrein elektrisch	2.886 (2.534 - 3.173)	25 (18 - 33)	208 (80 - 371)	0	280	10	558 - 863
Personentrein diesel	251 (228 - 281)	4 (3 - 5)	26 (11 - 46)	1 (0 - 1)	23	4	27 - 42
Tram	76 (70 - 84)	24 (20 - 29)	17 (5 - 28)	0	0	1	176 - 192
Metro	66 (63 - 69)	9 (7 - 13)	17 (5 - 26)	0	0	1	55 - 70
Fiets	553 (470 - 658)	806 (611 - 1.031)	360 (322 - 393)	535	0	0	0 - 84

Vervoerswijze	Infrastructuur-kosten	Externe kosten (binnen transportsector)	Externe kosten (rest van de maatschappij)	Externe baten	Gebruiks-heffingen	Belastingen	Subsidies
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied in mln €							
Bestelauto	1.045 (921 – 1.192)	1.236 (867 – 1.628)	1.307 (492 – 2.239)	20 (10 - 29)	81	1.188	41
Vrachtauto	2.576 (2.134 – 3.021)	1.330 (1.074 – 1.596)	1.905 (677 – 3.322)	73 (37 - 108)	0	1.345	0
Goederentrein elektrisch	413 (344 - 420)	1,2 (0,8 – 1,6)	22 (8 - 38)	0	17	2	0
Goederentrein diesel	188 (160 - 201)	1,1 (0,8 – 1,4)	46 (19 - 85)	2 (1 - 3)	9	8	0
Binnenvaart	1.113 (962 – 1.332)	14 (12 - 17)	550 (221 – 1.068)	31 (16 - 46)	20	0	0
Internationale vervoerswijzen in mln €							
Luchtvaart personen	731 (667 - 808)	12 (10 - 14)	1.401 (277 – 2.630)	0	706	1	0
Luchtvaart goederen	72 (66 - 80)	4 (3 - 4)	420 (79 - 792)	0	20	0	0
Zeevaart	317 (274 - 373)	2,5 (2 – 2,9)	2.496 (876 – 4.857)	940 (677 – 1.202)	342	0	0

Noot: voor de bepaling van de totale kosten voor internationale vervoerswijzen (lucht- en zeevaart) is een alternatieve methodiek gehanteerd, waardoor deze kosteninschattingen niet één op één vergelijkbaar zijn met die voor de andere vervoerswijzen.

Tabel 104 Gemiddelde kosten, baten, belasting- en heffingsopbrengsten en subsidies voor personen- en goederenvervoer in 2010

Vervoerswijze	Infrastructuur-kosten	Externe kosten (binnen transportsector)	Externe kosten (rest van de maatschappij)	Externe baten	Gebruiks-heffingen	Belastingen	Subsidies
Personenvervoer op Nederlands grondgebied in €/1.000 rkm							
Personenauto benzine	46 (41 - 51)	52 (33 - 72)	41 (15 - 68)	0,3 (0,1 - 0,4)	3	88	-5 - 14
Personenauto diesel	38 (34 - 44)	47 (32 - 63)	40 (15 - 68)	0,5 (0,3 - 0,8)	3	102	-21 - 15
Personenauto LPG	40 (35 - 45)	45 (31 - 61)	33 (12 - 55)	0,4 (0,2 - 0,6)	3	61	-4 - 11
Bus	124 (102 - 151)	25 (17 - 34)	38 (11 - 61)	0,9 (0,4 - 1,3)	0	16	619 - 636
touringcar	60 (49 - 71)	7 (5 - 9)	11 (4 - 19)	0,3 (0,2 - 0,5)	0	7	0
Motorfiets	21 (18 - 24)	43 (31 - 55)	66 (17 - 98)	0,4 (0,2 - 0,6)	0	53	0 - 6
Bromfiets	75 (67 - 85)	478 (285 - 685)	211 (70 - 293)	0,3 (0,2 - 0,5)	0	12	0 - 6
Personentrein elektrisch	175 (154 - 192)	2 (1 - 2)	13 (5 - 22)	0	17	1	34 - 52
Personentrein diesel	315 (287 - 353)	5 (3 - 6)	32 (14 - 57)	0,7 (0,4 - 1,1)	29	4	34 - 52
Tram	81 (75 - 89)	26 (21 - 30)	18 (5 - 30)	0	0	1	188 - 205
Metro	73 (70 - 76)	10 (8 - 14)	18 (5 - 29)	0	0	1	60 - 77
Fiets	40 (34 - 48)	59 (45 - 75)	26 (24 - 29)	39,1	0	0	0 - 6
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied in €/1.000 vkm (bestelauto) of €/1.000 tkm (overige vervoerswijzen)							
Bestelauto	60 (53 - 69)	71 (50 - 94)	75 (28 - 129)	1,1 (0,6 - 1,7)	5	68	2 - 2
Vrachtauto	49 (41 - 58)	25 (20 - 30)	36 (13 - 63)	1,4 (0,7 - 2,1)	0	26	0

Vervoerswijze	Infrastructuur-kosten	Externe kosten (binnen transportsector)	Externe kosten (rest van de maatschappij)	Externe baten	Gebruiks-heffingen	Belastingen	Subsidies
Goederentrein elektrisch	129 (108 - 132)	0,4 (0,3 - 0,5)	7 (3 - 12)	0	5	1	0
Goederentrein diesel	69 (59 - 74)	0,4 (0,3 - 0,5)	17 (7 - 31)	0,9 (0,4 - 1,3)	3	3	0
Binnenvaart	28 (24 - 33)	0,3 (0,3 - 0,4)	14 (5 - 27)	0,8 (0,4 - 1,2)	1	0	0
Internationaal personenvervoer in €/1000 rkm							
Luchtvaart personen	10 (9 - 11)	0,2 (0,1 - 0,2)	19 (4 - 35)	0	9	0,01	0
Internationaal goederenvervoer in €/1000 tkm							
Luchtvaart goederen	14 (13 - 15)	0,7 (0,6 - 0,8)	81 (15 - 152)	0	4	0	0
Zeevaart	0,3 (0,3 - 0,4)	0,003 (0,002 - 0,003)	3 (1 - 5)	1 (0,7 - 1)	0,35	0	0

Tabel 105 Marginale kosten, baten en belastingen en heffingen voor personen- en goederenvervoer in 2010

Vervoerswijze	Infrastructuurkosten	Externe kosten	Externe baten	Gebruiksheffingen	Belastingen
Personenvervoer op Nederlands grondgebied in €/1.000 rkm					
Personenauto benzine	2 (1 - 5)	122 (8 - 562)	0,3 (0,01 - 0,5)	3 (1 - 4)	39 (11 - 106)
Personenauto diesel	2 (1 - 5)	113 (8 - 612)	0,5 (0,1 - 1,5)	3 (1 - 4)	24 (7 - 65)
Personenauto LPG	2 (1 - 5)	107 (7 - 554)	0,4 (0,03 - 0,7)	3 (1 - 4)	12 (3 - 36)
Bus	65 (14 - 142)	64 (6 - 234)	0,87 (0,3 - 0,9)	0	15 (6 - 27)
Touringcar	29 (10 - 94)	23 (5 - 109)	0,3 (0,1 - 0,5)	0	6 (3 - 13)
Motorfiets	2 (1 - 4)	98 (40 - 371)	0,4 (0,1 - 0,07)[a]	0	28 (14 - 51)
Bromfiets	3,5 (0,8 - 4,3)	496 (120 - 860)	0,3 (0,1 - 0)[b]	0	12 (6 - 33)
Personentrein elektrisch	20 (10 - 36)	11 (5 - 66)	0	17 (9 - 44)	1 (0,3 - 2)
Personentrein diesel	50 (24 - 88)	29 (9 - 180)	0,7 (0,2 - 3)	29 (16 - 56)	4 (2 - 9)
Personentrein HSL	6 (3 - 11)	11 (7 - 41)	0	17 (10 - 38)	0,6 (0,4 - 1,2)
Tram	11 (5 - 21)	37 (31 - 47)	0	0	1,5 (0,7 - 2,9)
Metro	9 (4 - 18)	21 (15 - 31)	0	0	1,2 (0,6 - 2,4)
Fiets	2	77,6	39,1	0	0
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied in €/1.000 tkm					
Bestelauto	3 (2 - 5)	196 (42 - 765)	1,1 (0,6 - 3,2)	4 (4 - 4)	44 (36 - 56)
Trekker	15 (6 - 71)	56 (23 - 350)	1,2 (0,6 - 4,4)	0	17 (9 - 50)

Vervoerswijze	Infrastructuurkosten	Externe kosten	Externe baten	Gebruiksheffingen	Belastingen
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied in €/1.000 tkm					
Vrachtauto < 10t	6 (3 - 27)	312 (39 - 2783)	4,2 (2,6 - 17,2)	0	67 (37 - 211)
Vrachtauto 10-20t	11 (4 - 45)	154 (28 - 1044)	2,6 (1,6 - 10,9)	0	39 (21 - 126)
Vrachtauto > 20t	18 (8 - 78)	84 (18 - 574)	1,8 (1 - 8,1)	0	27 (15 - 88)
Goederentrein elektrisch	6 (3 - 11)	5 (2 - 21)	0	5 (3 - 12)	0,6 (0,2 - 1,4)
Goederentrein diesel	5 (2 - 9)	14 (4 - 44)	0,9 (0,1 - 1,9)	3 (2 - 8)	3 (1 - 6)
Binnenvaart	1 (0,1 - 10)	13 (3 - 43)	0,8 (0,2 - 2)	0,5	0
Internationaal personenvervoer in €/1.000 rkm					
Luchtvaart personen	0,8 (0,01 - 10,1)	18 (16 - 53)	0	9 (3 - 46)	0
Internationaal goederenvervoer in €/1.000 tkm					
Luchtvaart goederen	1,1 (0,002 - 4,2)	81 (69 - 192)	0	3,9 (3,9 - 5,3)	0
Zeevaart	0,02 (0,02 - 0,02)	3 (1 - 43)	0,97 (0,1 - 8)	0,4 (0,4 - 0,4)	0

[a] In tegenstelling tot bij de andere vervoerwijzen ligt de middenwaarde van de externe baten bij de motorfiets niet binnen de bandbreedte. Dit is het gevolg van het feit dat de bandbreedte is gebaseerd op de klimaatbaten in de best en worst case; normaal gesproken zijn de klimaatbaten het hoogst in de worst case (want daar worden de meeste NO_x en/of SO_2 emissies uitgestoten). De worst case voor de motorfiets gaat echter uit van een situatie binnen de bebouwde kom en in die situatie stoot de motorfiets minder NO_x uit dan in de best case (buiten de bebouwde kom) en de gemiddelde case (combinatie van binnen en buiten de bebouwde kom) en zijn dus ook de marginale klimaatbaten kleiner dan in de best case en de gemiddelde case.

[b] Ook voor de bromfiets ligt de middenwaarde van de externe baten niet binnen de brandbreedte. Dit komt doordat een bromfiets in 1996 (worst case) minder NO_x uitstoot dan in 2010 (best case) en dan de gemiddelde bromfiets. Het gevolg is dat de marginale klimaatbaten in de worst case lager zijn dan in de best case en de gemiddelde case.

13.3 Totale en gemiddelde kosten/baten

In deze paragraaf zoomen we dieper in op de totale en gemiddelde infrastructuur- en externe kosten en de externe baten van de verschillende vervoerwijzen. Allereerst presenteren we deze resultaten voor de verkeerssector als geheel, om vervolgens in te gaan op de resultaten per vervoerswijze. Evenals in Paragraaf 13.2 maken we bij de externe kosten onderscheid tussen de externe kosten die neerslaan binnen de transportsector en de externe kosten die gedragen worden door de rest van de maatschappij.

13.3.1 Volledige verkeerssector

Tabel 106 en Tabel 107 laten zien hoe de totale externe en infrastructuurkosten van verkeer zijn opgebouwd. Hierbij dient opgemerkt te worden dat voor het wegvervoer de congestiekosten van het onderliggend wegennet hierin niet zijn meegenomen door gebrek aan data (zie verder Hoofdstuk 0). De congestie/schaarstekosten voor de niet-wegmodaliteiten ontbreken volledig in dit overzicht.

Zoals blijkt uit Tabel 106 is het belangrijkste element in de totale kosten op Nederlands grondgebied de infrastructuurkosten: in totaal vormen zij ongeveer 39% van de totale kosten. Ook de ongevalskosten vormen een aanzienlijk deel van de totale kosten (ca. 30%). Hierbij gaat het voor het overgrote deel om ongevalskosten die neerslaan binnen de sector. In deze tabel hebben we ook de externe kosten voor ongevallen met uitsluitend materiële schade (UMS) opgenomen. Deze kosten ontbreken in de tabellen per vervoerwijze (zie de volgende subparagrafen), omdat het (vanwege een gebrek aan data) niet mogelijk was om deze kosten toe te wijzen aan de verschillende vervoerswijzen (zie Hoofdstuk 5). Naast de infrastructuur- en ongevalskosten hebben ook de kosten van broeikasgasemissies, de kosten van luchtvervuiling, de congestiekosten en de kosten van emissies bij energieopwekking een significant aandeel in de totale kosten. Wederom merken we hierbij op dat het bij de congestiekosten gaat om een onderschatting van de daadwerkelijke kosten, omdat de congestiekosten voor het onderliggend wegennet (wegvervoer) en de niet-wegmodaliteiten niet worden meegenomen.

Het grootste aandeel in de kosten bij de internationale vervoerswijzen (zie Tabel 107) hebben de netto klimaatkosten (ca. 29%), de kosten van luchtvervuiling (27%), de infrastructuurkosten (25%), en de kosten van emissies bij energieopwekking (18%). Bij deze tabel dient opgemerkt te worden dat de gepresenteerde kosten van geluid van luchtvaart naar verwachting een onderschatting zijn.

Tabel 106 Totale kosten verschillende vervoerswijzen op Nederlands grondgebied opgesplitst naar kostenpost (mln €)

Totale kosten op Nederlands grondgebied (mln €)												
	Uitsplitsing infrastructuurkosten		Uitsplitsing externe kosten									
	Infra (vast)	Infra (variabel)	Klimaat[a]	Lucht-vervuiling	Ruimte	Geluid	Ongevallen (sector intern)	Ongevallen (rest maatschappij)	Emissies energie-opwekking	Congestie (sector intern)	Natuur en landschap	Grond en water
Personenvervoer totaal	**9.545**	**1.174**	**1.517**	**924**	**1.318**	**809**	**6.589**	**633**	**1.080**	**1.838**	**151**	**242**
Personenauto benzine	3.816	190	982	299	843	345	3.557	216	698	1.028	88	135
Personenauto diesel	1.536	78	419	411	278	135	1.298	80	236	696	38	57
Personenauto LPG	193	10	50	23	34	15	160	10	25	73	5	7
Bus	213	234	19	36	9	35	84	4	12	5	1	17
Touringcar	251	234	20	26	4	11	39	2	12	14	1	11
Motorfiets	54	7	22	17	11	104	103	18	16	21	1	2
Bromfiets	71	4	3	15	16	128	478	44	2	0	2	2
Personentrein elektrisch	2.553	332	0	81	29	23	25	1	65	0	1	8
Personentrein diesel	211	40	2	13	4	3	4	0	1	0	0	1
Tram	66	10	0	2	2	6	24	0	7	0	0	1
Metro	58	8	0	2	2	6	9	1	6	0	0	1
Fiets	525	28	0	0	87	0	806	258	0	0	15	0
Goederenvervoer totaal	**4.394**	**941**	**801**	**1.356**	**315**	**301**	**1.320**	**65**	**504**	**1.262**	**69**	**293**
Bestelauto	995	49	314	357	180	98	795	46	179	441	25	89
Vrachtauto	1.770	806	395	634	106	195	509	19	253	821	29	202
Goederentrein elektrisch	394	19	0	7	4	4	1	0	5	0	0	1
Goederentrein diesel	175	14	3	28	4	4	1	0	3	0	0	1
Binnenvaart	1.060	53	88	330	21	0	14	0	64	0	15	0
Totale kosten	**13.939**	**2.115**	**2.318**	**2.280**	**1.634**	**1.110**	**7.909**	**698**	**1.584**	**3.100**	**221**	**535**

[a] Het gaat hier om de netto externe kosten van broeikasgasemissies (berekend met de gemiddelde GWP en de middenwaarde voor de CO_2 prijs).

Tabel 107 Totale kosten verschillende internationale vervoerswijzen opgesplitst naar kostenpost (mln €)[a]

Totale kosten internationale lucht- en zeevaart 50% toewijzing aan Nederland (mln €)												
	Uitsplitsing infrastructuurkosten		Uitsplitsing externe kosten									
	Infra (vast)	Infra (variabel)	Klimaat[b]	Lucht-vervuiling	Ruimte	Geluid	Ongevallen (sector intern)	Ongevallen (rest maatschappij)	Emissies energie-opwekking	Congestie (sector intern)	Natuur en landschap	Grond en water
Personenvervoer totaal	**671**	**60**	**1.039**	**33**	**12**	**16**	**12**	**0**	**284**	**0**	**17**	**0**
Luchtvaart personen	671	60	1.039	33	12	16	12	0	284	0	17	0
Goederenvervoer totaal	**367**	**22**	**266**	**1.165**	**16**	**2**	**6**	**0**	**525**	**0**	**2**	**0**
Luchtvaart goederen	66	6	323	3	1	2	4	0	89	0	2	0
Zeevaart	301	16	-57	1.162	15	0	2	0	437	0	0	0
Totale kosten	**1.039**	**81**	**1.305**	**1.198**	**28**	**17**	**18**	**0**	**810**	**0**	**18**	**0**

[a] Bij de berekening van de externe kosten van broeikasgasemissies en de externe kosten van energieopwekking is uitgegaan van de kosten van 50% van de broeikasgasemissies van alle vluchten/vaarten naar Nederland. Bij de overige kostenposten is uitgegaan van de kosten die samenhangen met de effecten op Nederlands grondgebied.

[b] Het gaat hier om de netto externe kosten van broeikasgasemissies (berekend met de gemiddelde GWP en de middenwaarde voor de CO_2-prijs)

13.3.2 Personenauto

De externe en infrastructuurkosten voor de personenauto zijn voor 2010 ingeschat op ongeveer € 18,1 miljard. De benzineauto was verantwoordelijk voor het grootste deel van deze kosten, ca. 68% (ca. € 12,5 miljard), wat vooral het gevolg is van het feit dat de meeste kilometers worden afgelegd in een benzineauto. De gemiddelde kosten voor de benzine-, diesel- en LPG-auto waren respectievelijk € 158, € 139 en € 134 per 1.000 reizigerskilometers.

In Tabel 108 t/m Tabel 110 is voor de verschillende typen personenauto's een overzicht gegeven van de infrastructuurkosten, de externe kosten die neerslaan binnen de transportsector, de externe kosten die neerslaan bij de rest van de maatschappij en de externe baten.

Voor alle drie type auto's vormen de infrastructuurkosten de hoofdmoot van de totale kosten (31 tot 34%). Daarnaast spelen ook bij de personenauto's de ongevalskosten een belangrijke rol: zij vormen 26 tot 31% van de totale kosten. Congestiekosten (op het hoofdwegennet) vormen ongeveer 8 tot 13% van de totale kosten en de (netto) klimaatkosten ca. 8%.

Een belangrijk verschil tussen de verschillende type auto's zijn de kosten van luchtvervuiling. Bij de dieselauto's vormen deze kosten ca. 8% van de totale kosten, terwijl deze kosten bij benzine en LPG-auto's slechts zo'n 2 tot 4% van de totale kosten vormen. De verklaring hiervoor is de hogere uitstoot van vervuilende emissies door dieselauto's.

Tabel 108 Totale infrastructuurkosten en externe kosten en baten voor personenauto benzine in mln Euro

	Infrastructuur-kosten	Externe kosten (binnen transportsector)	Externe kosten (rest van de maatschappij)	Externe baten
Infrastructuurkosten vast	3.816 (3.442 - 4.281)			
Infrastructuurkosten variabel	190 (162 - 212)			
Kosten van ruimtebeslag			843 (468 - 1.279)	
Ongevalskosten		3557 (2.033 - 5.170)	216	
Klimaatkosten en -baten			1.005 (129 - 1.881)	23 (12 - 34)
Kosten van luchtvervuiling			299 (150 - 599)	
Kosten van emissies bij energieopwekking			698 (267 - 1.367)	
Kosten van geluid			345 (25 - 410)	
Congestiekosten		1.028 (895 - 1.160)		
Overige kosten en baten			223 (84 - 223)	
Totaal	**4.006 (3.604 - 4.493)**	**4.585 (2.928 - 6.330)**	**3.629 (1.339 - 5.974)**	**23 (12 - 34)**

Tabel 109 Totale infrastructuurkosten en externe kosten en baten voor personenauto diesel in mln Euro

	Infrastructuur-kosten	Externe kosten (binnen transportsector)	Externe kosten (rest van de maatschappij)	Externe baten
Infrastructuurkosten vast	1.536 (1.360 - 1.751)			
Infrastructuurkosten variabel	78 (66 - 84)			
Kosten van ruimtebeslag			278 (158 - 427)	
Ongevalskosten		1.298 (754 - 1.874)	80	
Klimaatkosten en -baten			442 (57 - 827)	23 (12 - 34)
Kosten van luchtvervuiling			411 (205 - 822)	
Kosten van emissies bij energieopwekking			236 (92 - 462)	
Kosten van geluid			135 (9 - 153)	
Congestiekosten		696 (606 - 786)		
Overige kosten en baten			95 (38 - 95)	
Totaal	**1.613 (1.426 - 1.835)**	**1.994 (1.361 - 2.660)**	**1.676 (639 - 2.865)**	**23 (12 - 34)**

Tabel 110 Totale infrastructuurkosten en externe kosten en baten voor personenauto LPG in mln Euro

	Infrastructuur-kosten	Externe kosten (binnen transportsector)	Externe kosten (rest van de maatschappij)	Externe baten
Infrastructuurkosten vast	193 (171 - 220)			
Infrastructuurkosten variabel	10 (9 - 11)			
Kosten van ruimtebeslag			34 (20 - 53)	
Ongevalskosten		160 (93 - 231)	10	
Klimaatkosten en -baten			52 (7 - 98)	2 (1 - 3)
Kosten van luchtvervuiling			23 (12 - 47)	
Kosten van emissies bij energieopwekking			25 (8 - 49)	
Kosten van geluid			15 (1 - 16)	
Congestiekosten		73 (64 - 82)		
Overige kosten en baten			12 (5 - 12)	
Totaal	**203 (179 - 231)**	**233 (157 - 314)**	**171 (62 - 283)**	**2 (1 - 3)**

13.3.3 Motorfiets

De totale externe en infrastructuurkosten voor de motorfiets zijn voor 2010 ingeschat op ongeveer € 375 miljoen, terwijl de gemiddelde kosten ongeveer € 140 per 1.000 reizigerskilometers bedroegen.

In Tabel 111 is voor de motorfiets een overzicht gegeven van de infrastructuurkosten, de externe kosten die neerslaan binnen de transportsector, de externe kosten die neerslaan bij de rest van de maatschappij en de externe baten. Het grootste aandeel in de externe en infrastructuurkosten hadden de ongevalskosten (32%), gevolgd door de kosten van geluid (28%), infrastructuurkosten (16%), kosten van broeikasgasemissies (6%) en de congestiekosten (6%).

Tabel 111 Totale iInfrastructuurkosten en externe kosten en baten voor de motorfiets in mln Euro

	Infrastructuur-kosten	Externe kosten (binnen transportsector)	Externe kosten (rest van de maatschappij)	Externe baten
Infrastructuurkosten vast	54 (46 - 63)			
Infrastructuurkosten variabel	7 (6 - 7)			
Kosten van ruimtebeslag			11 (5 - 26)	
Ongevalskosten		103 (72 - 136)	18	
Klimaatkosten en -baten			23 (3 - 43)	1,2 (0,6 - 1,8)
Kosten van luchtvervuiling			17 (8 - 33)	
Kosten van emissies bij energieopwekking			16 (6 - 32)	
Kosten van geluid			104 (8 - 129)	
Congestiekosten		21 (18 - 24)		
Overige kosten en baten			4 (1 - 4)	
Totaal	**60 (52 - 70)**	**124 (90 - 160)**	**192 (50 - 285)**	**1,2 (0,6 - 1,8)**

13.3.4 Bus en touringcar

De totale externe en infrastructuurkosten voor de bus zijn voor 2010 ingeschat op € 668 miljoen, terwijl de gemiddelde kosten geschat worden op € 191 per 1.000 reizigerskilometers.

In Tabel 111 is voor de bus een overzicht gegeven van de infrastructuurkosten, de externe kosten die neerslaan binnen de transportsector, de externe kosten die neerslaan bij de rest van de maatschappij en de externe baten.

Het overgrote deel van de externe en infrastructuurkosten wordt gevormd door de infrastructuurkosten (67%). Met name de variabele infrastructuurkosten zijn voor deze vervoerswijze hoog; dit is het gevolg van het feit dat deze vervoerswijze van de zware wegvoertuigen veruit het meest gebruik maakt van de infrastructuur binnen de bebouwde kom, waardoor ze ook een groot deel van de kosten hiervan krijgen toegewezen.

Tabel 112 Totale infrastructuurkosten en externe kosten en baten voor de bus in mln Euro

	Infrastructuur-kosten	Externe kosten (binnen transportsector)	Externe kosten (rest van de maatschappij)	Externe baten
Infrastructuurkosten vast	213 (173 - 263)			
Infrastructuurkosten variabel	234 (196 - 279)			
Kosten van ruimtebeslag			9 (5 - 15)	
Ongevalskosten		84 (56 - 115)	4	
Klimaatkosten en -baten			22 (3 - 42)	3 (2 - 5)
Kosten van luchtvervuiling			36 (18 - 71)	
Kosten van emissies bij energieopwekking			12 (5 - 24)	
Kosten van geluid			35 (3 - 46)	
Congestiekosten		5 (5 - 6)		
Overige kosten en baten			17 (4 - 17)	
Totaal	**447 (369 - 542)**	**90 (61 - 121)**	**135 (41 - 220)**	**3 (2 - 5)**

De totale externe en infrastructuurkosten voor de touringcar worden voor 2010 ingeschat op € 624 miljoen (zie Tabel 113). De gemiddelde kosten worden voor deze vervoerwijze ingeschat op ca. € 79 per 1.000 reizigerskilometers.

Zoals blijkt uit Tabel 113 geldt ook voor de touringcar dat het grootste deel van de kosten wordt gevormd door de infrastructuurkosten (ca. 78%). In vergelijking met de bus zijn de ongevals-kosten aanzienlijk lager voor de touringcar; zij vormen 6% van de totale kosten terwijl dit bij de bus 13% is. Dit verschil kan verklaard worden door het feit dat de touringcar minder gebruik maakt van de ‘gevaarlijke’ stadswegen dan de bus.

Tabel 113 Totale infrastructuurkosten en externe kosten en baten voor de touringcar in mln Euro

	Infrastructuur-kosten	Externe kosten (binnen transportsector)	Externe kosten (rest van de maatschappij)	Externe baten
Infrastructuurkosten vast	251 (203 - 310)			
Infrastructuurkosten variabel	234 (196 - 269)			
Kosten van ruimtebeslag			4 (2 - 6)	
Ongevalskosten		39 (26 - 53)	2	
Klimaatkosten en -baten			22 (3 - 42)	3 (1 - 4)
Kosten van luchtvervuiling			26 (13 - 51)	
Kosten van emissies bij energieopwekking			12 (5 - 24)	
Kosten van geluid			11 (1 - 14)	
Congestiekosten		14 (13 - 16)		
Overige kosten en baten			12 (5 - 12)	
Totaal	**485 (399 - 579)**	**54 (38 - 70)**	**88 (30 - 150)**	**3 (1 - 4)**

13.3.5 Bromfiets en fiets

De totale externe en infrastructuurkosten voor de bromfiets zijn voor 2010 ingeschat op ca. € 764 miljoen (zie Tabel 114). De gemiddelde kosten worden op ca. € 764 per 1.000 reizigerskilometers geschat.

Zoals blijkt uit Tabel 114 zijn deze relatief hoge kosten vooral het gevolg van de hoge externe ongevalskosten voor de bromfiets; deze kosten bedragen ongeveer 69% van de totale kosten. Deze hoge kosten zijn het gevolg van het relatief hoge ongevalsrisico per voertuigkilometer. Daarnaast vormt geluidshinder een aanzienlijke kostenpost (17% van de kosten).

Tabel 114 Totale infrastructuurkosten en externe kosten en baten voor de bromfiets in mln Euro

	Infrastructuur-kosten	Externe kosten (binnen transportsector)	Externe kosten (rest van de maatschappij)	Externe baten
Infrastructuurkosten vast	71 (64 - 81)			
Infrastructuurkosten variabel	3,5 (3 - 4,2)			
Kosten van ruimtebeslag			16 (6 - 36)	
Ongevalskosten		478 (285 - 685)	44	
Klimaatkosten en -baten			4 (0 - 7)	0,3 (0,2 - 0,5)
Kosten van luchtvervuiling			15 (7 - 30)	
Kosten van emissies bij energieopwekking			2 (1 - 5)	
Kosten van geluid			128 (10 - 169)	
Congestiekosten				
Overige kosten en baten			3 (1 - 3)	
Totaal	**75 (67 - 85)**	**478 (285 - 685)**	**211 (70 - 293)**	**0,3 (0,2 - 0,5)**

De totale netto externe en infrastructuurkosten voor de fiets zijn voor 2010 ingeschat op ca. € 1,2 miljard. Dit komt neer op gemiddelde kosten van € 86 per 1.000 reizigerskilometer. Hierbij zijn de gezondheidsbaten van € 535 miljoen meegenomen.

Een overzicht van de verschillende infrastructuur- en externe kosten en externe baten is voor de fiets weergegeven in Tabel 115. De kosten van de fiets bestaan vooral uit de kosten van verkeersongevallen (62%) en de infrastructuurkosten (32%). Samen zijn deze kostenposten goed voor 94% van alle kosten (excl. de externe gezondheidsbaten van fietsen). Ook de kosten van ruimtebeslag hebben een significant aandeel in de totale kosten (5%).

Tabel 115 Totale infrastructuurkosten en externe kosten en baten voor de fiets in mln Euro

	Infrastructuur-kosten	Externe kosten (binnen transportsector)	Externe kosten (rest van de maatschappij)	Externe baten
Infrastructuurkosten vast	525 (445 - 625)			
Infrastructuurkosten variabel	28 (24 - 33)			
Kosten van ruimtebeslag			87 (59 - 120)	
Ongevalskosten		806 (611 - 1.031)	258	
Klimaatkosten en -baten			0	0
Kosten van luchtvervuiling			0	
Kosten van emissies bij energieopwekking			0	
Kosten van geluid			0	
Congestiekosten		0		
Overige kosten en baten			15 (6 - 15)	535
Totaal	**553 (470 - 658)**	**806 (611 - 1.031)**	**360 (322 - 393)**	**535**

13.3.6 Bestelauto

De totale externe en infrastructuurkosten van de bestelauto zijn voor 2010 ingeschat op ca. € 3,6 miljard. De gemiddelde kosten zijn ongeveer € 229 per 1.000 voertuigkilometer.

Een overzicht van de verschillende infrastructuur- en externe kosten en externe baten is voor de bestelauto weergegeven in Tabel 116. Zoals blijkt uit deze tabel vormen ook voor de bestelauto de externe ongevalskosten (23%) en de infrastructuurkosten (30%) het grootste deel van de totale kosten. Echter, ook de congestiekosten (op het hoofdwegennet, de congestiekosten op het onderliggend wegennet ontbreken), kosten van broeikasgasemissies en kosten van luchtvervuiling hebben een aanzienlijk aandeel in de totale/gemiddelde kosten.

Tabel 116 Totale infrastructuurkosten en externe kosten en baten voor de bestelauto in mln Euro

	Infrastructuur-kosten	Externe kosten (binnen transportsector)	Externe kosten (rest van de maatschappij)	Externe baten
Infrastructuurkosten vast	995 (879 - 1.138)			
Infrastructuurkosten variabel	49 (42 - 54)			
Kosten van ruimtebeslag			180 (103 - 276)	
Ongevalskosten		795 (483 - 1.130)	46	
Klimaatkosten en -baten			334 (43 - 625)	
Kosten van luchtvervuiling			357 (179 - 715)	20 (10 - 29)
Kosten van emissies bij energieopwekking			179 (70 - 350)	
Kosten van geluid			98 (7, - 113)	
Congestiekosten		441 (384 - 498)		
Overige kosten en baten			114 (46 - 114)	
Totaal	**1045 (921 - 1192)**	**1236 (867 - 1628)**	**1307 (492 - 2239)**	**20 (10 - 29)**

13.3.7 Vrachtauto

Voor de vrachtauto zijn de totale externe en infrastructuurkosten in 2010 ingeschat op ongeveer € 5,7 miljard, wat neerkomt op gemiddelde kosten van ongeveer € 116 per 1.000 tonkilometer.

Een overzicht van de verschillende infrastructuur- en externe kosten en externe baten is voor de vrachtauto weergegeven in Tabel 117. Het grootste deel van de kosten wordt gevormd door de infrastructuurkosten (45%), gevolgd door, de congestiekosten op het hoofdwegennet (14%), de kosten van lucht-vervuiling (11%), de ongevalskosten (9%) en de kosten van broeikasgasemissies (7%).

Tabel 117 Totale infrastructuurkosten en externe kosten en baten voor de vrachtauto in mln Euro

	Infrastructuur-kosten	Externe kosten (binnen transportsector)	Externe kosten (rest van de maatschappij)	Externe baten
Infrastructuurkosten vast	1.770 (1.461 - 2.145)			
Infrastructuurkosten variabel	806 (672 - 875)			
Kosten van ruimtebeslag			106 (67 - 180)	
Ongevalskosten		509 (359 - 669)	19	
Klimaatkosten en -baten			468 (60 - 876)	73 (37 - 108)
Kosten van luchtvervuiling			634 (317 - 1268)	
Kosten van emissies bij energieopwekking			253 (98 - 496)	
Kosten van geluid			195 (16 - 252)	
Congestiekosten		821 (715 - 927)		
Overige kosten en baten			231 (100 - 231)	
Totaal	**2.576 (2.134 - 3.021)**	**1.330 (1.074 - 1.596)**	**1.905 (677 - 3.322)**	**73 (37 - 108)**

13.3.8 Trein

De totale externe en infrastructuurkosten voor de trein in 2010 zijn in deze studie ingeschat op ca. € 4,1 miljard. Het overgrote deel daarvan komt voor rekening van de elektrische personentrein (ca. 77%), gevolgd door de elektrische goederentrein (11%), de diesel personentrein (7%) en de diesel goederentrein (6%). De gemiddelde kosten voor de personentreinen zijn geschat op € 189 (elektrisch) en € 351 (diesel) per 1.000 reizigerskilometers, terwijl de gemiddelde kosten voor de goederentreinen op € 137 (elektrisch) en € 85 (diesel) per 1.000 tonkilometer geschat zijn. De relatief hoge gemiddelde kosten voor de diesel personentrein zijn het gevolg van het feit dat deze treinen relatief kort zijn (ze worden vooral ingezet op rustige lijnen) en daardoor relatief weinig personen vervoeren. De kosten per reizigerskilometer vallen dan hoog uit.

Een overzicht van de verschillende infrastructuur- en externe kosten en externe baten is voor de trein weergegeven in Tabel 118 t/m Tabel 121. Zoals blijkt uit deze tabellen geldt voor zowel de personen- als goederentreinen dat de kosten vooral bestaan uit (vaste) infrastructuurkosten. Deze kosten vormen 81-95% van de totale kosten. Bij de dieseltreinen zijn daarnaast ook de kosten van luchtvervuilende emissies nog significant (5-12%).

Tabel 118 Totale infrastructuurkosten en externe kosten en baten voor personentrein elektrisch in mln Euro

	Infrastructuur-kosten	Externe kosten (binnen transportsector)	Externe kosten (rest van de maatschappij)	Externe baten
Infrastructuurkosten vast	2.553 (2.224 - 2.803)			
Infrastructuurkosten variabel	332 (310 - 370)			
Kosten van ruimtebeslag			29 (19 - 46)	
Ongevalskosten		25 (18 - 33)	1	
Klimaatkosten en -baten			0	0
Kosten van luchtvervuiling			81 (41 - 162)	
Kosten van emissies bij energieopwekking			65 (13 - 123)	
Kosten van geluid			23 (3 - 30)	
Congestiekosten		0		
Overige kosten en baten			9 (4 - 9)	
Totaal	**2.886 (2.534 - 3.173)**	**25 (18 - 33)**	**208 (80 - 371)**	**0**

Tabel 119 Totale infrastructuurkosten en externe kosten en baten voor personentrein diesel in mln Euro

	Infrastructuur-kosten	Externe kosten (binnen transportsector)	Externe kosten (rest van de maatschappij)	Externe baten
Infrastructuurkosten vast	211 (191 - 237)			
Infrastructuurkosten variabel	40 (37 - 44)			
Kosten van ruimtebeslag			4 (3 - 7)	
Ongevalskosten		4 (3 - 5)	0,1	
Klimaatkosten en -baten			2 (0,3 - 5)	0,6 (0,3 - 0,9)
Kosten van luchtvervuiling			13 (6 - 26)	
Kosten van emissies bij energieopwekking			1 (1 - 3)	
Kosten van geluid			3 (0,4 - 4)	
Congestiekosten		0		
Overige kosten en baten			1 (1 - 1)	
Totaal	**251 (228 - 281)**	**4 (3 - 5)**	**26 (11 - 46)**	**0,6 (0,3 - 0,9)**

Tabel 120 Totale infrastructuurkosten en externe kosten en baten voor goederentrein elektrisch in mln Euro

	Infrastructuur-kosten	Externe kosten (binnen transportsector)	Externe kosten (rest van de maatschappij)	Externe baten
Infrastructuurkosten vast	394 (326 - 399)			
Infrastructuurkosten variabel	19 (19 - 21)			
Kosten van ruimtebeslag			4 (3 - 7)	
Ongevalskosten		1,2 (0,8 - 1,6)	0,04	
Klimaatkosten en -baten			0	0
Kosten van luchtvervuiling			7 (3 - 14)	
Kosten van emissies bij energieopwekking			5 (1 - 10)	
Kosten van geluid			4 (0,5 - 6)	
Congestiekosten		0		
Overige kosten en baten			1 (0 - 1)	
Totaal	**413 (344 - 420)**	**1,2 (0,8 - 1,6)**	**22 (8 - 38)**	**0**

Tabel 121 Totale infrastructuurkosten en externe kosten en baten voor goederentrein diesel in mln Euro

	Infrastructuur-kosten	Externe kosten (binnen transportsector)	Externe kosten (rest van de maatschappij)	Externe baten
Infrastructuurkosten vast	175 (147 - 186)			
Infrastructuurkosten variabel	14 (13 - 15)			
Kosten van ruimtebeslag			4 (3 - 7)	
Ongevalskosten		1,1 (0,8 - 1,4)	0,04	
Klimaatkosten en -baten			6 (1 - 11)	2 (1 - 3)
Kosten van luchtvervuiling			28 (14 - 55)	
Kosten van emissies bij energieopwekking			3 (1 - 6)	
Kosten van geluid			4 (0,4 - 5)	
Congestiekosten		0		
Overige kosten en baten			1 (0 - 1)	
Totaal	**188 (160 - 201)**	**1,1 (0,8 - 1,4)**	**46 (19 - 85)**	**2 (1 - 3)**

13.3.9 Tram en metro

De totale externe en infrastructuurkosten voor de tram zijn voor 2010 ingeschat op ca. € 117 miljoen en de gemiddelde kosten op ongeveer € 125 per 1.000 reizigerskilometer.

Een overzicht van de verschillende infrastructuur- en externe kosten en externe baten is voor de tram weergegeven in Tabel 122. Zoals blijkt uit deze tabel bestaan de externe en infrastructuurkosten voor de tram voor het grootste deel uit de kosten van de infrastructuur (ca. 64%), gevolgd door de ongevalskosten (21%) en de kosten van emissies bij energieopwekking (6%).

Tabel 122 Totale infrastructuurkosten en externe kosten en baten voor de tram in mln Euro

	Infrastructuur-kosten	Externe kosten (binnen transportsector)	Externe kosten (rest van de maatschappij)	Externe baten
Infrastructuurkosten vast	66 (60 - 74)			
Infrastructuurkosten variabel	10			
Kosten van ruimtebeslag			1,7 (1,2 - 2,3)	
Ongevalskosten		24 (20 - 29)	0,3	
Klimaatkosten en -baten			0	0
Kosten van luchtvervuiling			2 (1 - 4)	
Kosten van emissies bij energieopwekking			7 (1 - 13)	
Kosten van geluid			6 (0,5 - 8)	
Congestiekosten		0		
Overige kosten en baten			0,7 (0,3 - 0,7)	
Totaal	**76 (70 - 84)**	**24 (20 - 29)**	**17 (5 - 28)**	**0**

Voor de metro zijn de totale externe en infrastructuurkosten in 2010 ingeschat op ca. € 92 miljoen (zie Tabel 123). De gemiddelde kosten zijn in deze studie ingeschat op ca. € 101 per 1.000 reizigerskilometers.

Een overzicht van de verschillende infrastructuur- en externe kosten en externe baten is voor de tram weergegeven in Tabel 123. De totale kosten blijken - net als bij de tram - vooral uit de kosten van de infrastructuur te bestaan (ca. 72%). Daarnaast zijn ook de kosten van verkeersongevallen (ca. 11%), de kosten van emissies bij energieopwekking (ca. 7%) en de kosten van geluidshinder (ca. 6%) significant.

Tabel 123 Totale infrastructuurkosten en externe kosten en baten voor de metro in mln Euro

	Infrastructuur-kosten	Externe kosten (binnen transportsector)	Externe kosten (rest van de maatschappij)	Externe baten
Infrastructuurkosten vast	58 (55 - 61)			
Infrastructuurkosten variabel	8			
Kosten van ruimtebeslag			1,7 (1,1 - 2,3)	
Ongevalskosten		9 (7 - 13)	0,7	
Klimaatkosten en -baten			0	0
Kosten van luchtvervuiling			2 (1 - 4)	
Kosten van emissies bij energieopwekking			6 (1 - 12)	
Kosten van geluid			6 (0,5 - 7)	
Congestiekosten		0		
Overige kosten en baten			0,6 (0,2 - 0,6)	
Totaal	**66 (63 - 69)**	**9 (7 - 13)**	**17 (5 - 26)**	**0**

13.3.10 Binnenvaart

De totale externe en infrastructuurkosten voor de binnenvaart worden voor 2010 geschat op ca. € 1,7 miljard. De gemiddelde kosten zijn gelijk aan ca. € 41 per 1.000 tonkilometer.

Een overzicht van de verschillende infrastructuur- en externe kosten en externe baten is voor de binnenvaart weergegeven in Tabel 124. Deze kosten bestaan voor het overgrote deel uit de kosten voor de infrastructuur (ca. 67%). Echter, ook de kosten voor luchtvervuiling zijn voor de binnenvaart significant (20%), net als de kosten van broeikasgasemissies (5%).

Tabel 124 Totale infrastructuurkosten en externe kosten en baten voor de binnenvaart in mln Euro

	Infrastructuur-kosten	Externe kosten (binnen transportsector)	Externe kosten (rest van de maatschappij)	Externe baten
Infrastructuurkosten vast	1.060 (914 - 1.274)			
Infrastructuurkosten variabel	53 (48 - 58)			
Kosten van ruimtebeslag			21 (9 - 42)	
Ongevalskosten		14 (12 - 17)	0,4	
Klimaatkosten en -baten			120 (15 - 224)	31 (16 - 46)
Kosten van luchtvervuiling			330 (165 - 659)	
Kosten van emissies bij energieopwekking			64 (25 - 126)	
Kosten van geluid			0	
Congestiekosten		0		
Overige kosten en baten			15 (6 - 15)	
Totaal	**1.113 (962 - 1.332)**	**14 (12 - 17)**	**550 (221 - 1.068)**	**31 (16 - 46)**

13.3.11 Zeevaart

De totale externe en infrastructuurkosten voor de zeevaart in 2010 zijn geschat op ca. € 1,9 miljard (waarbij voor de kosten van broeikasgasemissies en kosten van brandstofproductie 50% van de totale kosten van alle vaarbewegingen van en naar Nederland is toegewezen aan Nederland). De klimaatbaten van NO_x en SO_2[143] bedroegen in 2010 € 940 miljoen en compenseren daarmee ongeveer een derde van de totale infrastructuur- en externe *kosten* (incl. kosten van broeikasgasemissies van CO_2) van de zeevaart. De totale externe kosten (zonder klimaatbaten, maar met kosten van broeikasgasemissies) bedroegen ca. € 2,8 miljard. De gemiddelde netto kosten per tonkilometer komen daarmee uit op € 1,9 per 1.000 tonkilometer. Als de klimaatbaten niet worden meegenomen, dan zijn de gemiddelde externe en infrastructuurkosten van de zeevaart gelijk aan ca. € 2,9 per 1.000 tkm.

Een overzicht van de verschillende infrastructuur- en externe kosten en externe baten is voor de zeevaart weergegeven in Tabel 125. De grootste kostenpost wordt gevormd door de kosten van luchtvervuiling, gevolgd door de klimaatkosten. Echter, zoals eerder aangegeven worden deze laatste kostenpost meer dan volledig gecompenseerd door de externe klimaatbaten. Ook de infrastructuurkosten en de kosten van emissies die vrijkomen bij brandstofproductie hebben een significant aandeel in de totale kosten.

[143] Bij de klimaatbaten van de in 2010 uitgestoten NO_x en SO_2 moet echter wel bedacht worden dat het verkoelende effect van deze emissies slechts op korte termijn plaatsvindt, terwijl het verwarmende effect van in 2010 uitgestoten broeikasgassen decennia lang van kracht blijft. Bovendien leiden SO_2- en NO_x-emissies vooral tot lokaal verkoelende effecten (op de plekken met veel zeevaart), terwijl de uitgestoten CO_2 zorgt voor een mondiaal verwarmend effect. Voor meer informatie zie Hoofdstuk 6.

Tabel 125 Totale infrastructuurkosten en externe kosten en baten voor de zeevaart in mln Euro

	Infrastructuur -kosten	Externe kosten (binnen transportsector)	Externe kosten (rest van de maatschappij)	Externe baten
Infrastructuurkosten vast	301 (259 - 357)			
Infrastructuurkosten variabel	16			
Kosten van Ruimtebeslag			15 (11 - 25)	
Ongevalskosten		2,5 (2 - 2,9)	0,06	
Klimaatkosten en -baten			882 (113 - 1652)	940 (677 - 1.202)
Kosten van luchtvervuiling			1162 (581 - 2323)	
Kosten van emissies bij energieopwekking			437 (172 - 858)	
Kosten van geluid			0	
Congestiekosten		0		
Overige kosten en baten			0 (0 - 0)	
Totaal	**317 (274 - 373)**	**2,5 (2 - 2,9)**	**2.496 (876 - 4.857)**	**940 (677 - 1.202)**

13.3.12 Luchtvaart

De totale externe en infrastructuurkosten voor de luchtvaart zijn voor 2010 ingeschat op ca. € 2,6 miljard, waarvan voor de kosten van broeikasgas-emissies en kosten van brandstofproductie 50% van de kosten van alle vluchten van en naar Nederland is toegewezen aan Nederland. Het grootste deel van deze kosten (81%) wordt toegewezen aan de passagiersluchtvaart.

De gemiddelde kosten voor de passagiersluchtvaart bedragen ca. € 60 per 1.000 reizigerskilometers, terwijl de gemiddelde kosten voor de vracht-luchtvaart gelijk zijn aan € 94 per tonkilometer.

Een overzicht van de verschillende infrastructuur- en externe kosten en externe baten is voor de luchtvaart weergegeven in Tabel 126 en Tabel 127. Zoals uit deze tabellen blijkt bestaan de infrastructuur- en externe kosten voor de luchtvaart vooral uit de kosten van broeikasgasemissies (52%), de infrastructuurkosten (31%). en de kosten van emissies die vrijkomen bij de brandstofproductie (ca. 14%). Hierbij moet worden opgemerkt dat de schatting van de kosten van geluid een onderschatting zijn.

Tabel 126 Infrastructuurkosten en externe kosten en baten voor luchtvaart personen in mln Euro

	Infrastructuur-kosten	Externe kosten (binnen transportsector)	Externe kosten (rest van de maatschappij)	Externe baten
Infrastructuurkosten vast	671 (609 - 746)			
Infrastructuurkosten variabel	60 (58 - 62)			
Kosten van Ruimtebeslag			12 (8 - 24)	
Ongevalskosten		12 (10 - 14)	0,2	
Klimaatkosten en -baten			1.039 (133 - 1.944)	0
Kosten van luchtvervuiling			33 (17 - 66)	
Kosten van emissies bij energieopwekking			284 (111 - 558)	
Kosten van geluid			16 (1 - 21)	
Congestiekosten		0		
Overige kosten en baten			17 (7 - 17)	
Totaal	**731 (667 - 808)**	**12 (10 - 14)**	**1.401 (277 – 2.630)**	**0**

Tabel 127 Infrastructuurkosten en externe kosten en baten voor luchtvaart goederen in mln Euro

	Infrastructuur-kosten	Externe kosten (binnen transportsector)	Externe kosten (rest van de maatschappij)	Externe baten
Infrastructuurkosten vast	66 (60 - 74)			
Infrastructuurkosten variabel	5,9 (5,7 - 6,1)			
Kosten van Ruimtebeslag			1,2 (0,8 - 2,4)	
Ongevalskosten		3,8 (3,2 - 4,3)	0,06	
Klimaatkosten en -baten			323 (41 - 605)	0
Kosten van luchtvervuiling			3 (2 - 7)	
Kosten van emissies bij energieopwekking			89 (34 - 174)	
Kosten van geluid			2 (0,1 - 2)	
Congestiekosten		0		
Overige kosten en baten			1,6 (0,7 -1,6)	
Totaal	**72 (66 - 80)**	**3,8 (3,2 - 4,3)**	**420 (79 - 792)**	**0**

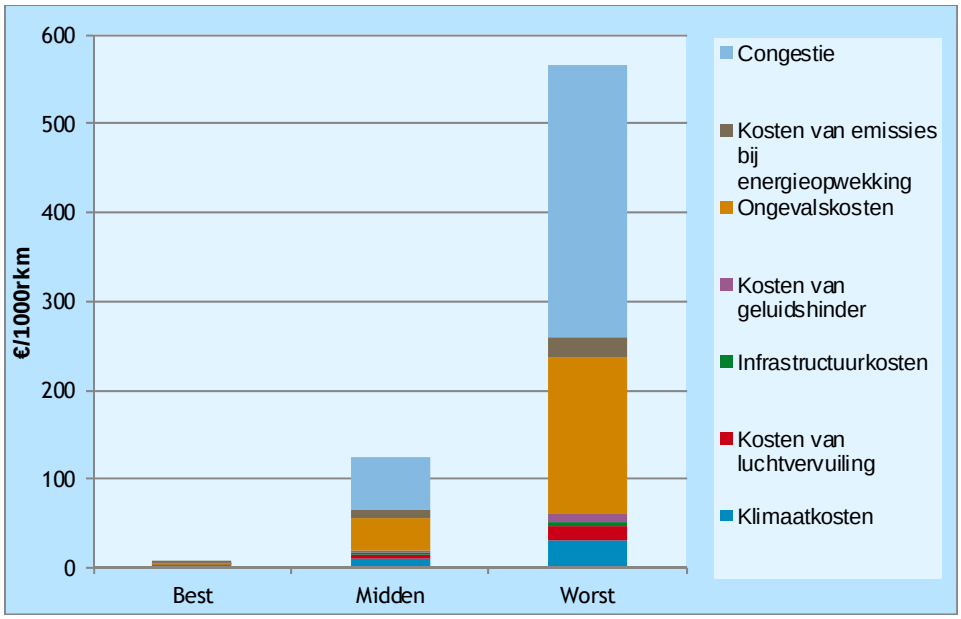
13.4 Marginale kosten

In deze paragraaf worden de marginale externe en infrastructuurkosten voor de best, midden en worst case van de verschillende vervoerswijzen gepresenteerd.

13.4.1 Personenauto en motorfiets

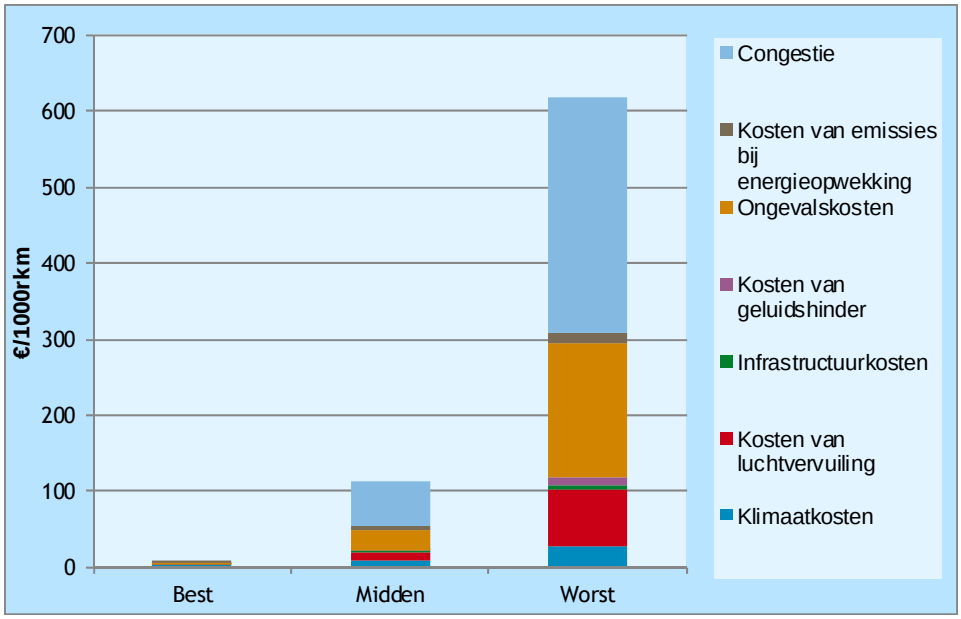
Figuur 8 tot en met Figuur 10 geven de marginale kosten voor de best, midden en worst case van de drie typen personenauto die zijn onderscheiden in deze studie. De figuren tonen aan dat met name congestiekosten en ongevalskosten van grote invloed zijn op de marginale kostenverschillen.
Voor diesel personenauto's spelen de kosten van luchtvervuiling ook een rol, met name in de worst case (waar wordt uitgegaan van een relatief vervuilende oude auto, met bovendien een lage bezettingsgraad).

Figuur 8 Totale marginale kosten voor de personenauto (benzine)



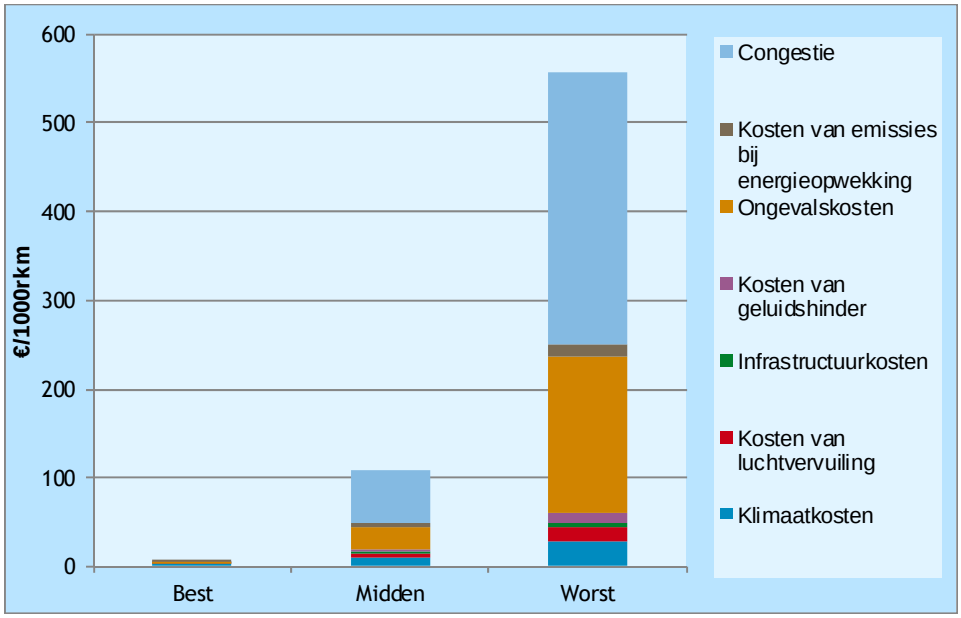
Let op: Y-as is niet consistent tussen verschillende figuren met marginale kosten.

Figuur 9 **Totale marginale kosten voor de personenauto (diesel)**



Let op: Y-as is niet consistent tussen verschillende figuren met marginale kosten.

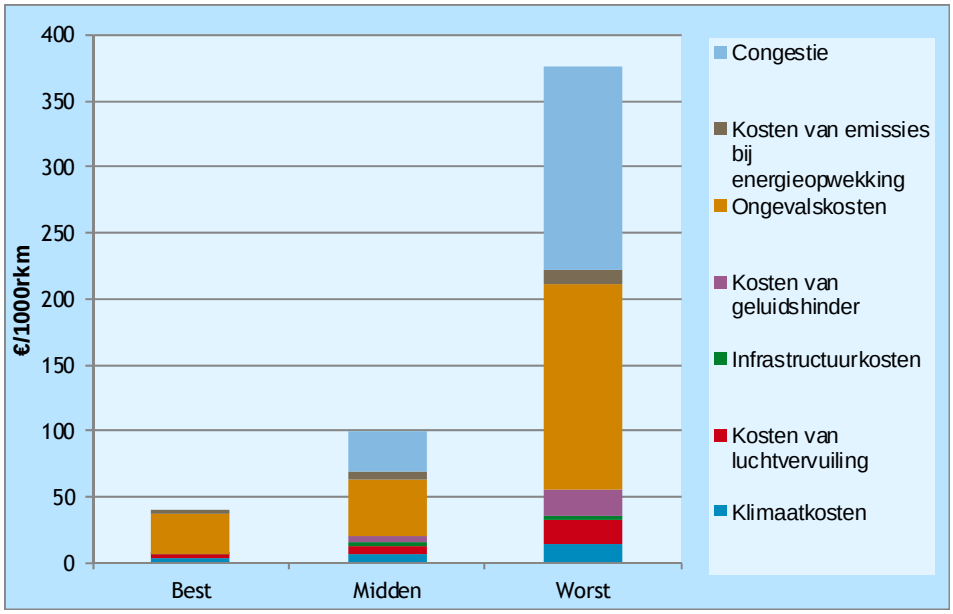
Figuur 10 **Totale marginale kosten voor de personenauto (LPG)**



Let op: Y-as is niet consistent tussen verschillende figuren met marginale kosten.

De marginale kosten voor de verschillende cases van de motorfiets worden ook in grote mate beïnvloed door de marginale congestiekosten en de marginale ongevalskosten (zie Figuur 11).

Figuur 11 Totale marginale kosten voor de motorfiets

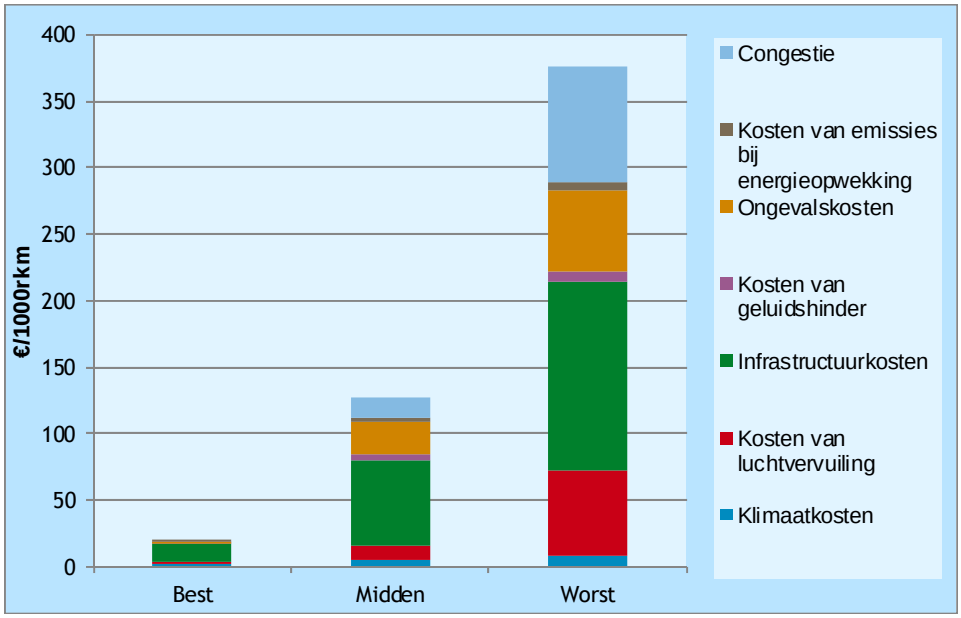


Let op: Y-as is niet consistent tussen verschillende figuren met marginale kosten.

13.4.2 Bus en touringcar

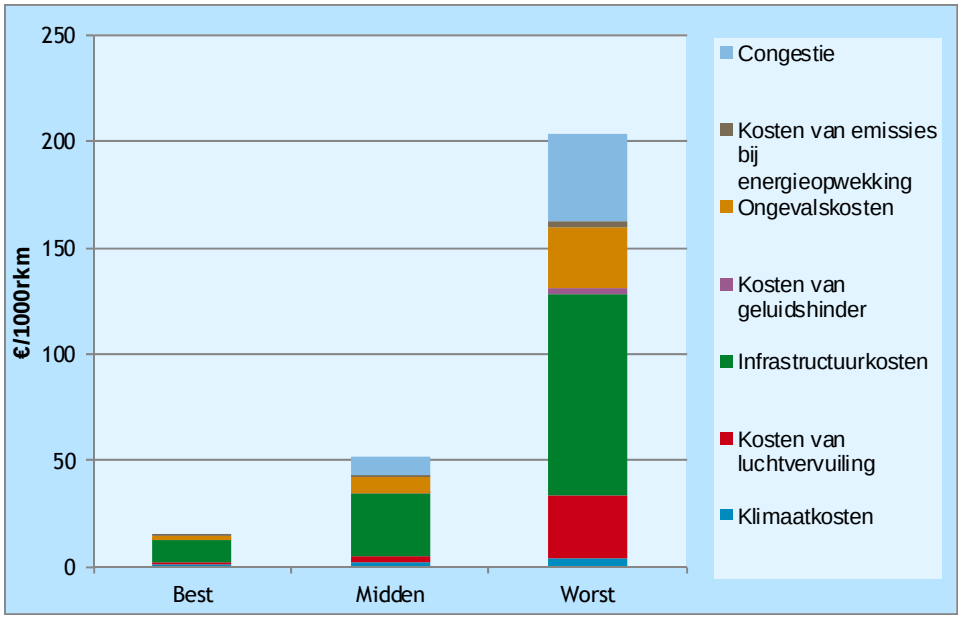
Figuur 12 en Figuur 13 tonen de totale marginale externe en infrastructuur-kosten voor de bus en touringcar. De kosten van luchtvervuiling verschillen het meest significant tussen de cases. Daarnaast spelen infrastructuurkosten, congestiekosten en ongevalskosten een grote rol. De best case bestaat vrijwel alleen uit infrastructuurkosten.

Figuur 12 Totale marginale kosten voor de bus



Let op: Y-as is niet consistent tussen verschillende figuren met marginale kosten.

Figuur 13 Totale marginale kosten voor de touringcar

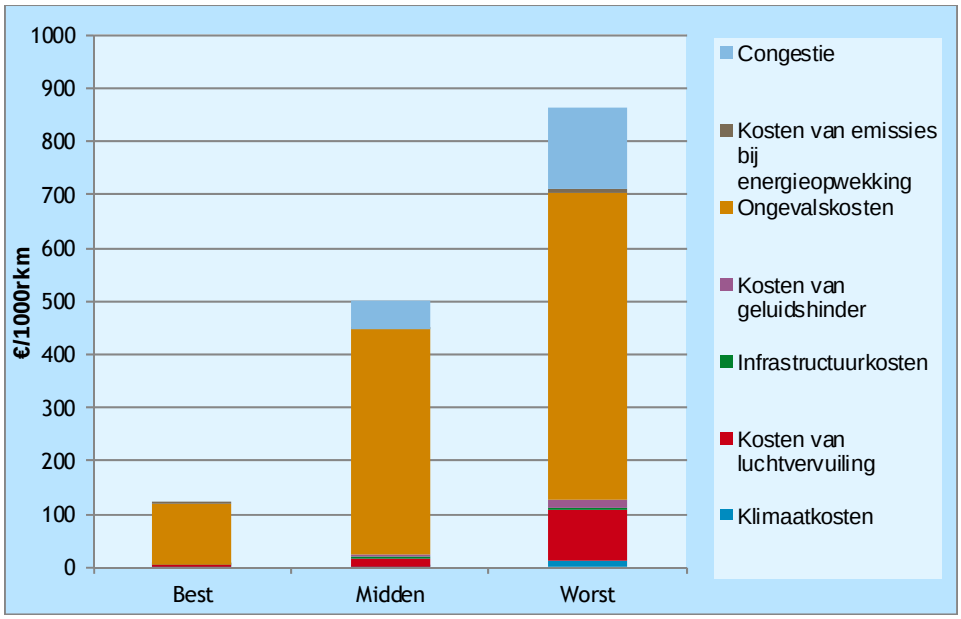


Let op : Y-as is niet consistent tussen verschillende figuren met marginale kosten.

13.4.3 Bromfiets en fiets

In de best case voor de bromfiets bestaan de externe kosten vrijwel in het geheel uit ongevalskosten. In de worst case komen daar nog aanzienlijke congestiekosten en kosten van luchtvervuiling bij.

Figuur 14 Totale marginale kosten voor de bromfiets



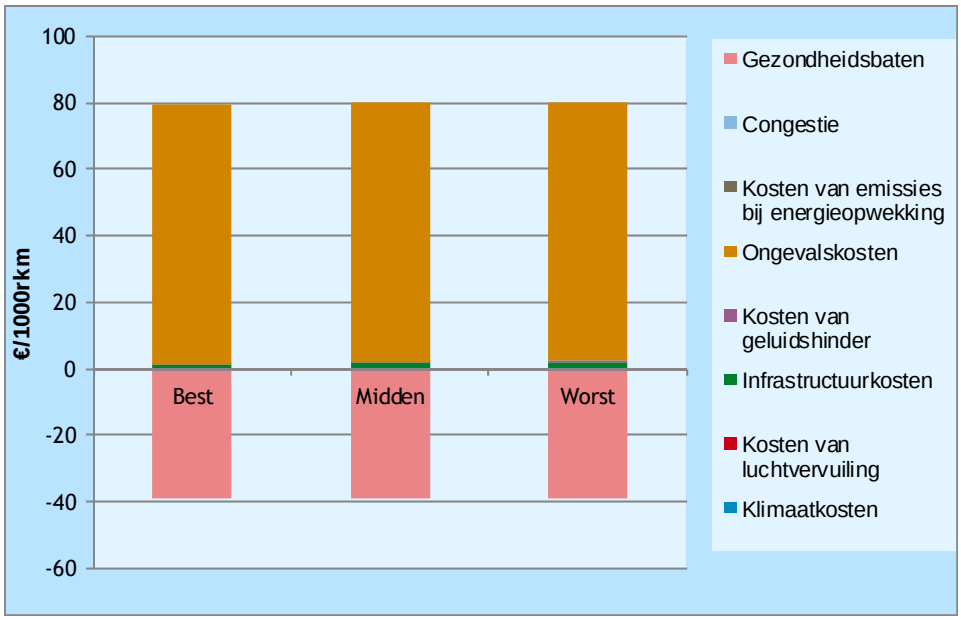
Let op: Y-as is niet consistent tussen verschillende figuren met marginale kosten.

Figuur 15 laat zien dat de marginale kosten van de fiets nauwelijks verschillen voor de verschillende cases. Dit komt omdat veel van de marginale kosten-posten voor de fiets niet relevant zijn (bijv. klimaat, luchtvervuiling). Bovendien is er aangenomen dat de marginale externe ongevalskosten en de

exteren gezondheidsbaten, die gezamenlijk de belangrijkste elementen in de de marginale externe en infrastructuurkosten vormen, niet verschillen tussen de drie cases. De infrastructuurkosten en de kosten van geluidhinder verschillen wel tussen de cases.

Zoals Figuur 15 laat zien wordt een belangrijk deel (ca. 50%) van de marginale externe en infrastructuurkosten van de fiets gecompenseerd door de marginale externe gezondheidsbaten van het fietsen.

Figuur 15 Totale marginale kosten voor de fiets

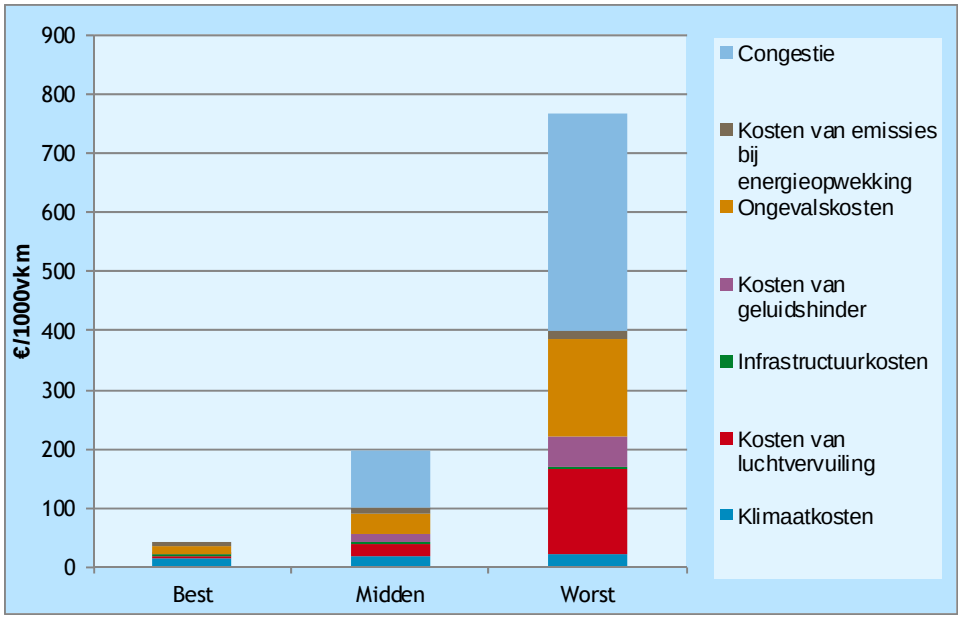


Let op: Y-as is niet consistent tussen verschillende figuren met marginale kosten.

13.4.4 Bestelauto

De marginale kosten van bestelauto's variëren aanzienlijk tussen de best en worst case van ca. € 50 tot € 750 per 1.000 voertuigkilometer. Wederom zorgen de marginale congestiekosten en ongevalskosten voor de belangrijkste verschillen. Met name in de worst case zijn ook de marginale kosten van luchtvervuiling aanzienlijk (omdat er in deze case is uitgegaan van een oude, relatief vervuilende bestelauto).

Figuur 16 Totale marginale kosten voor de bestelauto

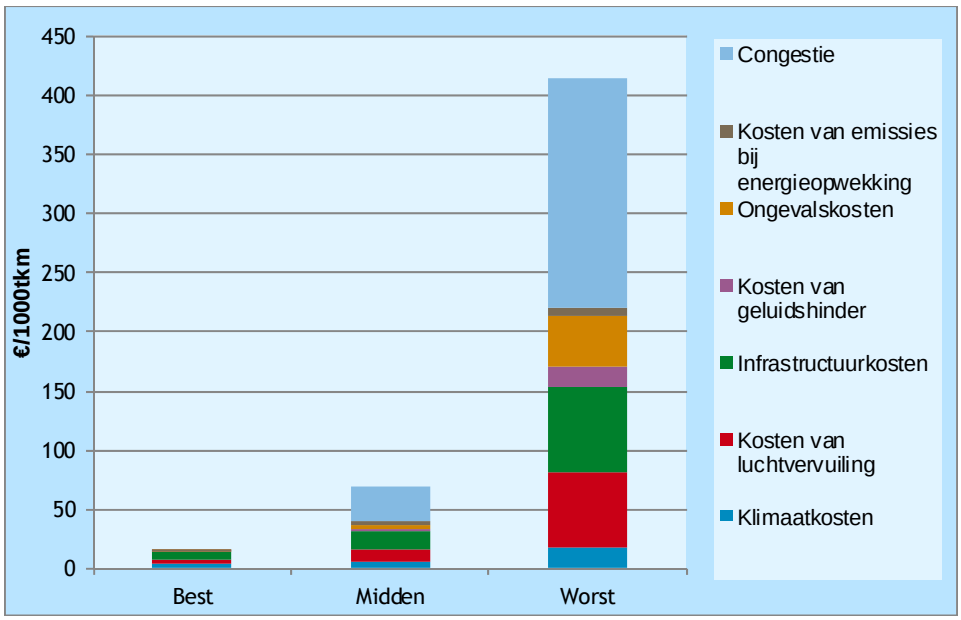


Let op: Y-as is niet consistent tussen verschillende figuren met marginale kosten.

13.4.5 Vrachtauto

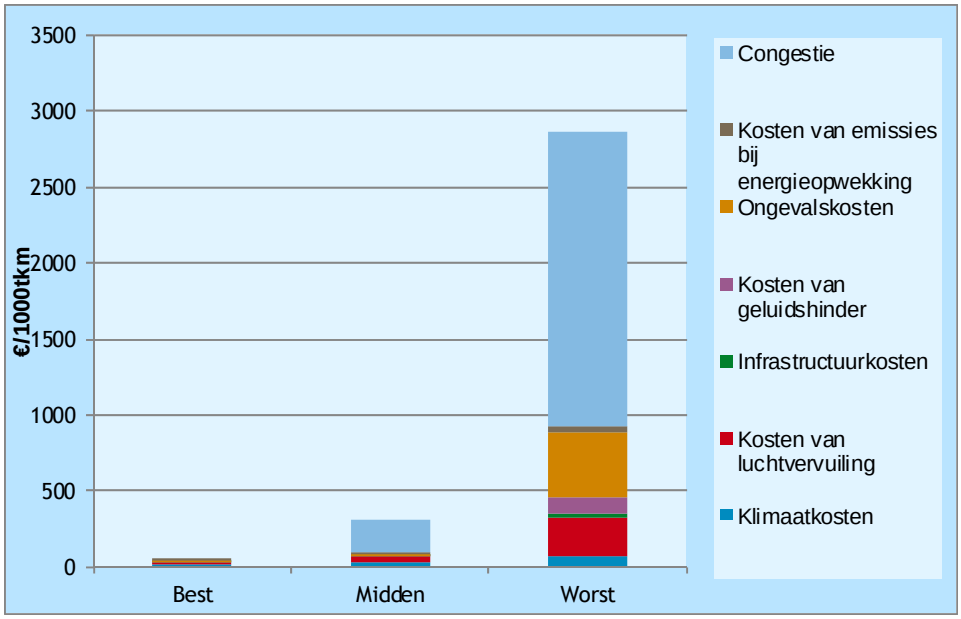
Figuur 17 tot en met Figuur 20 tonen de marginale kosten voor de verschillende vrachtautotypen. Voor alle typen vrachtauto's geldt dat congestiekosten een grote invloed hebben op de variatie in marginale kosten. Dit geldt ook voor de kosten van luchtvervuiling en ongevallen. Met name voor de kleine vrachtauto's is een grote spreiding te zien in marginale kosten. Voor deze vrachtauto's zijn de marginale externe en infrastructuurkosten per ton-kilometer ook het hoogst, wat uiteraard het gevolg is van de lagere gemiddelde belading van deze vrachtauto's.

Figuur 17 Totale marginale kosten voor de trekker



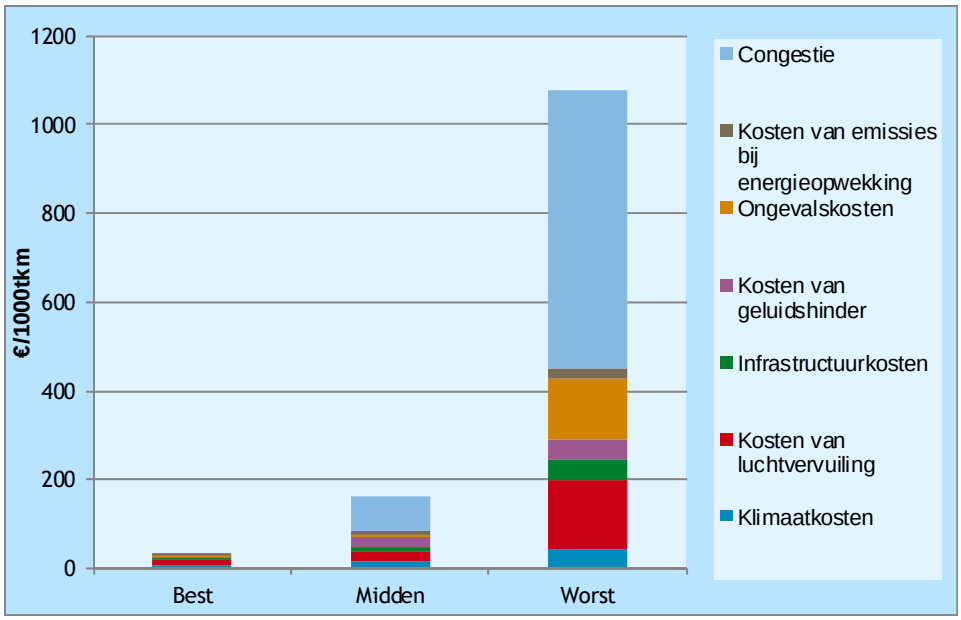
Let op: Y-as is niet consistent tussen verschillende figuren met marginale kosten.

Figuur 18 Totale marginale kosten voor de vrachtauto <10t



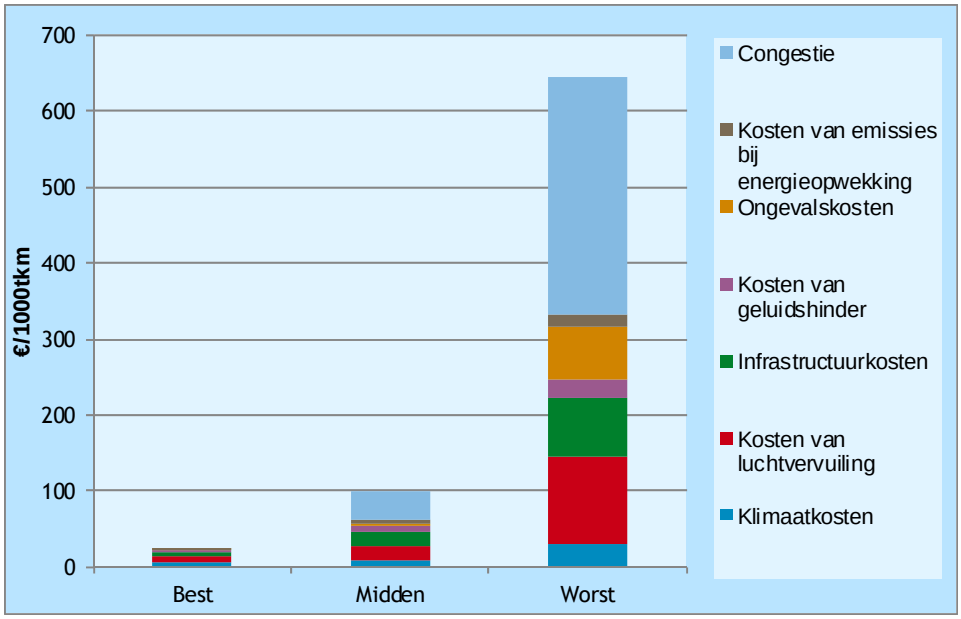
Let op: Y-as is niet consistent tussen verschillende figuren met marginale kosten.

Figuur 19 Totale marginale kosten voor de vrachtauto 10 t-20 t



Let op: Y-as is niet consistent tussen verschillende figuren met marginale kosten.

Figuur 20 Totale marginale kosten voor de vrachtauto >20 t

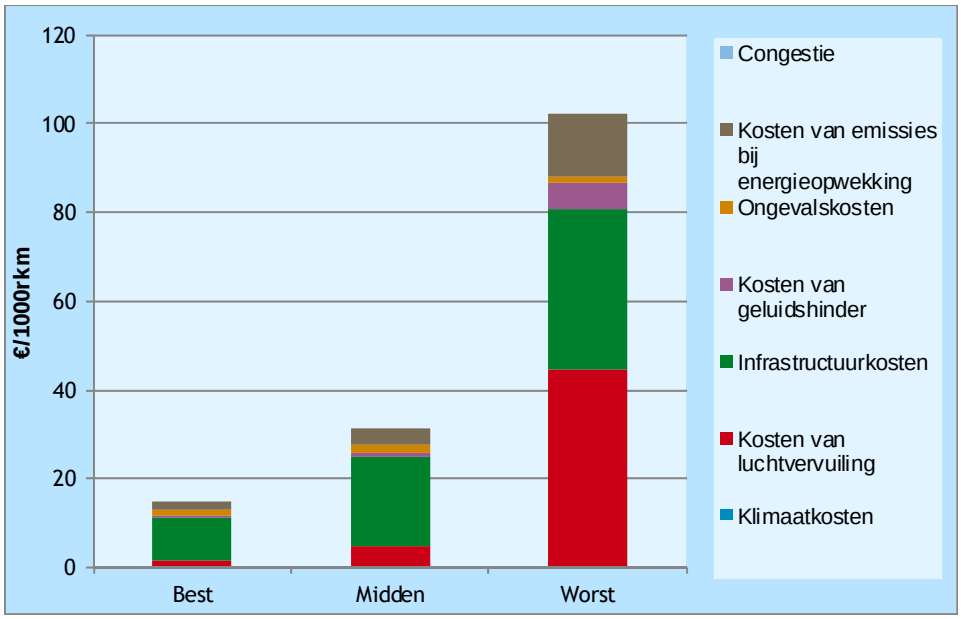


Let op: Y-as is niet consistent tussen verschillende figuren met marginale kosten.

13.4.6 Trein

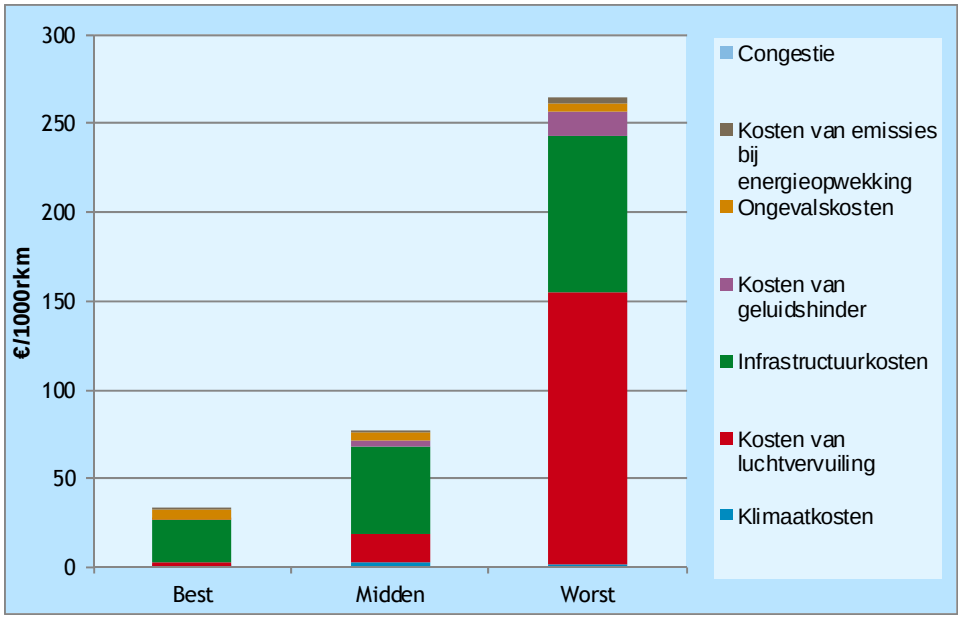
Anders dan bij het wegvervoer, geldt voor alle treintypen dat de spreiding in marginale kosten met name het gevolg is van de variatie in de kosten van luchtvervuiling (incl. slijtage-emissies) en upstream emissies (elektrische treinen). Ook de marginale infrastructuurkosten verschillen aanzienlijk tussen de verschillende cases. Deze drie kostenposten vormen ook het overgrote deel van de marginale externe en infrastructuurkosten. Daarnaast zijn ook de marginale externe kosten van geluid significant.

Figuur 21 Totale marginale kosten voor personentrein (elektrisch)



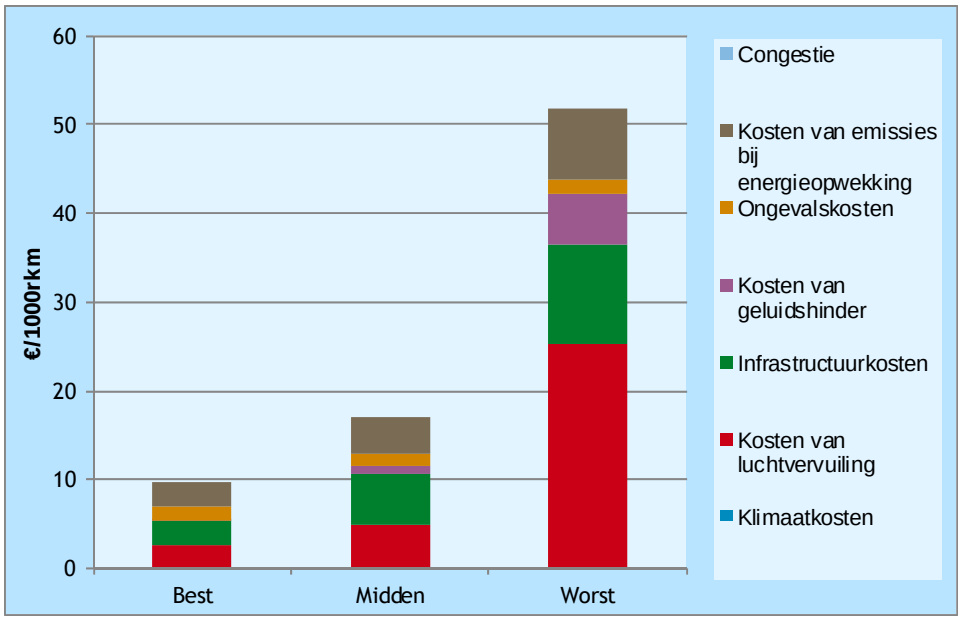
Let op: Y-as is niet consistent tussen verschillende figuren met marginale kosten.

Figuur 22 Totale marginale kosten voor personentrein (diesel)



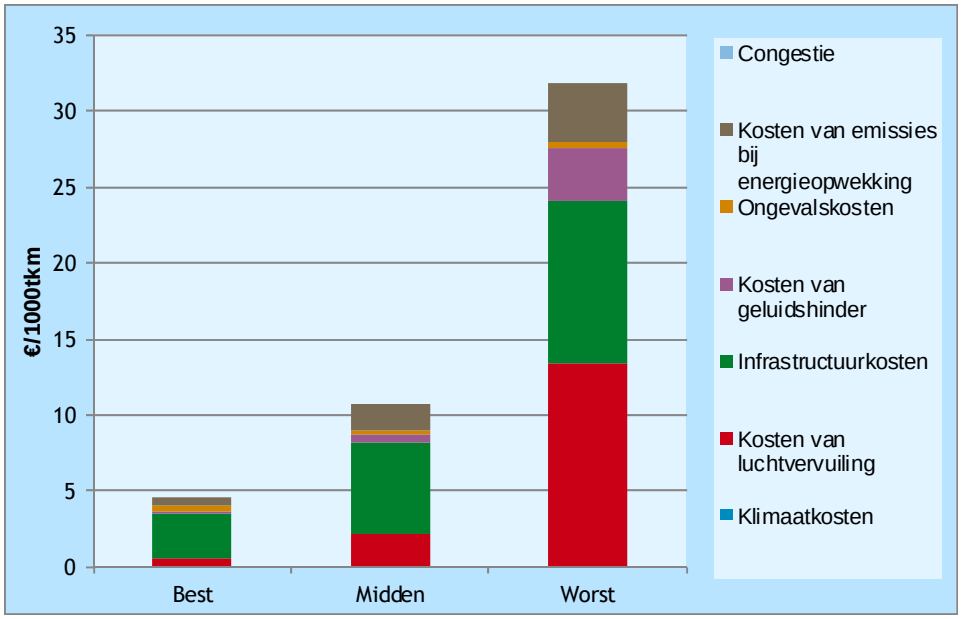
Let op: Y-as is niet consistent tussen verschillende figuren met marginale kosten.

Figuur 23 Totale marginale kosten voor personentrein (HSL)



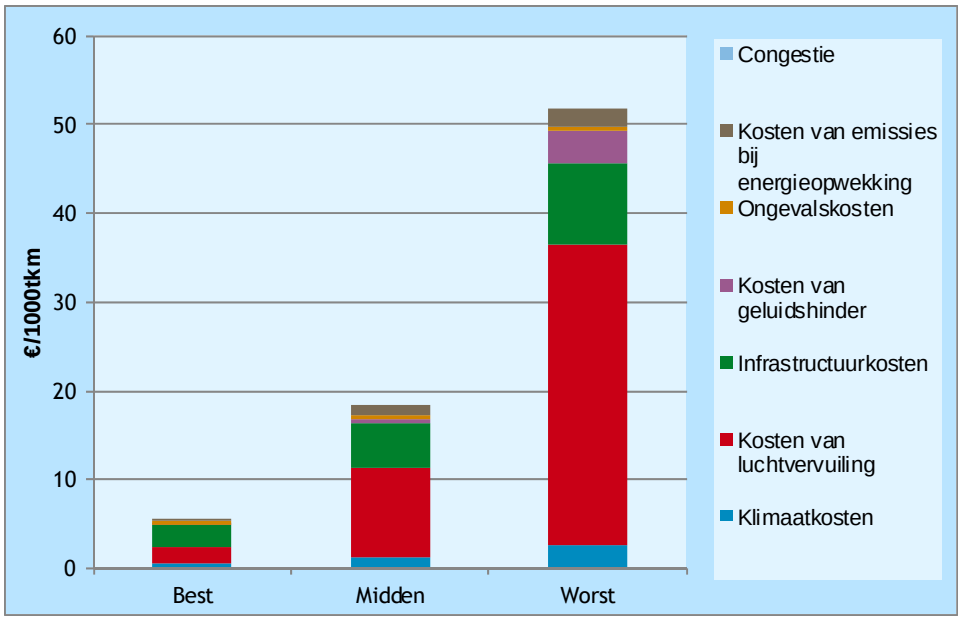
Let op: Y-as is niet consistent tussen verschillende figuren met marginale kosten.

Figuur 24 Totale marginale kosten voor goederentrein (elektrisch)



Let op: Y-as is niet consistent tussen verschillende figuren met marginale kosten.

Figuur 25 Totale marginale kosten voor goederentrein (diesel)

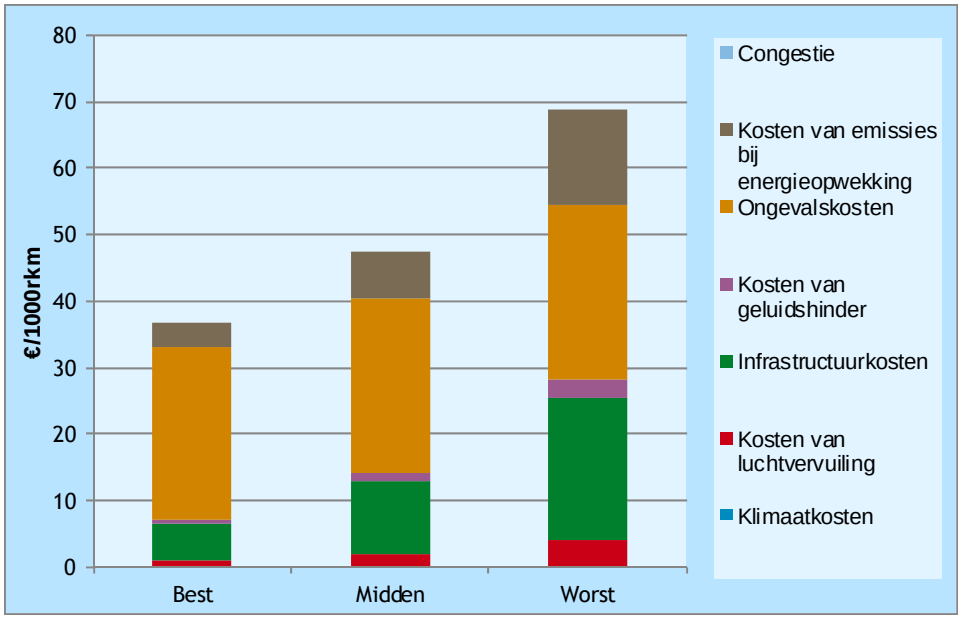


Let op: Y-as is niet consistent tussen verschillende figuren met marginale kosten.

13.4.7 Tram en metro

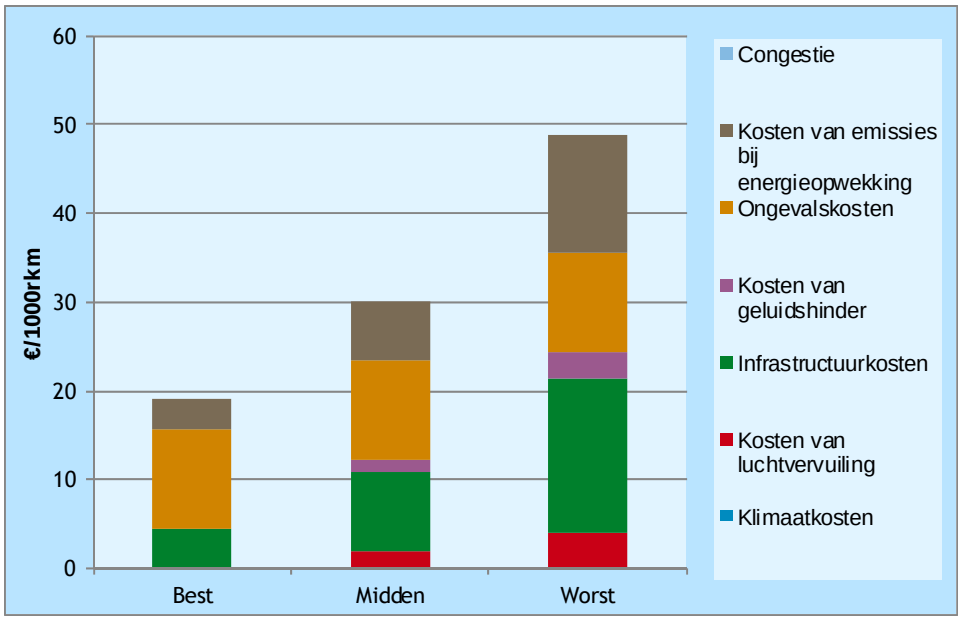
Voor de tram en metro geldt dat de spreiding in marginale kosten relatief beperkt is t.o.v. sommige andere vervoerswijzen. De verschillen in marginale kosten tussen de verschillende cases is vooral het gevolg van de veronderstelde verschillen in bezettingsgraad. Daarnaast variëren ook de marginale kosten van emissies van elektriciteitsproductie en de marginale infrastructuurkosten significant. De belangrijkste marginale kostenposten zijn de marginale externe ongevalskosten, de marginale infrastructuurkosten en de marginale kosten van emissies bij elektriciteitsproductie.

Figuur 26 Totale marginale kosten voor tram



Let op: Y-as is niet consistent tussen verschillende figuren met marginale kosten.

Figuur 27 Totale marginale kosten voor metro

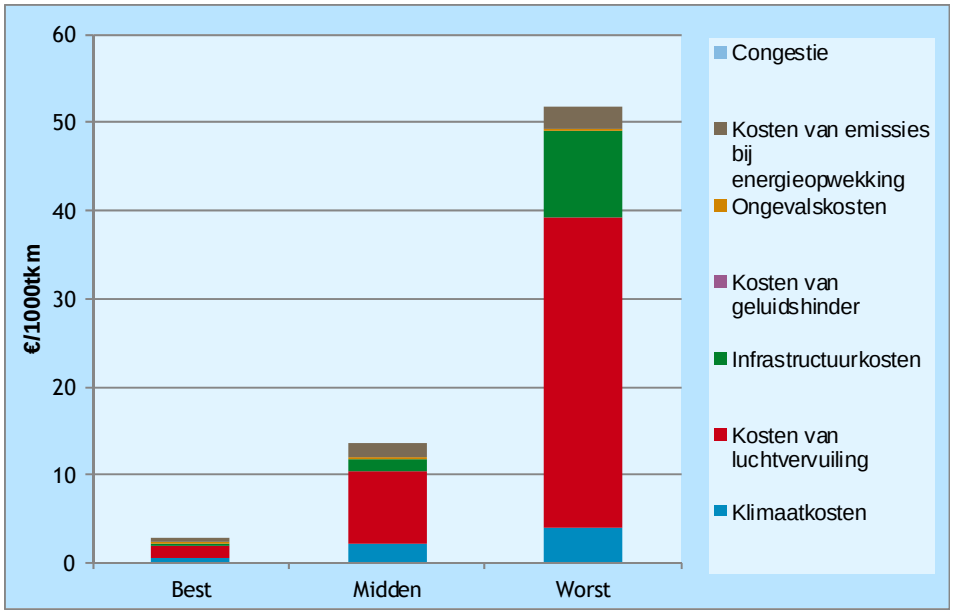


Let op: Y-as is niet consistent tussen verschillende figuren met marginale kosten.

13.4.8 Binnenvaart

Figuur 28 toont de marginale externe kosten en infrastructuurkosten voor de binnenvaart. Met name luchtvervuiling heeft een grote invloed op de marginale externe kosten. In de worst case zijn ook de marginale infrastructuurkosten significant.

Figuur 28 Totale marginale kosten voor de binnenvaart

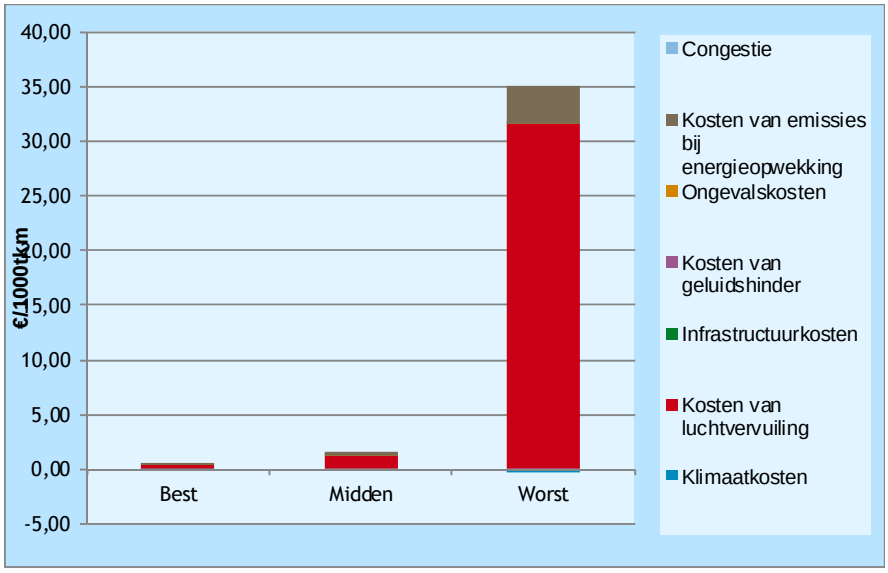


Let op: Y-as is niet consistent tussen verschillende figuren met marginale kosten.

13.4.9 Zeevaart

Evenals voor de binnenvaart spelen met name de kosten van luchtvervuiling een dominante rol in de marginale externe en infrastructuurkosten van de zeevaart wanneer gekeken wordt naar de kosten per 1.000 tonkilometer. Met name in de worst case zijn deze kosten erg hoog, wat vooral het gevolg is van het feit dat er voor die case wordt uitgegaan van een korte vaart met een relatief slecht beladen schip, waardoor de kosten van luchtvervuiling gedeeld worden door een beperkt aantal tonkilometers. Daarnaast compenseren de marginale klimaatbaten veroorzaakt door de klimaatbaten van lucht-vervuilende emissies (met name SO_2) grofweg de kosten van broeikasgas-emissies van CO_2 (een uitgebreide toelichting op de klimaatbaten van de zeevaart is te vinden in Paragraaf 6.2).

Figuur 29 Totale marginale kosten voor de zeevaart in euro per 1.000 tonkilometer

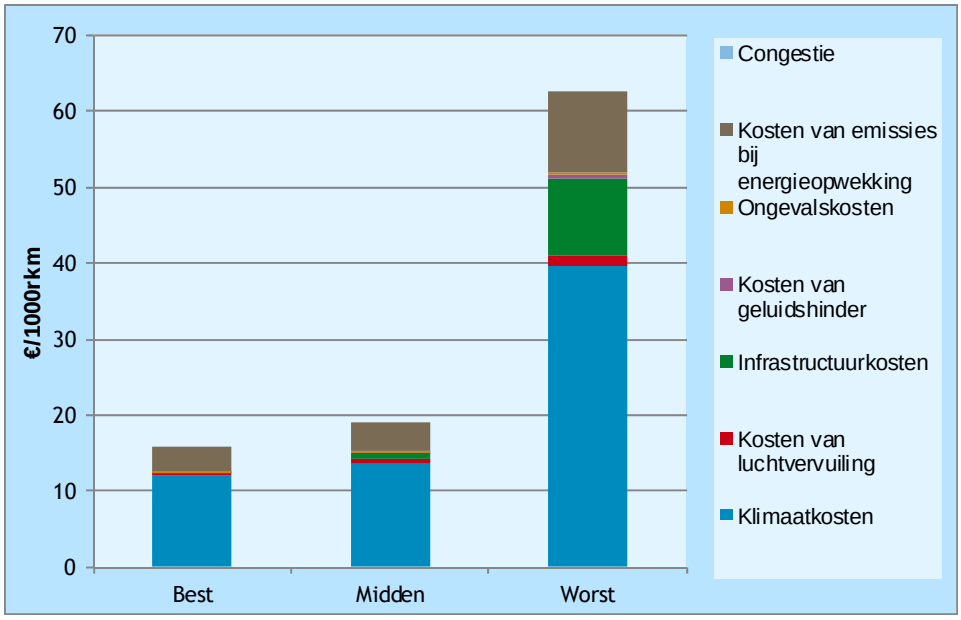


Let op: Y-as is niet consistent tussen verschillende figuren met marginale kosten.

13.4.10 Luchtvaart

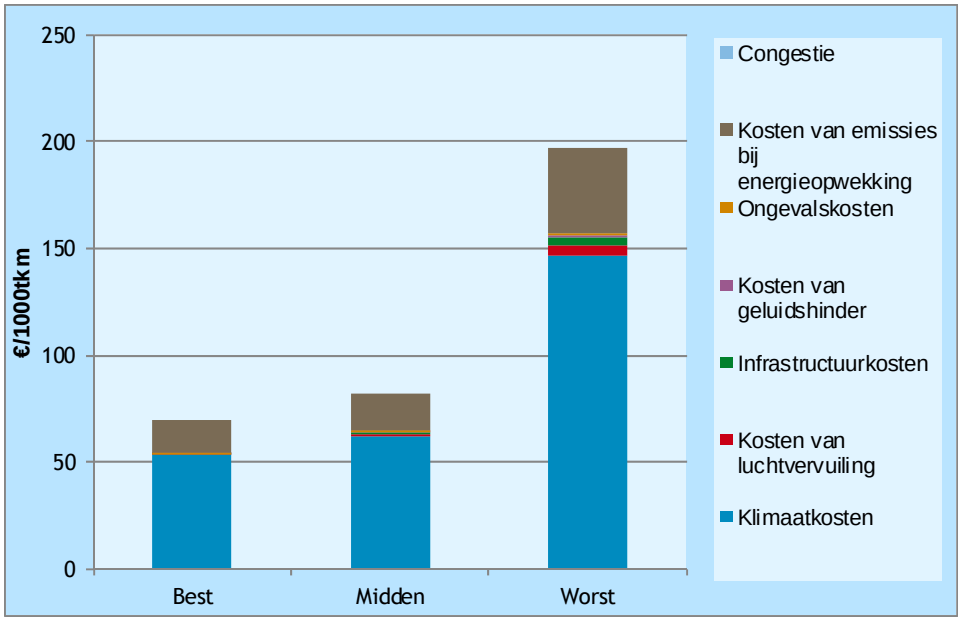
De marginale externe kosten van de luchtvaart bestaan grotendeels uit kosten van broeikasgasemissies en uit de kosten van emissies uit brandstofproductie (zie Figuur 30 en Figuur 31). In de worst cases zijn ook de infrastructuurkosten en de kosten van luchtvervuiling aanzienlijk. Bij gebrek aan data zijn de kosten van geluid van luchtvaart in alle drie de getoonde cases een onderschatting.

Figuur 30 Totale marginale kosten voor de luchtvaart (personen) in euro per 1.000 reizigerskilometer



Let op: Y-as is niet consistent tussen verschillende figuren met marginale kosten.

Figuur 31 Totale marginale kosten voor de luchtvaart (goederen) in euro per 1.000 tonkilometer



Let op : Y-as is niet consistent tussen verschillende figuren met marginale kosten.

13.5 Belastingen en heffingen

In deze paragraaf bekijken we de opbrengsten van belastingen en heffingen voor de verschillende vervoerswijzen. Daarbij richten we onze aandacht vooral op de totale/gemiddelde opbrengsten van belastingen en heffingen.

In Tabel 128 wordt voor de verschillende vervoerswijzen een overzicht gegeven van de totale inkomsten van belastingen en heffingen.

Tabel 128 Overzicht totale inkomsten belastingen en heffingen van verkeer in2010

Voertuigcategorie	Belastingen			Heffingen
	Brandstof/ energiebelasting	Voertuig-belasting	Infrastructuur-belasting	Infrastructuur-heffing
Personenvervoer op Nederlands grondgebied in mln €				
Personenauto benzine	3.467	4.247	0	306
Personenauto diesel	1.011	3.270	0	147
Personenauto LPG	64	251	0	18
Bus	52	4	0	0
touringcar	52	4	0	0
Motorfiets	80	74	0	0
Bromfiets	12	0	0	0
Personentrein elektrisch	10	0	0	280
Personentrein diesel	4	0	0	23
Tram	1	0	0	0
Metro	1	0	0	0
Fiets	0	0	0	0
Goederenvervoer op Nederlands grondgebied in mln €				
Bestelauto	766	422	0	81
Vrachtauto	1.085	105	155	0
Goederentrein elektrisch	2	0	0	17
Goederentrein diesel	8	0	0	9
Binnenvaart	0	0	0	20
Internationale vervoerswijzen in mln €				
Luchtvaart personen	1	0	0	706
Luchtvaart goederen	0	0	0	20
Zeevaart	0	0	0	342

Voor het wegvervoer geldt dat de belastingopbrengsten aanzienlijk hoger zijn dan de inkomsten van heffingen. Bij de personenauto bestaan de belasting-inkomsten vooral uit voertuigbelastingen (BPM en MRB); bij benzineauto's gaat het dan om 53% van de belastinginkomsten, terwijl het bij diesel- en LPG auto's om ca. 75% gaat. Het overige deel van de belastinginkomsten voor de personenauto bestaat uit brandstofaccijnzen. Bij de overige wegvervoers-wijzen vormen de accijnsinkomsten het grootste deel van de belasting-inkomsten, hoewel bij de motorfiets, bestelauto en vrachtauto een significant deel van de belastinginkomsten afkomstig is van de voertuigbelastingen (MRB en voor de motorfiets ook BPM). Voor de vrachtauto zijn er ook inkomsten van een infrastructuurbelasting (Eurovignet). Enkel voor de personenauto en de bestelauto zijn er heffingsopbrengsten (parkeergelden).

Voor de overige modaliteiten zijn de belastinginkomsten zeer laag of zelfs volledig afwezig (bij lucht- en zeevaart). Voor deze vervoerswijzen bestaan de inkomsten dan ook vooral uit heffingsopbrengsten. Het gaat dan om de gebruiksheffing (spoor), haven- en sluisgelden (binnenvaart), havengelden (zeevaart) en luchthavengelden (luchtvaart).

Een overzicht van de gemiddelde belasting- en heffingsopbrengsten is voor het vervoer op Nederlands grondgebied weergegeven in Tabel 129.

Tabel 129 Gemiddelde belasting- en heffingsopbrengsten van vervoer op Nederlands grondgebied

Voertuigcategorie	Belastingen			Heffingen
	Brandstof/ energiebelasting	Voertuig-belasting	Infrastructuur-belasting	Infrastructuur-heffing
Personenvervoer (€/1.000 rkm)				
Personenauto benzine	39	48	0	3
Personenauto diesel	24	78	0	3
Personenauto LPG	12	49	0	3
Bus	15	1	0	0
touringcar	6	0	0	0
Motorfiets	28	25	0	0
Bromfiets	12	0	0	0
Personentrein elektrisch	1	0	0	17
Personentrein diesel	4	0	0	29
Tram	1	0	0	0
Metro	1	0	0	0
Bestelauto's (€/1.000 vkm)				
Bestelauto	44	24	0	5
Goederenvervoer (€/1.000 tkm)				
Vrachtauto	21	2	3	0
Goederentrein elektrisch	1	0	0	5
Goederentrein diesel	3	0	0	3
Binnenvaart	0	0	0	1

Tot slot, in Tabel 130 zijn de gemiddelde belasting- en heffingsopbrengsten voor de internationale vervoerswijzen weergegeven, zowel in €/1.000 rkm en €/1.000 tkm als in €/LTO en €/call.

Tabel 130 Gemiddelde belasting- en heffingsopbrengsten van de internationale vervoerswijzen

Voertuigcategorie	Belastingen			Heffingen
	Brandstof/ energiebelasting	Voertuig-belasting	Infrastructuur-belasting	Infrastructuur-heffing
Personenvervoer (€/LTO)				
Luchtvaart	3,8	0,0	0,0	3,400
Goederenvervoer in €/LTO (luchtvaart) en €/call (zeevaart)				
Luchtvaart	0	0	0	984
Zeevaart	0	0	0	4,628
Personenvervoer (€/1.000 rkm)				
Luchtvaart	0,01	0	0	9
Goederenvervoer (€/1.000 tkm)				
Luchtvaart	0	0	0	4
Zeevaart	0	0	0	0,4

13.6 Subsidies en overheidsbijdragen

13.6.1 Personenauto en motorfiets

De omvang van de subsidies en overheidsbijdrage bij personenauto's hangt sterk af van de wijze waarop de impliciete 'subsidie' als gevolg van de auto van de zaak wordt gedefinieerd. Voor deze 'subsidie' hebben we een bandbreedte ingeschat die loopt van - € 1,3 miljard tot € 1,1 miljard. Het was niet mogelijk om een betrouwbare middenschatting voor deze bandbreedte te bepalen.

Naast de impliciete subsidie voor de auto van de zaak bestaan er nog een aantal andere regelingen voor personenauto's. Allereerst zijn er de gederfde belastinginkomsten als gevolg van verlaagde BTW-tarieven voor personenauto's (dit betreft taxi's) van € 162 miljoen in 2010. Ten tweede de impliciete subsidie als gevolg van de onbelaste kilometervergoeding die nihil is als woon-werkkilometers worden beschouwd als zakelijke kilometers en € 321 miljoen indien woon-werkkilometers worden gezien als privékilometers.

Voor de motorfiets is er slechts één subsidie van toepassing, namelijk de impliciete subsidie als gevolg van de onbelaste kilometervergoeding. Deze is gelijk aan € 18 miljoen als woon-werkkilometers worden gezien als privé-kilometers en aan € 0 als woon-werkkilometers als zakelijke kilometers worden beschouwd.

13.6.2 Bestelauto

Er is slechts één subsidie van toepassing op de bestelauto; het verlaagde BTW-tarief (voor taxi's). Deze bedroeg € 41 miljoen in 2010.

13.6.3 Bus

De subsidies en belastingvrijstellingen voor bussen bedroegen in 2010 in totaal ca. € 2,2 miljard, verdeeld over: € 88 miljoen verlaagde BTW-tarieven, € 147 miljoen aan overheidsbijdragen voor de OV-studentenjaarkaart en € 1.992 miljoen aan BDU exploitatiegelden. Daarnaast is er nog sprake van een subsidie van € 62 miljoen als gevolg van de onbelaste kilometervergoeding in de situatie dat woon-werkkilometers worden gezien als privékilometers.

13.6.4 Trein

De subsidies en belastingvrijstellingen voor personentreinen bedroegen in 2010 in totaal ca. € 585 miljoen, verdeeld over: € 247 miljoen verlaagde BTW-tarieven, € 270 miljoen aan overheidsbijdragen voor de OV-studentenjaarkaart en € 67 miljoen aan BDU-exploitatiegelden. Indien woon-werkkilometers worden gezien als privékilometers dan komt daar nog een subsidie van € 321 miljoen bij als gevolg van de onbelaste kilometervergoeding.

13.6.5 Tram en metro

De subsidies en belastingvrijstellingen voor tram en metro bedroegen in 2010 in totaal ca. € 231 miljoen, verdeeld over: € 20 miljoen verlaagde BTW-tarieven, € 33 miljoen aan overheidsbijdragen voor de OV-studenten-jaarkaart en € 177 miljoen aan BDU-exploitatiegelden. Indien woon-werkkilometers worden gezien als privékilometers dan komt daar nog een subsidie van € 31 miljoen bij als gevolg van de onbelaste kilometervergoeding.

13.7 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

Op verschillende terreinen kunnen de schattingen van externe en infra-structuurkosten en de belastingopbrengsten en subsidies worden aangevuld en verbeterd. In deze paragraaf geven we per kostenpost een overzicht van de belangrijkste onderwerpen voor vervolgonderzoek.

Infrastructuurkosten

- Nader onderzoek naar de Infrastructuurkosten van zeehavens, metro/tram en luchthavens; met name een bredere basis van data over uitgaven aan infrastructuur (voor Nederlands als geheel) is gewenst.
- Nader onderzoek naar de infrastructuurkosten binnen de bebouwde kom (voor het wegvervoer), waarbij met name een nadere onderverdeling naar wegtypen (rondweg, weg in woonwijk, etc.) gewenst is.
- De wijze waarop vaste onderhoudskosten dienen te worden toegewezen aan de verschillende vervoerswijzen verdient voor alle vervoerswijzen (maar met name voor het weg- en spoorvervoer) nader onderzoek.
- Er is veel onzekerheid over het aantal openbare parkeerplaatsen in Nederland, alsmede over de kosten van deze parkeerplaatsen. Onderzoek op dit onderwerp is dan ook gewenst, zeker ook in het licht van de druk op schaarse ruimte in veel steden.

Kosten van ruimtebeslag

- Een nadere differentiatie van de kosten van ruimtebeslag (naar regio) is gewenst. Op die manier kan beter invulling worden gegeven aan de grote verschillen in schaarste aan ruimte tussen gebieden in Nederland.

Kosten van verkeersonveiligheid

- Om een toedeling te kunnen maken van de externe kosten van ongevallen met enkel materiële schade aan de verschillende vervoerswijzen is nader onderzoek nodig. Daarnaast is er ook nog weinig bekend over de materiële schade als gevolg van ongevallen bij niet-wegmodaliteiten.
- Specifieke Nederlandse kentallen voor de bepaling van de immateriële kosten voor ernstig en licht gewonden ontbreken. Nader onderzoek op dit terrein is nodig.
- Gedifferentieerde Values of Statistical Life naar type voertuig ontbreken nog. Met dergelijke gedifferentieerde waarderingskentallen zou beter invulling gegeven kunnen worden aan het bestaan van groepsrisico's bij sommige vervoerswijzen (OV, luchtvaart).
- Kentallen voor de directe en indirecte economische kosten van verkeers-ongevallen (bijv. medische kosten, afhandelingskosten, etc.) bij niet-wegmodaliteiten ontbreken. Nader onderzoek op dit terrein is nodig.
- Nader onderzoek naar de risico-elasticiteit (die de relatie weergeeft tussen een extra voertuigbeweging en de kans op een ongeval) is nodig, om zodoende betere inschattingen van de marginale externe ongevalskosten te kunnen maken.
- Onderzoek naar welk deel van de medische kosten van verkeersongevallen worden gedragen door verzekeringen.
- De ongevallenstatistieken voor niet-wegmodaliteiten zouden verbeterd kunnen worden.
- De mate waarin de externe ongevalskosten worden geïnternaliseerd door verzekeringen verdient nader onderzoek.

Kosten van broeikasgasemissies

- Nader onderzoek naar de te hanteren CO_2-prijs.
- Omvang van de CO_2-emissies van de zeevaart.
- Global Warming Potentials van NO_x en SO_2.

Kosten van luchtvervuiling

- Nader onderzoek naar de kosten van de uitstoot van zeer kleine deeltjes (ultra fijnstof).
- Nader onderzoek naar de slijtage-emisssies van het spoorvervoer is gewenst.

Kosten van emissies van brandstof- en elektriciteitsproductie

- Zie de onderwerpen voor nader onderzoek bij kosten van broeikasgasemissies en de kosten van luchtvervuiling.

Kosten van geluid

- Beter inzicht in het aantal geluidgehinderde personen als gevolg van de luchtvaart is gewenst.
- Nader onderzoek naar toepassing van schaduwprijzen voor geluid onder de 50 dB(A) is noodzakelijk.
- Ontwikkeling van een schaduwprijs voor gezondheidseffecten als gevolg van geluid onder de 70 dB(A).

Kosten van congestie

- Onderzoek naar de congestie/schaarstekosten voor niet-wegmodaliteiten
- Onderzoek naar de totale congestiekosten op het onderliggend wegennet
- Onderzoek naar de Value of time waarden voor bestelauto's.
- Toetsing van de totale congestiekosten op het hoofdwegnet met behulp van verkeersmodellen (bijvoorbeeld LMS).

- Toetsing van de marginale externe congestiekosten met behulp van verkeersmodellen (bijvoorbeeld LMS).

Overige kostenposten

- Gedetailleerder onderzoek naar de externe kosten van natuur en landschap (door middel van case studies waarbij de verschillende specifieke welvaartseffecten die (kunnen) optreden afzonderlijk gekwantificeerd en gewaardeerd worden).
- Onderzoek naar de onomkeerbare welvaartseffecten van aantasting van natuur en landschap.
- Gedetailleerder onderzoek naar de externe kosten van bodem- en grondwatervervuiling (door middel van case studies waarbij de verschillende specifieke welvaartseffecten die (kunnen) optreden afzonderlijk gekwantificeerd en gewaardeerd worden).
- Onderzoek naar welk deel van de gezondheidsbaten van fietsen nu daadwerkelijk extern van aard zijn.

Belastingen en subsidies

- Nader onderzoek naar de mate waarin bezitters van een auto van de zaak waarde ontlenen aan het bezit van die auto. Deze kennis is nodig om een betere inschatting te kunnen maken van de impliciete subsidie als gevolg van de bijtelling voor privégebruik van de auto van de zaak.

Ontbrekende kostenposten

- Externe kosten van energievoorzieningszekerheid.
- Externe kosten als gevolg van nucleaire elektriciteitsopwekking.
- Externe kosten van barrièrewerking van infrastructuur (in de stedelijke omgeving).
- Externe kosten door watervervuiling als gevolg van scheepvaart.

Ontbrekende vervoerswijzen

- Zeevaart personenvervoer

Literatuurlijst

Van Aerde and Rakha, 1995
M. van Aerde, H. Rakha
Multivariate Calibration of Single-Regime Speed-Flow-Density Relationships
Paper in proceedings : Vehicle Navigation and Information Conference (VNIS). IEEE, Piscataway NJ, USA 95CH35776, p.334-341

Algemene Rekenkamer, 2010
Besteding van spoorbudgetten door ProRail
Den Haag : Algemene Rekenkamer, 2010

Arnott, 2007
R. Arnott
Congestion tolling with agglomeration externalities
In : Journal of Urban Economics vol.62, No.2 (2007); p 187-203

Bakker en Zwaneveld, 2009
P.Bakker, P., Zwaneveld
Het belang van openbaar vervoer. De maatschappelijke effecten op een rij
Den Haag : Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM), Centraal Planbureau (CPB), 2010

Bennett et al., 2011
M. Bennett, S.M. Christie, A. Graham, B.S. Thomas, V. Vishnyakov, K. Morris, D.M. Peters, R. Jones, C. Ansell
Composition of smoke generated by landing aircraft
In : Environmental Science and Technology, vol.45, no. 8 (2011); p. 3533-3538

Blaeij, 2003
A. T. de Blaeij
The value of a statistical life in road safety : Stated preference methodologies and empirical estimates for the Netherlands
Amsterdam : Thela Thesis, 2003

Blauw Research, 2009
Uit de auto, op de fiets! Eindrapportage onderzoek 'Marktgericht fietsbeleid'
Rotterdam: Blauw Research, 2009

Bruinsma et al., 2000
F.R. Bruinsma, M. Koetse, P. Rietveld, R. Vreeker
Raming maatschappelijke kosten van ruimtegebruik door het verkeer : efficiënte prijzen voor het verkeer
Amsterdam : Vrije Universiteit van Amsterdam, 2000

BSF, 2003
Bundesamt für Statistik
Schweizerische Strassenrechnung Revision 2000
Neuchâtel : Bundesamt für Statistik (BSF), 2003

Button, 2010
K. Button
Transport Economics, 3rd edition
Cheltenham : Edward Elgar Publishing Limited, 2010

CAFÉ, 2005a
M. Holland (EMRC), S. Pye, P. Watkiss (AEA Technology), B. Droste-Franke, P. Bickel (IER)
Clean air for Europe programme (CAFE) : Damages per tonne of $PM_{2.5}$, NH_3, SO_2, NO_x and VOC's of EU-25 Member State (excluding Cyprus) and surrounding seas (Marginal damage cost report)
Didcot (UK) : AEA Technology Environment, 2005

CAFÉ, 2005b
F. Hurley, A. Hunt, H. Cowie, M. Holland, B. Miller, S. Pye, P. Watkiss
Clean air for Europe programme (CAFE): Methodology for the Cost-Benefit analysis for CAFÉ
Volume 2: Health Impact Assessment
Didcot (UK) : AEA Technology Environment, 2005

CATRIN, 2008
P. Wheat, A. Smith, C. Nash
Cost Allocation of TRansport INfrastructure Costs (CATRIN)
D8 – Rail cost allocation for Europe
Leeds : ITS Leeds, 2008

CBS, 2012
CBS Statline Database

CE Delft, 2007
S.M. (Sander) de Bruyn, M.J. (Martijn) Blom, A. (Arno) Schroten, M. (Machiel) Mulder
Leidraad MKBA in het milieubeleid, versie 1.0
Delft : CE Delft, 2007

CE Delft et al., 2008
M. Maibach, C. Schreyer, D. Sutter (INFRAS), H.P. van Essen, B.H. Boon, R. Smokers, A. Schroten (CE Delft), C. Doll (Fraunhofer Gesellschaft – ISI), B. Pawlowska, M. Bak (University of Gdansk)
Handbook on estimation of external costs in the transport sector
Internalisation Measures and Policies for All external Cost of Transport (IMPACT)
Delft : CE Delft, 2008

CE Delft, 2008a
B.H. Boon, F.P.E Brouwer, H.P. van Essen, D. Nelissen, A. Schroten
Infrastructuurkosten van het vrachtverkeer over de weg
Delft : CE Delft, 2008

CE Delft, 2008b
M.N. Sevenster, F. De Jong, M.D. Davidson, H.J. Croezen
De externe kosten van kernenergie. : Hoe zwaar wegen calamiteiten?
Delft : CE Delft, 2008

CE Delft, 2008c
L.C. den Boer, F.P.E. Brouwer, H.P. van Essen
STREAM : Studie naar TRansport Emissies van Alle Modaliteiten
Delft : CE Delft, 2008

CE Delft, 2008d
R. Smokers, M. Otten
Vergelijking van kosten en milieuaspecten van EEV-bussen op diesel en CNG
Op basis van de MAN Lion's City stadsbus
Delft : CE Delft, 2008

CE Delft, 2010
S. de Bruyn, M. Korteland, A. Markowska, M. Davidson, F. de Jong, M. Bles, M/ Sevenster
Shadow Prices Handbook: Valuation and weighting of emissions and environmental impacts
Delft : CE Delft, 2010

CE Delft et al., 2011
CE Delft, INFRAS, Fraunhofer ISI
The external costs of transport in Europe : Update study for 2008
Delft : CE Delft, 2011

CE Delft, 2011a
E. den Boer, M. Otten, H. van Essen
STREAM International Freight 2011 Comparison of various transport modes on a EU scale with the STREAM database
Delft : CE Delft, 2011

CE Delft, 2011b
Overzicht emissiefactoren
Opgesteld in het kader van workshops Duurzame Logistiek
Delft : CE Delft, 2011

CE Delft en TNO, 2008
R. Verbeek (TNO), B. Kampman (CE Delft)
Brandstoffen voor het wegverkeer; Kenmerken en perspectief
Delft : CE Delft, 2008

CE Delft en TNO, 2012
R. Verbeek (TNO), B. Kampman (CE Delft)
Factsheets Brandstoffen voor het Wegverkeer : Kenmerken en Perspectief
Delft : CE Delft, 2012

CE Delft en VU, 2004
J.P.L. Vermeulen, B.H. Boon, H.P. van Essen, L.C. den Boer, J.M.W. Dings (allen CE Delft), F.R. Bruinsma, M.J. Koetse (beiden Vrije Universiteit van Amsterdam)
De prijs van een reis
Delft : CE Delft/Vrije Universiteit Amsterdam (VU), 2004

Connexxion, 2010
Jaarverslag 2010
Kampen : Connexxion holding, 2010

Copenhagen Economics, 2010
Company car taxation : Subsidies, welfare and environment
Copenhagen : Copenhagen Economics, 2010

CPB, 2004
P. Besseling, W. Groot, A. Verrips
Economische toets op de Nota Mobiliteit
Den Haag : Centraal Planbureau (CPB), 2004

CPB, 2012
J. Bollen, C. Brink
Air Pollution Policy in Europe : Quantifying the interaction with greenhouse gases and climate change policies
Den Haag : Centraal Planbureau (CPB), 2012

CROW, 2006
Van parkeerbeheer naar mobiliteitsmanagement
Ede : CROW, 2006

DLG, 2011
Grondprijsmonitor 2010
Den Haag : Dienst Landelijk Gebied (DLG), Ministerie van Landbouw, Economische Zaken en Innovatie, 2011

DLG, 2006
Grondprijsmonitor 2005
Den Haag : Dienst Landelijk Gebied (DLG), Ministerie van Landbouw, Economische Zaken en Innovatie, 2006

Duivenvoorden, 2010
K. Duivenvoorden
The relationship between traffic volume and road safety on the secondary road network : a literature review
Leidschendam : SWOV Institute for Road Safety Research, 2010

DVS, 2012
M. de Wit, R. Methorst
Kosten verkeersongevallen in Nederland. Ontwikkelingen 2003-2009
Delft : Rijkswaterstaat, Dienst Verkeer en Scheepvaart (DVS), 2012

Ecological et al., 2006
Ecologic, CE Delft, TU Dresden
Size, Structure and Distribution of Transport Subsidies in Europe
Berlin/Delft/Dresden : Ecologic/CE Delft/TU Dresden, 2006

Ecoplan und INFRAS, 2008
Externe Kosten des Verkehrs in der Schweiz
Aktualisierung für das Jahr 2005 mit Bandbreiten
Zürich/Bern : Ecoplan und INFRAS, 2008

Ecorys, 2011
Zicht op zakelijke (auto)mobiliteit
Rotterdam : Ecorys, 2011

Ecorys and CE Delft, 2006
Infrastructure expenditures and costs : Practical guidelines to calculate total infrastructure costs for five modes of transport
Rotterdam/Delft : Ecorys/CE Delft, 2006

EIM, 2009
J.P. Vendrig, M. Folkeringa, C.M. Hartog, P.J.M. Vroonhof, J.J. Boog
Vergoedingen en verstrekkingen in de loonsfeer
Zoetermeer : EIM, 2009

Entec, 2005
Service contract on ship emissions: assignment, abatement and market-based instruments
Task 1: Preliminary assignment of ship emissions to European countries, final report
Londen : Entec UK, 2005

EC, 2006
Richtlijn 2006/38/EG van het Europees Parlement en de Raad van 17 mei 2006 tot wijziging van richtlijn 1999/62/EG betreffende het in rekening brengen van het gebruik van bepaalde infrastructuurvoorzieningen aan zware vrachtvoertuigen
Brussel : Europese Commissie, 2006

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

Eyring et al., 2009
V. Eyring, I. S.A. Isaksen, T. Berntsen.
Transport impacts on atmosphere and climate: shipping
In: Atmospheric Environment, vol.44, iss. 37 (2009); p. 4735-4771

Forster et al., 2007
P. Forster, K.P. Shine, N. Stuber
Corrigendum to "It is premature to include non-CO_2 effects of aviation in emission trading schemes" (Atmospheric Environment vol.40 (2006); p. 1117-1121)
In: Atmospheric Environment, vol.41, no.18 (2007); p. 3941

Fosgerau and Small, 2012
M. Fosgerau, K. Small
Endogenous scheduling preferences and congestion
S.l. : S.n., 2012

Fraunhofer ISI and CE Delft, 2008
C. Doll (Fraunhofer-ISI) ; H.P. van Essen (CE Delft)
Road infrastructure cost and revenue in Europe
Deliverable 2 of the study Internalisation Measures and Policies for all external cost of Transport (IMPACT)
Karlsruhe/Delft : Fraunhofer ISS/CE Delft, 2008

Fuglestvedt et al., 2009a
J. Fuglestvedt, T. Berntsen, V. Eyring, I. Isaksen
Shipping Emissions : From Cooling to Warming of Climate and Reducing Impacts on Health
In: Environmental Science & Technology, vol.43, no. 24 (2009; p. 9057–9062

Fuglestvedt et al., 2009b
J. Fuglestvedt, K. Shine, J. Cook, T. Berntsen, D.S. Lee, A. Stenke, R. Skeie, G. Velders, I. Waitz
Transport Impacts on Atmosphere and Climate : Metrics
In: Atmospheric Environment, no. 44, iss. 37(2009); p.4648–4677

GRACE, 2006
G. Lindberg
Generalisation of Research on Accounts and Cost Estimation (GRACE)
Deliverable D3: Marginal Costs Case Studies for Road and Rail Transport
Leeds : IST, University of Leeds, 2006

Graham and Van Dender, 2008
D. Graham, K. van Dender
Pricing congestion with heterogeneous agglomeration externalities and workers
S.l. : S.n., 2008

GVB, 2010
Jaarverslag 2010
Amsterdam : Gemeentelijk Vervoerbedrijf (GVB), 2010

De Hartog et al., 2010
J.J. de Hartog, H. Boogaard, H. Nijland, G. Hoek
Do the health benefits of cycling outweigh the risks?
In: Environmental Health Perspective, vol. 118, nr. 8 (2010); p. 1109-1116

Havenbedrijf Rotterdam, 2010
Jaarverslag 2010
Rotterdam : Havenbedrijf Rotterdam, 2010

HEATCO, 2006a
P. Bickel.
Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment (HEATCO)
Deliverable D5: Proposal for Harmonised Guidelines
Stuttgart : IER, University of Stuttgart, 2006

HEATCO, 2006b
P. Bickel
Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment (HEATCO), Deliverable D6: Case Study Results
Stuttgart : IER, University of Stuttgart, 2006

HLG, 1999a
Calculating transport accident costs : Final Report of the expert advisors to the high level group on infrastructure charging (working group 1)
Brussels : European Commission, High Level group (HLG), 1999

HLG, 1999b
Final Report of the expert advisors to the high level group on infrastructure charging (working group 1)
Brussels : European Commission, High Level Group (HLG), 1999

Horowitz, 1991
A.J. Horowitz
Delay/volume relations for travel forecasting based upon the 1985 Highway capacity Manual
Milwaukee : Universiteit van Wisconsin, 1991

HTM, 2010
Jaarverslag 2010
Den Haag : HTM personenvervoer NV, 2010

INFRAS, 2006
Externe Kosten des Strassen- und Schienenverkehrs 2000 : Klima und bisher nicht erfasste Umweltbereiche, städtische Räume sowie vor- und nachgelagerte Prozesse
Bern : Bundesamt für Raumentwicklung (ARE), 2006

INFRAS/IWW, 2004
External costs of transport, update study by INFRAS and IWW, final report
Zurich/Karlsruhe : INFRAS/IWW, 2004

INFRAS/IWW, 2000
External costs of transport : accident, environmental and congestion costs of transport in western Europe
Zurich/Karlsruhe : INFRAS/IWW, 2000

IMO, 2009
Ø. Buhaug, J.J. Corbett, Ø. Endresen, V. Eyring, J. Faber, S. Hanayama, D.S. Lee, D. Lee, H. Lindstad, A.Z. Markowska, A. Mjelde, D. Nelissen, J. Nilsen, C. Pålsson, J.J. Winebrake, W. Wu, K. Yoshida
Second IMO GHG Study 2009
London : International Maritime Organization (IMO), 2009

ITS, 2001
T. Sansom, C. Nash, P. Macie, J. Shires, P. Watkiss
Surface Transport Costs and Charges Great Britain 1998: final Report for the Department for the Environment, Transport and the Regions
Leeds : ITS, University of Leeds, 2001

Jones-Lee and Loomes, 1995
M.W. Jones-Lee, G. Loomes
Scale and context effects in the valuation of transport safety
In: Journal of Risk and Uncertainty, vol. 11, nr. 3 (1995); p. 183-203

JRC, 2009
External costs of transportation case study: maritime transport
Seville : European Commission , Joint Research Centre (JRC), 2009

KiM, 2011
Mobiliteitsbalans 2011
Den Haag : KiM, 2011

KiM, 2012a
Mobiliteitsbalans 2012
Den Haag : Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM), 2012

KiM, 2012b
De luchtvaart in het EU-emissiehandelssysteem
Gevolgen voor de luchtvaartsector, consumenten en het milieu
Den Haag : Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM), 2012

KiM, 2013
Mobiliteitsbalans 2013
Den Haag : Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM), 2013

Knockaert et al., 2012
J. Knockaert, Y. Tseng, E.T. Verhoef and J. Rouwendal
The Spitsmijden experiment : A reward to battle congestion
In: Transport Policy, vol 24 (2012); p. 260-272

Kuik et al., 2009
O. Kuik, L. Brander, R.S.J. Tol
Marginal abatement costs of greenhouse gas emissions : A meta-analysis
In: Energy Policy, vol. 37, iss. 4 (2009); p. 1395-1403

Lee et al., 2009
D. S. Lee, D. W. Fahey, P. M. Forster, P. J. Newton, R.C.N. Wit,
L. Lim, B. Owena, R. Sausen
Aviation and global climate change in the 21st century
In: Atmospheric Environment, vol. 43, iss. 22-23 (2009); p. 3520-3537

Li et al., 2010
Z. Li, D.A. Hensher, J.M. Rose
Willingness to pay for travel time reliability in passenger transport :
A review and some new empirical evidence
In: Transportation Research Part E,vol.46, iss.3 (2010); p. 384–403

Ligtermoet, 2010
D. Ligtermoet
Overheidsuitgaven aan fietsverkeer : Inventarisatie van hoogte en verdeling van budgetten van fietsbeleid
Gouda : Ligtermoet & Partners, 2010

Loodswezen, 2012
Persoonlijke communicatie met dhr. Dorst
Hoek van Holland : Loodswezen, 2012

Ministerie van Financiën, 1995
Kabinetsstandpunt Heroverweging Disconteringsvoet (9 januari 1995)
Den Haag : Ministerie van Financiën, 1995

Ministerie van Financiën, 2007
Waardering van risico's bij publieke investeringsprojecten; Brief minister ter aanbieding advies van de Werkgroep Actualisatie Discontovoet, Kamerstuk 29352 , nr. 3
Den Haag : Tweede Kamer der Staten Generaal, 2007

Ministerie van Financiën, 2011
Waardering van risico's bij publieke investeringsprojecten; Brief regering; Reële risicovrije discontovoet en risico-opslag in maatschappelijke kosten-batenanalyses, Kamerstuk 29352, nr. 5
Den Haag : Tweede Kamer der Staten Generaal, 2011

Ministerie van Financiën, 2012
Persoonlijke communicatie met mevr. Haring-Lohman
Den Haag : Ministerie van Financiën, 2012

MNP, 2006
Opties voor Schipholbeleid : Balans tussen binnen- en buitengebied
Bilthoven : Milieu- en Natuur Planbureau (MNP), 2006

Navrud, 2002
S. Navrud
The-state-of-the-art on economic valuation of noise : Final report to the European Commission DG Environment
Aas : Agricultural University of Norway, 2002

NEEDS, 2006
W. Ott, M. Baur, Y. Kaufmann (ecocept AG); R. Frischknecht, R. Steiner (ESU-services)
New energy externalities development for sustainability (NEEDS)
Deliverable D4.2: Assessment of biodiversity losses : Econcept and ESU-services
Zürich/Uster : ecocept AG/ESU-services, 2006

NEEDS, 2007
B. Desaigues.
New energy externalities development for sustainability (NEEDS)
Deliverable D6.7: Final report on the monetary valuation of mortality and morbidity risks from air pollution
Paris : University of Paris, 2007

NEEDS, 2008
P. Preiss, R. Friedrich, V. Klotz
New energy externalities development for sustainability (NEEDS)
Data file 'ExternalCosts_per_unit_emission_080821.xls' related to Deliverable D1.1: Report on the procedure and data to generate averaged/aggregated data
Stuttgart : IER, University of Stuttgart, 2008

NTC, 2005
Third Heavy Vehicle Road Pricing Determination : Technical Report
Melbourne : National Transport Commission (NTC), 2005

NVB, 2011
Thermometer koopwoningen
Voorburg : Nederlandse Vereniging van Bouwondernemers (NVB), 2011

PBL, CBS en Wageningen UR, 2012
Compendium van de leefomgeving 2012
Den Haag : PBL/CBS/Wageningen UR, 2012

Peer et al, 2012
S. Peer, C.C. Koopmans and E.T. Verhoef
Prediction of travel time variability for cost-benefit analysis
In: Transportation Research A, vol. 46, no.1,(2012); p.79-90

Peters et al., 2012
K. Peters, P. Stier, J. Quaas, H. Graß
Aerosol indirect effects from shipping emissions : sensitivity studies with the global aerosol-climate model ECHAM-HAM
In: Atmospheric chemistry & Physics, vol. 12 (2012); p. 5985-6007

ProgTrans, IWW, 2007
S. Rommerskirchen, A. Greinus ,P. Leypoldt (Alle ProgTrans AG) : G. Liedtke W. Rothengatter, A. Scholz (Alle IWW).
Aktualisierung der Wegekostenrechnung für die Bundesfernstraßen in Deutschland, Endbericht
Basel/ Karlsruhe : ProgTrans AG/Institut für Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsforschung (IWW) Universität Karlsruhe, 2007

Prorail, 2010
Jaarverslag 2010
Utrecht : Prorail, 2010

Prorail, 2011
Beheerplan 2011
Utrecht : Prorail, 2011

ProRail, 2012
Persoonlijke communicatie met Aldert Gritter en Raymond Geurts van Kessel

RET, 2010
Jaarverslag 2010
Rotterdam : RET, 2010

RIGO, 2009
Gemeentelijk grondprijsbeleid en woningproductie in recessietijd
Amsterdam : RIGO, Research en Advies, 2009

RIVM, 2007
J. Jabben, C. Potma en S. Lutter
Baten van geluidmaatregelen : Een inventarisatie voor weg- en railverkeer in Nederland
Bilthoven : RIVM, 2007

RWS, 2001
Basisonderhoudsniveau 2001
Delft : Rijkswaterstaat, Dienst Verkeer en Scheepvaart (DVS), 2001

RWS, 2007
Basisonderhoudsniveau 2007 : Hoofdwegennet
Delft : Rijkswaterstaat, Dienst Verkeer en Scheepvaart (DVS), 2007

RWS, 2008
Verzameldocument PxQ van costdrivers HWN, t.b.v. 2009
Delft : Rijkswaterstaat, Dienst Verkeer en Scheepvaart (DVS), 2007

RWS, 2009
Basisonderhoudsniveau NAT 2009
Nijmegen : Rijkswaterstaat, Waterdienst, 2009

RWS, 2010
Goederenvervoermonitor 2010
Delft : Rijkswaterstaat, Dienst Verkeer en Scheepvaart(DVS), 2010

RWS, 2011
J.U. Brolsma en K. Roelse (red.)
Richtlijnen Vaarwegen 2011 : RVW 2011
S.l. : Rijkswaterstaat (RWS), Water, Verkeer en Leefomgeving, 2011

Schiphol Group, 2010a
Feiten en cijfers 2010
Schiphol: Schiphol Group, 2010

Schiphol Group, 2010b
Traffic review 2010
Schiphol: Schiphol Group, 2010

Schiphol Group, 2011
Schiphol Group Jaarverslag 2011
Schiphol : Schiphol Group 2011

Signficance et al., 2012
Significance, VU University Amsterdam, John Bates Services, in samenwerking met TNO, NEA, TNS NIPO and PanelClix
Values of time and reliability in passenger and freight transport in The Netherlands
Den Haag : Significance, 2012

Small, 1982
K.A. Small
The scheduling of consumer activities: work trips
In: American Economic Review, vol.72, no.3 (1982); p. 467–479

Small en Verhoef, 2007
K.A. Small, E.T. Verhoef
The Economics of Urban Transportation
Abingdon (UK) : Routledge, 2007

Sociaal Fonds Taxi, 2011
NEA Transportonderzoek- en opleiding B.V. (onderdeel van Panteia)
Kerncijfers Taxivervoer 2009/2010
Culemborg : Sociaal Fonds Taxi, 2011

SWOV, 2005
P.Wesemann, A.T. de Blaeij, en P. Rietveld
De waardering van bespaarde verkeersdoden : Covernota bij 'The Value of a Statistical Life in Road Safety
Leidschendam : Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (SWOV), 2005

SWOV, 2011
Factsheet : kosten van verkeersongevallen
Leidschendam : Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (SWOV), 2011

SWOV, 2012
W.A.M. Weijermars en W. Wijnen
Verkeersveiligheidsverkenning 2020 : effecten van extra maatregelen
Leidschendam : SWOV, 2012

SWOV, 2012a
W. Wijnen
Bouwstenen voor berekening van de kosten van verkeersongevallen 2003-2009 : Materiële en immateriële kosten en kosten van afhandeling
Leidschendam : Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (SWOV), 2012

Tebodin en DHV, 1992
Kosten op het spoor : kosten infrastructuur onderzoek NS Goederenvervoer, een afleiding op basis van concurrerende vervoerswijzen
Amersfoort/Den Haag : Tedodin/DHV, 1992

Thissen et al., 2011
M. Thissen, N. Limtanakool, H. Hilbers
Road pricing and agglomeration economies : a new methodology to estimate indirect effects applied to the Netherlands
In: Annals of Regional Science, vol. 47, iss. 3(2011); p. 543–567

TLN, 2002
R. Ohm, P. Poppink
Gelijke monniken, gelijke kappen : pleidooi van Transport en Logistiek Nederland voor een praktisch en transparant systeem van internalisering van externe kosten om overheidsdoelstellingen te halen bij gelijke behandeling van vervoerswijzen
Zoetermeer : Transport en Logistiek Nederland (TLN), 2002

TML, 2010
Internalisering van externe kosten van transport in Vlaanderen
Leuven : Transport & Mobility Leuven (TML), 2010

TML, 2007
G. de Ceuster, B. van Herbruggen, O. Ivanova, K. Carlier, A. Martino and D. Fiorello
TREMOVE – Service contract for the further development and application of the transport and environmental TREMOVE model
Lot 1: Improvement of the data set and model structure
Leuven : Transport & Mobility Leuven (TML), 2007

TNO, 2010
I. Hendriksen, R. van Gijlswijk
Fietsen is groen, gezond en voordelig
Leiden : TNO, 2010

Trozzi, 2003
C. Trozzi
Environmental impact of port activities
Paper presented at: 1st International Scientific Symposium Environment and Transport 19-20 June 2003, Avignon

TRT, 2008
EXTREMIS – EXploring non road TRansport EMISsions in Europe
Development of a Reference System on Emissions Factors for Rail, Maritime and Air Transport, Final report
Milaan : Trasporti e Territorio (TRT), 2008

UNITE, 2000
H. Link, L. Stewart, M. Maibach, T. Sansom, J. Nellthorp
Unification of accounts and marginal costs for transport efficiency (UNITE)
Deliverable 2 : The accounts approach
Leeds : ITS, University of Leeds, 2000

VROM, 2006
Reken- en meetvoorschrift wegverkeerslawaai 2006
Den Haag : Ministerie van VROM, 2006

VU, 2005
V. Daniel, H. van Gent, P. Rietveld, J. Rouwendal, E. Verhoef
De waardering van interne en externe veiligheid in het verkeer
Amsterdam : Vrije Universiteit (VU), 2005

VU, 2008
Y.-Y. VU
Valuation of Travel Time Reliability in Passenger Transport, phd thesis
Amsterdam : VU University Amsterdam (VU), 2008

VU, 2012
J. van den Bergh, W. Botzen
Waardering van de maatschappelijke kosten van CO_2-emissies
Amsterdam : Vrije Universiteit (VU), 2012

Working group on health and socio-economic aspects, 2003
Valuation of Noise : Position paper of the Working group on health and socio-economic aspects
http://ec.europa.eu/environment/noise/pdf/valuatio_final_12_2003.pdf

WROOV, 2011
Ontwikkeling reizigerskilometers t/m 10K4
Zoetermeer : Commissie Werkgroep Reizigers Omvang en Omvang Verkopen (WROOV), 2011

WUR, 2010
J.W. Kuhlman, J. Luijt, J. van Dijk, A.D. Schouten, M.J. Voskuilen
Grondprijskaarten 1998 – 2008
Wageningen : Wageningen UR, 2010

WWM, 2006
H. Link, W. Gotze, V. Hemanent
Estimating the marginal costs of airport operation by using multivariate time series models with correlated error terms
Münster : Westfälische Wilhelm-Universität Münster (WWM), Institut für Verkehrswissenschaft, 2006

Bijlage A Verkeersgegevens

A.1 Verkeersprestaties

Voor de bepaling van de gemiddelde externe kosten is gebruik gemaakt van data over de reizigers- en tonkilometers van de verschillende vervoerswijzen op Nederlands grondgebied in 2010. Deze gegevens zijn samengevat in Tabel 131 en Tabel 132.

Tabel 131 Reizigerskilometers (mln) in 2010 voor het personenvervoer

Voertuigcategorie	BIBK totaal	BUBK totaal	Totaal
Personenauto benzine[a]	20.824	67.073	87.897
Personenauto diesel[a]	6.212	35.865	42.076
Personenauto LPG[a]	775	4.352	5.127
Bus	2.520	1.080	3.600
Touringcar	1.611	6.489	8.100
Motorfiets[a, c]	445	2.460	2.904
Bromfiets[a]	709	291	1.000
Fiets[a]	11.416	2.284	13.700
Personentrein[b]	4.325	12.974	17.299
Personentrein elektrisch[b]	4.129	12.377	16.502
Personentrein diesel[b]	199	597	797
Tram	937	0	937
Metro	905	0	905
Luchtvaart personen	0	75.316	75.316

Bronnen:

- CBS, 2012: CBS Statline, verkeer en vervoer, mobiliteit van personen, gereisde kilometers.
- Bus/touringcar; KNV 2011.
- Personentrein elektrisch; Mobiliteitsbalans, 2012.
- Personentrein diesel: Kennisplatform verkeer en vervoer, 2011.
- Tram: HTM Jaarverslag 2010, www.gvb.nl - over GVB - materieel en cijfers, RET Jaarverslag 2010, Connexxion - contact per e-mail.
- Metro: www.gvb.nl - over gvb - materieel en cijfers, RET Jaarverslag 2010.
- Luchtvaart: AERO-model[144].

[a] Verdeling reizigerskilometers binnen en buiten de bebouwde kom is gelijk verondersteld als bij de voertuigkilometers (zie Tabel 133).

[b] De reizigerskilometers van de elektrische trein zijn berekend door het totale aantal reizigerskilometers uit de Mobiliteitsbalans (2012) te verminderen met de reizigerskilometers van dieseltreinen zoals deze gerapporteerd zijn in het Kennisplatform verkeer en vervoer (2011). De onderverdeling naar binnen en buiten de bebouwde kom is verondersteld gelijk te zijn gebleven ten opzichte van CE Delft en VU (2004); dit is gecheckt en bevestigt door ProRail.

[c] Niet beschikbaar bij het CBS; de reizigerskilometers voor motorfietsen zijn bepaald door de voertuigkilometers te vermenigvuldigen met een gemiddelde bezettingsgraad van 1,15 (CE Delft, 2008c).

[144] Voor het bepalen van de verkeers- en emissiedata van alle internationale vluchten van en naar Nederland en alle binnenlandse vluchten is gebruik gemaakt van het AERO-model. Het AERO-model is eigendom van de European Aviation Safety Agency (EASA). Voor de huidige studie heeft EASA toestemming verleend voor het gebruik van het AERO-model door TAKS (in opdracht van CE Delft).

Tabel 132 Tonkilometers (mln) in 2010 voor het goederenvervoer

Voertuigcategorie	BIBK totaal	BUBK totaal	Totaal
Bestelauto[a, b]	502	2.602	3104
Vrachtauto[a, b]	4.551	47.945	52.496
Vrachtauto < 10 ton[a]	68	321	389
Vrachtauto 10-20 ton[a]	664	3.129	3.794
Vrachtauto > 20 ton[a]	1.422	6.698	8.120
Trekker-oplegger[a]	2.397	37.796	40.193
Goederentrein[c]	1.481	4.444	5.925
Goederentrein elektrisch[c]	798	2.394	3.193
Goederentrein diesel[c]	683	2.049	2.732
Binnenvaart (goederen)	4.029	36.257	40.286
Zeevaart[d]	0	972.360	972.360
Luchtvaart goederen	0	5.200	5.200

Bronnen:

- Bestelauto: Mobiliteitsbalans 2011., bewerkt door CE Delft/VU.
- Vrachtauto: Mobiliteitsbalans 2011, bewerkt door CE Delft/VU.
- Spoorvervoer: ProRail geleverde data, gecorrigeerd voor bruto-netto tonkilometers.
- Binnenvaart: Eurostat.
- Zeevaart: Extremis-model, CE Delft (2011a), bewerking CE Delft.
- Luchtvaart: AERO-model.

[a] Verdeling totale tonkilometers naar binnen en buiten de bebouwde kom is gebaseerd op de verdeling van vkm's. De verdeling van totale tonkilometers tussen de verschillende vrachtautocategorieën is bepaald met behulp van de voertuigkilometers en gemiddelde beladingsgraden (STREAM) die zijn afgestemd met het KiM.

[b] Opsplitsing totale tonkilometers tussen bestelauto en vrachtauto gebaseerd op RWS (2011).

[c] Verdeling totale tonkilometers naar binnen en buiten de bebouwde kom is verondersteld gelijk te zijn aan de situatie in 2002 (CE Delft en VU, 2004); deze aanname is getoets door ProRail.

[d] Berekend door de totale CO_2-emissies van de zeevaart te delen door een gemiddelde CO_2-emissiefactor van 35 g/tkm (gebaseerd op CE Delft, 2011a; IMO, 2009).

Voor het wegvervoer hebben we de gemiddelde externe kosten ook uitgedrukt in termen van €/vkm. Tevens hebben we bij de toewijzing van verschillende externe (en infrastructurele) kosten gebruik gemaakt van voertuigkilometer-data. Ook bij het spoorvervoer is voor dat doel gebruik gemaakt van voertuigkilometerdata. De gehanteerde gegevens zijn weergegeven in Tabel 133.

Tabel 133 Voertuigkilometers 2010 (mln kilometers)

Voertuigcategorie	BIBK totaal	Buitenwegen	Autosnelwegen	BUBK totaal	Totaal
Personenauto benzine	15.605	25.118	25.148	50.266	65.871
Personenauto diesel	4.655	9.838	17.040	26.877	31.532
Personenauto LPG	581	1.474	1.788	3.262	3.842
Bestelauto	2.811	5.587	8.992	14.579	17.390
Bus[a]	195	44	65	110	304
Touringcar[a]	56	119	176	221	351
Motorfiets	387	1.101	1.038	2.139	2.525
Bromfiets	714	293	0	293	1.007
Fiets[b]	11.416	2.284	0	2.284	13.700
Vrachtauto < 10 t	52	66	181	247	299
Vrachtauto 10-20 t	190	239	655	894	1.084

Voertuigcategorie	BIBK totaal	Buitenwegen	Autosnelwegen	BUBK totaal	Totaal
Vrachtauto > 20 t	200	252	691	943	1.144
Trekker-oplegger	260	832	3.275	4.108	4.368
Personentrein elektrisch[c]	-	-	-	-	117
Personentrein diesel[c]	-	-	-	-	17
Goederentrein elektrisch[c]	-	-	-	-	5
Goederentrein diesel[c]	-	-	-	-	5

Bron: CBS (2012) (weg) en ProRail (2011) (spoorvervoer).

[a] CBS publiceert alleen de gezamenlijke vkm's voor bus en touringcar. De onderverdeling is gebaseerd op de verhouding in reizigerskilometers en gemiddelde bezettingsgraden.

[b] De onderverdeling van voertuigkilometers naar binnen en buiten de bebouwde kom is gebaseerd op CE Delft en VU (2004).

[c] Bij het spoorvervoer worden de voertuigkilometers enkel gebruikt voor de toedeling van de externe en infrastructuurkosten aan de verschillende vervoerswijzen. Een nadere onderverdeling naar voertuigkilometers binnen en buiten de bebouwde kom is hiervoor niet nodig en dus ook niet weergegeven in de tabel.

Het aantal LTO's van vliegtuigen en het aantal calls van zeeschepen in Nederland is weergegeven in Tabel 134.

Tabel 134 Aantal LTO en calls in lucht- en zeehavens in 2010

Voertuigcategorie	Aantal LTO's	Aantal calls
Luchtvaart personen[a]	207.648	
Luchtvaart goederen[a]	20.537	
Zeevaart[b]		73.959

Bronnen:

- Luchtvaart: AERO-model, Schipholgroup (2010a; 2010b)
- Zeevaart: Jaarverslag Havenbedrijf Rotterdam, Havenstatistieken Amsterdam, 2010; Jaarverslag Groningen Seaports, 2010; Jaarverslag Moerdijk, 2011.

[a] Uitgangspunt bij de bepaling van het aantal LTO's voor de personen- en vrachtluchtvaart zijn de resultaten van het AERO model. Modelberekeningen met dit model leveren een totaal van 228.184 LTO's op (merk overigens op dat dit ca. 10% hoger is dan het aantal LTO's zoals dat door Schipholgroup, 2010a wordt gepresenteerd). Op basis van informatie van Schiphol (Schiphol, 2010a) nemen we aan dat ca. 4% van deze LTO's betrekking hebben op vrachtvliegtuigen. Deze vrachtvliegtuigen vervoeren ca. 57% van de totale luchtvaart cargo tonkilometers. Dit betekent dat ca. 43% van de luchtvracht wordt vervoerd met een passagiersvliegtuig en dat een deel van de LTO's van passagiersvliegtuigen dus aan vrachtvervoer dient te worden toegerekend. Op basis van Schiphol (2010a en 2010b) weten we dat er op de ca. 305.000 intracontinentale passagiersvliegtuigen 26,7 kiloton aan vracht is vervoerd en 29,8 miljoen passagiers, terwijl dit voor de ca. 66 duizend intercontinentale vluchten respectievelijk 632 kiloton en 15,4 miljoen passagiers waren. Aannemende dat een passagier + stoel + koffer ca. 150 kg weegt, kan dan worden berekend dat het aandeel van passagiers in de LTO's van passagiersvliegtuigen voor intracontinentale vluchten ca. 99% is en voor intercontinentale vluchten ca. 74%. Het gewogen gemiddelde over alle vluchten komt uit op ca. 95%. Het aandeel van vrachtluchtvaart in het totale aantal LTO's komt daarmee op 5% (aandeel in LTO's passagiersvliegtuigen) + 4% (aandeel vrachtvliegtuigen in totale aantal LTO's) is 9%.

[b] Het aantal calls in Nederlandse zeehavens is gebaseerd op het aantal calls in de acht grootste zeehavens: Rotterdam, Amsterdam, Zeeland Seaports, Delfzijl/Eemshaven, Moerdijk en IJmuiden.

A.2 Voertuig- en ritkenmerken

Voor de berekening van de infrastructuurkosten van het wegvervoer zijn gegevens gebruikt aangaande het gewicht, het aantal assen en de as-configuratie van de verschillende voertuigen. Daarnaast zijn ook enkele ritkenmerken (gemiddelde lading en percentage beladen kilometers) van invloed op de berekeningen. De gehanteerde gegevens zijn weergegeven in Tabel 135.

Tabel 135 Gewicht, assen en asconfiguratie van verschillende vervoerswijzen

Voertuigcategorie	Bruto gewicht (ton)	Aantal assen	Asconfiguratie
Personenauto	1,15	2	N.v.t.
Bestelauto	1,87	2	N.v.t.
Bus	12,99	2	N.v.t.
Touringcar	16,79	2,5	N.v.t.
Motorfiets	0,576	2	N.v.t.
Bromfiets	0,173	2	N.v.t.
Fiets	0,09	2	N.v.t.
Vrachtauto < 10 t vol			
2.5 - 5.5	2,6	2	Enkel
5.5 - 9	4,7	2	
9.0 - 10	6,2	2	
Vrachtauto < 10 t leeg			
2.5 - 5.5	1,8	2	Enkel
5.5 - 9	3,3	2	Enkel
9.0 - 10	3,8	2	Enkel
Vrachtauto 10-20 t vol			
10.0 - 12	8,4	2	Enkel
12 - 16	8,9	3	Enkel
16 - 20	10,4	3	Enkel
Vrachtauto 10-20 t leeg			
10.0 - 12	4,3	2	Enkel
12 - 16	6,0	3	Enkel
16 - 20	6,5	3	Enkel
Vrachtauto >20 t vol			
20 - 22	10,6	3	Enkel
22 - 30	13,5	3,5	Enkel
30 - 35	20,4	4	Enkel
35 - 45	26,4	4,5	Enkel
45 - 50	30,4	5	Enkel
Vrachtauto >20 t leeg			
20 - 22	7,0	3	Enkel
22 - 30	8,5	3,5	Enkel
30 - 35	11,0	4	Enkel
35 - 45	13,0	4,5	Enkel
45 - 50	15,0	5	Enkel
Vracht combinatie (> 12 t) vol			
12 - 16	6,8	3	Enkel
16 - 22	10,7	3	Enkel
22 - 33	15,0	3,5	Enkel
33 - 40	19,8	4	Enkel
40 - 45	24,5	4a5	Tandem/tridem

Voertuigcategorie	Bruto gewicht (ton)	Aantal assen	Asconfiguratie
45 - 50	28,8	6	Tridem
Vracht combinatie (> 12 t) leeg			
12 - 16	5	3	Enkel
16 - 22	7,0	3	Enkel
22 - 33	11	3,5	Enkel
33 - 40	14	4	Enkel
40 - 45	16	4a5	Tandem/tridem
45 - 50	17	6	Tridem
Trekker met oplegger (>12 t) vol			
12 - 16	7,9	3	Enkel
16 - 22	11,3	3	Enkel
22 - 32	15,1	4	Tandem
32 - 38	18,1	4	Tandem
38 - 45	22,1	5	Tridem
45 - 50	26,8	6	Tridem
Trekker met oplegger (>12 t) leeg			
12 - 16	6	3	Enkel
16 - 22	8	3	Enkel
22 - 32	11	4	Tandem
32 - 38	12,5	4	Tandem
38 - 45	13,5	5	Tridem
45 - 50	14,5	6	Tridem
Fiets	0,09	2	Enkel

Bron: CE Delft en VU (2004); voor vrachtauto's is achterliggende data voor de Mobiliteitsbalans opgevraagd bij het KiM. Deze data zijn bewerkt door CE Delft.

Voor de bepaling van de infrastructuur-, ruimtebeslag- en congestiekosten is voor het wegvervoer gebruik gemaakt van personenauto-equivalenten (PAE's). Daarbij is uitgegaan van de set aan PAE's zoals die door het IMPACT Handboek (CE Delft et al., 2008) worden aanbevolen[145]. Deze aanbevolen set van PAE's ligt hoger dan de PAE-waarden die in CE Delft en VU (2004) zijn gehanteerd. Bij de bepaling van de infrastructuur- en congestiekosten voor het wegvervoer hebben we daarom ook een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarbij we de infrastructuur/congestiekosten berekenen op basis van de PAE-waarden zoals die in CE Delft en VU (2004) werden toegepast. De PAE-waarden voor zowel de hoofdanalyse als de gevoeligheidsanalyse voor infrastructuur- en congestie-kosten zijn samengevat in Tabel 136.

[145] Op basis van een uitgebreide bestudering van de literatuur worden in het IMPACT Handboek aanbevelingen gedaan voor de te hanteren methodieken en kentallen voor het waarderen van externe kosten van verkeer en vervoer. Ook voor de te hanteren PAE's worden in dit Handboek aanbevelingen gedaan.

Tabel 136 Personenauto-equivalenten

Voertuigcategorie	PAE's hoofdanalyse	PAE's gevoeligheidsanalyse infrastructuurkosten
Personenauto	1	1
Bestelauto	1,2	1
Bus	2	1,85
Touringcar	2	1,85
Motorfiets	0,5	0,5
Bromfiets	0,5	0,5
Vrachtauto < 10 t	1,7	1,85
Vrachtauto 10-20 t	2,6	2,2
Vrachtauto > 20 t	3,9	2,2
Trekker-oplegger	4,7	2,2
Fiets	0,25	0,25

Bron: CE Delft et al. (2008).

Noot: De PAE-waarden voor de verschillende vrachtautocategorieën zijn geschaald van de IMPACT-categorieën naar de hier gehanteerde categorieën, op grond van gross vehicle weight (GVW).

Tot slot is er bij de bepaling van de geluidkosten gebruikt gemaakt van geluidweegfactoren. Deze weegfactoren zijn gebaseerd op de geluids-intensiteit die wordt veroorzaakt door de verschillende voertuigen zoals gerapporteerd in Reken- en meetvoorschrift geluidhinder 2006 (VROM, 2006).

Tabel 137 Weegfactoren voor geluid voor de verschillende voertuigcategorieën

Voertuig	Binnen de bebouwde kom	Buiten de bebouwde kom
Personenauto benzine	1,0	1,0
Personenauto diesel	1,2	1,0
Personenauto LPG	1,0	1,0
Bestelauto	1,5	1,2
Bus	9,8	3,3
Touringcar	9,8	3,3
Motorfiets	13,2	4,2
Bromfiets	9,8	3,0
Vrachtauto < 10 ton	9,8	3,0
Vrachtauto 10-20 ton	13,2	4,2
Vrachtauto > 20 ton	14,9	4,8
Trekker-oplegger	16,6	5,5
Tram	9,8	-
Metro (bovengronds)	9,8	-
Personentrein		1
Goederentrein		4

Bron: CE Delft en VU (2004), bewerkt door CE Delft.

Bijlage B Infrastructuurkosten

B.1 Inleiding

In deze paragraaf bieden we achtergrondinformatie voor de berekening van de infrastructuurkosten, alsmede meer gedetailleerde resultaten van de berekeningen. In Paragraaf B.2 geven we allereerst de resultaten van een korte literatuurstudie naar de toedelingsmethodiek voor infrastructuurkosten. In Paragraaf B.3 lichten we vervolgens de berekening van asschadefactoren toe. Tot slot presenteren we in Paragraaf B.4 voor het wegverkeer de gemiddelde infrastructuurkosten per voertuigkilometer.

B.2 Internationale studies infrastructuurkosten

Door CE Delft is een korte literatuurstudie uitgevoerd naar de wijze waarop de verschillende typen infrastructuurkosten voor de weg worden toegewezen aan de verschillende vervoerswijzen. In deze literatuurstudie hebben we zowel gekeken naar studies die schattingen doen van de infrastructuurkosten in specifieke landen (Duitsland, UK, Zwitserland, Australië) als naar meer methodologische studies. De belangrijkste bevindingen van deze literatuur-studie zijn samengevat in Tabel 140.

B.3 Berekening van asschadefactoren

In deze paragraaf wordt een voorbeeld gegeven van het berekenen van de asschadefactor van een voertuig.

Voor het ontwerp van verhardingen wordt rekening gehouden met de invloed van vrachtvoertuigen op de schade (Handleiding Wegenbouw - Ontwerp Verhardingen). Een gebruikte parameter is de asschade. In de dimensioneringsmethode van verhardingen worden asgewichten uitgedrukt in equivalente standaardaslasten van 10 ton. Uitgangspunt is de schade die een willekeurige as toebrengt in relatie tot de schade die een as van 10 ton aan de verharding toebrengt. Hierbij wordt uitgegaan van een 4de machtsrelatie tussen de omvang van de aslast en de schade die door diezelfde aslast wordt veroorzaakt. Hiervoor wordt de volgende formule gebruikt:

$$\text{Asschadefactor} = \{\text{asconfiguratiefactor} * (A/A_{std})\}^{4}$$

A is hier de werkelijke aslast in tonnen, A_{std} is de standaard-aslast gelijk aan 10 ton en de asconfiguratiefactor is een factor die de invloed van de asconfiguratie op de asschadefactor weergeeft. In Tabel 138 zijn de waarden voor de asschade factor van de verschillende asconfiguraties gepresenteerd.

Tabel 138 As-configuratie en waarde van de asschadefactor

Type asconfiguratie	Waarde van de asschadefactor
Enkele as	1,0
Tandem as	0,6
Tridem as	0,45

Voorbeeld

Voor het voorbeeld gebruiken we een vrachtauto met vijf assen met de volgende gewichtsverdeling:

- as 1 is belast met 7 ton;
- as 2 is belast met 11,5 ton;
- as 3 is belast met 10 ton;
- as 4 is belast met 9 ton;
- as 5 is belast met 9 ton;
- as 4 en 5 vormen samen een tandem as.

De wegbelasting (asschadefactor) per as voor dit voertuig is als volgt:

- wegbelasting van as 1 = $\{1,0 \times (7/10)\}^4 = 0,24$;
- wegbelasting van as 2 = $\{1,0 \times (11.5/10)\}^4 = 1,75$;
- wegbelasting van as 3 = $\{1,0 \times (10/10)\}^4 = 1,00$;
- wegbelasting van asstel 4&5 = $\{0,6 \times (2x9/10)\}^4 = 1.36$.

De wegbelasting (asschadefactor) van het totale voertuig is gelijk aan 0,24 + 1,75 + 1,00 + 1,36 = 4,35.

B.4 Gemiddelde infrastructuurkosten per voertuigkilometers

In Tabel 139 zijn de gemiddelde infrastructuurkosten per voertuigkilometer voor het wegvervoer weergegeven. Zowel binnen als buiten de bebouwde kom zijn de kosten het hoogst voor de zware voertuigcategorieën (zware vrachtauto's, bussen en touringcars), wat het gevolg is van het feit dat een belangrijk deel van de infrastructuurkosten worden toegewezen op basis van aslasten. Binnen de bebouwde kom zijn de gemiddelde infrastructuurkosten van zware voertuigen relatief nog hoger dan buiten de bebouwde kom, wat het gevolg is van het feit dat er relatief weinig zware voertuigen binnen de bebouwde kom rijden, waardoor de voertuigen die er rijden een relatief groot deel van de infrastructuurkosten krijgen toegewezen.

Tabel 139 Gemiddelde infrastructuurkosten wegvervoer (€/1.000 vkm)

Voertuigcategorie	BIBK			BUBK		
	Vast	Variabel	Totaal	Vast	Variabel	Totaal
Personenauto totaal	122	5	127	37	2	40
Personenauto benzine	122	5	127	38	2	40
Personenauto diesel	122	5	127	36	2	38
Personenauto LPG	122	5	127	37	2	40
Bus	831	995	1.826	464	368	832
Touringcar	1.151	1.417	2.568	632	525	1.157
Motorfiets	24	4	29	21	2	23
Bromfiets	24	4	29	183	2	185
Fiets	23	2	25	115	2	116
Bestelauto	130	5	136	43	2	46
Vrachtauto totaal	361	288	648	245	97	342
Trekker	534	466	1.000	288	119	407
Vrachtauto < 10 t	81	18	98	61	6	66
Vrachtauto 10 - 20 t	169	90	259	115	27	142
Vrachtauto > 20 t	389	315	704	231	92	323

Tabel 140 Belangrijkste resultaten van een literatuurstudie naar de toedelingsmethode van infrastructuurkosten van het wegverkeer

Source	Country	Enhancement costs	Renewal costs	Maintenance costs	Operational costs
BFS (2003)	Switzerland	– 95% capacity related: 80% allocated based on PCE-vkm, 20% allocated based on vkm – 5% weight related: fully allocated to HDVs (> 3.5 t) based on standard axle load kilometres.	– 55% capacity related: 80% allocated based on PCE-km, 20% allocated based on vkm – 45% weight related: fully allocated to HDVs (>3.5 t) based on axle load vehicle kilometres	– 100% allocated based on vkm	– 100% allocated based on vkm
ITS (2001)	UK	– 85% capacity related: allocated based on PCE-km – 15% weight related: allocated based on standard axle load kms	– Detailed approach – Renewal costs are mainly allocated based on standard axle load kms	– Detailed approach – Variable costs are mainly allocated based on standard axle km – Fixed costs are mainly allocated based on PCE-km and/or average gross vehicle weight km	– Operational costs are mainly allocated based on PCE-km (a minor part is allocated based on average gross tonne km)
ProgTrans (2007)	Germany	– Very detailed approach. – Main part of cost elements are allocated based on PCE-km – Smaller part of costs is allocated fully to specific vehicle categories (mainly HGVs)	– Very detailed approach – According to IMPACT D2 about 50% are allocated based on PCE-km, 22% on vkm and 28% on standard axle load km	– Fixed costs: 35% allocated based on vkm, 50% on PCE-km and 15% are fully allocated to HGVs (>12 t) – Variable costs: allocated based on PCE-km, axle load km and vkm. Some part of the costs are allocate to specific vehicle categories	– 30% allocated based on vkm – 70% allocated based on PCE-km
NTC (2005)	Australia	– 45% weight related: allocated based on standard axle load – 55% not attributable: allocated based on vkm	– 45% weight related: allocated based on standard axle load – 55% not attributable: allocated based on vkm	– Detailed approach – Allocated based on axle load km, PCE-km and vkm	– 100% allocated based on vkm
IMPACT D2 (2008)[1]	EU	– 100% allocated based on PCE-km	– 80% allocated based on PCE-km – 10% vkm allocated based on vkm – 10% allocated based on standard axle load	– 100% based on standard axle load km	– 100% allocated based on vkm
HLG (1999b)[2]	EU		– Costs should be allocated based on axle weight, gross vehicle weight and/or PCE-km	– Cost should be allocated based on axle weights	– Cost should be allocated based on vkm or PCE-km

Notes: 1) Default values based on literature review; 2) Qualitative recommendations.

Bijlage C Kosten van ruimtebeslag

C.1 Inleiding

In deze bijlage geven we allereerst een gedetailleerde toelichting op de wijze waarop het directe en indirecte ruimtebeslag voor de verschillende modaliteiten is bepaald. Vervolgens presenteren we voor het wegvervoer, in aanvulling op de resultaten zoals die gepresenteerd zijn in Hoofdstuk 4, de gemiddelde kosten van ruimtebeslag per voertuigkilometer.

C.2 Bepaling van direct en indirect ruimtebeslag

Wegvervoer

Het directe ruimtebeslag van weginfrastructuur (incl. verzorgingsplaatsen) is gebaseerd op de inschatting van het directe ruimtebeslag voor 2002, zoals dat in CE Delft en VU (2004) wordt gepresenteerd. Dit ruimtebeslag is geëxtrapoleerd naar 2010 op basis van de groei van de lengte van de totale weginfrastructuur in Nederland (ca. 4,2%). In aanvulling hierop is het directe ruimtebeslag van publieke parkeerplaatsen bepaald op basis van CROW (2006). Tot slot is een inschatting van het directe ruimtebeslag van fietspaden gemaakt; op basis van een totale lengte van fietspaden in Nederland van 34.000 kilometer (Fietsersbond Fietsrouteplanner) en een gemiddelde breedte van een fietspad van 2 meter (Bruinsma et al., 2000) is berekend dat het directe ruimtebeslag van fietspaden gelijk is aan 68 km^2. Op basis van CE Delft en VU (2004) is aangenomen dat ca. 39% van deze fietspaden binnen de bebouwde kom liggen en 61% buiten de bebouwde kom.

Naast het directe ruimtebeslag van wegen, leidt weginfrastructuur ook tot indirect ruimtebeslag in de vorm van geluidszonering. Door RIVM (2007) wordt ingeschat dat er binnen stedelijk gebied ca. 200 km^2 aan ruimte is waar vanwege te hoge geluidsniveaus geen nieuwbouw plaats mag vinden. Zoals aangegeven in Paragraaf 4.3 nemen we aan dat hiervan ca. 5% (2-10%) wordt bebouwd, dat wil zeggen 10 km^2. Voor niet-stedelijk gebied worden geen schattingen gegeven door RIVM (2007). Maar aangezien de waardering van indirect ruimtebeslag buiten de bebouwde kom erg laag is (zie Paragraaf 4.4), leidt het niet meenemen van indirect ruimtebeslag buiten de bebouwde kom slechts tot een zeer beperkte onderschatting van de kosten van ruimtebeslag.

Een overzicht van het ruimtebeslag voor wegvoervoer is weergegeven in Tabel 141.

Tabel 141 Ruimtebeslag van weginfrastructuur in 2010 (km^2) (middenwaaarde)

	Binnen de bebouwde kom	Buiten de bebouwde kom	Totaal
Direct ruimtebeslag			
Wegen	375	780	1.155
Verzorgingsplaatsen	-	17	17
Parkeerplaatsen	119	-	119
Fietspaden	26	42	68
Totaal	520	839	1.359
Indirect ruimtebeslag			
Geluidszonering	10	-	10

Bron: - Direct ruimtebeslag: bewerking van CE Delft en VU (2004).
- Indirect ruimtebeslag: RIVM (2007).

Tram en metro

Het directe ruimtebeslag voor trams en metro's is ingeschat door de lengte van het spoor te vermenigvuldigen met een gemiddelde breedte voor dat spoor. In aanvulling daarop is het ruimtebeslag van haltes/stations bepaald door het aantal te vermenigvuldigen met een kengetal voor het gemiddelde ruimtebeslag van een halte/station.

Door de verschillende gemeentelijke vervoerbedrijven is informatie verschaft over de lengte van hun netwerk(en) en het aantal halte(s). In totaal ligt er in Nederland ca. 195 km aan dubbelspoor voor trams (hierbij is gecorrigeerd voor tramrails die in de wegverharding liggen, omdat deze ruimte wordt toegerekend aan het wegvervoer). Bij een gemiddelde breedte van het spoor van 5,87 meter (Bruinsma et al., 2000) komen we op een ruimtebeslag van 1,1 km^2. Daarnaast zijn er in Nederland ca. 1.712 tramhaltes, met een gemiddeld oppervlak van 150 m^2 (Bruinsma et al., 2000), wat neerkomt op een ruimtebeslag van 0,3 km^2. Het totale directe ruimtebeslag voor trams komt daarmee op 1,4 km^2.

Ook voor de metro is door de gemeentelijke vervoerbedrijven informatie aangeleverd over de gemiddelde lengte van de metrolijnen en het aantal stations. Bovengronds ligt er ca. 117 km dubbelspoor voor trams en zijn er 106 stations. Bij een gemiddelde breedte van het spoor van 11,2 meter en een gemiddeld oppervlak van een station van 1.170 m^2 komt het totale ruimte-beslag uit op 1,4 km^2.

Trein

Het directe ruimtebeslag van spoorinfrastructuur is gebaseerd op de percelen die in bezit zijn van ProRail. Hierbij gaat het in principe om al het spoor inclusief een zone van 8 meter links en rechts van het spoor. Het totale oppervlak is gelijk aan ca. 70 km^2. In samenspraak met ProRail is besloten om hiervan 25% (17,5 km^2) toe te delen aan de bebouwde kom en 75% (52,5 km^2) aan het gebied daarbuiten.

Het indirecte ruimtebeslag voor de trein bestaat uit de ruimte waar bouw-beperkingen gelden als gevolg van te hoge geluidsniveaus. Evenals voor de trein is dit oppervlak gebaseerd op RIVM (2007), die inschat dat het binnen stedelijke gebieden om 10 km^2 gaat. Zoals aangegeven in Paragraaf 4.3 wordt aangenomen dat 5% hiervan, dus 0,5 km^2, zou worden bebouwd als er geen geluidsrestricties waren geweest. Het indirecte ruimtebeslag van de trein is dus gelijk aan ca. 0,5 km^2.

Binnenvaart

Zoals aangegeven in Hoofdstuk 4 bestaat het directe ruimtebeslag voor de binnenvaart uit het oppervlak van de havenbekkens van binnenvaarthavens, 20% van de havenbekkens van zeehavens en wacht- en rustplaatsen. Op basis van CE Delft en VU (2004) is ingeschat dat het oppervlak van havenbekkens voor binnenvaarthavens ca. 9 km^2 bedraagt. Het totale oppervlak van havenbekkens voor zeehavens is ca. 55 km^2, waarvan 11 km^2 aan de binnenvaart wordt toegerekend. Tot slot, het oppervlak van wacht- en rustplaatsen is gelijk aan 0,08 km^2 (BeheerkaartNat, 2012). Het totale directe ruimtebeslag voor de binnenvaart komt daarmee op ca. 20,1 km^2.

Het indirecte ruimtebeslag voor de binnenvaart bestaat uit de oppervlakte voor zichtzones langs vaarwegen. De eisen voor zichtzones zijn vastgelegd in de Richtlijnen vaarwegen 2011 (RWS, 2011). Voor vaarwegen behorende tot de ECTM-klassen 0-3 geldt dat er overal een zone van 10 meter aan beide zijden van de vaarwegen dient te zijn[146]. Voor de vaarwegen van de ECTM-klasse 4-6 geldt binnen stedelijk gebied een zichtzone van 10 meter, terwijl in landelijk gebied een zichtzone van 15 meter geldt[147]. Voor het bepaling van het oppervlak van zichtzones hebben we allereerst op basis van CBS-data de lengte van de vaarwegen voor de verschillende ECTM-klassen bepaald, waarbij we hebben gecorrigeerd voor vaarwegen op meren en vaargeulen (daarvoor is geen zichtzone nodig). Hierbij is aangenomen dat 10% van de vaarwegen binnen de bebouwde kom ligt en 90% buiten de bebouwde kom.
Door vervolgens de lengte van de vaarwegen te vermenigvuldigen met de vereiste zichtzones kan de totale oppervlakte van de zichtzones bepaald worden (zie Tabel 142). Het totale indirecte ruimtebeslag is vervolgens bepaald door het totale oppervlakte binnen de bebouwde kom te vermenigvuldigen met 25% (deel dat bebouwd zal worden) en buiten de bebouwde kom met 2%. Binnen de bebouwde kom is het indirecte ruimtebeslag dan gelijk aan 2,3 km^2, terwijl het buiten de bebouwde kom ca. 1,9 km^2 is.

Tabel 142 Lengte vaarwegen en oppervlakte zichtzones in 2010

Vaarwegcategorie	Lengte vaarwegen (km)		Oppervlak zichtzones (km^2)	
	BIBK	BUBK	BIBK	BUBK
ECTM 0 t/m 3	317	2.857	6,3	57,1
ECMT 4-6	140	1.263	2,8	37,8
Totaal	458	4.119	9,2	95,0

Bron: CBS, 2012, bewerkt door CE Delft.

Zeevaart

Het directe ruimtebeslag voor de zeevaart bestaat uit het oppervlak van de havenbekkens van zeehavens. Uitgangspunt bij de bepaling van het oppervlak van de havenbekkens van zeehavens zijn de schattingen uit Bruinsma et al. (2000) voor 1999. Op basis van gegevens voor de Rotterdamse haven is vervolgens verondersteld dat het totale oppervlak van de havenbekkens met ca. 30% is gegroeid tot ca. 55 km^2. Hiervan wordt 80% toegerekend aan de zeevaart (analoog aan Bruinsma et al., 2000), oftewel 44,0 km^2.

[146] Voor de ECTM 3-vaarwegen geldt bovendien een zichtzone van 20 meter in binnenbochten in stedelijk gebied. Door gebrek aan data is dit niet meegenomen in de berekeningen.

[147] In stedelijk gebied geldt er een zichtzone van 25 meter voor binnenbochten. Door een gebrek aan data is dit niet meegenomen in de berekeningen.

Voor de zeevaart is aangenomen dat er geen sprake is van indirect ruimtebeslag.

Luchtvaart

Het directe ruimtebeslag van Nederlandse luchthavens is weergegeven in Tabel 143. Op luchthavens worden echter verschillende concessies verleend (bijv. aan winkels en horeca gelegenheden). Dit ruimtegebruik is niet rechtstreeks gerelateerd aan de transportfunctie van de luchthaven en is daarom ook buiten beschouwing gelaten in dit onderzoek[148]. Hetzelfde geldt voor het ruimtebeslag dat wordt gebruikt voor parkeerplaatsen (en waarvoor parkeergelden worden gevraagd).

Op luchthaven Schiphol betreft de oppervlakte die wordt gebruikt voor concessies 24.012 m^2 (Schiphol Group, 2011). Er zijn geen data beschikbaar over het oppervlakte van de verleende concessies op andere luchthavens. Echter, gezien het verwaarloosbare percentage op luchthaven Schiphol, is aangenomen dat ook voor deze luchthavens dit oppervlakte verwaarloosbaar is.

Naast winkeloppervlakte, heeft Schiphol 36.000 parkeerplaatsen waarvoor parkeergelden worden gevraagd (Schiphol Group, 2011). Volgens Bruinsma et al. (2000) is een gemiddelde parkeerplaats voor een personenauto 3,5*7 meter (24,5 m^2). Voor Schiphol geldt dus dat 882.000 m2 van het direct ruimtebeslag (=3,2%) afgetrokken moet worden voor de berekening van de externe kosten van direct ruimtebeslag. Ook hier zijn geen data beschikbaar voor regionale luchthavens; er is aangenomen dat dit percentage ook van toepassing is op de regionale luchthavens. Het totale directe ruimtebeslag dat wordt meegenomen in de analyse komt daarmee op 36,7 km^2.

Het oppervlak van geluidszones rondom Schiphol en de verschillende regionale luchthavens is aangeleverd door het KiM en is weergegeven in Tabel 143. Door te corrigeren voor het directe ruimtebeslag van luchthavens wordt het indirecte ruimtebeslag van luchthavens gevonden, waarvan in deze studie 10% wordt toebedeeld (middenwaarde). Het indirecte ruimtebeslag voor de luchtvaart komt daarmee op 18,5 km^2.

Tabel 143 Direct en indirect ruimtebeslag door luchthavens

	Oppervlak geluidszones (km^2)	Direct ruimtebeslag totaal in km^2	Direct ruimtebeslag toebedeeld (km^2)	Indirect ruimtebeslag (mln m^2)	Indirect ruimtebeslag toebedeeld (km^2)
Schiphol	187	27,9	27,0	159,1	15,9
Rotterdam	7,5	2,3	2,2	5,3	0,5
Maastricht	6,2	2,0	1,9	4,2	0,4
Eelde	3,7	1,7	1,6	2,0	0,2
Lelystad	6,9	1,6	1,5	5,6	0,5
Eindhoven	4,1	0,3	0,3	3,8	0,4
Twente	8,0	2,2	2,1	5,8	0,6
Totaal	223,4	37,9	36,7	185,5	18,5

Bron: KiM, bewerking CE Delft.

[148] Luchthavens genereren overigens ook inkomsten uit deze activiteiten, waardoor de kosten van dit ruimtebeslag feitelijk al geïnternaliseerd zijn.

C.3 Gemiddelde kosten per voertuigkilometer

De gemiddelde kosten van ruimtebeslag voor wegvoer in € per 1.000 vkm zijn weergegeven in Tabel 144.

Tabel 144 De gemiddelde kosten van ruimtebeslag voor wegvervoer (€/1.000 vkm)

Voertuigcategorie	Midden			Laag	Hoog
	Direct	Indirect	Totaal	Totaal	Totaal
Personenvervoer in €/1.000 vkm					
Personenauto benzine	13	0	13	7	19
Personenauto diesel	9	0	9	5	14
Personenauto LPG	9	0	9	5	14
Bus	20	8	28	15	51
Touringcar	8	2	10	6	18
Motorfiets	2	2	4	2	10
Bromfiets	7	8	16	6	36
Fiets	0	0	0	4	9
Goederenvervoer in €/1.000 vkm					
Bestelauto	10	0	10	6	16
Vrachtauto	14	2	15	10	26

Noot: De hoge en lage waarden zijn gebaseerd op een respectievelijk hogere en lagere waardering van (direct en indirect) ruimtebeslag. Daarnaast is er uitgegaan van een groter/kleiner (indirect) ruimtebeslag.

Bijlage D Kosten van verkeersonveiligheid

D.1 Inleiding

In deze bijlage presenteren we de achtergrondinformatie voor de berekening van de externe kosten van verkeersongevallen alsmede meer gedetailleerde resultaten voor deze kostenpost. In Paragraaf D.2 gaan we allereerst in op de gebruikte ongevallenstatistieken. Daarnaast presenteren we in Paragraaf D.3 de gemiddelde externe ongevalskosten per voertuigkilometer voor het wegvervoer.

D.2 Ongevallenstatistieken

Om het werkelijke aantal slachtoffers per voertuigcategorie te bepalen zijn de geregistreerde slachtoffers gecorrigeerd met behulp van de bijbehorende registratiegraden (uit de SWOV-database). Voor doden en ernstig gewonden zijn gedifferentieerde registratiegraden naar voertuigcategorie bekend. Voor lichtgewonden is dit niet het geval; daarom is de registratiegraad voor deze groep verkeersslachtoffers gelijk verondersteld voor de verschillende vervoerswijzen. De verdeling van het totale aantal lichtgewonden tussen de verschillende vervoerswijzen wijkt dan ook mogelijk af van de werkelijke verdeling.

Tabel 145 geeft een overzicht van het gehanteerde aantal werkelijke doden en gewonden dat is toegewezen aan de verschillende voertuig categorieën. Hierbij is een onderscheid tussen meerzijdige ongevallen (meerdere voertuigen betrokken bij het ongeval) en enkelzijdige ongevallen (slechts één voertuig is bij het ongeval betrokken, het betreft hier ongevallen met objecten). Voor enkelzijdige ongevallen worden geen immateriële kosten berekend.

Tabel 145 Overzicht van ongevallenstatistieken[a]

	Meerzijdige ongevallen			Enkelzijdige ongevallen			Totaal		
	Doden	Ernstig gewond	Licht-gewond	Doden	Ernstig gewond	Licht-gewond	Doden	Ernstig gewond	Licht-gewond
Personenauto benzine[b]	146	3.184	124.360	95	629	17.193	241	3.813	141.553
Personenauto diesel[b]	60	1.144	44.072	43	286	7.486	104	1.430	51.558
Personenauto LPG[b]	7	141	5.446	5	35	916	13	176	6.361
Bestelauto	44	806	24.178	13	117	2.142	57	924	26.320
Bus	9	76	1.990	1	2	260	10	77	2.250
Touringcar	5	29	946	0	5	120	5	35	1.066
Motorfiets	4	96	2.314	20	460	2.038	24	556	4.352
Bromfiets	9	481	15.716	12	541	5.561	21	1.022	21.277
Vrachtauto	83	360	9.499	2	18	380	85	378	9.879
Personentrein elektrisch	4	20	468	0	0	0	4	20	468
Personentrein diesel	1	3	69	0	0	0	1	3	69

	Meerzijdige ongevallen			Enkelzijdige ongevallen			Totaal		
	Doden	Ernstig gewond	Licht-gewond	Doden	Ernstig gewond	Licht-gewond	Doden	Ernstig gewond	Licht-gewond
Goederentrein elektrisch	0	1	22	0	0	0	0	1	22
Goederentrein diesel	0	1	20	0	0	0	0	1	20
Tram	7	5	112	0	0	0	7	5	112
Metro[c]	0	23	132	0	0	0	0	23	132
Binnenvaart	3	12	56	0	0	0	3	12	56
Zeevaart[d]	1	2	9	0	0	0	1	2	9
Luchtvaart[e]	5	7	5	0	0	0	5	7	5
Fiets	12	1.075	12.607	16	8.508	1.485	28	9.583	14.093
Lopen	0	109	1.969	0	1	35	0	110	2.003
Totaal	400	7.556	243.989	208	10.603	37.615	608	18.160	281.604

Bronnen:
Wegvervoer en treinen: SWOV-database en DVS (2012) (laatstgenoemde bron is gehanteerd voor de bepaling van de totale aantal lichtgewonden bij wegverkeer). Deze cijfers kunnen afwijken van ongevallenstatistieken zoals die door andere studies worden overgenomen uit de SWOW-database, doordat de SWOV deze statistieken soms met terugwerkende kracht aanpast.
Tram: Stoop, 2008 – Rapportage Onderzoek en interviews Veiligheid Stadstrams.
Binnenvaart: Monitoring nautische veiligheid binnenwateren 2010 - ondersteunende cijfers.
Zeevaart: Monitoring nautische veiligheid Noordzee 2008 - ondersteunende cijfers.
Luchtvaart: ICAO, 2012 – Statistics – Accident statistics (voor doden) en Veiligheidsbalans 2008, 2009, 2010 (voor ernstig gewonden en lichtgewonden).

[a] Het totale aantal doden en gewonden wijkt (licht) af van de statistieken zoals die door de SWOV en het Ministerie van I&M worden gepresenteerd, omdat er hier geen rekening wordt gehouden met de slachtoffers die toegewezen dienen te worden aan overige vervoerswijzen (bijv. landbouwtractors).

[b] Het totale aantal doden en gewonden van de voertuigcategorie in totaal (personenauto, bus + touringcar, en trein) is verder opgesplitst met behulp van de verhouding in voertuigkilometers.

[c] Er zijn geen data beschikbaar voor het aantal doden en gewonden door ongevallen met metro's; er is aangenomen dat het aantal doden en gewonden per voertuigkilometer gelijk is aan dat van de trein.

[d] Het betreft enkel de ongevallen in de Nederlandse EEZ, dit is een onderschatting van het daadwerkelijke aantal doden en gewonden van de zeevaart.

[e] Het gaat hierbij om 50% van het geschatte aantal slachtoffers op alle vluchten van en naar Nederland. Op basis van de ongevallenstatistieken over de periode 2005-2010 (dodelijke slachtoffers) en 2000-2010 (gewonde slachtoffers) is het gemiddelde aantal slachtoffers op deze vluchten bepaald. Deze methodiek is gehanteerd om te kunnen corrigeren voor sterke schommelingen over de jaren van het aantal slachtoffers. Voor de gewonde slachtoffers is uitgegaan van specifieke Nederlandse gegevens, terwijl voor de dodelijke slachtoffers (vanwege datagebrek) is uitgegaan van gemiddelde waarden voor vluchten binnen Europa. Bij de laatstgenoemde statistieken hebben we op basis van Europese ongevalscijfers allereerst het risico op dodelijke slachtoffers per Revenue Ton Kilometer (RTK) bepaald, om vervolgens op basis van data uit de AERO berekeningen over het aantal RTK voor vluchten van en naar Nederland het aantal dodelijke slachtoffers op die vluchten te schatten. Het moge duidelijk zijn dat er een grote onzekerheid zit in het gemiddelde aantal dodelijke slachtoffers dat zo wordt ingeschat voor de vluchten van en naar Nederland.

D.3 Gemiddelde externe ongevalskosten per voertuigkilometer

De gemiddelde externe kosten van verkeersongevallen voor het wegvervoer in 2010 zijn weergegeven in Tabel 146. Het overgrote deel van deze externe kosten is transportsector intern.

Tabel 146 Gemiddelde externe kosten van ongevallen voor het wegverkeer in 2010 (€/1.000 vkm)

Voertuigcategorie	Sector intern			Rest vd maatschappij		
	Midden	Laag[a]	Hoog[a]	Midden	Laag[a]	Hoog[a]
Personenvervoer in €/1.000 vkm						
Personenauto benzine[b]	54	31	78	3	3	3
Personenauto diesel[b]	41	24	59	3	3	3
Personenauto LPG[b]	42	24	60	3	3	3
Bus	277	184	377	13	13	13
Touringcar	112	74	152	5	5	5
Motorfiets	41	28	54	7	7	7
Bromfiets	475	283	680	43	43	43
Fiets	0	0	0	0	0	0
Goederenvervoer in €/1.000 vkm						
Bestelauto	46	28	65	3	3	3
Vrachtauto	74	52	97	3	3	3

[a] De lage en hoge waarden zijn gebaseerd op een respectievelijk lagere en hogere waardering van de kosten per verkeersslachtoffer.

[b] De gemiddelde ongevalskosten variëren tussen de drie typen personenauto's doordat er verschillen zijn in de aandelen binnen de bebouwde kom en buiten de bebouwde kom van de verschillende typen personenauto's in de totale jaarkilometrages. De benzineauto rijdt bijvoorbeeld relatief veel binnen de bebouwde kom waar de ongevalskosten relatief hoog zijn, waardoor de gemiddelde ongevalskosten hoger zijn dan voor de LPG- en dieselauto.

Bijlage E Kosten van broeikasgasemissies

E.1 Inleiding

In deze bijlage presenteren we achtergrondgegevens en gedetailleerde resultaten met betrekking tot de kosten van broeikasgasemissies. In Paragraaf E.2 zijn de totale broeikasgasemissies weergeven. Voor het wegvervoer hebben we naast de gemiddelde kosten van broeikasgasemissies per reizigers- of tonkilometer (zie Paragraaf 6.6) ook de gemiddelde kosten van broeikasgasemissies per voertuigkilometer berekend. De resultaten daarvan kunnen worden gevonden in Paragraaf E.3.

E.2 Totale broeikasgasemissies 2010

Tabel 147 geeft een overzicht van de totale broeikasemissies CO_2, CH_4 en N_2O voor de verschillende vervoerswijzen in 2010. Daarnaast zijn ook NO_x-emissies weergegeven, aanzien die – zoals besproken in Paragraaf 6.2 – een negatief (verkoelend) klimaateffect hebben. Hetzelfde geldt voor SO_2-emissies, maar omdat we het klimaateffect van deze emissies alleen voor de zeevaart kunnen meenemen in deze studie zijn deze emissies ook enkel voor de zeevaart weergegeven in noot b onder de tabel. Naast de afzonderlijke emissies zijn ook de totale CO_2-equivalenten weergegeven, die zijn berekend met behulp van de zogenaamde Global Warming Potentials (zie Paragraaf 6.3). Voor luchtvaart is bij de bepaling van de totale CO_2-eq. gebruik gemaakt van een correctiefactor met de waarde 2, om op die manier rekening te houden met het klimaateffect van de uitstoot van niet-broeikasgasemissies op grote hoogten (zie Paragraaf 6.3).

Tabel 147 Totale broeikasgasemissies (kton) in 2010 voor de verschillende vervoerswijzen

Voertuigcategorie	CO_2	CH_4	N_2O	NO_x	CO_2-eq.
Personenauto benzine	12.641	1,80	0,69	15,51	12.598
Personenauto diesel	5.580	0,07	0,29	15,61	5.373
Personenauto LPG	659	0,02	0,03	1,44	641
Bestelauto	4.229	0,08	0,18	13,37	4.032
Bus	228	0,008	0,00	2,13	248
Touringcar	285	0,002	0,00	1,75	252
Motorfiets	292	0,110	0,00	0,83	279
Bromfiets	42	0,120	0,00	0,22	41
Vrachtauto	5.988	0,070	0,04	49,48	5.066
Personentrein diesel	32	0,002	0,00	0,40	24
Goederentrein diesel	74	0,001	0,001	1,60	44
Binnenvaart	1.525	0,041	0,038	21,30	1.135
Zeevaart	11.286	0,120	0,109	300	-30.338[b]
Luchtvaart (personen)	6.660	0,0190	0,015	n.v.t.	13.320[a]
Luchtvaart (goederen)	2.074	0,006	0,005	n.v.t.	4.148[a]

[a] Bij de bepaling van de CO_2-eq.-emissies van de luchtvaart is een correctie uitgevoerd voor de klimaatimpact van emissies uitgestoten op grote hoogten. Daartoe zijn de CO_2-eq.-emissies vermenigvuldigd met een factor 2. Deze gecorrigeerde CO_2-eq. zijn hier gepresenteerd.

[b] Voor de zeevaart zijn ook de SO_2 -emissies van 50% van de vaarten meegenomen; het betreft 107 kton, wat overeenkomt met -32.476 kton CO_2-eq. Uiteraard kunnen deze

broeikasgasemissies niet één op één gesommeerd worden met de broeikasgasemissies voor de andere vervoerswijzen vanwege verschillen in de scope (zie Hoofdstuk 6).

Bron: CBS, 2012 (weg, spoor, binnenvaart), Extremis (zeevaart), AERO-model (luchtvaart).

De totale broeikasgasemissies voor het wegverkeer, het spoorvervoer (diesel) en de binnenvaart zijn volledig gebaseerd op data van het CBS (2012). Voor luchtvaart en zeevaart zijn de benodigde data (50% van de emissies die het gevolg zijn van het verkeer van en naar de Nederlandse (lucht)havens) niet beschikbaar bij het CBS. Voor deze twee modaliteiten is dus gebruik gemaakt van alternatieve bronnen. Voor zeevaart is dit het Extremis-model (TRT, 2008), een op basis van Eurostat data ontwikkeld internationaal model voor de zeescheepvaart. Hoewel de resultaten van dit model een relatief grote mate van onzekerheid met zich meebrengen, is het de enige bron die een consistente set aan data levert die voor deze studie nodig zijn[149]. Overigens blijken de gemiddelde CO_2-emissies (in g/tkm) volgens het Extremis-model redelijk in lijn te liggen met de waarden zoals die door STREAM (CE Delft, 2011a) worden gepresenteerd.

Voor luchtvaart wordt gebruik gemaakt van het AERO-model, waarmee voor deze studie een specifieke run is gedraaid om de benodigde emissiedata voor Nederland te verkrijgen. Het AERO-model levert alleen de broeikasgasemissies voor luchtvaart als geheel en maakt geen toedeling van de emissies naar personen- en vrachtvervoer. Wel weten we vanuit de resultaten van de AERO modelrun dat 9% van het totale brandstofverbruik (en dus broeikasgasemissies) wordt gebruikt door vrachtvliegtuigen. Vervolgens hebben we op basis van het aandeel in de RTK kilometers van passagiersvliegtuigen het aandeel van vracht in het brandstofverbruik van deze vliegtuigen bepaald. Dit is gelijk aan ca. 15%. Het totale aandeel van vrachtluchtvaart in het totale brandstofverbruik (en daarmee broeikasgasemissies) komt dan op ca. 24%, terwijl dit aandeel voor personenluchtvaart 76% is.[150]

De broeikasgasemissies die vrijkomen bij de elektriciteitsproductie voor elektrische treinen, trams en metro's worden meegenomen bij de emissies van brandstof- en elektriciteitsproductie. Deze modaliteiten zijn daarom ook niet opgenomen in Tabel 147.

---

149 Een vergelijking van de resultaten van het Extremis-model met Entec (2005) laten zien dat de Extremis voor 2010 tot 20% lagere CO_2-emissies komt voor Nederland (beiden hanteren dezelfde toewijzingsmethodiek voor de emissies aan verschillende landen). Hiermee is de onzekerheid in de totale emissies voor de zeevaart waarschijnlijk groter dan voor de andere modaliteiten, maar is het waarschijnlijk wel van dezelfde ordegrootte. Ook is er een onzekerheid als gevolg van de gehanteerde CO_2 emissiefactoren in het Extremis-model. In het Extremis-model wordt op basis van de meningen van experts aangenomen dat de gemiddelde CO_2-emissies van schepen niet afnemen in de periode na 2005. Om te controleren in hoeverre hierdoor de betrouwbaarheid van de CO_2-emissiefactoren voor de 2010 vloot zoals gehanteerd in Extremis wordt aangetast hebben we deze emissiefactoren vergeleken met de CO_2-emissiefactoren zoals die in andere studies (IMO, 2008; Seas at risk, 2011; Winther, 2008) worden genoemd voor vergelijkbare schepen/motoren. Uit deze vergelijking blijkt dat de CO_2-emissiefactoren zoals gehanteerd in het Extremis-model in dezelfde range liggen als de emissiefactoren zoals die worden genoemd in de literatuur. Op basis daarvan concluderen we dat de gehanteerde CO_2-emissiefactoren in het Extremis-model betrouwbaar zijn.

150 Merk op dat deze verdeelsleutel voor personen- en vrachtvliegtuigen afwijkt van de verdeelsleutel op basis van LTO's. Laatstgenoemde verdeelsleutel wordt gebruikt voor de toewijzing van de kosten van lokale effecten (infrastructuurkosten, ruimtebeslag, luchtvervuiling, geluid, overige effecten) en (indien niet anders vermeldt)belastingen en heffingen. De bepaling van deze verdeelsleutel voor lokale effecten wordt toegelicht in de toelichtende noot onder Tabel 134.

Tot slot, de totale emissies zoals die hierboven zijn gepresenteerd zijn ook gebruikt voor de bepaling van de gemiddelde emissies, door ze te delen door de totale vkm, rkm of tkm. De resulterende gemiddelde emissies kunnen afwijken van gemiddelde emissies die bottom-up zijn bepaald (zoals bijvoorbeeld gedaan is in STREAM).

E.3 Gemiddelde kosten van broeikasgasemissies per voertuigkilometer

De gemiddelde kosten van broeikasgasemissies per voertuigkilometer zijn voor het wegverkeer weergegeven in Tabel 148.

Tabel 148 Gemiddelde kosten van broeikasgasemissies in 2010 voor het wegvervoer (€/1.000 vkm)

Voertuigcategorie	Midden	Laag	Hoog
Personenvervoer in €/1.000 vkm			
Personenauto benzine	15	2	28
Personenauto diesel	13	2	25
Personenauto LPG	13	2	24
Bus	64	8	119
Touringcar	56	7	105
Motorfiets	9	1	16
Bromfiets	3	0	6
Goederenvervoer in €/1.000 vkm			
Bestelauto	18	2	34
Vrachtauto	57	7	107

Noot: De lage en hoge waarden zijn gebaseerd op de gehanteerde bandbreedte in de CO_2-prijs. Er is gerekend met gemiddelde GWP-waarden.

Bijlage F Kosten van luchtvervuiling

F.1 Inleiding

In deze bijlage presenteren we achtergrondgegevens en gedetailleerde resultaten van de berekening van de externe kosten van luchtvervuiling. In Paragraaf F.2 is een overzicht gegeven van de totale luchtvervuilende emissies in 2010 voor de verschillende vervoerswijzen. Vervolgens worden in Paragraaf F.3 voor het wegverkeer gemiddelde kosten per voertuigkilometer gepresenteerd. Tot slot worden in Paragraaf F.4 voor het wegverkeer gemiddelde externe kosten van luchtvervuiling gedifferentieerd naar Euroklasse gepresenteerd.

F.2 Totale luchtvervuilende emissies 2010

In Tabel 149 t/m Tabel 154 zijn de totale luchtvervuilende emissies in 2010 weergegeven. Voor alle vervoerswijzen zijn de emissies afkomstig van CBS (2012)[151]. Voor luchtvaart zijn enkel de LTO-emissies meegenomen. Voor de emissies die op grotere hoogte worden uitgestoten wordt aangenomen dat ze geen schadelijke effecten hebben (met uitzondering van eventuele klimaateffecten, zie Hoofdstuk 6). Bovendien zijn er geen data beschikbaar voor deze emissies. Dit kan mogelijk leiden tot een kleine onderschatting van de externe kosten van luchtvervuiling voor luchtvaart. De onderverdeling in de emissies voor de luchtvaart naar personenvervoer en vrachtvervoer is gebaseerd op de aandelen van beide vormen van luchtvaart in het totale aantal LTO's (zie 0). Voor zeevaart worden de binnengaatse emissies en de emissies op het Nederlands Continentaal Plat meegenomen. Voor de emissies die buiten het Continentaal Plat worden uitgestoten (grotendeels op de Atlantische Oceaan) wordt aangenomen dat ze geen schadelijke effecten hebben.

Tabel 149 Totale NO_x-emissies (kton) in 2010 voor de verschillende vervoerswijzen

Voertuigcategorie	Binnen de bebouwde kom	Buiten de bebouwde kom
Personenauto benzine	5,19	10,32
Personenauto diesel	3,40	12,21
Personenauto LPG	0,32	1,12
Bestelauto	2,99	10,38
Bus	1,66	0,47
Touringcar	0,48	1,27
Motorfiets	0,06	0,77
Bromfiets	0,16	0,06
Vrachtauto	8,92	40,56
Personentrein elektrisch	0,00	0,00
Personentrein diesel	0,10	0,30
Goederentrein elektrisch	0,00	0,00
Goederentrein diesel	0,40	1,20
Tram	0,00	0,00

[151] Door het CBS worden de emissiedata in Statline soms met terugwerkende kracht aangepast. Het gevolg kan zijn dat de data die worden gehanteerd in andere studies (bijv. de Mobiliteitsbalans (KiM, 2013) afwijken van de data die in deze studie worden toepast.

Voertuigcategorie	Binnen de bebouwde kom	Buiten de bebouwde kom
Metro	0,00	0,00
Binnenvaart	2,13	19,17
Zeevaart	0,00	93,90
Luchtvaart (personen)	0,00	2,24
Luchtvaart (goederen)	0,00	0,56

Bron: CBS, 2012.

Tabel 150 Totale SO_2-emissies (in kton) in 2010 voor de verschillende vervoerswijzen

Voertuigcategorie	Binnen de bebouwde kom	Buiten de bebouwde kom
Personenauto benzine	0,05	0,110
Personenauto diesel	0,01	0,030
Personenauto LPG	0,00	0,000
Bestelauto	0,01	0,020
Bus	0,00	0,000
Touringcar	0,00	0,00
Motorfiets	0,00	0,00
Bromfiets	0,00	0,00
Vrachtauto	0,00	0,03
Personentrein elektrisch	0,00	0,00
Personentrein diesel	0,00	0,00
Goederentrein elektrisch	0,00	0,00
Goederentrein diesel	0,00	0,01
Tram	0,00	0,00
Metro	0,00	0,00
Binnenvaart	0,05	0,43
Zeevaart	0,00	35,57
Luchtvaart (personen)	0,00	0,07
Luchtvaart (vracht)	0,00	0,02

Bron: CBS, 2012.

Tabel 151 Totale $PM_{2,5}$-emissies verbranding (in kton) in 2010 voor wegvoertuigen

Voertuigcategorie	Grootstedelijk	Stedelijk	Buitenwegen	Autosnelwegen
Personenauto benzine	0,03	0,13	0,1	0,1
Personenauto diesel	0,08	0,31	0,37	0,71
Personenauto LPG	0,00	0,01	0,01	0,01
Bestelauto	0,00	0,40	0,35	0,86
Bus	0,007	0,031	0,01	0,01
Touringcar	0,002	0,009	0,01	0,01
Motorfiets	0,00	0,01	0,02	0,02
Bromfiets	0,01	0,03	0,02	0,00
Vrachtauto	0,03	0,11	0,15	0,30

Bron: CBS, 2012.

Tabel 152 Totale $PM_{2,5}$-emissies (verbranding) (in kton) in 2010 voor verschillende niet-weg vervoermiddelen

Voertuigcategorie	Binnen de bebouwde kom	Buiten de bebouwde kom
Personentrein diesel	0,01	0,03
Goederentrein diesel	0,1	0,02
Binnenvaart	0,7	0,65
Zeevaart	-	5,48
Luchtvaart (personen)	-	0,04
Luchtvaart (vracht)	-	0,01

Bron: CBS, 2012.

Tabel 153 Totale PM_{10}-emissies (slijtage) (in kton) in 2010 voor wegvoertuigen

Voertuigcategorie	Grootstedelijk	Stedelijk	Buitenwegen	Autosnelwegen
Personenauto benzine	0,08	0,32	0,33	0,35
Personenauto diesel	0,02	0,10	0,13	0,24
Personenauto LPG	0,00	0,01	0,02	0,02
Bestelauto	0,00	0,01	0,08	0,14
Bus	0,00	0,01	0,00	0,00
Touringcar	0,00	0,00	0,01	0,01
Motorfiets	0,00	0,00	0,01	0,01
Bromfiets	0,00	0,00	0,00	0,00
Vrachtauto	0,02	0,07	0,09	0,33

Bron: CBS, 2012.

Tabel 154 Totale PM_{10}-emissies (slijtage) (in kton) in 2010 voor spoor

Voertuigcategorie	Binnen de bebouwde kom	Buiten de bebouwde kom
Personentrein elektrisch	0,35	1,05
Personentrein diesel	0,00	0,04
Goederentrein elektrisch	0,03	0,09
Goederentrein diesel	0,03	0,08
Tram	0,01	0,00
Metro	0,01	0,00

Bron: CBS, 2012.

De totale emissies zoals die hierboven zijn gepresenteerd zijn ook gebruikt voor de bepaling van de gemiddelde emissies, door ze te delen door de totale vkm, rkm of tkm. De resulterende gemiddelde emissies kunnen afwijken van gemiddelde emissies die bottom-up zijn bepaald (zoals bijvoorbeeld gedaan is in STREAM).

F.3 Gemiddelde kosten van luchtvervuiling per voertuigkilometer

De gemiddelde externe kosten van luchtvervuiling per voertuigkilometer zijn weergegeven in Tabel 155. Zoals verwacht mocht worden zijn deze kosten het hoogst bij de vrachtauto's. Bij de personenauto's liggen de kosten voor dieselauto's aanzienlijk hoger dan voor benzineauto's en LPG-auto's, wat het gevolg is van de hogere PM- en NO_x-uitstoot van deze auto's.

Tabel 155 Gemiddelde kosten van luchtvervuiling (€/1.000 vkm) in 2010 voor het wegvervoer

Voertuigcategorie	Binnen de bebouwde kom	Buiten de bebouwde kom
Personenvervoer in €/1.000 vkm		
Personenauto benzine	9	3
Personenauto diesel	32	10
Personenauto LPG	13	5
Bus	150	59
Touringcar	150	59
Motorfiets	9	6
Bromfiets	17	10
Personenvervoer in €/1.000 vkm		
Bestelauto	38	17
Vrachtauto	196	80

F.4 Gemiddelde kosten van luchtvervuiling gedifferentieerd naar Euroklasse

In Tabel 156 t/m Tabel 158 zijn voor de verschillende wegvoertuigen de gemiddelde externe kosten van luchtvervuiling gedifferentieerd naar de Euroklasse van het voertuig weergegeven.

Tabel 156 Gemiddelde kosten van luchtvervuiling (€/1.000 vkm) voor personenauto's, gedifferentieerd naar Euroklasse

Brandstof	Euroklasse	Groot stedelijk	Stedelijk	Buitenweg	Autosnelweg
Benzine	Pre-Euro	40,4	25,1	20,7	46,3
	Euro 1	16,7	9,0	5,0	3,3
	Euro 2	15,0	7,3	2,4	2,3
	Euro 3	10,6	4,3	1,5	1,2
	Euro 4	10,3	3,9	1,1	1,0
	Euro 5	9,4	3,5	1,0	1,0
	Euro 6[152]	9,4	3,5	1,0	1,0
Diesel	Pre-Euro	168,4	58,4	25,4	26,4
	Euro 1	147,2	52,8	16,4	17,1
	Euro 2	80,4	33,3	11,3	17,4
	Euro 3	48,8	22,1	9,2	12,8
	Euro 4	30,7	13,6	6,7	10,2
	Euro 5	11,6	6,4	3,7	4,1
	Euro 6	9,5	4,2	2,1	2,4
LPG	Pre-Euro	26,7	17,6	14,2	24,1
	Euro 1	23,9	16,6	8,8	7,2
	Euro 2	15,8	8,5	4,7	6,0
	Euro 3	12,9	6,9	2,8	2,4
	Euro 4	10,6	4,7	1,6	1,9
	Euro 5	9,6	4,1	1,4	1,6
	Euro 6	9,6	4,1	1,4	1,6

[152] De externe kosten van luchtvervuiling van de personenauto benzine en LPG zijn niet afgenomen van Euro 5 naar Euro 6 doordat de emissienormen ook gelijk zijn gebleven.



Tabel 157 Gemiddelde kosten van luchtvervuiling (€/1.000 vkm) voor bestelauto's, bussen, motorfietsen en bromfietsen, gedifferentieerd naar Euroklasse/bouwjaar

Voertuig-categorie	Euroklasse	Groot stedelijk	Stedelijk	Buitenweg	Autosnelweg
Bestelauto	Pre-EURO	202,0	72,8	32,6	47,7
	Euro 1	166,8	59,7	26,5	38,8
	Euro 2	155,3	59,9	21,7	29,6
	Euro 3	76,8	33,9	13,7	19,8
	Euro 4	53,1	22,4	10,7	17,4
	Euro 5	15,8	8,9	5,2	6,1
	Euro 6	12,7	5,8	2,9	3,7
Bus (Incl. touring-car)	Pre-EURO	711,2	362,4	213,4	183,4
	Euro 0	829,9	388,6	204,6	170,2
	Euro 1	437,1	237,6	128,9	93,7
	Euro 2	329,1	193,9	116,0	83,6
	Euro 3	268,7	163,8	87,7	60,5
	Euro 4	162,8	111,9	51,4	34,3
	Euro 5	126,1	75,2	36,8	21,1
	Euro 6	58,2	25,7	10,6	6,8
Motorfiets	Bouwjaar 1996	19,3	7,0	5,8	7,2
	Bouwjaar 2010	13,6	5,5	4,7	7,2
Bromfiets	Bouwjaar 1996	112,8	36,6	22,2	0,1
	Bouwjaar 2010	33,2	12,3	8,2	0,1

Tabel 158 Gemiddelde kosten van luchtvervuiling (€/1.000 vkm) voor vrachtauto's, gedifferentieerd naar Euroklasse/bouwjaar

Gewichts-categorie	Euroklasse	Groot stedelijk	Stedelijk	Buitenweg	Autosnel weg
< 10 ton	Pre-EURO	518,1	219,0	119,1	114,4
	Euro 0	410,6	187,8	106,2	104,3
	Euro 1	228,8	109,9	64,9	63,9
	Euro 2	144,5	85,5	57,9	57,9
	Euro 3	157,4	91,7	52,8	53,2
	Euro 4	108,1	79,9	39,4	23,1
	Euro 5	108,4	80,0	39,4	23,1
	Euro 6	48,0	24,5	10,7	7,6
10-20 ton	Pre-EURO	734,2	365,1	206,2	174,8
	Euro 0	724,0	334,9	169,5	145,2
	Euro 1	398,5	195,3	101,8	87,0
	Euro 2	239,4	148,5	89,7	78,1
	Euro 3	261,7	157,8	82,0	71,7
	Euro 4	179,2	143,3	71,7	40,6
	Euro 5	179,6	143,4	71,8	40,6
	Euro 6	65,7	38,4	17,6	11,4

Gewichts-categorie	Euroklasse	Groot stedelijk	Stedelijk	Buitenweg	Autosnel weg
> 20 ton	Pre-EURO	851,8	434,7	256,4	211,6
	Euro 0	1.022,1	480,3	251,1	205,6
	Euro 1	574,5	284,5	152,1	124,2
	Euro 2	356,2	219,4	131,9	110,6
	Euro 3	361,5	228,2	121,1	102,9
	Euro 4	220,8	179,1	90,0	50,5
	Euro 5	221,4	179,3	90,0	50,6
	Euro 6	76,7	46,4	21,5	13,5
Vrachtauto-combinatie	Pre-EURO	912,3	463,0	257,6	208,3
	Euro 0	1.047,5	497,5	250,9	191,9
	Euro 1	602,6	297,0	152,7	116,5
	Euro 2	368,7	224,7	129,4	102,9
	Euro 3	366,4	235,4	121,6	94,7
	Euro 4	210,6	171,6	86,1	48,2
	Euro 5	211,1	171,7	86,2	48,2
	Euro 6	72,0	44,0	20,4	12,7

Bijlage G Kosten van emissies van brandstof- en elektriciteits-productie

G.1 Inleiding

In deze bijlage presenteren we de achtergrondinformatie bij de bepaling van de kosten van brandstof- en elektriciteitsproductie. In Paragraaf G.2 zijn de gehanteerde emissiefactoren voor de productie van de verschillende brandstofsoorten en elektriciteit weergegeven. In Paragraaf G.3 is het totale energiegebruik per vervoerswijze gepresenteerd. In Paragraaf G.4 presenteren we tenslotte voor het wegvervoer de gemiddelde kosten per voertuig-kilometer.

G.2 Emissiefactoren

De emissiefactoren van de productie van brandstoffen en elektriciteit zijn weergegeven in Tabel 159. Zoals aangegeven in Hoofdstuk 8 zijn de emissiefactoren van de productie van elektriciteit gebaseerd op een brandstofmix exclusief kernenergie.

Tabel 159 Emissiefactoren van brandstof- en elektriciteitsproductie (kg/kg brandstof; g/kWh voor elektriciteit

	CO_2	SO_2	NO_x	$PM_{2,5}$
Benzine	0,7052	0,0057	0,0021	0,00017
Diesel	0,5108	0,0043	0,0018	0,00014
LPG	0,7040	0,0019	0,0023	0,00011
Zware stookolie	0,4514	0,0040	0,0017	0,00014
Kerosine	0,5052	0,0043	0,0018	0,00014
Elektriciteit[a]	490	0,53	0,18	0,03

Bron: CE Delft, 2011b - overzicht van emissiefactoren (voor elektriciteit - CO_2), STREAM (CE Delft, 2011a) (voor elektriciteit - overige emissies), Ecoinvent voor alle overige brandstoffen.

[a] Deze emissiefactoren zijn opgehoogd door CE Delft om een emissiefactor voor de totale elektriciteitslevering in Nederland *zonder* kernenergie te verkrijgen.

G.3 Totale energiegebruik per vervoerswijze

Het totale energieverbruik per vervoerwijze is in deze studie bepaald door totale CO_2-emissies per vervoerwijze terug te rekenen naar energieverbruik per vervoerwijze met behulp van kentallen voor de gemiddelde CO_2-inhoud van brandstoffen/elektriciteit (Taakgroep Verkeer en Vervoer, 2012).
Het resulterende totale energiegebruik per vervoerwijze is weergegeven in Tabel 160.

Tabel 160 Totale energieverbruik in 2010 voor de verschillende vervoerswijzen

Voertuigcategorie	Totaal brandstofverbruik in 2010
Totaal brandstofverbruik in mln kg brandstof	
Personenauto benzine	3.990
Personenauto diesel	1.759
Personenauto LPG	219
Bestelauto	1.333
Bus	91
Touringcar	90
Motorfiets	92
Bromfiets	13
Vrachtauto	1.887
Trekker	1.200
Vrachtauto < 10 t	45
Vrachtauto 10 - 20 t	258
Vrachtauto > 20 t	384
Personentrein diesel	10
Goederentrein diesel	23
Binnenvaart	481
Zeevaart	3.557
Luchtvaart (personen)[a]	2.141
Luchtvaart (goederen)[a]	667
Totaal elektriciteitsverbruik in mln kWh	
Personentrein elektrisch	1.337
Goederentrein elektrisch	113
Tram	138
Metro	126

[a] Voor de toedeling van het totale energieverbruik door de luchtvaart naar personen- en goederenluchtvaart is gebruik gemaakt van de verdeelsleutel zoals die in Bijlage E.2 is bepaald voor het brandstofverbruik van de luchtvaart.

G.4 Gemiddelde kosten per voertuigkilometer

Voor het wegverkeer hebben we ook de gemiddelde kosten van de emissies van brandstofproductie per voertuigkilometer bepaald (zie Tabel 161). Deze kosten zijn vooral hoog voor de vervoerswijzen met een relatief hoog brandstof-verbruik per voertuigkilometer: de bus, touringcar en de vrachtauto.

Tabel 161 Gemiddelde kosten van de emissies van brandstofproductie voor het wegvervoer (€/1.000 vkm)

Voertuigcategorie	Midden	Laag	Hoog
Personenvervoer in €/1.000 vkm			
Personenauto benzine	11	4	21
Personenauto diesel	7	3	15
Personenauto LPG	7	3	13
Bus	40	16	78
Touringcar	34	13	67
Motorfiets	6	2	13
Bromfiets	2	1	5
Goederenvervoer in €/1.000 vkm			
Bestelauto	10	4	20
Vrachtauto	37	14	72

Noot: De lage en hoge waarden zijn gebaseerd op respectievelijk lagere en hogere schaduwprijzen.

Bijlage H Kosten van geluid

H.1 Inleiding

In deze bijlage presenteren we aanvullende informatie met betrekking tot de bepaling van de kosten van geluid. Allereerst bespreken we in Paragraaf H.2 het aantal mensen dat wordt blootgesteld aan verkeersgeluid. In Paragraaf H.3 presenteren we voor het wegverkeer de gemiddelde kosten per voertuig-kilometer.

H.2 Aantal geluidbelasten mensen

Door het PBL zijn voor deze studie modelberekeningen gemaakt van het aantal geluidbelaste mensen als gevolg van het verkeer. De resultaten voor het wegvervoer, spoorvervoer en de luchtvaart zijn weergegeven in respectievelijk Tabel 162, Tabel 163 en Tabel 164. Voor luchtvaart was het niet mogelijk om het totale aantal geluidbelaste personen te bepalen. In plaats daarvan zijn het aantal geluidbelaste personen in een ruime regio rondom de luchthavens bepaald (zie Figuur 32). Dit leidt uiteraard tot een onderschatting van de kosten van geluid voor luchtvaart.

Tabel 162 Aantal geluidbelaste personen in 2010 voor het wegverkeer

dB(A)	BIBK	BUBK	Totaal
51	1.221.056	67.141	1.288.196
52	1.398.496	63.366	1.461.863
53	1.471.277	61.428	1.532.705
54	1.448.671	59.382	1.508.053
55	1.307.229	55.893	1.363.122
56	1.120.947	51.594	1.172.541
57	928.186	48.776	976.961
58	758.567	43.730	802.297
59	608.803	40.231	649.035
60	478.467	35.098	513.565
61	372.441	30.106	402.548
62	292.413	25.313	317.725
63	228.151	21.470	249.621
64	181.003	18.106	199.109
65	149.732	14.155	163.887
66	117.748	11.338	129.086
67	88.190	8.462	96.653
68	64.696	6.010	70.706
69	46.973	4.404	51.377
70	29.850	2.787	32.637
71	18.202	1.661	19.863
72	10.410	898	11.308
73	6.460	496	6.956
74	4.115	209	4.324
75	1.562	130	1.692
76	763	54	817
77	139	29	168
78	44	10	54

dB(A)	BIBK	BUBK	Totaal
79	13	10	23
80	0	5	5
≥81	0	0	0

Bron: PBL.

Tabel 163 Aantal geluidbelaste personen in 2010 voor het spoorverkeer

dB(A)	BIBK	BUBK	Totaal
56	92.600	5.841	98441
57	77.021	5.241	82.262
58	66.743	4.102	70.845
59	54.909	3.583	58.492
60	44.022	3.139	47.161
61	35.297	2.678	37.975
62	26.699	2.262	28.961
63	20.998	2.035	23.033
64	16.948	1.630	18.578
65	13.167	1.351	14.519
66	9.937	1.257	11.194
67	7.354	1.026	8.380
68	5.871	881	6.752
69	4.878	796	5.674
70	4.331	612	4.943
71	3.236	475	3.710
72	2.522	337	2.860
73	2.259	309	2.568
74	1.453	258	1.711
75	778	143	920
76	641	106	747
77	528	104	632
78	232	58	289
79	130	34	165
80	52	12	64
≥81	33	7	40

Bron: PBL.

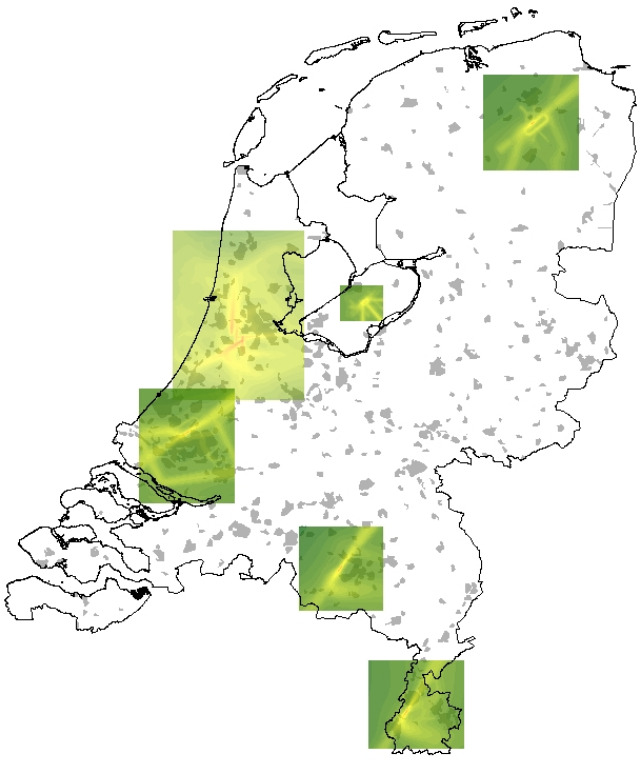
Tabel 164 Aantal geluidbelaste personen in 2010 voor de luchtvaart

dB(A)	Schiphol	Regionale luchthavens	Totaal
51	69.035	6.579	75.614
52	44.955	4.276	49.231
53	37.429	3.285	40.714
54	34.989	1.710	36.699
55	24.344	1.242	25.586
56	9.842	983	10.824
57	12.540	1.272	13.812
58	1.904	912	2.816
59	1.840	479	2.319
60	1.949	41	1.990
61	4.613	20	4.632
62	645	9	654
63	357	15	372
64	213	15	228

dB(A)	Schiphol	Regionale luchthavens	Totaal
65	293	13	306
66	268	7	274
67	87	0	87
68	148	2	150
69	49	0	49
70	23	0	23
71	3	0	3
72	6	0	6
73	0	0	0
74	5	0	5
75	0	0	0
76	0	0	0
77	2	0	2
78	4	0	4
79	0	0	0
80	0	0	0
≥81	0	0	0

Bron: PBL.

Figuur 32 Gebieden waarvoor het aantal geluidbelaste personen rondom luchthavens is bepaald



Bron: PBL.

H.3 Gemiddelde kosten per voertuigkilometer

De gemiddelde kosten van geluid per voertuigkilometer zijn voor het wegverkeer weergegeven in Tabel 165. Hieruit blijkt dat de kosten vooral hoog zijn voor de bromfiets en de bus, beide vervoerswijzen die relatief veel geluid produceren en veel kilometers maken in drukbevolkte gebieden. Ook de motorfiets, touringcar en vrachtauto produceren relatief veel geluid per voertuigkilometer, maar doordat deze vervoerswijzen een minder groot deel van hun kilometers in stedelijke gebieden rijden (en ze dus minder mensen hinderen met hun geluid) vallen de gemiddelde kosten van geluid voor deze voertuigcategorieën lager uit.

Tabel 165 Gemiddelde kosten van geluid voor het wegvervoer (€/1.000 vkm)

Voertuigcategorie	Midden	Laag	Hoog
Personenvervoer in €/1.000 vkm			
Personenauto benzine	5	0	6
Personenauto diesel	4	0	5
Personenauto LPG	4	0	4
Bus	115	9	152
Touringcar	32	2	39
Motorfiets	41	3	51
Bromfiets	127	10	168
Goederenvervoer in €/1.000 vkm			
Bestelauto	6	0	7
Vrachtauto	28	2	37

Noot: De lage en hoge waarden zijn gebaseerd op respectievelijk lagere en hogere schaduwprijzen.

Bijlage I Marginale externe congestie-kosten

I.1 Inleiding

In deze bijlage staat de berekening van de *marginale externe congestiekosten* centraal. De methodologie die we voorstellen is gekozen met het oog op zowel een realistische voorstelling van deze externe congestiekosten (op basis van inzichten uit verkeerskunde en gedragswetenschap) als de kwaliteiten met het oog op de praktijktoepassing (maximale representativiteit van externe congestiekosten bij hanteerbare vereisten op het vlak van beschikbaarheid van data). Het complexe en niet-lineaire verband tussen de verschillende uitdrukkingen van congestiekosten impliceert dat de berekening van marginale externe congestiekosten eisen (en beperkingen) inhoudt voor de toe te passen methodologie die anders zijn dan bij de berekening van totale en gemiddelde congestiekosten.

In onze berekeningen zal de situatie in 2010 steeds de referentie zijn, ook wanneer er recentere observaties beschikbaar zouden zijn.

Een waarschuwing is direct op zijn plaats. Er zijn veel alternatieve modellen van congestie, en veel alternatieve specificaties van congestiefuncties. Elk van deze impliceert zijn eigen rekenregels. De keuze voor de één betekent uiteraard dat de ander niet gekozen is. We zullen aangeven om welke redenen we tot de keuzes gekomen zijn, maar erkennen direct dat er alternatieven mogelijk waren geweest.

Congestie: definitie, intuïtie en afbakening

Congestie is een fenomeen dat veel breder voorkomt dan alleen in verkeer en vervoer. Een economische definitie zou kunnen zijn dat congestie optreedt wanneer de gebruikerskosten toenemen met het aantal gebruikers. Het gaat dan om de zogeheten 'gegeneraliseerde gebruikerskosten', waarin ook kostencomponenten zijn opgenomen die niet direct in geld worden afgerekend, zoals reistijd of comfort. Van vakanties kennen we de skilift; overbelaste computer-, WIFI- en telecommunicatienetwerken zijn een ander voorbeeld. In deze studie gaat het uiteraard om verkeersinfrastructuur. Specifiek zullen we ons, met name vanwege databeschikbaarheid[153], beperken tot congestie op de weg, en daarbij kijken naar de personenauto, motor, bus, bestelauto en vrachtauto.

Sterker nog dan bij andere kosten van wegverkeer, is het verband tussen marginale, gemiddelde en totale kosten complex. In de eerste plaats varieert congestie sterk over tijd (binnen de dag en tussen dagen) en over de ruimte, waardoor het delen van totale congestiekosten door totale kilometrages weliswaar een rekenkundig gemiddelde oplevert, maar een gemiddelde dat voor slechts een beperkt deel van de feitelijke verplaatsingen relevant is. In de tweede plaats zijn congestiefuncties vaak sterk niet-lineair, zodat het verschil tussen gemiddelde congestiekosten (óók als deze specifiek voor die

[153] Reistijdverliezen door congestie worden voor het wegverkeer op het hoofdwegennet systematisch geregistreerd; voor andere modaliteiten is dit niet het geval. Voor 'crowding' congestie in het openbaar vervoer geldt dat het naar verwachting een relevante kostenpost zou kunnen zijn, maar goede data ontbreken om daar in de context van dit onderzoek iets mee te kunnen doen; bovendien geldt dat veel minder dan bij reistijdverliezen duidelijk is hoe een en ander gekwantificeerd zou moeten worden.

situatie is bepaald) en marginale congestiekosten aanzienlijk kan zijn. Met andere woorden, er kan een groot verschil zijn tussen de congestiekosten die een weggebruiker zelf ervaart per kilometer, en die hij of zij voor anderen veroorzaakt. Ten derde slaan congestiekosten gewoonlijk neer bij diegenen die het ook veroorzaken. Dit maakt het bepalen van de congestiekosten op het niveau van segmenten weggebruikers een exercitie die zorgvuldige definities vereist en zelfs dan lastig te interpreteren cijfers oplevert. Hoe groter de groep wordt bij een veranderende definitie, hoe lager de kosten die ze 'voor anderen' veroorzaken, simpelweg omdat er minder anderen zijn die beïnvloed worden en een groter deel van de kosten bij de eigen groep neerslaat. Bij wijze van voorbeeld, het segment 'rode personenauto's' veroorzaakt hogere kosten voor 'alle andere weggebruikers' dan het segment 'personenauto's', omdat alle kosten die rode personenauto's voor andere personenauto's veroorzaken in het laatstgenoemde geval niet meer meegeteld worden als neerslaand bij andere 'weggebruikers'.

Omwille van het niet-linaire en sterk plaatsafhankelijke karakter van congestiekosten is gekozen om een enigszins afwijkende benadering te volgen. Specifiek willen we handvatten geven die het mogelijk moeten maken om juist voor specifieke gevallen een eerste inschatting te maken van de marginale externe congestiekosten. Juist omdat deze tijd- en plaatsspecifiek zijn, zullen we hiervoor rekenregels geven in plaats van alleen maar cijfers; echter, geïllustreerd met tabellen die een redelijk breed bereik aan mogelijke realistische waarden van de onderliggende determinanten geven. Deze benadering wijkt sterk af van de studie 'De prijs van een reis' (CE Delft en VU, 2004), waarin juist één representatieve waarde van marginale externe congestiekosten werd gegeven; gebaseerd op de Europese UNITE-studie (46 €ct/vkm voor personenauto's, 91 €ct/vkm voor vrachtauto's; beiden in de spits binnen de bebouwde kom).

Een andere belangrijke uitbreiding ten opzichte van CE Delft en VU (2004), is dat we ons niet willen beperken tot de min of meer klassieke benadering van het analyseren van marginale congestiekosten. Deze richt zich op het meten van reistijdverliezen, en het monetariseren daarvan middels de tijdwaardering ofwel de value of time (VoT). Belangrijke additionele congestiekosten die in de recente wetenschappelijke literatuur toenemende aandacht hebben gekregen, zijn ten eerste de 'planningskosten' (*schedule delay cost* in de internationale literatuur) die gemaakt worden om verwachte congestie (bijv. ochtend-/avondspits) te vermijden, en ten tweede de kosten van onzekerheid (onbetrouwbare reistijden). Beide componenten willen we ook meenemen in deze update. De preciezere definities worden hieronder gegeven.

Componenten van congestiekosten

We definiëren de congestiekosten als de extra gegeneraliseerde gebruikerskosten, boven het niveau dat zou gelden als iedere gebruiker het ongehinderd gebruik zou hebben. Het gaat dus nadrukkelijk om kosten voor de gebruikers van de infrastructuur. Dit betekent direct dat wat op het niveau van de individuele gebruiker als extern wordt aangemerkt (want: afgewenteld op andere weggebruikers), op het niveau van groepen gebruikers ook als intern zou kunnen worden opgevat. De economische definitie van externe kosten laat er geen twijfel over bestaan wat het relevante niveau is om kosten al dan niet als extern te kwalificeren. Dat is het niveau van de beslisser; in weggebruik doorgaans de individuele weggebruiker (maar, congestiekosten op een wegvak dat alleen door trucks van een bedrijf gebruikt zou worden, zouden dan niet als extern kwalificeren. Het bedrijf zou zelf de prikkel hebben deze congestie te optimaliseren).

Door deze afhankelijkheid van het niveau van de beslisser is het niet eenduidig hoe we maatstaven voor totale externe congestiekosten zouden moeten bepalen. Dat wil zeggen: als we de externe kosten van alle weggebruikers bij elkaar optellen, krijgen we niet die kosten die zij gezamenlijk op anderen afwentelen. De kosten zijn (goeddeels) intern voor de groep, maar binnen de groep extern op het niveau van de individu. Bij het bepalen van de totale externe kosten veroorzaakt door die groep zou er dan dus gekozen kunnen worden om wél of níet de totalen te corrigeren (of te 'schonen') voor dat deel van de kosten dat bij diezelfde groep terecht komt. Hierin is onzes inziens geen duidelijk onderscheid tussen een 'goede' of 'foute' benadering: die keuze vloeit rechtstreeks voort uit de onderzoeksvraag die achter de exercitie ligt. Teneinde hier recht aan te doen, zullen we naast de maatstaven voor totale congestiekosten, ook aangeven hoe deze toegewezen kunnen worden aan verschillende groepen verkeersdeelnemers.

Een ander probleem is dat, vanwege de niet-lineariteit van congestiekosten (de congestiekosten zijn een exponentiële functie van de verkeersdrukte), de marginale externe kosten doorgaans fors hoger zijn dan de gemiddelde, zodat het optellen van alle marginale externe congestiekosten (over alle weg-gebruikers) leidt tot een 'totaal' dat veel hoger is dan de totale congestie-kosten.

Er zijn, zoals gezegd, drie componenten van congestiekosten op de weg die we mee willen nemen in onze analyse.

1. De eerste betreft *reistijdverliezen*. Dit is de gebruikelijke indicator voor externe kosten ten gevolge van congestie.
2. De tweede betreft wat we *planningskosten* zullen noemen ('schedule delay cost' in de internationale literatuur). Hierbij gaat het om het disnut dat ervaren wordt doordat de reis, om de grootste tijdverliezen te voorkomen, op een minder ideaal moment wordt gemaakt – dat kan eerder zijn, of later – dan wat zonder congestie zou zijn gekozen. Deze component speelt een grote rol in dynamische modellen van verkeerscongestie, maar is in voorlopers van dit onderzoek nog niet expliciet beschouwd.
3. De derde betreft kosten van *onbetrouwbaarheid*. Hierbij gaat het om het disnut dat samenhangt met onbetrouwbaarheid ofwel variabiliteit omtrent reistijden.

Traditionele berekeningen van de kosten van congestie zijn gebaseerd op de eerste maatstaf. Schattingen van totale kosten zijn dan bijvoorbeeld gebaseerd op gemeten voertuigverliesuren, vermenigvuldigd met de relevante tijdwaardering (VoT). Voor marginale kosten worden dan doorgaans snelheid-intensiteit functies gebruikt. Door de intensiteit in voertuigen per uur (of andere tijdseenheid) uit te drukken en de snelheid tot reistijd om te rekenen, leiden deze functies via de tijdwaardering tot schattingen van marginale externe kosten.

Zonder aan het belang van de waarde van reistijdverliezen iets af te willen doen, kan geconstateerd worden dat deze benadering in toenemende mate achterop begint te lopen bij de state-of-the-art, waarin met name de waardering van onbetrouwbaarheid van reistijden en de waardering van 'schedule delay-kosten' ('planningskosten' hierna) even belangrijke componenten vormen, in ieder geval in conceptuele zin.

Planningskosten worden met name relevant bij congestie in de vorm van files, welke ontstaat wanneer de vraag naar verplaatsingen binnen een tijdsperiode de verwerkingscapaciteit van kritische knelpunten in het infrastructuur-netwerk overschrijdt (en waar de files zodanig voorspelbaar zijn dat op verwachte fileduur geanticipeerd kan worden). Omdat niet iedereen binnen

de gewenste periode op de gewenste bestemming kan aankomen, ontstaan wachtrijen: de klassieke file voor een knelpunt. De gebruiker heeft dan doorgaans de keuze tussen twee kwaden: een groter tijdverlies in de file accepteren maar dichter bij het gewenste moment op de bestemming aankomen, óf het sterker aanpassen van het reistijdstip en zo te profiteren van kortere reistijden. Beide componenten vormen een kost: een reistijdkost en een planningskost. Een correcte inschatting van congestiekosten dient rekening te houden met beide kostencomponenten.

Zowel voor de rekenregels die we voor deze situatie zullen bieden, als voor de empirische toepassing, gaan we uit van het zogeheten bottleneck-model, ofwel knelpuntsmodel. Het model beschrijft de wachttijden die gemoeid gaan met het passeren van het knelpunt. De congestiekosten worden daarmee uitgedrukt als kosten per passage (van het knelpunt), en daarmee niet per kilometer. Bij de empirische toepassing van de knelpuntmethodologie wordt beschreven hoe de aanwezigheid van knelpunten in een netwerk op basis van meetgegevens vastgesteld wordt en hoe de parameters van het model gekalibreerd worden op basis van bestaande meetgegevens (van DVS). Door gebruik te maken van het basis knelpuntmodel zoals ontwikkeld door Vickrey (1969), en schattingen van eenheidskosten van tijdstipaanpassingen (value of schedule delay: VOSD) kunnen we de marginale externe kosten die gemoeid zijn met het passeren van een knelpunt bepalen zelfs bij minimale informatie over de specifieke situatie.

Voor de waardering van *onbetrouwbaarheid* wordt aangesloten bij de snel groeiende literatuur hierover. Hierin wordt de waarde van onzekere reistijd veelal gekoppeld aan maatstaven zoals de standaarddeviatie of -variantie van reistijden. Ook deze worden gekoppeld aan een eenheidswaarde: de value of reliability (VoR) – al dan niet weergegeven als een ‘reliability ratio’ (de ratio tussen de value of reliability en de value of time).

Bestaande praktijk: Mobiliteitsbalans

De Mobiliteitsbalans 2011 presenteert de totale congestiekosten op het hoofdwegennet in 2010 op basis van een berekening van de voertuigverliesuren over het hele kalenderjaar 2010. Op een totale vervoersactiviteit van 62,8 miljard vkm komt deze studie tot 65,7 miljoen voertuigverliesuren. De met deze tijdverliezen verbonden kosten worden geschat op € 1,1 miljard.[154]

Tabel 166 Totale filekosten in Nederland in 2010 volgens de Mobiliteitsbalans 2011

Activiteit	Miljard vkm/jaar	62,8
Voertuigverliesuren	Miljoen vh/jaar	65,7
Kosten gemiddelde reistijdverliezen	Miljard €/jaar	1,1
Bijbehorende uitwijkkosten	Miljard €/jaar	1,1
Kosten onbetrouwbaarheid reistijden	Miljard €/jaar	0,4
Bijbehorende uitwijkkosten	Miljard €/jaar	0,2
Extra brandstofkosten	Miljard €/jaar	0,02-0,04
Totale directe kosten	Miljard €/jaar	2,8
Indirecte kosten	Miljard €/jaar	0,0-0,9
Totale kosten	Miljard €/jaar	2,8-3,7

[154] We maken hier gebruik van ongewijzigde cijfers uit de Mobiliteitsbalans 2011, dat wil zeggen dat deze gebaseerd zijn op kengetallen voor tijdswaardering die afwijken van de waarden die wij in deze studie hanteren.

De Mobiliteitsbalans berekent het aantal voertuigverliesuren op basis van nauwkeurige observaties op een groot aantal locaties op het vervoersnetwerk. Op die manier ontstaat een betrouwbare maat voor de totale congestiekosten over een heel jaar en over heel het netwerk. Echter is het niet mogelijk om dit ondubbelzinnig te vertalen naar een marginale externe congestiekost. Hiervoor ontbreekt informatie over hoe (ceteris paribus) de congestiekosten zouden wijzigen wanneer het aantal voertuigkm zou toenemen dan wel afnemen, al dan niet op een specifieke plaats en op een specifiek moment.

Een andere beperking van de methodologie gehanteerd in de mobiliteitsbalans is de beschikbaarheid van observaties: deze worden enkel verwerkt voor het hoofdwegennet.

Structuur van deze bijlage

In deze bijlage bestuderen we twee situaties waarin congestie zich voordoet (een formelere definitie van beide situaties wordt besproken in Paragraaf I.2):

1. De eerste betreft *statische congestie*; een benadering welke toepasbaar is voor situaties waarin reistijdverliezen de enige of dominante congestie-component is en verkeersstromen binnen de onderscheiden periodes voldoende stationair (stabiel over de tijd) zijn om een raamwerk met constante stromen en snelheden een acceptabele benadering te maken.
2. De tweede betreft *dynamische knelpunt analyse*. Deze biedt een raamwerk om op consistente wijze marginale externe congestiekosten te bepalen in situaties waarin verwachte (en dus anticipeerbare) files – in de zin van 'wachtrijen' – optreden doordat minimaal één knelpunt in het relevante netwerk op maximale capaciteit verkeer doorlaat. Deze vorm van congestie treedt op als de concentratie van gewenste reistijdstippen zo hoog is dat niet iedereen op het gewenste moment kan aankomen op de plaats van bestemming. Er treden dan ook planningskosten op: sommige mensen moeten noodgedwongen op een minder dan geprefereerd tijdstip reizen.

Voor beide situaties waarin congestie zich voordoet ontwikkelen we rekenregels en geven we aan hoe deze kunnen worden toegepast zowel in specifieke situaties als met het oog op het bekomen van representatieve waarden voor marginale externe congestiekosten in een gebied (Nederland):

1. We beginnen het hoofdstuk met het bieden van de rekenregels die gebruikt kunnen worden voor het bepalen van *marginale externe congestiekosten* in *specifieke gevallen*. In Paragraaf I.2 presenteren we rekenregels die met een minimum aan beschikbare informatie al gehanteerd kunnen worden, maar eventueel verfijnd kunnen worden als er meer informatie over de *specifieke omstandigheden* voor handen is.
2. Vervolgens geven we in I.3 schattingen van *representatieve marginale externe congestiekosten in Nederland* in 2010. Hierbij bouwen we voort op de conceptuele rekenregels (uit Paragraaf I.2). We geven op basis van modeluitkomsten van TREMOVE-schattingen voor marginale externe kosten voor verschillende situaties in Nederland. TREMOVE is volledig consistent met de rekenregels die we voor *statische congestie* hebben afgeleid: het model hanteert hetzelfde type congestiefuncties. De TREMOVE-resultaten staan ons ook toe om de uitsplitsing te maken naar de diverse segmenten die ook elders in deze studie gehanteerd worden.
   Voorts geven we op basis van feitelijke verkeersgegevens schattingen voor de marginale externe kosten voor passages, tijdens de spits, van de grootste knelpunten op het Nederlandse hoofdwegennet (*dynamische knelpuntanalyse*), waarbij de planningskosten expliciet worden meegenomen.

I.2 Bepalen van de marginale externe congestiekosten voor een specifieke verkeerssituatie (specifieke plaats en tijd)

Inleiding

In deze paragraaf geven we rekenregels die voor specifieke situaties toepasbaar zijn. Dit is relevant voor die lezers van dit rapport die op zoek zijn naar een manier om snel een inschatting te kunnen maken van de orde van grootte van de marginale externe congestiekosten voor een specifieke situatie. We maken hierbij een onderscheid naar de twee eerdergenoemde vormen van congestie: statische stroomcongestie versus dynamische knelpuntscongestie, waarvoor verschillende types rekenregel nodig zijn en gepresenteerd zullen worden.

Dergelijke rekenregels kunnen worden afgeleid wanneer een aanname is gemaakt over het onderliggende model dat de congestie ter plekke goed beschrijft. Voor beide vormen hebben we derhalve een dergelijk model moeten kiezen, en ons daarbij laten leiden door de volgende criteria:

1. De uit het model voortvloeiende rekenregel moet met een minimale hoeveelheid case-specifieke informatie toegepast kunnen worden. Dat betekent dat er zo weinig mogelijk parameters in de rekenregel moeten zijn opgenomen, en dat generieke waarden voor deze parameters voorhanden moeten zijn die door case-specifieke parameters vervangen kunnen worden indien beschikbaar.
2. De modellen moeten behoren tot de in de internationale literatuur meest-gebruikte specificaties.
3. De modellen moeten consistent zijn met de modellen die we hierna gebruiken voor de empirische schattingen voor Nederland.

Op basis van deze criteria is gekozen voor de BPR (*Bureau of Public Roads*) functie voor statische congestie, en het Vickrey knelpuntsmodel voor dynamische congestie.

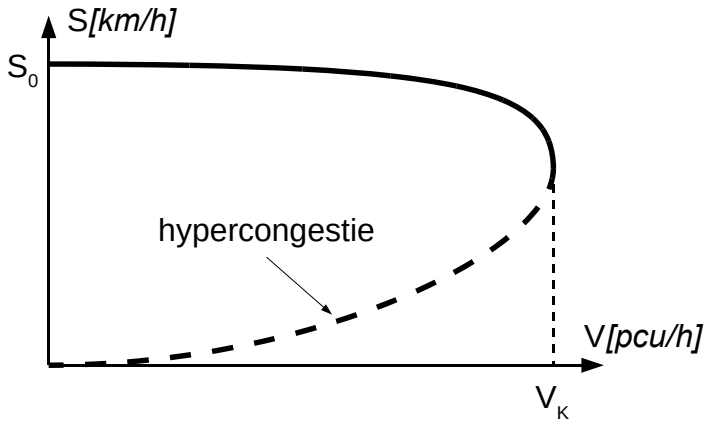
Voor geen van beide bestaan eenvoudige uitbreidingen die op consistente wijze onbetrouwbaarheid meenemen. We zullen daarom slechts een uiterst pragmatische benadering bieden voor het meenemen van deze kosten-component.

Het strikte onderscheid dat we maken tussen deze twee modellen zou de indruk kunnen wekken dat ze in de praktijk weinig met elkaar te maken hebben. Dat is niet het geval. Beiden typen congestie zijn te plaatsen in de context van het zogeheten fundamentele diagram van verkeerscongestie (Afbeelding 1), welke het terugbuigende verband tussen verkeersstroom (volume *V*, bijvoorbeeld in *passenger car equivalents* per uur) en snelheid *S* weergeeft. Het terugbuigende verloop komt voort uit het feit dat de *stroom* (voertuigen per uur) per definitie gelijk is aan *dichtheid* (voertuigen per kilometer) maal de *snelheid* (kilometer per uur). Een rijstrook kent daarom, en vanwege het afnemende verband tussen dichtheid en snelheid, een maximale capaciteit in termen van stroom.

Ligt de snelheid boven de waarde die met de maximale stroom correspondeert (en is de dichtheid dus relatief laag), dan is er sprake van wat economen ‘normale congestie’ noemen; is de snelheid lager (en de dichtheid relatief hoog) dan spreken we van ‘hypercongestie’.[155]

Hypercongestie treedt in de praktijk op in files voor knelpunten, en deze ontstaan wanneer de concentratie van gewenste aankomsttijden groter is dan de capaciteit van een knelpunt. In dat geval dienen planningskosten ook te worden meegenomen, en voor die situaties hanteren we hier het knelpunts-model. In de andere gevallen is daarvan geen sprake, volstaat het bepalen van reistijdverliezen (en eventueel onzekerheid), en voor die situaties hanteren we de BPR-functie.

Figuur 33 Snelheid-intensiteit fundamenteel diagram



Aangezien het fundamentele diagram het verband weergeeft tussen instantane (op één moment) en strikt lokale (op één punt langs de weg) waarden van verkeerskundige variabelen, is het (ondanks bestaande praktijken) niet direct toe te passen bij de berekening van marginale congestiekosten. Dat wil zeggen: door de lengte van een wegstuk te delen door de in Figuur 33 getoonde snelheid zouden we een reistijd krijgen. En door die te vermenig-vuldigen met de VoT, wordt dit een gemiddelde kost. De gemiddelde kosten curve die we dan krijgen heeft, net als de relatie in Figuur 33, een terugbuigende vorm – een vrij ongebruikelijke situatie. Maar bovenal is de aldus geconstrueerde kostenfunctie geen universeel correcte weerspiegeling van het verband tussen de vraag (in voertuigen per uur die het wegstuk zouden willen passeren) en de gemiddelde kosten, en zijn de conclusies die uit een dergelijk verband getrokken zouden kunnen worden derhalve problematisch (zie voor een uitgebreide toelichting Small en Verhoef, 2007). Merk bij-voorbeeld op dat voor de zwaarste congestie, hypercongestie, de snelheid in Figuur 33 toeneemt en dus de reistijd per kilometer afneemt als de verkeersstroom stijgt, zodat een positieve congestie-externaliteit lijkt te bestaan die het geven van subsidie op spitsverkeer zou rechtvaardigen. Weinigen zullen geloven dat het subsidiëren van spitsverkeer daadwerkelijk de filedruk zal verlichten. Voor het bepalen van marginale externe kosten dient

[155] We houden de economische terminologie aan. Verkeerskundigen spreken wel van ‘uncongested’ verkeer waar economen ‘normally congested’ zeggen; het verwarrende zou dan zijn dat er in ‘uncongested traffic’ wel sprake is van een congestie-exernaliteit. Zij spreken pas van congestie in wat economen hypercongestie noemen. Er zijn meer verschillen in terminologie. Verkeerskundigen spreken bijvoorbeeld wel van intensiteit waar economen stroom gebruiken.

dus een goede vertaalslag van de instantane en lokale relatie in Figuur 33 te worden gemaakt naar relaties die gelden op het niveau van de passage van bepaalde links en knelpunten in een bepaalde (spits-)periode. Dat is wat de twee genoemde modellen beogen te doen.

Statische stroomcongestie

Voor het bepalen van de marginale externe kosten in situaties waarin 'normale congestie' dominant is, en planningskosten dus niet noodzakelijkerwijs een rol spelen omdat er geen knelpunten zijn waarvoor de gewenste verkeersstroom de capaciteit overschrijdt, kan een congestiekostenfunctie gebruikt worden die het verband weergeeft tussen verkeersstroom en reistijd. Door de VoT te gebruiken, kunnen hier vervolgens congestiekostenfuncties van afgeleid worden. Merk op dat ook als er alleen normale congestie is, geen hyper-congestie, er sprake kan zijn van planningskosten. Maar de zekerheid is er niet, en het niet meenemen van planningskosten in dat geval kan dus gezien worden als een conservatieve schatting van die kosten op 0.

De waarschijnlijk meest gebruikte statische congestiefunctie is de zogeheten BPR-functie. Deze relateert de reistijd T (per voertuig) aan de verhouding tussen de verkeersstroom (V) en de capaciteit (V_K); een verhouding die in de verkeerskundige literatuur vaak als IC-ratio (intensity-capacity ratio) wordt aangeduid. De functie kent, naast de termen V en V_K , drie parameters: de ongehinderde reistijd T_0, de exponent van de functie b, en een constante a:

$$T = T_0 \cdot \left(1 + a \cdot \left(\frac{V}{V_K}\right)^b\right) \qquad (1)$$

Bij een stroom V=0, wordt T, zoals verwacht mag worden, gelijk aan T_0; voor hogere waarden stijgt de reistijd (a en b zijn beiden positief), en steeds sneller mits b groter dan 1 is.

Wanneer we, zoals in dit rapport, de marginale externe kosten per kilometer willen weten, is de T_0 bepaald door de ongehinderde snelheid, waarvoor we voor de rekenregel zullen veronderstellen dat dit de maximum snelheid op de weg is. Er blijven dan nog slechts twee parameters over om te bepalen. Hiervan bepaalt a de gemiddelde helling en b de kromming van de functie: hoe hoger b, hoe sterker de kromming. Het zal hierna blijken dat daarmee ook de hoogte van de marginale externe kosten sterk beïnvloed worden.

De standaard BPR-functie kent de waarden a=0.15 en b=4. Er zijn updated calibraties, waarvoor b gelijk is aan 10; en a 0.05 (voor arterials; toegangswegen) of 0.20 (voor freeways; snelwegen) (Small and Verhoef, 2007). Tegelijkertijd bestaat het beeld dat de exponent b kleiner dan 4 zal kunnen zijn voor wegen in dichtere netwerken, waarvoor congestie al eerder (verder onder de capaciteit) begint op te treden dan wat gesuggereerd wordt door de exponent b=10.

De exponent b hangt onder meer af van de vraag of de BPR-functie wordt geschat op basis van instantane observaties van stroom en snelheid, zoals in Figuur 33, en dus geacht wordt het 'normale congestie'-segment van de betreffende curve te weerspiegelen (met snelheid herschreven tot tijd per kilometer), of dat de functie wordt geschat op basis van observaties van reistijden en de toestroom naar de link over een bepaalde periode, in welk geval de stroom V de capaciteit V_K mag overstijgen: dit betekent slechts dat

de periode waarover instroom is gemeten korter is dan de periode waarover alle voertuigen zullen zijn uitgestroomd, en er dus logischerwijze voor of op de link een impliciet gemodelleerde wachtrij moet zijn. In het laatste geval (Small and Verhoef, 2007, spreken hier van time-averaged functies) zal de exponent naar verwachting lager zijn, aangezien een hogere *V* dan leidt tot een langere periode van outflow, maar het verband tussen de gemiddelde instroom en de gemiddelde wachttijd vrijwel lineair zal zijn. Dit trekt, als het ware, de exponent *b* richting 1 voor zwaardere congestie, dus waarbij *V* verder boven V_K ligt.

Indien voldoende metingen voorhanden zijn, kan voor specifieke gevallen een BPR-functie (dat wil zeggen, de parameters *a* en *b*) geschat worden. Anders kan van bestaande calibraties worden uitgegaan. Aangezien de geschatte marginale externe kosten toenemen met de gehanteerde waarde van *b*, zou voor een conservatieve schatting van lagere waardes van *b* moeten worden uitgegaan.

Een groot voordeel van de BPR-functie is dat deze een eenvoudige uitdrukking voor de marginale externe kosten kent, die een functie is van de snelheid in het evenwicht, in vergelijking met de vrije snelheid. De stroom *V* en de capaciteit V_K hoeven dus niet óók bekend te zijn. Preciezer, de marginale externe kosten per kilometer hangen af van het reistijdverlies per kilometer, ten opzichte van de vrije snelheid. We noemen dit reistijdverlies ΔT. De marginale externe kosten zijn:

$$mec = VOT \cdot b \cdot \Delta T \tag{2}$$

Deze formule wordt in Paragraaf I.7 in enkele stappen afgeleid.

Een belangrijk voordeel van deze rekenregel bij de empirische toepassing hieronder, gebaseerd op TREMOVE, is dat de schatting van de marginale externe kosten niet beïnvloed wordt door de inschatting van de totale verkeersvolumes. Alleen de geschatte snelheid (en daarmee reistijd), *b* en *VoT* doen ter zake. Voor de totale congestiekosten ligt dit uiteraard anders.

Voor de toepassing geldt dat VoT de gemiddelde VoT op het betreffende wegstuk dient te zijn; *b* de relevante exponent, en ΔT het reistijdverlies per kilometer ten opzichte van de ongehinderde snelheid. De formule geldt voor een *passenger car equivalent*, pce; voor andere voertuigen dienen de *mec*'s te worden vermenigvuldigd met de betreffende pce's (zie 0).

Tabel 167 geeft een overzicht van wat de rekenregel voor marginale externe congestiekosten gebaseerd op de BPR-functie oplevert voor verschillende waarden van de parameter *b* in die BPR-functie (*b* is de exponent in die functie), en van het geobserveerde reistijdverlies per kilometer door congestie (ΔT). De tabel gaat uit van een VoT van € 9·1.33, waarbij € 9 de gemiddelde VoT per persoon per uur is voor personenverkeer met de auto, en 1.33 de correctie voor de bezettingsgraad is. Voor verschillende vrije snelheden is aangegeven wat de waarde van ΔT betekent voor de feitelijke snelheid.

Tabel 167 Specifieke marginale externe congestiekosten bij toepassing van een statische analyse

Reistijdverlies per km (minuten)	0:00	0:05	0:10	0:20	0:30	0:45	1:00	1:30	2:00	3:00	4:00	5:00	10:00
Snelheid op 120 km/u weg	120	103	90	72	60	48	40	30	24	17	13	11	6
Snelheid op 100 km/u weg	100	88	78	64	55	44	38	29	23	17	13	11	6
Snelheid op 80 km/u weg	80	72	65	55	48	40	34	27	22	16	13	10	6
Snelheid op 50 km/u weg	50	47	44	39	35	31	27	22	19	14	12	10	5
Marginale externe reistijdverlieskosten (€/km) bij *b* = …													
1	0,00	0,02	0,03	0,07	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,60	0,80	1,00	2,00
2	0,00	0,03	0,07	0,13	0,20	0,30	0,40	0,60	0,80	1,20	1,60	2,00	3,99
3	0,00	0,05	0,10	0,20	0,30	0,45	0,60	0,90	1,20	1,80	2,39	2,99	5,99
4	0,00	0,07	0,13	0,27	0,40	0,60	0,80	1,20	1,60	2,39	3,19	3,99	7,98
5	0,00	0,08	0,17	0,33	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	2,99	3,99	4,99	9,98
6	0,00	0,10	0,20	0,40	0,60	0,90	1,20	1,80	2,39	3,59	4,79	5,99	11,97
7	0,00	0,12	0,23	0,47	0,70	1,05	1,40	2,09	2,79	4,19	5,59	6,98	13,97
8	0,00	0,13	0,27	0,53	0,80	1,20	1,60	2,39	3,19	4,79	6,38	7,98	15,96
9	0,00	0,15	0,30	0,60	0,90	1,35	1,80	2,69	3,59	5,39	7,18	8,98	17,96
10	0,00	0,17	0,33	0,67	1,00	1,50	2,00	2,99	3,99	5,99	7,98	9,98	19,95

Tabel 166 illustreert hoe groot de spreiding in marginale externe congestiekosten kan zijn. Blauw gearceerd zijn waarden waarvan we inschatten dat deze het vaakst relevant zullen zijn (gegeven *dat* er congestie is).
Deze corresponderen met de basis calibratie *b*=4, en reistijdverliezen tot aan 1 minuut per kilometer (leidend tot snelheden van 27 km/u op 50 km wegen, tot 40 km/u op 120 km wegen). Voor deze waarden alleen al, lopen de marginale externe congestiekosten uiteen van 7 tot 80 €ct per km. Deze twee 'redelijke extremen' zouden we willen voorstellen als waarden voor best case en worst case, respectievelijk, wederom gegeven dat er congestie is.
De werkelijke best case is, natuurlijk 0, welke in daluren in rustige gebieden geen uitzondering zal zijn.

De eerdere genoemde schatting van 46 €ct/km, in de vorige editie van dit onderzoek, zou volgens deze systematiek corresponderen met een reistijdverlies van ongeveer 35 seconden per kilometer; bij *b*=4 neerkomend op snelheden van 55 km/u (120 km/u weg), 51 km/u (100 km/u weg), 45 km/u (80 km/u weg), en 34 km/u (50 km/u weg).

Duidelijk zal zijn dat, vanwege de gevoeligheid van de marginale externe kosten voor de coëfficiënt *b*, het sterke aanbeveling verdient hiervoor goede schattingen te krijgen op basis van geobserveerde snelheden bij verschillende verkeersintensiteiten. Dit geldt zowel in het geval er voor een specifieke situatie uitspraken moeten worden gedaan, als voor het bepalen van representatieve waarden voor diverse wegtypen. We merken op dat deze noodzaak niet een specifiek kenmerk is van BPR-functies. Voor andere functies zouden soortgelijke parameters bepaald moeten worden; en voor het bepalen van een rekenregel zoals hierboven gegeven, doorgaans meer dan één.

De BPR-functie gaat uit van deterministische, dus zekere, reistijden, en leent zich daardoor niet voor een directe schatting van de marginale externe kosten voortkomend uit onzekerheid. Voor het bepalen van deze kosten voor specifieke gevallen kan, indien geen verdere informatie aanwezig is, het best gewerkt worden met dezelfde opslag. Deze opslag is 18,75% (Significance et al., 2012).

Tot slot benadrukken we hier dat de schattingen voor Nederland op basis van het Tremove-model, die we hieronder zullen presenteren, zijn gebaseerd op dezelfde BPR-functies als hierboven gebruikt. De plausibiliteit van de gevonden waarden kan dus beoordeeld worden op basis van de plausibiliteit van drie grootheden: de veronderstelde VoT, de het veronderstelde representatieve tijdsverlies per voertuigkilometer, en de veronderstelde waarde voor de parameter *b*. Merk hierbij op dat voor de *mec* alleen de waarde van *b* in het evenwicht (bij de geobserveerde verkeersintensiteit) van belang is. Dat *b* voor de BPR-functie een parameter is, maakt het uiteraard makkelijk in de toepassing. Maar, voor andere, meer complexe, functionele vormen zou de BPR-functie nog altijd een goede benadering nabij het evenwicht kunnen zijn, in welk geval vergelijking 2 nog steeds een even goede benadering zou zijn.

Dynamische knelpuntcongestie

De statische modellering van congestie zoals bij de BPR-functie wordt gehanteerd, is meer adequaat naarmate de verkeerspatronen in sterkere mate stationair zijn – dus constante snelheden en stromen – en indien tijdverliezen de dominante kostencomponent vormen. Zoals hierboven al aangegeven, wordt in de internationale literatuur in toenemende mate erkend dat naast tijdverliezen, ook planningskosten een belangrijke vorm van congestiekosten vormen. Planningskosten ontstaan wanneer reizigers hun gedrag aanpassen om (de ergste) vertragingen te vermijden. Planningskosten zijn voor gedrag relevant wanneer de reizigers een verwachting hebben met betrekking tot reistijden; met andere woorden, alleen bij voldoende voorspelbare (terug-kerende) congestie kunnen planningskosten vanuit evenwichts-perspectief worden gemodelleerd, zoals we in deze paragraaf zullen doen. Een belangrijke gedragsaanpassing in die context is het aanpassen van het tijdstip van rijden. Doordat hierdoor de tijdverliezen minder worden, terwijl de aanpassing zonder congestie niet gedaan zou zijn en daarom logischerwijs een zekere kost met zich meebrengt, zou het niet meenemen van deze kosten tot een mogelijk forse onderschatting van de kosten door congestie kunnen leiden.

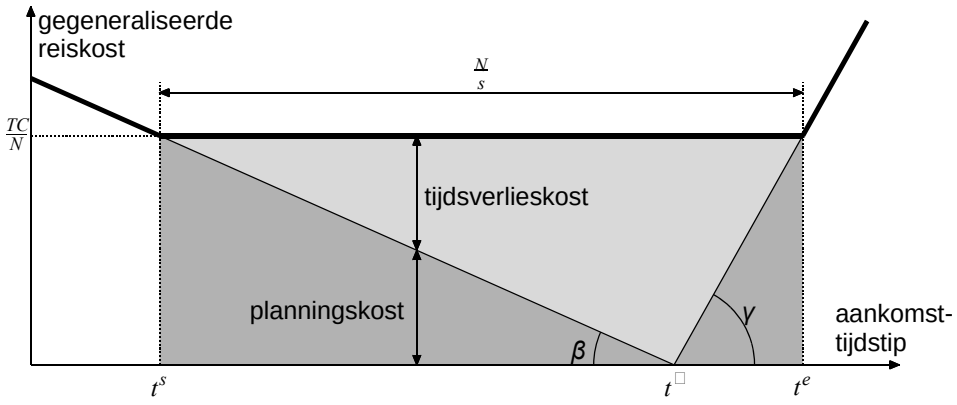
Achter de uiteindelijke keuze die een reiziger maakt ten aanzien van de aanpassingen om congestie te vermijden, ligt een complexe afweging van allerlei materiële en immateriële kosten en baten, samenhangend met het organiseren van activiteiten over de tijd en de ruimte. Het daadwerkelijke schatten van deze baten en kosten is een enorme opgave – en één die ook niet zal leiden tot rekenregels die gemakkelijk toepasbaar zijn voor specifieke gevallen. Echter, voor zover deze afwegingen zich uiten in gemaakte en geobserveerde afruilen tussen verschillende kostencomponenten, kunnen dergelijke kosten wel degelijk bepaald worden.

Wanneer knelpuntcongestie optreedt, en vanwege de beperkte capaciteit niet iedereen op de gewenste momenten op de plaats van bestemming kan aankomen, kunnen de planningskosten bepaald worden uit de afruil tussen reistijdverliezen (*travel delays*) aan de ene kant en afwijkingen van het meest gewenste aankomsttijdstip (*schedule delays*) aan de andere. De latere Nobel prijswinnaar William Vickrey was de eerste die dit doorzag. Zijn *bottleneck-model* (knelpuntmodel) is het meest gebruikte conceptuele dynamische

economische model van verkeerscongestie. Het leidt tot een rekenregel voor de marginale externe congestiekosten in het geval er files zijn die qua hanteerbaarheid vergelijkbaar is met de BPR-regel voor statische congestie, maar daarbij zowel de reistijdverlieskosten (dus: van travel delays) en de planningskosten (dus: van schedule delays) meeneemt. Deze rekenregel adviseren we voor het bepalen van de marginale externe congestiekosten in het geval er sprake is van files, en er dus een kritisch knelpunt is dat gedurende zekere tijd op maximale capaciteit voertuigen doorlaat.

De rekenregel leiden we af voor het eenvoudigst denkbare geval. Er is een enkel knelpunt, dat gedurende een zekere (spits-) periode op maximale capaciteit voertuigen doorlaat. De duur van die periode is endogeen bepaald; dat wil zeggen, deze wordt bepaald door het gedrag van reizigers en niet vooraf min of meer arbitrair gedefinieerd. In het eerste deel van die spits groeit de file vóór het knelpunt; gedurende het tweede deel slinkt deze. Het totale aantal voertuigen dat het knelpunt passeert duiden we aan met *N*. Merk op: *V* in het vorige model was stroom: voertuigen per uur; *N* in dit model is het totale aantal voertuigen over de hele spits (met een, zoals gezegd, endogene duur). De capaciteit duiden we aan met s; deze luidt wel in voertuigen per uur. De afwijkende notatie (niet V_K) is om aan te sluiten bij conventies in de literatuur. Stel dat er een homogene groep gebruikers is, met allemaal dezelfde gewenste aankomsttijd *t** en dezelfde VoT, die in deze literatuur met α wordt aangeduid. Naast de VoT spelen nu ook de Values Of Schedule Delay (VOSD) een rol. De coëfficiënt β geeft aan wat de waarde is van elke extra tijdseenheid dat men te vroeg aankomt; dus: vóór *t**. De coëfficiënt γ doet hetzelfde voor te late aankomsten, na *t**. Als *t** inderdaad de meest gewenste aankomsttijd is, zijn beide VOSD's natuurlijk positief.

Figuur 34 Gebruikersevenwicht in het knelpuntenmodel



Het dynamische evenwicht dat dan zal ontstaan is zoals in Figuur 34 getoond. De twee rechte lijnen vanuit *t**, met hellingen $-\beta$ en γ, geven de planningskosten als functie van het tijdstip van aankomst *t*. Er zal een spitsperiode ontstaan die een tijdsduur *D* = *N*/*s* kent. Immers, met een capaciteit van *s* voertuigen per uur zal het *N*/*s* uur duren voordat ze allen door het knelpunt zijn. In het evenwicht mag er geen prikkel meer zijn om het tijdstip van vertrek aan te passen. Dat betekent, bij identieke weggebruikers in termen van *t**, α, β en γ, dat de som van tijdverlieskosten en planningskosten constant over de tijd moet zijn. De tijdverlieskosten kennen dus een verloop dat het spiegelbeeld is van het verloop van de planningskosten. De reistijd is het langst geweest voor de reiziger die om *t** aankomt.

Het patroon van tijdskosten over de tijd is onafhankelijk van de precieze aanname over hoe de vertraging wordt ondervonden. Het maakt niet uit of men wat langzamer op een file afrijdt en daar iets korter in staat, of er wat sneller op afrijdt en er wat langer in staat, zolang de totale tijdskosten maar zijn zoals in Figuur 34 getoond. Vickrey ging daarom uit van een simpele specificatie waar alleen in de wachtrij tijdverliezen optreden.
Deze specificatie volgen wij.

De begintijd van de spits t^s en de eindtijd t^e volgen uit de gelijkheid van planningskosten op deze twee momenten (er moet immers evenwicht zijn) en de voorwaarde dat de tussenliggende periode D een duur kent van N/s.
Dit betekent dat t^s een tijdspanne van $\gamma/(\beta+\gamma)\cdot N/s$ uur vóór t^* ligt, en t^e een tijdspanne $\gamma/(\beta+\gamma)\cdot N/s$ er na. Op beide momenten bedragen de reistijdverliezen in de file 0, en de planningskosten $\beta\cdot\gamma/(\beta+\gamma)\cdot N/s$. Vanwege de gelijkheid van kosten in het evenwicht voor alle gebruikers, is op tussenliggende moment en de som van tijdverlieskosten en planningskosten ook gelijk aan deze waarde. We vinden daarmee een heel eenvoudige lineaire gemiddelde congestiekostenfunctie:

$$c = \delta \cdot \frac{N}{s} = \delta \cdot D \tag{3}$$

met

$$\delta = \frac{\beta \cdot \gamma}{\beta + \gamma} \tag{4}$$

Via twee tussenstappen[156] leidt dit tot de volgende marginale externe kosten – welke dus gelijk zijn aan de gemiddelde ('interne') congestiekosten:

$$mec = \frac{\delta \cdot N}{s} = \delta \cdot D \tag{5}$$

De Griekse letter delta (δ) is hierin een samengestelde (voor vroege en late aankomsten) indicator voor de hoogte van de VOSD, en D is de duur van de spitsperiode. Deze rekenregel is dus heel eenvoudig toe te passen in de praktijk. Een paar opmerkingen zijn op zijn plaats.

Ten eerste geldt deze rekenregel niet meer als er optimale tolheffing zou zijn, juist omdat die de reistijdverlieskosten zou laten verdwijnen (voor details, zie Small en Verhoef, 2007).

Ten tweede zijn de kosten voor deze situatie gedefinieerd als de kosten voor het passeren van een knelpunt tijdens een spitsperiode. Deze kosten zijn dus niet gedefinieerd als kosten per voertuigkilometer. Ze zijn ook niet eenvoudig of zelfs zinnig te herleiden tot kosten per voertuigkilometer. Immers: als de lengte van de weg leidend naar het knelpunt als basis zou zijn genomen, zou de uitkomst arbitrair worden. De lengte van de file is ook geen zinnige maatstaf, aangezien deze lengte niet constant is gedurende de spits. Als de snelheid in de file hetzelfde is geweest voor twee weggebruikers, maar de lengte van de file verschillend, is die laatste juist waar het om draait.

[156] De totale kosten zijn $\delta\cdot N^2/s$; de marginale kosten dus $2\cdot\delta\cdot N/s$, en de *mec* het verschil tussen de marginale en de gemiddelde kosten.

Ten derde veronderstelt de rekenregel dat alle gebruikers dezelfde gewenste aankomsttijd t^* hebben. Als er een verdeling van gewenste aankomsttijden is, dient de regel aangepast te worden. De aanpassing is afhankelijk van de vorm van de verdeling.

Over de verdeling van gewenste aankomsttijden voor gevallen waar knelpunt-congestie optreedt is nog weinig bekend. Voor het aanpassen van de rekenregel gaat het vooral om het gegeven dat de reistijdverlieskosten niet veranderen zolang de concentratie van gewenste aankomsttijden groter is dan de capaciteit van het knelpunt, maar de planningskosten dalen naarmate de spreiding van gewenste aankomsttijden breder is. Dit kunnen we op een gemakkelijke manier illustreren voor het geval waar de verdeling van gewenste aankomsttijden uniform is (dus: een vaste dichtheid kent). Voor die gevallen kunnen we werken met een factor f die aangeeft hoe dicht de verdeling van gewenste aankomsttijden aanzit tegen identieke gewenste aankomsttijden. We definiëren f zodanig dat f=0 correspondeert met een uniforme verdeling die, gegeven N, zo breed is geworden dat de dichtheid van gewenste aankomsttijden tot s is gedaald. De planningskosten dalen dan tot 0, en bij een nog verdere daling van de dichtheid van gewenste aankomsttijden zou de file zelfs verdwijnen. Met andere woorden: f=0 correspondeert met de laagst mogelijke totale congestiekosten gegeven dat er een file is. In het andere extreem correspondeert f=1 met identieke gewenste aankomsttijden. Daartussen daalt f lineair met de breedte van het interval van gewenste aankomsttijden (de formule luidt: $f=1-w\cdot s/N$, waar w de breedte van het interval is. Als w gelijk aan 0 is, is f dus 1; als w de maximale waarde N/s heeft waarvoor een file nog zal ontstaan, geldt f=0).

De gemiddelde kosten bedragen dan:

$$c = \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\cdot f\right)\cdot \delta \cdot \frac{N}{s} \tag{6}$$

De marginale externe kosten bedragen (mits f constant blijft):

$$mec = \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\cdot f\right)\cdot \delta \cdot \frac{N}{s} = \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\cdot f\right)\cdot \delta \cdot D \tag{7}$$

Dit is de rekenregel die we adviseren te gebruiken voor het bepalen van de marginale externe kosten voor het passeren van een knelpunt.

Omdat er over de verdeling van de gewenste aankomsttijden niet voldoende bekend is om een puntschatting te maken, zullen we uitgaan van het midden van de mogelijke waarden van f; dus f=½. Als worst case kiezen we f=1; als best case f=0.1. Deze keuzes zijn arbitrair. Voor δ kiezen we, op basis van empirische informatie over β en γ, de waarde δ=€6.17 (afgerond; zie Paragraaf I.7).

We kunnen dan, net als voor de BPR-functie, de uitkomsten van de rekenregel geven voor een verschillende waarden van de relevante determinanten; in dit geval de factor f en de duur van de spitsperiode.

Tabel 168 laat de resultaten zien. Gearceerd is het gebied waar f=½ en de duur van de spitsperiode tussen de 30 minuten en 2 uur is. De twee extremen daarbinnen zouden we weer als best case en worst case kunnen nemen, zij het dat de tabel laat zien dat als f groter wordt en de duur van de spits langer, de

marginale externe kosten voor een passage kunnen oplopen tot waarden boven de € 15.

Omdat we hebben gekozen voor de eenvoudigst mogelijke specificatie van het knelpuntmodel, laten we de kostenfactor onbetrouwbaarheid hier achterwege. Een goede analyse daarvan zou de specificatie van een stochastisch dynamisch model vereisen, en dat valt buiten het bestek van deze studie.

Tabel 168 Specifieke marginale externe congestiekosten bij toepassing van een dynamische – knelpunt - analyse

Duur van de spits (uur: minuten)	0:15	0:30	0:45	1:00	1:15	1:30	1:45	2:00	2:15	2:30	2:45	3:00
Marginale externe kosten (€/passage) bij *f* = …												
0,1	0,85	1,70	2,55	3,39	4,24	5,09	5,94	6,79	7,64	8,48	9,33	10,18
0,2	0,93	1,85	2,78	3,70	4,63	5,55	6,48	7,40	8,33	9,26	10,18	11,11
0,3	1,00	2,01	3,01	4,01	5,01	6,02	7,02	8,02	9,02	10,03	11,03	12,03
0,4	1,08	2,16	3,24	4,32	5,40	6,48	7,56	8,64	9,72	10,80	11,88	12,96
0,5	1,16	2,31	3,47	4,63	5,78	6,94	8,10	9,26	10,41	11,57	12,73	13,88
0,6	1,23	2,47	3,70	4,94	6,17	7,40	8,64	9,87	11,11	12,34	13,57	14,81
0,7	1,31	2,62	3,93	5,24	6,56	7,87	9,18	10,49	11,80	13,11	14,42	15,73
0,8	1,39	2,78	4,16	5,55	6,94	8,33	9,72	11,11	12,49	13,88	15,27	16,66
0,9	1,47	2,93	4,40	5,86	7,33	8,79	10,26	11,72	13,19	14,65	16,12	17,58
1	1,54	3,09	4,63	6,17	7,71	9,26	10,80	12,34	13,88	15,43	16,97	18,51

I.3 Representatieve marginale externe congestiekosten voor Nederland

Waar de vorige paragraaf rekenregels presenteerde die voor specifieke gevallen toepasbaar zijn, zullen we ons in deze paragraaf richten op het bepalen van externe kosten voor representatieve situaties op Nederlandse wegen. Ook daar komt, natuurlijk, zowel stroomcongestie als knelpunt-congestie voor. Voor beide vormen zullen we schattingen geven, gebruik-makend van analysekaders die volledig consistent zijn met de hiervoor beschreven rekenregels. Voor de eerstgenoemde baseren we ons daarbij op het TREMOVE-model. Voor de tweede zullen we ons baseren op primaire data: verkeersmetingen op Nederlandse hoofdwegen.

Statische stroomcongestie

Om tot schattingen voor representatieve situaties op de Nederlandse wegen te komen, en voor verschillende doelgroepen, wordt de methodologie voor statische stroomcongestie toegepast op het totale wegverkeer in Nederland in 2010. We maken daarbij de opsplitsing tussen spits- en dalperiode enerzijds, en tussen verschillende wegtypes anderzijds. We specificeren de opsplitsing van kosten over de verschillende voertuigcategorieën.

TREMOVE

De toegepaste congestiecurves zijn gebaseerd op het TREMOVE-model.
Dit partieel evenwichtsmodel werd oorspronkelijk ontwikkeld in opdracht van de Europese Commissie in het Auto-Oil II-programma en werd later verder uitgebreid in diverse vervolgprojecten. Het model bevat een voorstelling van de verschillende transportmarkten (reizigers en goederen, alle vervoerswijzen) in alle landen, berekent emissies en houdt ook rekening met congestie. In deze toepassing baseren we ons op versie 3.3.2 van het model voor Nederland.

TREMOVE modelleert vraag- en aanbod *geaggregeerd* voor drie gebieden: hoofdstedelijk, overig stedelijk en buitengebied. Voor elk gebied wordt de beschikbare infrastructuur weergegeven door een enkele congestiecurve (twee curves voor buitengebied: autosnelweg en overig), die voor elk modeljaar gecalibreerd worden op basis van externe aangeleverde observaties.

Versie 3.3.2 van TREMOVE wordt gecalibreerd op basis van de iTREN baseline. In het iTREN-project is een interface ontwikkeld die het referentiescenario van de verschillende Europese transportmodellen (TRANSTOOLS, ASTRA, TREMOVE en POLES) op elkaar afstemt. De toegepaste methodologie is oorspronkelijk ontwikkeld in het REFIT-project en later verfijnd in iTREN.

De gegevens die TREMOVE nodig heeft voor calibratie van de congestiecurven (vervoersvraag en reistijden/snelheden) worden aangeleverd uit TRANSTOOLS versie 2 (en in beperkte mate ook uit ASTRA). TRANSTOOLS is een Europees netwerkmodel ontwikkeld met het oog op het simuleren van de impact van nieuwe TEN-infrastructuur op de prestaties van het vervoersnetwerk. Zowel verkeer tussen zones (NUTS 3 voor reizigers, NUTS 2 voor goederen) als verkeer binnen de zones zijn in het model opgenomen. Voor beide vervoers-stromen wordt congestie gemodelleerd.

In TRANSTOOLS wordt de omvang van de totale vervoersvraag op het niveau van elke EU-lidstaat in het basisjaar (2005) gevalideerd op basis van Europese statistieken (het zgn. pocketbook van het bevoegde directoraat-generaal). Meer informatie is beschikbaar op de TREMOVE-website[157], waar men naast de modelbeschrijving (De Ceuster et al. 2007) ook de volledige modelcode en het de invoer van het referentiescenario terug kan vinden.

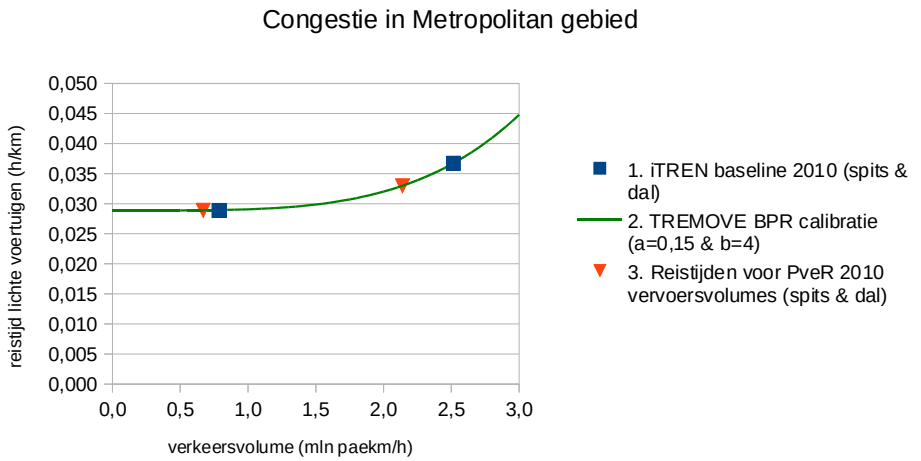
De in deze sectie toegepaste waarderingen voor personenauto-equivalenten, alsook de bezettings- en beladingsgraden, zijn gebaseerd op 0.

Reistijdverlieskosten

Het TREMOVE-model gebruikt congestiecurves voor de berekening van congestiekosten. TREMOVE 3.3.2 baseert deze curves op de BPR-specificatie, waarbij de waarden voor de parameters *a* en *b* als gegeven beschouwd worden (*a*=0,15 en *b*=4), en de waarden voor V_K en S_0 worden gekalibreerd op basis van het iTREN-referentiescenario (dat gebaseerd is op simulaties met het netwerk-model TRANSTOOLS en het economische model ASTRA).

[157] http://tremove.org/.

Figuur 35 Congestiecurve voor grootstedelijk gebied



De congestiecurves worden afzonderlijk gespecificeerd voor vier regio's en voor elk modeljaar. Elke curve kan beschouwd worden als een representatie van de verkeersinfrastructuur in een regio in een bepaald jaar. We gebruiken hier de curves voor het modeljaar 2010 voor de regio's metropolitan (Randstad), other urban (overig stedelijk), motorway (snelweg buiten stedelijk gebied) en rural (overig netwerk).

Voor vrachtwagens en autobussen verondersteld TREMOVE dat de reistijden (per kilometer) een vaste (congestie-onafhankelijke) factor hoger zijn dan voor overige voertuigen; deze factor is voor elke congestiecurve afzonderlijk gespecificeerd en varieert voor modeljaar 2010 van 1,14 (in stedelijk gebied) tot 1,39 (op snelwegen in landelijk gebied).

De in TREMOVE (en iTREN) gehanteerde indeling van regio's en voertuig-categorieën wijkt af van de verkeersgegevens gepresenteerd in 0.
Voor de berekening van de congestiekosten in 2010 m.b.v. de TREMOVE-congestiecurves gaan we hier uit van het totale aantal voertuigkilometer zoals gepresenteerd in 0 (wegverkeer: 130 miljoen vkm) en wijzen deze toe aan de verschillende regio's, voertuigcategorieën en tijdsperiodes (spits en dal) volgens de aandelen gehanteerd in TREMOVE voor modeljaar 2010.[158]
Vervolgens berekenen we de congestiekosten op basis van de TREMOVE-congestiecurves voor het in deze studie gehanteerde vervoersvolume (Tabel 169).[159]

[158] Het TREMOVE-model gebruikt voor modeljaar 2010 een voorspelling (uit het iTREN-referentie-scenario) van de vervoersvraag en deze wijkt logischerwijs af van de ondertussen in de statistieken geregistreerde observaties. Het in 0 gepresenteerde totaal aantal vkm is 15% lager dan het referentiescenario van TREMOVE 3.3.2.

[159] We beschouwen de (parameterwaarden van de) TREMOVE-congestiecurves hier als gegeven (aangepast voor de hier gehanteerde PAE-waarden), maar berekenen de marginale externe kosten in het punt op de curve dat overeenstemt met de in deze studie gehanteerde waarden voor *V* (vervoersactiviteit in PAEkm); de waarden van deze indicatoren wijken bijgevolg af van het gepubliceerde referentiescenario voor TREMOVE 3.3.2. De VoT is gebaseerd op *Nieuwe kengetallen waardering reistijd en reisbetrouwbaarheid*, daarbij uitgaand van een beladingsgraad conform 0.

Tabel 169 Marginale externe reistijdverlieskosten in 2010

		Metropolitan	Other Urban	Rural	
				Motorway	Other
Activiteit piek	M vkm/jaar	2,7	11,1	13,0	25,0
Activiteit dal	M vkm/jaar	4,1	16,8	19,5	37,5
marginale externe reistijdverlieskost spits	€/paekm	0,24	0,25	0,08	0,15
marginale externe reistijdverlieskost dal	€/paekm	0,00	0,00	0,00	0,00

De marginale externe kosten zijn uitgedrukt in euro per personenauto-equivalentkilometer. De hier toegepaste waardering van personenauto-equivalenten voor elke voertuigcategorie is in lijn met de waarden gepresenteerd in 0, en wijkt bijgevolg af van wat gehanteerd wordt in TREMOVE. Deze waarderingen dienen toegepast te worden bij het omrekenen naar marginale externe kosten per voertuigkilometer.[160] Deze marginale externe kosten zijn een maat voor de externaliteiten die optreden doordat ze niet geïnternaliseerd zijn, en zijn onafhankelijk van het reismotief.

De marginale externe kosten tonen zoals verwacht grote verschillen tussen de spits- en dalperiode enerzijds, en voor de spitsperiode zijn er grote verschillen tussen stedelijk en landelijk gebied. Deze grote verschillen zijn in lijn met de eerdere verwachting dat congestiekosten erg tijds- en plaatsafhankelijk zijn. Merk op dat de puntschattingen liggen binnen de range die in Tabel 167 als empirisch meest relevante range werd aangemerkt.

Ter vergelijking geven we de externe kosten gepresenteerd in de Prijs van een reis (CE Delft en VU, 2004) (in €/vkm in de spits binnen de bebouwde kom), en de geïmpliceerde snelheden waarbij die niveaus met de in TREMOVE veronderstelde BPR-functie bereikt worden.

Tabel 170 Marginale externe congestiekosten literatuur en bijbehorende snelheden volgens de BPR-methode (met b=4 en VoT consistent met de overige toepassingen in deze studie; omgerekend naar Euro's in 2010)

	Personenauto (€/vkm)	Vrachtauto (€/vkm)	Snelheid waarbij BPR (a=0;15 & b=4) de opgegeven externe kost bereikt (S_0 is de snelheid bij verkeersstroom V=0)	
			S_0=100km/h	S_0=50km/h
UNITE	0,52	1,03	57	36
CE et al.	0,59		54	35
ECMT	0,35	0,65	66	40

Deze eerdere waarden zijn beduidend hoger dan wat we in de huidige studie vinden op basis van TREMOVE-resultaten. We kunnen geen exact uitsluitsel geven over de aanleiding van deze verschillen gezien de vele aannames die gemaakt moeten worden om tot een puntschatting te komen en die vooral voor de eerdere schatting niet in detail bekend zijn. Naast verschillen in de toegepaste tijdwaardering en beladingsgraden, kunnen de hogere congestie-kosten in de literatuur vermoedelijk ook in verband gebracht worden met een

[160] TREMOVE gebruikt een factor 2 voor zware vrachtwagens en bussen, en een factor 1 voor de overige voertuigcategorieën.

selectie van vervoersactiviteit die zich beperkt tot wegvakken met congestie, waar de op TREMOVE gebaseerde waarden gemiddeldes zijn voor een volledig gebied.

Zoals eerder aangegeven, is het niet steeds eenduidig hoe externe congestiekosten voor groepen moeten bepaald worden. In de eerder gepresenteerde berekeningen zijn we steeds uitgegaan van het individu, maar men zou ervoor kunnen kiezen om de totalen te schonen voor dat deel dat bij dezelfde groep terechtkomt. In Tabel 171 hebben we daarom aangegeven welk deel van de congestiekosten bij elke groep verkeersdeelnemers terechtkomt.

Tabel 171 Toewijzing marginale externe congestiekosten aan voertuigcategorieën

		Metropolitan	Other Urban	Rural	
				Motorway	Other
Spits	Personenauto	75,48%	75,00%	74,86%	74,70%
	Autobus	8,62%	8,46%	4,63%	6,73%
	Bromfiets	0,27%	0,26%	0,00%	0,15%
	Motorfiets	0,21%	0,19%	0,38%	0,18%
	Bestelauto (personenvervoer)	0,01%	0,01%	0,04%	0,03%
	Bestelauto (vrachtvervoer)	0,00%	0,00%	0,06%	0,01%
	Vrachtwagen	15,41%	16,07%	20,03%	18,19%
Dal	Personenauto	72,73%	71,49%	70,25%	70,73%
	Autobus	6,66%	6,86%	4,64%	5,55%
	Bromfiets	0,27%	0,26%	0,00%	0,13%
	Motorfiets	0,19%	0,18%	0,38%	0,18%
	Bestelauto (personenvervoer)	0,01%	0,01%	0,03%	0,03%
	Bestelauto (vrachtvervoer)	0,01%	0,01%	0,10%	0,03%
	Vrachtwagen	20,11%	21,18%	24,60%	23,36%

In deze studie waarderen we de kost van onbetrouwbaarheid als een vaste toeslag op de reistijdverlieskosten. Hiervoor wordt tot op heden een vaste verhouding van 0,25 gebruikt als er geen specifieke informatie over de onzekerheid voor handen is. Dit is altijd een grove inschatting geweest, gebaseerd op een zeer indicatieve exercitie in CPB (2004), maar één die door een latere, meer gedetailleerde studie (Peer et al, 2012) voor Nederlandse hoofdwegen overigens wel ondersteund wordt. Het feit dat de factor als constante wordt opgevat, betekent dat deze zowel van toepassing is op totale als op gemiddelde en marginale kosten. De opdrachtgever hecht eraan, tot nadere studie op dit thema verricht is, voorlopig vast te houden aan een opslag van 0,25 omdat dit een veelgebruikte vuistregel is, ook al impliceren de nieuwe kengetallen reistijdwaardering (Significance et al, 2012) dat we die verhouding van 0,25 zouden dienen te herzien en op 0,1875 zouden moeten stellen[161]. Uiteindelijk is het verschil tussen een factor 0,25 en 0,1875 beperkt, en leidt eerstgenoemde tot schattingen die een kleine 5% hoger zijn.

[161] Dit volgt uit de vaststelling dat deze toeslag in feite het product is van twee factoren. Een eerste factor is de verhouding van onzekerheid van reistijden tot reistijdverliezen. Voor deze verhouding is geen nieuwe informatie beschikbaar gekomen. De tweede factor, echter, drukt uit hoe de waardering van onzekerheid (per eenheid van onzekerheid) zich verhoudt tot de waardering van reistijdverlies (per eenheid van reistijdverlies). In de oude kengetallen (die werden gehanteerd t/m 2012) werd uitgegaan van een verhouding van 0,8; in de nieuwe kengetallen (Significance et al., 2012) is dit 0,6. Het product van beide factoren levert, zoals gezegd, de netto verhouding van de onzekerheidskosten tot de reistijdkosten. Bij de oude kengetallen was deze netto verhouding op 0,25 gesteld; de meest neutrale manier om de

In Tabel 172 presenteren we de onbetrouwbaarheidskosten die we vinden door de factor 0,25 toe te passen op de reistijdverlieskosten gepresenteerd in Tabel 169.[162]

Tabel 172 Marginale externe onbetrouwbaarheidskosten in 2010

		Metropolitan	Other Urban	Rural	
				Motorway	Other
Marginale externe reistijdverlieskost spits	€/paekm	0,046	0,046	0,015	0,027
Marginale externe reistijdverlieskost dal	€/paekm	0,000	0,000	0,000	0,000

Onzekerheden

De gehanteerde waarderingen voor tijd en onbetrouwbaarheid zijn kengetallen zoals deze worden aanbevolen door het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid. Uit de literatuur blijkt echter een redelijke mate van onzekerheid met betrekking tot deze getallen (zie bijv. VU, 2008; eveneens besproken in Paragraaf I.7).

Omdat de uitdrukkingen voor de marginale externe kosten een lineaire functie zijn van de waardering van reistijd en onbetrouwbaarheid, kan de onzekerheid met betrekking tot deze waarderingen rechtstreeks toegepast worden op de uitgerekende bedragen.

In de context van deze studie is het lastig een gepaste maat voor de onzekerheid met betrekking tot de waardering van de kosten van reistijd en onbetrouwbaarheid te geven. We kiezen, arbitrair, voor een factor 2. Deze factor kan zonder meer toegepast worden op de waarden voor de marginale externe kosten zoals hier gepresenteerd; de onderwaarde wordt dan 0,5 keer de aangegeven kost, en de bovenwaarde 2 keer deze kost. Merk op dat de spreiding van de marginale externe kost bij deze onzekerheid kleiner is dan de spreiding van redelijke cijfers in Tabel 167. De onzekerheid die verdwenen is, is dat we hier spreken van onzekerheid van schattingen voor representatieve congestieniveaus, terwijl in Tabel 167 juist die congestie-niveaus zelf ook varieerden.

I.4 Dynamische knelpuntcongestie

Scope en bronnen

De toepassing van de knelpuntmethodologie in het kader van deze studie heeft een experimenteel karakter; we beperken ons hier daarom tot een selectie van 79 knelpunten in het hoofdwegennet waarvoor gegevens beschikbaar zijn (DVS).[163]

nieuwe kengetallen te gebruiken is dus om deze verhouding aan te passen met een factor 0,6/0,8. We vinden dan een nieuwe verhouding tussen kosten van onzekerheid en kosten van reistijdverliezen van 0,25*0,6/0,8 = 0,1875.

[162] De in Tabel 169 en elders gepresenteerde reistijdverlieskosten zijn steeds exclusief onbetrouwbaarheidskosten (tenzij anders vermeld).

[163] De 79 knelpunten staan alle in de file top 100 en zijn geselecteerd op basis van beschikbaarheid van observaties.

Om een vergelijking met eerdere schatting mogelijk te maken, geven we in de berekeningen ook aan wat de geschatte kosten zouden zijn bij toepassing van de traditionele statische methodologie. Deze zijn namelijk rechtstreeks afleidbaar uit het knelpuntmodel, wanneer uit de kostenberekening de planningskosten worden weggelaten.

Om tot een representatieve waarde voor marginale externe congestiekosten te komen, wordt een gewogen gemiddelde hiervan berekend over de 79 knelpunten.

Het doel van de berekening hier is om een empirische toepassing van het knelpuntmodel te geven, en aan te geven hoe binnen deze methodiek de verschillende kosten zich verhouden. We beschouwen daarom alleen situaties waarin knelpuntcongestie daadwerkelijk bestaat.

Zoals eerder aangegeven in Paragraaf I.2, kiezen we voor de eenvoudigst mogelijke specificatie van het knelpuntmodel, en laten we de kostenfactor onbetrouwbaarheid bijgevolg achterwege.

De waardering van de planningskosten (per uur tijdstipaanpassing), β en γ, wordt in I.7 verantwoord. De VoT is gebaseerd op *Nieuwe kengetallen waardering reistijd en reisbetrouwbaarheid*, daarbij uitgaand van een beladingsgraad conform 0.

Marginale externe congestiekosten

We gebruiken feitelijke observaties van snelheid en verkeersintensiteit op korte trajecten, direct stroomopwaarts van een knelpunt. Als er een wachtrij ontstaat, zal die steeds dáár observeerbaar zijn. De observaties aggregeren we in intervallen van 15 minuten, waarover we de totale verkeersintensiteit V_t en de gemiddelde snelheid S_t berekenen; dit doen we voor alle werkdagen in 2011.

Vervolgens kalibreren we een snelheid-intensiteit curve voor elk bestudeerd wegvak (Van Aerde en Rakha 1995). Op basis van die curve kunnen we vaststellen vanaf welke snelheid S_K sprake is van filevorming of hypercongestie.[164]

Voor elk tijdsinterval t kunnen we nu per wegvak vaststellen of er sprake is van hypercongestie ($S_t<S_K$) of niet ($S_t>S_K$). We doen dit voor alle tijds-intervallen tijdens de ochtendspits (6–11) en tijdens de avondspits (16–19).

In een volgende stap stellen we per kalenderdag, per spitsperiode (ochtend vs avond) en voor elk wegvak de duur vast van de langste opeenvolgende reeks tijdsintervallen waarin er sprake is van hypercongestie.

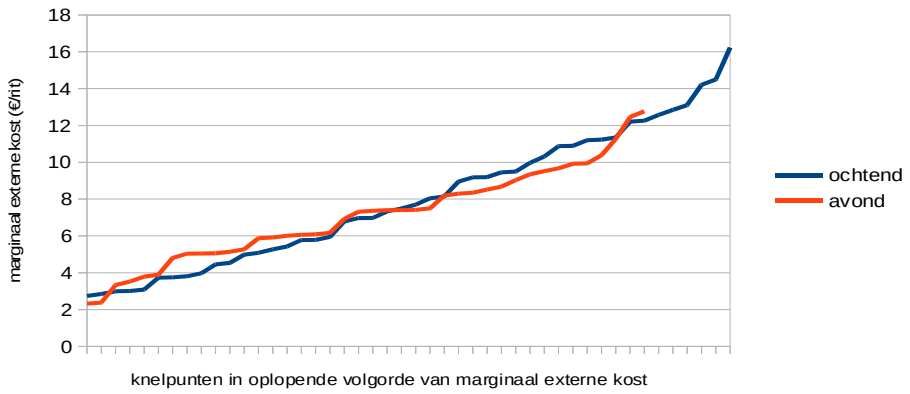
Een onderliggende aanname van het knelpuntmodel is dat er een dynamisch gebruikersevenwicht over de volledige periode dat hypercongestie optreedt; m.a.w., de volledige periode dat er een wachtrij is. Gebruikmaken van dit evenwicht veronderstelt een zekere mate van voorspelbaarheid. Voor een aantal knelpunten stellen we vast dat deze voorspelbaarheid gering is, aangezien er veel dagen zijn zonder hypercongestie. Voor deze knelpunten is het hier gehanteerde model vanuit theoretisch oogpunt geen adequate methode om congestiekosten te berekenen. We beperken ons daarom tot die

[164] Dit is de snelheid die overeenkomt met het intensiteit V_K in Figuur 33.

knelpunten waarbij op minstens 30% van de werkdagen in 2011 een wachtrij ontstaat. Voor de ochtendspits betreft dit 46 knelpunten, voor de avondspits voldoen 40 knelpunten aan deze eis. In onze berekeningen zullen we ons verder beperken tot deze selectie van knelpunten.

In een laatste voorbereidende stap berekenen we voor de geselecteerde knelpunten een referentiefile die gedefinieerd wordt door de gemiddelde fileduur (lengte tijdsinterval met wachtrij) en de gemiddelde verkeers-activiteit tijdens het tijdsinterval met wachtrij; dit gemiddelde wordt berekend over alle werkdagen in 2011 waarop hypercongestie en dus een wachtrij werd vastgesteld, en voor beide spitsperiodes afzonderlijk. Op basis van deze referentiefile kunnen we vervolgens eenvoudig voor elk knelpunt en voor elke spitsperiode de verschillende congestiekosten berekenen.

Figuur 36 De verschillende knelpunten in oplopende volgorde van marginaal externe kost (€/rit



Tabel 173 Congestiekosten in knelpuntmodel (de weergegeven indicatoren zijn geaggregeerd over de verschillende files/knelpunten voor ochtend- en avondspits; het gemiddelde, de mediaan en het gewogen gemiddelde kunnen beschouwd worden als een maat voor de middenwaarde, terwijl het maximum een maat is voor de bovenwaarde; de aangegeven kosten gaat uit van een maximale concentratie van gewenste aankomsttijden)

Variabele	Eenheid	Ochtend (46 knelpunten)					Avond (40 knelpunten)				
		Min.	Max.	Avg.	Med.	Gewogen	Min.	Max.	Avg.	Med.	Gewogen
Duur file (*N*/*s*)	Uur/file	00:26	02:37	01:17	01:13	01:21	00:22	02:04	01:08	01:11	01:09
Activiteit (*N*)	Voer-tuigen/file	864	12.771	4.392	3.722	4.674	1.068	9.659	4.020	3.255	4.106
Voertuig-verliesuren	Uur/file	102	6.969	1.787	1.111	1.968	103	3.999	1.336	963	1.369
Marginale externe congestie-kost	€/rit	2,73	16,23	7,97	7,59	10,11	2,32	12,77	7,08	7,34	8,01

Merk op dat de hier aangegeven waarden enkel gelden voor die dagen waarop zich inderdaad een file voordoet bij een knelpunt. Omdat de kans op file niet gelijk is over de verschillende knelpunten, kunnen bovenstaande cijfers niet zonder meer opgeschaald worden naar jaartotalen.
Omdat de verhouding tussen reistijdverliezen en planningskosten zullen variëren over diverse links in het netwerk, kunnen de hier gepresenteerde cijfers evenmin opgeschaald worden naar het volledige infrastructuurnetwerk.

Aangezien we uitgegaan zijn van een selectie uit de file top 100, kan echter verwacht worden dat voor de overige knelpunten in het hoofdwegennet de kans op file lager zal liggen en de toepasbaarheid van het knelpuntmodel er geringer is.

Onzekerheden

Tussen de verschillende aannames die we gemaakt hebben in onze presentatie van het knelpuntmodel, is wellicht deze van de identieke gewenste aankomsttijd het moeilijkst verifieerbaar. Het concept van gewenste aankomsttijd is namelijk latent en dus niet direct meetbaar. De veronderstelling dat deze voor iedereen gelijk is, resulteert in maximale planningskosten. Wanneer men zou veronderstellen dat de gewenste aankomsttijdstippen uniform verdeeld zijn over 90% van de spitsperiode (dit is de periode dat er een wachtrij is bij het knelpunt), resulteert dit in planningskosten die 90% lager zijn dan in het eerder gepresenteerde scenario. De kosten zijn dan 55% van de waarden in Tabel 173 (de planningskosten zijn 50% van het totaal in Tabel 173).

Naast deze onzekerheid met betrekking tot spreiding van gewenste aankomsttijdstippen, documenteert de literatuur ook een aanzienlijke onzekerheid met betrekking tot waardering van tijds- en planningskosten. In dat kader stellen we een factor 2 voor, toegepast bovenop de eerder aangegeven waarden, om een boven- en ondergrens te krijgen.

I.5 Kwalitatieve uitbreidingen

In de vorige paragrafen hebben we de toepassing van marginale externe congestiekosten bestudeerd voor wegverkeer, en een representatieve waarde berekend voor 2010. In deze paragraaf bespreken we twee kwalitatieve uitbreidingen op deze toepassing, enerzijds naar marginale externe congestiekosten voor andere transportwijzen, en anderzijds naar de toekomstige evolutie van de marginale externe congestiekosten.

Andere modi

Anders dan voor wegverkeer is voor andere transportwijzen relatief weinig bekend over de verschillende congestiekosten.

Voor spoorvervoer zijn er diverse complicaties. Alhoewel spoorinfrastructuur net als weginfrastructuur een eindige capaciteit heeft (in termen van het maximaal aantal voertuigbewegingen per tijdseenheid), wijkt de vervoersdynamiek er in belangrijke mate af, vanwege het planmatige karakter van de vervoersstromen en het relatief beperkt aantal actoren in de organisatie van het spoorvervoer. Bovendien is de gebruiker van de infrastructuur een aanbieder van een dienstregeling, niet een eindgebruiker. Verder dient bij reizigersvervoer per spoor ook rekening gehouden met een hele reeks andere factoren, zoals gemiste overstappen bij vertraging, discomfort door (crowding) congestie in het voertuig, etc. Anderzijds zijn er compensatieregelingen, ook deze dienen verrekend om de volledige impact van congestie in beeld te

brengen. De voor dergelijke studie benodigde gegevens zijn eenvoudigweg niet voorhanden, waardoor het moeilijk is om harde uitspraken te doen.

Wat betreft waterwegen zijn gegevens bekend over wachttijden in havens en bij sluiscomplexen. Het functionele verband tussen de vervoersvraag en deze wachttijden is echter onvoldoende bestudeerd, waardoor ook hier uitspraken over marginale (externe) kosten niet verantwoord mogelijk zijn.

I.6 Conclusies

In deze bijlage hebben we rekenregels voor specifieke omstandigheden en representatieve waarden voor Nederland in 2010 gepresenteerd voor marginale externe congestiekosten bij statische en dynamische congestie.

De gepresenteerde rekenregels laten toe om marginale externe congestie-kosten te berekenen voor specifieke gevallen, en stellen relatief bescheiden eisen op het vlak van beschikbaarheid van verkeersgegevens.

Wanneer we representatieve waarden voor heel Nederland willen bekomen, is het noodzakelijk om over consistente verkeersgegevens voor heel het vervoersnetwerk te beschikken. Enkel voor de toepassing van statische congestie zijn voldoende gegevens beschikbaar om over het volledige netwerk een uitspraak te kunnen doen. Voor dynamische congestie hebben we daarom de toepassing beperkt tot een selectie van knelpunten op het hoofdwegennet.

In deze studie komt een ruime selectie van prijscomponenten aan bod. Daar waar verschillende componenten met elkaar vergeleken worden, zal de representatieve waarde voor statische congestie toegepast worden.

Vervolgonderzoek is aangewezen om de berekening van representatieve waarden verder te verfijnen, zowel voor statische congestie als voor dynamische congestie.

I.7 Achtergrondinformatie

Planningskosten

In de berekening van de planningskosten passen we de verhouding toe tussen planningswaardering enerzijds en reistijdwaardering anderzijds. Deze verhouding wordt afzonderlijk gespecificeerd voor het vroeger plannen (Schedule Delay Early Rate) en het later plannen (Schedule Delay Late Rate).

Het aantal studies is hier beperkter, en bovendien loopt de waardering erg uiteen. Recent onderzoek geeft aan dat er -net zoals voor reistijdwaardering- een verschil is tussen korte en lange termijn. De in de literatuur gepresenteerde en in deze studie toegepaste waarderingen betreffen de lange termijn.

Tabel 174 Waardering planningskosten in literatuur

Studie	Parameter	SDER	SDLR
Meta analyse (69 observaties) uit VU, 2008	Gemiddelde	0,745	1,652
	Mediaan	0,748	1,174
	Bereik	0,166-2,460	0,164-7,150
Literatuuroverzicht uit Li Hensher Rose, 2010 (drie studies)	Bereik	0,496-0,738	2,048-4,769
Spitsmijden beloningsexperiment (Knockaert et al., 2012)	Panel mixed logit model	1,266	1,455
Small, 1982	All commuters	0,72	1,9

In deze studie gebruiken we de gemiddelde waarden voor SDER en SDLR gepresenteerd in de studie van VU (2008).

BPR-functie en MEC

De BPR-functie luidt:

$$T = T_0 \cdot \left(1 + a \cdot \left(\frac{V}{V_K}\right)^b\right) \tag{8}$$

Het reistijdverlies ten gevolge van congestie, ΔT, bedraagt dus:

$$\Delta T = T - T_0 = T_0 \cdot a \cdot \left(\frac{V}{V_K}\right)^b \tag{9}$$

Vermenigvuldigen we deze met VoT, dan krijgen we de gemiddelde kosten functie:

$$c = VOT \cdot T_0 \cdot \left(1 + a \cdot \left(\frac{V}{V_K}\right)^b\right) \tag{10}$$

Dit leidt tot een totale kostenfunctie:

$$TC = VOT \cdot T_0 \cdot V + VOT \cdot T_0 \cdot a \cdot \frac{V^{b+1}}{V_K^b} \tag{11}$$

De afgeleide hiervan geeft de marginale kostenfunctie:

$$mc = VOT \cdot T_0 + VOT \cdot T_0 \cdot a \cdot b \cdot \frac{V^b}{V_K{}^b} = VOT \cdot T_0 \cdot \left(1 + a \cdot b \cdot \left(\frac{V}{V_K}\right)^b\right) \tag{12}$$

De marginale externe kosten zijn het verschil tussen *mc* en *c*:

$$mec = VOT \cdot T_0 \cdot a \cdot b \cdot \left(\frac{V}{V_K} \right)^b \tag{13}$$

Gebruikmakend van de uitdrukking van het reistijdverlies ΔT hierboven, wordt dit:

$$mec = VOT \cdot b \cdot \Delta T \tag{14}$$

Bijlage J Belastingderving als gevolg van bijtellingsregeling

J.1 Inleiding

Het privégebruik van de auto van de zaak valt in Nederland onder de inkomsten- en loonbelasting. Voor alle auto's van de zaak waarmee meer dan 500 privékilometers per jaar wordt gereden dient een bepaald percentage van de cataloguswaarde bij het inkomen opgeteld te worden. Dit percentage is sinds 2008 afhankelijk van de CO_2-uitstoot van de auto[165] (Ministerie van Financiën, 2008). Er is geen aparte fiscale regeling voor de vergoedingen die zakenautorijders ontvangen voor de brandstofkosten van hun privéritten (bijv. in de vorm van een tankpas die wordt verstrekt aan de zakenautorijder); ook deze vergoedingen vallen onder de forfaitaire bijtellingsregeling.

In deze bijlage bekijken we in hoeverre de bovenstaande fiscale behandeling van het privégebruik van de auto van de zaak leidt tot een belastingderving voor de overheid. Daarbij beperken we ons tot de personenauto's[166]. Er zijn in Nederland ook bestelauto's van de zaak die privé gebruikt worden en waarvoor dus bijtelling wordt betaald. Deze voertuigen blijven in deze analyse echter buiten beschouwing.

In het vervolg van de bijlage bespreken we eerst enkele uitgangspunten (Paragraaf J.2), waarna we vervolgens stil staan bij de methodiek voor de bepaling van de belastingderving (Paragraaf J.3). In Paragraaf J.4 presenteren we tenslotte de resultaten van onze analyse.

J.2 Uitgangspunten

J.2.1 Belastingneutraliteit

Om te bepalen in hoeverre fiscale regelingen voor de auto van de zaak leiden tot belastingderving voor de overheid, dient er allereerst bepaald te worden in welke situatie er sprake is van 'belastingneutraliteit'; dat wil zeggen in welke situatie heeft de regeling geen invloed op de belastinginkomsten voor de overheid. Er zijn verschillende mogelijkheden om belastingneutraliteit te definiëren. In deze studie hebben we er voor gekozen om fiscale regelingen voor auto's van de zaak 'neutraal' te beschouwen als er geen veranderingen optreden in het belastbaar inkomen van de werknemer wanneer het financiële voordeel dat het ter beschikking stellen van de auto van de zaak voor privé-gebruik hem/haar oplevert vervangen wordt door een gelijkwaardige contante vergoeding [167]. Het begrip belastingneutraliteit operationaliseren we vervolgens door te kijken naar het verschil in de kosten voor de werkgever van

---

165 In 2010 gold voor benzineauto's met een CO_2-uitstoot van minder dan 110g/km en voor dieselauto's met een CO_2-uitstoot van 95 g/km een bijtellingspercentage van 14%. Voor benzine- en dieselauto's met respectievelijk een CO_2-uitstoot tussen de 111 en 140 g/km en 96 en 116 g/km was het bijtellingspercentage gelijk aan 20%. Voor de overige auto's gold tenslotte een bijtellingspercentage van 25%. De CO_2-grenzen voor deze drie bijtellings-categorieën zijn inmiddels aangescherpt.

166 Hierbij worden ook de IB-ondernemers met een auto van de zaak meegenomen.

167 Deze benadering sluit aan bij definitie van belastingneutraliteit zoals die wordt gehanteerd in Copenhagen Economics (2009).

het ter beschikking stellen van de auto voor privégebruik en de bruto kosten van het privégebruik van de auto van de zaak[168] (in de vorm van de bijtelling) voor de werknemer[169]. Hierbij wordt verondersteld dat de werkgever de kosten die hij nu maakt om de auto beschikbaar te stellen voor privégebruik ook als contante vergoeding uit had kunnen keren aan de werknemer. Als de kosten voor de werkgever (en daarmee de potentiële contante vergoeding) hoger zijn dan de bruto kosten voor de werknemer, dan betekent dit dat het belastbaar inkomen van deze werknemer momenteel eigenlijk 'te laag' wordt vast-gesteld. Immers, als het financiële voordeel van de auto van de zaak was uitgekeerd in de vorm van een contante vergoeding, dan was het belastbaar inkomen voor deze werknemer hoger geweest. In deze situatie is er dus sprake van een kleinere belastingbasis, wat leidt tot een belastingderving. In de situatie dat de kosten voor de werkgever lager zijn dan de bruto kosten voor de werknemer, dan is er sprake van een hogere belasting op het privégebruik van de auto van de zaak dan op andere loonelementen.

J.2.2 Woon-werkverkeer: zakelijk of privé?

Een belangrijke uitgangspunt voor de berekening van de belastingderving als gevolg van de bijtelling voor het privégebruik van de auto van de zaak is welk deel van de kilometers als privé kan worden aangemerkt. De discussie spitst zich daarbij met name toe op de woon-werkkilometers. Enerzijds kan beargumenteerd worden dat mensen deze kilometers maken om te kunnen werken en dat deze kilometers dus als niet-privé bestempeld kunnen worden. Dat is ook de lijn die de belastingwetgeving in Nederland momenteel volgt; ten aanzien van de bijtelling is bepaald dat woon-werk kilometers gelijk worden gesteld met zakelijke kilometers. Anderzijds kan betoogd worden dat mensen zelf kiezen voor de afstand waarop ze van hun werk gaan wonen en dat de daaruit volgende woon-werkkilometers dus aangemerkt kunnen worden als privékilometers. In deze bijlage maken we geen expliciete keuze voor één van beide perspectieven, maar brengen we beide varianten in beeld.

J.2.3 Kosten van privégebruik

Een ander belangrijk uitgangspunt is in hoeverre kosten van de auto dienen te worden toegewezen aan het privégebruik. Hierbij draait het met name om de vraag in hoeverre ook de vaste kosten van de auto van de zaak naar rato dienen te worden toegewezen aan het privégebruik. Voor de variabele kosten is namelijk duidelijk dat deze toegewezen dienen te worden aan het privé-gebruik van de auto van de zaak voor zover ze betrekking hebben op deze privékilometers. Voor de vaste kosten is de situatie echter gecompliceerder. Enerzijds kan beargumenteerd worden dat werknemers niet alleen profiteren van het gebruik van de auto van de zaak, maar ook van het bezit ervan. Het belangrijkste voorbeeld hiervan is wel als werknemers met een auto van

---

168 Feitelijk gaat het hier enkel om de kosten die van invloed zijn op het belastbaar inkomen van de werknemer. Om de terminologie enigszins overzichtelijk te houden hanteren we voor deze kosten de term bruto kosten.

169 Deze benadering wordt door Copenhagen Economics (2009) het 'firm-cost principle' genoemd. Een alternatieve benadering die ook door Copenhagen Economics wordt geïntroduceerd is het zogenaamde 'opportunity cost principle'. Bij laatstgenoemde benadering wordt er gekeken naar het verschil in de bruto kosten die de werknemer zou hebben indien zij zelf alle kosten van de auto zou moeten betalen (dus in de situatie dat de auto van de zaak een privéauto zou zijn geweest) en de bruto kosten van het privégebruik van de auto van de zaak (in de vorm van bijtelling) voor de werknemer. Door Copenhagen Economics worden beide benaderingen uitgewerkt, waaruit blijkt dat de verschillen in de uitkomsten minimaal zijn (maximaal 1%). Vanwege deze geringe verschillen in de uitkomsten van beide benaderingen is er in deze studie voor gekozen om slechts één van beide benaderingen uit te werken. De keuze is daarbij gevallen op de 'firm cost principle', omdat voor deze benadering de meest betrouwbare data voor handen was.

de zaak geen (tweede) privéauto aanschaffen, waardoor ze besparen op de vaste kosten van autobezit. Andere voorbeelden van (niet-financiële) voordelen die werknemers kunnen ondervinden van het bezit van een auto van de zaak is dat ze (vaak) de beschikking krijgen over een auto die luxer/groter is dan de auto die men anders privé had aangeschaft[170] of, in het geval dat ze anders geen (tweede) auto zouden hebben aangeschaft, het feit dat ze überhaupt gebruik kunnen maken van een auto. Anderzijds kan echter betoogd worden dat deze voordelen in omvang kleiner zijn dan de vaste kosten die naar rato zouden worden toegedeeld aan het privégebruik. Dit is bijvoorbeeld het geval als de werknemer die een auto van de zaak ter beschikking krijgt ook zijn privéauto aanhoudt en waarbij het bezit van twee auto's niet leidt tot een toename van de welvaart van deze persoon (bijvoorbeeld bij een alleenstaande werknemer waar het bezit van een tweede auto niet leidt tot extra flexibiliteit, zoals wel het geval kan zijn bij werknemers met een partner en/of gezin). In het meest extreme geval bestaat het voordeel van het gebruik van de auto van de zaak voor deze werknemer enkel uit de besparing op de variabele kosten.

Op basis van de beschikbare literatuur is het niet mogelijk om een inschatting te maken van de mate waarin werknemers profiteren van het bezit van een auto van de zaak[171]. Daarom hebben we er in deze studie voor gekozen om twee varianten door te rekenen. In de eerste variant veronderstellen we dat werknemers volop profiteren van het bezit van de auto van de zaak en dat de vaste kosten dienen te worden toegewezen aan het privégebruik naar rato van het aandeel van de privékilometers in het totale jaarkilometrage[172].
Deze variant geeft inzicht in de bovengrens van de belastingderving als gevolg van de bijtellingsgrens. In de tweede variant veronderstellen we dat werknemers alleen profiteren van het gebruik van de auto van de zaak en niet van het bezit. In deze variant worden daarom alleen de variabele kosten van de auto van de zaak toegewezen aan het privégebruik. Deze variant levert inzicht in de absolute ondergrens van de belastingderving.

---

170 Merk op dat werknemers dit niet altijd als een voordeel hoeven te ervaren, bijvoorbeeld als ze het voordeel van de grotere/luxere auto niet vinden opwegen tegen de hogere bijtelling.

171 Dit is ook juist de reden dat er in de huidige fiscale regelgeving is gekozen voor een forfaitaire benadering.

172 Wanneer bijvoorbeeld 40% van de totale kilometers gereden met een auto van de zaak een privé motief hebben, dan worden 40% van de vaste kosten toegerekend aan het privégebruik.

J.3 Methodiek

Het bepalen van de belastingderving als gevolg van de bijtelling voor het privégebruik van de auto van de zaak bestaat uit een drietal stappen:

1. Bepalen van de kosten voor de werkgever.
De kosten van het privégebruik van de auto van de zaak voor de werkgever zijn sterk afhankelijk van de wijze waarop de kosten worden toegewezen aan het privégebruik van auto van de zaak. Zoals hierboven aangegeven onderscheiden we hierbij twee varianten:

- *Zowel de vaste als variabele kosten worden (naar rato van het aandeel privékilometers in het totale jaarkilometrage) toegewezen aan het privégebruik van de auto van de zaak*. De totale kosten van de auto van de zaak bestaan uit de volgende posten[173]:
  - De kosten van het ter beschikking stellen van de auto van de zaak. We nemen in deze studie aan dat deze kosten voor de werkgever benaderd kunnen worden door de gemiddelde leasetarieven die de werkgever dient te betalen aan leasemaatschappijen.
  - De brandstofkosten van het gebruik van de auto van de zaak; werkgevers vergoeden over het algemeen de brandstofkosten van het gebruik van de auto van de zaak.

  Een punt van aandacht in deze variant is hoe de kosten van het ter beschikking stellen van de auto van de zaak en de brandstofkosten van het gebruik van deze auto dienen te worden toegerekend aan het privégebruik. Werknemers gebruiken deze auto immers ook voor zakelijke doeleinden en het lijkt dan ook gerechtvaardigd om slechts een deel van de werkgeverskosten toe te rekenen aan het privégebruik. We hanteren in deze variant de volgende uitgangspunten voor de toerekening van de werkgeverskosten aan het privégebruik:
  - Allereerst worden de kosten toegewezen aan privékilometers en zakelijk kilometers op basis van de aandelen van beide typen motieven in de totale jaarkilometrages.
  - De werkgeverskosten die worden toegewezen aan privékilometers worden volledig toegerekend aan de werknemer (privégebruik).
  - Voor de werkgeverskosten die worden toegewezen aan zakelijke kilometers dienen we een aanname te maken over welk deel daarvan toegerekend dient te worden aan de werkgever en welk deel aan de werknemer. In deze variant, die bedoeld is om de bovengrens te bepalen van de impliciete subsidie als gevolg van de bijtellingsregeling, nemen we aan dat de kosten die toegerekend dienen te worden aan de werkgever gelijk zijn aan de kosten die de werkgever zou ondervinden als de zakelijke rit met een privéauto zou zijn gemaakt[174]. We nemen aan dat deze kosten gelijk zijn aan de onbelaste kilometervergoeding die de werkgever voor het zakelijk gebruik van een privéauto mag

---

173 Eigenlijk zou ook de eigen bijdrage van de werknemer (vergoeding van de werknemer voor het privégebruik van de auto) deel moeten uitmaken van deze opsomming. Echter, aangezien deze eigen bijdrage ook onderdeel uitmaakt van de bruto kosten voor de werknemer vallen ze in de berekening uiteindelijk tegen elkaar weg. Vandaar dat we deze eigen bijdrage hier en ook in het vervolg van deze Bijlage niet hebben meegenomen.

174 Het idee achter deze aanname is dat er bij de bepaling van de impliciete subsidie bekeken dient te worden in hoeverre de zakenautorijder 'bevoordeeld' wordt ten opzichte van de werknemer die zijn privéauto gebruikt voor zakelijke ritten. Vandaar dat we in deze variant enkel de kosten die de werkgever zou betalen indien de werknemer gebruik maakt van een privéauto toerekenen aan de werkgever.

vergoeden, namelijk € 0,19 per kilometer[175]. De overige kosten die zijn toegewezen aan de zakelijke kilometers worden toegerekend aan de werknemer (privégebruik).

Voor de auto's van de zaak waarvoor geen bijtelling wordt betaald hanteren we in deze variant een alternatieve aanpak. Voor de wet hebben deze auto's een puur zakelijk karakter en dus ligt het voor de hand om alle kosten toe te rekenen aan de werkgever. Echter, in de variant waarbij de woon-werkkilometers beschouwd worden als privékilometers worden ook deze auto's privé gebruikt. In die situatie gaan we er ook vanuit dat € 0,19 per kilometer betaald dient te worden door de werkgever en de overige kosten door de werknemer.

- *Alleen de variabele kosten van de auto van de zaak worden toegewezen aan het privégebruik*. Evenals bij de eerste variant bestaan de kosten van de auto van de zaak uit de leasekosten en de brandstofkosten. Echter, in deze variant wordt een andere toedeling gemaakt van de kosten aan zakelijke en privékilometers. Aan de privékilometers worden enkel de variabele kosten (incl. brandstofkosten) toegerekend die samenhangen met het privégebruik van de auto. Alle overige kosten (incl. alle vaste kosten) worden toegewezen aan het zakelijk gebruik van de auto van de zaak.

In aanvulling op de bovenstaande varianten met betrekking tot de toedeling van de kosten van de auto van de zaak aan het privégebruik onderscheiden we ook twee varianten met betrekking tot de woon-werkkilometers: in de eerste variant worden woon-werkkilometers gezien als zakelijke kilometers en in de tweede variant als privékilometers. Wanneer we dit combineren met de twee bovenstaande varianten, dan resulteren er in totaal vier varianten waarvoor de kosten van het privégebruik van de auto van de zaak kunnen worden vast-gesteld. In Tabel 175 zijn deze vier varianten weergegeven, waarbij tevens is aangegeven welke kosten voor privégebruik in deze varianten gelden. Daarbij is onderscheid gemaakt naar zakelijke, woon-werk en privékilometers.

Tabel 175 Overzicht van uitgangspunten voor de berekening van de kosten van privégebruik van de auto van de zaak voor de werkgever in de verschillende varianten

	Totale kosten worden toegewezen aan privégebruik	**Alleen variabele kosten worden toegewezen aan privégebruik**
Auto's waarvoor wel bijtelling wordt betaald		
Woon-werk km's zijn zakelijke km's	– Zakelijk: totale kosten (naar rato[a]) - € 0,19/km – Woon-werk: totale kosten (naar rato[b]) - € 0,19/km – Privé: totale kosten (naar rato[c])	– Zakelijk: 0 – Woon-werk: 0 – Privé: variabele kosten
Woon-werk km's zijn privékm's	– Zakelijk: totale kosten (naar rato[a]) - € 0,19/km – Woon-werk: totale kosten (naar rato[b]) – Privé: totale kosten (naar rato[c])	– Zakelijk: 0 – Woon-werk: variabele kosten – Privé: variabele kosten

[175] MuConsult (2012) laat zien dat de gemiddelde kilometervergoeding voor het zakelijk gebruik van de privéauto ca. € 0,17 per kilometer bedraagt. Het gaat hier om een gemiddelde vergoeding over alle werknemers die van hun werknemer een kilometervergoeding ontvangen. Echter, er mag aangenomen worden dat werknemers die nu een auto van de zaak rijden een bovengemiddelde kilometervergoeding zouden krijgen indien zij hun auto van de zaak zouden moeten inleveren. Vandaar dat we hier uitgaan van een vergoeding van € 0,19 per kilometer. In de praktijk zouden zij wellicht nog een hogere vergoeding ontvangen van hun werknemer. Maar aangezien de vergoeding boven de € 0,19 per kilometer belast is, leidt dit niet tot belastingderving en hoeft dus in deze analyse niet meegenomen te worden.

	Totale kosten worden toegewezen aan privégebruik	Alleen variabele kosten worden toegewezen aan privégebruik
Auto's waarvoor geen bijtelling wordt betaald		
Woon-werk km's zijn zakelijke km's	– Zakelijk: 0 – Woon-werk: 0	– Zakelijk: 0 – Woon-werk: 0
Woon-werk km's zijn privékm's	– Zakelijk: 0 – Woon-werk: totale kosten (naar rato[b]) - € 0,19/km	– Zakelijk: 0 – Woon-werk: variabele kosten

[a] De totale kosten worden naar rato van het aandeel zakelijke kilometers in de totale jaarkilometrages toegewezen aan de zakelijke kilometers.

[b] De totale kosten worden naar rato van het aandeel woon-werkkilometers in de totale jaarkilometrages toegewezen aan de woon-werkkilometers.

[c] De totale kosten worden naar rato van het aandeel privékilometers in de totale jaarkilometrages toegewezen aan de privékilometers.

2. Bepalen van de bruto kosten voor de werknemer

De bruto kosten van het privégebruik van de auto van de zaak bestaan voor de werknemer uit de bijtelling voor het privégebruik van de auto van de zaak.

3. Bepalen van de belastingderving

Op basis van de resultaten van stap 1 en 2 kunnen we voor een gemiddelde auto van de zaak het verschil tussen de kosten voor de werkgever en de bruto kosten voor de werknemer bepalen. Dit verschil kan opgevat worden als de 'te krappe' (of 'te ruime' als de kosten voor de werknemer hoger zijn dan voor de werkgever) belastingbasis. Door dit verschil vervolgens te vermenigvuldigen met de marginale belastingvoet kan de belastingderving per auto van de zaak bepaald worden. De totale belastingderving wordt tenslotte gevonden door de belastingderving per auto te vermenigvuldigen met het aantal auto's van de zaak.

J.4 Resultaten

Het bepalen van de belastingderving als gevolg van de bijtellingsregeling voor de auto van de zaak gaat volgens de drie stappen zoals beschreven in de vorige paragraaf. In deze paragraaf beschrijven we de uitwerking van die drie stappen, om uiteindelijk de resultaten van onze analyse te presenteren.

J.4.1 Bepalen van de kosten voor de werkgever

Bij de bepaling van de kosten voor de werkgever onderscheiden we twee stappen. Allereerst bepalen we de totale jaarlijkse werkgeverskosten om een auto van de zaak ter beschikking te stellen aan een werknemer.
Vervolgens bepalen we welk deel van deze werkgeverskosten dienen te worden toegerekend aan het privégebruik van de auto van de zaak. Daarbij maken we onderscheid naar de vier varianten zoals die in de vorige paragrafen zijn toegelicht.

Totale jaarlijkse werkgeverskosten

Een overzicht van de jaarlijkse werkgeverskosten van het ter beschikking stellen van een auto van de zaak is weergegeven in Tabel 176.

Tabel 176 Kosten van het ter beschikking stellen van de auto van de zaak voor de werkgever (€/jaar)

Brandstoftype	Leasekosten	Brandstofkosten	Totale kosten
Auto's waarvoor bijtelling wordt betaald			
Benzine	7.108	3.621	10.729
Diesel	10.104	3.231	13.335
LPG	9.231	2.741	11.972
Auto's waarvoor geen bijtelling wordt betaald			
Benzine	7.108	2.336	9.443
Diesel	10.104	2.084	12.188
LPG	9.231	1.768	10.999

Bronnen: Leasekosten (CBS, 2012), brandstofkosten (Ecorys, 2012; TNO, 2012; VNA, 2010; bewerking CE Delft).

Noot: Zoals eerder aangegeven worden de leasekosten gebaseerd op de gemiddelde leasetarieven in 2010. Er is geen informatie beschikbaar in hoeverre deze gemiddelde tarieven verschillen tussen auto's waarvoor wel bijtelling wordt betaald en auto's waarvoor dat niet wordt gedaan. Daardoor worden de leasekosten voor de eerstgenoemde categorie waarschijnlijk (licht) onderschat en voor de tweede categorie (licht) overschat.

De leasekosten zijn gebaseerd op de gemiddelde leasetarieven voor auto's van de zaak in 2010 (CBS, 2012). De gemiddelde brandstofkosten zijn bepaald door allereerst het totale brandstofverbruik per auto in 2010 te bepalen door de gemiddelde jaarkilometrages[176] te vermenigvuldigen met het gemiddelde brandstofverbruik[177]. Vervolgens is het totale brandstofverbruik (per brandstoftype) vermenigvuldigd met de gemiddelde brandstofprijzen voor 2010[178]. Het verschil in brandstofkosten tussen auto's van de zaak waarvoor wel bijtelling wordt betaald en de auto's van de zaak waarvoor dat niet wordt gedaan is te verklaren door het lagere gemiddelde jaarkilometrage voor de laatste groep. Door de leasekosten en de brandstofkosten bij elkaar op te tellen vinden we de totale kosten voor de werkgever van het ter beschikking stellen van een auto van de zaak.

176 De gemiddelde jaarkilometrages voor de auto van de zaak zijn gebaseerd op jaarcijfers van de VNA (VNA, 2010). In deze rapportage worden de gemiddelde jaarkilometrages per brandstofsoort gepresenteerd. Op basis van Ecorys (2012) is vervolgens ingeschat wat de specifieke jaarkilometrages zijn voor auto's waarvoor wel bijtelling wordt betaald en auto's waarvoor dat niet wordt gedaan. Voor de eerste groep zijn de gemiddelde jaarkilometrages respectievelijk 30.235 (benzine), 42.904 (diesel) en 39.071 (LPG). Voor de auto's van de zaak waarvoor geen bijtelling wordt betaald zijn de gemiddelde jaarkilometrages respectievelijk 19.503 (benzine), 27.675 (diesel) en 25.203 (LPG). In voetnoot 179 is aangegeven hoe deze kilometrages zijn verdeeld over de verschillende reismotieven.

177 Het gemiddelde brandstofverbruik van auto's van de zaak is gebaseerd op ruwe data van Travelcard, die door TNO zijn bewerkt (TNO, 2012). De gemiddelde verbruikscijfers zijn: 12.6 km/l (benzine), 15.6 km/l (diesel) en 9.2 km/l (LPG).

178 De gehanteerde brandstofprijzen zijn: € 1,50/l voor benzine, € 1,17/l voor diesel en € 0,64 voor LPG (CBS, 2012).

Jaarlijkse werkgeverskosten toe te schrijven aan privégebruik

Voor de totale jaarlijkse werkgeverskosten zoals weergegeven in Tabel 176 is bepaald welk deel toegeschreven kan worden aan het privégebruik van de auto van de zaak. Daarbij hebben we gebruik gemaakt van de aannames zoals die in Paragraaf J.3 zijn gepresenteerd. De resultaten van deze toerekening zijn weergegeven in Tabel 177.

Tabel 177 Jaarlijkse werkgeverskosten van de auto van de zaak die kunnen worden toegeschreven aan het privégebruik (€)

	Totale kosten toegerekend aan privégebruik		Variabele kosten toegerekend aan privégebruik	
	ww-km = zakelijk km	ww-km = privékm	ww-km = zakelijk km	ww-km = privékm
Auto's waarvoor bijtelling wordt betaald				
Benzine	6.730	8.730	1.647	3.538
Diesel	7.417	10.376	1.702	3.965
LPG	6.627	9.299	1.533	3.505
Auto's waarvoor geen bijtelling wordt betaald				
Benzine	0	2.869	0	1.753
Diesel	0	3.465	0	2.011
LPG	0	3.105	0	1.766

Noot: Ter illustratie lichten we hier de berekening van totale kosten die worden toegerekend aan het privégebruik voor benzineauto's nader toe. Allereerst voor de auto's waarvoor wel bijtelling wordt betaald:

- Totale kosten toegerekend, ww-km = zakelijke kilometer: op de totale kosten (€ 10.729, zie Tabel 176) wordt een bedrag in mindering gebracht dat gelijk is aan de som van de woon-werk en zakelijke kilometers (ca. 21.044) vermenigvuldigd met € 0,19. De resulterende kosten zijn dan € 6.730.
- Totale kosten toegerekend, ww-km = privékm: op de totale kosten (€ 10.729) wordt een bedrag in mindering gebracht dat gelijk is aan de zakelijke kilometers (ca. 10.522) vermenigvuldigd met € 0,19. De resulterende kosten zijn dan € 8.730.
- Variabele kosten toegerekend, ww-km = zakelijke kilometer: de variabele kosten (ca. € 0,18 per kilometer) worden vermenigvuldigd met het aantal privékilometers (9.161).De resulterende kosten zijn dan ca. € 1.647 (afwijkingen zijn het gevolg van afrondingsverschillen).
- Variabele kosten toegerekend, ww-km = privékm: de variabele kosten (ca. € 0,18 per kilometer) worden vermenigvuldigd met de som van del privé- en woon-werk-kilometers (19.683).De resulterende kosten zijn dan ca. € 3.538 (afwijkingen zijn het gevolg van afrondingsverschillen).

Voor de auto's waarvoor wel bijtelling is betaald zijn de volgende berekeningen uitgevoerd:

- Totale kosten, ww-km = privékm: allereerst is bepaald welk deel van de totale kosten (€ 9.443, zie Tabel 176) toegerekend dient te worden aan woon-werkkilometers door de totale kosten te vermenigvuldigen met het aandeel van de woon-werkkilometers in de totale jaarkilometrages (50%). Hierop is vervolgens een bedrag in mindering gebracht dat gelijk is aan de woon-werkkilometers (9.752) vermenigvuldigd met € 0,19 per kilometer. De resulterende kosten zijn dan ca. € 2.869.
- Variabele kosten, ww-km = privékm: de variabele kosten (ca. € 0,18 per kilometer) zijn vermenigvuldigd met het aantal woon-werkkilometers (9.752). De resulterende kosten zijn ca. € 1.753.

De hoogste jaarlijkse werkgeverskosten bestaan in de varianten waarbij zowel de vaste als variabele kosten worden toegedeeld aan het privégebruik van de auto van de zaak. Zoals aangegeven in Paragraaf J.3 is dit gedaan door op de totale werkgeverskosten een bedrag in mindering te brengen dat gelijk is aan € 0,19 per zakelijk gereden kilometer[179]. In de eerste variant (woon-werk-kilometers worden opgevat als zakelijke kilometers) worden hierbij zowel de zakelijke als woon-werkkilometers meegenomen, terwijl bij de tweede variant (woon-werkkilometers worden opgevat als privékilometers) alleen voor de zakelijke kilometers deze correctie hoeft te worden doorgevoerd. Voor de auto's waarvoor geen bijtelling wordt betaald geldt dat er alleen kosten aan het privégebruik worden toegewezen in de variant waarin de woon-werk-kilometers worden beschouwd als privékilometers. In deze variant zijn de werkgeverskosten van het privégebruik bepaald door allereerst de totale kosten te bepalen die kunnen worden toegewezen aan woon-werkkilometers (op basis van het aandeel van woon-werkkilometers in de totale jaar-kilometrages van deze auto's) en daar vervolgens € 0,19 per gereden kilometer op in mindering te brengen.

De jaarlijkse werkgeverskosten in de varianten waarbij enkel de variabele kosten worden toegerekend aan het privégebruik van de auto van de zaak zijn aanzienlijk lager dan in de eerste twee varianten. Zoals aangegeven in Paragraaf J.3 worden deze kosten berekend door de variabele kosten per kilometer[180] te vermenigvuldigen met het aantal afgelegde privékilometers. Het aantal privékilometers is uiteraard hoger in de variant waarbij de woon-werkkilometers als privékilometers worden beschouwd en daarmee zijn dus ook de jaarlijkse werkgeverskosten in die variant hoger. Voor de auto's waarvoor geen bijtelling wordt betaald bestaan er alleen werkgeverskosten die toegeschreven kunnen worden aan het privégebruik van de auto in de variant waarin de woon-werkkilometers als privékilometers worden beschouwd.

J.5 Bepalen van de bruto kosten voor de werknemer

De bruto kosten voor de werknemer bestaan uit de bruto bijtelling voor het privégebruik van de auto van de zaak (zie Tabel 178). Deze kosten gelden alleen voor de auto's waarvoor bijtelling wordt betaald. Voor de auto's waarvoor geen bijtelling wordt betaald zijn er geen kosten voor de werk-nemer.

---

179 De verdeling van de jaarkilometrages over de verschillende reismotieven is gedaan op basis van Ecorys (2012). Voor de benzineauto's waarvoor wel bijtelling wordt betaald geldt dat ca. 34,8% van de kilometers betrekking heeft op zakelijke kilometers, 34,8% op woon-werkkilometers en 30,4% op privékilometers. Voor de dieselauto's in deze categorie is uitgegaan van de volgende percentages: 36,3%, 36,3% en 27,3%. Voor de LPG auto's is tenslotte uitgegaan van respectievelijk 36,0%, 36,0% en 27,0%. Voor de auto's waarvoor geen bijtelling wordt betaald is (voor alle brandstoftypen) aangenomen dat ca. 50% van de kilometers betrekking heeft op woon-werkverkeer en de andere 50% op zakelijk verkeer. De privékilometers zijn verwaarloosbaar geacht voor deze categorie auto's van de zaak.

180 De variabele kosten bestaan uit de brandstofkosten en de overige variabele kosten (bijvoorbeeld onderhoud). De overige variabele kosten van de auto van de zaak zijn gebaseerd op de opgave van een drietal leasemaatschappijen en zijn voor benzineauto's ca. € 0,06 per kilometer en voor diesel en LPG-auto's ca. € 0,07 per kilometer.

Tabel 178 Gemiddelde bruto bijtelling voor de auto van de zaak in 2010

	Gemiddelde cataloguswaarde (€)	Gemiddeld bijtellingspercentage	Gemiddelde bruto bijtelling (€/jaar)
Benzine	22.000	22,4%	4.928
Diesel	34.310	24,3%	8.337
LPG	25.000	22.4%	5.600

Bronnen: Gemiddelde cataloguswaarde (VNA, 2010; Bovag, 2012), gemiddeld bijtellingspercentage (RDC Marktmonitor).

J.6 Bepalen van de belastingderving

Op basis van de resultaten van de eerste twee stappen kan de belastingderving per auto bepaald worden. Voor de vier varianten is dit weergegeven in Tabel 179 t/m Tabel 182. De gemiddelde belastingderving per auto is daarbij bepaald door het verschil in de kosten voor de werkgever en de werknemer te vermenigvuldigen met een marginale belastingtarief van 44,7% (Ministerie van Financiën, 2012). De totale belastingderving is vervolgens bepaald door de belastingderving per auto te vermenigvuldigen met het aantal auto's van de zaak in 2010[181].

Tabel 179 Belastingderving als gevolg van de bijtelling voor het privégebruik van de auto van de zaak in de variant waarbij de totale kosten naar rato worden toegedeeld aan privégebruik van de auto en woon-werkkilometers als zakelijke kilometers worden beschouwd (€/jaar)

	Kosten werkgever per auto (€/jaar)	Kosten werknemer per auto (€/jaar)	Belastingderving per auto (€/jaar)	Totale belasting-derving (mln €/jaar)
Auto's waarvoor bijtelling wordt betaald				
Benzine	6.730	4.928	806	293
Diesel	7.417	8.337	-411	-127
LPG	6.627	5.600	459	6
Auto's waarvoor geen bijtelling wordt betaald				
Benzine	0	0	0	0
Diesel	0	0	0	0
LPG	0	0	0	0
Totaal				*172*

[181] Het totale aantal auto's van de zaak (incl. onderverdeling naar brandstofsoort) is overgenomen uit Ecorys (2011). De onderverdeling naar auto's waarvoor wel of geen bijtelling wordt betaald is gemaakt met behulp van Ecorys (2012), waaruit blijkt dat er voor 17,1% van de auto's van de zaak niet wordt bijgeteld. Het aantal auto's van de zaak waarvoor wel wordt bijgeteld is: 363.359 (benzine), 308.512 (diesel) en 13.712 (LPG). Het aantal auto's van de zaak waarvoor niet wordt bijgeteld is: 74.951 (benzine), 63.638 (diesel) en 2.828 (LPG).

Tabel 180 **Belastingderving als gevolg van de bijtelling voor het privégebruik van de auto van de zaak in de variant waarbij de totale kosten naar rato worden toegedeeld aan privégebruik van de auto en woon-werkkilometers als privékilometers worden beschouwd (€/jaar)**

	Kosten werkgever per auto	Kosten werknemer per auto	Belastingderving per auto	Totale belasting-derving
Auto's waarvoor bijtelling wordt betaald				
Benzine	8.730	4.928	1.699	617
Diesel	10.376	8.337	911	281
LPG	9.299	5.600	1.654	23
Auto's waarvoor geen bijtelling wordt betaald				
Benzine	2.869	0	1.282	96
Diesel	3.465	0	1.549	99
LPG	3.105	0	1.388	4
Totaal				*1.120*

Tabel 181 **Belastingderving als gevolg van de bijtelling voor het privégebruik van de auto van de zaak in de variant waarbij enkel de variabele kosten naar rato worden toegedeeld aan privégebruik van de auto en woon-werkkilometers als zakelijke kilometers worden beschouwd (€/jaar)**

	Kosten werkgever per auto	Kosten werknemer per auto	Belastingderving per auto	Totale belasting-derving
Auto's waarvoor bijtelling wordt betaald				
Benzine	1.647	4.928	-1.467	-533
Diesel	1.702	8.337	-2.966	-915
LPG	1.533	5.600	-1.818	-25
Auto's waarvoor geen bijtelling wordt betaald				
Benzine	0	0	0	0
Diesel	0	0	0	0
LPG	0	0	0	0
Totaal				*-1.473*

Tabel 182 **Belastingderving als gevolg van de bijtelling voor het privégebruik van de auto van de zaak in de variant waarbij enkel de variabele kosten naar rato worden toegedeeld aan privégebruik van de auto en woon-werkkilometers als privékilometers worden beschouwd (€/jaar)**

	Kosten werkgever per auto	Kosten werknemer per auto	Belastingderving per auto	Totale belasting-derving
Auto's waarvoor bijtelling wordt betaald				
Benzine	3.538	4.928	-621	-226
Diesel	3.965	8.337	-1.954	-603
LPG	3.505	5.600	-937	-13
Auto's waarvoor geen bijtelling wordt betaald				
Benzine	1.753	0	784	59
Diesel	2.011	0	899	57
LPG	1.766	0	789	2
Totaal				*-723*

Zoals verwacht mocht worden treedt de hoogste belastingderving op in de varianten waarbij zowel een deel van de vaste als van de variabele kosten van de auto van de zaak worden toegewezen aan het privégebruik (respectievelijk € 1,1 en € 0,2 miljard per jaar). Deze belastingderving is hoger indien de woon-werkkilometers als privékilometers worden beschouwd. In die situatie

wordt immers ook de impliciete vergoeding voor het woon-werkverkeer gezien als belastingderving. In de varianten waarbij enkel de relevante variabele kosten worden toegerekend aan het privégebruik van de auto van de zaak is er sprake van een negatieve belastingderving (van respectievelijk € 0,7 en € 1,4 miljard), wat inhoudt dat het privégebruik van de auto zwaarder belast wordt dan andere loonelementen. Zoals eerder opgemerkt gaat het hierbij om een absolute ondergrens (een deel van de zakenautorijders ondervindt ook voordelen van het bezit van de auto van de zaak, een voordeel dat in deze varianten niet wordt meegenomen).

Bijlage K Kosten BIBK/BUBK

In deze bijlage geven we voor het wegverkeer een gedetailleerd overzicht van de externe kosten binnen en buiten de bebouwde kom voor de verschillende vervoerswijzen.

Tabel 183 Overzicht van de verschillende kosten BIBK en BUBK voor de personenauto

Personenauto	Totale kosten in mln €		Gemiddelde kosten in €/1.000 rkm	
Kostenpost	**BIBK**	**BUBK**	**BIBK**	**BUBK**
Kosten van broeikasgasemissies	403	1.048	14	10
Kosten van luchtvervuiling	292	442	11	4
Infrastructuurkosten	2.638	3.184	95	30
Ruimtebeslag	983	172	35	2
Kosten van geluidsbelasting	394	101	14	1
Ongevalskosten	3.613	1.709	130	16
Overige kosten en baten	138	192	5	2
Kosten van emissies door energieopwekking	261	679	9	6
Totaal	8.721	7.527	314	70

Tabel 184 Overzicht van de verschillende kosten BIBK en BUBK voor de bestelauto

Bestelauto	Totale kosten in mln €		Gemiddelde kosten in €/1.000 vkm	
Kostenpost	**BIBK**	**BUBK**	**BIBK**	**BUBK**
Kosten van broeikasgasemissies	63	252	22	3
Kosten van luchtvervuiling	106	252	38	17
Infrastructuurkosten	381	664	136	46
Ruimtebeslag	142	38	51	3
Kosten van geluidsbelasting	76	22	27	2
Ongevalskosten	460	381	164	26
Overige kosten en baten	40	74	14	5
Kosten van emissies door energieopwekking	35	140	12	10
Totaal	1.302	1.822	463	111

Tabel 185 Overzicht van de verschillende kosten BIBK en BUBK voor de bus

Bus	Totale kosten in mln €		Gemiddelde kosten in €/1.000 rkm	
Kostenpost	**BIBK**	**BUBK**	**BIBK**	**BUBK**
Kosten van broeikasgasemissies	13	6	5	5
Kosten van luchtvervuiling	29	6	12	6
Infrastructuurkosten	355	91	141	84
Ruimtebeslag	8	0	3	0
Kosten van geluidsbelasting	35	0	14	0
Ongevalskosten	82	7	32	6
Overige kosten en baten	15	3	6	3
Kosten van emissies door energieopwekking	8	4	3	3
Totaal	545	118	216	109

Tabel 186 Overzicht van de verschillende kosten BIBK en BUBK voor de touringcar

Touringcar	Totale kosten in mln €		Gemiddelde kosten in €/1.000 rkm	
Kostenpost	**BIBK**	**BUBK**	**BIBK**	**BUBK**
Kosten van broeikasgasemissies	4	16	2	2
Kosten van luchtvervuiling	8	17	5	3
Infrastructuurkosten	143	342	89	53
Ruimtebeslag	2	1	1	0
Kosten van geluidsbelasting	10	1	6	0
Ongevalskosten	23	18	15	3
Overige kosten en baten	4	8	3	1
Kosten van emissies door energieopwekking	2	9	1	1
Totaal	197	412	123	63

Tabel 187 Overzicht van de verschillende kosten BIBK en BUBK voor de motorfiets

Motorfiets	Totale kosten in mln €		Gemiddelde kosten in €/1.000 rkm	
Kostenpost	**BIBK**	**BUBK**	**BIBK**	**BUBK**
Kosten van broeikasgasemissies	4	18	8	7
Kosten van luchtvervuiling	4	13	8	5
Infrastructuurkosten	11	49	25	20
Ruimtebeslag	9	2	20	1
Kosten van geluidsbelasting	92	11	208	5
Ongevalskosten	59	62	132	25
Overige kosten en baten	1	3	3	1
Kosten van emissies door energieopwekking	3	13	6	5
Totaal	182	172	409	70

Tabel 188 Overzicht van de verschillende kosten BIBK en BUBK voor de bromfiets

Bromfiets	Totale kosten in mln €		Gemiddelde kosten in €/1.000 rkm	
Kostenpost	**BIBK**	**BUBK**	**BIBK**	**BUBK**
Kosten van broeikasgasemissies	2	1	3	3
Kosten van luchtvervuiling	12	3	17	10
Infrastructuurkosten	20	54	29	186
Ruimtebeslag	14	2	19	7
Kosten van geluidsbelasting	127	1	179	4
Ongevalskosten	402	119	567	411
Overige kosten en baten	2	1	3	4
Kosten van emissies door energieopwekking	2	1	2	2
Totaal	581	182	820	626

Tabel 189 Overzicht van de verschillende kosten BIBK en BUBK voor de vrachtauto

Vrachtauto	Totale kosten in mln €		Gemiddelde kosten in €/1.000 tkm	
Kostenpost	**BIBK**	**BUBK**	**BIBK**	**BUBK**
Kosten van broeikasgasemissies	55	340	12	7
Kosten van luchtvervuiling	138	496	30	10
Infrastructuurkosten	456	2.120	100	44
Ruimtebeslag	51	55	11	1
Kosten van geluidsbelasting	187	8	41	0
Ongevalskosten	194	333	43	7
Overige kosten en baten	54	178	12	4
Kosten van emissies door energieopwekking	34	213	8	4
Totaal	1.168	3.743	257	78

Bijlage L Vergelijking met CE Delft en VU (2004)

Deze studie vormt een update van de studie de ‘Prijs van een Reis’ uit 2004 (CE Delft en VU, 2004). In deze bijlage maken we een korte vergelijking van de uitkomsten van beide studies.

Tabel 190 geeft een overzicht van de kosten per 1.000 vkm en per 1.000 tkm voor de binnenvaart in 2002 en 2010 voor de verschillende kostenposten. Merk op dat in CE Delft en VU (2004) minder vervoerswijzen en kostenposten zijn bekeken dan in deze studie; enkel de kostenposten en vervoerswijzen die in beide studies zijn beschouwd komen in deze bijlage aan bod.

Tabel 190 Vergelijking van de externe- en infrastructuurkosten tussen de 'Prijs van een reis' studie voor 2002 en deze studie (2010)

	Klimaat (incl. upstream)		Luchtvervuiling (incl. upstream)		Infrastructuur		Ruimtebeslag		Geluid		Ongevallen	
Voertuigcategorie	**2010**	**2002**	**2010**	**2002**	**2010**	**2002**	**2010**	**2002**	**2010**	**2002**	**2010**	**2002**
Personenvervoer in €/1.000 vkm												
Personenauto benzine	18	13	12	10	61	12	13	6	5	3	57	27
Personenauto diesel	15	11	18	20	51	12	9	6	4	4	44	27
Personenauto LPG	16	10	9	9	53	12	9	6	4	3	44	27
Bus	75	78	145	305	1.468	104	28	4	115	61	290	104
Touringcar	64	60	97	160	1.381	1.010	10	4	32	21	117	79
Motorfiets	11	8	11	72	24	49	4	7	41	63	48	69
Bromfiets	4	5	16	97	74	37	16	9	127	32	518	141
Personentrein elektrisch	428	236	811	43	24.701	14.433	250	464	195	480	224	678
Personentrein diesel	134	325	796	1.526	14.505	14.433	251	155	195	480	225	678
Goederenvervoer in €/1.000 vkm												
Bestelauto	21	15	28	49	60	71	10	10	6	7	48	23
Vrachtauto	67	37	118	115	374	222	15	5	28	32	77	68
Goederentrein elektrisch	772	690	1.463	127	75.646	15.610	820	693	781	1.919	225	678
Goederentrein diesel	872	885	6.064	3.809	38.184	15.610	820	132	781	1.919	225	678
Binnenvaart in €/1.000 tkm												
Binnenvaart	3	3	9	9	28	7	1	2	0	0	0	0

De verschillen per kostenpost worden hieronder verder beschreven. Voor alle kostenposten geldt dat de kosten in de CE Delft en VU (2004) studie zijn uitgedrukt in het prijsniveau voor 2002, terwijl de kosten in deze studie zijn uitgedrukt in het prijsniveau voor 2010. De inflatie in deze periode is ca. 12% geweest en daardoor zijn de kosten dus ook 12% hoger (CBS, Statline). In de weg- en waterbouw is de inflatie zelfs nog sterker geweest (ca. 30%) (CBS, Statline), wat één van de verklaringen is voor de hogere infrastructuurkosten.

Kosten van broeikasgasemissies

De kosten van broeikasgasemissies liggen in 2010 vaak hoger dan het geval was in 2002 doordat de gehanteerde schaduwprijs ook hoger was (grofweg 1,6 keer zo hoog). Dit heeft eventuele efficiencyverbeteringen die hebben plaatsgevonden gecompenseerd. Een ander verschil tussen de huidige en oude studie is dat in de CE Delft en VU (2004) studie enkel kosten van broeikasgasemissies zijn meegenomen, terwijl in deze studie voor het wegvervoer, spoorvervoer en de binnenvaart ook de klimaatbaten van NO_x zijn meegenomen.
Dit compenseert gedeeltelijk de hogere kosten van broeikasgasemissies als gevolg van de hogere gehanteerde schaduwprijs.

De kosten van broeikasgasemissies zijn in 2010 tevens anders toegedeeld aan elektrische en dieseltreinen, doordat er in deze studie meer rekening is gehouden met verschillen in treinlengte (en dus in energiegebruik) tussen diesel en elektrisch. Elektrische treinen hebben daardoor een hoger energieverbruik en hogere kosten van broeikasgasemissies bij de energieopwekking.

Luchtvervuiling

De kosten van luchtvervuiling zijn voor sommige voertuigcategorieën lager geworden terwijl deze kosten voor andere voertuigcategorieën zijn gestegen. Over het algemeen zijn voertuigen schoner geworden en zijn de luchtvervuilende emissies per voertuigkilometer gedaald. Echter, dit wordt deels gecompenseerd doordat de schaduwprijzen zijn gestegen, met name in stedelijke gebieden.

De brom- en motorfiets hebben in 2010 aanzienlijk lagere kosten van luchtvervuiling. Dit komt doordat HC emissies niet zijn meegenomen in deze studie, terwijl deze emissies in CE Delft en VU (2004) verantwoordelijk waren voor het grootste deel van de luchtvervuilingskosten van brom- en motorfietsen. De kosten van de trein (m.u.v. personentrein diesel) zijn juist aanzienlijk hoger dan in CE Delft en VU (2004). Dit wordt veroorzaakt door hogere slijtage (PM_{10}-)emissies dan was aangenomen in de vorige studie.
De afname van de kosten van luchtvervuiling voor de diesel personentrein is met name het gevolg van het feit dat deze treinen tegenwoordig met name op kortere trajecten rijden met lichtere treinen.

Infrastructuurkosten

De infrastructuurkosten zijn aanzienlijk gestegen ten opzichte van de situatie in 2002. Voor het wegverkeer liggen de totale infrastructuurkosten aanzienlijk hoger, doordat er de afgelopen jaren fors is geïnvesteerd (ca. 20% hogere totale kosten). Hierdoor zijn ook de kosten per vervoerswijze hoger.
In absolute zin is deze stijging in kosten per kilometer uiteraard het grootst voor de vervoerswijzen waarvoor de kosten al hoog waren (bus, touringcar en vrachtauto). Daarnaast geldt voor de personenauto en voor bestelauto's dat de kosten van parkeerplaatsen zijn meegenomen als infrastructuurkosten terwijl deze in CE Delft en VU (2004) als aparte categorie zijn berekend en gepresenteerd. De hoge kosten van de bus en touringcar zijn ook hoger doordat het aantal voertuigkilometers van vrachtauto's binnen de bebouwde

kom is gedaald; de overgebleven zware voertuigen (bus en touringcar, maar ook de achtergebleven vrachtauto's) krijgen daardoor een groter deel van de (gewichtsafhankelijke) kosten toegerekend, waardoor de kosten per vkm ook stijgen. Vooral bij de zwaardere vrachtauto's is ook het feit dat er gebruik is gemaakt van hogere PAE-waarden dan in de vorige studie van invloed op de hogere infrastructuurkosten (zie ook de uitgevoerde gevoeligheidsanalyse voor de invloed van alternatieve PAE-waarden op de gemiddelde infrastructuur-kosten zoals weergegeven in Paragraaf 3.3.3).

Voor de trein zijn de hogere infrastructuurkosten met name te verklaren door grootschalige investeringen aan het spoor, met name in de HSL- en de Betuwelijn[182].

De infrastructuurkosten voor de binnenvaart zijn over het algemeen goed vergelijkbaar met de waarden in CE Delft en VU (2004) al zijn in deze studie ook de kosten van de zeehaveninfrastructuur deels toegewezen aan de binnenvaart. In CE Delft en VU (2004) was dit niet het geval, waardoor de kosten hoger zijn uitgevallen.

Ten slotte geldt voor alle vervoerswijzen dat de wijze waarop vernieuwings-kosten zijn meegenomen in deze studie (afschrijven in plaats van lopende uitgaven) heeft geleid tot enigszins hogere kosten.

Ruimtebeslag

Voor de kosten van ruimtebeslag geldt eveneens dat is gerekend met andere schaduwprijzen. Voor het wegverkeer is met name het ruimtegebruik van parkeerplaatsen hoger gewaardeerd, waardoor de kosten van ruimtebeslag voor personenauto's en bestelauto's hoger uitvallen. Door het optreden van verschuivingen in de aandelen van de verschillende vervoerswijzen in het (stedelijke) verkeer en het gebruik van andere (hogere) PAE-waarden wordt daarnaast een groter deel van de kosten van ruimtebeslag toegedeeld aan de grotere voertuigen. Dit verklaart (deels) de stijging in de kosten voor bussen en vrachtauto's.

Bij het spoorvervoer zien we dat de kosten voor de personentrein in deze studie lager zijn, doordat er minder indirect ruimtebeslag binnen de bebouwde kom is toegerekend; dit is het ruimtebeslag met de hoogste waardering.
Wat betreft de goederentrein zijn de kosten van ruimtebeslag juist aanzienlijk hoger, dit kan worden verklaard door een toename in ruimtebeslag wat wordt veroorzaakt door de aanleg van de Betuwelijn.

---

[182] Opmerkelijk is dat de totale aanlegkosten voor enkel het gemengde net ten opzichte van de vorige studie zijn afgenomen: van ca. € 884 miljoen (prijspeil 2002) naar ca. € 873 miljoen (prijspeil 2010). De belangrijkste reden voor dit verschil is de wijze waarop in beide studies wordt omgegaan met de uitgaven aan de aanleg van spoorinfrastructuur in de periode voor 1983. Voor deze periode zijn geen data bekend over de daadwerkelijke aanleguitgaven. In de vorige studie zijn de jaarlijkse aanleguitgaven daarom gelijk gesteld aan de aanleguitgaven in de periode 1984-2002. Echter, als je de uitgaven in deze periode nader bestudeert, dan blijkt dat er een duidelijke stijgende trend in de uitgaven is waar te nemen. In deze studie hebben we rekening gehouden met deze stijgende trend bij het extrapoleren van de uitgaven van de periode 1984-2002 naar de jaren daarvoor. Het gevolg daarvan is dat de aanleguitgaven voor de jaren voor 1983 lager uitvallen dan in de vorige studie. Als gevolg hiervan zijn ook de aanlegkosten in deze studie lager dan in de vorige studie.

Geluid

De kosten van geluid voor het wegvervoer zijn over het algemeen hoger, ondanks dat er met een lagere schaduwprijs is gerekend (in de vorige versie is gerekend met een verkeerde schaduwprijs van € 25 per persoon, terwijl dit € 25 per huishouden had moeten zijn). De hogere kosten worden veroorzaakt doordat er meer geluidgehinderden zijn dan in de vorige studie, dit komt vooral doordat de klasse 50-55 dB is toegevoegd (ca. 7 mln extra geluid-gehinderde mensen). De hogere kosten voor de bromfiets zijn het gevolg van het gebruiken van een hogere geluidweegfactor; deze hogere factor is in lijn met IMPACT en met de nieuwe meetmethodiek van I&M. De lagere kosten voor de trein zijn met name het resultaat van de gehanteerde lagere schaduwprijs. Tevens is het aantal gehinderden iets lager.

Ongevallen

De kosten van verkeersonveiligheid zijn in de meeste gevallen hoger uitgevallen dan het geval was in 2002, terwijl er wel een afname heeft plaatsgevonden in het aantal slachtoffers. Verschillende factoren veroorzaken deze kostenstijging:

- deze studie hanteert een hogere Value of Statistical Life;
- in deze studie zijn de materiele kosten meegenomen (10% hogere kosten);
- tevens zijn in deze studie de verzekerde medische kosten meegenomen;
- in de 'Prijs van een reis' (CE Delft en VU, 2004) zijn lichtgewonden niet meegenomen, in deze studie was dat wel het geval.

De motorfiets en trein hebben wel lagere kosten, voor deze voertuig-categorieën geldt dat het aantal doden en gewonden sterk is afgenomen.

Bijlage M Niet onderzochte externe kosten- en batenposten

M.1 Inleiding

In deze bijlage bespreken we kort enkele externe kosten- en batenposten die in deze studie niet in kaart zijn gebracht. De reden daarvoor is dat de kennis over (de waardering van) deze effecten vaak nog te beperkt is om op een betrouwbare manier de omvang van deze kosten- en batenposten te bepalen.

M.2 Externe kosten van energievoorzieningszekerheid

De ongelijke verdeling van fossiele brandstoffen over landen leidt tot externe kosten van energievoorzieningszekerheid. Hierbij gaat het om twee kosten-elementen: de economische kosten die optreden als gevolg van olieprijzen die hoger zijn dan dat ze zouden zijn geweest op een markt met volledige concurrentie en de kosten van verstoringen in het aanbod van fossiele brand-stoffen. Deze beide kostenposten ontstaan door het feit dat een beperkt aantal spelers macht hebben over de prijsvorming en het aanbod van fossiele brandstoffen.

In CE Delft et al. (2008b) is een korte literatuurstudie naar deze kostenpost uitgevoerd. Deze analyse maakte duidelijk dat de meeste studies over dit onderwerp gedaan zijn in de VS en met name gaan over de kosten van de Amerikaanse olie-import. De resultaten van deze studies zijn dus maar zeer beperkt bruikbaar voor de Nederlandse situatie. De kostenschattingen zoals die door CE Delft et al. (2008b) worden gepresenteerd variëren 0,2 tot 11 €ct per liter olie.

Energievoorzieningszekerheid is een onderwerp dat de laatste jaren steeds meer in het middelpunt van het politieke debat is komen te staan. Nader onderzoek naar de externe kosten ervan is daarom ook zeer zeker gewenst.

M.3 Externe kosten van nucleaire energieopwekking

Bij nucleaire energieopwekking bestaat er de kans op *containment failure* in een kerncentrale, waarbij radioactiviteit vrijkomt in de (verre) omgeving van de centrale. Het gaat hier om een klein risico met een zeer grote schade. Exploitanten van kerncentrales zijn verplicht om zich voor een bepaald bedrag (minimaal € 700 miljoen) tegen deze schade te verzekeren, maar dit valt in het niet bij de potentiele schade (CE Delft, 2008b). In het geval van een grote ramp wordt de schade dus vrijwel volledig door de maatschappij gedragen, deels door de overheid die garant staat voor een aanvullend schadebedrag en deels door slachtoffers met ongedekte schade. Er is met andere woorden sprake van externe kosten.

Bij de externe kosten van nucleaire energieopwekking gaat het om kosten van risico's. Hierbij kunnen twee elementen worden onderscheiden; aan de ene kant simpelweg de verwachtingswaarde van het risico: kans maal effect. Aan de andere kant speelt met risico's met kleine kans, maar grote gevolgen, de risico-aversie een belangrijke rol (CE Delft, 2008b). Over het algemeen zijn

mensen risico-avers en dit geldt met name voor risico's met potentieel grote gevolgen (en kleine kans). Hoe klein de kans ook is, weinig mensen zullen bereid zijn om een risico te lopen waarbij ze alles kwijt kunnen raken. Wanneer de maatschappij risico-avers is, wil dat zeggen dat de externe kosten van het bestaan van risico's hoger zijn dan de verwachtingswaarde ofwel dat de externe kosten van een ongeval met grote schade maar een kleine kans hoger zijn dan die van een ongeval met kleine schade en een grote kans, ook al hebben deze ongevallen dezelfde verwachtingswaarde.

Hoewel met name in het geval van kernenergie risicoaversie een belangrijke rol speelt, zijn in de literatuur geen berekeningen te vinden die de risico-aversie goed meenemen (CE Delft et al., 2008; CE Delft, 2008b). Zonder een betrouwbare inschatting van de daadwerkelijke waarden van risicoaversie is het niet mogelijk om een realistische waarde (of zelfs boven- of ondergrens) van de externe kosten van nucleaire energieopwekking te geven.

M.4 Barrièrewerking van infrastructuur

Verkeersinfrastructuur kan een barrière vormen voor verkeersdeelnemers. Met name in de stedelijke omgeving kunnen weg- en spoorinfrastructuur weggebruikers (vooral fietsers en voetgangers) hinderen in hun mobiliteit. Zij moeten wachten of omrijden om grote wegen/spoorwegen over te steken, wat leidt tot tijdsverlies. Dit tijdverlies kan worden beschouwd als externe kosten. Ook buiten de stad kan het bestaan van verkeersinfrastructuur leiden tot dergelijke tijdverliezen (beperkt aantal viaducten over een snelweg, beperkt aantal bruggen over een kanaal), maar de omvang van dit effect is daar beperkter.

De barrièrewerking van infrastructuur in de stedelijke omgeving is in verschillende internationale studies gewaardeerd (INFRAS/IWW, 2004; INFRAS, 2006; Ecoplan/INFRAS, 2008, CE Delft et al., 2011). Door CE Delft et al. (2011) is in een studie naar de externe kosten van transport in Europa berekend dat deze kostenpost voor het wegverkeer ca. 1-1,5% van de totale externe kosten vormt. Voor het spoorvervoer ligt de bijdrage van deze kostenpost aan de totale externe kosten in Europa nog iets hoger: ca. 3%.

In deze studie is er voor gekozen om deze kostenpost niet mee te nemen. De belangrijkste reden hiervoor is dat de basis voor de kwantificering van deze kosten in vergelijking met andere externe kostenposten mager is. De kwantificering is namelijk gebaseerd op enkele casestudies voor Europese (met name Zwitserse) steden, waarbij het onduidelijk is in hoeverre de resultaten één op één zijn te vertalen naar de Nederlandse situatie.

M.5 Externe kosten van watervervuiling door de scheepvaart

Zeevaart en binnenvaart leiden tot watervervuiling. Dit kan vele oorzaken hebben (Trozi, 2003): (olie)lekkage van het schip, olieverlies bij operaties bij terminals of brandstof bunkers, verlies van olie of andere chemische stoffen bij aanvaringen, loslaten van chemische beschermingsmaterialen aan de bodem van het schip, lozing van (vervuild) water in zee, etc. Watervervuiling kan leiden tot verschillende negatieve effecten, waaronder verlies aan biodiversiteit, economische schade (bijv. kleinere vispopulatie), negatieve gevolgen voor de menselijke gezondheid (bijv. door het eten van verontreinigde vis), etc.

Er is in de literatuur nauwelijks aandacht besteed aan de kwantificering en waardering van de externe kosten van watervervuiling door de scheepvaart. Ook zijn er weinig gedetailleerde data beschikbaar over de omvang van de emissies naar water door deze vervoerswijzen (JRC, 2009). Nader onderzoek op dit vlak is dus gewenst.

M.6 Externe kosten van productie, onderhoud en beheer van vervoermiddelen en infrastructuur

De productie, het onderhoud en het beheer van vervoermiddelen en transportinfrastructuur kunnen ook leiden tot externe effecten. Het gaat dan vooral om de externe effecten die samenhangen met de uitstoot van luchtvervuilende en broeikasgasemissies.

Er zijn drie redenen waarom deze externe kosten in deze studie niet zijn meegenomen (CE Delft et al., 2011):

- Een relatief hoge mate van onzekerheid in de schattingen van de omvang van deze effecten. In vergelijking tot de andere externe effecten is er relatief weinig onderzoek gedaan naar deze externe kostenpost.
- Het gebrek aan benodigde data; om deze kosten te kunnen bepalen is o.a. gedetailleerde data nodig over de samenstellingen van de vervoermiddel-parken (welke typen auto's, vliegtuigen, schepen, etc.). Het opstellen van een compleet overzicht van deze data vereist veel werk en valt buiten de scope van dit onderzoek. Daarnaast is ook de beschikbaarheid van data m.b.t. de emissies van productie, onderhoud en beheer van vervoer-middelen en infrastructuur beperkt.
- Deze kosten kennen een andere dimensie in vergelijking met de overige externe kostenposten; in tegenstelling tot (het overgrote deel) van de andere externe kostenposten hangen deze externe kosten niet rechtstreeks samen met het gebruik van transportinfrastructuur. Daarmee vallen deze kosten dan ook buiten de scope van dit onderzoek.

Vooral voor Zwitserland zijn er enkele studies uitgevoerd naar deze externe kostenpost. Zo vindt Ecoplan/INFRAS (2008) bijvoorbeeld dat de externe kosten van voertuig- en infrastructuurproductie, -onderhoud en beheer voor het wegverkeer ongeveer gelijk zijn aan de externe kosten van brandstof-productie. Voor spoorvervoer zijn deze externe kosten ongeveer vier keer hoger dan de externe kosten van brandstof- en elektriciteitsproductie. Hierbij moet echter bedacht worden dat de externe kosten van elektriciteits-productie in Zwitserland erg laag zijn doordat er daar relatief veel elektriciteit geproduceerd wordt met behulp van waterkrachtcentrales. Deze resultaten kunnen dus niet vertaald worden naar de Nederlandse situatie.

M.7 Agglomeratie-effecten

Agglomeratie-effecten zijn die effecten die het bestaan van steden verklaren en, preciezer geformuleerd, verklaren waarom huishoudens en bedrijven het aantrekkelijk vinden om zich in de ruimte te concentreren, ondanks de nadelen die daarmee gepaard gaan (waaronder hogere grondprijzen, hogere dichtheden, enzovoort). Al in 1890 onderscheidde Alfred Marshall drie hoofdtypen, die nog steeds relevant zijn. De eerste betreft het delen van inputs waarvan de productie interne schaalvoordelen kent. De tweede is arbeidsmarkt 'pooling', waardoor bijvoorbeeld de kwaliteit van een 'match' tussen een werknemer en een werkgever voor beide partijen naar verwachting

beter wordt als er meer keus is. De derde betreft kennis spill-overs, waardoor werknemers meer van elkaar leren als ze geconcentreerd in de ruimte werken. Dergelijke agglomeratievoordelen omvatten een complexe mix van geïnternaliseerde en externe effecten. De cruciale vraag is of een vrije markt tot optimalisatie van deze effecten zal komen. Het antwoord is doorgaans 'nee'. Dit valt te verwachten als we met externe agglomeratievoordelen te maken hebben, maar geldt vaak ook als de voordelen voortkomen uit interne schaaleffecten. Het ligt dus in de verwachting dat correctief overheids-ingrijpen de maatschappelijke welvaart in theorie zou moeten kunnen verhogen. In deze situatie kunnen de agglomeratie-effecten mogelijkerwijs (gedeeltelijk) opgevat worden als externe baten van verkeer(sinfrastructuur). Vanuit dit oogpunt is het dus interessant om deze effecten in deze studie mee te nemen.

Voor zover agglomeratie-effecten externe effecten behelzen die in omvang op causale wijze samenhangen met de omvang van verkeersstromen, terwijl ze niet middels subsidies geïnternaliseerd zijn, vormen ze (vanuit een theoretisch oogpunt) een aanleiding om heffingen op verplaatsingen neerwaarts bij te stellen. Dit is een redelijk intuïtieve gedachte, maar één waarvoor geldt dat de theoretische onderbouwing nog jong is, en bovendien laat zien dat deze relatief eenvoudige gedachte ook weer niet altijd hoeft op te gaan. Arnott (2007), bijvoorbeeld, laat als eerste dit basisresultaat formeel zien voor de combinatie van congestieheffingen en externe agglomeratievoordelen die toenemen met het aantal pendelaars. Graham and Van Dender (2008) vinden een soortgelijk resultaat, waarbij ze meer de nadruk leggen op heterogeniteit van arbeiders. Beide modellen zijn redelijk abstract. In een meer empirische analyse, gebruikmakend van het RAEM voor Nederland, laten Thissen et al. (2011) zien dat ruimtelijke substitutie effecten het beeld kunnen compliceren, in die zin dat de indirecte (ruimtelijke) effecten van road pricing zowel negatief als positief kunnen zijn. Fosgerau en Small (2012) bestuderen agglomeratie die samenhangt met de dynamiek van congestie en tijdstipkeuze, en vinden dat in sommige gevallen, de optimale tol juist hoger kan zijn door agglomeratie-effecten dan de standaard tol. In dit geval is er dus geen sprake van een externe baat maar een externe kostenpost.

Het lijkt te vroeg te zijn om op zinnige wijze iets te kunnen zeggen over de wijze waarop agglomeratie-effecten optimale prijzen in het verkeer zouden beïnvloeden en in welke mate ze opgevat moeten worden als externe baten van verkeer(sinfrastructuur). In de eerste plaats is het zo dat, als er meer zicht zou komen op het relatieve belang van verschillende mechanismen achter agglomeratie, het meer voor de hand zou liggen eventuele externe agglomeratie-effecten daarin bij de bron te belasten of te subsidiëren, in plaats van indirect via aanpassing van prijzen in verkeer en vervoer. Dit is onder meer het geval omdat de omvang van het externe agglomeratie effect van een individu waarschijnlijk niet afhangt van de afgelegde woon-werkafstand, zodat de afstandsdifferentiatie de impliciete subsidie juist minder efficiënt zou maken. Wat in elk geval van groot belang zou zijn is een goed beeld krijgen van niet alleen het relatieve belang van de verschillende mechanismen (is het vooral geïnternaliseerd, of vooral extern?), maar ook van de mate van heterogeniteit over reizigers. Het lijkt niet vergezocht te veronderstellen dat verplaatsingen met een hoge betalingsbereidheid over het algemeen ook grotere positieve agglomeratie-effecten veroorzaken.
Een eventuele aanpassing van prijzen in het verkeer zou gebaseerd moeten zijn op de marginale agglomeratie externaliteit, dat wil zeggen, die van de marginale verplaatsing. Deze zou wel eens lager dan gemiddeld kunnen zijn, zodat de optimale aanpassing van de vervoersprijzen relatief laag zou zijn.
En voorts is de vraag in welke mate eventuele agglomeratie externaliteiten

proportioneel zijn met de begintijd van de werkdag. Als een verschuiving van een 8-urige werkdag met 1 uur betekent dat uiteindelijk veel minder dan 1/8^{e} van de externe agglomeratie-effecten verloren (bijvoorbeeld omdat de voor agglomeratie-effecten relevante activiteiten slechts verschoven worden in de tijd), is er minder reden om spitstarieven neerwaarts bij te stellen vanwege agglomeratie-effecten. Kortom, hier ligt een vrijwel onontgonnen terrein voor theoretisch en empirisch onderzoek.

Bijlage N Leden van de begeleidingsgroep

Bij de start van het project is een brede begeleidingsgroep ingericht waarin naast het Ministerie van Infrastructuur en Milieu ook het Ministerie van Financiën, het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), de SWOV en de verschillende sectororganisaties zitting hadden.
De begeleidingsgroep had de rol van klankbord. De leden van de brede begeleidingscommissie (zie onderstaande tabel) hebben gedurende het hele traject hun ideeën en suggesties over het project met het projectteam gedeeld. In nauw overleg met het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid hebben CE Delft en de VU steeds bekeken in hoeverre deze ideeën meegenomen konden worden in het onderzoek.

Naam	Organisatie
Jeroen Haver	Ministerie van I&M - DG Bereikbaarheid (tot zomer 2013)
Eric Euwe	Ministerie van I&M - DG Bereikbaarheid (tot zomer 2013)
Emiel Reiding	Ministerie van I&M - DG Bereikbaarheid (vanaf zomer 2013, als vervanger van Jeroen Haver en Eric Euwe)
Ab van Marlen	Ministerie van I&M - DG Milieu en Internationaal
Stan Basten	Ministerie van Financiën
Hans Nijland	PBL
Paul Poppink	TLN
Rink Jan Slotema	EVO
Jan Fransen	Natuur en Milieu
Arjan de Bakker	ANWB
Jonathan Weegink	ANWB
Wim Wijnen	SWOV, per 1-9-2012 SWOV/W2Economics
Jan Vogelaar	Centraal Bureau voor de Rijn- en Binnenvaart
Joris Vlaming	Platform Nederlandse Luchtvaart; vanaf november 2013 is PNL opgehouden te bestaan en daarmee is Joris Vlaming uit de begeleidingsgroep gestapt.
Ad Toet	Koninklijk Nederlands Vervoer
Niek van der Heiden	Ministerie van I&M - DG Ruimte en Water
Jaap Tuinstra	RAI Vereniging
Raymond Geurts van Kessel	ProRail
Rogier Kuin	BOVAG
Jaron Haas	Rijkswaterstaat - WVL (tot zomer 2013)
Marian Bertrums	Rijkswaterstaat – WVL (vanaf zomer 2013 als opvolger van Jaron Haas)
Jan Helmer	Rijkswaterstaat - WVL (vanaf zomer 2013 als opvolger van Jaron Haas)
Paul Altena	Koninklijke Vereniging van Nederlandse Reders (tot de zomer van 2013); daarna opgevolgd door Nick Lurkin)
Annemiek Houtman	Koninklijke Vereniging van Nederlandse Reders
Roos Zevenboom	Federatie Mobiliteitsbedrijven Nederland
Anne Hettinga	Federatie Mobiliteitsbedrijven Nederland
Danielle Meijne	Connexxion (tot zomer 2013)
Martin Gerritsen	Connexxion

Naam	Organisatie
Jaap-Jelle Feenstra	Branche Organisatie Zeehavens BOZ
Gaston Tchang	Branche Organisatie Zeehavens BOZ
Huib van Essen (consortium)	CE Delft
Arno Schroten (consortium)	CE Delft
Sanne Aarnink (consortium)	CE Delft
Erik Verhoef (consortium)	Vrije Universiteit Amsterdam
Jasper Knockaert (consortium)	Vrije Universiteit Amsterdam
Jan Francke (projectteam)	Ministerie van I&M - KiM
Jan van der Waard (projectteam)	Ministerie van I&M - KiM
Pauline Wortelboer (projectteam)	Ministerie van I&M - KiM
Pim Warffemius (projectteam-projectleider)	Ministerie van I&M - KiM