

# Prognosemodel Mobiliteit en verkeersveiligheid

*Deelstudie 1: Risicoprognoses*

R-93-64

J.M.J. Bos

Leidschendam, 1993

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV  
Postbus 170  
2260 AD Leidschendam  
Telefoon 070-3209323  
Telefax 070-3201261

## Samenvatting

Deelnemen aan het verkeer betekent tevens het lopen van enig risico om bij een ongeval betrokken te raken en meer of minder ernstig letsel op te lopen. Risico en mobiliteit samen bepalen de verkeersonveiligheid.

De grootte en aard van de verkeersrisico's zijn mede afhankelijk van de soort van verkeerssysteem. Uitgaande van de situatie op enig tijdstip zal zich in de risico's een zekere ontwikkeling voordoen. Deze is een gevolg van verschuivingen in het gebruik van de verschillende vervoersmodi en categorieën infrastructuur, en van diverse andere veranderingen in het verkeerssysteem en de populatie van verkeersdeelnemers.

Om een prognose te kunnen maken van de verkeersonveiligheid dienen naast de toekomstige mobiliteiten dus ook de toekomstige verkeersrisico's te worden ingeschat.

Verkeersonveiligheidsprognoses hebben drie hoofdfuncties. Ze laten zien hoe de verkeersonveiligheid zich bij ongewijzigd beleid lijkt te gaan ontwikkelen en in welke segmenten de grootste veranderingen zullen optreden. Dit geeft aan waar de consequenties van de verkeersonveiligheid het meest moeten worden opgevangen. De prognoses zijn daarnaast ook een instrument om de aandacht en de prioriteitstelling van de beleidsvoorbereiding te richten en om zichtbaar te maken op welke terreinen maatregelen nodig zijn. Dit geeft aan waar de ontwikkelingsgang die zich in de verkeersonveiligheid aftekent zou moeten worden beïnvloed. Tenslotte zijn onveiligheidsprognoses van belang bij het maken van concrete beleidskeuzen. Zowel als het gaat om het ontwerpen van infrastructurele netwerken, als om maatregelen op het gebied van het verkeer of van de verkeersveiligheid rechtstreeks, is het voor een doelmatige beleidsvorming nodig de veiligheidsimplicaties van de plannen te kennen. Het geeft aan hoe gunstige ontwikkelingen kunnen worden bevorderd en dreigende verslechteringen gekeerd.

Het voorliggende rapport gaat in op de problematiek van de risicoprognoses. Allereerst is een literatuurstudie verricht naar de verschillende aspecten van de modelvorming terzake. Vanuit de opzet van het Prognosemodel die de SWOV eerder beschreef is nagegaan wat elders recentelijk werd gepubliceerd over de vooruitberekening van verkeersonveiligheid in relatie tot mobiliteit. Gekeken is naar de opbouw van de rekenstructuur, de disaggregatie en fasering daarin, en met name ook naar de vorm van gegevensanalyse.

Geconstateerd is dat in de literatuur een diversiteit aan benaderingen is toegepast, waarbij een onderscheid kan worden gemaakt naar onderzoek dat 'verklaringen' zoekt voor de ontwikkelingen in de verkeersonveiligheid, en anderzijds onderzoek dat vooral beoogt van de toekomstige onveiligheid een goede prognose te geven. Tegelijk bestaan verschillen in niveau van aggregatie, naast onderzoeken die vanuit macromodellen werken zijn er die zich op meso- of zelfs (semi)microniveau bewegen.

Vastgesteld kan worden dat de Nederlandse situatie in een aantal opzichten markant afsteekt tegen die van de meeste andere landen. Enerzijds doordat ons verkeer inhomogener is vanwege de menging van auto- met fiets- en bromfietsverkeer, waardoor het botstype van de ongevallen hier eerder als variabele in het onveiligheidsproces moet worden geïntrodu-

ceerd. Anderzijds ook doordat de registratie van verkeers- en onveiligheidsgegevens - althans in principe - relatief uitgebreid is.

Tweede onderdeel van deze rapportage betreft de soorten problemen die bij de concrete uitwerking van het Prognosemodel zijn te voorzien. Gebleken is dat vooral een belangrijk vraagstuk ligt bij het verkrijgen of construeren van reeksen goede en consistente gegevens van de gewenste mate van detaillering over een voldoende lange periode, zelfs al voor het geval de basisstructuur slechts tamelijk grof wordt ingevuld.

Daarnaast is er nog een aantal problemen die met name te maken hebben met de integratie van de segmentsgewijze verkregen uitkomsten tot een totaal, en met de overgang van ongevallen naar slachtoffers, van voertuigkilometers naar reizigerskilometers.

Oplossingen hiervoor die althans in een eerste vorm van het Prognosemodel kunnen dienen zijn aangedragen.

In de literatuur is voor dergelijke problemen weinig aandacht aangetroffen, methoden om ze op te lossen werden niet gevonden, vooral de beschikbaarheid van cijfers is uiteraard een eigen Nederlands probleem. Niettemin is op een aantal plaatsen wel een aanvullende onderbouwing geleverd voor de opzet die de SWOV voor het Prognosemodel heeft gemaakt. Daarover handelt het derde onderdeel van deze rapportage.

In algemene zin mag de conclusie worden getrokken dat de literatuur steun biedt aan deze opzet, aan de introductie van het ontmoetingsconcept daarbij, aan de indeling van het onveiligheidsproces in een ongevals- en een slachtoffersfase, en aan de disaggregatie naar wegtype, vervoerwijze en leeftijd en geslacht. Dit ofschoon een gelijktijdige combinatie van deze elementen niet zelf werd aangetroffen, deels wellicht omdat in de onderzoeken de cijfers daarvoor ontbraken of de alsdan geïndiceerde complexiteit met name voor de analyse de nodige problemen zou hebben opgeroepen.

Gebleken is ook dat de beschrijvingsmodellen die de SWOV reeds ten behoeve van het Beleidsinformatiesysteem Verkeersveiligheid (BIS-V) ontwikkelde en waarin voor het schatten van de modelparameters een Poisson-stochastiek werd geïmplementeerd, goed aansluiten bij de analyse-aanpakken uit de literatuur.

Met de vertaling en aanvulling van deze modellen ligt feitelijk al snel een blauwdruk voor van een eerste versie van een werkend Prognosemodel.

# Summary

## **Prognosis model for mobility and road safety**

### *Monograph I: Risk prognoses*

Participation in traffic implies one runs some risk of being involved in an accident and of sustaining more or less severe injury. Risk and mobility together determine the level of road hazard.

The extent and nature of traffic risks is also dependent on the type of traffic system. Based on the situation at a particular point in time, the traffic risks will undergo a certain development. This is attributable to shifts in the use of various modes of transport and categories of infrastructure, and due to various other changes in the road traffic system and the population of road users.

In order to offer a prognosis of road hazard, therefore, one should not only estimate future mobility levels, but also consider future traffic risks. Road hazard prognoses have three principal functions. They demonstrate how road hazard is likely to evolve if policy remains unaltered and in which areas the greatest changes will occur. They indicate where the consequences of road hazard need to be dealt with most urgently. In addition, these prognoses also offer an instrument through which to direct the attention and prioritisation of policy preparation, and to define the areas where measures are required. They indicate where the direction in which road hazard seems to be moving should be influenced. Finally, road hazard prognoses are of importance when making concrete policy choices. Both with respect to the design of infrastructural networks and where it concerns measures in the field of traffic or road safety specifically, an efficient policy definition needs to be aware of the safety implications of the envisaged plans. Risk prognoses indicate how favourable developments can be promoted and how impending exacerbations can be reversed.

The present report deals with the complications associated with risk prognoses. Firstly, a literature study was performed into the various aspects of relevant model formulation. Based on the setup of the Prognosis Model as previously described by the SWOV, it was investigated what other material has recently been published about the advance calculation of road hazard in relation to mobility. Matters considered include the construction of the calculation system, disaggregation and underlying phasing and, in particular, the manner in which data is analysed.

It was noted that in the literature, a diversity of approaches is applied, where a distinction can be made according to studies that look for 'explanations' for developments in road hazard, and on the other hand, studies whose prime intention is to offer a good prognosis of future road hazard. In addition, there are differences in the level of aggregation; aside from studies which work on the basis of macro models, there are those that operate at an intermediate or even (semi-)micro level.

It can be established that, in a number of aspects, the situation found in the Netherlands is strikingly different from that of most other countries. Since Dutch traffic is more heterogenous, due to the mingling of traffic - automobile, cycle and moped -, the type of collision associated with acci-

dents is sooner introduced as a variable in the road hazard process. This inclusion is also feasible since the registration of traffic and hazard data is (at least in principle) relatively extensive.

The second part of this report concerns the types of problems which can be anticipated with the concrete definition of the Prognosis Model. It has been shown that a particularly important issue is how to obtain or construct series of reliable and consistent data offering the desired degree of detail over a sufficiently lengthy period, if only to compensate for the possibility that the basic structure is rather roughly delineated. In addition, there are still a number of problems which are related particularly to the integration of segmentally obtained results into a comprehensive whole, and to the transition from accidents to victims and from vehicle kilometres to travel kilometres. Possible solutions which can at least suffice for the first version of the Prognosis Model have been suggested.

The literature devotes little attention to such problems. Means of solving them were not found; in particular, the availability of figures is of course a problem specific to the Netherlands. Nevertheless, on a number of points additional support was provided for the setup of the Prognosis Model as designed by the SWOV. The third part of this report deals with this subject.

In a general sense, it may be concluded that the literature supports this setup, the introduction of the associated collision concept, the classification of the hazard process into an accident phase and a victim phase and the disaggregation on the basis of road type, mode of transport and age and gender, even though a simultaneous combination of these elements was not found. This may have been due in part to the fact that the studies did not have the necessary figures available, or because the thus indicated complexity would have created some difficulties, particularly for the analysis.

It has also been shown that the descriptive models developed by the SWOV for the purposes of the BIS-V (Policy Information System for Road Safety) - in which a Poisson stochastic method was implemented to predict the model parameters - fit in well with the analysis approaches described in the literature.

The translation and completion of these models will in fact enable a rapid blueprint to be constructed for an initial version of a functional Prognosis Model.

# Inhoud

## *Voorwoord*

1. *Literatuurstudie betreffende risicosets*
  - 1.1. Inleiding
  - 1.2. De selectie van de literatuur
  - 1.3. Raamwerk
  - 1.4. Eerste resultaten
  - 1.5. Voorlopige conclusies
  
2. *Modeluitwerking: Beschrijving van probleemvelden*
  - 2.1. Inleiding
  - 2.2. Probleemvelden
    - 2.2.1. De data
    - 2.2.2. De sets parameterwaarden
    - 2.2.3. Integratie van uitkomsten
    - 2.2.4. Van ongevallen naar slachtoffers
  - 2.3. Een schets van aanpak voor het dataprobleem
    - 2.3.1. Kwaliteit van de cijfers
    - 2.3.2. Onderscheid naar wegcategorie
  - 2.4. Een schets van aanpak voor het segmentatieprobleem
  - 2.5. Een schets van aanpak voor het integratieprobleem
  - 2.6. Een schets van aanpak voor het faseringsprobleem
  
3. *Modeluitwerking: Inbreng van de resultaten van de literatuurstudie*
  - 3.1. Inleiding
  - 3.2. Prognosekwaliteit
    - 3.2.1. Algemeen
    - 3.2.2. Model
    - 3.2.3. Prognose
    - 3.2.4. Tussenconclusie 1
  - 3.3. De literatuur
    - 3.3.1. Algemeen
    - 3.3.2. Analyse
    - 3.3.3. Cijfers
    - 3.3.4. Tussenconclusie 2
  - 3.4. De relatie met het NRM
  - 3.5. Samenvatting
    - 3.5.1. Inleiding
    - 3.5.2. Keuzemogelijkheden
  - 3.6. Eindconclusie

## *Bijlage A t/m C*

## Voorwoord

De SWOV heeft begin 1992 de eerste stap van het project 'Mobiliteit en verkeersveiligheid' afgesloten. Met betrekking tot het onderdeel 'Prognosemodel' heeft de toenmalige Dienst Verkeerskunde van Rijkswaterstaat (DVK) de SWOV verzocht eerst na te gaan of direct bruikbare toepassingen op het gebied van risicosets ingevoegd kunnen worden. Daarvoor is een tweeledige activiteit gestart. Allereerst is in een notitie aangegeven welke problemen zich bij de verdere uitwerking van het model zullen voordoen (Bos, 1992). Vervolgens is een literatuurstudie uitgevoerd naar het gebruik van risicosets. Hoofdstuk 1 is de rapportage van deze studie. In de Hoofdstukken 2 en 3 zal dan verder uitgewerkt worden op welke wijze eventueel de resultaten toegepast kunnen worden om de aangegeven problemen op te lossen.

In een vervolgopdracht kan dan het prognosemodel concreet uitgewerkt worden.

Het blijkt dat het mesoniveau waarop het project 'Mobiliteit en verkeersveiligheid' zich beweegt in de praktijk nog betrekkelijk weinig uitgewerkt wordt. De meeste studies naar 'verkeer', 'risico' en 'prognose' of 'voorspelling' bewegen zich òfwel op het macroniveau, òfwel op het microniveau.

Op het macroniveau betreffen de voorspellingen in het algemeen een land als geheel, met een enkele uitsplitsing naar (bijvoorbeeld) wijze van verkeersdeelname of naar wegtype. Op het microniveau wordt gezocht naar methoden om bijvoorbeeld voor een bepaald type kruispunt op basis van de te verwachten verkeersstromen op dat kruispunt de onveiligheid ter plekke te voorspellen.

Een aantal van de gevonden verwijzingen biedt echter wel mogelijkheden voor uitbreiding of vertaling naar het mesoniveau, onder meer waar het de methoden betreft om uit tijdreeksen over de omvang van het verkeer en de omvang van de verkeersonveiligheid een voorspelling te doen voor de grootte van het risico in een toekomstig jaar.

Daarnaast kunnen de studies naar het macroniveau nuttig zijn bij het kalibreren van afzonderlijke voorspellingen voor verschillende segmenten op het mesoniveau, die gezamenlijk ook weer tot een totaal optellen.



# 1. Literatuurstudie betreffende risicosets

## 1.1. Inleiding

Doel van het onderzoekproject 'Prognosemodel Mobiliteit en veiligheid' is een model te bouwen dat ons in staat stelt de verkeersonveiligheid zo goed mogelijk vooruit te berekenen. Hoofdinvalshoek hierbij vormt de mobiliteit, gezien de dominante rol van omvang en aard daarvan in de verkeersonveiligheid.

Binnen het project is een gedachtengang uitgewerkt over de aanpak van dit vraagstuk, die er in het kort op neer komt dat in eerste instantie naar een adequate beschrijving wordt gezocht van de feitelijke ontwikkelingen in de verkeersrisico's. Deze beschrijving maakt het vervolgens mogelijk de risico-ontwikkelingen over een aantal jaren te extrapoleren en met behulp van (externe) mobiliteitsprognoses te vertalen naar prognoses van de verkeersonveiligheid (de gedachtengang is neergelegd in Bos, 1992).

Twee kernthema's betreffen de te gebruiken maat voor het verkeersrisico, en de inbreng van factoren die in de tijd variëren en de onveiligheid primair beïnvloeden.

- Het verkeersrisico is opgebouwd gedacht uit een dimensie onveiligheid en een dimensie die de mate aangeeft van blootstelling aan de kans op onveiligheid (expositie). Passend bij onveiligheid in termen van aantallen ongevallen (waaronder enkelvoudige) hoort een expositiemaat in termen van aantallen 'ontmoetingen', en deze staat onder voorwaarden weer in relatie tot de mobiliteit. Bij de ongevallen worden vervolgens de aantallen slachtoffers bepaald.

- De primaire onveiligheidsfactoren liggen op het vlak van de drie verkeerscomponenten: mens, voertuig en weg. In de uitgewerkte gedachtengang is daartoe een elementaire disaggregatie ingevoerd naar leeftijd en geslacht van slachtoffers (bestuurders), voertuigcategorie (waaronder voetganger) en wegtype.

Dit eerst hoofdstuk beoogt de opzet van het onderzoek 'Prognosemodel Mobiliteit en veiligheid' op twee aspecten door te lichten, en waar mogelijk te verbeteren en aan te vullen.

1. Allereerst wordt (op beperkte schaal) nagegaan wat er recentelijk en elders nog aan prognosevorming voor de verkeersonveiligheid in relatie tot de mobiliteit is gedaan en wat daaruit voor lering valt te trekken met betrekking tot de te hanteren maten voor de onveiligheid, de in te brengen invloeds(beschrijvings)factoren en disaggregaties, de toe te passen (kwantitatieve) vormen van (tijdreeks)analyse, en de flexibiliteit van de benadering indien er problemen zijn met de verkrijgbaarheid van geschikte cijfers of als de (verkeers)omstandigheden zich belangrijk (zullen) wijzigen ('interventies').

2. Tevens wordt vanuit de reeds uitgewerkte gedachtengang nog eens meer specifiek gekeken naar de elementen van de modelopzet en het gebruik van cijfers.

De rapportage is verder als volgt opgezet. Eerst volgt een weergave van de wijze waarop de selectie van de literatuur heeft plaatsgevonden (par.

1.2). Vervolgens wordt in een ‘raamwerk’ een kader geschetst waarbinnen de verschillende benaderingen zoals die uit de literatuur naar voren kwamen te plaatsen zijn (par. 1.3). Daarna volgen de eerste resultaten uit de bestudeerde literatuur (par. 1.4). Tevens zijn overzichten toegevoegd die in schematische zin de belangrijkste inhoudelijke aspecten van de verwerkte artikelen laten zien. Tenslotte wordt aangegeven welke benaderingen het meest veelbelovend zijn om een toepasbare bijdrage aan het project te kunnen leveren (par. 1.5).

In Bijlage A is de relevante literatuur stuk voor stuk samengevat. Bijlage B bevat de titels van de gevonden literatuur en alle verdere verwijzingen.

## 1.2. De selectie van de literatuur

In het literatuurbestand van de International Road Research Documentation IRRD is op de trefwoorden ‘accident’ of ‘accident rate’, gecombineerd met het trefwoord ‘forecast’ en de free text ‘statistic’, naar titels gezocht van actuele publikaties over onderwerp. Op grond van de abstracts konden in de verkregen lijst uiteindelijk slechts vier titels van na 1986 worden gevonden die voor een nadere bestudering in aanmerking kwamen. Uitgangspunt bij de selectie was dat er moest zijn gerapporteerd over modelvorming en vooruitberekening van de verkeersonveiligheid, over het gebruik van de verschillende soorten onveiligheidscijfers en expositiematen hierbij, en over de toepassing van concrete data.

Daarnaast waren er de special issues van het tijdschrift Accident Analysis & Prevention (AAP) over ‘accident modelling’ (april 1986) en ‘theoretical models for traffic safety’ (oktober 1991). De titels uit deze tijdschriftnummers kwamen bij de literatuurrecherche niet tevoorschijn, omdat het eerstgenoemde nummer buiten het tijdvak van de selectie viel (1986), en het tweede omdat het nog niet in de IRRD was ingevoerd (1991).

Een aantal van de titels bevat tevens doorverwijzingen naar relevante verdere literatuur.

En tenslotte zijn er de notities over de modellen waarmee de SWOV in het kader van het SVV en het SVV-II prognoses opstelde voor de verkeersonveiligheid in Nederland in het jaar 2010, alsmede de SWOV-macromodellen, de modellen voor de SWOV-jaaranalyses van de verkeersonveiligheid, en de Verkeersveiligheidsmodule die de SWOV bij de Mobiliteitsverkenner van IVVS/TNO ontwierp.

In Bijlage A is, toegespitst op de vraagstelling, van de inhoud van alle titels een beknopte samenvatting gegeven.

Oudere literatuur, bijv. het artikel van R.J. Smeed uit 1949 in the Journal of the Royal Statistical Society, is daarbij niet zelf opgenomen. Op dergelijke artikelen bestaat, als ze belangrijk genoeg zijn, doorgaans een vervolg, zie hier bijv. D. Andreassen in AAP 1991 nr. 5. Ook artikelen die van eenzelfde aanpak uitgaan als andere, bijv. de regressieanalyse van diverse variabelen op aantallen verkeersdoden door T.J. Zlatoper in AAP 1991 nr. 5, zijn niet zelf vermeld.

## 1.3. Raamwerk

Prognoses voor de omvang van de verkeersonveiligheid kunnen verschillende niveaus van abstractie hebben en meer of minder inhoudelijk aansluiten bij feitelijke onveiligheidsprocessen. Aan de ene kant is er het

globale model van Smeed (Bijlage A, nr. 7), dat het aantal verkeersdoden in verband brengt met inwonertal en omvang van het autopark in een land. Aan de andere kant treffen we bijvoorbeeld het model aan van Wright & Barnett (Bijlage A, nr. 1), dat het aantal ongevallen op een gegeven type kruispunt relateert aan de omvang van de verkeersstromen en enkele geometrische kenmerken. Daar tussenin zitten modellen als die van Fridstrøm & Ingebrigtsen (Bijlage A, nr. 6), waarin de onveiligheid afhangt van een set invloedsfactoren als de weers- en lichtcondities, en het gordelgebruik (de draagplicht), naast de expositie.

Het overzichtartikel over macromodellen (Hakim et al., 1991, zie Bijlage A, nr. 16) bevat meer voorbeelden. Het schetst de voornaamste ontwikkelingen die op het gebied van inhoud en vorm van macromodellen hebben plaatsgevonden, en stipuleert de belangrijkste methodologische en statistische aspecten.

Gaat het om een prognose van de totale onveiligheid in een land dan zou een aanpak kunnen zijn de toekomstige onveiligheid op het meest primaire niveau te schatten en vervolgens over alle basiselementen te sommeren. Bijvoorbeeld zou de onveiligheid uit de te verwachten verkeersstromen, gegeven de vervoerwijzeverdeling en de leeftijdsopbouw van de verkeersdeelnemers, per onderscheiden wegsituatie afgeleid kunnen worden, waarna door optellen over alle wegsituaties een prognose voor de totale onveiligheid ontstaat.

Een dergelijke aanpak is niettemin voorlopig nauwelijks voorstelbaar, op het vereiste detailniveau zijn de voorhanden modellen immers noch voldoende betrouwbaar, noch voldoende compleet, en ook is moeilijk aan te geven hoe de toekomstige condities en omstandigheden zullen zijn, en hoe verkeersdeelnemers zich daar dan zullen gedragen.

Elementen van zo'n benadering, zij het op een globaler (tussen)niveau, zitten niettemin zeker in een onveiligheidsmodel dat net als het voorgestelde 'Prognosemodel Mobiliteit en veiligheid' uitgaat van een zekere disaggregatie, en dat zodoende verschillen toelaat in de ontwikkeling van de onveiligheid en van het relatieve gewicht van de segmenten. Daarmee bezit zo'n model een zekere inhoudelijke basiskwaliteit.

Deze kwaliteit kan zeker toenemen naarmate de modellering nauwer aansluit bij de essenties van het onveiligheidsproces, en dat reflecteert zich later in de deugdelijkheid van de prognoseresultaten. Maar er zijn grenzen. Het is bijvoorbeeld nogal onaannemelijk dat alle determinanten van de onveiligheid modelmatig zouden kunnen worden ingebracht. Minstens ontbreekt de invloed van variabelen die over de periodeduur van de verwerkte cijferreeksen min of meer constant bleven. Het betekent dat veranderingen die in de waarden van dergelijke variabelen nieuw optreden wel kunnen doorwerken in de feitelijke verkeersonveiligheid, maar nog niet in de prognoses daarvan. En dat geldt niet alleen op het niveau van al-dan-niet of niet-expliciet onderkende variabelen, maar voorzover er relaties met de onveiligheid zijn ook op dat van hun onderlinge interacties.

Een praktische moeilijkheid - nog binnen de sfeer van beschrijven en extrapoleren - is steeds dat de invloed van een variabele in de cijfers moet kunnen worden teruggevonden, anders prefereren we in principe het eenvoudiger model zonder de bewuste variabele. Bij de analyse hebben we immers te maken met allerlei onnauwkeurig- en onvolkomenheden van het

meten en registreren van situatietekenen en onveiligheid. Deze leveren statistische fluctuaties op in de cijfers, waardoorheen we moeten proberen zicht te krijgen op de betekenis van de variabele in het onveiligheidsproces. Gaat het om een klein aantal meetwaarden, met name kleine aantallen ongevallen, dan kunnen we genoodzaakt zijn enkele klassen van de variabele samen te voegen, echter onder het gelijktijdig gevolg dat binnen de nieuwe klassen de variatie toeneemt. Fluctuaties vanwege kleine aantallen zijn nu dus deels vervangen door fluctuaties vanwege inhomogeniteit. Het levert onvermijdelijk onzekerheidsmarges op in de uiteindelijke prognosecijfers.

Naast de inhoudelijke kwaliteit van een model, die uiteraard voorop moet staan, is er tevens het aspect van de beleidsmatige relevantie. Zo kan een prognose voor alleen de totale onveiligheid natuurlijk maar een beperkte functie vervullen. Er dienen ook mogelijkheden te bestaan om de gang van zaken te volgen in segmenten van de verkeersonveiligheid waarop de actuele en de aannemelijke of voorzienbare aandacht van de beleidsontwikkeling zich richt.

Kwaliteit op het mesoniveau van de modelvorming zal dan ook meer inhouden dan de doorwerking duidelijk te maken van variabelen die procesmatig gezien, en uitgaande van de hoofdinvloeshoek van de mobiliteit, het belangrijkste zijn.

De SWOV heeft tot dusver volgens verschillende lijnen en op verschillende niveaus geprobeerd verwachtingen van de toekomstige verkeersonveiligheid in Nederland op te stellen.

1. Het 'macromodel' van Oppe en Koomstra relateert het jaarlijkse aantal verkeersslachtoffers aan het aantal verreden motorvoertuigkilometers en het jaar. De factor tijd representeert hier als onafhankelijke (metrische) variabele, zoals in andere tijdreeksmodellen, een veelheid aan niet expliciet benoemde of benoembare (continue) invloeden, verbeteringen in dit geval die doorlopend in het verkeer plaatsvinden (het 'leer'-proces) en die uitmonden in steeds lagere risico's (zie de twee samenvattende artikelen van Oppe (1991a en b). De mogelijke modelvormen zijn nader uitgewerkt in een artikel van Oppe & Koomstra (1990). Toepassingen van de modellen zijn te vinden in Koomstra (1988).

2. Ten behoeve van het SVV (Deel a) kwam een prognose tot stand van de verkeersonveiligheid in het jaar 2010 met behulp van een model waarin naar wegtype is gedisaggregeerd. De verkeersrisico's verschillen zeker naar wegtype, disaggregatie is een manier om het model ruimte te geven dit verschijnsel te verwerken. Daarmee wordt in principe ook de allocatie mogelijk van het gedeelte van de dalende macrotrend dat een gevolg is van de verschuiving van mobiliteit naar veiliger wegtypen.

De wegen van het hele Nederlandse wegennet werden opgedeeld over zeven wegtypen buiten, en twee binnen de bebouwde kom. Voor elk wegtype zijn, deels uit eerdere steekproeven in de tijd, risicocijfers bepaald in de vorm van de gemiddelde aantallen letselgevallen per motorvoertuigkilometer, de gemiddelde aantallen slachtoffers per letselgeval, en de gemiddelde aantallen doden per slachtoffer (de 'kencijfers' van de wegen). De ontwikkelingen die in deze risicocijfers plaatsvonden zijn vervolgens doorgetrokken naar het prognosejaar. Samen met de (bijpassend uitgewerkte) SVV-scenario's voor de mobiliteit, leveren deze risicoprognoses de uiteindelijke onveiligheidsprognoses op.

Het model heeft, ondanks zijn beperkingen, onder andere door het ontbreken van een differentiatie naar wijze van verkeersdeelname, grote relevantie omdat het bij de verwachte groei van de mobiliteit en de overbelasting van het hoofdwegennet de veiligheidsconsequenties zichtbaar maakt van de toenemende verkeersdruk op lagere-ordewegen (Janssen, 1988).

3. In een tweede uitwerking voor het SVV (Deel d) (Poppe, 1992) is behalve het eerdere (ongevallen- annex slachtoffer)model, en naast het macro(slachtoffer)model, ook een slachtoffermodel gebruikt met een segmentatie naar wijze van verkeersdeelname. Voor het prognosejaar bleek de gewenste uitsplitsing van de mobiliteit tevens naar leeftijd en geslacht niet haalbaar. De risico-ontwikkelingen uit het verleden werden cijfermatig naar het prognosejaar geëxtrapoleerd, samen met de reiziger(personen)-kilometers die in dit model de expositiegraad vormen, levert dit eveneens prognoses op voor de aantallen verkeersslachtoffers. Als er een verschuiving zit in de mobiliteit naar de veiliger vervoerwijze auto (vanaf de bromfiets deed deze zich sinds ca. 1975 voor), is in principe ook in dit model een deel van de dalende macrotrend in de onveiligheid door de disaggregatie te alloceren. Overigens moet uiteraard worden gewaakt tegen een meervoudige allocatie van dezelfde effecten.

4. In de context van het Beleidsinformatiesysteem Verkeersveiligheid (BIS-V) is voor de 'jaaranalyses' een slachtoffermodel uitgewerkt dat disaggregeert naar wijze van verkeersdeelname en leeftijd, en dat gebruik maakt van cijferreeksen van de VOR en uit het OVG. De deeltuitkomsten van de prognose worden aan het eind naar evenredigheid bijgesteld, zo dat hun som overeenstemt met de uitkomst uit het macro-model (Bijleveld & Oppe, 1992).

5. Tenslotte is binnen het onderzoekproject 'Mobiliteit en veiligheid' gewerkt aan de opzet van een veiligheidsmodule bij de Mobiliteitsverkenner van IVVS/TNO. In het verlengde van het onderzoek 'Vormgeving rekenmodel' dat indertijd in opdracht van de SWOV door het OSPA werd uitgevoerd, gaat het om een slachtoffermodel met disaggregatie naar wijze van verkeersdeelname, leeftijd en geslacht. Een uitsplitsing van de onveiligheid naar wegtype bleek vooralsnog op dataproblemen te stuiten (Flury, 1992).

Het nieuwe in het onderzoekproject 'Prognosemodel Mobiliteit en veiligheid' is enerzijds dat er wordt uitgegaan van een gelijktijdige segmentatie naar wijze van verkeersdeelname en wegtype, anderzijds dat de onveiligheid gefaseerd wordt beschreven, eerst in termen van ongevallen naar botstypen, daarna in termen van slachtoffers naar wijze van verkeersdeelname, leeftijd en geslacht.

Zijn relevantie ontleent dit model eraan dat het de onveiligheidsconsequenties beoogt te kunnen laten zien van de belangrijkste ontwikkelingen die in de mobiliteit plaatsvinden.

#### 1.4. Eerste resultaten

Wanneer de verschillende benaderingen naast elkaar gezet worden blijkt dat alle auteurs op één of andere wijze een normering toepassen. In de conceptuele uitwerking van het model kan dat op verschillende manieren plaatsvinden. Sommigen voeren één of meer verklarende 'achtergronds-

variabelen' in: het aantal inwoners (Smeed, zie Andreassen, 1991), het aantal werklozen (Partyka, 1991), of een maat voor de 'agressie' in de samenleving (Sivak, 1987; Reinfurt *et al.*, 1991). Ook de omvang van het verkeer wordt hier op die wijze, direct of indirect, in het model ingebracht (bijv. Scott, 1986; Fridstrøm *et al.*, 1991).

Anderen definiëren min of meer expliciet een risico als een verhouding tussen het aantal ongevallen (of slachtoffers of verkeersdoden) en de omvang van het verkeer (o.a. Broughton, 1991; Klöckner, 1988 en Adams, 1985).

Deze benaderingen sluiten meer aan bij de opzet voor het prognosemodel, omdat alleen op die wijze de fasering in het model (mobiliteit → ontmoetingen → ongevallen → slachtoffers → doden) tegelijkertijd met de segmentering (o.a. wegtype, voertuigtype en leeftijd) ingebracht kan worden. In het verlengde hiervan is ook de conceptuele structuur van de benadering belangrijk. Op dit punt mag met name de ontrafeling van de onveiligheid in componenten worden genoemd die Assimakopoulos (1992) nastreeft.

Voor de verdere toepassingen lijken vooral die onderzoeken die vanuit de macrobenadering tot een zekere segmentatie proberen te komen het meest relevant.

Scott (1986) analyseert in zijn onderzoek ook tijdreeksen van aantallen ongevallen naar botstype, verdere onderscheiden maakt hij niet. Broughton (1991) voegt aan het macromodel een dummyvariabele voor de gordelmaatregel toe. Hij maakt verder, evenals Klöckner (1988), onderscheid naar wegtype.

Er wordt een veelheid van functies gepresenteerd om de effecten van de verklarende variabelen te modelleren. Niet altijd is even duidelijk waarom voor een bepaalde vorm gekozen is. Bij de benaderingen op het micro-niveau gaat het vooral om het modelleren van de *normering* (expositie). Daar zijn de machtsfuncties het best vertegenwoordigd, waarbij de specificatie in het algemeen is van de vorm 'onveiligheid is een functie van de som of het produkt van de verkeersstromen, verheven tot één of andere macht' (bijv. Wright *et al.*, 1991).

Bij de macrobenaderingen gaat het om het modelleren van de ontwikkelingen in de *tijd*. Daarvoor kiest men eerder voor de negatief exponentiële functies. Meestal berust deze keuze op de aanname, soms expliciet gedaan, maar vaker impliciet gelaten, dat het risico, hoe dan ook gedefinieerd, in de tijd zal blijven dalen.

De macrobenaderingen die rekening houden met veranderingen in de tijd lenen zich meer voor het doen van voorspellingen op langere termijn. De microbenaderingen passen beter bij voorspellingen op korte termijn, waarbij het bijvoorbeeld gaat om concrete infrastructurele wijziging op een locatie of in een wegennet.

Daarnaast valt er lering te trekken uit de artikelen waarbij een eens gedane voorspelling enige jaren later opnieuw op zijn waarde beschouwd wordt (Partyka, 1991; Sivak, 1987). Het blijkt dat ook een goede 'fit' over de periode waarvoor waarnemingen gedaan zijn lang niet altijd betekent dat er dus ook een goede voorspelling opgeleverd wordt. Er kan daarbij echter ook geconstateerd worden dat het in die gevallen ontbroken heeft aan een

theoretisch model dat aangeeft *waarom* de variabelen die tot een goede fit leiden de veranderingen in de omvang van de verkeersonveiligheid zouden moeten verklaren.

In dit verband is de inbreng door Minter (1987) van het gezichtspunt van leerprocessen in de verkeersveiligheidstheorie zeer relevant. Koomstra heeft de beschikbare modellen nader aangegeven en uitgewerkt. Ook de beschouwing van Brühning *et al.* (1986) bij hun extrapolatie van de beschreven ontwikkelingen in de onveiligheid ligt op dit vlak, waar zij rekening houden met veranderende aandelen van (jonge) onervaren en (oudere) ervaren verkeersdeelnemers.

Een benadering waarbij met dergelijke elementen wordt rekening gehouden (en in het onderzoekproject 'Mobiliteit en veiligheid' wordt dat geprobeerd) heeft daarbij een betere uitgangspositie. Dat neemt niet weg dat ook hier voortdurend zal moeten worden nagegaan hoe de voorspellingen uit het verleden zich verhouden tot de actuele waarden.

Op het gebied van de analysemethoden bevat de literatuur eveneens een verzameling verschillende aanpakken, die de moeite waard zijn om verder te bekijken. Er zijn regressiemodellen als bij Partyka (1991); Hautzinger, (1988) presenteerde een 'superpopulatie'-benadering, die wellicht enig soulaas biedt voor het probleem van de populatiedefinitie dat Elvik (1988) signaleerde; Fridstrøm *et al.*, 1988 werkten bijvoorbeeld met GLIM en pasten een gamma-Poisson-model toe, en Scott (1988) gebruikte voor de analyse van zijn tijdreeksen de ARIMA-procedure, terwijl Harvey *et al.* (1986) daar de Structural Time Series Modelling voor hebben opgezet. Recentelijk ontwikkelde de SWOV in het kader van de jaaranalyse BIS-V een benadering met een niet-lineaire Poissonregressie, die na de nodige uitwerking ook voor het maken van het prognosemodel goed bruikbaar lijkt te kunnen zijn.

Een beknopt overzicht van de inhoud van de geselecteerde literatuur en van de meest relevante eerste resultaten geven we in de navolgende twee schema's.

Het eerste schema bevat een aantal hoofdkenmerken op grond waarvan de verschillende titels voor deze literatuurstudie zijn uitgezocht. Behalve de onveiligheidsmaat (de criteriumvariabele) is van belang de relatie die werd gemodelleerd, met welke variabelen werd rekening gehouden, de toegepaste disaggregatie, en de gebruikte technieken voor de analyse van de cijfers.

Het tweede schema deelt de titels in naar enkele hoofdaspecten die bij de ontwikkeling van het 'Prognosemodel Mobiliteit en veiligheid' relevant kunnen zijn. Hierbij gaat het om het concept van de onveiligheid dat aan het model ten grondslag ligt, om het statistische concept over de meetwaarden van variabelen in het model, om de wijze waarop invloedsfactoren werden ingebracht en om de aanpak van de analyse. Tevens is een onderscheid gemaakt naar het niveau van aggregatie.

Auteur	Hoofdkenmerken				Analysevorm en bijzonderheden
	Criterium	Model	Aggregatie	Variabelen	
1. Wright ea. (1991)	ongevallen	produkt van intensiteiten	kruispunten	kruispunttype	Poissonmodel
2. Klöckner (1988)	doden per voertuigkm	negatieve e-macht	tijdreeksen wegtype	totaal	voertuigkm-model
3. Elvik (1988)	ongevallen	statistische schatter	wegvakken	populatie-definities	theoretisch
4. Hautzinger (1988)	ongevallen	statistische schatter	algemeen	super-populatie	theoretisch
5. Scott (1986)	ongevallen	produkt van intensiteiten	tijdreeksen botstype	seizoen, omstandigheden	regressie, ARIMA
6. Fridstrøm ea. (1991)	ongevallen, slachtoffers	$\Gamma$ -Poisson-model	regio*vwijze (div.jaren)	wegennet, km's, weer	GLIM
7. Andreassen (1991)	doden	voertuigpark * bevolking	landen (div. jaren)	algemeen	regressie
8. Adams (1985)	doden per voertuigkm	negatieve e-macht	tijdreeks	algemeen	error-variatie naar km-groei
9. Sivak (1987)	doden per voertuig	regressie-functie	algemeen (div.staten)	'agressie'-variabelen	vgl werkelijk <-> prognoses
10. Partyka (1991)	doden	regressie-functie	algemeen (div. jaren)	'werkloosheid' variabelen	vgl werkelijk <-> prognose
11. Reinfurt ea. (1991)	doden	tr-modellen	tijdreeks	algemeen	ARIMA, STSM
12. Assimakopoulos (1992)	doden	$\delta$ -risiko+ expos+aggr	tijdreeks voetgangers	algemeen	expos = voetg*voertuig-km
13. Broughton (1991)	slachtoffers (ongevallen)	negatieve e-macht	tijdreeksen bebouwing	totaal	trendbreuk in risicodaling
14. Minter (1987)	voertuigkm per dode	'leer'-model	'tijd'-reeks motorrijders	totaal	'tijd' -> som voertuigkm
15. Brühning ea. (1986)	doden per voertuigkm	negatieve e-macht	tijdreeks	algemeen	vgl leeftijd-opbouw

Schema 1. Hoofdkenmerken van de gevonden literatuur.



Aggregatieniveau	Hoofdaspecten			
	Onveiligheidsconcept	Statistisch concept	Invloedsstructuur	Analyse-aanpak
<i>Macro</i>				
Algemeen	7 Andreassen 14 Minter	2 Klöckner 4 Hautzinger 6 Fridstrøm ea	15 Brühning ea	6 Fridstrøm ea 11 Reinfurt ea
Specifiek	8 Adams 13 Broughton	3 Elvik	9 Sivak 10 Partyka	.
<i>Meso</i>				
Mens	.	.	15 Brühning ea	.
Vervoerwijze	5 Scott 12 Assimakopoulos 14 Minter	.	5 Scott 6 Fridstrøm ea	5 Scott 6 Fridstrøm ea
Wegtype	1 Wright ea	2 Klöckner	.	13 Broughton

Schema 2. Verdeling gevonden literatuur naar aggregatieniveau en enkele hoofdaspecten.

## 1.5. Conclusies

Ten behoeve van de volgende stappen in het project kunnen de volgende voorlopige conclusies worden getrokken. Deze voorlopige conclusies zullen nader worden uitgewerkt en op hun waarde getoetst.

De beoordeling van de in de literatuur gevonden methoden vindt plaats vanuit de doelstellingen van het project. Het doel van het opstellen van een prognosemodel is niet zozeer het zoeken van verklaringen, maar het zo goed mogelijk voorspellen van de veranderingen in de omvang en in de samenstelling van de verkeersonveiligheid.

Daartoe wordt een splitsing aangebracht tussen de ontwikkelingen in de mobiliteit, en de ontwikkeling in het risico, waarop het onderzoek zich verder concentreert.

Het aangeven van veranderingen in de samenstelling van de verkeersonveiligheid betekent dat er dus wel een segmentering dient plaats te vinden. Deze segmentering kan voortkomen uit het feit dat er een betere prognose mee gerealiseerd kan worden, omdat de ontwikkelingen in de verschillende segmenten verschillend zijn. Daarnaast kan deze segmentering ook beargumenteerd zijn vanuit de beleidsrelevantie: het is wenselijk de ontwikkeling in de onderscheiden segmenten afzonderlijk te kennen, dan wel het is voor het beoordelen van de effecten van eventuele maatregelen wenselijk te segmenteren.

Het formuleren van een model dat niet alleen de achterliggende periode beschrijft, maar ook in staat is op basis van prognoses en veronderstellingen over een aantal basisfactoren in het onveiligheidsproces (zoals de omvang van de bevolking en de mobiliteit) een voorspelling te doen over

de verkeersonveiligheid in de toekomst, kan niet zonder een conceptueel model dat de verbanden in kaart brengt. Anders kan de segmentering zoals hiervoor beschreven niet verantwoord plaatsvinden. Benaderingen zoals die van Partyka, en deels ook die van Fridstrøm *et al.*, liggen daarom minder voor de hand, aangezien deze allereerst op het vinden van *correlaties* gericht zijn (en dan worden geacht een *verklaring* op te leveren), en niet of nauwelijks tevoren een conceptueel model geformuleerd hebben.

De voorgestelde fasering van het proces mobiliteit → verkeersslachtoffers lijkt een goede ingang voor zo'n model te bieden. Deze wordt door diverse onderzoekers gekozen.

Wanneer deze fasering gekoppeld kan worden aan de in het kader van het BIS-V door de SWOV ontwikkelde methode voor het schatten op basis van een (niet-lineair) Poissonmodel, kan daarmee een belangrijke eerste stap gezet worden voor de operationalisering van het model. Dit model dient dan nog wel uitgebreid te worden met de in het uiteindelijke prognosemodel voorziene stap tussen voertuigkilometers en ongevallen middels de confrontatie van de voertuigkilometers van de bij de verschillende ongevallen betrokken voertuigtypen.

Hier kan ook de oplossing gezocht worden voor de in de eerdere notities gesignaleerde problemen bij het gestructureerd aanpakken van de analyse (zonder werkelijk voor alle denkbare cellen parameters te schatten), en bij de integratie van de afzonderlijke schattingen in het totaal. Ook de benadering van Hautzinger kan voor deze stratificatieproblemen wellicht een waardevolle bijdrage leveren.

Voor de ontwikkeling van de risico's in de tijd geldt een negatief-exponentiële functie als de meest aannemelijke. Het lijkt goed de benadering zoals bijvoorbeeld Minter die toegepast heeft daarbij nog nader op zijn merites te beoordelen. In het werk van Koomstra worden de verschillende mogelijkheden voor dergelijke leercurven ook systematisch naast elkaar gezet.

Brühning ea voegen daar nog de veranderende samenstelling in combinatie met verschillen in verkeerservaring aan toe. Daarbij speelt dan wel het probleem van de vervlechting van cross-sectioneel, longitudinaal en cohortonderzoek. Bij de schatting van de ontwikkeling van het risico, uitgesplitst naar leeftijdklasse, kan men bijvoorbeeld over 1990 het risico voor de 18-jarigen bepalen, en dit over 1990 vergelijken met het risico voor de 19-jarigen, de 20-jarigen, enz. (cross-sectioneel). Men kan ook het risico voor deze 18-jarigen vergelijken met dat voor de 18-jarigen in 1989, 1988, 1987, enz. (longitudinaal). En ook kan men het risico voor de 18-jarigen vergelijken met dat voor dezelfde groep in de eerdere jaren, dus voor de 17-jarigen in 1989, de 16-jarigen in 1988, enz. (cohort). Een combinatie kan dan aan het licht brengen, door verschillen in risico-ontwikkeling, dat ervaring opgedaan in de leeftijd van 18 t/m 25 jaar door mensen geboren in de jaren vijftig iets anders is dan ervaring opgedaan door 18-25-jarigen die in de jaren zestig geboren zijn.

Het blijkt dat de publikaties op het gebied van ongevallen, risico's, en ontwikkelingen in de tijd een grote diversiteit in benaderingen kennen. Gedeeltelijk vinden die hun oorsprong in het doel dat met het onderzoek werd beoogd, gedeeltelijk echter ook door verschillen in aanpak van het probleem.

Niettemin is in de bestudeerde literatuur een aantal benaderingen gevonden die door de SWOV gebruikt kunnen worden bij het operationaliseren van het prognosemodel.

## 2. Modeluitwerking: Beschrijving van probleemvelden

### 2.1. Inleiding

In dit hoofdstuk worden de problemen die bij de uitwerking van het Prognosemodel verwacht moeten worden, nader beschreven en wordt een richting aangegeven waarin werkbare oplossingen zullen liggen.

Op grond van de in de literatuurstudie naar elders gebruikte methoden (Hoofdstuk 1) gevonden aanknopingspunten kan dan worden gepoogd de oplossingen te concretiseren en de verschillende bouwstenen voor het model zo goed mogelijk in elkaar te passen.

De eerste fase in de feitelijke uitwerking van het tot dusver ontworpen 'Prognosemodel Mobiliteit en veiligheid' betreft de analyse van tijdreeksdata. Voor in principe elke cel van de basiskubus moet een kwantitatieve beschrijving worden gegeven van het risiconiveau en de ontwikkeling daarin. Bedoeling is in eerste instantie om celsgewijze een set parameterwaarden te verkrijgen waarmee het risico redelijk in de tijd te extrapoleren zal zijn. Of het model wat betreft de structuur, en in een later stadium ook de mate van disaggregatie, feitelijk afdoende is toegerust om voor elke cel of groep cellen met slechts extrapolaties te kunnen volstaan zal overigens moeten blijken. Denkbaar is dat in het model uiteindelijk ook scenario-achtige elementen moeten worden geïntroduceerd.

Risico is in het model een kenmerk van het verkeerssysteem. De omvang van het gebruik van het systeem bepaalt de mate van blootstelling eraan en mondt uit in de omvang van de onveiligheid. De onveiligheid staat dus in directe relatie tot de mobiliteit.

Het model gaat daarbij essentieel uit van het ontmoetingenconcept. Dit sluit het beste aan bij de manier waarop de onveiligheid in het verkeer ontstaat en zich zal ontwikkelen. De eerste-ordewisselwerking tussen de vervoerwijzen is nu in principe door middel van de verschillende 'voertuig'-kilometers in de risicomaat in te brengen. Wat uiteindelijk stabielere schattingen voor een toekomstige onveiligheid moet kunnen opleveren.

Implicatie is dat de omvang van de onveiligheid zich primair uitdrukt in aantallen ongevallen. Voor de aantallen slachtoffers dient in het model een tweede stap te worden gezet, die tevens rekening houdt met ontwikkelingen in de omvang van het reizigerverkeer naar vervoerwijze. Het model krijgt hierdoor een tweetrapsopbouw.

### 2.2. Probleemvelden

#### 2.2.1. *De data*

Eerste behoefte van het onderzoek op dit moment is dus tijdreeksdata ter beschikking te krijgen volgens de specificaties van het reeds verschenen eerste onderzoeksrapport (Bos, 1992).

Het gaat daarbij om zo lang mogelijke, consistente reeksen jaarcijfers betreffende enerzijds aantallen ongevallen, anderzijds aantallen 'voertuig'-kilometers. Beide soorten gegevens gedisaggregeerd naar zowel botstype, resp. wijze van verkeersdeelname, als wegcategorie.

De aantallen ongevallen komen primair van de VOR, maar zijn niet rechtstreeks naar wegcategorie in te delen.

De 'voertuig'-kilometers komen voor het langzame verkeer primair van het OVG, voor het motorvoertuigverkeer van het PAP (Personenautopanel) en 'Het bezit en gebruik van bedrijfsvoertuigen'. Ze missen de mogelijkheid van een wegcategorie-indeling in nog sterkere mate.

Hier ligt dus het *eerste probleemveld* (vgl. Bos, 1992, par. 5.5.2).

### 2.2.2. De sets parameterwaarden

De data-analyse levert celsgewijze een zo eenvoudig mogelijke set parameterwaarden op die niveau en ontwikkeling van de ongevallenkansen voldoende en significant fitten.

De te fitten functies moeten toepasselijk gekozen worden (e-machten). Voor het toetsen van de geschatte parameterwaarden moeten niet alleen de verschillen met de uiteindelijke functiewaarden verdisconteerd worden, maar ook de (Poisson)fluctuaties in de data.

De ongevallenkansen in de diverse cellen van de basiskubus zullen niet alle verschillende ontwikkelingen in de tijd hoeven doormaken. Bovendien kan soms, terwijl per cel de parameterwaarden niet significant worden bevonden, voor een rij of kolom cellen samen toch een significante totaalontwikkeling worden vastgesteld.

De omgekeerde situatie speelt waar de basiskubus niet 'kompleet' ter beschikking komt, omdat een variabele ontbreekt of de cijfers niet steeds dezelfde jaren betreffen. Er zullen dan aannamen nodig zijn met betrekking tot de divergentie van ontwikkelingen over de jaren en in de klassen van de variabele die niet kon worden ingebracht.

Hier ligt dus een *tweede probleemveld*: Hoe kan de analyse op een zo gestructureerd mogelijke manier worden aangepakt.

### 2.2.3. Integratie van uitkomsten

De afzonderlijke schattingen voor de ongevallenkansen leveren, gerelateerd aan de waarden van de expositiematen, schattingen op voor de totale aantallen ongevallen.

Deze totalen stemmen niet noodzakelijkerwijze overeen met de werkelijke aantallen, ook niet na correctie voor toevalsfluctuaties.

Worden de functies in de tijd doorgetrokken dan is het probleem van de onderlinge afstemming des te groter. Bovendien is het uiterst relevant de uitkomsten te vergelijken met de uitkomsten van andere benaderingen (veiligheidsmodule, macroscopische modellen) en uit deze confrontatie conclusies te trekken.

De manier waarop dat zal moeten gebeuren vormt het *derde probleemveld* van het onderzoek.

### 2.2.4. Van ongevallen naar slachtoffers

Tot zover zijn alleen de aantallen ongevallen beschouwd. De nog niet genoemde hoofddimensie van de verkeersveiligheidsbasiskubus, naast het verkeersmiddel (botstype, vervoerwijze) en de infrastructuur (wegcategorie), is echter de verkeersdeelnemer, in de basiskubus aanwezig als het onderscheid van de slachtoffers naar leeftijd en geslacht.

De stap van ongevallen naar slachtoffers is in principe te zetten door de introductie van het begrip: slachtofferbelasting (vgl. Bos, 1992, par. 5.1). In de basiskubus kan de slachtofferbelasting van ongevallen naar leeftijd en geslacht van de slachtoffers celsgewijze worden bepaald, alsmede het verloop ervan in de tijd. Ontwikkelingen in de bezetting van voertuigen en in de reizigerkilometers werken dan echter hooguit impliciet door in de resultaten. Hier ligt dus het *vierde probleemveld*.

### 2.3. Een schets van aanpak voor het dataprobleem

#### 2.3.1. *Kwaliteit van de cijfers*

De vorming van het 'Prognosemodel Mobiliteit en veiligheid' gebeurt in twee fasen.

In de eerste fase vindt, binnen de structuur van het model, een analyse plaats van de jaarreeksen van risico's, die zijn opgebouwd met behulp van twee soorten (bestaande) gegevens: onveiligheidscijfers, en onveiligheids-expositiecijfers. De analyse mondt uit in de rekeninhoud van het Prognosemodel.

De tweede fase betreft het eigenlijke opstellen van prognoses. Hierbij zijn, naast prognoses van de risico's, ook prognoses nodig van de mobiliteit. De mobiliteitsprognoses verwachten we van elders, zij moeten uiteraard aansluiten bij de structuur van het Prognosemodel, waarvoor ze worden gebruikt.

##### *Expositiegegevens*

Voor de analyse van de risico's zijn, als element van de onveiligheids-expositie, OVG-cijfers beschikbaar vanaf 1978, zodat hier het begin kan liggen van het onderzoektijdvak. De meer incidentele, minder gedifferentieerde en niet altijd even consistente gegevens over de mobiliteit van eerdere jaren hebben voor het onderzoek vooralsnog onvoldoende gebruiksmogelijkheden.

Het OVG wijzigde per 1985 de methode voor het verzamelen van de mobiliteitsgegevens en ging tevens een andere (betere) ophoogmethodiek hanteren. Dat veroorzaakte een zekere trendbreuk in de cijferreeksen, die waar nodig echter afdoende lijkt te kunnen worden aangepakt door de achterwaartse toepassing van door het CBS berekende correctiefactoren (deze bestaan overigens per wijze van verkeersdeelname).

De OVG-gegevens zijn op zichzelf niet toereikend om de totale verkeersomvang te bepalen, met name ontbreekt het goederenverkeer er goeddeels in. Een indeling van de mobiliteit naar vervoerwijze vergt dus tevens het aanboren van anderssoortige gegevensbronnen. Voor het personenautoverkeer vormt bovendien het PAP een betrouwbaarder statistiek, al blijft het OVG nodig voor de reizigerkilometrages. Belangrijkste verdere bronnen zijn de CBS-statistieken 'van de wegen', 'van de motorvoertuigen', 'van het bezit en gebruik van bedrijfsvoertuigen' en 'van het goederenvervoer'.

Daarnaast bevat het OVG als bekend geen cijfers over verplaatsingen van kinderen tot 12 jaar, over vakantieverkeer in Nederland (noch van ingezetenen, noch van niet-ingezetenen), en over verplaatsingen door militairen of tehuisbewoners. Op een aantal onderdelen kan dit gebrek worden ondervangen met behulp van door het CBS berekende ophoogfactoren (die weer bestaan per vervoerwijze). Behalve middels deze ophoogfactoren

wordt de OVG-steekproef ook opgehoogd vanwege onderrepresentaties en voor zogenaamde 'veelvuldige verplaatsingen' (de ophoogfactoren zijn overigens deels gebaseerd op SWOV-onderzoek dat intussen al behoorlijk oud is).

In principe kunnen we besluiten in eerste instantie met aldus opgehoogde cijfers te volstaan.

Voordien is het echter relevant met LMR en NRM contact te maken over hun gegevensbronnen en de manier waarop discontinuïteiten en onvolkomenheden in de basisgegevens binnen hun modellen worden gehanteerd. Overigens is in een later stadium uiteraard nog samenspraak nodig over de mobiliteitsprognoses, zoals zij die leveren en wij ze gebruiken.

#### *Onveiligheidsgegevens*

Onveiligheidscijfers bestaan over een veel langere reeks van jaren dan mobiliteitscijfers en zijn dus zeker over het onderzoektijdvak beschikbaar. Per 1983 vond een koppeling plaats van de VOR-registratie met de kentekenregistratie van de Rijksdienst voor het Wegverkeer en die leidde tot een aanmerkelijke verschuiving van personen- naar bestelauto's. Omdat het Prognosemodel in eerste aanleg naar vervoerwijze niet beter onderscheidt dan tussen snel- en langzaam verkeer, lijkt deze trendbreuk voor het onderzoek geen probleem te hoeven opleveren.

Bij de VOR-gegevens is een opdeling naar wijze van verkeersdeelname in principe geen probleem.

Wel is gebleken dat de registratiegraad verschilt al naar gelang de wijze van verkeersdeelname van het slachtoffer.

Was de algehele dekking van de VOR voor in het ziekenhuis opgenomen verkeersgewonden rond 1980 nog ca. 77%, inmiddels ligt dit op ca. 70%, waarbij slachtoffers in de categorie van langzaam-verkeerdeelnemers sterker worden ondergerapporteerd. We beschikken nog niet over een voldoende goede kwantificatie van dit verschijnsel en kunnen ook geen relaties leggen naar de ongevallen. Daarom ligt het voor de hand de effecten pas achteraf in een prognoseresultaat te verwerken, in plaats van ze al meteen in het beschrijvingsmechanisme op te nemen.

### 2.3.2. *Onderscheid naar wegcategorie*

De gelijktijdige opdeling, behalve naar vervoerwijze, ook naar wegcategorie verloopt noch bij de mobiliteits-, noch bij de onveiligheidsgegevens zonder moeilijkheden.

Belangrijke bronnen voor een opdeling vormen de SWOV-steekproeven uit het tweede- en derde-ordewegennet buiten de bebouwde kom, en uit de verkeersaders binnen de kom. Zij betreffen inventarisaties van weg- en verkeerskenmerken (motorvoertuigverkeer, deels ook fietsverkeer), met daaraan gekoppeld de onveiligheidsgegevens. Doordat de steekproeven tot dusver eenmalig bleven (zij hebben betrekking op de situatie in 1986/87, nieuwe steekproeven komen er overigens aan) is het helaas onmogelijk voor de verschillende wegcategorieën afzonderlijke ontwikkelingen van de onveiligheid in de tijd te bepalen.

De steekproefbronnen moeten worden aangevuld met gegevens over auto(snel)wegen buiten de kom. Daartoe is het gegevensbestand van de

rijkswegen beschikbaar (dit heeft betrekking op de situatie in 1990/91). Eerst dient hierin een selectie op auto(snel)wegen plaats te vinden, waarna de VOR-ongevallen- en -slachtoffergegevens er aan te koppelen zijn.

Gemeentelijke en provinciale auto(snel)wegen buiten de kom ontbreken nu nog. Een oplossing voor dit deelprobleem is niet meteen bij de hand. Het valt te bezien of het mogelijk is voor wat betreft de verkeerskenmerken met deze wegen geen expliciete rekening te houden, er ontstaat dan dus een restgroep snelverkeersongevallen buiten de kom.

Voor het totale beeld moeten de bronnen tenslotte worden gecompleteerd met gegevens van de overige wegen binnen de bebouwde kom (de niet-verkeersaders). Deze gegevens zijn niet systematisch verzameld, wat ons opnieuw voor een deelprobleem stelt. Voor wat betreft de onveiligheid zouden we nog eenvoudig een aftreksom van ongevallen binnen de kom kunnen maken. Maar voor de onveiligheidsexpositie is geen pasklare oplossing voorhanden. Bekeken kan worden of via de codering van de herkomst- en bestemmingsgemeenten uit het OVG, aangevuld met gegevens over vrachtverkeer, schattingen zijn te construeren.

Als referentiewaarden voor de verkeersprestaties en hun verdeling over de wegcategorieën gelden de cijfers die het CBS terzake (incomplete en met andere indelingen) publiceert met name in de (vierjaarlijkse) 'Statistiek van de wegen'.

#### 2.4. Een schets van aanpak voor het segmentatieprobleem

Gebleken is reeds dat de bereikbare disaggregatie van de verkeers- en onveiligheidsgegevens de vaststelling van ontwikkelingen in de risico-niveaus van de te onderscheiden verkeerssegmenten tot een lastig probleem maakt. In plaats van een betrouwbare en consistente reeks jaarcijfers staat soms niet meer ter beschikking dan de waarneming in een zeker peiljaar. Over de onveiligheidsexpositie van het langzame verkeer en de situatie binnen de bebouwde kom is daarbij nog het minst bekend.

Voorzover de aanwezige cijfers niet toereikend zijn om voor een segment de verkeersonveiligheidsparameters direct te bepalen staan enkele wegen open, alsnog in schattingen voor hun getalwaarden te voorzien. Allereerst kan bij andere (SWOV)projecten worden gezocht naar specifiek deelmateriaal dat voldoende generaliseerbaar is om er voor het betreffende segment mee te kunnen werken. Ook is denkbaar in eerste aanleg van constante risico's uit te gaan, dan wel voor het segment een algemene (macro)risico-ontwikkeling in te brengen.

Belangrijk is de gevoeligheid van de modeluitkomsten voor verschillen in de toe te passen parameterwaarden te onderzoeken.

In een later stadium van de modelvorming wordt voor de beschrijvende fase het statistische vraagstuk ook anderszins actueler. Door de gegevensverdunning als gevolg van een verfijndere segmentatie zullen verschillen in onveiligheidsparameters tussen de segmenten minder gauw significant zijn, zodat voor meerdere segmenten eenzelfde set parameterwaarden gaat gelden.



## 2.5. Een schets van aanpak voor het integratieprobleem

Het is niet bijvoorbaat duidelijk welke omvang de problematiek van verschillen tussen totaalrends en gesommeerde deeltrends binnen het Prognosemodel zal hebben, en of er eigenlijk wel een probleem is. In het eerste onderzoeksrapport (Bos, 1992) is met behulp van een gefingeerd getallenvoorbeeld een poging ondernomen enige greep op het onderwerp te krijgen. De situatie met realistische getallen is moeilijk vooraf in te schatten, maar er kan aan gerekend worden.

De prognose-uitkomsten zullen straks in elk geval moeten worden gelegd naast eerdere becijferingen die de SWOV in het kader van het SVV maakte en waarbij onder meer de 'Kengetallenbenadering' werd toegepast, en ook naast de schattingen uit 'Veiligheidsmodule' en 'Macroscopisch model'. Daarbij gelden de volgende overwegingen:

Volgens de macrobeschrijving vertonen de feitelijke ontwikkelingen in de totale gesommeerde onveiligheid een soort systematische slingerbeweging om een algehele trend heen, waarbij ze gedurende een periode van een aantal jaren gunstiger uitvallen dan de trend aangeeft, en vervolgens weer aan aantal jaren juist ongunstiger. De trend is de eenvoudigste beschrijving van de ontwikkeling, daarop gesuperponeerd wordt een functie van hogere orde.

In dat geval zal een beschrijving van ontwikkelingen in de onveiligheid, en daarmee ook een onveiligheidsprognose als uitkomst van extrapolaties, afhankelijk zijn van enerzijds de lengte van de periode waarvan de cijfers worden gebruikt, anderzijds de plaats van deze periode op de tijdschaal. Met andere woorden, het gaat om vooruitberekeningen vanaf een tijdvak waarvoor de werkelijke cijfers ten opzichte van de langjarige trend een ontwikkeling 'omhoog', parallel of 'omlaag' laten zien.

De beschrijvende delen van zowel Prognosemodel, Veiligheidsmodule, Kengetallenmethode, als Macroscopisch model zijn gebaseerd op feitelijke onveiligheidscijfers. In deze cijfers weerspiegelt zich alle verandering die zich in het verkeer en met de verkeersdeelnemers afspeelt, en die mede door de ontwikkelingen in het beleid van de diverse beleidsniveaus wordt geïnduceerd. Het houdt in dat in het verloop van de onveiligheid de gevolgen van alle maatregelen en beleidsinspanningen impliciet mede tot uitdrukking komen.

Als er een in principe beïnvloedbare oorzaak is van de golfbeweging in de ontwikkeling van de onveiligheid, bijvoorbeeld in de zin dat de onveiligheid, met een zekere tijd van najlen, cyclisch op en neer gaat met de mate van beleidsinspanning, zijn er nu twee soorten prognoses op te stellen.

De ene prognose ('adaptief' model) gaat ervan uit dat op enigerlei wijze, als reactie op een stagnatie in de verbetering van de veiligheid, uit de samenleving zoals blijkt steeds in het verleden wel weer druk zal ontstaan om de inspanningen te vergroten. En omgekeerd, dat als reactie op een succesvolle aanpak, de aandacht voor het onderwerp verslapt en prioriteiten worden verlegd.

De andere prognose, afgeleid uit een prognosemodel waarbij voor het beschrijvende deel met name de informatie van de meest recente periode zwaar heeft meegewogen (dan wel de observatieperiode tot de meest recente periode werd verkort), is juist het middel om zichtbaar te maken

als er een systematische afwijking van de langjarige trend lijkt te gaan ontstaan (als de veiligheid de trend onderschrijdt worden er feitelijk grotere vorderingen op het gebied van de verkeersveiligheid geboekt en kennelijk waren die bereikbaar). Daarmee zal deze prognose overigens zelf goeddeels verhinderen dat hij uit komt.

De mogelijkheid bestaat dat voor de macro-slingerbeweging in het verloop van de som-onveiligheid, aanknopingspunten zijn te vinden in de mobiliteitsontwikkelingen, en dan met name bij de niet-motorvoertuigen. In tegenstelling tot het Prognosemodel dat werd ontworpen rond het ontmoetingenconcept en waarin dus kruisprodukten van de voertuigkilometrages naar vervoerwijze de expositiemaat vormen voor de ongevallen, is het macroscopische model, waaraan de slingerbeweging werd ontleend, een rechtstreeks slachtoffermodel met in principe het kilometrage van motorvoertuigen als expositiemaat. Opmerkenswaard is trouwens dat de bandbreedte van de cijferreeksen die voor de modelvorming beschikbaar zijn, in deze zin zijn beperkingen heeft dat het motorvoertuigkilometrage al jaren lang slechts toeneemt. Dit zal stellig zijn implicaties hebben voor de stabiliteit van de modellen en de generaliseerbaarheid naar andere vervoerwijzen.

De verschillen in niveau van disaggregatie vormen daarnaast een argument om in eerste aanleg de diverse prognose-uitkomsten op hun eigen merites naast elkaar te beoordelen, alvorens procedures te willen ontwikkelen om de ene prognose aan de andere op te hangen.

Binnen het Prognosemodel is de meest essentiële geachte disaggregatie op de meest eenvoudige wijze aanwezig. De inbreng van de disaggregatie heeft op zichzelf ten doel een betere beschrijving te kunnen geven van het verloop van de onveiligheid. Daarbij geldt de mobiliteit als hoofdinvalshoek, gegeven dat zich op dit terrein velerlei ontwikkelingen voor lijken te gaan doen en nieuw beleid zal worden gevormd. Uit overwegingen van inzichtelijkheid van gegevensbehoefte, analysemethoden en resultaten is er, maar niet zonder dat het model de goede basisstructuur heeft, voor gewaakt meteen al een te gecompliceerde opzet te ontwerpen. Al zal een volgende stap in de modelontwikkeling zeker inhouden dat onder meer een uitgebreidere segmentatie wordt doorgevoerd.

## 2.6. Een schets van aanpak voor het faseringsprobleem

Bij de overgang van aantallen ongevallen naar aantallen slachtoffers zou, behalve de gemiddelde slachtofferbelasting van ongevallen, ook de voertuigbezetting ingebracht moeten kunnen worden. De voertuigbezetting begrenst enerzijds de ernst van een ongeval in termen van de mogelijke aantallen slachtoffers, anderzijds is het een grootheid die in relatie staat tot de mate van mobiliteit van personen. In deze laatste hoedanigheid heeft de voertuigbezetting binnen het Prognosemodel echter geen primaire functie, hij komt pas aan de orde, en is daar uiteraard van groot belang, in de tweede prognosetrapp, waar het om de gevolgen gaat van een ongeval. Overigens valt de voertuigbezetting van een bij een ongeval betrokken voertuig niet onder de door de politie geregistreeerde ongevalgegevens.

Tot dusver is bekend dat de gemiddelde voertuigbezetting in de loop der jaren lichtelijk stijgt.

De gemiddelde voertuigbezetting is te bepalen als de verhouding tussen

reiziger- en voertuigkilometrages, en kan dan uit het OVG komen, althans voor de personenauto waarvoor hij het meest relevant is.

Nemen we aan dat vrachtauto's een gemiddelde bezetting hebben die dicht bij de 1 ligt en dat daarin weinig verandert in de loop van de tijd, dan is ook voor het hele snelverkeer een gemiddelde bezetting te berekenen.

Dat hierbij een onderscheid mogelijk zou zijn naar wegcategorie lijkt vooralsnog echter twijfelachtig.

Voorshands kunnen we ermee volstaan in het beschrijvingsmodel alleen de slachtofferbelasting te gebruiken, en ontwikkelingen hierin, buiten het model om, te confronteren met ontwikkelingen in de bezetting. Vanwege de nogal uitgebreide opdeling van de aantallen slachtoffers naar leeftijd en geslacht geeft deze aanpak al cijfermatige problemen genoeg. Aan de extra complicatie, reizigerkilometrages naar leeftijd en geslacht en verwoerwijze te moeten toedelen naar wegcategorie bestaat in deze fase dan ook niet veel behoefte.

### 3. Modeluitwerking: Inbreng van de resultaten van de literatuurstudie

#### 3.1. Inleiding

Eerste resultaat van de studie, die in opdracht van de DVK door de SWOV werd uitgevoerd, zijn twee deelrapportages geweest: een globale beschrijving van de problematiek die zich bij de nadere uitwerking van het 'Prognosemodel Mobiliteit en verkeersveiligheid' zal voordoen, en een (beperkte) literatuurstudie waarin werd gekeken naar de aanpak van het prognosevraagstuk elders, en naar mogelijke oplossingen voor de beschreven soorten problemen.

Dit hoofdstuk voegt hieraan een derde deel toe, die de resultaten uit de literatuur toespitst op het Prognosemodel en die aangeeft hoe zo gericht mogelijk kan worden verder gewerkt aan het tot stand brengen van een eerste operationele vorm van het model.

De uitwerkingsproblemen liggen, in trefwoorden, op de volgende vier gebieden: de beschikbaarheid en de kwaliteit van cijfers, de aanpak van de analyse bij sets van onvolledige en sterk spreidende gegevens, de onderlinge afstemming en integratie van gedisaggregeerde uitkomsten, en de overgang in de fasering van de onveiligheid vanaf ongevallen naar slachtoffers.

Hoewel in de literatuur niet voor al deze punten de nodige aandacht is aangetroffen, kunnen een aantal van de resultaten zeker worden gebruikt bij de verdere opbouw en vormgeving van het Prognosemodel. Omdat het ons daarbij gaat om de levering van een (wetenschappelijk) verantwoord produkt beginnen we met een beschouwing over de kwaliteit van modellen en prognoses. Daarna behandelen we successievelijk en met referentie aan de literatuur de verschillende aspecten van de modelvorming.

#### 3.2. Prognosekwaliteit

##### 3.2.1. Algemeen

Om te kunnen komen tot de feitelijke ontwikkeling van een model voor de prognose van de verkeersonveiligheid zijn in laatste instantie natuurlijk concrete jaarreeksen cijfers nodig over zowel de onveiligheid als de expositie. Bij het opstellen van de uiteindelijke onveiligheidsprognoses met behulp van het model maken we vervolgens gebruik van prognosecijfers van de expositie.

We gaan hier ervan uit dat de expositiecijfers van extern zullen worden aangeleverd, en wel met name door het NRM. Dit maakt het van belang, bij de verbeteringen die aan het NRM plaatsvinden, te bezien hoe op het niveau van de cijfers een onderlinge afstemming met het Prognosemodel te bereiken is. Daarbij moet duidelijk worden aan welke cijfers het onveiligheidsmodel behoefte zal hebben.

Op deze vraag naar cijfers is reeds eerder ingegaan (Bos, 1992). De data-schema's (zie Bijlage C) vatten de conclusies nog eens concreet samen. Het kan in het huidige stadium niettemin functioneel zijn, met als inval-

hoek de kwaliteit van prognosemodel en prognoses, na te lopen op welke punten uit praktische of haalbaarheidsoverwegingen al bij voorbaat concessies zijn gedaan en of daar een werkelijke noodzaak toe was, danwel dat er ook over andere concessies te denken zou vallen.

### 3.2.2. Model

Aan de basis voor de opbouw van het prognosemodel ligt de idee van een 'onveiligheidsproces' dat in het verkeer plaatsvindt: Verkeer leidt in een zekere mate tot 'ontmoetingen', 'ontmoetingen' hebben een zekere kans om uit te monden in ongevallen, bij ongevallen zijn een zeker aantal verkeersdeelnemers betrokken, de betrokkenen lopen op hun beurt een zeker risico dat zij gewond raken, en tenslotte hebben slachtoffers een zekere kans op blijvend letsel (de 'mutilees').

Het denken in termen van dit proces maakt duidelijk dat we met een aantal overgangswaarschijnlijkheden van doen hebben. Voor het prognosemodel is het belangrijk de grootten van deze waarschijnlijkheden te kennen en hun ontwikkeling in de tijd te kunnen aangeven.

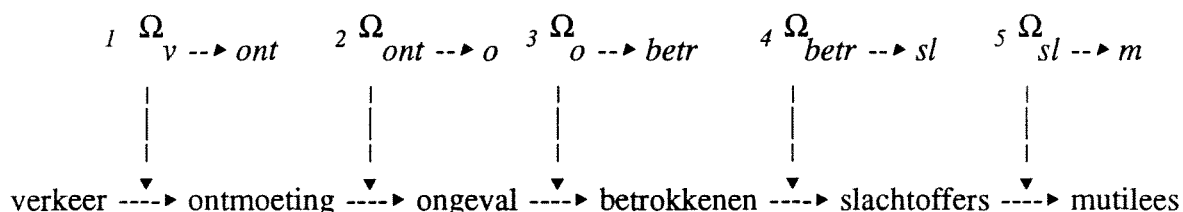
Vastgesteld moet worden dat binnen elk van de onderscheiden niveaus de overgangswaarschijnlijkheden inhomogeen zijn, het is inderdaad mogelijk een aantal homogenere subgroepen aan te wijzen. Om twee redenen geeft deze inhomogeniteit voor de onveiligheidsprognose problemen.

1. Allereerst vinden verschuivingen plaats in het onderlinge gewicht van de overgangswaarschijnlijkheden. Dit is een gevolg van veranderingen die optreden in de samenstelling van de populaties waarop de waarschijnlijkheden werken, in de loop van de tijd verplaatst een deel van het verkeer zich bijvoorbeeld naar veiliger wegtypen.
2. Vervolgens ontwikkelen de overgangswaarschijnlijkheden zich in de afzonderlijke subgroepen ook nog langs verschillende lijnen, de trend in het risico verloopt bijvoorbeeld voor fietsers anders dan voor voetgangers.

De situatie is als volgt toe te lichten. Om daarbij eenvoudiger te kunnen refereren aan de onderdelen van het onveiligheidsproces geven we eerst nog eens het schema.

---

#### overgangswaarschijnlijkheden $\Omega$



De overgangswaarschijnlijkheden zullen we nu kort, schetsmatig beschrijven, waarbij we het schema van achter naar voren doorlopen.

-  $\Omega_5$  : De overgangswaarschijnlijkheid van slachtoffer naar 'mutilee' wordt zowel bepaald door de ernst van de opgelopen verwondingen, als (voor zover de verwondingen niet direct dodelijk waren) door het herstellvermogen van het slachtoffer, en door de hulpverlening na het ongeval en

later. Het herstelvermogen is in het algemeen bij jongeren groter, bij ouderen kleiner en verschilt naar sexe, leeftijd en geslacht is dan ook een belangrijke procesvariabele.

-  $\Omega_4$  : De waarschijnlijkheid dat iemand letsel oploopt bij een ongeval hangt af van de zwaarte van het ongeval, van het incasseringsvermogen van de betrokkene, en van de bescherming die de omgeving bij het ongeval biedt. Grotere verschillen in gereden snelheden leveren in het algemeen zwaardere ongevallen op, het wegtype kan daarvoor een indicator vormen. Fietsers en voetgangers hebben in ongevallen met snelverkeer voordeel van de uitwendige botsveiligheid van auto's, maar kennen in tegenstelling tot de auto-inzittenden nauwelijks eigen bescherming. De vervoerwijze van de betrokkene en de vervoerwijze van de tegenpartij (het botstype) zijn dan ook, naast wederom de leeftijd, en samen met het wegtype belangrijke parameters van de onveiligheid.

-  $\Omega_3$  : De bezetting van de botsende voertuigen bepaalt het aantal personen dat bij een ongeval betrokken raakt, en is derhalve een belangrijke variabele.

-  $\Omega_2$  : Of een 'ontmoeting' in het verkeer uitmondt in een ongeval hangt ervan af of het probleem wordt onderkend, hoeveel feitelijke manoeuvreerruimte aanwezig is, en hoe er wordt ingegrepen. In het algemeen zijn ervarener verkeersdeelnemers beter in staat te anticiperen en problemen vroegtijdig weg te regelen, of veiliger af te handelen. Jongeren en ook ouderen hebben daarnaast hun motorische en functionele beperkingen (impulsiviteit van kinderen, slechter zien en horen van ouderen, evenwichtsbeheersing bij het fietsen). Leeftijd ((verkeers)ervaring), de vervoerwijze en de complexiteit van de verkeerssituatie (het wegtype) vormen zodoende belangrijke variabelen.

-  $\Omega_1$  : De mate waarin in het verkeer 'ontmoetingen' ontstaan vloeit vooral voort uit de wijze waarop de infrastructuur en de vervoerwijzen zijn vormgegeven en onderling op elkaar afgestemd.

Tot dusver is het begrip 'ontmoeting' nog in hoofdzaak een theoretische constructie. Globaal is de begripsinhoud duidelijk, 'ontmoetingen' bezitten de reële potentie over te gaan in ongevallen. Vereist is derhalve tenminste de gelijktijdige ruimtelijke 'nabijheid' van de ontmoetingspartners, maar deze nabijheid moet ook werkelijk de mogelijkheid van een fysieke confrontatie inhouden. Er is op dit punt bijvoorbeeld een groot verschil tussen een autoweg met bermafscherming en een vrijliggend fietspad ernaast, en een weg voor gemengd verkeer buiten de bebouwde kom. Hoewel de afstanden tussen een fiets en een auto er op enig moment even groot kunnen zijn liggen de kansen op een conflict er ver uiteen. Om eenzijdige ongevallen in het begrip te kunnen vangen moet daarnaast nog een gegeneraliseerde definitie van ontmoetings-'partners' worden ingevoerd.

Gereden snelheden, rijrichtingen, fysieke barrières (en deels ook die van verkeersregelingen) en de tijdruimten die door voortgezet gedrag worden bezet, beïnvloeden zodoende de mate waarin verkeer tot ontmoetingen leidt. Het gebruik dat van de beschikbare manoeuvreerruimten wordt gemaakt bepaalt vervolgens hoe een ontmoeting afloopt.

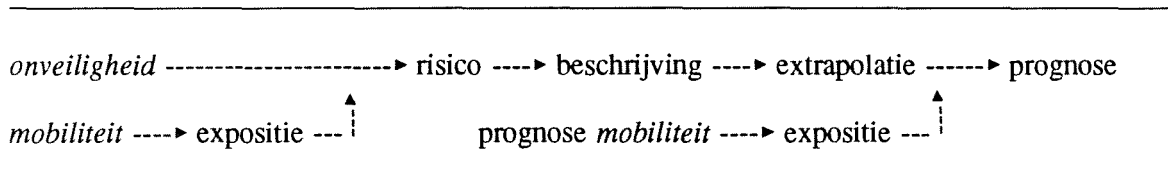
Voor de onveiligheidsprognoses is het ontmoetingenconcept van belang, omdat het de relatie tussen infrastructuur en verkeer enerzijds, en ongevallenpotentie anderzijds expliciet maakt. Hierdoor kunnen in het prognosemodel in principe de invloeden van structuurveranderingen aan de wegen en van verschuivingen in de tijdspatronen van het verkeer als aparte parameters worden ingebracht.

Behalve de overgangswaarschijnlijkheden zijn voor prognoses van de omvang van de verkeersonveiligheid uiteraard ook cijfers nodig over de omvang van de populaties waarop de waarschijnlijkheden werken. Met name moeten omvang en samenstelling van het verkeersaanbod bekend zijn en de distributie ervan over de verschillende wegtypen van het wegennet. Met name ook moeten leeftijdverdelingen bekend zijn van verkeersdeelnemers en van slachtoffers.

### 3.2.3. Prognose

In het Prognosemodel willen we toe naar kwantitatieve prognoses van de verkeersonveiligheid. Daartoe maken we gebruik van bestaande cijferreeksen over de onveiligheid en de mobiliteit. Mobiliteitscijfers zetten we eerst om naar expositiecijfers, van de onveiligheidscijfers maken we, met behulp van deze expositiecijfers, risicocijfers. Deze proberen we zo eenvoudig mogelijk in de tijd te beschrijven. Vervolgens extrapoleren we de beschrijvingen en verkrijgen tenslotte de onveiligheidsprognoses met behulp van externe mobiliteitsprognoses, die we natuurlijk weer eerst hebben getransformeerd tot expositiecijfers.

In schema ziet de structuur er als volgt uit:



In dit schema worden we op diverse plaatsen geconfronteerd met het kwaliteitsvraagstuk. Voor kwaliteit is meer nodig dan een prognosecijfer dat meer of minder toevallig dicht bij de werkelijkheid uit komt. De cijfermatige basis dient te voldoen, de opzet dient relevant te zijn, en de methode moet deugen. Bovendien zullen van de prognosecijfers tevens hun betrouwbaarheidsintervallen moeten zijn bepaald.

Een essentiële schakel vormt uiteraard de kwaliteit van de gegevens: de juistheid, de nauwkeurigheid, de volledigheid, de onderlinge uniformiteit, het registratieniveau, de relevantie. In de fase van de beschrijving gaat het om de functievorm voor de ontwikkeling in de getalwaarden van de risicomaat, om de fit, het errorverloop en de betrouwbaarheden. De fase waar we echter apart bij willen stilstaan betreft de extrapolatie, deze neemt in de structuur vooral voor de langere-termijnprognoses een nogal fundamentele plaats in.

We moeten natuurlijk uitgaan van zodanige risicofuncties dat hun definitiegebied ook het prognosejaar omvat en dat hun functiebereik de praktische limiteringen niet overschrijdt. Extrapolatie stoelt op de aanname dat risico-ontwikkelingen uit het verleden een zekere consistentie hebben en ook inderdaad doorgetrokken kunnen worden. Denkbaar lijkt dat de macrototaaltrend in deze zin extrapoleerbaar is, hoewel deze wordt samengesteld uit een veelheid van ontwikkelingen, zowel op het gebied van de veiligheid als op dat van de mobiliteit. We hoeven niet te veronderstellen dat elke deeltrend afzonderlijk zich doorzet, hij mag afbreken als in een ander segment, maar een nieuwe deeltrend ontstaat, die macroscopisch

gezien voor het totaal op de voortzetting van de algehele trend neerkomt.

Beleidsmatig bestaat er juist tevens interesse in de verschillende deelontwikkelingen, daar liggen de beste mogelijkheden voor bijsturing. En ook modelmatig moet het de voorkeur hebben nauw aan te sluiten bij de deelontwikkelingen, vanuit de belangrijkste veiligheidsprocessen in het verkeer waarvan ze een gevolg zijn. Naarmate de deelontwikkelingen homogenere segmenten betreffen zal hun 'voorspelbaarheid' kunnen toenemen.

Behalve de extrapoleerbaarheid van risico-ontwikkelingen is voor de prognoses, naast de beschikbaarheid van goede mobiliteitsprognoses, tevens de voorspelbaarheid nodig van de onveiligheidsexposities. De expositie wordt volgens een zekere methodiek uit de mobiliteitscijfers afgeleid. De methodiek volgt uit de gebruikte definitie voor het risico, dat in het Prognosemodel is gebaseerd op het ontmoetingenconcept en waarvan we aannemen dat het als systeemkenmerk kan gelden van het verkeer. Homogenere segmenten zullen ook hier een betere voorspelbaarheid geven.

#### 3.2.4. *Tussenconclusie 1*

In principe is het beleid gediend met een zo compleet mogelijk model voor de prognose van de verkeersonveiligheid. Daarmee wordt het meest expliciet duidelijk op welke terreinen de verkeersveiligheid zich minder goed ontwikkelt en er dus maatregelen met prioriteit nodig zijn.

In het huidige stadium van modelontwikkeling is het echter zowel uit overwegingen van analysecomplexiteit als vanwege de beperkte beschikbaarheid van tijdreeksen van voldoende gedifferentieerd cijfermateriaal noodzakelijk een groot aantal vereenvoudigingen aan te brengen.

Het botstypeconcept, gekoppeld aan de inbreng van 'vervoerwijze' en 'wegtype', onder de toevoeging van leeftijd en geslacht van bestuurders aan de structuur voor de ongevallenfase en van slachtoffers aan die voor de slachtofferfase, zijn niettemin dermate fundamenteel dat daaraan niet valt te ontkomen zonder ernstig afbreuk te doen aan kwaliteit en bruikbaarheid van dit model en zijn prognoses.

### 3.3. **De literatuur**

#### 3.3.1. *Algemeen*

Aan de beschreven opzet van het Prognosemodel geeft de literatuur op diverse plaatsen steun. Een indeling naar locatie(weg)type is bijvoorbeeld te vinden bij Wright e.a., bij Klöckner en bij Brühning e.a., terwijl Scott en Broughton een globaler onderscheid maken naar binnen of buiten de bebouwde kom. Een indeling (selectie) naar vervoerwijze treffen we vooral aan bij Scott, bij Fridstrøm e.a., bij Assimakopoulos en bij Brühning e.a. Brühning e.a. willen tevens rekening houden met de leeftijdsverdelingen van zowel bevolking (verkeersdeelnemers) als slachtoffers.

Het botstypeconcept komen we eveneens op diverse plaatsen tegen, we noemen Wright e.a., Scott en Assimakopoulos.

Wat we veel minder vaak zien is de combinatie van deze indelingen. Brühning e.a. maken een gelijktijdig onderscheid naar wegtype en vervoerwijze. Scott gaat verder, hij introduceert de vervoerwijze vanuit een indeling naar botstype (tweevoudige, en enkelvoudige ongevallen, onderscheiden naar de categorieën van de betrokken motorvoertuigen).



Dat er weinig of geen literatuur is over de prognose van de verkeersonveiligheid waarin, met de mobiliteit als invalshoek, de combinatie van indelingen naar wegtype, botstypen, vervoerwijze, leeftijd en geslacht wordt gebruikt, zal in belangrijke mate van doen hebben met de (niet) beschikbaarheid van de benodigde cijfers. Deze is ongetwijfeld ook debet aan de grofmazigheid van de wel ingevoerde indelingen zelf.

Een eventuele reden zou daarnaast kunnen schuilen in de complexiteit die met dergelijke combinaties wordt opgeroepen en die in het bijzonder bij de analyse aan de dag treedt als gevolg van de verdunning van de onveiligheidscijfers (veel cellen, kleine aantallen, grote schommelingen).

Overigens mag hier worden bedacht dat internationaal gezien de Nederlandse verkeersonveiligheidssituatie op minstens twee kenmerken wat afwijkt. Door de aanwezigheid van fietsers en bromfietzers hebben het verkeer en de onveiligheid een breder spectrum aan belangrijke vervoerwijzen. Bovendien is althans in principe de registratie van verkeers- en van onveiligheidskenmerken hier relatief tamelijk ruim (wat evenwel niet betekent dat we op het punt van de beoogde indelingen en combinaties niet ook flink problemen zouden hebben).

Als voor een indelingencombinatie feitelijk de cijfers ontbreken is het denkbaar ernaar te streven de combinatie achteraf te construeren met behulp van de indelingen afzonderlijk. Gaat het om de combinatie van onderling onafhankelijke kenmerken, waarbij de combinatie op zichzelf dus geen aanvullende informatie bevat, dan kan dit, voorzover nog relevant, uiteraard probleemloos.

Deze situatie zal zich met betrekking tot de beoogde indelingen echter niet gauw voor doen. De vergrijzing en ontgroening van de bevolking zullen bijvoorbeeld inhouden dat het aandeel ouderen in het verkeer toeneemt, het is de generatie die meer dan voorheen in deze leeftijdsgroep van de auto gebruik maakt en die daarmee veranderingen zal teweeg brengen in de verplaatsingspatronen en in de distributie van ritten over de wegtypen. De gevolgen die deze veranderingen zullen hebben voor de onveiligheid betreffen zodoende niet alleen de mobiliteit, maar ook de risico's in de verschillende cellen.

In de literatuur zijn we als zodanig geen pogingen tegengekomen om deze problematiek op te helderen.

Omgekeerd zijn we ook geen pogingen tegengekomen om verschillende deelresultaten samen tot een totaal te integreren.

### 3.3.2. *Analyse*

Voor de analyse van tijdrekcijfers heeft de SWOV in het kader van de jaaranalyses ten behoeve van BIS-V gewerkt aan de implementatie van rekenprocedures die zijn gericht op de celsgewijze beschrijving van het verloop van de verkeersonveiligheid. De basis waaromheen de procedures zijn ontwikkeld, wordt gevormd door het SAS-programma NLIN, een programma voor niet-lineaire regressie-analyse. De uitgewerkte specificaties betekenen dat feitelijk maximum-likelihood schattingen worden verkregen. De routine levert tevens betrouwbaarheidsintervallen om deze schattingen. Voor de trends in de risico's gelden daarbij negatief-exponentiële functies.

Als finesse kunnen we hier nog vermelden dat de routine de facto rekent met echte aantallen (niet met risico's dus), die een Poisson-stochastiek worden geacht te volgen en gewogen worden naar de reciproke varianties

van hun verwachtingswaarden. Deze methode ondervangt commentaar in de sfeer van dat van Andreassen.

Een andere finesse is dat de ontwikkelingen in de mobiliteit gemiddeld per persoon vooraf worden gesmoothed als bij Klöckner onder de veronderstelling van een Gompertz-verdeling.

Tot dusver werd de routine steeds toegepast op aantallen verkeersslachtoffers, ingedeeld naar vervoerwijze, leeftijd en geslacht, een beletsel voor de toepassing op aantallen ongevallen of op aantallen die tevens nog naar wegtype alsmede naar regio zijn ingedeeld, is er in principe niet.

Op een aantal fronten kan de routine worden aangescherpt.

Het is bijvoorbeeld mogelijk, zoals Minter deed, andere 'leer'-krommen te fitten voor de ontwikkeling in het risico dan de negatief-exponentiële functie. Zelfs zou denkbaar zijn dat het macro-'leerproces' niet binnen alle segmenten van de verkeersonveiligheid afzonderlijk uitmondt in een vergelijkbaar soort 'leer'-krommen, in elk geval tellen afzonderlijke 'leer'-krommen als zodanig niet eenvoudig op tot een 'leer'-kromme voor het totaal (van dezelfde vorm maar met andere parameterwaarden). Het lijkt overtrokken met dergelijke verfijningen in het model reeds rekening te houden. Koornstra vond bovendien dat de negatief-exponentiële functie andere bestaande 'leer'-krommen (als die al niet een andere schrijfwijze hiervan zijn) in kwaliteit van de fit evenaart, zoniet overtreft.

Een aanpassing die tot een grotere ingreep in de voorgestelde routine leidt zou zijn om de schattingsmethode te vervangen bijvoorbeeld door die van ARIMA of STSM, als bij Scott en Reinfurt e.a. Voorzover tijdreeksanalyses descriptief zijn en geen modelveronderstellingen gebruiken over het te beschrijven proces, betekenen zij hier geen verbetering. Wel zijn ze erop gericht cyclische effecten (bijvoorbeeld seizoenspatronen) te modelleren, maar in ons geval komen we daaraan vooreerst toch niet toe, en dan nog zou de superpositie van een slingerbeweging op de 'leer'-kromme geen onoverkomelijkheid hoeven zijn. Het blijkt met name dat voor de eigenlijke tijdreeksanalyses tamelijk lange cijferreeksen nodig zijn, en daarover kunnen we op het beoogde niveau van disaggregatie bepaald niet beschikken. In de relatief korte reeksen waarmee wij het moeten stellen blijft omgekeerd het probleem van optredende autocorrelaties weer betrekkelijk klein, zodat de aangeduide vorm van regressie-analyse behoorlijk adequaat zal zijn. Scott, Fridstrøm e.a. en Broughton pasten bijvoorbeeld eveneens vormen van regressie-analyse toe. Of het daarbij gezien de beperkte lengte van onze cijferreeksen evenzeer haalbaar wordt eventuele trendbreuken te detecteren, zoals met name Broughton probeerde, en ook enigszins Adams, valt te betwijfelen. Zeker gaat de eventuele inbreng van 'verklaarnde' variabelen in de sfeer van de studies van Sivak, Partyka, en deels Fridstrøm e.a. (deze laatste nemen op zich overigens wel een aantal voor de verkeersveiligheid relevante (secundaire) kenmerken mee), hier veel te ver. Het Prognosemodel is vooral bedoeld om de algemene lijn in de ontwikkelingen van de verkeersonveiligheid aan te geven, en niet voor het specifiek analyseren bijvoorbeeld van effecten op de beleidsspeerpunten, hiervoor is de inzet van specifieke evaluatiemethoden beter geëigend. Desondanks moet het mogelijk zijn een te veronderstellen effect verkennenderwijze in de vorm van een trendshift of -breuk in het model in te brengen.

Niet geheel duidelijk is nog of, en op welke manier alsdan, Hautzingers idee van superpopulaties binnen de analysemethode zou moeten worden

gerealiseerd en welke consequenties een eventueel substituuut voor de (impliciet) gebruikte populatiedefinities (vgl. Elvik) zou hebben. Met name voor het geval in een latere fase in het model ook van regionale steekproefgegevens gebruik gemaakt kan worden is de optie open te houden het aanbrengen van dergelijke statistische verfijningen alsnog te bezien.

Voorlopig lijkt de voorhanden routine ons al redelijk werkbaar, zo is ook gebleken, en vinden we het belangrijker er nu mee te kunnen beginnen, de tekortkomingen zitten eerder aan de kant van de beschikbare cijfers, maar dat was al eerder aan de orde.

Waar niettemin toch aan zou kunnen worden gewerkt is het aanbrengen van relaties tussen de verschillende cellen. Vooralsnog voorziet de routine in een aanpak per cel afzonderlijk, maar het ligt voor de hand dat de veiligheidsontwikkelingen bijvoorbeeld binnen een wegtype of binnen een vervoerwijze nauwer verwant zullen zijn aan elkaar dan aan ontwikkelingen erbuiten.

Er bestaat ook enige praktische noodzaak voor deze uitwerking, bij de beoogde verdere opdeling van de cijfers ook naar wegtype en regio komen er immers steeds meer cellen met geringe celvulling. Voor deze cellen is een eigen analyse onhaalbaar, ze moeten ofwel met andere cellen worden samengevoegd, ofwel samen met andere cellen worden geanalyseerd. De aan te brengen verwantschapsstructuur kan daarbij deels met statistische argumenten worden ingevuld.

Een verfijning waar in het huidige ontwikkelingsstadium van het Prognosemodel nog even geen plaats voor is, maar die in principe zeker relevante resultaten zou kunnen opleveren, betreft de menging van longitudinale en cohortbenaderingen, naast de cross-sectionele aanpak waarvan we hier tot dusver uitgaan. De vergrijzing en ontgroening van de samenleving, waarover we hierboven schreven, lijkt een typisch voorbeeld van een problematiek die op zijn effecten voor de verkeersonveiligheid met voordeel op deze alternatieve manier kan worden geanalyseerd. Op dit moment is zo'n gericht onderwerp binnen het kader van de modelvorming nog enigszins prematuur. In de literatuur hebben we overigens op dit punt niets van enig belang aangetroffen.

### 3.3.3. *Cijfers*

Wat er wel en niet aan onveiligheids- en mobiliteitscijfers ter beschikking staan voor de ontwikkeling van het Prognosemodel is uiteindelijk vooral een Nederlands probleem. We hebben al aangegeven dat de literatuur weinig oplevert aan methoden om de moeilijkheden op te lossen, en dat de moeilijkheden elders zelfs vaak groter zijn.

We zullen derhalve onze eigen aanpak dienen te ontwikkelen, op dit punt moeten we aansluiten bij wat we eerder terzake schreven.

### 3.3.4. *Tussenconclusie 2*

De niet-lineaire Poisson-regressie die de SWOV mede ten behoeve van de jaaranalyses BIS-V ontwikkelde en toepaste is zeer geëigend voor gebruik bij de vormgeving van het 'Prognosemodel Mobiliteit en verkeersveiligheid'.

De reeds uitgewerkte rekenprocedures behoeven daartoe in eerste instantie nauwelijks nadere aanpassing, al is het hoogst wenselijk de celsgewijze benadering te verbreden en de mogelijkheid in te bouwen om op het niveau van de onveiligheidsontwikkeling relaties tussen de cellen aan te brengen. In een later stadium zijn in de sfeer van statistische en modelverfijningen nog een aantal extra opties te implementeren.

Om het beschikbare cijfermateriaal geschikt te maken voor verwerking zijn zowel voor de onveiligheids- als voor de mobiliteitsgegevens voorlooproutines nodig die de beoogde disaggregatie en fasering, voorzover nog niet aanwezig, tot stand brengen. Eerder is materiaal aangedragen op grond waarvan de routines kunnen worden ingevuld. Voor de uiteindelijke prognoses met behulp van het model gaan we uit van de externe aanlevering van voldoende gedifferentieerde mobiliteitscijfers.

### 3.4. De relatie met het NRM

Het NRM is een 'groeifactoren'-model met als indeling: reismotief \* vervoerwijze, en een basisjaar waarop wordt gekalibreerd.

Om de mobiliteitsprognoses tevens uitgesplitst naar leeftijd en geslacht te kunnen verkrijgen is het allereerst nodig deze uitsplitsing aan te brengen in het deelmodel: reisfrequenties. Voor elke klasse van leeftijd en geslacht afzonderlijk kan binnen het NRM vervolgens met behulp van de deelmodellen: vervoerwijze en bestemmingskeuze, in principe een schatting van de reizigerkilometers worden berekend, naar leeftijd en geslacht en vervoerwijze. De reizigerkilometers kunnen tenslotte worden toegedeeld aan het wegennet, naar de daar gespecificeerde typen wegen (zie Gommers, 1993).

De indeling naar wegtype vereist derhalve dat de wegtypen in de netwerkspecificaties worden opgegeven. Mobiliteiten binnen een NRM-zone worden niet aan wegvakken toegewezen, wat in het bijzonder als consequentie heeft dat binnen de bebouwde kom geen (complete) verdeling naar wegtype kan worden gemaakt.

Voor de mobiliteit van het motorvoertuigverkeer buiten de bebouwde kom vindt een toedeling plaats aan wegvakken, maar of hiervan een wegtype bekend is en welke kwaliteit die informatie heeft hangt af van wat de wegbeheerder aanlevert.

In het NRM is daarnaast met name het fietsnet (nog) niet ingevoerd, bovendien is onvoldoende basismateriaal beschikbaar om het fietsverkeer te kalibreren.

Op het niveau van de vervoerwijze-indeling bestaat behalve het probleem dat het langzame verkeer (dus inclusief het voetgangersverkeer) één categorie vormt, tevens de onvolkomenheid dat met name vracht- en bromfietsverkeer als categorieën ontbreken. Uit de statistiek van het goederenvervoer kunnen op een andere wijze niettemin over het vrachtverkeer nog wel cijfers worden geproduceerd. Waar gegevens over het bromfietsverkeer nodig zijn zal buiten het NRM om of in aanvulling daarop apart moeten worden gerekend, bijvoorbeeld met behulp van bevolkingsprognoses.

Zouden we willen volstaan met de tweedeling naar binnen of buiten de bebouwde kom dan dienen we er een oplossing voor te vinden dat de

basisbestanden van het NRM voor het verkeer binnen de bebouwde kom geen gegevens bevatten die betrekking hebben op de wegen beneden de klasse van wijkontsluitingswegen (de verzamelstraten e.d.), als gevolg waarvan de indeling een zekere onbalans heeft.

Voorzover indelingen wel kunnen worden geleverd, moet daarnaast worden bedacht dat ze niet volledig zullen zijn. Voor de leeftijdsgroep 0-12 jarigen, een bekende OVG-lacune, kan mogelijk nog een groeifactor worden bepaald, maar de groep motor- en scootrijders ontbreekt bijvoorbeeld geheel.

De opdrachtgever legt intussen prioriteit bij een regionale boven een landelijke aanpak, ook als het gaat om het 'Prognosemodel Mobiliteit en verkeersveiligheid'. Dit heeft een aantal belangrijke gevolgen. Uiteraard is het van voordeel als het Prognosemodel door de directe toegankelijkheid in de NRM-omgeving daadwerkelijk gaat functioneren. Het NRM zal daarbij echter niet heel Nederland overdekken.

Omdat bovendien op de schaal van het NRM vooralsnog geen cijferreeksen beschikbaar zijn waarmee het Prognosemodel per regio kan worden ingevuld, ontstaat van het model het volgende beeld:

- het Prognosemodel levert onveiligheidsprognoses per regio;
- daarbij wordt gebruik gemaakt van NRM-mobiliteitsprognose;
- er komt geen landelijk totaalbeeld;
- het model is een 'groeifactoren'-model voor de risico's;
- de groeifactoren worden bepaald uit landelijke cijfers;
- de landelijke groeicijfers gaan gelden voor alle regio's;
- ze worden gekoppeld aan de regionale risiconiveaus van een basisjaar;
- en per regio celsgewijze gekalibreerd op de onveiligheidscijfers van dat jaar.

Op welke manier en in welke vorm het Prognosemodel binnen de omgeving van het NRM beschikbaar moet komen is hiermee nog niet vastgelegd. Op de marsroute naar een feitelijke regionale implementatie van het model ligt in dit verband dan ook tevens dat duidelijkheid ontstaat over de posities en onderlinge verhoudingen van de verschillende andere producten die rond het NRM worden ontwikkeld, met name het EVV en de Applicator.

Wanneer het NRM voor alle regio's wordt ingevoerd kan het Prognosemodel naast de regionale ook een landelijke invulling krijgen. Een landelijk model zal tot betrouwbaarder resultaten komen en laat bovendien toe dat regionale resultaten in onderling perspectief worden gebracht. Maar ook bij een niet complete invoering van het NRM zullen er mogelijkheden zijn om regionale resultaten met elkaar te vergelijken.

## 3.5. Samenvatting

### 3.5.1. Inleiding

Voor de invulling van het 'Prognosemodel Mobiliteit en verkeersveiligheid' zijn drie soorten cijfers nodig. De cijfers moeten zijn onderverdeeld naar aan te geven klassen van vervoerwijze (botstype), wegtype, leeftijd en geslacht van betrokkenen. Ze dienen zodanig lange jaarreeksen te omvatten dat ontwikkelingen van de onveiligheid in de tijd zichtbaar kunnen

worden. Hier komen nog de voorwaarden bij die voortvloeien uit de eis dat het model uiteindelijk onveiligheidsprognoses moet leveren voor het regionale niveau.

De drie soorten benodigde cijfers zijn:

1. Onveiligheidsgegevens (in eerste instantie ongevallen- en slachtoffercijfers).
2. Expositiegegevens (af te leiden uit mobiliteitscijfers).
3. Expositieprognoses (evenzo af te leiden uit mobiliteitsprognoses).

De driedimensionale onderverdeling van de cijfers geeft op zich al dermate veel problemen dat in dit stadium niet hoeft te worden gedacht aan de eventuele inbreng van als meer secundair te beschouwen onveiligheidskenmerken.

Daarbinnen heeft het vervolgens weinig zin voor de ene soort cijfers naar een klasse-indeling te streven die voor de andere soort vooralsnog niet is te realiseren. Dit leidt er vanzelf toe dat aan de uitwerking van het Prognosemodel zekere praktische beperkingen worden opgelegd op het niveau van de detaillering in de cijfers.

### 3.5.2. Keuzemogelijkheden

Als uitgangspunt voor de uitwerking van het Prognosemodel heeft steeds gegolden, en dit zou zo moeten blijven, dat wordt begonnen bij een globaal totaalmodel, waarvan vervolgens stapsgewijze een verdere verfijning plaatsvindt. Voordeel van deze aanpak is naast de overzichtelijkheid ook dat elk modelstadium een op zich reeds bruikbaar produkt levert. Het Prognosemodel berust daarbij op drie basisconcepties waaraan we evenmin zouden moeten tomen: het risico als kenmerk van het verkeerssysteem waarop mens, voertuig en weg onderling interacties vertonen, de invalshoek van de 'ontmoetingen' daarbij als risico-expositie, en de fasering van het onveiligheidsproces, met als hoofduitkomsten de ongevallen en de slachtoffers.

Binnen dit raamwerk bestaat een aantal alternatieven om de concepties vorm te geven en detailleringen aan te brengen. De alternatieven zijn niet gelijkwaardig, hun kwaliteit is echter vooraf moeilijk in te schatten. In het algemeen zal gelden dat een prognosecijfer deugdelijker wordt naarmate het model gelijktijdig met een aantal belangrijke bijzonderheden van het onveiligheidsproces rekening houdt. Op grond van de reeds bestaande macromodellen, waarvan het Prognosemodel in zekere zin een nadere uitwerking en verbijzondering is, kan in elk geval worden aangegeven dat het onveiligheidsverloop uit het verleden op behoorlijk betrouwbare wijze is te beschrijven, zodat ook van de prognoseresultaten een op zijn minst redelijke kwaliteit valt te verwachten.

Op de volgende aspecten laten zich alternatieven formuleren:

1. De inbreng van interacties. Behalve een geheel driedimensionale opzet is, onder voorwaarden van statistische onafhankelijkheid, een combinatie denkbaar met diverse twee- en ééndimensionale randtotalen.
2. De continuïteit in de jaarreeksen cijfers. In principe zou de ontwikkeling van de verkeersonveiligheid op hoofdlijnen af te leiden zijn uit de cijfers van bijvoorbeeld drie goedgekozen peiljaren.
3. De specificiteit van de cijferreeksen. In plaats van cijfers op de schaal

van een regio kunnen, onder zekere veronderstellingen en rekening houdend met de schaalfactor, landelijke cijfers worden gebruikt.

4. De klasse-indelingen van de onderscheiden mens-, voertuig- en wegkenmerken. Klassen onderscheiden niet als er continuïteit zit in hun onveiligheidsontwikkelingen en ze onderling eenzelfde (mobiliteits)gewicht houden.

5. De analyse. Voor de vorm van de trends, de verbanden tussen de kenmerken en voor de gegevensanalyses komen in principe een aantal alternatieven in aanmerking.

De verschillende aspecten zullen we achtereenvolgens nader bekijken. We willen daarbij proberen aan te geven welke keuze-alternatieven naar de huidige stand van inzichten een voorkeur genieten. In de volgende stap van het project komen deze keuzen meer definitief aan de orde mede naar aanleiding van de afwegingen die bij de concrete uitwerkingen moeten worden gemaakt.

De keuzen hebben vooral te maken met de beschikbaarheid van cijfers, en in dit eerste stadium tevens met de noodzaak de modelvorming zo eenvoudig en overzichtelijk mogelijk te beginnen.

Dit neemt niet weg dat we er binnen het project op de langere termijn naar streven het beschreven model compleet in te vullen en de benodigde meer gedetailleerde cijfers daarvoor ter beschikking te krijgen. De toevoeging van het wegtype aan de VOR-ongevallengegevens staat daarbij hoog op de prioriteitenlijst. Minder urgent maar toch ook van belang is het leeftijd en geslacht-gegeven van alle inzittenden van de voertuigen die bij ongevallen betrokken zijn (dus niet alleen van de 'bestuurders' en de slachtoffers). Wat betreft de mobiliteit heeft de verdeling van de verkeersdeelnemers naar hun verschillende vervoerwijzen (en in mindere mate tevens naar hun leeftijd en geslacht) over de onderscheiden typen wegen hoge prioriteit. Behalve over het snelverkeer (personenauto-inzittenden, vrachtverkeer) zijn daarbij ook cijfers over de fietsers hoogst urgent, wellicht biedt de OVG-verdichting hier deels mogelijkheden. Dergelijke nieuwe cijfers kunnen uiteraard pas vanaf het moment van hun beschikbaarheid (en zonder terugwerkende kracht) in het model gaan doorwerken. Of aan het model uiteindelijk naast de drie genoemde nog meer dimensies van de onveiligheid moeten en kunnen worden toegevoegd, bijvoorbeeld het tijdstip of de dagsoort, is nu niet te beoordelen.

### *Interacties*

In het als Bijlage C toegevoegde 'Dataschema Prognosemodel' is de hoofdstructuur neergelegd van de gegevensbehoefte die bij de eerste modeluitwerking ontstaat. Met behulp van de cijfers hieruit kunnen alsdan de landelijke risico-ontwikkelingen worden gemodelleerd. Een regionale invulling van het dataschema voor een referentiejaar vormt vervolgens, onder de aanname dat de regio de landelijke trend volgt, de grondslag voor de uit te voeren kalibraties.

Het dataschema is meerdimensionaal van opzet, wat op het niveau van de cijfers, hoe eenvoudig het schema verder ook lijkt, meteen problemen geeft zoals we eerder zagen. Om deze reden ook werd nagelaten voor de eerste uitwerking van het model al direct leeftijd en geslacht van de bestuurders als kenmerk in te brengen. De ernst van de problemen hangt

bovendien af van de klasse-indelingen van de kenmerken, maar dat komt straks aan de orde.

Een enkele cel van het dataschema blijft in principe leeg, met name de cel voertuigkilometers langzaam verkeer \* auto(snel)weg, en dus zijn ook de cellen betreffende ongevallen langzaam verkeer \* auto(snel)weg structureel blanco.

In een ander geval kan, voorzover dat nodig mocht zijn, vooreerst de afwezigheid van een bepaalde interactie worden aangenomen, bijvoorbeeld lijkt er even weinig reden om bij de slachtoffers van ongevallen met uitsluitend snelverkeer op auto(snel)wegen te onderscheiden naar de leeftijd en geslacht-klassen [12 -> 15/15 -> 18] \* [mannen/vrouwen].

Waar de mogelijkheid en de noodzaak zich zullen voordoen om middels dergelijke simplificerende veronderstellingen over het belang van een interactie het dataprobleem hanteerbaar te maken, moet blijken bij de concrete uitwerking van het model.

### *Continuïteit*

De meest wezenlijke basiscijfers voor de modelvorming zijn beschikbaar in de vorm van jaarreeksen sinds 1978 (VOR en OVG). Het kan niet de voorkeur hebben gebruik te maken van slechts een selectie hieruit.

Voor de gewenste opdeling van onveiligheids- en risicocijfers en voor eventuele verfijningen bestaat een aantal min of meer incidentele gegevensbronnen. De LMR bijvoorbeeld geeft een indruk over de afname van de registratiegraad van de verkeersonveiligheid. De SWOV-steekproef uit het tweede- en derde-ordewegennet, aangevuld met de wegen van het hoofdnet, bevat voor (vooralnog) één peiljaar (beperkte) cijfers over de verdeling van ongevallen, slachtoffers en verkeer over de wegtypen. En de uitgebreidere OVG-steekproef zal vanaf zeker moment betere regionale mobiliteitsgegevens leveren.

In het eerste stadium van de modeluitwerking heeft het pas belang dergelijke bronnen in te schakelen als ze noodzakelijk zijn om een wenselijk geachte opsplitsing van cijfers tot stand te brengen. Deze noodzaak doet zich met name voor met betrekking tot het wegtype en bij de regionale kalibraties.

### *Specificiteit*

Voor de realisatie van het 'Prognosemodel Mobiliteit en verkeersveiligheid' is het nodig met de aanwezige cijferreeksen berekeningen uit te voeren om risiconiveaus en de ontwikkelingen daarin vast te stellen. Extrapolatie van de gevonden risico-ontwikkelingen leidt tot risicoprognoses voor een te kiezen toekomstig jaar.

Deze risicoprognoses kunnen vervolgens met behulp van bijbehorende mobiliteitsprognoses worden omgezet in prognoses voor de omvang van de verkeersonveiligheid.

Uit welke bron de mobiliteitsprognoses komen is voor het risicomodel al helemaal niet van belang, en op zichzelf ook niet voor de prognose-uitkomst, zij het dat er al naar gelang de bron meer of minder voorbewer-



kingen en afschattingen moeten plaatsvinden, en er met betrekking tot de kwaliteit van het resultaat implicaties kunnen zijn. Voor het verkrijgen van de gewenste onderverdelingen in de mobiliteitsprognoses blijkt het in elk geval vooralsnog nodig een of meer tussenstappen te zetten die verder binnen de eigenlijke mobiliteitsmodellen als leveranciers van prognoses (zoals het NRM) geen functie hebben.

Een regionaal ingevuld Prognosemodel zou niettemin uit een oogpunt van functionaliteit als meer of minder zelfstandige module aan met name een NRM moeten hangen en dan voor de verschillende beleids- en beheersinstanties op een toegankelijke wijze en met inzichtelijke gebruikersopties beschikbaar dienen te zijn. In deze zin is er behoefte aan de volledige integratie van het Prognosemodel binnen de verkeers- en vervoermodellen.

Totdat zou blijken van belangrijke regionale verschillen in de ontwikkelingen op de risicomaat die het Prognosemodel gebruikt, is er daarbij naast een volledige regionale invulling van het Prognosemodel de praktische keuzemogelijkheid voor toepassing van landelijke resultaten. De keuze voor dit laatste alternatief, dat door zijn eenvoud de voorkeur geniet, heeft uiteraard wel consequenties.

Bij een dergelijke regionale invulling van het model komen alle regionale cijfers uit reeds aanwezige (algemene) bronnen (VOR, OVG e.d.). Vanwege de toepassing van de landelijke trends in de ontwikkeling van de risicocijfers, is het ondermeer noodzakelijk een aantal kalibraties uit te voeren die de getalwaarden op het niveau van de regio brengen. Dat kan eveneens met gebruikmaking van de aanwezige algemene bronnen voor de onveiligheids- en de mobiliteitscijfers.

Het NRM, of bijvoorbeeld het LMS als tevens een set regiofactoren wordt bepaald, levert tenslotte de primaire invoer aan mobiliteitsprognoses voor het prognosejaar.

### *Klasse-indelingen*

Het 'Dataschema Prognosemodel' (Bijlage C) vermeldt van elk van de drie op te nemen kenmerken: vervoerwijze, wegtype en leeftijd en geslacht tevens de klasse-indeling die voor de verkeersonveiligheid het meest wezenlijk is. De modelvorming zou in eerste aanleg met deze klasse-indelingen van start kunnen gaan, ze komen enigszins tegemoet aan de beschikbaarheid van cijfers, en ze beperken de complexiteit van de analyses.

Niettemin zijn er onmiddellijk kanttekeningen te plaatsen. Met name dat wordt uitgegaan van een groep langzaam verkeer zonder daarbij onderscheid te maken tussen bromfietzers, fietsers en voetgangers, is nogal drastisch. Vanwege de beleidsrelevantie van de fiets als vervoerwijze lijkt het gewenst toch al meteen het langzaam verkeer in twee groepen op te splitsen. Hetzelfde geldt bij het snelverkeer voor de vrachtauto's. Omdat voor de autosnelwegen de gezochte gegevens tamelijk eenvoudig voorhanden zijn, verdient het aanbeveling dit wegtype af te zonderen van de auto-wegen.

Omgekeerd zou voor een enkel weg- of botstype de indeling van de slachtoffers naar leeftijdsklassen voor een eerste modeluitwerking wellicht weer overdreven uitgebreid kunnen zijn.

De keuzen die hier moeten worden gemaakt zullen tenslotte vooral voortvloeien uit wat er aan feitelijke cijfers beschikbaar en bruikbaar blijkt te zijn. Ze kunnen daarvan, uitgaande van de indelingen van het dataschema, ook het beste afhankelijk worden gesteld. De consequenties die de keuzen hebben voor de kwaliteit van het model bepalen vervolgens welke extra inspanningen eventueel moeten worden verricht om alsnog de gegevens voor een nadere opdeling van de cijfers op te sporen.

### *Analyse*

Onder refereert aan de bestudeerde literatuur is in het voorgaande tamelijk breedvoerig stilgestaan bij verschillende aspecten van de risicobeschrijving en de prognose. Daaruit kwam een voorkeur naar voren voor een vorm van niet-lineaire Poisson-regressie-analyse, zoals de SWOV die mede in het kader van de jaaranalyses BIS-V reeds operationeel heeft.

Voor de ontwikkelingen van de risico's in de tijd kunnen vooreerst negatief-exponentiële relaties worden toegepast, in een later stadium zijn ook andere vormen denkbaar.

Een verfijning die wellicht nog eerder en zeker praktisch relevant is, gezien de te verwachten grote betrouwbaarheidsmarges om de berekende risicowaarden, betreft het aanbrengen van een verwantschapsstructuur tussen de onveiligheidsniveaus in verschillende klassen van eenzelfde kenmerk en tussen de trends die daarin plaatsvinden.

## 3.6. Eindconclusie

Eerder is reeds gesteld dat er nog een aantal problemen diende te worden opgelost, voordat het concrete model zou kunnen functioneren. De opdrachtgever heeft vervolgens aangegeven dat ten aanzien van die problemen bestudering van de (internationale) literatuur een wenselijke tussenstap is.

Ter voorbereiding van deze literatuurstudie zijn de hiervoor genoemde problemen nog eens geformuleerd in zo concreet mogelijke vragen en mogelijke kennisleemten. Vervolgens is ook aangegeven wat de bestudering van literatuur ten aanzien van die punten heeft opgeleverd.

Op basis van inhoudelijke overwegingen en de literatuur is een aantal conclusies geformuleerd over de betekenis ervan voor de inhoud van de volgende stappen.

Los daarvan worden hierna nog een aantal opmerkingen gemaakt over de nu te zetten vervolgstappen.

Zowel bij de beleidvoorbereiders en -uitvoerders als in het onderzoek werd een behoefte geconstateerd om de verkeersveiligheidseffecten van beleidsmaatregelen van de overheid (rijk en regio) op het gebied van verkeer en vervoer op landelijke, en/of regionale schaal en op langere termijn (25 jaar) te kunnen voorspellen. Bij de voorbereiding van zowel Deel a als Deel d van het SVV, en ook bij het MPV, is de SWOV gevraagd dergelijke voorspellingen te maken. Deze konden slechts via ad-hoc methoden worden bereikt, waarbij allerlei relevante effecten slechts bij benadering en via omwegen konden worden bepaald.

Een dergelijk prognose-instrument zou over een termijn van ongeveer 25

jaar redelijk betrouwbare prognoses moeten kunnen maken, en daarbij zou rekening moeten worden gehouden met de directe invloed van die beleidsmaatregelen, zoals beperking en/of stimulering van de volumegroei bij bepaalde vervoerwijzen, maar ook met de op die prognosetermijn zeer relevante ontwikkelingen in bevolkingssamenstelling en infrastructuur. Ook bestond de behoefte aan een model dat zichtbaar maakt wat de probleemvelden over 25 jaar kunnen worden.

Die behoefte is nu onverkort aanwezig. Langs verschillende wegen wordt getracht daaraan tegemoet te komen. Er komt een Veiligheidsmodule bij de Mobiliteitsverkenner, het BIS-V wordt operationeel, de verkeersveiligheidskaart voor de (vervoer)regio wordt ontwikkeld, enz. Zonder afbreuk te doen aan de toepassingsmogelijkheden van deze producten moet geconstateerd worden dat zij nog niet het antwoord vormen op de behoefte zoals die hiervoor geconstateerd wordt.

Enkele opmerkingen ter illustratie, niet als kritiek op die projecten, maar om de toepassingsmogelijkheden van de producten in relatie tot de hiervoor aangeduide behoefte te schetsen.

De Veiligheidsmodule en het BIS-V beschouwen slechts het risico van de vervoerwijze zelf (het passieve risico), en houden dus geen rekening met het feit dat het risico niet alleen betrokken zou moeten worden op de mobiliteit van de vervoerwijze zelf, maar ook op die van de 'botspartners' (het 'actieve risico'). Voor de ontwikkelingen op de langere termijn is dat een essentieel gegeven, ook al omdat voor het doorrekenen van verschillende beleidsscenario's dergelijke kruiseffecten juist meegenomen dienen te worden.

Ook de prognosetermijn van de Mobiliteitsverkenner waar de Veiligheidsmodule voor wordt ontwikkeld, is slechts ca. 5 à 10 jaar.

Het BIS-V leunt sterk op de ontwikkelingen op macroniveau, terwijl het Prognosemodel juist de zo relevante detaillering naar de verschuivingen tussen vervoerwijzen en wegtype in beeld zou moeten gaan brengen.

De verkeersveiligheidskaart is gericht op de invalshoek 'infrastructuur', waarmee het effect van de vergrijzing en de daarmee verbonden verschuivingen onder de bestuurders van de verschillende vervoerwijzen voor wat betreft leeftijd en ervaring niet meegenomen wordt.

De hier genoemde projecten worden elk voor hun specifieke toepassingen ontwikkeld. Een instrument dat op regionale of landelijke schaal met een prognosetermijn van ca. 25 jaar ontwikkelingen voorspelt en scenario's kan doorrekenen ontbreekt echter. Langs de weg van het hier behandelde 'Prognosemodel Mobiliteit en verkeersveiligheid' kan dat bereikt worden. Te zamen kunnen dergelijke projecten dan een compleet aanbod van instrumenten vormen.

Met de nu uitgevoerde stappen is het fundament voor het opzetten van een functionerend prognosemodel gezet. Hoewel het ideaalbeeld verder reikt, is het nu mogelijk op redelijk korte termijn een functionerend model op te zetten. Daarbij wordt voor een bottom-up benadering gekozen, met een aantal vereenvoudigingen op het volledig gespecificeerde model. Deze werkwijze wordt in de rapportage beschreven.

In de eerste opzet wordt in elk geval rekening gehouden met de factoren leeftijd en geslacht, en wordt het botstypconcept ingebracht (het actieve en passieve risico).

Uitgaande van het beschikbare basismateriaal worden op een zo eenvoudig

mogelijke wijze relevante interacties ingebracht.

Voor het analyseren van de ontwikkelingen in de tijd kan gedeeltelijk gebruik gemaakt worden van de methoden die in het kader van het BIS-V en de Veiligheidsmodule ontwikkeld zijn.

Voor gegevens over het risico en het gebruik van de te onderscheiden wegtypen kan gebruik gemaakt worden van andere SWOV-projecten, waar dergelijke gegevens ('kencijfers') geactualiseerd gaan worden, in relatie tot de ontwikkeling van een verkeersveiligheidskaart.

In een volgende stap kunnen dan verfijningen aangebracht worden. Welke dat zijn moet bepaald worden door behoeften en de prioriteiten van dat moment. Dergelijke verfijningen kunnen betrekking hebben op het invoeren van meer informatie over interactie tussen bijvoorbeeld vervoerwijze en wegtype, meer gedetailleerde gegevens over de omvang van de mobiliteit onderscheiden naar wegtype, enz.

Het model kan zo opgezet worden dat het enerzijds optimaal functioneert wanneer de 'mobiliteitsinput' van het NRM afgetapt kan worden, maar dat ook de mobiliteits-prognoses van andere modellen (het LMS, of andere regionale modellen) tot invoer voor het 'Prognosemodel Mobiliteit en verkeersveiligheid' kunnen worden bewerkt. Ook is het mogelijk de trends uit het OVG als invoer te nemen (zoals dat ook bij de eerste vulling van het BIS-V is gebeurd).

Een apart punt van aandacht vormt de manier waarop ervoor kan worden gezorgd dat het Prognosemodel ten behoeve van beleids- en beheersinstaties daadwerkelijk gaat functioneren. Het moet vanzelfsprekend zijn dat (regionale) verkeers- en vervoerplannen worden doorgerekend op hun consequenties, niet alleen voor bijvoorbeeld de bereikbaarheid en het milieu, maar direct ook voor de verkeersveiligheid. De invoering van het Prognosemodel dient danook voorbereid en begeleid te worden met een programma van op de gebruiker gerichte activiteiten.

Uiteraard is een eerste vereiste dat het model goed in elkaar zit, goede voorspellingen levert en op de beleidsonderwerpen de relevante informatie verwerkt, in dit rapport heeft op deze inhoudelijke aspecten het accent gelegen.

Maar vervolgens is het van het grootste belang het model zodanig in te richten en in een zodanige omgeving te implementeren en verder te ondersteunen dat het een integraal deel kan uitmaken van het beleids- en beheersinstrumentarium. Bij elkaar moet een faciliteit ontstaan die aansluit bij de wensen en mogelijkheden van de verschillende gebruikers. Hoe complex het Prognosemodel inhoudelijk misschien ook kan zijn, het moet voor de gebruiker transparant blijven en de toegankelijkheid niet in weg staan. Aan de gebruikers dienen inzichtelijke opties te worden geboden om alternatieve plannen en onderdelen daarvan op hun consequenties te vergelijken.

Omdat het NRM op een voor de hand liggende manier in de regio's een centrale plaats kan hebben in de planontwikkeling is er in het rapport in principe een voorkeur voor uitgesproken het 'Prognosemodel Mobiliteit en verkeersveiligheid' (hoewel niet noodzakelijkerwijze tevens al inhoudelijk) daaraan te koppelen.

### *Samengevat*

Het is mogelijk om op redelijk korte termijn te komen tot een werkende eerste versie van het 'Prognosemodel Mobiliteit en verkeersveiligheid', met vertaling en gebruikmaking van de methoden zoals die voor BIS-V en de Veiligheidsmodule ontwikkeld worden. Daarmee wordt dan een instrument verkregen dat gemakkelijk uitgebouwd kan worden.

Uiteraard zouden de resultaten van dit model (qua detaillering, onzekerheidsmarges, enz.) verder verbeterd worden wanneer de gegevens conform de elders in dit rapport geformuleerde wensen zouden worden uitgebreid en verbeterd (vooral waar deze het kenmerk wegtype en bijvoorbeeld ook waar zij, gecombineerd hiermee, het vracht- en het fietsverkeer betreffen). Dit kan dan ingebracht worden in de vervolgstappen.

De voor strategische beleidsbeslissingen essentiële informatie kan dan worden verkregen, zoals bijvoorbeeld.:

- de lange-termijneffecten van beleidsbeslissingen en andere ontwikkelingen;
- de verkeersveiligheidsgevolgen van verschillende mobiliteits- en verkeersveiligheidsscenario's;
- de gevolgen van de samenloop van veranderingen in infrastructuur, verschuivingen tussen vervoerwijze en vergrijzing van de bevolking;
- enz.

Vragen hieromtrent hoeven dan niet langer op een ad-hoc wijze beantwoord te worden.



## Bijlage A. Samenvattingen van de literatuur

1. Wright, D.E. & Barnett, V. *Fitting predictive accident models in GLIM with uncertainty in the flow estimates*. TRRL, 1991.

Het fitten van een risicomodel voor kruispunten, ervan uitgaande dat niet alleen de aantallen ongevallen, maar tevens de verkeerstellingen onderhevig zijn aan toevalsfluctuaties. Beide soorten meetwaarden worden gezien als trekkingen uit Poissonverdelingen.

In het risicomodel is het aantal ongevallen over zekere tijdsduur een produkt van de (tot zekere machten verheven) omvang van de twee relevante kruisende verkeersstromen, met in principe de geometrische categorie van het kruispunt als een soort instelparameter. Of in formulevorm:  $E(A_i) = \tau_i * V_{1i}^{\alpha_1} * V_{2i}^{\alpha_2}$ , als  $A_i$  het aantal ongevallen is op kruispunt  $i$  en hiervan  $E$  de verwachtingswaarde aangeeft,  $V$  de omvang van de verkeersstroom voorstelt zoals die wordt berekend uit deeltellingen  $v$ , en  $\tau$  de (geschaalde) kruispuntcategorie, de factoren  $\alpha$  zijn modelparameters. De procedure wordt statistisch uitgewerkt.

2. Klöckner, J.H. *The phenomenon of road accidents; Review and preview*. In: A century of automobiles: Past, present and future of automotive safety. SWOV, 1988.

De auteur neemt aan dat de fatality-rate zich in de tijd volgens een negatief exponentieel verband ontwikkelt, en dat de onveiligheidsexpositie, in termen van aantallen voertuigkilometers, in de tijd met een Gompertzfunctie kan worden beschreven. Het produkt van fatality rate en expositie geeft het aantal verkeersdoden.

De negatief exponentiële functie is van de vorm:  $\exp(-t)$ .

De Gompertzfunctie heeft de vorm:  $1 - \exp(-\exp(t))$ .

De auteur fit beide functies op de cijferreeksen van 1953 tot en met 1987 en berekent vervolgens door extrapolatie voor het jaar 2000 het te verwachten aantal verkeersdoden in (West)-Duitsland. Behalve voor het totaal volgt hij deze procedure tevens voor de disaggregatie naar wegtype, met een onderscheid in Autobahnen, wegen binnen de bebouwde kom, en de overige wegen (buiten de kom). De som van de gedisaggregeerde resultaten confronteert hij overigens niet met het totaalresultaat.

3. Elvik, R. *Some difficulties in defining populations of 'entities' for estimating the expected number of accidents*. AAP 20 (1988) 4.

De auteur gebruikt Hauer's 'theoretically most satisfactory' schatter voor de verwachtingswaarde van een aantal ongevallen  $A_i$  op een wegvak  $i$ , gegeven het gevonden aantal  $a_i$ , naar de formule:  $E(A_i|a_i) = a_i + (\bar{a} - a_i) * \bar{a}/s^2$ , als  $\bar{a}$  staat voor het gevonden gemiddelde aantal ongevallen en  $s$  voor de gevonden spreiding in de populatie waartoe wegvak  $i$  behoort.

Hij toont aan dat deze schatter tot verschillende schattingen leidt voor de verwachtingswaarde van het aantal ongevallen op een wegvak, afhankelijk ervan hoe de populatie van wegvakken is gedefinieerd. In concreto is een wegvak enerzijds te beschouwen als een steekproef uit wegvakken met allemaal dezelfde lengte, of anderzijds als een steekproef van de lengte

keer de omvang uit dezelfde wegvakken maar dan opgesplitst in delen van een standaardlengte.

Er is nog geen goede theorie voor de oplossing van het keuze probleem.

4. Hautzinger, H. *Statistical superpopulation models in traffic safety research*. In: Traffic safety theory and research methods. Session 4. SWOV, 1988.

Het artikel contrasteert populaties met vaste populatiekarakteristieken, met populaties waarin de karakteristieke waarden zelf realisaties zijn van stochastische processen in de tijd.

In de eerste situatie van een concept met de gebruikelijke mixture van Poissonverdelingen ontstaat variatie als gevolg van de steekproeftrekking uit de in principe oneindige populatie, in de tweede situatie van een 'superpopulatie'-model zit de variatie tevens in de nu eindige populatie zelf. Voorbeeld van dit laatste geval is het aantal ongevallen dat gedurende zekere periode op elk van de wegvakken van het totale wegennet gebeurt, en waarbij niet alleen alle afzonderlijke wegvakaantallen maar ook het totale aantal ongevallen een Poissonverdeling volgt.

Het superpopulatieconcept is al wel bruikbaar gebleken, maar de theorie moet voor verschillende toepassingen nog verder worden ontwikkeld.

5. Scott, P.P. *Modelling time-series of British road accident data*. AAP 18 (1986) 2. (Special issue Accident modelling).

De auteur heeft de beschikking over twee tijdreeksen van maandelijkse aantallen ongevallen in Groot Brittannië voor de jaren 1970 tot en met 1978. In de ene reeks gaat het om ongevallen waarbij twee motorvoertuigen betrokken waren, de andere reeks betreft ongevallen met één motorvoertuig. Beide reeksen worden opgesplitst in deelreeksen naar bots-type/voertuigcategorie en wegtype (met daarin een onderscheid naar bebouwing). Op elke deelreeks afzonderlijk fit de auteur vervolgens een regressielijn. Voor de tweevoudige ongevallen is deze van de vorm:  $a_t = \tau * V_1 \hat{\alpha}_1 * V_2 \hat{\alpha}_2 * \exp(\beta t + \phi_{\text{mod}(t,12)} + \epsilon_t)$ , met  $a$  het aantal ongevallen,  $\epsilon$  de error-term,  $V_c$  een (gemiddelde etmaal)-intensiteit van voertuigcategorie  $c$ ,  $t$  het volgorde-nummer van de maand,  $\phi$  een seizoensparameter, en  $\tau$  een parameter die de invloed inbrengt van een aantal maandelijkse gemiddelde omstandigheden (waaronder brandstofprijzen, weertype en wel/geen energiecrisis), de  $\alpha$ 's en  $\beta$  zijn modelparameters.

Voor de enkelvoudige ongevallen ontbreekt in het model de term  $V_2 \hat{\alpha}_2$ . Aan het model is in principe een dummy-variabele toe te voegen waarmee een eventuele trendbreuk, ook in de zin van een richtingsverandering van de trend halverwege de reeks, kan worden gevolgd.

Op de aantallen tweevoudige ongevallen fit het model redelijk wel, waarbij overigens, behalve ingeval van een botstype met een motorrijwiel, geen consistente relatie met de intensiteiten lijkt te bestaan. Op de aantallen enkelvoudige ongevallen bleek het model niet goed te passen. De auteur heeft op deze reeksen in tweede instantie tijdreeksanalyses toegepast volgens de benadering van Box-Jenkins (ARIMA). De resultaten verbeterden weinig en bleven zeer matig.

Met behulp van de verkregen beschrijvingsfuncties heeft de auteur tenslotte prognoses opgesteld voor de te verwachten maandelijkse aantallen on-



gevallen van 1979 tot en met 1981. De aantallen van de prognoses vergeleek hij met de inmiddels bekende feitelijke aantallen, ze wijken zelfs over deze korte prognosetermijn nogal af. Gezien dit resultaat en de betrouwbaarheidsmarges om de prognoses in aanmerking nemend komt de auteur tot de conclusie dat de Box-Jenkins tijdreeksmodellen het niet beter doen dan de regressie-modellen.

6. Fridstrøm, L. & Ingebrigtsen, S. *An aggregate accident model based on pooled, regional time-series data*. AAP 23 (1991) 5. (Special issue Theoretical models for traffic safety).

Series maandelijkse onveiligheidscijfers van de jaren 1974 tot en met 1986 over (bijna) elk van de regio's van Noorwegen onderscheiden van elkaar door letselernst en vervoerwijze van de slachtoffers (personenauto-inzittenden, danwel fietsers of voetgangers), of betreffen aantallen (dodelijke of letsel)ongevallen. De auteurs construeren nog een extra serie met als afhankelijke variabele het aandeel dodelijke op het totale aantal dodelijke en letselongevallen.

Elke serie bevat van elk van de regio's naast het onveiligheidsgetal, als onafhankelijke variabelen een aantal (maandelijkse) cijfers onder meer betreffende de onveiligheidsexpositie, het wegennet, het weer, en de verhouding daglicht en donker.

Elke serie afzonderlijk analyseren zij met behulp van GLIM, zo stellen ze de invloed van de verschillende variabelen op de onveiligheid vast. Daarbij nemen ze een samengesteld gamma-Poisson-model aan: Is de Poisson-parameter  $\Gamma$ -verdeeld in de populatie, dan is als bekend het aantal ongevallen negatief-binomiaal-verdeeld. Hun model wordt derhalve:

$E(A_{rm}) = \exp(\sum \alpha_i v_{irm})$ , waarbij geldt:  $\sigma_{rm}^2 = E(A_{rm}) * (1 + E(A_{rm})/\phi)$ , met  $A_{rm}$  het aantal ongevallen in regio  $r$  over maand  $m$ , en  $E$  hiervan de verwachtingswaarde,  $v$  de invloedsvariabelen en  $\alpha$  hun parameters,  $\sigma^2$  de variantie van het aantal ongevallen, bij vormparameter  $\phi$  van de  $\Gamma$ -verdeling. Op deze wijze houden zij rekening met de te verwachten heteroskedasticiteit in de aantallen.

Zij vinden een aantal significante effecten, maar maken tevens enkele kanttekeningen bij de methode. Eerste vereiste om tot resultaat te komen is uiteraard dat variabelen in de analyse zijn betrokken (van de slachtoffers ontbreekt bijvoorbeeld met name het gegeven: leeftijd en geslacht) en dat hun waarden tussen de regio's en in de tijd voldoende verschillen. Daarnaast kan de invloed van een variabele staan voor de invloed die hij samen met andere variabelen of met niet ingebrachte invloedsfactoren heeft. Correlaties die op 'micro'-niveau bestaan, zijn in de geaggregeerde dataset waarmee moet worden gewerkt bovendien alleen zichtbaar als zij daarin in de vorm van partiële correlaties voldoende tot uitdrukking komen.

Met het eventuele bestaan van autocorrelaties hebben zij geen rekening gehouden.

7. Andreassen, D. *Population and registered vehicle data vs. road deaths*. AAP 23 (1991) 5. (Special issue Theoretical models for traffic safety).

De auteur onderstreept het belang dat in een onderzoek de te kiezen veiligheids- en expositiematen, de in te brengen invloedsvariabelen, en het

correcte gebruik van statistische methoden en een geschikt analysemodel hebben. De te maken keuzen dienen te passen bij de doelstelling.

Hij licht deze punten toe onder meer aan de hand van de 'formule van Smeed':  $E(D) = \tau A^{\alpha} B^{\beta}$ , het jaarlijkse aantal verkeersdoden  $D$  in een land is een functie van de omvang van motorvoertuigenpark  $A$  en bevolking  $B$ .

Deze formule is bekend in een algebraïsch gemanipuleerde vorm, die ten eerste niet zelf is gefit, maar die ten tweede een 'spurious' correlatie vertoont als gevolg ervan dat zowel in de afhankelijke als in onafhankelijke term dezelfde variabele  $A$  werd gestopt.

Daarenboven was de formule ontstaan met behulp van cijfers van 20 landen over het jaar 1938, er zit dus geen tijdschaal in. Door het model voor elk van 10 landen over tijdreeksdata van 1962 tot en met 1982 te fitten laat hij zien dat de parameterwaarden tussen de landen flink verschillen.

Maar dan nog acht hij het aannemelijker om primair aantallen ongevallen te analyseren, dan aantallen slachtoffers die daarvan een gevolg zijn. Wel blijkt zo de behoefte te bestaan aan een goede maat voor de betrokkenheid van verkeersdeelnemers bij de ongevallen.

8. Adams, J. *Risk and freedom: The record of road safety regulation*. The Bottesford Press, Nottingham, 1985.

De auteur past (met succes) een 'gemodificeerde' vorm toe van de 'formule van Smeed' (die er overigens feitelijk op neer komt dat het aantal verkeersdoden per voertuigkilometer in de tijd een negatief exponentiële curve volgt) op Engelse cijfers over de jaren 1949 tot en met 1984.

Hij signaleert een kennelijke relatie tussen de mate van groei van het verkeer en de toe of afname van het aantal verkeersdoden.

9. Sivak, M. *A 1975 forecast to the 1985 traffic safety situation: what did we learn from an inaccurate forecast?* In: *Road users and traffic safety*. Assen, 1987.

Hij gaat na hoe de prognoses uit 1975, voor de verkeersonveiligheid in de VS in 1985, zich verhouden tot de echte uitkomsten.

Het NHTSA-model voorspelde een gemiddeld aantal van  $0,044 \pm 0,005$  doden per miljoen motorvoertuigmijl, het werden er 0,025. Toch waren de waarden voor de invloedsvariabelen, daaronder het alcoholgebruik, de gemiddelde rij snelheden, en de aandelen kleine en post-1966 auto's, redelijk goed vooruitgeschat. Daarentegen lopen de waarden voor de modelvariabelen, zijnde inwonertal en leeftijdopbouw, omvang van de bestuurderspopulatie, voertuigpark, en verkeersprestatie met zijn verdeling over bebouwing, minder met de werkelijkheid in de pas, maar dan wel zo dat het juist tot onder- in plaats van overpredictie leidt.

De auteur concludeert dan ook dat het model niet de juiste variabelen bevat of hun relaties met de onveiligheid niet goed in kaart brengt.

De drie andere modellen waarmee hij vergelijkt geven, met de echte waarden van de variabelen voor 1985, in elk geval betere post hoc prognoses: de (gepolijste) formule van Smeed (zie 7, met  $\alpha=2/3$ ,  $\beta=1/3$ , en  $\tau=0,0003$ ), het 'economische' model van Partyka (zie 10 en 11), en het model van de auteur zelf dat hij eerder met behulp van multipele regressie op cijfers

voor alle Amerikaanse staten over 1977 ontwikkelde en waarin het aantal verkeersdoden per motorvoertuig wordt bepaald door het aantal moorden per hoofd van de bevolking, het aandeel bestuurders onder 25 jaar en het relatieve aantal doden door andere dan verkeersongevallen.

Overigens is in geen van deze modellen het verkeersrisico als zodanig afhankelijkheid van de tijd.

De auteur wijst nog eens op het verschil tussen 'beschrijven' en 'verklaren'.

10. Partyka, S.C. *Simple models of fatality trends revisited seven years later*. AAP 23 (1991) 5. (Special issue Theoretical models for traffic safety).

Indertijd vond zij voor de periode 1960 tot en met 1982 een zeer goede beschrijving van het jaarlijkse aantal verkeersdoden in de VS met behulp van een additief regressiemodel met daarin als de variabelen: de omvang van de werkzame beroepsbevolking, het aantal werklozen, en het aantal overigen, zijnde de niet-beroepsbevolking, aangevuld met een dummy-variabele voor de energiecrisis (het 'economische' model). Meteen echter al in 1983 weken de prognosecijfers uit het model belangrijk af van de werkelijkheid, de discrepantie verergerde met de jaren.

Ze laat nu zien dat het model, met telkens nieuw bepaalde parameterwaarden, steeds slechter gaat fitten naarmate aan de cijferreeks meer jaren na 1982 worden toegevoegd. Voor de hele dataset tot en met 1989 bereikt ze uiteindelijk een nog eenvoudiger dan het al eenvoudige model, slechts twee van de drie variabelen hebben significante invloed: het aantal werklozen en de omvang van de niet-beroepsbevolking, maar het resulterende model zit er vooral in de jaren na 1980 herhaaldelijk 10% of meer naast (tegenover de eerdere  $R^2$ -waarde van 0,98 geeft dit model een fit van 0,6).

Ze concludeert dat er sindsdien iets wezenlijks in het verkeers(onveiligheids)systeem moet zijn veranderd en wijst in dit verband op de getroffen alcohol- en autogordelmaatregelen, die kennelijk effect zullen hebben gehad, zij het niet als enige, want het gat tussen de prognoses van het model en de realiteit is hiermee nog niet gedicht.

Zelfs met een goed passend model, besluit ze, en als onvoldoende wordt begrepen waarom het model zo goed past, hebben extrapolaties dus hun zwakten.

11. Reinfurt, D.W.; Stewart, J.R. & Weaver, N.L. *The economy as a factor in motor vehicle fatalities, suicides, and homicides*. AAP 23 (1991) 5. (Special issue Theoretical models for traffic safety).

Zij toetsen het eerdere economische model van Partyka (zie 10) met Amerikaanse cijfers over de periode van 1960 tot en met 1986, en vinden dat zowel voor de prognoses van het aantal verkeersdoden telkens één jaar verder dan het laatste gegeven jaar, als voor de prognoses twee en drie jaar verder, het model niet wezenlijk beter presteert dan een model dat alleen op de aantallen doden zelf is gebaseerd, en daarbij nog grotere predictie-errors oplevert.

Bij hun onderzoek gebruiken zij tijdreeksanalyse (ARIMA-modellen) en

structural time series modelling (STSM, vgl. het artikel van Harvey, Durbin, 1986; zie 26).

12. Assimakopoulos, V. *A macroscopic impact analysis of the safety efforts case study: Pedestrian fatalities*. AAP 24 (1992) 6.

Het aantal in het verkeer omgekomen voetgangers over zekere periode beschrijft de auteur vanuit het volgende model:  $A_v = (A_v/A) * (A/(V_m * V_v)) * (V_m * V_v) \equiv a * r * v$ , als A het totale aantal verkeersdoden is over de periode,  $A_v$  het aantal voetgangersdoden,  $V_m$  het aantal motorvoertuigkilometers, en  $V_v$  het aantal voetgangerskilometers. De relatieve verandering van het aantal voetgangersdoden in de tijd  $\delta A_v/A$  valt nu uiteen in drie onderling onafhankelijk gedachte componenten van het onveiligheidsproces: een component voor de relatieve verandering in de 'expositie':  $\delta v/v$ , een voor de relatieve verandering in het 'risico':  $\delta r/r$ , en een voor de relatieve verandering in de 'disaggregatie':  $\delta a/a$ , waarbij  $\delta x$  telkens de verandering is in x gedurende het beschouwde tijdinterval.

Voor Griekenland berekent hij met cijfers over de jaren 1965 tot en met 1989 de feitelijke grootten van de drie jaarlijkse overgangskomponenten. Hij vindt steeds positieve termen, zij het van wisselende grootten, voor de expositiecomponent en vrijwel steeds negatieve voor de risicocomponent. De disaggregatiecomponent is nogal instabiel.

13. Broughton, J. *Forecasting road accident casualties in Great Britain*. AAP 23 (1991) 5. (Special issue Theoretical models for traffic safety.

De auteur beschrijft op macroniveau de ontwikkeling van de verkeersonveiligheid in Groot Brittanië over de periode 1949 tot en met 1989. Hij heeft voor ogen vervolgens door extrapolatie een prognose te geven voor de onveiligheid in het jaar 2000.

Hij gebruikt het model:  $E(A_v/V_v) = \exp(\alpha_1 t + \alpha_2 + \tau_t)$ , met V de aantallen motorvoertuigkilometers, t het jaar,  $\tau$  een dummy-variabele voor de invloed van de gordel draagplicht,  $\alpha$  modelparameters, en tenslotte A (de teller in het risico A/V) na elkaar een aantal verschillende maten voor de onveiligheid: in de eerste serie de aantallen doden, in de tweede serie de aantallen doden of zwaar gewonden, in de derde serie de aantallen van alle gewonden, en in de vierde serie de aantallen letselongevallen.

Het model fit op alle vier de series data goed, maar vooral op de aantallen doden. Hij laat zien dat tot eind jaren 60 de onveiligheid steeg ondanks de gestage daling van het risico, omdat het gunstige effect hiervan door de scherpere groei van het verkeer werd teniet gedaan. Na 1980 neemt het verkeer op een vergelijkbare manier opnieuw sterk in omvang toe, maar nu blijft de onveiligheid dalen. Er moet dus sprake zijn van een trendbreuk in de dalende lijn van de risico-ontwikkeling, en wel van een richtingsverandering stijler naar beneden.

Hij tracht dit aan te tonen door in het model aan de exponent van de e-macht een term:  $\tau_t^* * t$  toe te voegen, waarbij  $\tau^*$  voor de jaren vóór 1983 de waarde 0 krijgt, en voor de latere jaren de waarden  $t-1982$ . Fit hij dit uitgebreidere model dan blijken zich in de serie van aantallen doden, en de serie van aantallen doden of zwaar gewonden inderdaad

grote trendbreuken te hebben voorgedaan, zo niet in de beide andere series.

In alle series, behalve in de serie van de aantallen doden, vindt hij echter tamelijk grote waarden voor de autocorrelatie. Deze kan hij door een toepasselijke data-transformatie effectief bestrijden, maar daarbij meer dan verdubbelen de standaarderrors van de parameterschattingen (die overigens wel ongeveer dezelfde waarden houden).

Hij vraagt zich af of de meest recente cijfers er misschien op wijzen dat de autocorrelatie inmiddels, om wat voor reden ook, weer uit de onge-transformeerde dataseries aan het verdwijnen is, zodat toch niet met de volle gevonden onzekerheden zou hoeven worden gerekend.

In het laatste onderdeel van zijn onderzoek brengt de auteur een disaggregatie aan naar wegtype, hij onderscheidt: wegen binnen resp. buiten de bebouwde kom (geen 'motorway's'), en 'motorway's'. Cijfers zijn er over de jaren 1969 tot en met 1989, zij betreffen aantallen doden, aantallen doden of zwaar gewonden, en aantallen van alle gewonden. De uitkomsten verschillen inderdaad per wegtype en slachtoffercategorie. De trendbreuk in de ontwikkeling van het risico begin jaren tachtig komt zo ongeveer wel voor alle wegtypen terug, maar anders dan in de eerdere analyse lijkt deze zich nu ook voor de groep van alle gewonden te hebben voorgedaan. De auteur wijt dit inconsistente 'spurious' resultaat aan autocorrelatie.

Hij concludeert dat ook met de krachtige tijdreeksmodellen die hij heeft gebruikt zelfs de prognoses over een prognosetijdvak van maar elf jaar al tamelijk grote marges te zien geven. Bij een betrouwbaarheid van 90% liggen de intervalgrenzen op + en - 15 à 20%. De onzekerheid in de prognoses voor de voertuigkilometers blijft hier bij achter.

14. Minter, A.L. *Road casualties; Improvement by learning processes*. Traffic Engineering & Control (1987) 2.

Hij introduceert twee modellen uit de leertheorie om de ontwikkeling van de verkeers-onveiligheid te beschrijven en te voorspellen:

- Het model van Wright, te schrijven in een vorm die enigszins vergelijkbaar is met de 'formule van Smeed' onder restricties (zie 7), waarin dan het gemiddelde aantal doden per voertuig ( $D/A$ ) een 'measure of performance' moet voorstellen en het gemiddelde aantal voertuigen per inwoner ( $A/B$ ) een 'measure of experience'.

- En het model van Towill:  $\Sigma_t V_i / D_t = c_1 * (1 - \exp(1 - c_2 * \Sigma_t V_i)) + c_3$ , waarin het totale aantal verreden voertuigkilometers van  $t$  opvolgende jaren ( $\Sigma V$ ) een 'measure of experience' is voor het laatste jaar  $t$ , en dit cumulatieve aantal voertuigkilometers, gemiddeld per verkeersdode van het laatste jaar ( $\Sigma V / D_t$ ), een 'measure of performance' voor het laatste jaar.

Het model van Towill kan de auteur goed fitten op een vijfjaarlijkse reeks jaartotale aantallen doden tot en met 1985, alsmede iets minder goed op eenzelfde reeks van aantallen gedode motorrijders. Vervolgens berekent hij met de gevonden parameterwaarden van het totaalmodel prognoses van het totale aantal verkeersdoden voor de jaren 1990, 1995 en 2000.

15. Brühning, E. et al. *Zum Rückgang der Getötetenzahlen im Straßenverkehr*. In: Zeitschrift für Verkehrssicherheit 32 (1986) 4.

De auteurs beschrijven globaal de ontwikkeling van het aantal verkeersdoden in West-Duitsland vanaf ca. 1955 met behulp van een negatieve e-macht voor het risico.

Zij trekken de verkregen trend door naar het jaar 2000 en geven twee redenen waarom het aantal doden vermoedelijk lager zal uitvallen: ten eerste het teruglopen van de totale bevolking (inmiddels feitelijk achterhaald, maar het gezichtspunt blijft), ten tweede het dalen van het aandeel met het verkeer minder ervaren jongeren. Hun prognose zet voorop dat de verkeersveiligheidsinspanning onverminderd doorgaat.

## Bijlage B. Overzicht van de in aanmerking komende literatuur

1. Wright, D.E., Barnett, V.: Fitting predictive accident models in GLIM with uncertainty in the flow estimates. TRRL 1991.
2. Klöckner, J.H.: The phenomenon of road accidents - review and pre-view. In: A century of automobiles: Past, present and future of automotive safety. SWOV 1988.
3. Elvik, R.: Some difficulties in defining populations of 'entities' for estimating the expected number of accidents. In: AAP. Vol. 20 no. 4. 1988.
4. Hautzinger, H.: Statistical superpopulation models in traffic safety research. In: Traffic safety theory and research methods. Session 4. SWOV 1988.
5. Scott, P.P.: Modelling time-series of British road accident data. In: AAP, special issue Accident modelling. Vol. 18 no. 2. 1986.
6. Fridstrøm, L., Ingebrigtsen, S.: An aggregate accident model based on pooled, regional time-series data. In: AAP, special issue Theoretical models for traffic safety. Vol. 23 no. 5. 1991.
7. Andreassen, D.: Population and registered vehicle data vs. road deaths. In: AAP, special issue Theoretical models for traffic safety. Vol. 23 no. 5. 1991.
8. Adams, J.: Risk and freedom: The record of road safety regulation. The Bottesford Press. Nottingham. 1985.
9. Sivak, M.: A 1975 forecast to the 1985 traffic safety situation: what did we learn from an inaccurate forecast? In: Road users and traffic safety. Assen 1987.
10. Partyka, S.C.: Simple models of fatality trends revisited seven years later. In: AAP, special issue Theoretical models for traffic safety. Vol. 23 no. 5. 1991.
11. Reinfurt, D.W., Stewart, J.R., Weaver, N.L.: The economy as a factor in motor vehicle fatalities, suicides, and homicides. In: AAP, special issue Theoretical models for traffic safety. Vol. 23 no. 5. 1991.
12. Assimakopoulos, V.: A macroscopic impact analysis of the safety efforts case study: Pedestrian fatalities. In: AAP. Vol. 24 no. 6. 1992.
13. Broughton, J.: Forecasting road accident casualties in Great Britain. In: AAP, special issue Theoretical models for traffic safety. Vol. 23 no. 5. 1991.
14. Minter, A.L.: Road casualties - improvement by learning processes. In: TE+C. 2-1987.
15. Brühning, E., et al.: Zum Rückgang der Getötetenzahlen im Straßenverkehr. In: Zeitschrift für Verkehrssicherheit. 32 (1986) 4.
16. Hakim, S., Shefer, D., Hakkert, A.S., en Hocherman, I.: A critical review of macro models for road accidents. In: AAP, special issue Theoretical models for traffic safety. Vol. 23 no. 5. 1991.
- 17/18. Oppe, S.: The development of traffic and traffic safety in six developed countries; en: Development of traffic and traffic safety: global trends and incidental fluctuations. Beide in: AAP, special issue Theoretical models for traffic safety. Vol. 23 no. 5. 1991.

19. Oppe, S., Koornstra, M.J.: A mathematical theory for related long term developments of road traffic and safety. In: Masaki Koshi (ed.): Transportation and traffic theory. Elsevier Science Publishing Co., New York, 1990.
20. Koornstra, M.J.: Development of road safety in some European countries and USA. Paper presented at the conference 'Road safety in Europe', Gothenburg, 1988.
21. SWOV-rapport R-88-3, Janssen, S.T.M.C.: De verkeersonveiligheid van wegtypen in 1986 en 2010 (SVV deel a: Verkeersonveiligheidsprognose 2010).
22. SWOV-rapport A-92-33, Poppe, F.: Prognoses van de verkeersonveiligheid per vervoerwijze en wegtype op grond van de beleidsscenario's SVV-II, SVV-II+ en SVV-IIId (SVV-II deel d: Verkeersonveiligheidsprognose 2010).
23. SWOV-rapport R-92-68, Bijleveld, F., Oppe, S.: Model ontwikkeling jaaranalyse ten behoeve van BIS.
24. SWOV-rapport R-92-26, Flury, F.C: Mobiliteit en veiligheid I (MOP-4: Ontwikkeling Verkeersveiligheidsmodule).
25. SWOV-rapport R-92-27, Bos, J.M.J.: Mobiliteit en veiligheid II (MOP-4: Ontwikkeling Prognosemodel).
26. Harvey, A.C., Durbin, J.: The effects of seat belt legislation on British road casualties: A case study in Structural Time Series Modelling. In: Journal of the Royal Statistical Society. Part 3. 1986.
27. Jovanis, P.P., Hsin-Li Chang: Modeling the relationship of accidents to miles traveled. In: TRR-1068. 1986.
28. Mahalel, D.: A note on accident risk. In: TRR-1068. 1986.
29. Andreassen, D.C.: Linking deaths with vehicles and population. In: TE+C. 11-1985.
30. Hauer, E, Lovell, J.: New directions for learning about the safety effect of measures. In: TRR-1068. 1986.
31. Fridstrøm, L.: In favor of aggregate econometric accident models. Paper presented at the 6th international conference on travel behaviour, Quebec, 1991.
32. Fridstrøm, L., et al.: The contribution of exposure, weather, daylight, and randomness to the variation in accident counts: a four-country analysis. Paper presented at the 6th world conference on transport research, Lyon, 1992.
33. Votey, H.L., jr.: Taking account of system interactions in modelling road accidents. In: AAP, special issue Accident modelling. Vol. 18 no. 2. 1986.
34. Hautzinger, H.: Regression analysis of aggregate accident data: some methodological considerations and practical experiences. In: AAP, special issue Accident modelling. Vol. 18 no. 2. 1986.
35. Lassare, S.: The introduction of the variables 'traffic volume', 'speed' and 'belt-wearing' into a predictive model of the severity of accidents. In: AAP, special issue Accident modelling. Vol. 18 no. 2. 1986.
36. Henning-Hager, U.: Urban development and road safety. In: AAP, special issue Accident modelling. Vol. 18 no. 2. 1986.
37. Jara-Díaz, S.R., González, S.M.: Flexible models for accidents on Chilean roads. In: AAP, special issue Accident modelling. Vol. 18 no. 2. 1986.



38. Jacobs, G.D., Cutting, C.A.: Further research on accident rates in developing countries. In: AAP, special issue Accident modelling. Vol. 18 no. 2. 1986.
39. Zlatoper, T.J.: Determinants of motor vehicle deaths in the United States: A cross-sectional analysis. In: AAP, special issue Theoretical models for traffic safety. Vol. 23 no. 5. 1991.
40. Wass, C.: Indirect determination of exposure and liability. In: AAP, special issue Road user exposure and risk. Vol. 14 no. 5. 1982.
41. Hauer, E.: Traffic conflicts and exposure. In: AAP, special issue Road user exposure and risk. Vol. 14 no. 5. 1982.
42. Risk, A., Shaoul, J.E.: Exposure to risk and the risk of exposure. In: AAP, special issue Road user exposure and risk. Vol. 14 no. 5. 1982.
43. Adams, J.G.U.: Smeed's law: some further thoughts. In: TE+C. 2-1987.
44. Reakties op 14 en 43. In: TE+C. 78-1987.



# Bijlage C

DATA-SCHEMA PROGNOSEMODEL 11/92

## A. Aantallen 'voertuig'kilometers, per jaar vanaf 1978

	buiten de kom		binnen de kom	
	auto(snel)- -wegen	overige wegen	verkeers- -aders	overige wegen
snel- -verkeer				
langzaam verkeer				

## B. Aantallen ongevallen, per jaar vanaf 1978

	buiten de kom		binnen de kom	
	auto(snel)- -wegen	overige wegen	verkeers- -aders	overige wegen
eenzijdig snel- -verkeer				
snel- <-> snel- -verkeer				
snel- <-> langzaam -verkeer				
langzaam <-> langzaam verkeer				
eenzijdig langzaam verkeer				

C. Aantallen slachtoffers, per jaar vanaf 1978

Deze tabel naar geslacht voor elk van de leeftijdsklassen:

0 -> 12 jaar, 12 -> 15, 15 -> 18, 18 -> 25, 25 -> 65, en >= 65 jaar.

	buiten de kom		binnen de kom	
	auto(snel)- -wegen	overige wegen	verkeers- -aders	overige wegen
eenzijdig snel- -verkeer				
snel <-> snel- -verkeer				
snel <-> [langzaam] -verkeer				
langzaam <-> [snel-] -verkeer				
langzaam <-> langzaam verkeer				
eenzijdig langzaam verkeer				

D. Gemiddelde voertuigbezetting, per jaar vanaf 1978

Deze tabel naar geslacht voor elk van de leeftijdsklassen:

0 -> 12 jaar, 12 -> 15, 15 -> 18, 18 -> 25, 25 -> 65, en >= 65 jaar.

	buiten de kom		binnen de kom	
	auto(snel)- -wegen	overige wegen	verkeers- -aders	overige wegen
snel- -verkeer				