

TNO-rapport

De invloed van gedragsaspecten op emissies van
personenauto's

MW-TNO - R 94/055

Auteurs : M.P.J. Pulles
L.Th. de Leu

Datum : 18 februari 1994

Opdrachtnr. : 51994

Opdrachtgever : Doelsubsidieproject

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt
door middel van druk, fotokopie, microfilm
of op welke andere wijze dan ook, zonder
voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
'Algemene Voorwaarden voor Onderzoeks-
opdrachten aan TNO', dan wel de
betreffende terzake tussen partijen
gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het TNO-rapport
aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© TNO

Nederlandse organisatie voor
toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek

TNO-Milieu en Energie stelt zich ten doel om, gebaseerd op
de noodzaak van een duurzame ontwikkeling van de
maatschappij, door middel van onderzoek en advisering bij te
dragen aan een goed milieubeheer, een verantwoord
energiegebruik en een doelmatig beheer en gebruik van de
ondergrondse natuurlijke hulpbronnen.



Op opdrachten aan TNO zijn van toepassing de Algemene
Voorwaarden voor onderzoekopdrachten aan TNO,
zoals gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank
en de Kamer van Koophandel te 's-Gravenhage.

INHOUD

	blz.
LIJST VAN FIGUREN EN TABELLEN	3
SAMENVATTING	5
1. INLEIDING	7
1.1 Achtergrond	7
1.2 De individuele keuzes met betrekking tot mobiliteit	7
1.2.1 Keuzen op drie niveaus	7
1.2.2 Karakteristieken van auto en chauffeur	8
1.2.3 Verschillen tussen autogebruikers	9
1.3 Doelstelling van dit onderzoek	11
1.4 Leeswijzer	12
2. EEN EMISSIEMODEL	13
2.1 Inleiding	13
2.2 Correctie voor technische eigenschappen van de auto's	15
2.2.1 Katalysatoren	15
2.2.2 Gewicht en brandstofverbruik	17
2.2.3 Brandstof	18
2.2.4 Totale correctie voor technische eigenschappen	19
2.3 Correctie voor gebruikskarakteristieken	21
2.3.1 Route-type (gemiddelde) snelheid	21
2.3.2 Rijstijl	24
2.4 Totaalbeeld	25
3. VERANDERINGEN IN GEDRAGSASPECTEN	28
3.1 Inleiding	28
3.2 Katalysatoren	28
3.3 Gewicht van de auto	30
3.4 Maximum snelheid op autosnelwegen	31
4. DISCUSSIE EN CONCLUSIES	33
5. LITERATUUR	36

LIJST VAN FIGUREN EN TABELLEN

Figuren

Figuur 1.1	Model voor de beïnvloeding van emissies naar de lucht door gedragsvariabelen (ontleend aan [5]).	8
Figuur 1.2	Vervoersprestatie per gebruikerstype en per gebruiksdoel (ontleend aan [4]).	10
Figuur 2.1	Gevoeligheid van de verdeling van de NO _x -emissie in 1990 over de gebruikerstypen als functie van het gemiddelde rendement van een katalysator.	16
Figuur 2.2	Geschatte bijdrage aan de emissies van het personenwegverkeer voor de vier gebruikersgroepen na correctie voor technische eigenschappen.	20
Figuur 2.3	Relatieve emissies per km (links) en per auto (rechts), gecorrigeerd voor verschillen in technische eigenschappen van de auto, voor de gebruikerstypen.	21
Figuur 2.4	Emissies afhankelijk van (gemiddelde) snelheid op drie wegtypen (ontleend aan [7]).	22
Figuur 2.5	Geschatte bijdrage aan de emissies van het personenwegverkeer voor de vier gebruikersgroepen na correctie voor technische eigenschappen en gedragskarakteristieken.	26
Figuur 2.6	Relatieve emissies per km (links) en per auto (rechts), gecorrigeerd voor verschillen in technische eigenschappen van de auto en gedragsvariabelen voor de vier gebruikerstypen.	26
Figuur 3.1	Relatief aandeel van de gebruikerstypen in de emissies in 1993 bij volledige penetratie van katalysatoren.	30
Figuur 3.2	Afhankelijkheid van de NO _x -emissies uit personenauto's van de geldende maximum snelheid.	32

Tabellen

Tabel 1.1	Karakteristiek autogebruik per gebruikerstype	9
Tabel 1.2	Karakteristieke auto's per gebruikerstype	10
Tabel 1.3	Karakteristieken van het gebruik per gebruikerstype	11
Tabel 2.1	Emissies in Nederland in 1990 (ontleend aan de Emissieregistratie [2])	13
Tabel 2.2	Emissies in 1990 per gebruikerstype	14

Tabel 2.3	Emissiefactoren 1990 per gebruikerstype, gecorrigeerd voor verschillen in penetratiegraad van katalysatoren.	15
Tabel 2.4	Emissiefactoren 1990 per gebruikerstype, gecorrigeerd voor verschillen in katalysatoren en gewicht van de auto.	17
Tabel 2.5	Emissiefactoren 1990 per gebruikerstype, gecorrigeerd voor verschillen in katalysatoren, gewicht en brandstofkeuze van de auto.	19
Tabel 2.6	Parameters in de machtwet voor de emissiefactor als functie van de snelheid op de verschillende wegtypen.	23
Tabel 2.7	Emissiefactoren 1990 per gebruikerstype, gecorrigeerd voor technische verschillen van de auto en verschillende routekeuzen en snelheden.	23
Tabel 2.8	Geschatte invloed van rijstijl op de jaarlijkse emissies van personenauto's	24
Tabel 2.9	Emissiefactoren 1990 per gebruikerstype, gecorrigeerd voor technische verschillen van de auto, de routekeuze en het rijgedrag.	25
Tabel 2.10	Gemiddelde emissies per auto in 1990 voor de gebruikerstypen.	27
Tabel 3.1	Berekende emissies door personenauto's bij de penetratiegraad van katalysatoren in 1993.	29
Tabel 3.2	Berekende emissies door personenauto's bij een volledige penetratie van katalysatoren en de verkeersintensiteit in 1993.	29
Tabel 3.3	Emissies door personenauto's in 1990 bij verminderd gemiddeld gewicht	31
Tabel 3.4	Emissies door personenauto's indien in 1990 een maximum snelheid van 100 km/uur op de autosnelwegen had gegolden en werd gehandhaafd.	31
Tabel 4.1	Emissies van personenauto's in Nederland in 1990, uitgesplitst per gebruikersgroep.	33

SAMENVATTING

In dit rapport worden de resultaten gepresenteerd van een modelstudie naar de invloed van gedragsaspecten op de emissies van koolstofdioxide, koolstofmonoxide, stikstofoxiden en koolwaterstoffen (respectievelijk: CO₂, CO, NO_x en C_xH_y) door personen auto's. Het rapport vormt een vervolg op een eerdere studie van IMW-TNO naar een emissiereducerende en energiebesparende rijstijl. In dit rapport werd aangegeven dat door veranderingen in zowel aankoopgedrag (kleinere, lichtere auto's) als ook in rijstijl (een rustiger rijstijl met een lagere versnellingsruis) tot aanmerkelijk reducties in de emissies kan leiden.

In een recente studie van de Interfacultaire Vakgroep Energie en Milieukunde (IVEM) van de Rijksuniversiteit Groningen worden vier groepen van gebruikers van personenauto's onderscheiden:

- a) privé-rijders,
- b) forensen,
- c) zakelijk rijders met een eigen auto,
- d) zakelijk rijders met een auto van de zaak.

Voor elke groep werden enkele karakteristieke kenmerken van zowel de auto's binnen elke groep als van het gebruik daarvan vastgesteld. De laatste twee groepen bleken over aanmerkelijk nieuwere en zwaardere auto's te beschikken, waarmee zij aanmerkelijk meer, harder en agressiever rijden.

Deze studie combineert resultaten uit beide rapporten tot een model waarin de gedragsaspecten zijn ingebouwd. Het betreft hier twee typen gedragsaspecten:

- a) de keuze van de auto: gemiddelde leeftijd (katalysatoren) en gemiddeld gewicht van de auto,
- b) de wijze van gebruik: routekeuzen, snelheid en rijstijl.

Deze kenmerken worden in het model ingebouwd, waarbij de waarde van de parameters in het model wordt geijkt op de emissies van personenauto's in 1990, zoals gerapporteerd door de Emissieregistratie.

De volgende conclusies worden getrokken:

- a) In absolute zin zijn vooral de bijdragen aan de emissies vanuit de groep forensen hoog: 38 % van de CO₂-, 43 % van de CO-, 42 % van de NO_x- en 43 % van de C_xH_y-emissies van personenauto's is afkomstig uit deze groep gebruikers.

- b) Relatief gezien is de bijdrage aan de emissies van de groep zakelijk rijders, en dan vooral die met een auto van de zaak, per auto hoog. Dit is een direct gevolg van het grote aantal kilometers dat jaarlijks met deze auto's wordt gereden.
- c) Relatief ten opzichte van de vervoersprestatie (per kilometer) zijn de volgende resultaten verkregen:
- de emissie van CO₂ door de zakelijk rijders met een "auto van de zaak" is per kilometer eveneens hoog. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door het relatief zware type auto dat in deze groep wordt gebruikt. De emissie in deze groep kan met bijna 20 % worden teruggebracht als auto's met (gemiddeld) hetzelfde gewicht als die in de groep privé-rijders en forensen worden gebruikt.
 - de emissies van CO en C_xH_y in de groep zakelijk rijders met een auto van de zaak zijn per kilometer lager dan in de overige groepen doordat in het relatief nieuwe autopark in deze groep veel meer katalysatoren zijn geïnstalleerd. Dit verschil zal verdwijnen naar mate ook in andere groepen meer met auto's met katalysatoren zal worden gereden.
 - de emissiereductie voor NO_x, die in de groep zakelijk rijders met een auto van de zaak zou kunnen worden verwacht op grond van het hoge aantal katalysatoren, wordt niet gevonden. Door de gemiddeld hogere snelheid waarmee in deze groep wordt gereden wordt de reductie in emissie van NO_x door katalysatoren weer teniet gedaan.
- d) Per auto, en daarmee ongeveer per individu, zijn grote verschillen in emissies geconstateerd. Een zakelijk rijder met auto van de zaak emiteert ongeveer 5 x zoveel CO₂ als een privé-rijder. Voor de andere componenten is het verschil op dit moment minder groot, voornamelijk als gevolg van de katalysatoren in deze groep. Voorlichtingscampagnes met betrekking tot (een reductie van) het autogebruik zijn tot op dit moment vooral gericht op recreatief gebruik en forensen. De conclusie van deze studie kan ook zijn dat meer aandacht in dezen gericht zou moeten worden op de zakelijk rijder. Door minder snel en met lichtere auto's te rijden kan hier een aanmerkelijke reductie in emissies binnen deze groep worden bereikt.

Op grond van de resultaten van deze studie wordt geconcludeerd dat bestuderen van de relatie tussen gedragsaspecten en milieuverontreiniging kan leiden tot een beter inzicht in mogelijke en denkbare maatregelen en de daarmee (maximaal) te bereiken reducties.

1. INLEIDING

1.1 Achtergrond

De oplossing van milieuproblemen kan in vele gevallen dichterbij gebracht worden door technische maatregelen en ontwikkelingen. Een even belangrijke rol evenwel speelt het gedrag van individuen en de keuzen die die individuen daarin maken. Een belangrijk voorbeeld hiervoor is de milieubelasting door de mobiliteit: door technische veranderingen aan de vervoermiddelen (toenemende energie-efficiëntie, introductie van loodvrije benzine, katalysatoren e.d.) zou de milieubelasting als gevolg van mobiliteit moeten afnemen. In de praktijk blijkt echter dat bijvoorbeeld de energie-efficiëntie, uitgedrukt in brandstofverbruik per voertuigkilometer, nauwelijks af te nemen [1] en blijken de totale emissies van CO₂ door het wegverkeer flink toe te nemen en die voor NO_x nauwelijks te dalen [2]. De verklaringen die hiervoor kunnen worden aangedragen voeren terug op gedragingen van individuen: men koopt zwaardere, luxere auto's en rijdt harder [1] en de totale mobiliteitsvraag neemt toe [2]. Recent zijn een aantal studies op het punt van de gedragsaspecten in relatie tot emissies door het wegverkeer beschikbaar gekomen [3], [4], [5].

Dit rapport beschrijft een onderzoek, waarbinnen een eerste poging wordt ondernomen de thans beschikbare informatie over individueel rijgedrag te vertalen naar de emissies door het (personen)-wegverkeer en moet worden gezien als een volgende stap in de bovengenoemde reeks onderzoeken naar de relatie tussen gedragsparameters en de milieuverontreiniging door het autoverkeer.

1.2 De individuele keuzes met betrekking tot mobiliteit

1.2.1 Keuzen op drie niveaus

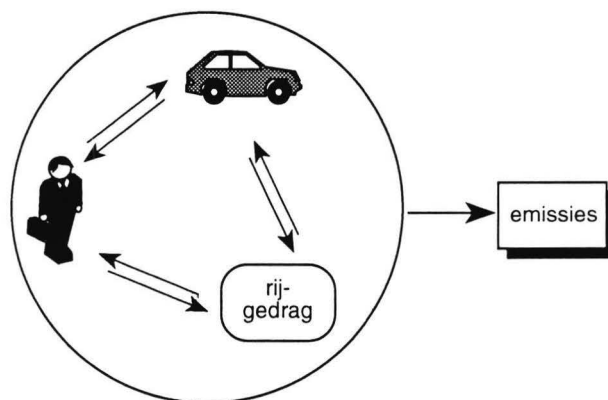
Op het punt van de (individuele) mobiliteit zijn een aantal gedragsaspecten te onderscheiden:

- a) Het voornemen om op een zeker moment van de ene plaats naar de andere te willen reizen. In deze studie zal op dit punt geen verdere analyse worden uitgevoerd. Met andere woorden de vervoers- of mobiliteitsvraag wordt in dit rapport als een vaststaand gegeven beschouwd.

- b) De keuze van vervoermiddel (bijvoorbeeld: openbaar vervoer of eigen auto). Op dit punt is een ruime hoeveelheid literatuur voorhanden, die vooral gericht is op (beïnvloeding van) deze keuze binnen (grote groepen van) de bevolking. Cavalini et al. [4] geven een overzicht van deze literatuur. Hieruit blijkt dat de beschikbare infrastructuur een belangrijk besliscriterium is. Pulles [3] stelt dat individuele keuzen worden gemaakt op basis van de verwachte reistijd en van ergernis die individuen ervaren bij het gebruik van de ene dan wel de andere vorm van vervoer. Kosten spelen volgens hem (op de langere termijn) veel minder een rol. Ook deze keuze wordt in dit rapport niet beschouwd.
- c) Keuzen en gedragingen met betrekking tot de aanschaf en het gebruik van het eigen vervoermiddel. De studies van Cavalini et al. [4] en van Van den Beukel et al. [5] zijn met name op dit punt gericht. Dit rapport concentreert zich op de gevolgen die de individuele keuzen op dit gebied hebben voor de emissies van luchtverontreinigende stoffen in Nederland. Daarom worden beide genoemde studies hieronder kort samengevat.

1.2.2 Karakteristieken van auto en chauffeur

Van den Beukel et al. [5] beschrijven een literatuurstudie naar mogelijke variabelen die de invloed van het gedrag van de automobilist op de emissies kunnen beschrijven. Achtergrond daarbij is het model zoals in figuur 1.1 is weergegeven. In dit model wordt verondersteld dat er een samenhang bestaat tussen (eigenschappen van) de automobilist, zijn auto en de manier waarop deze wordt gebruikt. Dit samenhangend mens-auto-gedrag-complex beïnvloedt het energieverbruik en de emissies van luchtverontreinigende stoffen.



Figuur 1.1 Model voor de beïnvloeding van emissies naar de lucht door gedragsvariabelen (ontleend aan [5]).

Uit deze studie worden de volgende conclusies getrokken:

- a) De relatie tussen voertuigspecifieke (gewicht, motorvermogen e.d.) en ritspecifieke (rijomstandigheden) variabelen enerzijds en brandstofverbruik anderzijds is in de literatuur slechts in beperkte mate onderzocht en bekend.
- b) De invloed van rijgedrag is slechts zeer ten dele onderzocht. Wel blijkt een verandering van rijstijl naar een rustiger type een aanzienlijke reductie van het brandstofverbruik en de emissies van uitlaatgassen te kunnen opleveren.
- c) Een mogelijke variabele om rijstijl te karakteriseren zou de versnellingsruis kunnen zijn.

1.2.3 Verschillen tussen autogebruikers

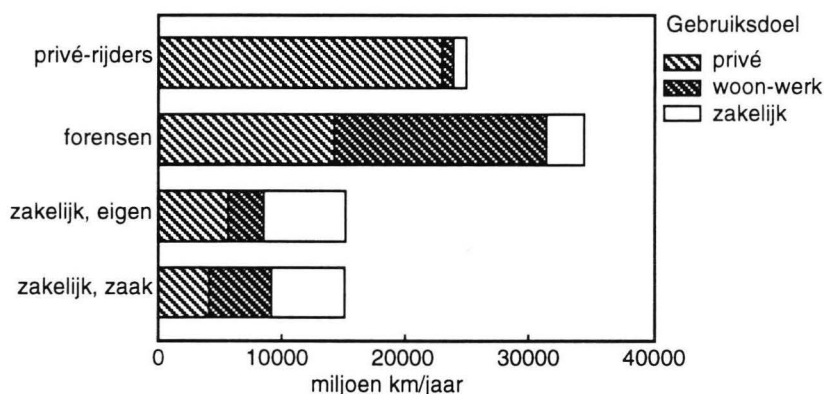
Cavalini et al. [4] beschrijven op basis van een representatieve steekproef van 1150 autobezitters vier karakteristieke gebruikersgroepen (zie tabel 1.1):

Tabel 1.1 Karakteristiek autogebruik per gebruikerstype (cijfers, ontleend aan [4], gecorrigeerd naar 1990 met behulp van [6] en [7]).

Gebruikerstype	aantal	Gemiddeld gebruik (km/jaar)			
		privé	woon-werk	zakelijk	totaal
Privé-rijders	2324280	7402	292	292	7986
Forensen	2047580	6428	7889	1364	15681
Zakelijk, eigen auto	719420	7597	4285	8571	20453
Zakelijk, "auto van de zaak"	442720	8863	11006	13246	33115
Gemiddeld	5534000	7184	4479	2801	14464

- a) privé-rijders: eigenaren die hun auto vrijwel uitsluitend voor vervoer in de privé-sfeer gebruiken.
- b) forensen: eigenaren die naast het privé-gebruik hun auto ook gebruiken voor het (dagelijkse) woon-werk-verkeer.

- c) zakelijk rijders met privé-auto: eigenaren die hun auto wat minder voor het dagelijks woon-werk-verkeer gebruiken dan de forensen, maar die een aanmerkelijke hoeveelheid kilometers voor zakelijk verkeer rijden.
- d) zakelijk rijders met "auto van de zaak": automobilisten die de beschikking hebben over een "auto van de zaak", in vele gevallen een *lease*-auto. Deze groep gebruikers maakt veruit het grootste aantal kilometers per auto per jaar.



Figuur 1.2 Vervoersprestatie per gebruikerstype en per gebruiksdoel (ontleend aan [4]).

Figuur 1.2 geeft een grafische weergave van de totale vervoersprestatie in 1990 per gebruikerstype en per gebruiksdoel.

In overeenstemming met het model zoals ook is geformuleerd in ([5], zie figuur 1.1) rapporteren Cavalini et al. [4] dat de verschillende gebruikersgroepen zowel verschillende sociaal-psychologische eigenschappen hebben als over verschillende typen auto's beschikken. Tabel 1.2 geeft een overzicht van enkele van die verschillen in het type auto.

Tabel 1.2 Karakteristieke auto's per gebruikerstype; (ontleend aan [4]). Het gemiddelde is uitgerekend met behulp van de aantallen uit tabel 1.1. De gegevens gelden voor 1993.

Gebruikerstype	Karakteristieken van de auto's				
	gewicht (kg)	verbruik (l/100 km)	leeftijd (jaar)	katalysator (%)	benzine (%)
Privé-rijders	892	7,8	6,1	18	95
Forensen	892	7,7	6,0	18	85
Zakelijk, eigen auto	1100	8,4	4,8	24	64
Zakelijk, "auto van de zaak"	1128	8,7	2,2	54	53
Gemiddeld	938	7,9	5,6	22	84

De in [4] gerapporteerde gemiddelde leeftijd voor het personenautopark in Nederland is lager dan als opgegeven door CBS (6,4 jaar in 1992). Zakelijk rijders bezitten gemiddeld een aanmerkelijk zwaardere auto, die dan ook (gemiddeld) belangrijk meer brandstof verbruikt. De "auto van de zaak" blijkt gemiddeld veel jonger te zijn dan de auto van de overige groepen gebruikers. De zakelijk rijder met eigen auto heeft eveneens een jongere auto dan de privé-rijders en de forensen. Hiermee is in overeenstemming dat de "auto van de zaak" veel vaker van een katalysator is voorzien. Zoals mag worden verwacht op grond van het gebruik, rijden meer auto's op diesel of LPG bij de zakelijk rijders dan bij de privé-rijders of forensen.

Tabel 1.3 geeft een overzicht van de in [4] geconstateerde verschillen in manier van gebruik van de auto. De privé-rijders rijden langzamer dan gemiddeld, hebben een rustiger rijstijl en rijden vaak op wegen met een maximumsnelheid van 50 km/uur. Met name de groep gebruikers met een auto van de zaak rijdt harder, agressiever en veel kilometers op auto-snelwegen.

Tabel 1.3 Karakteristieken van het gebruik per gebruikerstype; (berekend uit de gegevens van [4]). Het gemiddelde is uitgerekend met behulp van de aantallen uit tabel 1.1.

Gebruikerstype	Karakteristieken van het gebruik					
	snelheid (rel.eenh.)	rijstijl (score)	Keuze voor wegtype (km/jaar)			
			50 km/u	80 km/u	100 km/u	120 km/u
Privé-rijders	0,951	27,1	3087	1506	1831	1562
Forensen	1,003	29,9	5104	4176	2435	3966
Zakelijk, eigen auto	1,004	29,6	6679	3755	2929	7090
Zakelijk, "auto van de zaak"	1,046	32,9	6993	6161	4628	15332
Gemiddeld	0,985	28,9	4613	3159	2421	4272

1.3 Doelstelling van dit onderzoek

Op grond van het energieverbruik van de vier verschillende groepen wordt in [4] een schatting gemaakt van de bijdrage die elk van de groepen levert aan de emissies van CO₂ in Nederland. De doelstelling van dit rapport is allereerst een inschatting te maken van de bijdrage aan de emissies van andere stoffen dan CO₂ naar de lucht in afhankelijkheid van de in de literatuur onderscheiden kenmerken van het gebruiker-auto-gedrag-complex in figuur 1.1.

Inzicht in deze afhankelijkheid kan voor te ontwikkelen beleid van belang zijn. Immers op grond daarvan kunnen belangrijke parameters en variabelen worden aangegeven waar een effectief beleid zich op zou kunnen richten. In dit rapport wordt daartoe een eerste tentatief model ontwikkeld, waarmee de bijdrage van de verschillende autogebruikers aan de emissies van luchtverontreinigende stoffen in Nederland kan worden geschat. Met behulp van dit model zal de gevoeligheid van die emissies voor (mogelijke) beleidsgestuurde veranderingen in de eigenschappen van het wagenpark worden verkend.

1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de ontwikkeling van een eenvoudig model waarmee de invloed van genoemde gedragsaspecten op de emissies van het personen-wegverkeer kan worden geschat. In hoofdstuk 3 wordt dit model toegepast op de totale Nederlandse emissie van het personen-wegverkeer. Hoofdstuk 4 tenslotte zet de resultaten in perspectief en trekt enkele conclusies.

2. EEN EMISSIEMODEL

2.1 Inleiding

Uitgangspunt van het hier te ontwikkelen model zal zijn dat de totale Nederlandse emissies door het (personen)-wegverkeer in [2] correct geschat is. De bijdrage van de verschillende gebruikersgroepen zal zo worden gecorrigeerd, dat rekening wordt gehouden met verschillen in eigenschappen tussen de vier in paragraaf 1.2.3 onderscheiden gebruikersgroepen van zowel de auto als het gebruik dat men ervan maakt. Tabel 2.1 geeft een overzicht van de relevante emissies in Nederland in 1990, ontleend aan de Emissieregistratie. Uit deze tabel blijkt dat de bijdrage van het personen-wegverkeer aanzienlijk is.

Tabel 2.1 Emissies in Nederland in 1990 (ontleend aan de Emissieregistratie [2]); en de bijbehorende (gemiddelde) emissiefactoren voor personenauto's.

	Emissie (kton/jaar)			
	CO ₂	CO	NO _x	C _x H _y
Totaal Nederland	159000	1110	576	447
Wegverkeer	23800	675	272	180
Personenauto's	15200	565	148	141
Aandeel personenauto's (% van totaal Nederland)	9,6	50,9	25,7	31,5
	Emissiefactoren (g/km)			
	CO ₂	CO	NO _x	C _x H _y
Gemiddeld per kilometer	190	7,06	1,85	1,76
	Emissiefactoren (kg/auto)			
	CO ₂	CO	NO _x	C _x H _y
Gemiddeld per auto	2747	102,1	26,7	25,5

De emissies door het wegverkeer worden in de Emissieregistratie bepaald door de voersprestatie (in voertuigkilometers) per voertuigtype, per brandstoftype en per wegtype te vermenigvuldigen met een voor elke combinatie specifieke emissiefactor.

Naar analogie hiermee kan de afhankelijkheid van de gebruikerstypen van de emissie door het personen-wegverkeer per component (C) worden beschreven door:

$$\text{Emissie}_C = \sum_G N_G \times F_{G,C} \times V_G$$

met

C = stof (CO₂, CO, NO_x, KWS)

G = gebruikersgroep

N_G = aantal auto's in G

F_{G,C} = emissiefactor voor C in G (g/km per auto)

V_G = vervoersprestatie in G (km/jaar per auto)

Voor elk van de vier gebruikersgroepen (G) zullen in het onderstaande een set emissiefactoren worden afgeleid op een zodanige wijze, dat de totale emissie per component voor 1990 correct wordt voorspeld en dat rekening wordt gehouden met de verschillende karakteristieken van gebruiker en zijn of haar auto. Voor de situatie van 1990 zijn de aantallen auto's (N_G) en de vervoersprestatie (V_G) gebruikt als weergegeven in tabel 1.1.

In eerste instantie zullen de emissies van het personen-wegverkeer per gebruikerstype evenredig zijn met de totale vervoersprestatie binnen elk type. Figuur 1.2 geeft deze verdeling grafisch weer.

Tabel 2.2 Emissies in 1990 per gebruikerstype op basis van vervoersprestatie.

Gebruikerstype	(mln km)	Emissie (kton/jaar)			
		CO ₂	CO	NO _x	C _x H _y
Privé-rijders	18563	3525	131,0	34,3	32,7
Forensen	32107	6097	226,6	59,4	56,6
Zakelijk, eigen auto	14714	2794	103,9	27,2	25,9
Zakelijk, "auto van de zaak"	14660	2784	103,5	27,1	25,8
Totaal	80045	15200	565,0	148,0	141,0

Tabel 2.2 geeft de emissies per gebruikersgroep, aannemende dat die emissies evenredig zijn met de vervoersprestatie in voertuigkilometers als weergegeven in tabel 1.1. De gebruikersgroep "Forensen" levert met ruim 40 % de grootste bijdrage.

In dit hoofdstuk zal het beeld worden genuanceerd door correcties aan te brengen als gevolg van de verschillen in zowel de technische eigenschappen van de auto's als in de wijze waarop zij worden gebruikt. Hierbij wordt aangenomen dat alle correcties onafhankelijk zijn van elkaar. Steeds zal per oorzaak eerst een schatting worden gemaakt van de gecorrigeerde emissiefactoren, zoals die zullen gelden voor 1990, aannemende dat de totale emissie is zoals aangegeven in tabel 2.1. Vervolgens zal worden aangegeven hoe die emissiefactoren afhangen van veranderingen in de betreffende variabele.

Paragraaf 2.2 schat de correcties en de afhankelijkheden van de technische variabelen van de auto, terwijl paragraaf 2.3 de correcties en afhankelijkheden van de gedragsvariabelen schat. Paragraaf 2.4 tenslotte vat de beide afhankelijkheden samen in een tentatief model dat in hoofdstuk 3 zal worden toegepast.

2.2 Correctie voor technische eigenschappen van de auto's

2.2.1 Katalysatoren

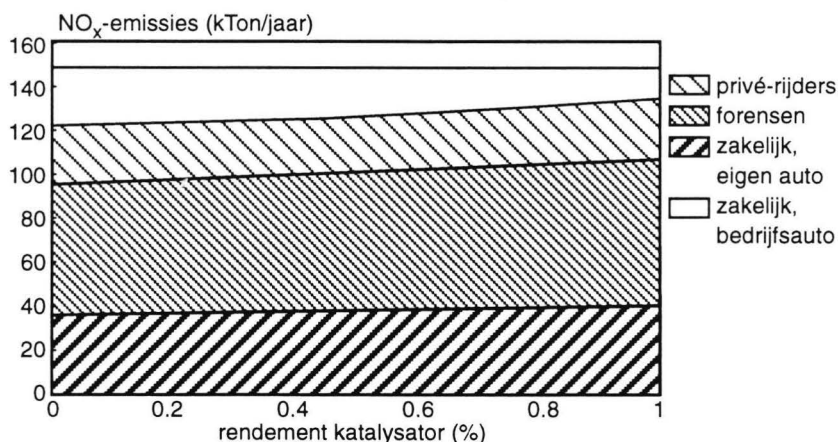
De gemiddelde auto in de zakelijke gebruikersgroep met een "auto van de zaak", is aanmerkelijk jonger dan die in de andere groepen. Ook de auto van de zakelijk rijder met eigen auto is jonger dan die van de forensen en van de privé-rijders. Bij jongere auto's komen relatief (veel) meer katalysatoren voor. Hierdoor worden de emissies van CO, NO_x en koolwaterstoffen aanmerkelijk gereduceerd.

Tabel 2.3 geeft een schatting voor het aandeel van de auto's binnen elk gebruikerstype voor het jaar 1990. Deze aandelen zijn geschat op basis van CBS-cijfers over het aantal auto's met katalysator per bouwjaar en de gemiddelde leeftijd van de auto's binnen elk gebruikerstype. De aantallen zijn geschat door sommatie van de aantallen per bouwjaar tot het dubbele van de gemiddelde leeftijd. Deze methode, toegepast op 1993, geeft een goede overeenstemming met de resultaten van de enquête in het Groningse onderzoek [4].

Vanuit de emissiefactoren [7] voor de verschillende benzinemotoren is de rendementsfactor voor de afname van de emissie ten opzichte van de conventionele benzinemotor berekend. Details zijn opgenomen in bijlage 1.

Tabel 2.3 Emissiefactoren 1990 per gebruikerstype, gecorrigeerd voor verschillen in penetratiegraad van katalysatoren.

Gebruikerstype	katalysator (%)	Emissiefactoren (g/km)			
		CO ₂	CO	NO _x	C _x H _y
Privé-rijders	18	190	7,65	2,00	1,91
Forensen	18	190	7,65	2,00	1,91
Zakelijk, eigen auto	24	190	7,18	1,88	1,79
Zakelijk, "auto van de zaak"	54	190	4,88	1,28	1,22
Gemiddeld	22	190	7,06	1,85	1,76
Rendement katalysator (%)		0,00	0,85	0,85	0,85



Figuur 2.1 Gevoeligheid van de verdeling van de NO_x-emissie in 1990 over de gebruikerstypen als functie van het gemiddelde rendement van een katalysator. De totale emissie wordt constant gehouden.

Figuur 2.1 presenteert de gevoeligheid van bovenstaande analyse voor de aanname met betrekking tot het gemiddelde katalysator-rendement. In deze analyse wordt de totale emissie constant gehouden. Hieruit blijkt dat wanneer het rendement te hoog is geschat de bijdrage van de zakelijk rijders groter is dan aangegeven, en die van de forensen en privé-rijders lager. De gevoeligheid voor deze aanname is echter niet groot.

De emissiefactoren in tabel 2.3 gelden voor de penetratiegraad van katalysatoren, zoals die voor 1990 gold. Bij wijziging van die penetratiegraad wordt een nieuwe emissiefactor als volgt berekend:

$$ef_{G,C} (K_G) = A_{kat,G,C} \times F_{G,C}$$

en

$$A_{kat,G,C} = K_G \times (1 - \eta_C) + (1 - K_G)$$

met

$ef_{G,C}$ = gecorrigeerde emissiefactor voor G en C

K_G = fractie katalysatoren in G

$A_{kat,G,C}$ = correctie voor katalysatoren

η_C = rendement voor stof C

Voor de ongecorrigeerde emissiefactoren $F_{G,C}$ dienen in dit stadium de emissiefactoren uit tabel 2.3, gedeeld door de correctiefactor $A_{kat,G,C}$ die voor 1990 geldt, te worden toegepast. De waarden voor η_C zijn gegeven in tabel 2.3.

Ook de (gemiddelde) leeftijd van de auto van de zakelijk rijders, en met name die met een "auto van de zaak", is lager dan die van de privé-rijders en de forensen. Naast de hogere penetratiegraad van katalysatoren, dat daar een gevolg van is, kan toename van de emissies worden verwacht als gevolg van de veroudering van de katalysator van de auto. Deze toename wordt geschat op 20 % voor CO, 30 % voor C_xH_y en 10 % voor NO_x per 50.000 mijl [8]. De invloed hiervan op de rendementen van de katalysatoren is marginaal en in de emissiefactoren van tabel 2.3 verwerkt.

2.2.2 Gewicht en brandstofverbruik

Een tweede technische variabele waarop de auto's van de vier gebruikersgroepen verschillen is het gewicht en daarmee het brandstofverbruik (zie tabel 1.2 en [5]). Uiteraard heeft een hoger brandstofverbruik directe gevolgen voor de emissies van CO_2 . Ook voor de andere componenten kan echter een afhankelijkheid van het gewicht van het voertuig worden verwacht. Deze afhankelijkheid is als volgt bepaald:

In [8] worden emissiefactoren gegeven voor personenauto's met verschillend gewicht. Uit deze emissiecijfers is een ruwe schatting gemaakt van de invloed van het gewicht op de emissie. Vooral voor C_xH_y en NO_x zijn dit ruwe schattingen omdat deze alleen als combinatie worden gegeven.

Tabel 2.4 Emissiefactoren 1990 per gebruikerstype, gecorrigeerd voor verschillen in katalysatoren en gewicht van de auto.

Gebruikerstype	gewicht (kg)	Emissiefactoren (g/km)			
		CO ₂	CO	NO _x	C _x H _y
Privé-rijders	892	178	7,44	1,95	1,86
Forensen	892	178	7,44	1,95	1,86
Zakelijk, eigen auto	1100	209	7,58	1,99	1,89
Zakelijk, "auto van de zaak"	1128	213	5,21	1,36	1,30
Gemiddeld	938	190	7,06	1,85	1,76
Relatieve emissietoename (/kg)		0,0008	0,0004	0,0004	0,0004

De emissiefactoren in tabel 2.4 gelden voor de gemiddelde gewichten en de penetratie van katalysatoren, zoals die voor 1990 golden. Bij wijziging hiervan wordt nieuwe emissiefactoren als volgt berekend:

$$ef_{G,C} (K_G) = A_{gew,G,C} \times A_{kat,G,C} \times F_{G,C}$$

en

$$A_{gew,G,C} = 1 + \gamma_C \times \Delta M_G$$

met

$A_{gew,G,C}$ = correctie voor verandering in gewicht

γ_C = emissieverandering bij gewichtstoename voor C

ΔM_G = gewichtstoename in groep G

Deze relatie gaat uit van relatief bescheiden veranderingen in het gemiddeld gewicht van de auto, waarbij wordt aangenomen dat de relatie tussen emissie en gewicht lineair is. Voor de ongecorrigeerde emissiefactoren $F_{G,C}$ dienen in dit stadium de emissiefactoren uit tabel 2.4 te worden toegepast. De waarden voor γ_C zijn gegeven in tabel 2.4.

2.2.3 Brandstof

Naarmate een eigenaar zijn of haar auto meer gebruikt, ontstaat er een financieel voordeel wanneer voor een andere brandstof dan benzine wordt gekozen. Op grond daarvan kan worden verwacht dat in de groepen zakelijk rijders meer diesel en LPG-auto's worden gebruikt. De emissies van CO_2 , CO, NO_x en C_xH_y zijn afhankelijk van de brandstof. Het onderstaande is gebaseerd op door het CBS gepubliceerde cijfers over 1990 [7].

Tabel 2.5 geeft de uit de CBS-publikatie [7] afgeleide emissies uit diesel- en LPG-gestookte auto's, relatief ten opzichte van auto's op benzine. Met de gegevens, ontleend aan Cavalini et al. [4] kunnen de emissiefactoren uit tabel 2.4 voor de verschillen in brandstofpakketten per gebruikersgroep worden gecorrigeerd. Tabel 2.5 geeft het resultaat.

Tabel 2.5 Emissiefactoren 1990 per gebruikerstype, gecorrigeerd voor verschillen in katalysatoren, gewicht en brandstofkeuze van de auto.

Gebruikerstype	Diesel (%)	LPG (%)	Emissiefactoren (g/km)			
			CO ₂	CO	NO _x	C _x H _y
Privé-rijders	4	2	182	8,65	2,13	2,05
Forensen	9	7	180	7,87	2,01	1,91
Zakelijk, eigen auto	14	21	206	6,54	1,84	1,74
Zakelijk, "auto van de zaak"	19	29	207	3,79	1,16	1,09
Gemiddeld	8,4	8,5	190	7,06	1,85	1,76
Emissie (diesel : benzine)			0,934	0,08	0,30	0,13
Emissie (LPG : benzine)			0,858	0,2	0,61	0,63

De tabel geeft de situatie voor 1990. Ook voor een verandering van het aantal auto's op de verschillende brandstoffen kan per groep een formule worden gegeven voor de correctie op de emissiefactoren:

$$ef_{G,C} (K_G) = A_{brst,G,C} \times A_{gewicht,G,C} \times A_{kat,G,C} \times F_{G,C}$$

en

$$A_{brst,G,C} = \Delta N_{diesel,G} \times b_{diesel,C} + \Delta N_{LPG,G} \times b_{LPG,C} - (\Delta N_{diesel,G} + \Delta N_{LPG,G})$$

met

$ef_{G,C}$ = gecorrigeerde emissiefactor voor G en C

$A_{brst,G,C}$ = correctie voor brandstofkeuze in G per C

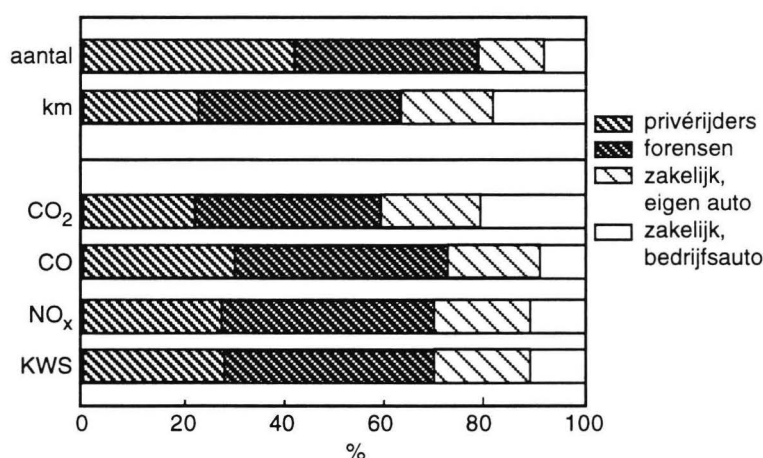
$\Delta N_{...,G}$ = verandering percentage diesels of LPG-auto's in G

$b_{...,C}$ = correctiefactor emissie stof C

In deze formule wordt voor de b-coëfficiënten de waarden in de onderste regels van tabel 2.5 ingevuld en voor de (ongewijzigde) emissiefactoren $F_{G,C}$ eveneens de waarden uit tabel 2.5.

2.2.4 Totale correctie voor technische eigenschappen

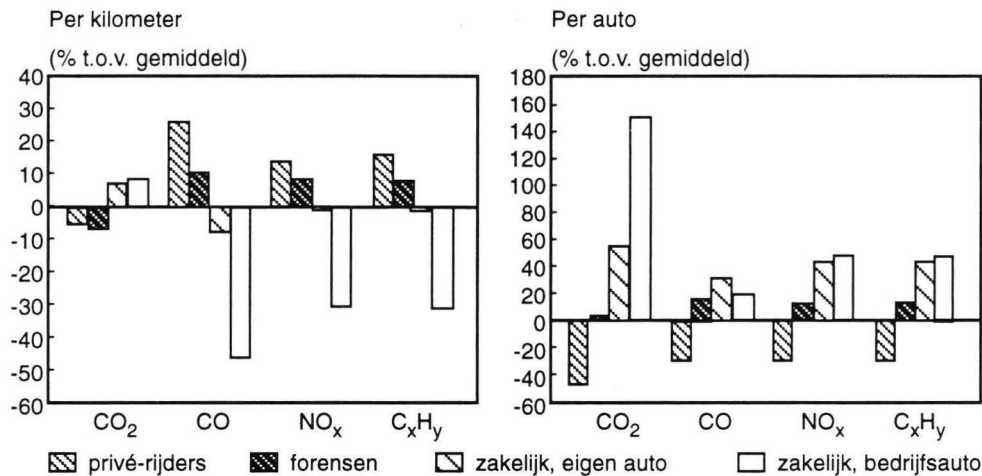
Het totaal van de invloed van de verschillen in technische eigenschappen van de auto's binnen de vier gebruikersgroepen wordt berekend door de vervoersprestaties per gebruikersgroep te vermenigvuldigen met de emissiefactoren van tabel 2.5. Het resultaat wordt grafisch weergegeven in figuur 2.2.



Figuur 2.2 Geschatte bijdrage aan de emissies van het personenwegverkeer voor de vier gebruikersgroepen na correctie voor technische eigenschappen.

Uit de figuur blijkt dat de bijdrage aan de CO₂-emissie door de zakelijk rijders aanmerkelijk hoger is dan op grond van het door hen verreden aantal kilometers kan worden verwacht. Voor de overige stoffen geldt het omgekeerde beeld. Een en ander is voornamelijk het gevolg van de zwaardere auto's met vaker een katalysator en gebruik van diesel en LPG als brandstof. Gemeten aan het aantal auto's is de bijdrage van de zakelijk rijders groot.

In absolute termen valt de bijdrage aan de emissies door de forensen op. Correctie voor de technische eigenschappen van de auto's, gebruikt binnen deze groep verandert aan dat beeld niet veel. Dit wordt veroorzaakt door het grote aantal kilometers dat in totaal door deze grote groep automobilisten wordt gereden.



Figuur 2.3 Relatieve emissies per km (links) en per auto (rechts), gecorrigeerd voor verschillen in technische eigenschappen van de auto, voor de gebruikerstypen.

Figuur 2.3 illustreert de resultaten op een andere wijze. Voor de zakelijk rijders is de CO₂-emissie per kilometer ongeveer 10 % hoger dan gemiddeld, terwijl die voor de privé-rijders en forensen wat lager is. De hoge penetratiegraad van katalysatoren bij de zakelijk rijders, vooral die met een "auto van de zaak", leidt tot een aanmerkelijk lagere emissie van CO, NO_x en koolwaterstoffen per kilometer.

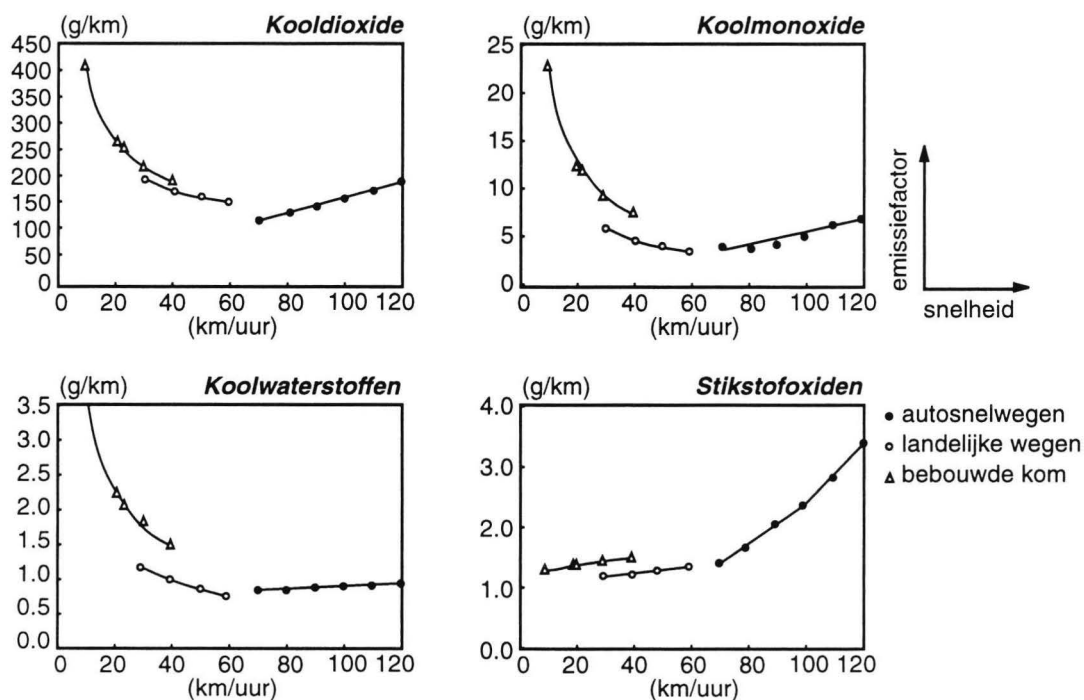
De gemiddelde emissie voor CO₂ per auto is voor de zakelijk rijders met een "auto van de zaak" ongeveer 2^{1/2} maal hoger dan gemiddeld. Door de hoge penetratiegraad van katalysatoren is de emissie van andere stoffen niet hoger dan gemiddeld, ondanks het veel hogere jaarlijkse kilometrage. Alle emissies zijn voor de privé-rijders per auto 25 tot 50 % minder dan gemiddeld. Deze verschillen worden voornamelijk veroorzaakt door het grote verschil in aantal kilometers per jaar die binnen de gebruikerstypen worden gereden.

2.3 Correctie voor gebruikskarakteristieken

2.3.1 Route-type (gemiddelde) snelheid

Een belangrijk verschil in de gebruikskarakteristieken tussen de verschillende gebruikersgroepen wordt gevormd door verschillen in rijsnelheid en in de routing (zie tabel 1.3). De privé-rijders rijden relatief veel vaker op wegen met een maximum snelheid van 50 km/uur dan de zakelijk rijders. De zakelijk rijders met een "auto van de zaak" rijden bijna de helft van hun aantal kilometers op autosnelwegen met een maximum snelheid van

120 km/uur. Op deze verschillende wegtypen rapporteren de laatsten ook een hogere snelheid aan te houden dan de eerstgenoemden.



Figuur 2.4 Emissies afhankelijk van (gemiddelde) snelheid op drie wegtypen (ontleend aan 22)

In [7] presenteert het CBS emissiefactoren voor personenauto's op drie verschillende wegtypen: bebouwde kom, landelijke wegen, en autosnelwegen, telkens afhankelijk van de op die weg gehanteerde (gemiddelde) snelheid. Figuur 2.4 presenteert deze gegevens in grafiekvorm. De punten representeren hier de CBS-gegevens. Deze punten worden in de figuur benaderd met een functie van de vorm:

$$EF(v) = a \cdot v^b$$

met

EF = emissiefactor

v = snelheid (km/uur)

a,b = parameters

Deze functies geven een uitstekende benadering voor de door CBS gegeven punten. De parameters a en b in dit model voor de verschillende wegtypen en stoffen worden gegeven in tabel 2.6.

Tabel 2.6 *Parameters in de machtwet voor de emissiefactor als functie van de snelheid op de verschillende wegtypen.*

Wegtype	CO ₂		CO		NO _x		KWS	
	a	b	a	b	a	b	a	b
Bebouwde kom	1377	-0,55	159	-0,84	0,995	0,10	19,8	-0,71
Landelijke wegen	674	-0,37	77,8	-0,76	0,602	0,20	15,4	-0,75
Autosnelwegen	2,45	0,91	0,033	1,10	0,00107	1,68	0,295	0,24

Met behulp van deze machtwetten kunnen de emissiefactoren per gebruikerstype worden gecorrigeerd voor de verschillen in routekeuzen die zij maken en voor de verschillende snelheden die zij op deze wegtypen aanhouden. Voor dit laatste is nog een extra aanname nodig, immers Cavalini et al. [4] hebben gevraagd naar de snelheid waarmee op deze wegen wordt gereden, terwijl het CBS [7] een gemiddelde snelheid geeft. Aangenomen is dat de gemiddeld in de enquête aangegeven snelheid per wegtype overeenkomt met de gemiddelde snelheid als door het CBS geschat (resp. 22, 51, 100 en 120 km/uur). Het resultaat van de correctie wordt gegeven in tabel 2.7 (zie ook bijlage 2).

Tabel 2.7 *Emissiefactoren 1990 per gebruikerstype, gecorrigeerd voor technische verschillen van de auto en verschillende routekeuzen en snelheden*

Gebruikerstype	Emissiefactoren (g/km)			
	CO ₂	CO	NO _x	C _x H _y
Privé-rijders	185	9,15	1,94	2,22
Forensen	178	7,63	1,93	1,88
Zakelijk, eigen auto	207	6,58	1,94	1,73
Zakelijk, "auto van de zaak"	206	3,63	1,46	0,96
Gemiddeld	190	7,06	1,85	1,76

Uit de tabel blijkt, bij vergelijking met tabel 2.5 dat correctie voor de keuze van het wegtype vooral het beeld van de NO_x-emissies beïnvloedt. De vele kilometers die door de zakelijk rijders met een "auto van de zaak" op autosnelwegen worden gereden, leiden tot een aanmerkelijk hoger aandeel in de NO_x-emissies voor deze groep. Dit wordt verklaard door de sterke stijging in NO_x-emissies bij hoger snelheden (figuur 2.4, rechtsonder).

Wanneer de routekeuze of de gemiddelde snelheid bij een of meerdere gebruikerstypen verandert, kan het gevolg voor de emissies worden berekend door gebruik te maken van de emissiefactoren uit bijlage 2 en de machtwetten voor de relatie tussen emissie en (gemiddelde) snelheid.

2.3.2 Rijstijl

Het Groningse onderzoek [4] levert ook informatie over de rijstijl. Hier is echter een sociaal-psychologische variabele gedefinieerd, gemeten met behulp van een schaal met 16 vierpunts items. Er is geen informatie beschikbaar over de relatie van deze schaal met een parameter die de rijstijl kan beschrijven, zoals bijvoorbeeld de door Van den Beukel et al. [5] genoemde versnellingsruis. Dit maakt op dit moment een kwantitatieve analyse onmogelijk.

Van den Beukel et al. schatten de gevoeligheid van de emissies als functie van het rijgedrag als weergegeven in tabel 2.8. In deze schatting is aangenomen dat in de huidige situatie alle automobilisten een gemiddelde rijstijl hebben. Wanneer al die automobilisten rustig dan wel agressief rijden veranderen de emissies als aangegeven in de tabel.

Tabel 2.8 Geschatte invloed van rijstijl op de jaarlijkse emissies van personenauto's; (gecorrigeerd vanuit [4] naar 1990)

Rijstijl	Emissies (kTon/jaar)			
	CO ₂	CO	NO _x	C _x H _y
Rustig	14000	?	75	110
Gemiddeld	15200	565	148	141
Agressief	17000	?	220	160

Om toch een indruk te krijgen over het effect van de rijstijl op de verdeling van de emissies over de verschillende gebruikerstypen zijn een aantal aannamen gemaakt:

- Aangenomen is dat 25 % van de automobilisten als rustige rijder kan worden beschouwd, 50 % als gemiddelde rijder en 25 % als agressieve rijder.
- Op grond van de gegevens uit Cavalini et al. [4] wordt aangenomen dat alleen de groep privé-rijders rustiger rijdt dan gemiddeld. Zowel de forensen als beide typen zakelijk rijders houden er een rijstijl op na die agressiever is dan gemiddeld (zie tabel 1.3). De meest agressieve rijstijl werd gevonden in de groep zakelijk rijders met een auto van de zaak. Het aantal rustig en agressief rijdende chauffeurs is daarom per groep gesteld op de percentages als aangegeven in tabel 2.9.

Beide aannamen samen zijn consistent met een standaarddeviatie van ongeveer 5 eenheden in de rijstijl vragenlijst uit [4] en lijken daarmee een redelijke inschatting te kunnen zijn [9].

Tabel 2.9 Emissiefactoren 1990 per gebruikerstype, gecorrigeerd voor technische verschillen van de auto, de routekeuze en het rijgedrag (Voor een toelichting zie de tekst)

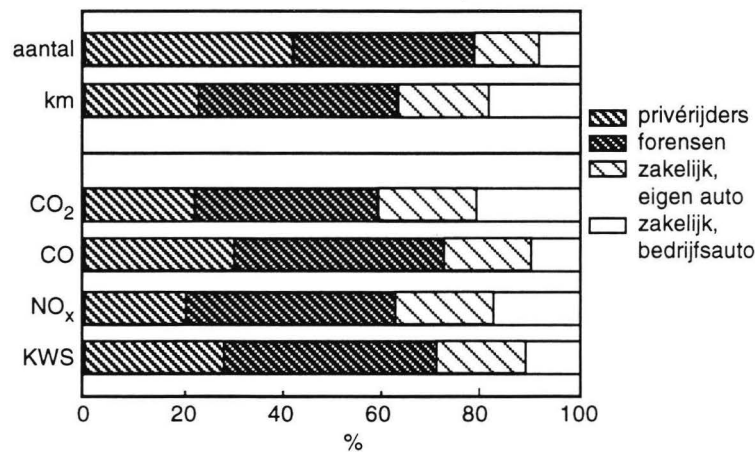
Gebruikerstype	Rustig (%)	Agressief (%)	Emissiefactoren (g/km)			
			CO ₂	CO	NO _x	C _x H _y
Privé-rijders	35	15	180	9,15	1,68	2,12
Forensen	20	30	178	7,63	1,95	1,90
Zakelijk, eigen auto	20	30	207	6,58	1,96	1,74
Zakelijk, "auto van de zaak"	5	50	213	3,63	1,72	1,03
Gemiddeld	25	25	190	7,06	1,85	1,76
Correctie rusting (%)			90	100	50	80
Correctie agressief (%)			110	100	150	115

Uit de tabel blijkt, bij vergelijking met tabel 2.7, dat vooral de correcties voor de NO_x-emissies worden bijgesteld. Dit wordt veroorzaakt door de grote gevoeligheid van de NO_x-emissies voor de rijstijl (zie tabel 2.8).

Door de vele onzekerheden en aannamen in deze schatting is het formuleren van een model voor de gevolgen van een verandering in rijstijl voor de emissies op dit moment nog niet zinvol.

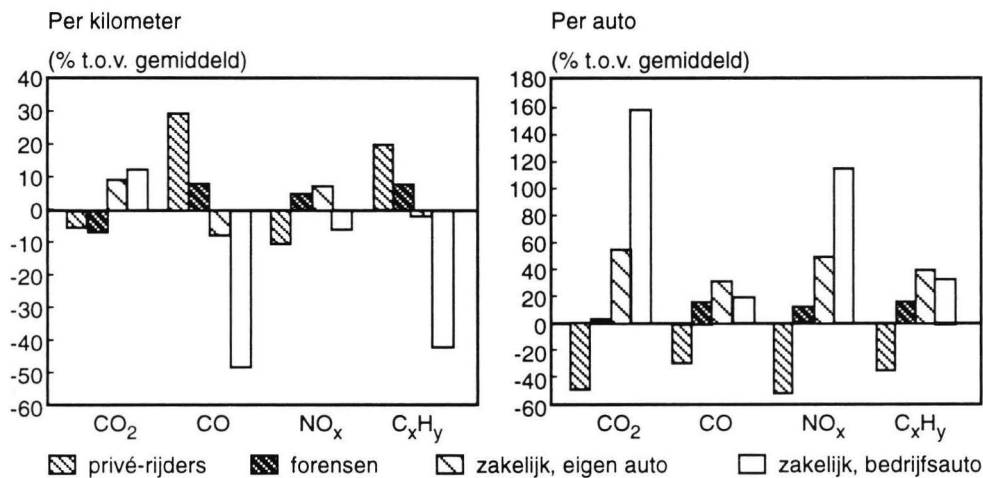
2.4 Totaalbeeld

In dit rapport zijn de achtereenvolgende correcties cumulatief beschouwd en berekend. Het totaal van de correcties als tot nu behandeld wordt samengevat in figuur 2.5. Uit de figuur blijkt dat de emissies van CO₂ en NO_x door de zakelijk rijders relatief belangrijk zijn. De emissies van CO en C_xH_y zijn relatief ten opzichte van de vervoersprestatie lager. De bijdrage van de forensen is ongeveer 40 %. Dit is in overeenstemming zowel met hun relatieve aantal als met het door deze groep gebruikers gereden aantal kilometers.



Figuur 2.5 Geschatte bijdrage aan de emissies van het personenwegverkeer voor de vier gebruikersgroepen na correctie voor technische eigenschappen en gedragskarakteristieken.

In figuur 2.6 worden weer, analoog aan figuur 2.3 de relatieve emissie per kilometer en per auto weergegeven voor de vier gebruikersgroepen.



Figuur 2.6 Relatieve emissies per km (links) en per auto (rechts), gecorrigeerd voor verschillen in technische eigenschappen van de auto en gedragsvariabelen voor de vier gebruikerstypen.

Uit deze figuur kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De emissies van CO₂ door de zakelijk rijders zijn relatief hoog ten opzichte van zowel het aantal gereden kilometers als het aantal auto's in deze groep. De emissies van de privé-rijders zijn het laagst per kilometer en per auto.

- b) De bijdrage aan de emissies van CO en C_xH_y door de zakelijk rijders met een auto van de zaak zijn, relatief ten opzichte van het door hen gereden aantal kilometers laag. Dit is een gevolg van de hoge penetratiegraad van katalysatoren in het jonge autopark binnen deze groep.
- c) De emissies van NO_x zijn in de groep zakelijk rijders hoger dan op grond van het hoge aantal katalysatoren mag worden verwacht. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat, met name de zakelijk rijders met een auto van de zaak, vele kilometers met hoge snelheid rijden. De extra emissies van NO_x die dit oplevert compenseren de winst die was bereikt met de introductie van de katalysator.

Tabel 2.10 presenteert de gemiddelde totale emissies per auto in 1990. De emissie van CO_2 per zakenauto is ongeveer vijfmaal hoger dan die van een privé auto. Een zelfde verhouding geldt ook ongeveer voor de emissie van NO_x . De emissie van beide andere componenten is "slechts" een factor twee hoger in de "auto van de zaak" van de zakelijk rijder dan in de auto van de privé-rijder.

Tabel 2.10 Gemiddelde emissies per auto in 1990 voor de gebruikerstypen

	Emissie (kg/auto)			
	CO_2	CO	NO_x	C_xH_y
Privé-rijders	1435	73,1	13,4	16,9
Forensen	2785	119,7	30,6	29,8
Zakelijk, eigen auto	4230	134,6	40,1	35,7
Zakelijk, "auto van de zaak"	7047	120,3	57,1	34,0
Gemiddeld	2747	102,1	26,7	25,5

In het volgende hoofdstuk zullen de resultaten van de analyses uit dit hoofdstuk worden ingebouwd in een model, waarmee een eerste inschatting kan worden gemaakt van mogelijke veranderingen bij beïnvloeding van zowel de technische eigenschappen van de verschillende gebruikerstypen als van hun rijgedrag.

3. VERANDERINGEN IN GEDRAGSASPECTEN

3.1 Inleiding

In het vorige hoofdstuk zijn schattingen gemaakt van de relatie tussen een aantal eigenschappen van auto en chauffeur op de emissies van luchtverontreinigende stoffen. Dit hoofdstuk presenteert een aantal berekeningen van de te verwachten verandering in de emissies door veranderingen in deze eigenschappen. Achtereenvolgend worden behandeld:

- a) de introductie van katalysatoren in alle auto's;
- b) verandering van het (gemiddeld) gewicht van een auto; en
- c) verlaging van de maximum snelheid op autosnelwegen.

3.2 Katalysatoren

Doordat alle nieuwe auto's op benzine of LPG vanaf 1993 van een geregelde katalysator zijn voorzien zullen op termijn van enkele jaren alle auto's in Nederland van een katalysator zijn voorzien. Daarmee zullen de relatieve emissies van NO_x , CO en C_xH_y door vooral de privé-rijders en de forensen afnemen. Het beeld van de bijdragen door de verschillende gebruikerstypen zal daardoor aanmerkelijk veranderen.

Cavalini et al. [4] rapporteren de penetratiegraad van katalysatoren in de verschillende gebruikerstypen voor 1993. Tabel 3.1 geeft de geschatte emissies in 1993 op basis van deze penetratiegraad en de groei in verkeersintensiteit als aangegeven door CBS in [6]. Uit de tabel blijken de CO_2 -emissies sinds 1990 met 8 % te zijn toegenomen, terwijl door de voortgaande introductie van katalysatoren de emissies van de overige componenten met 13 à 14 % zijn afgenomen.

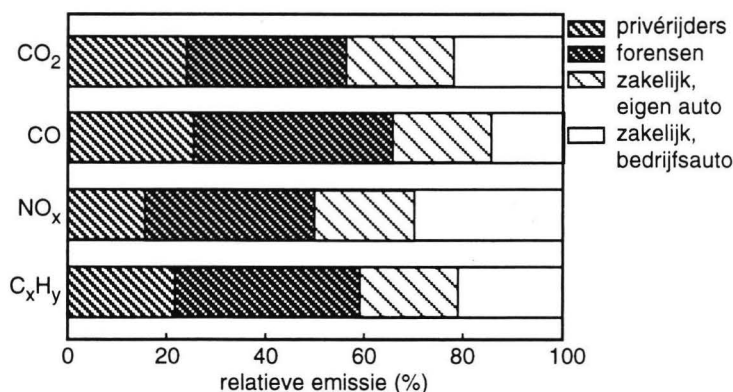
Tabel 3.1 *Berekende emissies door personenauto's bij de penetratiegraad van katalysatoren in 1993; als gerapporteerd in [4] en verkeersintensiteit uit [6]. Overige gegevens voor 1990.*

Gebruikerstype	katalysator (fractie)	Emissie (kton/jaar)			
		CO ₂	CO	NO _x	C _x H _y
Privé-rijders	0,38	3604	146,7	26,9	34,0
Forensen	0,37	6162	214,3	54,9	53,3
Zakelijk, eigen auto	0,42	3289	84,5	25,2	22,4
Zakelijk, "auto van de zaak"	0,70	3371	43,1	20,5	12,2
Totaal		16426	488,6	127,4	121,9
Verandering t.o.v. 1990 (%)		8,1	-13,5	-13,9	-13,6

Tabel 3.2 geeft de emissies bij volledige introductie van katalysatoren bij alle personenauto's op benzine en LPG in 1993. De emissies van CO, NO_x en C_xH_y zouden in dat geval met bijna 70 % gereduceerd zijn ten opzichte van de emissies van 1990. Uiteraard heeft de katalysator vrijwel geen effect op de emissies van CO₂.

Tabel 3.2 *Berekende emissies door personenauto's bij een volledige penetratie van katalysatoren voor benzine- en LPG-auto's en de verkeersintensiteit in 1993;. Overige gegevens voor 1990.*

Gebruikerstype	katalysator (fractie)	Emissie (kton/jaar)			
		CO ₂	CO	NO _x	C _x H _y
Privé-rijders	0,96	3604	39,9	7,3	9,2
Forensen	0,91	6162	70,8	18,1	17,6
Zakelijk, eigen auto	0,86	3289	35,4	10,5	9,4
Zakelijk, "auto van de zaak"	0,81	3371	33,1	15,7	9,4
Totaal		16426	179,2	51,7	45,6
Verandering t.o.v. 1990 (%)		8,1	-68,3	-65,1	-67,7



Figuur 3.1 Relatief aandeel van de gebruikerstypen in de emissies in 1993 bij volledige penetratie van katalysatoren.

Hoewel de absolute hoogte van de emissies (met uitzondering van CO₂) is afgenomen is de relatieve bijdrage van de vier gebruikerstypen nog interessant. Deze verdeling van de emissies bij volledige penetratie van de katalysatoren is gegeven in figuur 3.1. Vergelijking met figuur 2.5 laat geen grote verschuiving zien. De bijdrage van de zakelijk rijders aan de emissies van CO, NO_x en C_xH_y neemt relatief toe met ongeveer 5 %, terwijl de bijdrage van de privé-rijders met ongeveer 5 % afneemt.

3.3 Gewicht van de auto

In deze paragraaf wordt geschat wat de mogelijke emissiereductie zou kunnen zijn wanneer met name de auto's van de zakelijk rijders lichter zouden zijn. Tabel 3.3 geeft de geschatte emissies, zoals die in 1990 zouden zijn opgetreden als de auto's in de groepen zakelijk rijders hetzelfde gemiddelde gewicht zouden hebben gehad als in de groepen privé-rijders en forensen. Volgens deze schatting zouden de emissies van CO₂ ongeveer 7 % en die van de andere stoffen 2 à 3 % minder zijn geweest.

Tabel 3.3 Emissies door personenauto's in 1990 bij verminderd gemiddeld gewicht.

Gebruikerstype	gewicht (kg)	Emissie (kton/jaar)			
		CO ₂	CO	NO _x	C _x H _y
Privé-rijders	892	3335	169,8	31,1	39,4
Forensen	892	5702	245,1	62,7	60,9
Zakelijk, eigen auto	892	2537	88,8	26,5	23,5
Zakelijk, "auto van de zaak"	892	2531	48,2	22,9	13,6
Totaal		14105	551,9	143,2	137,4
Verandering t.o.v. 1990 (%)		-7,2	-2,3	-3,2	-2,5

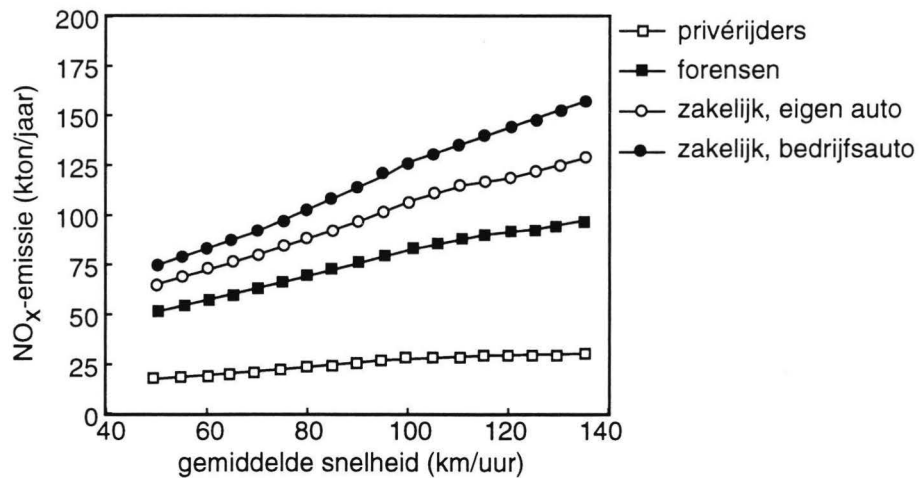
3.4 Maximum snelheid op autosnelwegen

Uit de analyses in paragraaf 2.3.1 blijkt dat de snelheid een belangrijke parameter is, waarop de onderscheiden groepen verschillen en die met name de emissies van NO_x zal beïnvloeden. De zakelijk rijders met een "auto van de zaak" rijden vele kilometers per jaar met relatief hoge snelheid op de autosnelwegen. In deze paragraaf wordt geschat wat de emissies van personenauto's zouden zijn geweest als op alle snelwegen een lagere dan de thans toegestane maximum snelheid zou gelden en deze ook zou worden gehandhaafd.

Met behulp van de relaties als weergegeven in figuur 2.4 kan de verandering in emissies op autosnelwegen bij een lagere maximum snelheid worden geschat. De doorwerking van een dergelijke vermindering in de landelijk totale emissies wordt weergegeven in tabel 3.4. Uit de tabel blijkt dat de NO_x-emissies in die omstandigheden bijna 12 % lager zouden zijn geweest dan nu het geval was. De emissies van CO₂ en CO zouden ongeveer 4 à 5 % lager zijn geweest, terwijl de koolwaterstofemissies niet zouden zijn beïnvloed.

Tabel 3.4 Emissies door personenauto's indien in 1990 een maximum snelheid van 100 km/uur op alle autosnelwegen had gegolden en werd gehandhaafd.

Totale emissie	Emissie (kTon/jaar)			
	CO ₂	CO	NO _x	C _x H _y
Privé-rijders	3284	167,9	28,9	39,7
Forensen	5517	237,3	55,4	61,2
Zakelijk, eigen auto	2898	92,2	24,5	25,7
Zakelijk, "auto van de zaak"	2823	47,6	19,2	14,9
Totaal	14522	545,0	128,0	141,4
Afname (%)	-4,5	-4,0	-11,6	-0,8



Figuur 3.2 Afhankelijkheid van de NO_x-emissies uit personenauto's van de op alle autowegen geldende maximum snelheid.

In figuur 3.2 is de afhankelijkheid van de NO_x-emissies van de maximum snelheid cumulatief voor de vier gebruikerstypen weergegeven. Hierbij is aangenomen dat de maximum snelheid op alle wegen de aangegeven waarde heeft en zodanig gehandhaafd wordt, dat de gemiddelde snelheden per gebruikerstype op de verschillende wegen dezelfde onderlinge verhoudingen houden. De relatieve bijdrage van de groep zakelijk rijders met een "auto van de zaak" neemt bij afnemende maximum snelheid af. Uit de figuur blijkt dat een lagere gemiddelde snelheid tot aanmerkelijke reducties in de emissie van NO_x kan leiden.

4. DISCUSSIE EN CONCLUSIES

Deze studie combineert resultaten uit twee eerdere studies [4] en [5] tot een emissiemodel waarin gedragsaspecten zijn ingebouwd. Het betreft hier twee typen gedragsaspecten:

- a) de keuze van de auto: gemiddelde leeftijd (katalysatoren) en gemiddeld gewicht van de auto,
- b) de wijze van gebruik: routekeuzen, snelheid en rijstijl.

Deze kenmerken worden in het model ingebouwd, waarbij de waarde van de parameters in het model wordt gekoppeld op de emissies van personenauto's in 1990, zoals gerapporteerd door de Emissieregistratie. Tabel 4.1 geeft de emissies per gebruikersgroep.

Op basis van deze modelstudie kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- a) In absolute zin zijn vooral de bijdragen aan de emissies vanuit de groep forensen hoog: 38 % van de CO₂-, 43 % van de CO-, 42 % van de NO_x- en 43 % van de C_xH_y-emissies van personenauto's is afkomstig uit deze groep gebruikers.

Tabel 4.1 Emissies van personenauto's in Nederland in 1990, uitgesplitst per gebruikersgroep.;

Gebruikerstype	Emissie (kTon/jaar)			
	CO ₂	CO	NO _x	C _x H _y
Privé-rijders	3335	169,8	31,1	39,4
Forensen	5702	245,1	62,7	60,9
Zakelijk, eigen auto	3043	96,8	28,9	25,7
Zakelijk, "auto van de zaak"	3120	53,3	25,3	15,1
Totaal	15200	565,0	148,0	141,0

- b) Relatief gezien is de bijdrage aan de emissies van de groep zakelijk rijders, en dan vooral die met een auto van de zaak, per auto hoog. Dit is een direct gevolg van het grote aantal kilometers dat jaarlijks met deze auto's wordt gereden.
- c) Relatief ten opzichte van de vervoersprestatie (per kilometer) zijn de volgende resultaten verkregen:

- de emissie van CO₂ door de zakelijk rijders met een "auto van de zaak" is per kilometer eveneens hoog. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door het relatief zware type auto dat in deze groep wordt gebruikt. De emissie in deze groep kan met bijna 20 % worden teruggebracht als auto's met (gemiddeld) hetzelfde gewicht als die in de groep privé-rijders en forensen worden gebruikt.
- de emissies van CO en C_xH_y in de groep zakelijk rijders met een auto van de zaak zijn per kilometer lager dan in de overige groepen doordat in het relatief nieuwe autopark in deze groep veel meer katalysatoren zijn geïnstalleerd. Dit verschil zal verdwijnen naar mate ook in andere groepen meer met auto's met katalysatoren zal worden gereden.
- de emissiereductie voor NO_x, die in de groep zakelijk rijders met een auto van de zaak zou kunnen worden verwacht op grond van het hoge aantal katalysatoren, wordt niet gevonden. Door de gemiddeld hogere snelheid waarmee in deze groep wordt gereden wordt de reductie in emissie van NO_x door katalysatoren weer teniet gedaan.

De in dit rapport gepresenteerde analyses met betrekking tot de rijstijl zijn uitgevoerd op basis van weinig beschikbare informatie en gebruik makend van een aantal aannamen, waarvoor geen goede onderbouwing beschikbaar is. Gegeven ook de vrij hoge gevoeligheid van de emissie voor de rijstijl, lijkt verder onderzoek hier op zijn plaats. Dan gaat het met name om de relatie tussen de in [4] gemeten psychosociale indicator voor die rijstijl en de volgens [5] gedefinieerde technische variabele "versnellingsruis". Pas wanneer deze relatie empirisch is ingevuld kan een nauwkeuriger en betrouwbaarder analyse worden uitgevoerd.

Per auto, en daarmee ongeveer per individu, zijn grote verschillen in emissies geconstateerd. Een zakelijk rijder met auto van de zaak emiteert ongeveer 5 x meer CO₂ dan een privé-rijder. Voor de andere componenten is het verschil op dit moment minder groot, voornamelijk als gevolg van de katalysatoren in deze groep. Voorlichtingscampagnes met betrekking tot (een reductie van) het autogebruik zijn tot op dit moment vooral gericht op recreatief gebruik en forensen. De conclusie van deze studie kan ook zijn dat meer aandacht in dezen gericht zou moeten worden op de zakelijk rijder. Door minder snel en met lichtere auto's te rijden kan een aanmerkelijke reductie in emissies binnen deze groep worden bereikt.

De resultaten binnen deze studie zijn verkregen op basis van gemiddelde eigenschappen van voertuigen en eigenaren/chauffeurs. Waarschijnlijk kan een verdere verfijning worden bereikt door binnen de groepen van gebruikerstypen niet met gemiddelden maar met de verdeling van eigenschappen te rekenen. Het is aannemelijk dat bijvoorbeeld de reductie in emissies bij verminderd voertuiggewicht te realiseren valt door vooral de zwaarste auto's binnen de groep onder de loep te nemen of door vooral de zwaarste snelheidsovertredingen gericht aan te pakken. Op basis van het beschikbare materiaal zijn zulke analyses in principe reeds mogelijk.

Uitbreiding van de in dit rapport uitgevoerde studie naar andere beleidsvelden dan dat van de luchtverontreiniging is denkbaar en mogelijk. Gedacht kan dan bijvoorbeeld worden aan de verstoringsproblematiek. Door geur- en geluidsemissies te koppelen aan de kenmerken van auto en automobilist kan ook hier inzicht worden verkregen in de bijdragen die verschillende gebruikerstypen leveren aan de stank- en lawaaiproblematiek, voor zover veroorzaakt door het wegverkeer.

Dit rapport is, voor zover bekend, een eerste voorbeeld van een studie waarin een direct kwantitatief verband wordt gelegd tussen (verschillen in) gedrag en de gevolgen daarvan voor de emissies van luchtverontreiniging binnen een grote groep individuen. De invloed van gedrag op de emissies blijkt aanzienlijk te zijn. De methodiek die hier is toegepast, enerzijds gebruik maken van in sociaal psychologisch onderzoek verkregen inzicht in kenmerkende eigenschappen van individuen en anderzijds dit soort informatie vertalen naar de gevolgen voor emissies, is breder toepasbaar. Daarbij kan worden gedacht aan andere vormen van luchtverontreiniging veroorzakend gedrag (woningverwarming en energiebesparing) maar ook aan andere beleidsvelden: consumenten- en produktenbeleid of de afvalproblematiek.

Op grond van de resultaten van deze studie wordt geconcludeerd dat bestuderen van de relatie tussen gedragsaspecten en milieuverontreiniging kan leiden tot een beter inzicht in mogelijke en denkbare maatregelen en de daarmee te (maximaal) te bereiken reducties.

5. LITERATUUR

- [1] Pulles, M.P.J. en H.C. Moll (1990)
Status report from the Netherlands.
in: Proceedings of Road Safety and Traffic Environment in Europe, Gothenburg, Sweden, september 1990, VTI Report 364a, Linköping.
- [2] Berdowski, J.J.M en P.F.J. van der Most (1993)
Emissies in Nederland; Trends, thema's en doelgroepen.
Publicatiereeks Emissieregistratie, nr 13, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag.
- [3] Pulles, M.P.J. (1990)
Openbaar vervoer of eigen auto? Kiezen van milieurelevant gedrag.
Milieu, 5/1, 28-29
- [4] P.M. Cavalini, L. Hendrickx en A.J. Rooijers (1993)
Differences among car users groups regarding CO₂ emissions.
IVEM-onderzoeksrapport nr. 65, IVEM, Rijksuniversiteit Groningen, november 1993.
- [5] J. van den Beukel, J.E.F. van Dongen, M.P.J. Pulles, J.H.M. Steenbekkers en J.H. van der Vliet (1993)
Emissiereducerende en energiebesparende rijstijl.
TNO-IMW-rapport R 93/094, Delft april 1993.
- [6] CBS (1993)
Het jaar 1993 in cijfers.
Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg, december 1993.
- [7] CBS (1991)
Luchtverontreiniging, emissies door wegverkeer
Parkemissiefactoren 1970 - 1990, Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg, december 1991.

- [8] Rijkeboer, R.C., P. van Sloten en M.F. van der Haagen (1990)
Steekproefcontroleprogramma, onderzoek naar luchtverontreiniging door voertuigen
in het verkeer - jaarrapport 1989-1990.
Publicatiereeks Lucht, nr. 89, Ministerie VROM, Den Haag, oktober 1990.
- [9] P. Cavalini
Persoonlijke mededeling.

BIJLAGE 1 : Schatting rendement katalysator

Onderstaande tabel geeft de emissiefactoren voor de verschillende milieuvoorzieningen volgens CBS [7]. Uit deze emissiefactoren is voor de verschillende wegtypen het rendement berekend. Op basis van deze tabel is in paragraaf 2.2.1 de waarde 0.85 gebruikt.

Emissiefactoren naar milieuvoorziening en gebruiksoort met de factor voor het rendement voor de afname, berekend ten opzichte van de conventionele (=vuile) benzinemotor.

		emissiefactoren (g/km)				rendement t.o.v. vuil		
		vuil	schoon	ongereg. kat.	gereg. kat.	schoon	ongereg. kat.	gereg. kat.
CO	bebouwde kom	16.6	10.8	5.6	3	0.35	0.66	0.82
	landelijk	5.4	4.7	2.7	0.8	0.13	0.50	0.85
	snelweg	9.4	4.8	3.9	0.5	0.49	0.59	0.95
C _x H _y	bebouwde kom	3.1	2.3	0.8	0.4	0.26	0.74	0.87
	landelijk	1	0.9	0.3	0.1	0.10	0.70	0.90
	snelweg	1.1	0.9	0.3	0.1	0.18	0.73	0.91
NO _x	bebouwde kom	1.9	1.2	0.8	0.3	0.37	0.58	0.84
	landelijk	1.8	1.4	1	0.2	0.22	0.44	0.89
	snelweg	3.8	3.4	3.4	0.5	0.11	0.11	0.87

BIJLAGE 2 : Emissiefactoren per gebruikerstype per wegtype

Onderstaande tabellen geven de berekende emissiefactoren per gebruikerstype en per wegtype. De emissiefactoren in tabel 2.7 zijn berekend door te middelen over de wegkeuzen binnen elk gebruikerstype. In onderstaande emissiefactoren is de invloed van andere variabelen dan snelheid en wegkeuze niet verwerkt.

Emissiefactoren per gebruikerstype in de bebouwde kom.

Gebruikerstype <i>Bebouwde kom</i>	Snelheid		Emissiefactoren (g/km)			
	(km/uur)	(relatief)	CO ₂	CO	NO _x	C _x H _y
Privé-rijders	49	0,945	251	11,70	1,19	3,11
Forensen	53	1,022	240	10,95	1,20	2,94
Zakelijk, eigen auto	53	1,022	240	10,95	1,20	2,94
Zakelijk, "auto van de zaak"	53	1,022	240	10,95	1,20	2,94
Gemiddeld	51,9	1,000	243	11,16	1,19	2,99

Emissiefactoren per gebruikerstype op landelijke wegen.

Gebruikerstype <i>Landelijke wegen</i>	Snelheid		Emissiefactoren (g/km)			
	(km/uur)	(relatief)	CO ₂	CO	NO _x	C _x H _y
Privé-rijders	80	0,956	156	3,81	1,14	1,14
Forensen	84	1,004	153	3,67	1,15	1,10
Zakelijk, eigen auto	83	0,992	154	3,70	1,14	1,11
Zakelijk, "auto van de zaak"	88	1,052	151	3,54	1,16	1,06
Gemiddeld	83,7	1,000	153	3,68	1,15	1,10

Emissiefactoren per gebruikerstype op autosnelwegen met een maximum snelheid van 100 km/uur.

Gebruikerstype <i>Autosnelwegen</i>	Snelheid		Emissiefactoren (g/km)			
	(km/uur)	(relatief)	CO ₂	CO	NO _x	C _x H _y
Privé-rijders	97	0,970	149	4,93	2,04	1,19
Forensen	100	1,000	153	5,10	2,14	1,20
Zakelijk, eigen auto	101	1,010	154	5,16	2,18	1,20
Zakelijk, "auto van de zaak"	105	1,050	160	5,38	2,33	1,21
Gemiddeld	100,0	1,000	153	5,10	2,14	1,19

Emissiefactoren per gebruikerstype op autosnelwegen met een maximum snelheid van 120 km/uur.

Gebruikerstype <i>Autosnelwegen</i>	Snelheid		Emissiefactoren (g/km)			
	(km/uur)	(relatief)	CO₂	CO	NO_x	C_xH_y
Privé-rijders	112	0,934	169	5,79	2,59	1,23
Forensen	118	0,984	178	6,13	2,83	1,24
Zakelijk, eigen auto	119	0,993	179	6,19	2,87	1,25
Zakelijk, "auto van de zaak"	127	1,059	190	6,65	3,20	1,26
Gemiddeld	119,9	1,000	180	6,24	2,91	1,25