

CE

**Oplossingen voor
milieu, economie
en technologie**

Oude Delft 180

2611 HH Delft

tel: 015 2 150 150

fax: 015 2 150 151

e-mail: ce@ce.nl

website: www.ce.nl

Besloten Vennootschap

KvK 27251086

Prototype voor de integrale reisplanner PRIMAVERDER

Milieueffecten en autokosten

Rapport

Delft, april 2006

Opgesteld door: CE (Huib van Essen, Eelco den Boer en Rens Kortmann)
Milieucentraal (Voline van Teeseling en Jan-Tjemme van Wieringen)
Reisinformatiegroep (Bram Munnik en Peter van Brakel)



milieu  centraal
alles over energie en milieu in het dagelijks leven

Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:

CE (Huib van Essen, Eelco den Boer en Rens Kortmann)
Milieucentraal (Voline van Teeseling en Jan-Tjemme van Wieringen)
Reisinformatiegroep (Bram Munnik en Peter van Brakel)
Prototype voor de integrale reisplanner PRIMAVERDER
Milieueffecten en autokosten
Delft, CE, 2006

Personenvervoer / Openbaar vervoer / Auto's / Informatie / Kennissystemen /
Besluitvorming / Consumentengedrag / Milieu / Kosten / Effecten

Publicatienummer: 06.4719.23

Alle 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

CE

Oplossingen voor milieu, economie en technologie

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

CE-Transform

Visies voor duurzame verandering

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

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

Dit rapport is gedrukt op 100% kringlooppapier.

Inhoud

Samenvatting	1
1 Inleiding en overzicht	3
1.1 De rol van informatievoorziening in het verleiden van keuzereizigers	3
1.2 Integrale reisinformatie	3
1.3 INDYRA – reisplanner voor auto en OV	4
1.4 Project PRIMAVERDER – een prototype voor een integrale reisplanner	5
1.5 Werkwijze, aanpak en opbouw rapport	6
2 Overzicht van de verschillende onderdelen	7
2.1 De onderdelen in PRIMAVERDER	7
2.2 De reistijdschatter met file	8
2.3 Parkeerinformatie	9
3 Berekeningsmethode milieueffecten	11
3.1 Overzicht van de methodiek	11
3.2 Energiegebruik en emissies personenauto's	12
3.2.1 Voertuigenergiegebruik	12
3.2.2 Voertuigemissies	13
3.2.3 Energiegebruik en emissies raffinage	13
3.2.4 Totaal energiegebruik en emissies	13
3.3 Energiegebruik en emissies openbaar vervoer	13
3.3.1 Methodiek: marginale vs. gemiddelde emissies	14
3.3.2 Gemiddeld energiegebruik trein/metro/tram	14
3.3.3 Emissies bij raffinage en elektriciteitsproductie	15
3.3.4 Berekening marginale emissies	15
3.4 Berekening van één milieuscore per reis – optellen van emissies	15
3.4.1 Waarderingsmethoden	16
3.4.2 Financiële waardering van de verschillende emissies	16
3.5 Dataverzameling	17
3.5.1 Dataverzameling personenauto	18
3.5.2 Dataverzameling openbaar vervoer	22
4 Berekeningsmethode autokosten	25
4.1 Invoer en uitvoer	25
4.2 Kostenposten	26
4.2.1 Brandstof	27
4.2.2 Onderhoud (variabele deel)	27
4.2.3 Parkeren (variabele deel)	28
4.2.4 Afschrijving	28
4.2.5 Motorrijtuigenbelasting (MRB)	30
4.2.6 Verzekering	31
4.2.7 Onderhoud (vaste deel)	31
4.2.8 Financiering	32
4.3 Uitkomsten en vergelijking met andere modellen	32

4.4	Onzekerheid en gevoeligheidsanalyse	35
4.4.1	Modelonzekerheid in standaardmodus	36
4.4.2	Gevoeligheidsanalyse	36
4.4.3	Modelonzekerheid in geavanceerde variant	37
4.5	Conclusie autokosten berekening	38
	Referenties	39
A	Marktsegmenten lichte voertuigen	43
B	Overzicht modelparameters autokostencalculator	45
C	Fileschatter	47
D	Presentatie autokosten	49

Samenvatting

Voor een substantieel deel van alle reizen zijn verschillende alternatieven beschikbaar. De keuzereiziger is zich echter lang niet altijd bewust van deze alternatieven. Om keuzereizigers te verleiden alternatieven te kiezen is complete en betrouwbare informatie voor verschillende vervoersvormen onontbeerlijk.

Op dit moment bestaan verschillende reisplanners, zowel voor auto als voor OV. Een integrale reisplanner waarmee de consument snel en efficiënt verschillende vervoersalternatieven kan vergelijken op reistijd, kosten en milieueffect is echter nog niet voorhanden. Reisinformatiegroep, CE en Milieu Centraal hebben in het MOVE-project PRIMAVERDER een prototype voor een intermodale reisplanner voor auto en OV ontwikkeld, die invulling geeft aan de hierboven geschetste behoefte.

Dit prototype kan reisadviezen geven voor auto en OV, waarbij de volgende componenten zijn toegevoegd aan een bestaande planner van Reisinformatiegroep voor auto en OV:

- milieueffecten van verschillende alternatieven;
- reiskosten voor auto's (vaste en variabele autokosten);
- betrouwbare werkelijke reistijd, met name voor auto's (waarin invloeden van te verwachten congestie en parkeren zijn meegenomen).

De methode voor de milieuvergelijking is uitgewerkt door CE en te vinden in dit rapport. Dit model is behalve in het prototype ook toegepast in een afzonderlijke milieucalculator welke kan worden geraadpleegd via de website van Milieu Centraal (www.milieucentraal.nl). Milieu Centraal heeft hiervoor de fact sheet Personenvervoer opgesteld (MC, 2006) welke is getoetst en goedgekeurd door een onafhankelijke commissie.

De berekening van de reële inschatting van de reistijd voor auto is uitgewerkt door Reisinformatiegroep en verwerkt in het prototype.

De berekeningswijze voor de autokosten is ontwikkeld door CE en opgenomen in dit rapport. De resultaten van dit model liggen in tussen die van de twee belangrijkste overige modellen (van de Consumentenbond en de ANWB). De onzekerheid in de uitkomsten van de calculator is groot (bijna 50%). Dit wordt veroorzaakt door de grote diversiteit in het personenautopark. Door een beperkt aantal vragen over het gebruikte voertuig en het aantal passagiers kan de onzekerheid in de uitkomsten worden gereduceerd tot 6%. De parkeerkosten worden in deze module niet berekend maar direct gevraagd aan de gebruiker omdat er onvoldoende complete informatie over de parkeertarieven in alle gemeentes in Nederland beschikbaar is.

Na verdere toetsing en uitwerking zou het in PRIMAVERDER ontwikkelde prototype kunnen voorzien in een behoefte aan betrouwbare, integrale reisinformatie. Een demoversie van de complete intermodale reisplanner is beschikbaar.



1 Inleiding en overzicht

1.1 De rol van informatievoorziening in het verleiden van keuzereizigers

Voor een substantieel deel van alle reizen zijn verschillende alternatieven beschikbaar. De keuzereiziger is zich echter lang niet altijd bewust van deze alternatieven. De keuze voor een bepaalde vervoerswijze is deels een rationele keuze maar meestal veeleer een gevolg van vaste gewoonten. Onbekendheid met de verschillende vervoersalternatieven doet veel reizigers kiezen voor het meest voor de hand liggende alternatief, wat in veel gevallen neer komt op het pakken van de auto.

Dat consumenten ook in situaties waarin goede alternatieven voorhanden zijn toch vaak voor de auto kiezen heeft voor een deel te maken met de gebrekkige informatievoorziening over de verschillende reisalternatieven. Indien de consument bij zijn afweging volledig inzicht zou hebben in onder meer de reistijd, reiskosten en milieueffecten van verschillende alternatieven zal deze makkelijker kunnen worden verleid om alternatieven voor de auto te overwegen. Kortom, om keuzereizigers te verleiden alternatieven te kiezen is complete en betrouwbare informatie voor verschillende vervoersvormen onontbeerlijk.

1.2 Integrale reisinformatie

Op dit moment bestaan verschillende reisplanners, zowel voor auto als voor OV. Een integrale reisplanner waarmee de consument snel en efficiënt verschillende vervoersalternatieven kan vergelijken op reistijd, kosten en milieueffect is echter nog niet voorhanden.

Met de bestaande planners kunnen de route, reistijd en, voor de meeste OV-planners, de reiskosten worden bepaald. Vooral autoplanners geven echter een vertekend beeld van de reistijd omdat invloedsfactoren als congestie en parkeren er niet in zijn meegenomen. Ook geven autoplanners geen informatie over de reiskosten. Geen van de bestaande planners geven de consument inzicht in de milieueffecten van de reis. Realistischer, onafhankelijke en volledige informatievoorziening zal de consument helpen bij het kiezen van het in zijn/haar specifieke situatie meest passende reisalternatief.

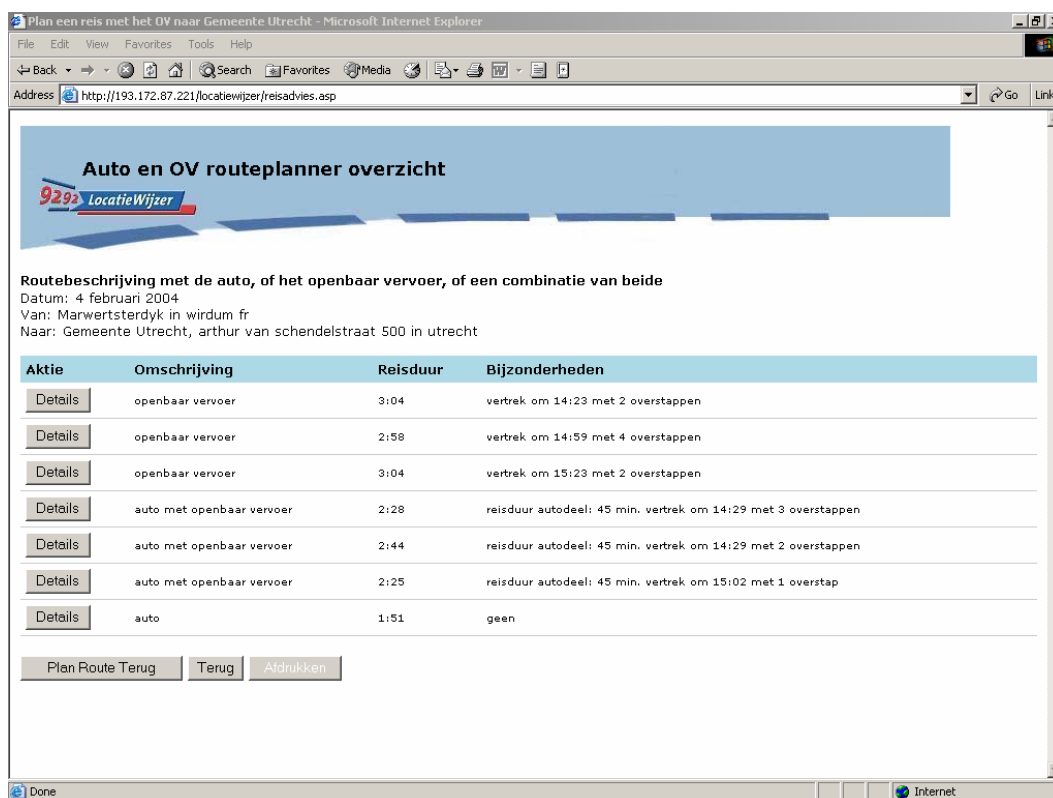
In 2004 heeft CE in de studie 'Geïnformeerd op reis' een overzicht gegeven van kansen op het gebied van informatievoorziening voor verkeer en vervoer die zouden kunnen bijdragen aan vermindering van de milieubelasting van verkeer (CE, 2004a). Uit deze studie is een integrale reisplanner die informatie geeft over reistijden, kosten en milieueffecten van verschillende vervoersalternatieven als een kansrijke optie naar voren gekomen.

1.3 INDYRA – reisplanner voor auto en OV

In het project INDYRA is door Reisinformatiegroep in 2004 een reisplanner ontwikkeld waarmee voor een reisaanvraag informatie over drie alternatieven gegeven kan worden:

- 1 Reisadvies openbaar vervoer.
- 2 Reisadvies auto.
- 3 Reisadvies multimodaal (combinatiereizen auto en openbaar vervoer).

Figuur 1 Scherm van de integrale reisplanner INDYRA



Met de bouw van INDYRA is een integrale reisplanner ontwikkeld voor heel Nederland. Het berekenen van een optimale route voor verschillende reisalternatieven is daarmee goeddeels ingevuld (zie voorbeeldscherm in Figuur 1). Het geven van een compleet en betrouwbaar intermodaal reisadvies waarin alle voor consumenten relevante factoren zijn meegenomen is hiermee echter nog niet ingevuld.

De belangrijkste 'witte vlekken' in INDYRA zijn:

- betrouwbare werkelijke reistijd, met name voor auto's (waarin invloeden van te verwachten congestie en parkeren zijn meegenomen);
- reiskosten voor auto's (vaste en variabele autokosten, bij voorkeur incl. parkeren);
- milieueffecten van verschillende alternatieven;
- nuttig besteedbare reistijd bij verschillende alternatieven.



1.4 Project PRIMAVERDER – een prototype voor een integrale reisplanner

Uit contacten tussen OV Reisinformatie, CE en Milieu Centraal is in 2004 het idee geboren om een intermodale reisplanner voor auto en OV te ontwikkelen die invulling geeft aan de eerder geschetste behoefte van een integrale reisplanner en die de hierboven witte genoemde vlekken van INDYRA aanvult. Hiervoor is eind 2004 door deze drie partijen het project PRIMAVERDER gestart, mede mogelijk gemaakt met een subsidie van het programma MOVE.

Het op basis van INDYRA verder ontwikkelen van een complete betrouwbare intermodale reisplanner is een complexe en tijdrovende klus. Daarom is ervoor gekozen om het project PRIMAVERDER te beperken tot de ontwikkeling van een prototype.

Dit prototype kan reisadviezen geven voor auto en OV, waarbij t.o.v. de huidige functionaliteit van INDYRA de volgende componenten zijn toegevoegd:

- betrouwbare werkelijke reistijd, met name voor auto's (waarin invloeden van te verwachten congestie en parkeren zijn meegenomen);
- reiskosten voor auto's (vaste en variabele autokosten, bij voorkeur incl. parkeren);
- milieueffecten van verschillende alternatieven.

In PRIMAVERDER zijn de achterliggende modellen ontwikkeld en (zo ver als mogelijk) de data te verzameld die nodig zijn voor een complete integrale reisplanner. In Figuur 2 presenteren we een schermweergave van het eindproduct.

Figuur 2 Overzicht van integraal reisadvies PRIMAVERDER

The screenshot shows the PRIMAVERDER interface with the following details:

- 9292 REIS wijzer**
- overzicht van auto en openbaar vervoer route mogelijkheden**
- Datum:** 06 april 2006
- Van:** Stationsplein in ARNHEM
- Naar:** Godebaldkwartier in UTRECHT
- Vertrektijd:** 16:15

	vertrek tijd	aankomst tijd	reis tijd	overstappen (type vervoer)	kosten	milieu belasting	
aanbevolen openbaar vervoer route:							
meer...	16:20	17:03	00:43	geen (sneltrain)	€ 9,90	57 *	
andere openbaar vervoer mogelijkheden:							
meer...	16:09	17:00	00:51	geen (stoptrein)	€ 9,90	88 *	
meer...	16:35	17:16	00:41	geen (intercity)	€ 9,90	36 *	
	vertrek tijd	aankomst tijd	reis tijd	vaste kosten	variabele kosten	totale kosten	milieu belasting
autoroute:							
meer...	16:15	17:18	01:03	€ 19,44	€ 12,89	€ 31,33	156 *

terugreis **wijzig reis** **afdrukken**

*) milieu belasting is een vergelijkingswaarde

Het milieudeel is ook uitgewerkt in een afzonderlijke milieucalculator welke kan worden geraadpleegd via de website van Milieu Centraal (www.milieucentraal.nl).

De laatste van de eerder bovengenoemde 'witte vlekken', de *Nuttig besteedbare reistijd bij verschillende alternatieven*, is nogal subjectief. In de auto kan een reiziger beter bellen, terwijl in de trein reizigers kunnen lezen of met een laptop werken. We hebben in dit project de nuttig besteedbare reistijd daarom verder buiten beschouwing gelaten.

De doelgroepen voor de reisplanner die we bij het bouwen van dit prototype voor ogen hebben zijn velerlei, zoals:

- keuzereizigers;
- werkgevers;
- wagenparkbeheerders;
- leasemaatschappijen;
- organisaties die zich richten op keuzereizigers in het bedrijfsleven zoals Mobility Mixx.

Een integrale reisplanner zoals ontwikkeld in PRIMAVERDER heeft een enorme potentie in de markt, gelet op het grote aantal reisadviezen van bestaande reisplanners in Nederland (enkele honderdduizenden per dag over alle reisinformatiesites). De intermodale reisplanner die we hierbij voor ogen hebben kan in principe iedere keuzereiziger in Nederland voorzien van een onafhankelijk en compleet advies voor een verantwoorde reiskeuze.

1.5 Werkwijze, aanpak en opbouw rapport

Voor iedere module zijn de beschikbare data en (reken)modellen onderzocht. In de meeste gevallen zijn verschillende varianten mogelijk. Bij de afweging tussen deze varianten speelt de balans tussen complexiteit en nauwkeurigheid een belangrijke rol.

Zo kan de milieubelasting van een individuele reis zeer nauwkeurig worden berekend op basis van een groot aantal input parameters zoals over merk, type, motor en staat van onderhoud van het voertuig, rijstijl van de gebruiker, wegtypes etc. Een dergelijke aanpak is echter praktisch niet uitvoerbaar en zou een zeer gebruiksonvriendelijke reisplanner opleveren waarbij de gebruiker zou worden overstelpt met vragen alvorens een reisadvies te krijgen. In PRIMAVERDER is daarom voor een eenvoudiger benadering gekozen waarbij op basis van een aantal gemiddelde waarden een goede benadering wordt geven van de te verwachten milieueffecten. Voor de andere modules zijn vergelijkbare afwegingen gemaakt.

In hoofdstuk 2 gaan we in op het geheel van de onderdelen, waarbij aandacht wordt besteedt aan het eindproduct. In hoofdstuk 3 en 4 gaan we dieper in op de berekeningswijze van milieueffecten en autokosten.



2 Overzicht van de verschillende onderdelen

2.1 De onderdelen in PRIMAVERDER

Voor het prototype van PRIMAVERDER zijn de volgende modules ontwikkeld in aanvulling op INDYRA:

- 1 Berekening autokosten.
- 2 Berekening milieueffecten.
- 3 Berekening reële inschatting van de reistijd voor auto en multimodaal (incl. tijdverlies door congestie en parkeren).

De theoretische onderdelen van het project zijn in dit rapport uitgewerkt. Het programmeerwerk gaan we hier niet uitgebreid op in, maar we presenteren wel de uiteindelijke resultaten in de vorm van enkele schermweergaven van de uiteindelijke multimodale reisplanner in Figuur 3. Hieronder presenteren we als eerste het startscherm. Een demoversie van de completer intermodale reisplanner is op CD-ROM beschikbaar.

Figuur 3 Startscherm PRIMAVERDER met drie keuzevelden

9292
REIS
wijzer

auto en openbaar vervoer routeplanner

Vul hieronder uw gegevens in.

Postcode vertreklocatie 5611 bd

Postcode aankomstlocatie 1012 bb

Datum vandaag (di 7 mrt)

Tijd 10:31 vertrek aankomst

auto openbaar vervoer p+r

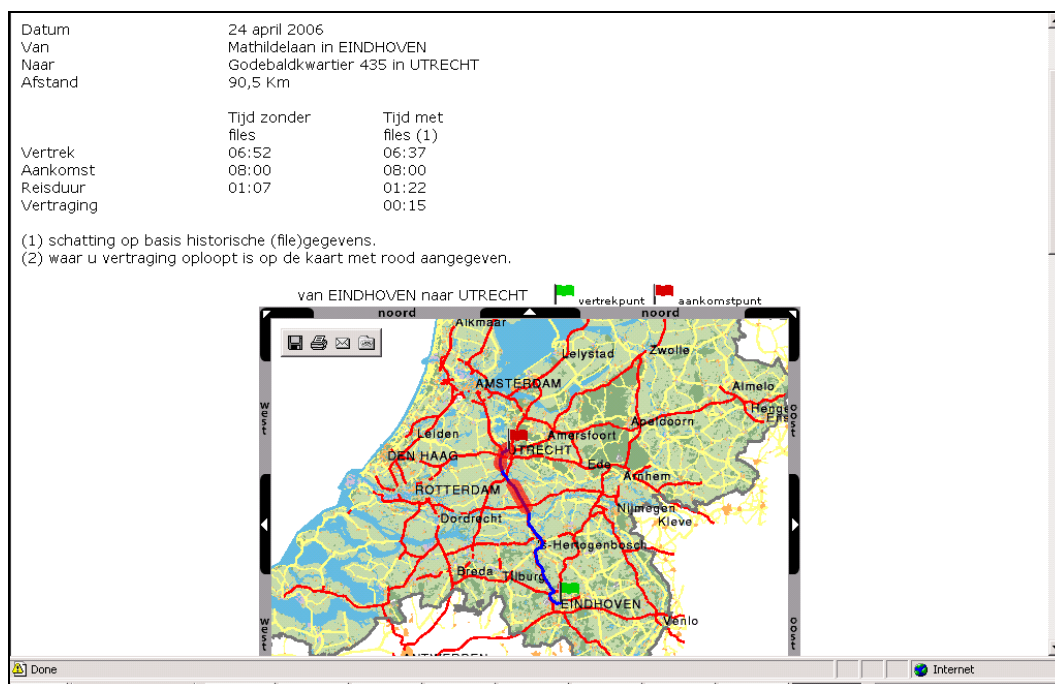
De berekeningsmethode voor de autokosten is te vinden in hoofdstuk 2 van dit rapport. Bijlage D gaat in op de presentatie.

De aanpak en berekeningsmethode voor de milieucalculator is te vinden in hoofdstuk 3. Milieu Centraal heeft deze methode uitgewerkt in de fact sheet Personenvervoer (MC, 2006). Deze fact sheet is getoetst en goedgekeurd door een onafhankelijke wetenschappelijke commissie.

2.2 De reistijdschatter met filevertragingcalculator

De berekening van de reële inschatting van de reistijd voor auto is uitgewerkt door Reisinformatiegroep en verwerkt in het prototype. De aanpak hiervoor is te vinden in bijlage C. In Figuur 4 presenteren we een schermafdruk van de reistijdschatter.

Figuur 4 Schermafdruk reistijdschatter



De multimodale reisplanner, inclusief reistijdschatter is inmiddels getest onder gebruikers gedurende begin 2006. Daar vallen de volgende positieve zaken op:

- Aanvulling op bestaande diensten. De reistijdschatter is een duidelijke aanvulling op de bestaande diensten.
- Duidelijkheid plattegronden De plattegronden worden als nuttig en gebruiksvriendelijk ervaren door 64% van de respondenten.
- Snelheid applicatie. De applicatie wordt als snel ervaren.
- Logische P+R-terreinen in advies. 63% van de respondenten vindt de voorgestelde P+R-terreinen in het P+R-advies logisch. Het blijkt dat een advies sneller wordt geaccepteerd als het voor de gebruiker bekende P+R-terrein in het advies voorkomt.

Ook zijn er een aantal verbeterpunten geïnventariseerd:

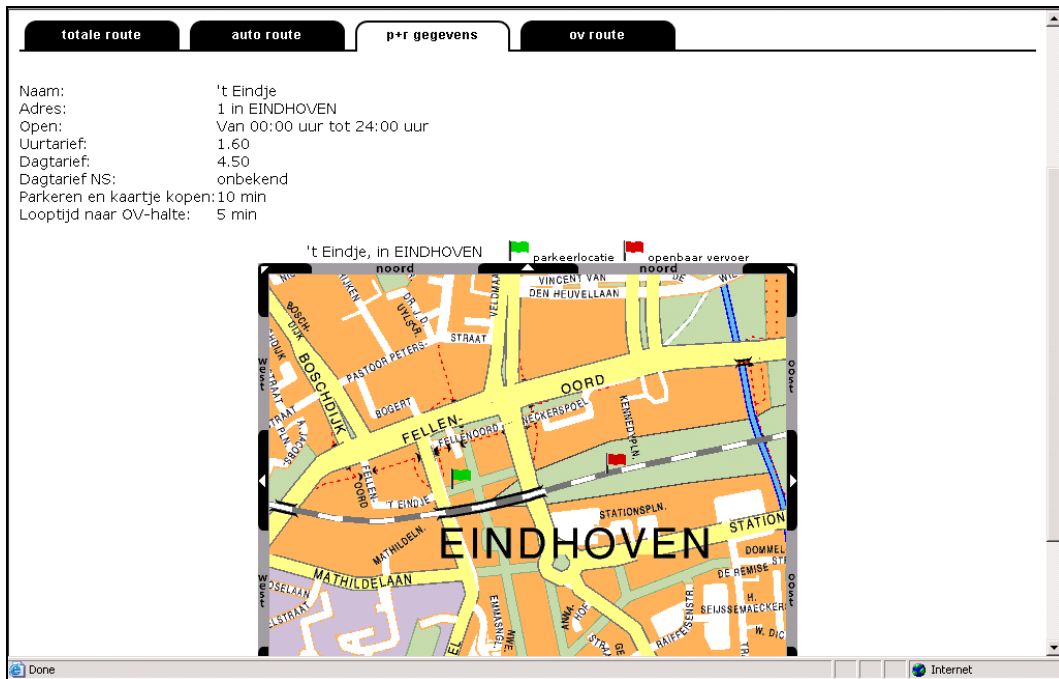
- Over het gebruik in de toekomst zijn respondent niet eenduidig.
- Gebruiksvriendelijkheid applicatie. De interpretatie van de gegevens wordt soms lastig gevonden.
- Juistheid autoreistijd. Iets meer dan de helft van de respondenten geeft te kennen de reistijden logisch te vinden, wanneer er file wordt voorspeld. Wanneer er een file wordt voorspeld, komt dit overeen met de verwachting die men had.

- Breedte doelgroep. Het blijkt dat de gebruiker van de multimodale reisplanner sterker stedelijk georiënteerd is.

2.3 Parkeerinformatie

Daarnaast is parkeerinformatie verzameld om de reisinformatie over de beschikbaarheid en kosten van parkeren te kunnen verbeteren. Inmiddels zijn er gegevens beschikbaar over ruim 700 parkeerplaatsen in Nederland. In Figuur 5 presenteren we een schermweergave van de parkeerinformatie die de reisplanner geeft.

Figuur 5 Schermweergave parkeergegevens



3 Berekeningsmethode milieueffecten

In dit hoofdstuk wordt de milieumodule beschreven, welke een onderdeel vormt van het prototype van PRIMAVERDER voor een integrale reisplanner.

De milieumodule geeft inzicht in de milieueffecten van verschillende reisalternatieven ten opzicht van elkaar. De milieueffecten van een reis kunnen bepaald worden aan de hand van de prestatie op bepaalde milieuthema's. Deze prestaties worden vervolgens gesommeerd met behulp van een weegmethode om tot een totale milieu-impact te komen.

In dit hoofdstuk geven we allereerst een overzicht van de gehanteerde methodiek. Vervolgens gaan we in op de berekeningswijze om emissies te bepalen voor personenauto's en OV. Vervolgens behandelen we de weegmethode om te komen tot optelling van de verschillende emissies. Als laatste gaan we in op de databeschikbaarheid.

3.1 Overzicht van de methodiek

Verkeer van personen en goederen brengt de samenleving naast baten (de verplaatsing) ook schade toe. Verkeer stoot kooldioxide, diverse luchtverontreinigende emissies en geluid uit, wat schade en overlast toebrengt aan mens en natuur. Daarnaast zorgt de aanleg van infrastructuur voor ruimtegebruik, aantasting van natuurwaarden en biodiversiteitverlies.

Het voert te ver om in de ontwikkeling van de calculator alle milieuthema's mee te nemen. Zo is het niet gemakkelijk om alle schadelijke aspecten nauwkeurig te kwantificeren. We hebben in PRIMAVERDER de volgende afbakening gekozen:

- We beperken ons tot de milieueffecten die samenhangen met het *gebruik* van voertuigen. Milieueffecten die vrijwel onafhankelijk zijn van het gebruik maar vooral samenhangen met het bestaan van infrastructuur laten we daarom buiten beschouwing. Dit zijn aanleg van infrastructuur voor ruimtegebruik, aantasting van natuurwaarden en biodiversiteitverlies.
- Geluid wordt niet meegenomen. De bijdrage van een enkel voertuig aan de geluidsoverlast is zeer moeilijk in te schatten, omdat een extra auto op een drukke weg minder overlast veroorzaakt dan enkele auto in de nacht.

Bovenstaande afbakening betekent dat de milieumodule zich beperkt tot de effecten van kooldioxide en de luchtverontreinigende emissies, welke trouwens over het algemeen ook worden beschouwd als de belangrijkste milieueffecten van verkeer. De luchtverontreinigende emissies die zijn meegenomen zijn NO_x, PM₁₀, VOS en SO₂. CO is weliswaar ook een gereguleerde emissie, maar de effecten op mens en milieu van deze stof zijn beperkt. Deze stof staat beleidsmatig dan ook niet meer in de aandacht.

De module berekent de emissies en het energiegebruik *per reis per persoon*. Op die manier kunnen privaat en publiek transport met elkaar vergeleken worden. Hierbij wordt dan voor beide vormen van transport de gehele ketenreis bekeken. Ook wordt rekening gehouden met de bezettingsgraad van de transportmiddelen.

Om vervoerswijzen te kunnen vergelijken op gelijke basis (hele keten), worden de emissies en energiegebruik van elektriciteitscentrales en raffinaderijen meegenomen in de berekeningen. De formules zijn gebaseerd op de studie *To shift or not to shift, that's the question* (CE, 2003), waarin een methode is ontwikkeld om dit te doen.

In de volgende paragrafen gaan we in op de berekening van energiegebruik en emissies voor personenauto's en OV.

3.2 Energiegebruik en emissies personenauto's

Het energiegebruik en de emissies van personenauto's *per persoon per rit* kan berekend worden door het energiegebruik en de emissies van een personenauto over de hele rit te bepalen en deze vervolgens te delen over het aantal inzittenden. Het totaal van energiegebruik en emissies wordt berekend door te sommeren over voertuiggebruik en raffinage.

3.2.1 Voertuigenergiegebruik

Het energiegebruik van een voertuig *per persoon per rit* kan berekend worden door het energiegebruik over de verschillende wegtypes te sommeren:

$$E_{\text{voertuig}} = (e_{\text{voertuig}} * d / B)_{\text{WT1}} + (e_{\text{voertuig}} * d / B)_{\text{WT2}} + (e_{\text{voertuig}} * F * d / B)_{\text{WT3}}$$

E_{voertuig}	:	Energiegebruik per persoon per rit.
e_{voertuig}	:	Energiegebruik per voertuigkilometer.
B	:	Bezettingsgraad in passagiers per voertuig.
F	:	Extra energiegebruik fileverkeer HWN (vaste factor).
d	:	Afstand op wegtype.
WT	:	Wegtype (stad/landelijk/HWN).

Er zijn drie verschillende wegtypes: bebouwde kom (1), landelijke wegen (2) en autosnelwegen (3).



3.2.2 Voertuigemissies

Om de emissies van een specifieke stof *per persoon per rit* te kunnen berekenen, worden de emissies voor de desbetreffende stof per wegtype gesommeerd volgens de volgende formule:

$$EM_{\text{voertuig}} = (em_{\text{voertuig}} * d / B)_{\text{WT1}} + (em_{\text{voertuig}} * d / B)_{\text{WT2}} + (em_{\text{voertuig}} * d / B)_{\text{WT3}}$$

EM_{voertuig}	:	Emissies per persoon per rit.
em_{voertuig}	:	Emissies per voertuigkilometer.
B	:	Bezettingsgraad in passagiers per voertuig.
d	:	Afstand van de rit.

3.2.3 Energiegebruik en emissies raffinage

Het energiegebruik en de raffinage-emissies worden berekend met behulp van de emissiefactor voor raffinage voor de verschillende emissies en het energiegebruik per rit:

$$E_{\text{raffinage}} = e_{\text{raffinage}} * E$$

$$EM_{\text{raffinage}} = em_{\text{raffinage}} * E$$

$E_{\text{raffinage}}$:	Raffinage-energiegebruik per persoon per rit.
$EM_{\text{raffinage}}$:	Raffinage-emissies per persoon per rit.
$e_{\text{raffinage}}$:	Energiegebruik raffinage (MJ/MJ _{brandstof}).
$em_{\text{raffinage}}$:	Emissiefactor raffinage (g/MJ _{brandstof}).

3.2.4 Totaal energiegebruik en emissies

Nu het energiegebruik en de emissies van voertuigen en van het raffinageproces bekend zijn, kunnen de totalen berekend worden door het energiegebruik en de emissies van brandstofproductie en voertuiggebruik te sommeren:

$$E_{\text{totaal}} = E_{\text{raffinage}} + E$$

$$EM_{\text{totaal}} = EM_{\text{raffinage}} + EM$$

3.3 Energiegebruik en emissies openbaar vervoer

Een wezenlijk verschil tussen openbaar vervoer en privaat vervoer is de marktsturing. Privaat vervoer is vraaggestuurd, terwijl het openbaar vervoer gestuurd wordt door het aanbod van bussen en treinen. Om die reden kan er ten aanzien van het toerekenen van emissies aan reizigers een tweetal methoden gehanteerd worden.

3.3.1 Methodiek: marginale vs. gemiddelde emissies

De reiziger die met behulp van de reisplanner een keuze maakt kan op twee manieren beschouwd worden: als *gemiddelde* reiziger of als *extra* reiziger.

Wanneer we de reiziger beschouwen als gemiddelde reiziger, kunnen aan deze reiziger gemiddelde emissies toegerekend worden, op basis van gemiddelde bezettingsgraden, al dan niet gedifferentieerd naar binnen of buiten de spits. De gemiddelde emissies van een treinreiziger tijdens de spits zijn lager dan buiten de spits, vanwege de hoge bezettingsgraden in de spits.

Het is echter de vraag of het wel rechtvaardig is om de reiziger buiten de spits hogere emissies toe te rekenen dan reizigers binnen de spits. Het hoge aantal lege zitplaatsen buiten de spits wordt immers bepaald door de capaciteitsvraag in de spits. Dit betekent dat een extra reiziger in de spits de frequentie en lengte van treinen verhoogt, terwijl het effect van een extra reiziger in de dalperiode nagenoeg nul is.

Rekening houden met de effecten van spitsreizigers in de dalperiode kan door te rekenen met marginale (lees 'extra') emissies/energiegebruik. Het mag duidelijk zijn dat de marginale emissies in de spits hoger zijn dan in de dalperiode, ze zijn dan nagenoeg nul. Omdat deze methode uitstekend past in een reisplanner die gebruikt wordt voor consumentenadviezen¹, is deze toegepast in de reisplanner. Marginale emissies worden afgeleid van daggemiddelde emissies per persoon.

3.3.2 Gemiddeld energiegebruik trein/metro/tram

Het energiegebruik per persoon per rit kan als volgt berekend worden:

$$E_{\text{elektriciteitsproductie}} = \{(E_{\text{rit}} * d) / (r_{\text{energie}} * n)\} * (1+L)$$

$E_{\text{elektriciteitsproductie}}$		Primair energiegebruik opwekking per persoon per rit.
E_{rit}	:	Energiegebruik per vkm.
r_{energie}	:	Rendement energieopwekking+distributie.
d	:	Afstand.
n	:	Aantal reizigers (gemiddeld over dag).
L	:	Aandeel onproductieve ritten.

¹ Het is immers juist de bedoeling om de mensen buiten de spits de trein in te sturen, omdat de trein dan toch rijdt.



3.3.3 Emissies bij raffinage en elektriciteitsproductie

Voor de raffinage-emissies die toegerekend kunnen worden aan de verschillende brandstoffen worden bij personenauto's genoemde formules toegepast. De emissies die tijdens het opwekken van elektriciteit vrijkomen, worden op de volgende manier berekend:

$$EM_{\text{elektriciteitsproductie}} = (em_{\text{energie}} * E_{\text{elektriciteitsproductie}} * r_{\text{energie}}) * 1 - G$$

$EM_{\text{elektriciteitsproductie}}$:	Emissies elektriciteitsopwekking per persoon per rit.
em_{energie}	:	Emissiefactor (emissies per geproduceerde energie).
$E_{\text{elektriciteitsproductie}}$:	Primair energiegebruik opwekking per persoon per rit.
r_{energie}	:	rendement energieopwekking.
G	:	Aandeel groene stroom.

3.3.4 Berekening marginale emissies

Vervolgens berekenen we op basis van de gemiddelde emissies de marginale emissies van een rit. We maken vanwege de capaciteitsvraag in de spits onderscheid naar spitsreizen en naar dalreizen. We definiëren een spitsreis als volgt: een spitsreis begint of eindigt in de spits. Hierbij gelden de volgende tijden als spits tijden:

- 07.00 tot 09.00;
- 16.30 tot 19.00.

Volgens (Rietveld, 2002) veroorzaken spitsreizigers 1.21 maal de gemiddelde emissie, terwijl dalreizigers geen emissies toe te rekenen valt. Met andere woorden, de emissies nemen toe bij een toename van de bezettingsgraad. In de economie wordt zo'n relatie elasticiteit genoemd. In eerder werk (CE, 2003) wordt het volgende overzicht gepresenteerd, wat we ook in de milieucalculator hantieren.

Tabel 1 Elasticiteiten tijdens piek en dal voor verschillende vervoerswijzen

	Piekelasticiteit	Dalelasticiteit
Lokale trein	1.21	0.1
Intercity trein	1.21	0.1
Stadsbus	1.0	0.3
Regionale bus	1.0	0.3
Tram	1.0	0.3
Metro	1.0	0.3

3.4 Berekening van één milieuscore per reis – optellen van emissies

In de reisplanner dient de milieuscore in één aansprekende grootheid te worden weergegeven. Dit betekent dat CO₂-emissies en luchtverontreinigende emissies bij elkaar opgeteld dienen te worden. In de milieueconomie bestaat hiervoor een

handige tool. Emissies kunnen worden gewaardeerd (financieel gemaakt) met zogenaamde schaduwrijzen, en vervolgens opgeteld. Deze methode is gebruikt in het prototype en wordt hieronder toegelicht.

3.4.1 Waarderingsmethoden

Door middel van de schaduwrijzen kunnen verschillende milieueffecten worden uitgedrukt in eenzelfde eenheid (Euro) en daardoor worden gewogen en opgeteld. Bij het maken van levenscyclusanalyses (LCA) om de milieueffecten van verschillende producten te vergelijken wordt vaak gebruik gemaakt van schaduwrijzen om emissies te wegen. Ook bij kosten-batenanalyses voor nieuwe infrastructuur wordt de methode vaak toegepast.

De twee belangrijkste methoden om de schaduwrijzen van emissies in kaart te brengen zijn:

- schadekostenmethode;
- preventiekostenmethode

De schadekostenmethode, waardeert de schade van de milieueffecten (via zogenaamde dosis-effectrelaties). Deze methode geeft de meest bevredigende benadering van de kosten van milieuvervuiling. Echter, het vaststellen van alle relevante dosis-effectrelaties en vervolgens waarderen in geld is niet altijd mogelijk. Wanneer de schadekostenmethode tekort schiet, kan de preventiekostenmethode soelaas bieden. Deze methode gaat ervan uit dat de maatschappij impliciet een schadewaardering voor emissies heeft vastgesteld, omdat zij besloten heeft een bepaalde reductie te willen behalen². Door een analyse van kosten en maatregelen (binnen de sector verkeer) die nodig zijn om de gestelde doelen te halen, kan worden achterhaald hoeveel de maatschappij impliciet overheeft voor het reduceren van de emissies.

3.4.2 Financiële waardering van de verschillende emissies

In Tabel 2 presenteren we de schaduwrijzen voor de emissies die voor deze studie relevant zijn. De getallen zijn overgenomen uit de CE-studie 'De prijs van een reis' uit 2004 (CE, 2004b). De getallen zijn tot stand gekomen op basis van studies waarin beide methodes gehanteerd worden. De schaduwrijzen voor verkeer binnen de bebouwde kom (bibk) zijn hoger dan voor buiten de bebouwde kom (bubk), omdat de schade van emissies situatieafhankelijk is. De gezondheidseffecten zijn binnen de bebouwde kom groter dan daarbuiten, omdat de bevolkingsdichtheid binnen de bebouwde kom groter is.

² Een punt van discussie kan zijn dat het politiek gestelde doel niet noodzakelijkerwijs hoeft overeen te komen met het maatschappelijk optimum. Hier kan tegenin worden gebracht dat de politiek de maatschappelijke voorkeuren representeert, inclusief de verdelingseffecten.



Tabel 2 Financiële waardering (W) voor emissies naar de lucht (€/kg) binnen de bebouwde kom (bibk) en buiten de bebouwde kom (bubk)

	Waardering bibk	Waardering bubk
CO ₂	0.056	0.056
NO _x	13	8
HC	7	3
SO ₂	11	4
PM ₁₀	336	78

Opm: Uit verschillende studies blijkt dat de emissies van CO weinig schadelijk zijn. Daarom zijn deze emissies niet meegenomen.

Door de emissies financieel te waarderen kan een maat voor de totale milieubelasting (K) per *persoon per rit* berekend worden:

$$K = (EM_{CO_2} * W_{CO_2})_{bibk, bubk} + (EM_{NOX} * W_{NOX})_{bibk, bubk} + (EM_{HC} * W_{HC})_{bibk, bubk} + (EM_{SO_2} * W_{SO_2})_{bibk, bubk} + (EM_{PM10} * W_{PM10})_{bibk, bubk}$$

K is een gewogen som van de emissies EM (van verschillende stoffen per ritonderdeel binnen of buiten de bebouwde kom) met de waarderingen W als gewichtsfactoren.

Verskillende reisalternatieven kunnen nu onderling vergeleken worden op milieubelasting.

3.5 Dataverzameling

Om de milieupformance van de verschillende reisalternatieven te kunnen berekenen, is informatie over de reis, het vervoermiddel en de reiziger nodig. Valide conclusies kunnen enkel worden getrokken, wanneer de berekeningen een bepaalde gedetailleerdheid hebben. Daarom dient er a) informatie bij de reiziger ingewonnen te worden en b) achtergrondinformatie over de milieupformance en bezettingsgraden van voertuigen verzameld te worden. Een belangrijke afweging die hierbij gemaakt moet worden is die tussen de hoeveelheid en complexiteit van informatie die aan de gebruiker wordt gevraagd enerzijds en de informatie die noodzakelijk is om een valide beeld van de milieubelasting van de alternatieven te kunnen geven anderzijds.

Hieronder definiëren we allereerst een aantal varianten en geven aan welke is uitgewerkt voor PRIMAVERDER. Vervolgens gaan we in op de benodigde achtergronddata.

3.5.1 Dataverzameling personenauto

Er zijn drie databronnen waarvan gebruik gemaakt kan worden in de milieumodule om de milieubelasting te berekenen:

- data uit de routemodule (afstand/wegtype/lekans HWN);
- achtergronddata (emissiefactoren, brandstofgebruik);
- data van de gebruiker (bezettingsgraad, brandstofsoort, voertuiggrootte, leeftijd voertuig).

Voor de data van de gebruiker van de routeplanner geldt: wat weet de gebruiker van het voertuig en in hoeverre is de gebruiker bereid om informatie beschikbaar te stellen?

Uitgangspunt voor het kiezen van een berekeningsmethode zijn de factoren die sterke invloed hebben op de milieuproductie van voertuigen:

- brandstofsoort voertuig (voor emissies);
- leeftijd voertuig (voor emissies);
- brandstofgebruik (kan benaderd worden door gewicht of grootteklasse);
- eventueel: rijstijl (voor brandstofgebruik en emissies).

Voor het bepalen van de milieubelasting kunnen verschillende opties uitgewerkt worden, welke verschillen in nauwkeurigheid en informatie van de gebruiker. In Tabel 3 presenteren we verschillende opties in toenemende nauwkeurigheid en informatiebehoefte van de gebruiker.

Voor de opties waarbij met gemiddelde cijfers gerekend wordt, heeft het niet veel zin om differentiatie naar wegtype en files mee te nemen, omdat de cijfers waarmee gerekend wordt in de betreffende optie sterk geaggregeerd zijn. Het differentiëren naar wegtype en rekening houden met de effecten van files verhoogt de nauwkeurigheid van de berekeningen dan niet.

Tabel 3 Verschillende opties voor de berekening van de milieubelasting van personenauto's

	Informatiebehoefte gebruiker	Achtergronddata (brandstofgebruik en emissies)	Differentiëren naar wegtype en meenemen files etc.?	Opmerkingen
0	-	Gemiddelde cijfers voertuigvloot, bezettingsgraad.		
1	Aantal inzittenden	Gemiddelde cijfers voertuigvloot.	Geen zin omdat er met gemiddelde cijfers over de voertuigvloot gerekend wordt.	
2	Aantal inzittenden Brandstofsoort	Gemiddelde cijfers per brandstofsoort.	Weinig zin omdat er met gemiddelde cijfers per brandstofsoort gerekend wordt.	
3	Aantal inzittenden Brandstofsoort Submini/klein/middel/groot Leeftijd	Cijfers per bouwjaar (emissies) en grootteklasse (brandstofgebruik).	Zin.	
4	Aantal inzittenden Brandstofsoort Gewicht auto Leeftijd auto	Emissies en brandstofgebruik als functie van leeftijd (emissies) en gewicht (brandstofgebruik).	Veel zin.	Informatie (gewicht) van gebruiker.
5	Aantal inzittenden Brandstofsoort Brandstofgebruik Leeftijd	Emissies als functie van de leeftijd.	Veel zin.	Informatie (brandstofgebruik) van gebruiker.
6	Aantal inzittenden Brandstofsoort Brandstofgebruik Leeftijd Type auto	Emissies en brandstofgebruik per type auto.	Veel zin.	Houdbaarheid beperkt, informatiebehoefte emissies en gebruik hoog. Praktijkcijfers mogelijk moeilijk te krijgen. Geeft Indruk van rijstijl van chauffeur.

We selecteren uit Tabel 3 twee opties. We selecteren een optie waarbij geen informatie hoeft te worden ingevuld en een optie waarbij wel informatie dient te worden ingevuld door de gebruiker.

De optie waarbij de gebruiker geen informatie hoeft in te voeren is optie **nul**. We verzamelen data over de emissieperformance van de 'gemiddelde' auto. Een tweede optie waarbij de gebruiker niet overvraagd wordt en waarbij beschikbare statistische informatie nuttig gecombineerd wordt met de informatie van de gebruiker, is optie **drie**. Om deze optie verder uit te werken is statistische informatie nodig over voertuigemissies per wegtype en per bouwjaar, en brandstofgebruik per grootteklasse.

Optie nul: geen gebruikersinformatie

Voor deze optie wordt geen gebruikersinformatie gevraagd, behalve de startplaats en het reisdoel. De berekeningen worden gemaakt aan de hand van geaggregeerde emissiegegevens (NO_x, HC, SO₂, PM₁₀, CO₂) van de Taakgroep Verkeer en Vervoer.

Er wordt uitgegaan van een bezetting van de auto door 1 persoon. Dit is gemakkelijk om te rekenen naar energieverbruik en emissies bij hogere bezettingsgraden. Een gemiddelde bezettingsgraad met decimalen achter de komma geeft geen herkenbaar beeld. Wanneer de gebruiker gedetailleerdere informatie wil, wordt hij doorverwezen naar optie drie.

Optie drie: gebruikersinformatie en achtergronddata

Voor deze optie worden drie vragen aan de gebruiker gesteld:

- brandstofsoort van de auto;
- leeftijd of bouwjaar van de auto; en
- grootteklasse van de auto (hangt samen met het gewicht, zie ook bijlage A).

Om de milieubelasting van de rit te kunnen berekenen is de volgende achtergronddata benodigd:

- emissiefactoren (NO_x, PM₁₀, HC) per brandstof per bouwjaar;
- brandstofverbruik per grootteklasse.

De benodigde emissiefactoren voor beide opties zijn beschikbaar bij het CBS (Statline). Brandstofverbruiksgedaten naar grootteklasse zijn niet eenvoudig beschikbaar. We hebben daarom zelf een indeling gemaakt op basis van een bestaande indeling van het RDC datacentrum, de marktinformatieleverancier van RAI en BOVAG.

Het autopark is opgedeeld op basis van de indeling die wordt gehanteerd door het RDC datacentrum. Het RDC datacentrum onderscheidt ruim 10 verschillende segmenten, zie bijlage A. We hebben deze segmenten gereduceerd tot zes te onderscheiden grootteklassen op basis van het brandstofgebruik over de Europese typegoedkeuringscyclus en de voertuigkosten. In Tabel 4 zijn de onderscheiden klassen weergegeven.



Tabel 4 Autoparkopdeling in grootteklassen

RDC marktsegment	Omschrijving	Voorbeeld
A	Submini's	(Suzuki Alto, Smart)
B	Kleine auto's	(Opel Corsa, VW Polo)
C en J	Kleine middenklasse auto's en medium MPV's	(Toyota Corolla, Renault Scenic)
D en K	Middenklasse auto's	(Citroen C5, VW Sharan)
E, F	Grote luxe auto's	(Mercedes E-klasse; Audi A8)
L	Offroad auto's, SUV	(BMW X5, Land Rover)

Per grootteklasse is op basis van een aantal veel in het wagenpark voorkomende auto's het brandstofverbruik bepaald over het 'urban' deel en het 'extra-urban' deel uit de Europese testcyclus. Dit is gedaan voor zowel benzine- als dieselvoertuigen.

Het berekende gemiddelde brandstofverbruik over de testcyclus voor de verschillende grootteklassen wordt vervolgens gebruikt om het gemiddelde verbruik in de praktijk (Taakgroep Verkeer en Vervoer statistiek) te differentiëren naar grootteklasse³. Dit wordt gedaan voor zowel diesel als benzine en LPG-voertuigen, waarbij wordt aangenomen dat het verbruik van LPG-auto's op dezelfde manier samenhangt met de grootteklasse als voor benzineauto's. Voor het verbruik tijdens een stadsrit wordt het 'urban' deel van de testcyclus gebruikt, terwijl voor een rit op het hoofdwegennet en de landelijke wegen altijd het brandstofverbruik over het 'extra-urban' deel van de testcyclus worden gebruikt.

Om het brandstofverbruik in de praktijk te kunnen differentiëren naar grootteklasse dient het gemiddelde verbruik over de delen van de testcyclus te worden vastgesteld voor benzine- en dieselveertuigen. Dit is gedaan op basis van de aandelen van de verschillende marktsegmenten in het voertuigpark voor de verschillende brandstoffen van het RDC-datacentrum (RDC, 2005).

Nu het gemiddelde verbruik over de testcyclus bekend is, kan het praktijkverbruik van de grootteklassen ten opzichte van het gemiddelde (Taakgroep Verkeer, 2004b) berekend worden. Dit geven we weer in Tabel 5.

Tabel 5 Relatieve verbruikscijfers benzine- en dieselveertuigen per grootteklasse

		stad	HWN + landelijk	stad	HWN + landelijk
		Benzine+LPG		diesel	
A	Submini's	75%	82%	69%	75%
B	Kleine auto's	81%	85%	80%	84%
C, J	Kleine middenklasse auto's en medium MPV's	100%	99%	89%	91%
D, K	Middenklasse auto's	116%	112%	109%	106%
E, F	Grote luxe auto's	140%	132%	134%	125%
L	Offroad auto's, SUV	201%	191%	161%	168%

³ Het verbruik over de testcyclus wordt niet direct gebruikt in de berekeningen, omdat dit niet representatief is voor de praktijk.

Uit de hierboven gepresenteerde relatieve verbruikscijfers worden met behulp van de bekende cijfers voor het brandstofverbruik over de verschillende wegtypen de werkelijke verbruikscijfers per grootteklasse berekend. Het blijkt dat zware voertuigen meer dan twee maal zoveel brandstof gebruiken tijdens stadritten dan lichte auto's. Buiten de stad is het verschil kleiner, omdat acceleratie daar een kleinere rol speelt.

De SO₂-emissies worden berekend op basis van de zwavelgehalten van brandstoffen (Taakgroep Verkeer, 2004b) en het brandstofgebruik.

Wanneer er op het hoofdwegennet files staan, gaan de emissies en het brandstofgebruik per gereden kilometer omhoog. Dit wordt veroorzaakt door een hoger benodigd vermogen per kilometer door veelvuldig optrekken en het dynamische rijgedrag. In de formules in hoofdstuk 4 is hiervoor een straffactor (F) opgenomen. Dit effect is echter relatief klein t.o.v. de andere effecten zeker omdat het aantal kilometers in een file rijden over de totale reislengte over het algemeen beperkt is. De invloed van files op emissies is daarom niet meegenomen in het prototype van PRIMAVERDER.

3.5.2 Dataverzameling openbaar vervoer

Voor de emissies en het energiegebruik van het openbaar vervoer spelen in grote lijnen dezelfde karakteristieken een rol als in het vervoer per auto. Alleen de informatie over het vervoermiddel is niet voorhanden. Het is namelijk niet te zeggen wat de leeftijd van de bus of het type van de trein zal zijn, welke een reiziger zal vervoeren. Daarom werken we in het geval van OV met gemiddelde waarden voor energiegebruik en emissies.

De afstand voor een treinrit kan uit de routemodule afgeleid worden. Voor de trein valt uit de routemodule af te leiden of dit met een intercity- of stoptrein plaatsvindt. Daarom rekenen we met gemiddelden voor stoptrein en intercity's. Voor de bus treedt een moeilijkheid op, omdat de reisafstand hierin niet wordt opgeslagen, maar de reistijd. Deze wordt in de module omgerekend naar kilometers op basis van gemiddelde snelheden op verschillende wegtypes.

Voor het energiegebruik van OV gebruiken we data van de Taakgroep Verkeer en Vervoer over het jaar 2003. De cijfers voor de gemiddelde bezettingsgraad voor de verschillende vervoerswijzen, met uitzondering van de trein, nemen we over uit *To shift or not to shift that's the question* (CE, 2003). Het cijfer voor de gemiddelde bezettingsgraad van de trein is afkomstig van de NS.

Voor de emissiecijfers van elektriciteitsopwekking, kunnen we een keuze maken tussen verschillende mixen aan brandstoffen, met hun eigen emissiekarakteristieken:

- NS mix (trein);
- gemiddelde mix Nederlandse elektriciteitscentrales;
- gemiddelde mix Europese elektriciteitscentrales.



Voor het spoorvervoer is de brandstofmix voor de NS de meest voor de hand liggende keuze. De brandstofmix van de NS verschilt echter van jaar tot jaar (Gijssen, 2000), bovendien is ook bij de NS het milieuprofiel van de ingekochte stroom niet volledig bekend⁴.

Voor de Europese elektriciteitsmix zijn volgens het RIVM geen betrouwbare gegevens bekend⁵. Bovendien is ook de Europese elektriciteitsmix niet representatief voor de NS en de metro- en trambedrijven in Nederland. Daarom gebruiken we betrouwbare emissiecijfers voor de Nederlandse elektriciteitscentrales.

⁴ De stroomleverancier en brandstofmix van de NS zijn bekend. Het vanaf 2005 verplichte stroometiket dat iedere stroomleverancier openbaar maakt bevat informatie over de brandstofmix, de gemiddelde emissie van CO₂ per kWh en de productie van kernafval per kWh. De overige emissies zijn echter nog niet bekend.

⁵ Uit een persoonlijk gesprek met Alexander Gijssen, RIVM.



4 Berekeningsmethode autokosten

In dit hoofdstuk wordt de autokostenmodule beschreven, welke een onderdeel vormt van het prototype van PRIMAVERDER voor een integrale reisplanner. De autokostenmodule geeft inzicht in de kosten van autogebruik. De kosten voor OV zijn niet uitgewerkt omdat die reeds is opgenomen in bestaande reisplanners zoals die van Reisinformatiegroep.

We bespreken eerst de invoer en uitvoer van het rekenmodel en de diverse kostenposten die worden berekend (paragraaf 4.1). In paragraaf 4.2 leggen we uit op welke manieren het model gebruikt kan worden en bespreken we in detail hoe de kostenposten worden berekend. Vervolgens illustreren we in paragraaf 4.3 de uitkomsten van het model en vergelijken we die met de uitkomsten van andere modellen. In paragraaf 4.4 onderzoeken we de onzekerheid in de uitkomsten en bepalen we door middel van een gevoeligheidsanalyse welke modelparameters de grootste bijdrage leveren aan de modelonzekerheid. Hieruit leiden we af welke gebruikersinformatie de modelonzekerheid het meest vermindert. In paragraaf 4.5 geven we tot slot een overzicht van de conclusies m.b.t. de berekeningsmodule voor autokosten.

4.1 Invoer en uitvoer

Het model berekent de kosten van een reis op basis van twee soorten invoer: informatie van de reisplanner (de afgelegde afstand) en extra informatie die eventueel door de gebruiker kan worden opgegeven (zie Tabel 6).

Tabel 6 In- en uitvoervariabelen

Invoer		Uitvoer
Vanuit reisplanner	Gebruikersinformatie	
Afstand binnen bebouwde kom	Autoklasse (6 klassen)	Totale kosten
Afstand buiten bebouwde kom	Brandstofsoort (4 soorten)	Variabele kosten
Afstand Snelweg	Leeftijd (1 t/m 7 jaar)	Vaste kosten
	Jaarkilometrage (in 1.000-en km)	
	Type verzekering (3 types)	

De invoervariabelen zijn de afstanden afgelegd over drie wegtypes (binnen en buiten de bebouwde kom en snelweg). Voor deze opsplitsing is gekozen omdat het brandstofverbruik, en dus de brandstofkosten, op deze drie wegtypes sterk verschilt.

Daarnaast kan de gebruiker vijf soorten informatie opgeven (autoklasse, brandstofsoort, leeftijd, jaarkilometrage en type verzekering). De vijf variabelen leiden tot de grootste zekerheid in de modeluitkomsten. Als de gebruiker kiest om deze informatie niet op te geven gebruikt het model een standaardwaarde voor iedere invoervariabele (zie bijlage B).

De uitvoervariabelen zijn de kosten van de reis. Die kosten zijn uitgesplitst naar variabele kosten en vaste kosten en een totaal van beide. De variabele kosten zijn gekoppeld aan de specifieke reis die is ingevoerd in de reisplanner. Die kosten, bijvoorbeeld voor brandstof, zouden niet zijn gemaakt als de reis niet werd gemaakt. De vaste kosten zijn kosten die ook worden gemaakt wanneer de reis niet wordt gemaakt of wanneer de reis niet met de auto zou worden gemaakt. Het aandeel van de opgegeven reis in de jaarlijkse vaste kosten wordt berekend op basis van een jaarlijks kilometrage. Hierbij geldt dat hoe lager het jaarkilometrage, hoe hoger het aandeel van een reis in de vaste kosten.

Het model berekent de vaste en variabele kosten in de volgende categorieën:

- *Variabele kosten:*
 - brandstof;
 - onderhoud (variabel deel);
 - parkeren;
- *Vaste kosten:*
 - afschrijving;
 - motorrijtuigenbelasting (MRB);
 - verzekering;
 - onderhoud (vast deel);
 - financiering (rente).

4.2 Kostenposten

Er zijn twee varianten uitgewerkt: standaard en geavanceerd. In de standaard variant wordt geen informatie van de gebruiker gevraagd, maar wordt alleen gebruik gemaakt van standaard waardes voor de modelparameters (zie bijlage B). In de geavanceerde variant vraagt het model specifieke gebruikersinformatie die wordt gebruikt in plaats van de standaard waardes (zie Tabel 7).

Tabel 7 Gevraagde gebruikersinformatie in de geavanceerde variant

RDC Segment	Autoklasse (voorbeelden)	Brandstofsoort	Leeftijd	Jaarkilometrage	Type verzekering
A	Zeer klein (Suzuki Alto, Smart)	Benzine	1-7 jaar	In 1.000-en kilometers	Alleen WA
B	Klein (Opel Corsa, VW Polo)	Diesel			Beperkt casco
C, J	Kleine gezinsauto (Toyota Corolla, Renault Scenic)	LPG			Volledig casco
D, K	Grote gezinsauto (Citroen C5, VW Sharan)	LPG-G3 ⁶			
E, F	Luxe auto (Mercedes E-klasse ; Audi A8)				
L	SUV (BMW X5, Land Rover)				

Noot: In bijlage A worden de autoklassen verder toegelicht.

⁶ We maken onderscheid tussen LPG en LPG-G3 vanwege de verschillen in MRB-kosten.



In beide varianten worden de kostenposten berekend op basis van de opgegeven reis. Hieronder lichten we toe hoe de berekening plaats vindt.

4.2.1 Brandstof

De berekening van de brandstofkosten maakt gebruik van vier parameters:

- verbruik binnen bebouwde kom;
- verbruik buiten bebouwde kom;
- verbruik snelweg;
- brandstofprijs.

Elke parameter is uitgesplitst naar benzine, diesel, en LPG. Daarnaast zijn de verbruikscijfers gedifferentieerd naar autoklasse. De gebruikte waardes zijn afkomstig van RIVM (verbruikscijfers) en ANWB/Shell (brandstofprijs).

$$k_{brandstof} = \left(\frac{S_{binnen}}{V_{binnen}} + \frac{S_{buiten}}{V_{buiten}} + \frac{S_{snelweg}}{V_{snelweg}} \right) \times p_{brandstof}$$

Met:

$S_{binnen,buiten,snelweg}$ = afgelegde weg (binnen, buiten bebouwde kom, snelweg)

$V_{binnen,buiten,snelweg}$ = verbruik (binnen, buiten bebouwde kom, snelweg)

$p_{brandstof}$ = brandstofprijs

In de standaard variant van het model wordt uitgegaan van een benzineauto, type kleine gezinsauto.

4.2.2 Onderhoud (variabele deel)

De maandelijkse variabele onderhoudskosten zijn gerelateerd aan het gebruik van de auto. Deze kosten zouden niet worden gemaakt wanneer de opgegeven reis niet werd gemaakt. De volgende twee parameters worden gebruikt in de berekening:

- onderhoudscoëfficiënt (Euro/jaar) uitgesplitst naar autoklasse;
- jaarkilometrage;
- leeftijd.

De onderhoudscoëfficiënt is afgeleid van de onderhoudskosten uit de ANWB-autokostenbegroting. Vermenigvuldiging met de leeftijd levert, bij benadering, de jaarlijkse variabele onderhoudskosten.

$$k_{onderhoud,var\ iabel} = \frac{c \times t}{km} \times S_{totaal}$$

Met:

c = onderhoudscoëfficiënt

t = leeftijd

km = jaar kilometrage

s_{totaal} = totale afstand (som van de drie wegtypes)

In de standaard variant van het model wordt uitgegaan van een kleine gezinsauto, het gemiddelde jaarkilometrage van een benzineauto (13.000 – 14.000 km) en een leeftijd van 4 jaar.

4.2.3 Parkeren (variabele deel)

De variabele parkeerkosten zijn de kosten voor parkeergarages, parkeerterreinen, etc. die niet zouden worden gemaakt wanneer de opgegeven reis niet werd gemaakt. De kosten voor een parkeervergunning of de huur van een garage zijn dus niet in meegenomen.

Om de parkeerkosten te berekenen zijn verschillende methodes mogelijk:

- schatting parkeerkosten op basis van parkeertarieven op de plaats van bestemming;
- schatting gemiddelde parkeerkosten per kilometer op basis van totale jaarlijkse parkeerkosten per voertuig.

De eerste methode bleek bij de uitwerking van het prototype nog niet uitvoerbaar omdat er geen database beschikbaar is met de parkeertarieven voor alle locaties in Nederland.

De tweede methode geeft ook onbevredigende en niet herkenbare resultaten op omdat dan voor alle reizen met een gemiddelde wordt gewerkt (ca. 1 €ct per kilometer), wat geen recht doet aan de enorme verscheidenheid in parkeertarieven van geen parkeerkosten tarieven van vele tientallen Euro's. Ook is voor een betrouwbare schatting van de parkeerkosten informatie nodig over de verblijfstijd van de reiziger op de plaats van bestemming.

In het prototype van PRIMAVERDER is er daarom voor gekozen om de gebruiker zelf een inschatting te laten maken van de parkeerkosten.

4.2.4 Afschrijving

De afschrijvingskosten voor een auto kunnen worden opgedeeld in een vast en een variabel deel. Het vaste deel is afhankelijk van de leeftijd van de auto, terwijl het variabele deel wordt bepaald door het jaarkilometrage. Omdat (vooral bij nieuwe auto's) de vaste afschrijvingskosten veruit dominant zijn beperken we ons hier tot deze kosten.



De vaste kosten voor afschrijving van de auto zijn afhankelijk van:

- nieuwwaarde van de auto;
- leeftijd;
- afschrijving in eerste jaar (%).

Om de afschrijving te berekenen gaan we uit van een exponentiële formule voor de waardeontwikkeling van de auto. Hieronder bespreken we eerst deze formule waarna we de afschrijvingskosten voor een specifieke reis berekenen.

$$waarde(t) = A \times \exp(-b \cdot t^c)$$

Met:

t = Leeftijd

A = Nieuwwaarde

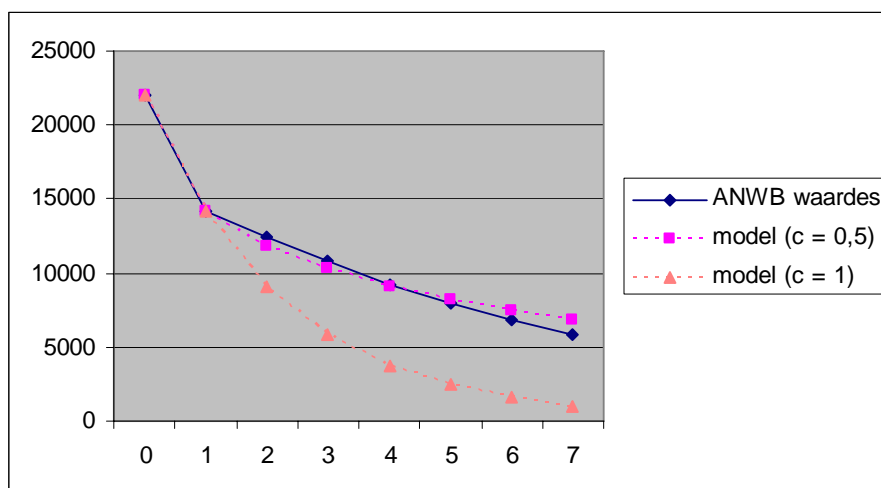
$b = -\ln(1 - a)$ afschrijvingscoëfficiënt

met a als de afschrijving in het eerste jaar (%)

c = Waardedalingscoëfficiënt in opvolgende jaren

In de standaardmodus van het model gaan we uit van een auto met nieuwwaarde € 22.000 (gemiddelde nieuwwaarde van kleine gezinsauto), een afschrijving van 35% in het eerste jaar (bron: Nibud) en een leeftijd van 4 jaar. De coëfficiënt c is zodanig gekozen dat de waardeontwikkeling in het model de empirisch vastgestelde waardeontwikkeling in de ANWB-autokostenbegroting benadert. Ter illustratie is de waardeontwikkeling van een kleine middenklasse auto afgebeeld in Figuur 6. Hierbij onderscheiden we de ontwikkeling volgens de ANWB-autokostenbegroting en volgens het model ($c = 0,5$ en $c = 1$).

Figuur 6 De empirisch vastgestelde waardeontwikkeling van een kleine middenklasse auto met aanschafwaarde € 22.000 (ANWB-waarden) en de gemodelleerde waardeontwikkelingen met 35% afschrijving in het eerste jaar en twee waarden voor de coëfficiënt c



De figuur laat zien dat de gemodelleerde curve met $c = 0,5$ beter aansluit bij de empirisch vastgestelde waardeontwikkeling (ANWB-waarden) dan wanneer $c = 1$ wordt gebruikt. Dit geldt ook voor goedkopere en duurdere auto's (€ 7.000 en € 50.000). Daarom wordt in het model de coëfficiënt $c = 0,5$ gebruikt.

Om de afschrijvingskosten te berekenen die kunnen worden toegeschreven aan een specifieke reis bepalen we eerst de jaarlijkse afschrijvingskosten gegeven de leeftijd van de auto. Hiervoor nemen we het verschil tussen de huidige waarde en de waarde in het voorgaande jaar. Vervolgens bepalen we welk deel van de jaarlijkse, leeftijdsafhankelijke afschrijvingskosten kunnen worden toegerekend aan de opgegeven reis.

$$k_{\text{afschrijving}} = \frac{\text{waarde}(t-1) - \text{waarde}(t)}{\text{km}} \times S_{\text{totaal}}$$

Met:

$$\text{waarde}(t) = \text{waarde}(\text{leeftijd})$$

$$\text{km} = \text{jaarkilometrage}$$

$$S_{\text{totaal}} = \text{afgelegde weg}$$

4.2.5 Motorrijtuigenbelasting (MRB)

De MRB is afhankelijk van veel variabelen, te weten het soort voertuig, gewicht, brandstofsoort en provincie. Om het aandeel van de opgegeven reis in de jaarlijkse MRB-kosten te bepalen gebruiken we de volgende parameters:

- MRB-kwartaaltarieven personenauto's, uitgemiddeld over de provincies (bron: Belastingdienst). De data zijn verzameld voor vier types brandstof (benzine, diesel, LPG-G3 en LPG) en zes gewichtsklassen die zijn gekoppeld aan de zes door ons geselecteerde autoklassen (Tabel 7).
- Leeftijd.
- Jaarkilometrage.

In de standaardmodus gaan we uit van een benzine auto, type kleine gezinsauto (1.151 t/m 1.350 kg), van 4 jaar oud met het gemiddelde jaarkilometrage voor benzineauto's (13.000 – 14.000 km).

$$k_{\text{MRB}} = \frac{4 * p_{\text{MRB}}}{\text{km}} \times S_{\text{totaal}}$$

Met:

$$p_{\text{MRB}} = \text{kwartaaltarief MRB}$$

$$\text{km} = \text{jaarkilometrage}$$

$$S_{\text{totaal}} = \text{afgelegde weg}$$



In de formule houden we rekening met de MRB-vrijstelling voor auto's ouder dan 25 jaar.

4.2.6 Verzekering

Op de website www.verzekeringssite.nl/autoverzekering is informatie beschikbaar over de maandpremies voor volledig casco van 38 polissen. Op basis van de informatie hebben wij de gemiddelde premie berekend⁷. In de standaard variant gebruiken we de gemiddelde premie als parameter. De andere parameter is jaarkilometrage (gemiddelde voor benzineauto). Invoer is de totaal afgelegde weg.

$$k_{\text{verzekering}} = \frac{12 \times p_{\text{verzekering}}}{km} \times S_{\text{totaal}}$$

Met:

$p_{\text{verzekering}}$ = maandpremie

km = jaarkilometrage

S_{totaal} = afgelegde weg

4.2.7 Onderhoud (vaste deel)

Het vaste deel van het onderhoud (waaraan dus ook kosten verbonden zouden zijn als de reis niet gemaakt werd) bestaat uit:

- kosten jaarlijkse APK (voor auto's van 3 jaar en ouder; exclusief nieuwe onderdelen en/of reparaties⁸);
- reinigen en wassen van de auto (bron: BOVAG);
- jaarlijkse beurt.

Bij elkaar worden deze kosten geschat op € 250,00 op jaarbasis.

$$k_{\text{onderhoud,vast}} = \frac{APK + \text{wassen} + \text{beurt}}{km} \times S_{\text{totaal}}$$

⁷ Hierbij gaan we uit van een man van 35 jaar oud, woonachtig in Rotterdam, geen uitzonderingsberoep of werkgever, 15 jaar in bezit van het rijbewijs, 10 jaar verzekerd bij de huidige maatschappij, geen tweede auto, 5 jaar no-claim, particulier gebruik van de auto, verzekeringhouder is een natuurlijk persoon, geen mogelijkheid om BTW te verrekenen, jaarkilometrage 15.000, ingangsdatum 1 januari 2005.

⁸ Kosten voor nieuwe onderdelen en reparaties worden verrekend in het variabele deel van de onderhoudskosten.

Met:

APK = kosten jaarlijkse APK
 $wassen$ = jaarlijkse reinigings - en waskosten
 $beurt$ = kostenjaarlijksebeurt
 km = jaarkilometrage
 s_{totaal} = afgelegde weg

4.2.8 Financiering

De financieringskosten bestaan uit:

- debetrente over geleend bedrag;
- gedeefde creditrente over geïnvesteerd bedrag.

Om de financieringskosten te berekenen gaan we uit van vaste rentepercentages (6% debetrente en 3% creditrente). Daarnaast nemen we aan dat de auto nieuw is gekocht met een lening ter waarde van de nieuwwaarde. Ten slotte nemen we aan dat op het moment van de reis de helft van de looptijd van de lening is verstreken.

We berekenen de te betalen/gedeefde rente met een afschrijvingsmodel gelijk aan de Excel functie IBET: de rente over een bepaalde termijn voor een investering op basis van periodieke, vaste betalingen en een vast rentepercentage.

$$k_{financiering} = \frac{IBET_{credit} + IBET_{debet}}{km} \times s_{totaal}$$

Met:

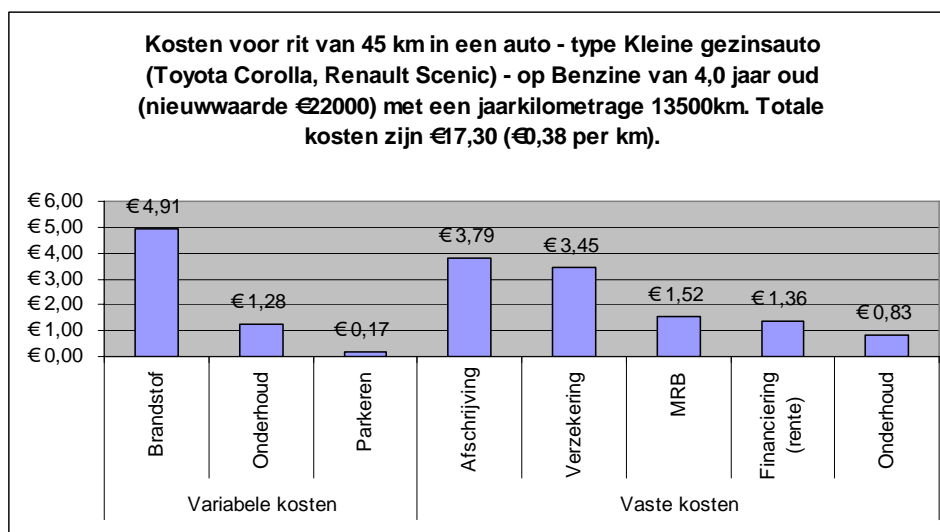
$IBET_{credit,debet}$ = gedeefdeoftebetalenjaarrente
 km = jaarkilometrage
 s_{totaal} = afgelegdeweg

4.3 Uitkomsten en vergelijking met andere modellen

De uitkomsten van de standaard variant van het model voor een voorbeeldreis zijn ter illustratie weergegeven in Figuur 7.



Figuur 7 Uitvoer van het model voor een voorbeeldreis



Als invoer werd een reis genomen waarvan de afstanden gelijk waren verdeeld over de drie wegtypes (totale afstand 45 km). De variabele en vaste kosten zijn berekend voor:

- een kleine gezinsauto (bijvoorbeeld Toyota Corolla, Renault Scenic);
- brandstof is benzine;
- leeftijd 4 jaar;
- aanschafwaarde €22.000.

De overige parameterwaarden zijn vermeld in Tabel 11. De uitvoer staat in Tabel 8.

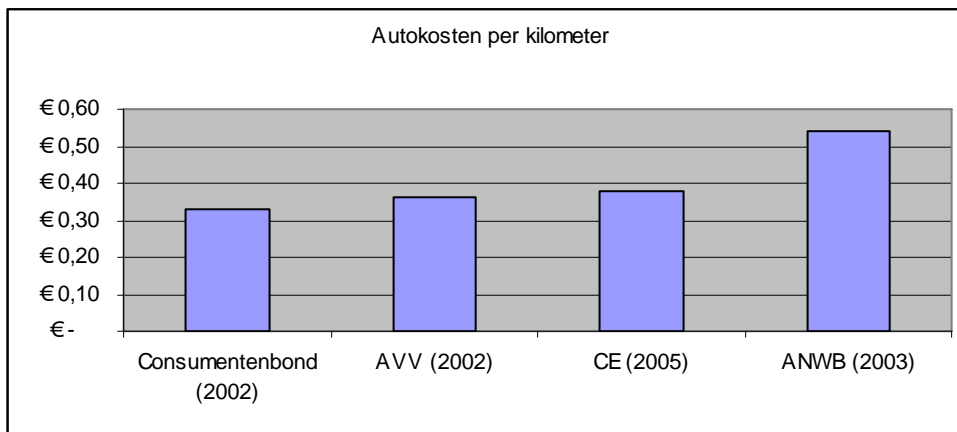
Tabel 8 Waarden van de uitvoervariabelen

Uitvoervariabele	Kosten	Per kilometer
Totale kosten	€ 17,30	€ 0,38
Variabele kosten	€ 6,35	€ 0,14
Vaste kosten	€ 10,95	€ 0,24

De totale kosten voor deze reis bedragen ruim € 17. Dat komt overeen met rond de 38 €ct per kilometer. De variabele kosten zijn bij elkaar bij benadering zes en een halve Euro; de vaste kosten bijna € 11; we merken op dat de vaste kosten bijna twee keer zo hoog zijn als de variabele kosten. Vooral de afschrijvingskosten nemen een aanzienlijk deel voor hun rekening (zie Figuur 7). Daarnaast blijkt dat voor bovenstaande invoer- en parameterwaarden de verzekeringskosten in dezelfde orde van grootte liggen als de brandstofkosten.

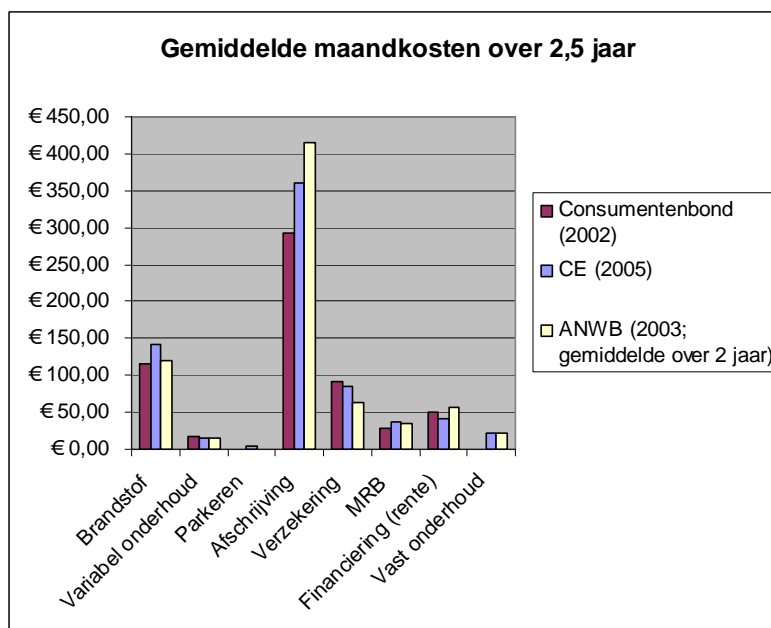
De kosten per kilometer die zijn berekend door het model (38 €ct) zijn hoger dan die van de Consumentenbond (33 €ct; 2002) maar zij rekenden met lagere prijzen (vooral nieuwwaarde en brandstof). In vergelijking met de AVV Kostenbarometer (36 €ct; 2002) zien we niet veel verschil in prijs. Ten slotte bleek dat de gemiddelde kilometerprijs in de ANWB-autokostenbegroting veel hoger is (54 €ct; 2003). In Figuur 8 zijn de verschillen weergegeven.

Figuur 8 Overzicht van autokosten per kilometer uit verschillende bronnen



De verschillen tussen de diverse bronnen schuilen vooral in de afschrijvingskosten. In Figuur 9 is dit weergegeven in de gemiddelde maandkosten over 2,5 jaar volgens drie methodieken (ANWB⁹, Consumentenbond¹⁰ en CE¹¹).

Figuur 9 Gemiddelde autokosten over 2,5 jaar volgens drie berekeningsmethodieken



De figuur laat zien dat vooral de kosten voor de afschrijving sterk verschillen in de drie methodieken. De resultaten van de CE methode liggen in tussen de

⁹ Maandkosten gemiddelde Toyota Corolla (€ 20.000) en Renault Scenic (€ 24.000); ANWB-autokostenbegroting 2004.

¹⁰ Maandkosten gemiddelde kleine middenklasse en ruimtewagen (prijspeil 2002); Consumentengids augustus 2003.

¹¹ Autokosten calculator in standaard modus (kilometrage 15.500 km).

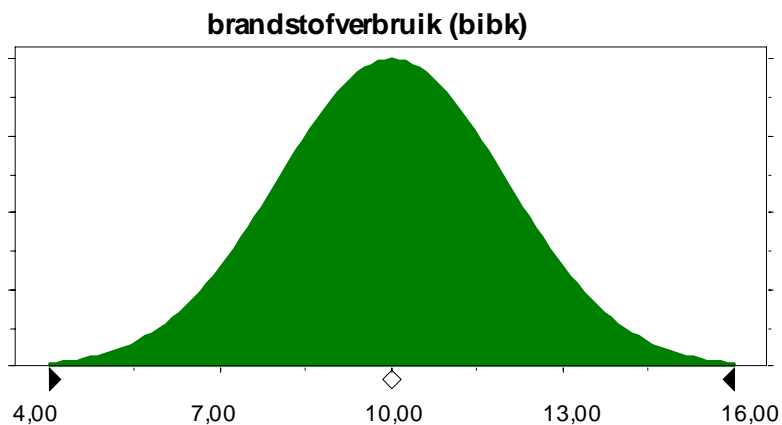
methode van de Consumentenbond en de ANWB. De hogere kosten voor brandstof en MRB in de CE-methode is direct gerelateerd aan hogere prijzen.

4.4 Onzekerheid en gevoeligheidsanalyse

Om een gevoel te krijgen voor de onzekerheid in de modeluitvoer en voor welke parameters de onzekerheid voornamelijk veroorzaken hebben we een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd.

Hierbij werden de waarden van de modelparameters vervangen door een distributie met als middenschatting de waarde uit Tabel 11. De extremen zijn per parameter ingeschat op basis van bekende statistieken over het personenauto-park aangevuld met inschattingen van de spreiding in parameterwaardes. Een voorbeeld is gegeven voor het brandstofverbruik in Figuur 10. De spreiding in verbruikswaarden wordt hier gerepresenteerd door een normaalverdeling¹² met een gemiddelde van 10 km/l en een standaarddeviatie van 2 km/l.

Figuur 10 Distributie met waarden (normaalverdeling) voor de parameter brandstofverbruik binnen de bebouwde kom (bibk)



Met behulp van Monte Carlo Simulatie¹³ wordt de spreiding in de uitvoer bepaald. Dit werkt als volgt. In elke herhaling van de simulatie worden nieuwe parameterwaardes getrokken uit de distributies die eraan zijn toegekend. Dan worden telkens de modeluitkomsten berekend. Na 10.000 herhalingen ontstaat zo een beeld van de spreiding in de uitkomsten.

De Monte Carlo Simulatie is twee maal toegepast. Eerst met distributies die de spreiding in parameterwaardes over het totale personenautopark weerspiegelen. Hiermee ontstond een beeld van de modelonzekerheid in de standaardmodus

¹² Naast de normaalverdeling zijn ook Weibull en Beta distributies gebruikt om bijvoorbeeld de asymmetrische opbouw van het wagenpark te simuleren (relatief veel kleine auto's (B en C segment) en weinig grote en luxe auto's). Ten slotte zijn uniforme distributies gebruikt voor parameters waar geen preciezere gegevens over bekend zijn (bijvoorbeeld de jaarkosten voor parkeren).

¹³ Herhaalde modelberekening waarin in iedere herhaling andere parameterwaardes worden getrokken uit de toegekende verdelingen.

(zonder extra gebruikersinvoer). Daarna is de simulatie toegepast op de geavanceerde modus van het model (d.w.z. met distributies rond de door de gebruiker gekozen parameter waarden).

4.4.1 Modelonzekerheid in standaardmodus

De resultaten voor het model in standaard modus zijn samengevat in Tabel 9.

Tabel 9 Resultaten van de Monte Carlo Simulatie voor het model in standaard modus (reis van 45 km)

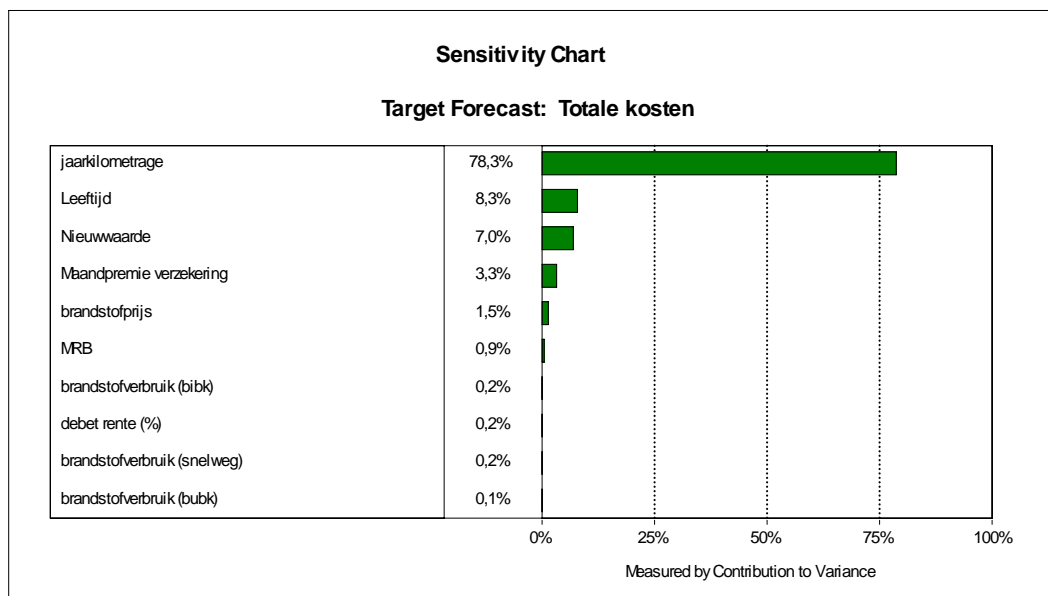
Uitvoervariabele	Gemiddelde kosten	Standaard deviatie	Modelonzekerheid (%)
Totale kosten	€ 17	€ 8	47%
Variabele kosten	€ 6	€ 1	17%
Vaste kosten	€ 12	€ 9	75%

Uit bovenstaande tabel blijkt dat de modelonzekerheid zeer groot is: bijna 50% van de totale kosten. Deze onzekerheid wordt veroorzaakt door de zeer grote diversiteit in het personenautopark in Nederland. Een reis in een kleine auto kost de gebruiker veel minder dan een reis in een grote en luxe auto. Om de onzekerheid in de uitkomsten te verkleinen is het daarom belangrijk om extra informatie aan de gebruiker te vragen over het gebruikte voertuig en het rijgedrag (de geavanceerde modus).

4.4.2 Gevoeligheidsanalyse

Omdat niet alle informatie aan de gebruiker kan worden gevraagd, is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd om te toetsen welke modelparameters het meeste bijdragen aan de onzekerheid in de uitkomsten. Met dit inzicht kan een gegronde keuze worden gemaakt voor extra gebruikersinformatie. In Figuur 11 zijn de resultaten afgebeeld in een grafiek.

Figuur 11 Resultaten gevoeligheidsanalyse



In de grafiek is per modelparameter aangegeven voor welk percentage deze bijdraagt in de variatie van de modeluitkomsten. Uit de resultaten leiden we de vier belangrijkste parameters af (met afgeronde bijdrage aan variatie in procenten):

- jaarkilometrage (78%);
- leeftijd van de auto (8%);
- nieuwwaarde van de auto (7%);
- verzekeringspremie (3%).

Bij elkaar zijn deze vier parameters verantwoordelijk voor meer dan 95% in de variatie van de uitkomsten. Het lijkt dus verstandig om gebruikersinformatie over deze vier parameters in te zetten in de geavanceerde variant van het model.

4.4.3 Modelonzekerheid in geavanceerde variant

In de geavanceerde variant wordt de gebruiker gevraagd om extra informatie (zie Tabel 7). Wanneer de Monte Carlo Simulatie wordt toegepast op het model van het geavanceerde model ontstaat het volgende beeld van de modelonzekerheid.

Tabel 10 Resultaten van de Monte Carlo Simulatie voor het geavanceerde model (reis 45 km)

Uitvoervariabele	Gemiddelde kosten	Standaard deviatie	Modelonzekerheid (%)
Totale kosten	€ 17	€ 1	6%
Variabele kosten	€ 6,20	€ 0,40	6%
Vaste kosten	€ 11	€ 1	11%

4.5 Conclusie autokosten berekening

De resultaten van de hier gepresenteerde autokosten calculator liggen in tussen die van de twee belangrijkste overige modellen (de kostenberekening van de Consumentenbond en de ANWB-autokostenbegroting). Hierbij is gekeken naar vergelijkbare typen voertuigen en zijn de gebruikte aannames besproken met modelontwikkelaars van de ANWB en de Consumentenbond.

De onzekerheid in de uitkomsten van de calculator is groot (bijna 50%). Dit wordt veroorzaakt door de grote diversiteit in het personenautopark. Om de modelonzekerheid te verlagen kan extra informatie omtrent het gebruikte voertuig en rijstijl worden gevraagd aan gebruikers van de calculator. Door een gerichte selectie van vragen kan de onzekerheid in de uitkomsten worden gereduceerd tot 6%.

De parkeerkosten worden in deze module niet berekend maar gevraagd aan de gebruiker. De reden hiervoor is dat er onvoldoende complete informatie over de parkeertarieven in alle gemeentes in Nederland beschikbaar is.



Referenties

CE, 2003

H.P. van Essen, O. Bello, J.M.W. Dings, R. van den Brink (RIVM)
To shift or not to shift, that's the question : The environmental performance of freight and passenger transport modes in the light of policy making
Delft : CE, 2003

CE, 2004a

H.P. van Essen, L.J. Kortmann
Geïnformeerd op reis – Onderzoek naar een milieu-informatiesysteem verkeer en vervoer voor consumenten of verladers
Delft : CE, 2004

CE, 2004b

J.P.L. Vermeulen, B.H. Boon, H.P. van Essen, L.C. den Boer, J.M.W. (CE)
F.R. Bruinsma, M.J. Koetse (VU)
De prijs van een reis – De maatschappelijke kosten van het verkeer
Delft : CE, 2004

Consumentenbond, 2003a

Ook autohandel prijst zich rijk
In : Consumentengids augustus 2003

Consumentenbond, 2003b

Gebruikte auto: niks mis mee
In : Consumentengids september 2003

Gijssen, 2000

A. Gijssen
Het spoor in model : beschrijving en toepassing van het model PRORIN
Utrecht : Universiteit Utrecht, 2000

MC, 2006

Milieu Centraal factsheet Personenvervoer nr. 165
Milieu Centraal, 2 februari 2006

RDC, 2005

Gegevens over opbouw voertuigpark naar grootteklasse, persoonlijk communicatie met Bart de Groot
RDC datacentre, januari 2005

Rietveld, 2002

Why railway passengers are more polluting in the peak than in the off-peak; environmental effects of capacity management by railway companies under conditions of fluctuating demand

In : Transportation Research, Part D7, p.347-356, 2002

Taakgroep verkeer 2004b

Methoden voor de berekening van de emissies door mobiele bronnen in Nederland t.b.v. Emissie monitoring

Taakgroep verkeer en vervoer, 2004

Geraadpleegde websites

ADAC website

<http://www.adac.de/>

VROM, 2005

Brandstofverbruiksboekje. Te bestellen via

<http://www.vrom.nl/pagina.html?id=2706&sp=2&dn=6011>

Shell website brandstofprijzen

http://www.shell.com/home/nl-nl/html/iwgen/app_profile/nl-nl_hoeveelkost.html

CBS statline

<http://statline.cbs.nl/>



CE

**Oplossingen voor
milieu, economie
en technologie**

Oude Delft 180

2611 HH Delft

tel: 015 2 150 150

fax: 015 2 150 151

e-mail: ce@ce.nl

website: www.ce.nl

Besloten Vennootschap

KvK 27251086

Prototype voor de integrale reisplanner PRIMAVERDER

Milieu-effecten en autokosten

Bijlagen

Rapport

Delft, april 2006

Opgesteld door: CE (Huib van Essen, Eelco den Boer en Rens Kortmann)
Milieucentraal (Voline van Teeseling en Jan-Tjemme van Wieringen)
Reisinformatiegroep (Bram Munnik en Peter van Brakel)



milieu  **centraal**
alles over energie en milieu in het dagelijks leven



A Marktsegmenten lichte voertuigen

Het RDC datacentrum onderscheid de volgende segmenten

Segment A	submini's	Smart, Suzuki Alto
Segment B	kleine auto's	Fiat Punto, Mini
Segment C	kleine middenklasse	Renault Mégane, VW Golf
Segment D	middenklasse	Citroën C5, Mazda 6
Segment E	hogere middenklasse	Mercedes E-klasse, Volvo V70
Segment F	grote auto's	Audi A8, BMW 7-serie
Segment G	sportieve modellen	Alfa Romeo GTV, MG TF
Segment H	sportwagens	Ferrari, Porsche
Segment I	zeer groot en luxueus	Rolls Royce, Maybach
Segment J	Medium MPV	Opel Zafira, Renault Scenic
Segment K	Upper MPV	VW Sharan, Ford Galaxy
Segment L	Offroad	Jeep, BMW X-5, Porsche Cayenne
Segment M	commercials	Ford Transit, VW Transporter



B Overzicht modelparameters autokostencalculator

Bij de berekeningen gebruikt het model een aantal parameters. Een aantal parameterwaarden kunnen in de geavanceerde modus worden opgegeven door de gebruiker. Anders worden defaultwaarden gebruikt (voornamelijk gebaseerd op bronnen). De parameters, de defaultwaarden (vet gedrukt) en de bronvermelding zijn gegeven in Tabel 11.

Tabel 11 Modelparameters. De defaultwaarden zijn vet afgedrukt

Parameter	Waarde						Bron
Algemeen							
	Benzine		Diesel		LPG		
Jaarkilometrage	13.000 km		30.000 km		28.000 km		CBS
Leeftijd van de auto	4 jaar						NB model is geschikt voor auto's t/m 7 jaar
Brandstof							
	Benzine (km/l)		Diesel (km/l)		LPG (km/l)		
Gemiddeld verbruik binnen bebouwde kom ¹⁴	9,1		11,6		7,2		RIVM (cijfers 2002)
Gemiddeld verbruik buiten bebouwde kom	14,5		17,4		11,5		RIVM (cijfers 2002)
Gemiddeld verbruik snelweg	12,7		15		10,1		RIVM (cijfers 2002)
	Benzine		Diesel		LPG		
Brandstofprijs	€1,28		€0,97		€0,49		per 5 maart 2005 (ANWB, Shell)
Variabel onderhoud							
Segment	A	B	C/J	D/K	E/F	L	
Coëfficiënt variabel onderhoud (€ per jaar)	80,9	88,1	95,6	112,6	123,3	152,3	Afgeleid uit ANWB-autokostenbegroting
Parkeren							
Jaarkosten parkeren	€140,00						ADAC (aangepast)
Gemiddelde reislengte	16 km						CBS (Onderzoek Verplaatsingsgedrag, OVG)
Afschrijving							
Segment	A	B	C/J	D/K	E/F	L	
Nieuwwaarde (A, Euro's)	€10.000	€17.000	€22.000	€33.000	€57.000	€65.000	ANWB-autokoerslijst
Afschrijving eerste jaar (%)	35%						ANWB-autokostenbegroting
Coëfficiënt c	0,5						

¹⁴ Op basis van de aandelen in het park van verschillende autoklassen en de verbruiksgegevens ten opzichte van het gewogen gemiddelde is een uitsplitsing gemaakt van de verbruikscijfers per autoklasse.

MRB					
Gemiddeld over de provincies (per kwartaal) uitgesplitste naar autoklasse	Benzine	Diesel	LPG-G3	LPG	
A	€ 46,00	€ 118,00	€ 46,00	€ 132,00	bron: belastingdienst
B	€ 78,00	€ 171,00	€ 99,00	€ 182,00	
C/J	€114,00	€ 225,00	€ 156,00	€ 238,00	(alleen C)
D/K	€ 151,00	€ 280,00	€ 213,00	€ 295,00	(alleen D)
E/F	€ 192,23	€ 341,84	€ 278,23	€ 359,13	(naar rato E en F)
L	€ 296,00	€ 497,00	€ 441,00	€ 519,00	
Verzekering					
Maandpremies	alleen WA	beperkt casco	volledig casco		
A	€ 22,50	€ 26,25	€ 45,00		bron: website vergelijking auto verzekeringen www.verzekeringssite.nl
B	€ 26,25	€ 33,75	€ 60,00		
C/J	€ 33,75	€ 45,00	€86,25		
D/K	€ 37,50	€ 48,75	€ 93,75		
E/F	€ 41,25	€ 90,00	€ 176,25		
L	€ 48,75	€ 129,75	€ 225,00		
Onderhoud (vast)					
APK			€40,00		Onderhoudsbedrijven
Jaarlijkse beurt			€150,00		Onderhoudsbedrijven
Wassen			€60,00		Omzetcijfers autowasbedrijven (BOVAG)
Financiering (rente)					
Debet rente (%)			6%		Frisia, Postkrediet
Credit rente (%)			3%		
Hoofdsom (factor)			1		Aanname: geleende bedrag is de nieuwwaarde
Looptijd (factor)			2		Aanname: op het tijdstip van meten (=leeftijd van de auto) is de helft van de looptijd verstreken.

C Fileschatter

Deze bijlage beschrijft de werking van de fileschatter. Hierbij zijn twee zaken van belang:

- een statistische database met file-informatie;
- koppelen van deze informatie aan een routeberekening van de autoplanner.

Beide processen hebben een eigen problematiek. Hieronder beschrijven we de statistische database met file-informatie.

De statistische database

Doel van de database is het vastleggen van de filekans als functie van de wegnaam, rijrichting, hectometerwaarde, weekday en de tijd op de dag. Omdat om de 100 meter moet worden bepaald of er een filesituatie is, is een eis hierbij dat de data snel toegankelijk is.

De file database bevat voor alle hoofdwegen in Nederland informatie over het aantal maal dat een bepaalde filesituatie is voorgekomen. Er zijn 3 mogelijke file meldingen die worden aangeduid met LS1, LS2 en LS3. In het document 'Information for clients of TIC-Nederland' (TIC staat voor Traffic Information Center) worden deze situaties als volgt omschreven:

LS1:

Stationary traffic: Traffic with a maximum speed, over a distance X, of less than 50 km/h, with an average speed of less than 25 km/h. The minimal distance X is 2 kilometres (the corresponding DATEX-class is LS1).

LS3:

Queuing traffic: traffic with an average speed, over a distance X, of more than 25 and less than 50 km/h. The minimal distance X is 2 kilometres (the corresponding DATEX-class is LS3).

LS2:

Often 'Stationary traffic' will occur in 'Queuing traffic'. This will, insofar as possible, be announced together (f.i. a section 'queuing' and, following, a section 'stationary' traffic), provided the separate parts have a minimum length of 2 kilometres. The Service Provider, however, can very well combine this in a message 'Queuing to stationary' (the corresponding DATEX-class is LS2).

Bij de opbouw van de statistische database wordt gebruik gemaakt van de volgende bronnen:

- De Verkeers Informatie Locatie Database, kortweg VILD. Deze database is afkomstig van de Adviesdienst Verkeer en Vervoer (AVV).
- Bestanden met verkeersinformatie. Deze bestanden worden geleverd door de firma Tenuki, en bevatten naast file-informatie ook informatie over andere incidenten die op het hoofdwegennet plaatsvonden. Tenuki krijgt ruwe gegevens van TIC-NL (Traffic Information Centre), en bewerkt deze.

De VILD wordt gebruikt om van het hoofdwegennet een model samen te stellen. Aan dit model worden later de filegegevens gekoppeld.

De database is vervolgens gebruikt, om de bestaande reistijdenschatter uit te bouwen met file-informatie.



D Presentatie autokosten

D.1 Inleiding

Binnen PRIMAVERDER wordt een tool ontwikkeld om keuzereizigers inzicht te geven in de kosten van OV- en autogebruik. Binnen het project is de bestaande informatie over OV-kosten uitgebreid met de kosten van autogebruik. Hieronder presenteren we de schermweergave voor beide vervoerswijzen.

D.2 OV-prijs

Voor deze reis heeft u 3 kaartjes nodig.

Kaartje	Vervoer	Afstand	Vol tarief		Korting	
			Enkele reis	Retour	Enkele reis	Retour
1	van rozenstraat te nijmegen naar centraal station te nijmegen	2 strippen	€ 0,89*			
2	van treinstation nijmegen te nijmegen naar treinstation arnhem te arnhem	19 km	€ 3,60	€ 6,20	€ 2,20	€ 3,70
3	van centraal station te arnhem naar van wageningenstraat te arnhem	2 strippen	€ 0,89*			

*Met 15 strippenkaart.

D.3 Autoprijs

De gebruiker kan de vijf berekeningsparameters aanpassen binnen het programma. Op basis van de informatie uit de hoofdstukken 2 en 3 worden de kosten berekend.

Auto	Kleine gezinsauto (Toyota Corolla, Renault Scenic) ▼
Brandstof	Benzine ▼
Autoleeftijd	4 ▼
Km's per jaar	13001 - 14000 ▼
Verzekering	volledig casco ▼

De kosten zijn opgedeeld in vaste en variabele kosten. Hierdoor wordt het direct duidelijk welke kostenposten een grote rol spelen. Ook de totale kosten worden weergegeven.

