

MOBILITEIT EN VERKEERSVEILIGHEID II

De ontwikkeling van een prognosemodel

R-92-27

J.M.J. Bos

Leidschendam, 1992

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV



## INHOUD

### Voorwoord

1. Inleiding
2. Doel van het onderzoek
3. Prognoses van de verkeersonveiligheid
4. Opzet van het onderzoek
  - 4.1. Algemeen
  - 4.2. Het model
  - 4.3. De fasering
  - 4.4. De segmentering
  - 4.5. De rekenprocedures
  - 4.6. De werkwijze
5. De structuur van het prognosemodel
  - 5.1. Algemeen
  - 5.2. Het model van de verkeersonveiligheid
  - 5.3. De fasering van het risico
  - 5.4. De segmentering in het onveiligheidsmodel
  - 5.5. De rekenprocedures
6. Het vervolg
  - 6.1. Hoofdlijnen
  - 6.2. Afstemming met indelingen van de mobiliteitsprognoses

### Bijlage

## VOORWOORD

Dit rapport betreffende het deelproject "Prognosemodel verkeersveiligheid" is opgesteld in opdracht van de Dienst Verkeerskunde van Rijkswaterstaat. In het kader van de Strategische onderzoekprojecten, verband houdende met het SWOV-Meerjaren Onderzoekplan (MOP) project 4: Mobiliteit en verkeersveiligheid, verleende de DVK tegelijk opdracht tot nog twee andere deelprojecten: "Veiligheidsmodule bij de mobiliteitsverkenner" en de "Tijdsduur als wegingsfactor". De rapportages daarvan verschijnen separaat.

Het deelproject "Prognosemodel" heeft ten doel in twee hoofdfasen allereerst een praktisch bruikbare methodiek te ontwikkelen die het mogelijk maakt ook voor de langere termijn prognoses te geven van de verkeersonveiligheid, en vervolgens deze methodiek in een werkbare vorm als prognosemodel geschikt te maken voor toepassing door beleidsmedewerkers en onderzoekers.

Het prognosemodel moet uiteindelijk een instrument worden waarmee inzicht kan ontstaan in de uitwerkingen van bepaalde maatregelen en ontwikkelingen in het verkeer op de verkeersonveiligheid, en in de processen die deze uitwerkingen veroorzaken.

Het model zal ook kunnen functioneren om hypothesen over verkeersveiligheidseffecten van beleid en tendensen in de mobiliteit toetsbaar te maken.

Deze interimrapportage doet verslag van de vorderingen die inmiddels zijn gemaakt bij de uitvoering van de eerste hoofdfase in het project.

Beschreven wordt tot welke grondslagen van de methodiek het onderzoek heeft geleid, en hoe nu in een stapsgewijze procedure begonnen kan worden aan de concrete vormgeving en invulling van de methodiek met behulp van aanwezig cijfermateriaal.

De gekozen werkwijze gaat uit van een totaalconcept, waarbinnen verbeteringen van de methodiek door verdere verbijzonderingen tot stand komen. Tijdens het onderzoek zullen daarbij een aantal praktische problemen dienen te worden overwonnen, op sommige punten is in een latere fase nog nadere studie vereist.



## 1. INLEIDING

Het Structuurschema Verkeer en Vervoer (SVV II) bevat naast taakstellingen op het terrein van de mobiliteit, een 'streefbeeld' van de verkeersonveiligheid in het jaar 2010: 50% minder verkeersdoden dan in 1985, en 40% minder gewonden.

Het grote belang van dit streefbeeld is vooral gelegen in het feit dat het op het niveau van de beleidsontwikkeling de samenhang onderstreept van mobiliteit en verkeersonveiligheid.

Ten grondslag aan het streefbeeld ligt de 'taakstelling' uit het Meerjarenplan Verkeersveiligheid 1989-1993 (MPV 2): 25% minder verkeersslachtoffers in het jaar 2000 dan in 1985. In het streefbeeld is deze taakstelling van het te voeren verkeersveiligheidsbeleid nog 10 jaar verder doorgetrokken en gekoppeld aan de realisering van een mobiliteitsdoelstelling.

Inmiddels zijn we ruim vijf jaar op weg sinds 1985. De omvang van het motorvoertuigverkeer stijgt nog steeds. Een tussenbalans laat zien dat de verbetering van de verkeersveiligheid beduidend 'bij de taakstelling achterop' is geraakt (Meerjarenplan Verkeersveiligheid, Voorjaar 1991) (MPV 3).

Een kwantitatieve taakstelling van het verkeersveiligheidsbeleid kan als zodanig een belangrijk hulpmiddel vormen in het realiseren van een grotere verkeersveiligheid. Het ontbreekt in principe ook niet aan effectieve actiepunten voor de beleidvoering (vgl. SWOV-rapport R-90-36).

Maar op voorhand moet worden erkend dat niet alle mobiliteitsscenario's de haalbaarheid van zo'n taakstelling even aannemelijk zullen maken. Vanuit de bedoeling om tot substantiële inspanningen te komen, dient de taakstelling mede te zijn afgestemd op de daadwerkelijke ontwikkelingen die in de mobiliteit en in het verkeers- en vervoersysteem plaatsvinden.

Probleem is dat we de relatie tussen de mobiliteit en de onveiligheid niet voldoende kennen. We weten dan ook niet wat eruit zou volgen voor de aanpak van het verkeersonveiligheidsvraagstuk en welke taakstelling binnen bepaalde ontwikkelingen van de mobiliteit met de nodige inzet nog kan worden verwezenlijkt. Hier doet zich derhalve de noodzaak gevoelen een beter inzicht te verwerven in de wijze waarop de verkeersonveiligheid in verband staat met de mobiliteit.

De kwantitatieve taakstelling van het verkeersveiligheidsbeleid loopt tegen nóg een probleem op. De actuele ontwikkeling van de onveiligheid moet immers telkens in het perspectief van de taakstelling kunnen worden geplaatst.

Er is zodoende grote behoefte aan goede mogelijkheden om de verkeersonveiligheid vooruit te berekenen en daarbij de veiligheidseffecten van mobiliteitsveranderingen te onderscheiden van een 'algehele trend' in de ontwikkeling van de onveiligheid.

De overheid verzocht de SWOV dan ook een prognosemodel te ontwikkelen waarmee op macroniveau inschattingen zijn te geven van de ontwikkeling van de verkeersonveiligheid en van de gevolgen die veranderingen in de mobiliteit zullen hebben.

Reeds in eerder onderzoek heeft de SWOV zich op deze problematiek georiënteerd.

In het project "MOVIN" (destijds uitbesteed aan de Verkeers- en Vervoersgroep TNO) werd geprobeerd voor het eenvoudigste geval van enkelvoudige ongevallen met personenauto's waarbij de bestuurder ernstig letsel opliep, een statistisch verband te formuleren tussen aantallen ongevallen en met name de omvang van de mobiliteit.

Het project "Vormgeving rekenmodel" (uitbesteed aan het Onderzoekinstituut voor Stedebouw, Planologie en Architectuur, OSPA) dat binnen de context van het onderzoek Mobiliteit en verkeersveiligheid werd uitgevoerd, zette in een verkennende studie voor recente jaren en onderverdeeld naar enkele van de belangrijkste kenmerken de slachtofferaantallen (Dienst Verkeersongevallenregistratie VOR) en verplaatsingscijfers (CBS-Onderzoek Verplaatsingsgedrag, OVG) op een rij.

En ook zijn er de macroscopische modellen van de SWOV die op geaggregeerd niveau de relatie beschrijven tussen veranderingen die in de loop van de tijd in slachtofferrisico's en motorvoertuigkilometers plaatsvinden. Belangrijke vorderingen werden tevens gemaakt bij de theoretische fundering van de aard van die modellen.

Deze projecten hadden ten doel, uitgaande van zekere ontwikkelingen in de mobiliteit, voorspellingen te kunnen doen over de verkeersonveiligheid. Prognoses van de verkeersonveiligheid in verband met veranderingen in de

mobiliteit zijn recentelijk met de beperkte, tot dan beschikbare hulpmiddelen door de SWOV opgesteld in het kader van het SVV, in dit geval onder meer vanuit de kencijferbenadering voor de onveiligheid van wegvakken, en bijvoorbeeld ook ten behoeve van het "tweewielerbeleid".

Het huidige onderzoek zal een beter instrumentarium moeten opleveren om dergelijke prognoses te kunnen maken en de betrouwbaarheid ervan aan te geven.

Om reeds binnen korte tijd te kunnen voorzien in de beschikbaarheid van een instrument voor verkeersonveiligheidsprognoses op macroniveau, zij het dat de prognoses slechts een beperkte prognosetermijn betreffen, is binnen het onderzoek Mobiliteit en verkeersveiligheid, ook een deelproject "Veiligheidsmodule" bij de mobiliteitsverkenning opgezet.

Daarnaast kwam dit deelproject "Ontwikkeling van een prognosemodel" tot stand dat de mogelijkheid moet openen voor prognoses op een langere termijn, en waarvoor het noodzakelijk is grondiger kennis te verwerven van het onveiligheidsproces in het verkeer en de samenhang daarvan met de mobiliteit. Dit tweede deelproject vergt een aanzienlijk grotere inspanning en zal dus pas veel later kunnen uitmonden in een werkbaar prognose-instrument dan het eerste deelproject.

De voorliggende rapportage doet tussentijds verslag van de voortgang van dit tweede deelproject.

## 2. DOEL VAN HET ONDERZOEK

De kwantitatieve taakstelling van het verkeersveiligheidsbeleid van de overheid vergt behalve uiteraard beleidsinhoud, en financiële en organisatorische kaders, ook dat de ontwikkeling van de verkeersonveiligheid wordt gevolgd en dat wordt ingeschat hoe de toekomstige ontwikkeling zal zijn en welke consequenties bepaalde beleidskeuzen zullen hebben.

De omvang van de verkeersonveiligheid is niet beheersbaar wanneer niet ook de mobiliteit, met name die met motorvoertuigen, naar omvang en aard voldoende wordt beheerst. Mobiliteit geeft als bijverschijnsel immers altijd enige onveiligheid, en daarbij vormt het motorvoertuigverkeer een dominante factor, zowel in de eigen onveiligheid als in die van de tegenpartijen. De verkeersveiligheidsstaakstelling is derhalve niet los te zien van mobiliteitsdoelstellingen van het beleid en van de mate waarin die worden gerealiseerd.

Allereerst is dus van belang na te kunnen gaan welke effecten op de verkeersonveiligheid de mobiliteitsontwikkelingen hebben. De verkeersonveiligheid functioneert als een soort criterium voor het te voeren mobiliteitsbeleid, en hiervan wordt dan de haalbaarheid van veiligheidstaakstellingen afgeleid.

Maar ook moet het gezichtspunt van de verkeersveiligheid zelf actief argumenten kunnen aandragen voor de keuze van richtingen in het op te stellen verkeers- en vervoerbeleid.

Binnen de gegeven mobiliteit kan het verkeersveiligheidsbeleid daarnaast langs de twee MPV-hoofdlijnen gestalte krijgen.

Eerste hoofdlijn is de beheersing van het verkeer uit veiligheidsoogpunt, werken aan een 'duurzaam veilig' verkeers- en vervoersysteem dus.

Tweede hoofdlijn is het oplossen van veiligheidsknelpunten in het huidige systeem.

Voor een belangrijk deel gaat het hier om de voortzetting, actualisering en intensivering van bestaand en bij te stellen beleid, met precrash-, crash- en postcrash-aspecten, en zowel gericht op infrastructuur en vervoermiddelen, als op de verkeersdeelnemers en de organisatie van het verkeer.

De veiligheidsimplicaties van dit beleid uiteten zich tegelijk met de doorwerking van allerlei andere veranderingen in het verkeer, afgezien van verschuivingen in de mobiliteit, in principe in de vorm van een doorgaande en telkens te actualiseren trend in de ontwikkeling van de verkeersonveiligheid.

Het feitelijke verloop van de onveiligheid in de tijd vertoont derhalve het gecombineerde effect van twee invloedsfactoren die hier relevant zijn: de mobiliteitsontwikkeling aan de ene kant, en de algehele trend daarin aan de andere kant.

Het gecombineerde effect moet in deze twee componenten worden uiteen gelegd om te kunnen bepalen waar de mogelijkheden van mobiliteitsdoelstellingen voor het verkeersveiligheidsbeleid liggen.

Mede gezien de ingewikkeldheid van deze problematiek is voor het onderzoek een tweesporige aanpak gekozen.

Voor prognoses op macroniveau over een beperkter prognosetijdvak is binnen het onderzoek Mobiliteit en verkeersveiligheid een deelproject "Veiligheidsmodule" opgezet. Bedoeling van dit deelproject is, op betrekkelijk korte termijn een werkbare vorm van een prognose-instrument te hebben ontworpen, dat gebruik maakt van de mobiliteitsprognoses uit de "mobiliteitsverkenner" van INRO-TNO/IVVS.

Het deelproject "Prognosemodel", dat onderwerp is van dit interimrapport, beoogt een prognosemethodiek tot stand te brengen voor verkeersonveiligheidsprognoses op macroniveau over een langer prognosetijdvak. Hiervoor is nodig dat een fundamenteeler inzicht ontstaat in de ontwikkeling van de onveiligheid en in de relatie tussen onveiligheid en mobiliteit. Ook de mate van differentiatie en detaillering moet groter zijn dan bij het deelproject "Veiligheidsmodule". Dit impliceert mede dat de mobiliteitsprognoses uit de mobiliteitsverkenner niet meer voldoen, en dus andere mobiliteitsmodellen dienen te worden aangesproken, zoals het "landelijk-model-systeem Verkeer en Vervoer van HCG/DVK en regionale verbijzonderingen daarvan. Overigens zullen dergelijke mobiliteitsprognoses steeds eerst nog op een voor de verkeersveiligheid relevante wijze nader moeten worden uitgewerkt.



Door deze opzet behoeft dit deelproject een veel langere ontwikkelingsfase, er zullen meerdere stappen nodig zijn om een algemeen bruikbaar prognose-instrument af kunnen leveren.

Doel van beide deelprojecten is de verkeersonveiligheid vooruit te kunnen berekenen en daarbij tevens zichtbaar te kunnen maken welke gevolgen voor de verkeersonveiligheid zijn verbonden met veranderingen in de mobiliteit. Omgekeerd dienen ontwikkelingen in de mobiliteit te kunnen worden aangewezen die de verkeersveiligheid zullen bevorderen.

Het deelproject "Prognosemodel" onderscheidt zich door de langere prognose-termijn en al wat daarmee samenhangt in de sfeer van het te hanteren onveiligheidsconcept, de mate van differentiatie en detaillering, en het gegevensgebruik.

De termijn waarvoor prognoses van de verkeersonveiligheid met enige betrouwbaarheid zijn op te stellen hangt af van de deugdelijkheid van de mobiliteitsprognoses, en van de uiteindelijke kwaliteit zowel van het prognosemodel en de theorie over de relatie tussen de mobiliteit en de verkeersonveiligheid daarachter, als van de verwachtingen over de risico-ontwikkelingen.

Controle op de kwaliteit van de prognoses maakt een wezenlijk deel uit van het onderzoek. Een voldoende evaluatie en de noodzakelijke bijstellingen van het prognosemodel dienen te hebben plaatsgevonden alvorens een operationele versie van het model voor gebruik ter beschikking kan staan.

De rekenprocedures van het model zijn dan over een zekere periode en met nieuw cijfermateriaal aan een nauwkeurige en kritische beoordeling onderworpen geweest en aan internationale ontwikkelingen getoetst.

Het prognosemodel zal de kwaliteit van de prognoses tot uitdrukking brengen, bijvoorbeeld door de prognoses te voorzien van betrouwbaarheidsintervallen.

Eindproduct van het deelproject moet een betrouwbaar prognosemodel worden, dat in de vorm van een goed hanteerbaar computerprogramma beschikbaar zal zijn voor met name de beleidsmedewerker en de onderzoeker. Het programma biedt hen daarbij diverse relevante opties, zowel aan de input-, als aan de outputkant.

Er zal voor worden gezorgd dat ook in de ontwikkelingsfase de resultaten van modeltoepassingen in een bruikbare vorm ter beschikking komen.

### 3. PROGNOSES VAN DE VERKEERSONVEILIGHEID

Prognoses beogen een zo goed mogelijke inschatting te zijn van de meetwaarde voor enig kenmerk in een toekomstige situatie.

In ons geval gaat het om prognoses van de landelijke of regionale verkeersonveiligheid in enig toekomstig tijdvak. De verkeersonveiligheid kunnen we daarbij met name uitdrukken in aantallen ernstig-gewonde slachtoffers, of aantallen verkeersdoden.

De methoden die worden gebruikt om dergelijke prognoses tot stand te brengen gaan uit van twee basisveronderstellingen.

Allereerst moet uit de meetwaarden die over het verleden beschikbaar zijn en die betrekking kunnen hebben op verschillende segmenten van de werkelijkheid, toereikend lering voor de toekomst te trekken zijn.

En bovendien moet de configuratie van relevante, eventueel niet waargenomen kenmerken binnen de segmenten waarbij de meetwaarden horen, niet te veel veranderen, met andere woorden het 'systeem' waarbinnen de meetwaarden worden bepaald moet wel op ongeveer dezelfde wijze blijven functioneren.

Om deze veronderstellingen toe te lichten nemen we het volgende voorbeeld. We kunnen thans constateren dat het risico voor ouderen in het verkeer groot is ten opzichte van dat voor de meeste andere leeftijdsgroepen. Gezien de vergrijzing van de bevolking zou dit inhouden dat de verkeersonveiligheid, als er verder niets gebeurt, in de toekomst toe gaat nemen. De vraag mag echter worden gesteld of inderdaad ook voor de toekomstige oudere het verkeersrisico wel zo groot zal zijn, tenslotte heeft de nieuwe generatie ouderen doorsnee bijvoorbeeld belangrijk meer verkeerservaring dan de huidige.

Ongetwijfeld is het veel te simpel om het heden op dit punt zonder meer vooruit te projecteren en gaat de eerste basisveronderstelling voor prognoses hier onvoldoende op.

We kunnen het probleem aanpakken door ons een beeld te vormen van het verkeersprofiel van de toekomstige generatie ouderen en in de huidige generatie op zoek te gaan naar ouderen die nu een dergelijk profiel hebben. Wellicht dat hun verkeersrisico dicht zal liggen bij het verkeersrisico voor de toekomstige ouderen.

De manier waarop we de kwestie dan hebben opgelost ligt in lijn met de tweede basisveronderstelling voor prognoses. De huidige generatie ouderen is samengesteld uit een grote groep die betrekkelijk weinig verkeerservaring heeft en een groot verkeersrisico, alsmede een kleine groep met veel verkeerservaring en een gering risico. In de toekomstige generatie ouderen is het net andersom. Bij het opstellen van prognoses moet dus voor de groep ouderen worden rekening gehouden met het kenmerk: verkeerservaring, dit hier bij wijze van voorbeeld.

Het verkeersrisico in de groep ouderen verandert in de loop van de tijd in dit geval doordat de samenstelling van de groep wijzigt en de afzonderlijke deelgroepen verschillende risico's hebben.

Maar uiteraard ligt daar niet de enige oorzaak van veranderingen in de risico's. Om allerlei redenen die onder meer te maken hebben met de voortdurende aanpassingen van infrastructuur en vervoermiddelenpark, zit er ook beweging in de getalwaarden van de risico's zelf.

Behalve de feitelijke getalwaarden kunnen dus ook de ontwikkelingen die daarin plaatsvinden naar de toekomst worden doorgetrokken. Prognoses gaan er dan van uit dat tevens bepaalde mechanismen uit het verleden straks nog werkzaam zullen zijn.

Probleem is natuurlijk de kenmerken en mechanismen op te sporen die zowel staan voor relevante verschuivingen in onderlinge gewichtsverhoudingen van verkeersdeelnemergroepen, als voor belangrijke verschillen in verkeersrisico of de ontwikkeling daarvan.

En vervolgens moeten er dan ook nog cijfers bij worden gevonden, van een registratiekwaliteit die een goede gelijkwaardigheid door de tijd waarborgt.

Voor de prognose van de toekomstige onveiligheid werd in het voorbeeld een vergrijzing van de bevolking aangenomen. Als de idee van de vergrijzing zou berusten op foutieve bevolkingsprognoses, of als ouderen in de toekomst minder dan thans blijken terug te gaan van auto- naar fietsgebruik en lopen, hebben we natuurlijk niet veel aan de verkeersonveiligheidsprognoses. Slechts onder externe voorwaarden kunnen deze prognoses dus geldigheid hebben.



In het gegeven voorbeeld is ook sprake van een begrip 'verkeersrisico'. Het gaat hier om een soort onveiligheidsmaat als eigenschap van het verkeers- en vervoersysteem. De getalwaarde van het risico, die uiteraard mee kan veranderen met het verkeers- en vervoersysteem, hangt als zodanig niet af van de mate waarin het systeem gebruikt wordt (de onveiligheids-expositie). Gebruik en risico bepalen samen de onveiligheid.

Het ontstaansproces van onveiligheid verloopt daarbij in fasen. We kunnen dat als volgt aanduiden: zonder verkeer geen verkeersongevallen, en zonder verkeersongevallen geen verkeersslachtoffers.

De veiligheidstheoretische onderbouwing van het toe te passen risicoconcept en de fasering daarin, met hun implicaties voor de inhoud van het expositiebegrip, beïnvloedt in grote mate de kwaliteit van de onveiligheidsprognoses.

Eveneens belangrijk is dat de prognoses zijn gebaseerd op een goed model van de mechanismen die het te voorspellen verschijnsel bepalen en erop inwerken. We hadden het al over de ontwikkeling in de getalwaarde van het risico, over de aan te brengen fasering, en over de door te voeren segmentering.

Denkbaar is dat er in werkelijkheid mechanismen werkzaam zijn die, buiten het te voeren beleid om, het ontstaan van bepaalde situaties verhinderen, of dat van andere juist bevorderen.

Bijvoorbeeld heeft in het verleden de verontrustende verkeersonveiligheid van jonge kinderen tot gevolg gehad dat ouders, in een vicieuze cirkel van toenemend autoverkeer en nóg meer dreiging, hun kleuters met de auto naar en van school brachten en haalden.

In het model kan aan het bestaan van dergelijke soorten terug-, tegen- of meekoppeling op twee niveaus uitdrukking worden gegeven.

De mechanismen zijn meer of minder expliciet opbouwelement te maken van de modelstructuur, zoals dat in systeemodynamische of evenwichtsmodellen gebeurt.

Ze kunnen ook worden ingebracht in de vorm van toegestane beschrijvingsfuncties, of functies waarvan het bereik binnen de op te leggen grenzen blijft die de bodem- en verzadigingsniveaus van de verschijnselen stellen.

In een volgend hoofdstuk gaan we nader op deze aspecten in.

Beschikken we tenslotte over een prognose die op een deugdelijke en althans enigszins op de betrouwbaarheid van de resultaten gecontroleerde wijze is tot stand gebracht dan kunnen we er mee aan het werk.

De prognose vervult daarbij, afhankelijk van onze invalshoek, een aantal verschillende functies.

Omdat de prognose een goede voorspelling van een toekomstige situatie bedoelt te zijn, kan deze nieuwe situatie als uitgangspunt worden genomen. Opgave is dan tot die maatregelen te komen die een zo naadloos mogelijke overgang van de huidige naar de nieuwe situatie garanderen.

Bijvoorbeeld vergt de ontgroening van de bevolking en de mede daarop gebaseerde concentratie van scholen dat er een structuur van veilige fietspaden ontstaat.

De prognose kan ook worden gebruikt om te onderzoeken of de in gang gezette ontwikkelingen de goede richting en uitwerking hebben. Zo ja, dan mogen ze worden ondersteund, het beleid kan op de ingeslagen weg voortgaan en mogelijk worden geïntensiveerd.

Zo nee, dan dient er iets te gebeuren. De prognose toont aan dat voortzetting van de gevolgde ontwikkelings- en beleidslijnen tot een niet aanvaardbare nieuwe situatie en negatieve consequenties leidt. Er moet een ander beleid worden geformuleerd, en zodoende draagt de prognose zelf ertoe bij dat althans deze voorspelling niet zal uitkomen.

Allerlei elementen in de opbouw van de prognose kunnen worden onderworpen aan manipulaties om na te gaan hoe gewenste effecten zijn te bereiken, waarmee overigens een min of meer nieuwe, in feite scenario-achtige dimensie in de prognoses is geïntroduceerd. Het levert bouwstenen op voor het nieuwe beleid. Opgave is vervolgens, mogelijkheden te vinden van maatregelen die de uitgezochte manipulaties van achtergrond voorzien.

Uiteraard kan de gedachtenvorming over alternatieve beleidsscenario's ook op een andere manier geschieden en uit andere bronnen worden gevoed.

De prognoses die op grond van dergelijke scenario's tot stand komen laten zien wat de gevolgen van verschillende beleidsalternatieven zullen zijn voor de verkeersonveiligheid. Dit opent het perspectief de beleidsscenario's met elkaar te vergelijken en onderling af te wegen.

Op deze wijze ontstaat tevens de gelegenheid achteraf het verkeersveiligheidseffect te bepalen van het gevoerde nieuwe beleid ten opzichte van de situatie dat het oude beleid zou zijn voortgezet. Ook in de sfeer van de beleidsevaluatie kunnen prognoses dus dienst doen.

#### 4. OPZET VAN HET ONDERZOEK

##### 4.1. Algemeen

Het verkeer is onderhevig aan een veelvormig proces van doorlopende verandering. Niet alleen de mobiliteit verandert, maar ook de omstandigheden waaronder die plaatsvindt.

Dit blijft niet zonder gevolgen voor de verkeersveiligheid. Hoofdvraag van het onderzoek is welke relatie er tussen de veranderingen en de onveiligheid bestaat, en wat op grond van die relatie te zeggen valt over de toekomstige ontwikkeling van de verkeersonveiligheid.

De mate van verkeersonveiligheid hangt samen met de omvang, de opbouw en de samenstelling van het verkeer. Wijzigingen hierin leiden tot veranderingen in de grootte van de onveiligheid.

Het onderzoek beoogt de invloed van mobiliteitswijzigingen te onderscheiden van die van de overige ontwikkelingen die in het verkeer optreden, zodat niet alleen een prognose kan worden gegeven van het toekomstige algehele verloop van de onveiligheid, maar ook van de effecten die mogelijke ombuigingen in de mobiliteit hierop hebben.

Om goede prognoses te kunnen opstellen moet een betrouwbare prognosemethodiek worden ontworpen. Bedoeling van het onderzoek is uiteindelijk deze methodiek te implementeren in een computerprogramma en dit programma te voorzien van een zodanige gebruikersinterface dat beleidsmedewerkers en onderzoekers snel en eenvoudig de door hen gezochte uitkomsten kunnen verkrijgen.

De eerste fase van het onderzoek, waarover hier wordt gerapporteerd, behelst dus het tot stand brengen van een methodiek voor het vervaardigen van verkeersonveiligheidsprognoses die op effectieve wijze de invloed van verschuivingen in de mobiliteit zichtbaar maken.

In het voorgaande hoofdstuk is al aangeduid dat deze prognosemethodiek uit vier basiselementen wordt opgebouwd.

##### 4.2. Het model

Allereerst is een model nodig van de verkeersonveiligheid. Daaraan moet een risicoconcept ten grondslag liggen, waarin, gezien de doelstelling van

het onderzoek, de mobiliteit een parameter vormt. Wanneer mensen meer verkeer genereren en zodoende bij gelijkblijvende risico's gezamenlijk een grotere risico-'expositie' ontwikkelen, zal er in statistische zin gemiddeld ook sprake zijn van meer verkeersonveiligheid.

Risico staat nu voor de onveiligheid gecorrigeerd voor de mate van blootstelling eraan. Anders gezegd, risico is een eigenschap van het verkeers- en vervoersysteem als zodanig.

De hoogte van het risico wordt bepaald door het systeem, maar is primair onafhankelijk van de mate waarin het systeem wordt gebruikt. Daarbij zijn aan elk verkeerssysteem met zijn eigen karakteristieken en vormen van gebruik, weer andere risicowaarden verbonden.

Neemt binnen het verkeerssysteem de omvang van het verkeer sterk toe dan treedt een tweede-orde-effect op, de risicowaarden veranderen dan ook zelf, vooral als gevolg van de invloed die de gestegen verkeersintensiteit uitoefent als parameter van de onveiligheid.

Het beschreven risicoconcept legt de structuur van het toe te passen verkeersonveiligheidsmodel globaal vast. Het houdt in dat er in principe twee soorten cijfers nodig zijn voor een prognose: risicocijfers voor het prognosejaar aan de ene kant, en de bijbehorende expositiecijfers aan de andere kant. De gezochte prognose voor de omvang van de onveiligheid ontstaat als het onderlinge produkt van de cijfers.

#### 4.3. De fasering

In het verkeersonveiligheidsmodel moet als tweede basiselement worden ingebouwd dat de onveiligheid in een gefaseerd proces tot stand komt, beginnend bij de verkeersdeelname en via ongevallen uitmondend in slachtoffers en blijvend mindervaliden.

Het risicoconcept en de mate van fasering die de prognosemethodiek vereist om betrouwbare resultaten te kunnen leveren vormen, samen met hun implicaties onder meer voor de relatie van de expositie met de mobiliteit, onderwerp van een nadere uitwerking en operationalisatie.

#### 4.4. De segmentering

Derde basiselement in de prognosemethodiek betreft de segmentering die in het verkeersonveiligheidsmodel moet worden aangebracht. De onveiligheid

onderscheidt zich immers naar kenmerken van de verkeersdeelname, van de verkeersdeelnemer, en van de verkeers-, weg- en ongevallensituatie.

Van hoofdbelang voor het model zijn, naast uiteraard het jaar, in elk geval vervoerwijze- en wegtypegebruik, en leeftijd en geslacht van de verkeersdeelnemers.

Enerzijds lopen de verkeersrisico's beduidend uiteen volgens deze kenmerken van de mobiliteit, zodat veranderingen in de verdelingen van het verkeer over deze kenmerken hun gevolgen zullen hebben voor de onveiligheid. Anderzijds streeft het (verkeersveiligheids)beleid van de overheid juist na dat dergelijke verschuivingen in de mobiliteit optreden.

Behalve door deze verschuivingen in de mobiliteit veranderen de risico's ook zèlf continu in de vorm van een soort algemene trend.

Ze kunnen binnen de segmenten tevens als tweede-orde-effect van de verschuivingen veranderen als uitvloeisel van de zich wijzigende onderlinge inwerkingen van de vervoerwijzen op elkaar, bijvoorbeeld is de automobilist eerder bedacht op fietsers als hun aanwezigheid in het verkeersbeeld algemener is. De prognosemethodiek zal met dergelijke secundaire effecten alleen rekening kunnen houden voorzover ze al deel uitmaken van de bestaande algemene trend.

#### 4.5. De rekenprocedures

Laatste basiselement van de prognosemethodiek tenslotte is de aard en de vorm van de toe te passen mechanismen en functies die de risico-ontwikkeling moeten beschrijven.

Na het onveiligheidsconcept, de fasering van het risico, en de segmentering binnen het onveiligheidsmodel, is een kernprobleem van het onderzoek, de prognosemethodiek te voorzien van de twee soorten cijfers die voor de prognose nodig zijn: de mobiliteitscijfers voor het prognosejaar, en de bijbehorende risicocijfers.

De mobiliteitscijfers komen in principe uit externe bron, met name wordt gedacht aan het landelijk-modelsysteem, maar de segmentatie waarom de verkeersveiligheid vraagt zal daarin deels nog met behulp van een binnen het onderzoek te ontwerpen toedelingsprocedure moeten worden aangebracht.

Voor het bepalen van de risicocijfers voor het prognosejaar moet het onderzoek eveneens een procedure ontwikkelen.

De risico's volgen per segment een soort 'algemene trend in de tijd', een

netto 'macrotrend', die het resultaat is van de doorlopende aanpassingen die aan de wegen, de vervoermiddelen en bijvoorbeeld in de rij-opleiding plaatsvinden. Deze algemene trends moeten worden vastgesteld om ze te kunnen onderscheiden van de mobiliteitsinvloeden.

De onveiligheid ondervindt daarnaast de effecten van verschuivingen in de mobiliteit, waardoor de risico's in de loop van de tijd niet meer met dezelfde gewichten meetellen. In de prognosemethodiek komen deze effecten tot gelding door de getalwaarden van de expositiemaat.

Voorlopig zien we ervan af te proberen om een expliciet terugkoppelmechanisme in de methodiek op te nemen. Daarmee beperkt het onderzoek zich ertoe in de te ontwerpen rekenroutines te beginnen met een kleine set eenvoudige functies van een toepasselijke karakteristiek. Voor deze fase van het onderzoek ontstaan op deze manier voldoende betrouwbare inschattingen van de risicocijfers.

#### 4.6. De werkwijze

De te volgen werkwijze voorziet in stappen waarbij steeds vanuit het al gevormde model, nieuwe delen van de prognoseproblematiek in kaart kunnen worden gebracht en aan praktische oplossingen kan worden gewerkt, zonder ineens en tegelijk alles overhoop te halen. Intussen zal een kwalitatief voortdurend beter tussenprodukt tot stand komen, dat al tijdens het onderzoek voor een aantal praktische toepassingen bruikbaar moet zijn.

De ontwikkeling van de prognosemethodiek vindt plaats door op de vier basiselementen stapsgewijze telkens te verbijzonderen. Deze benadering van het prognosevraagstuk vanuit een totaaloptiek voorkomt dat de integratie van de behandelde deelproblemen binnen het model een struikelblok wordt.

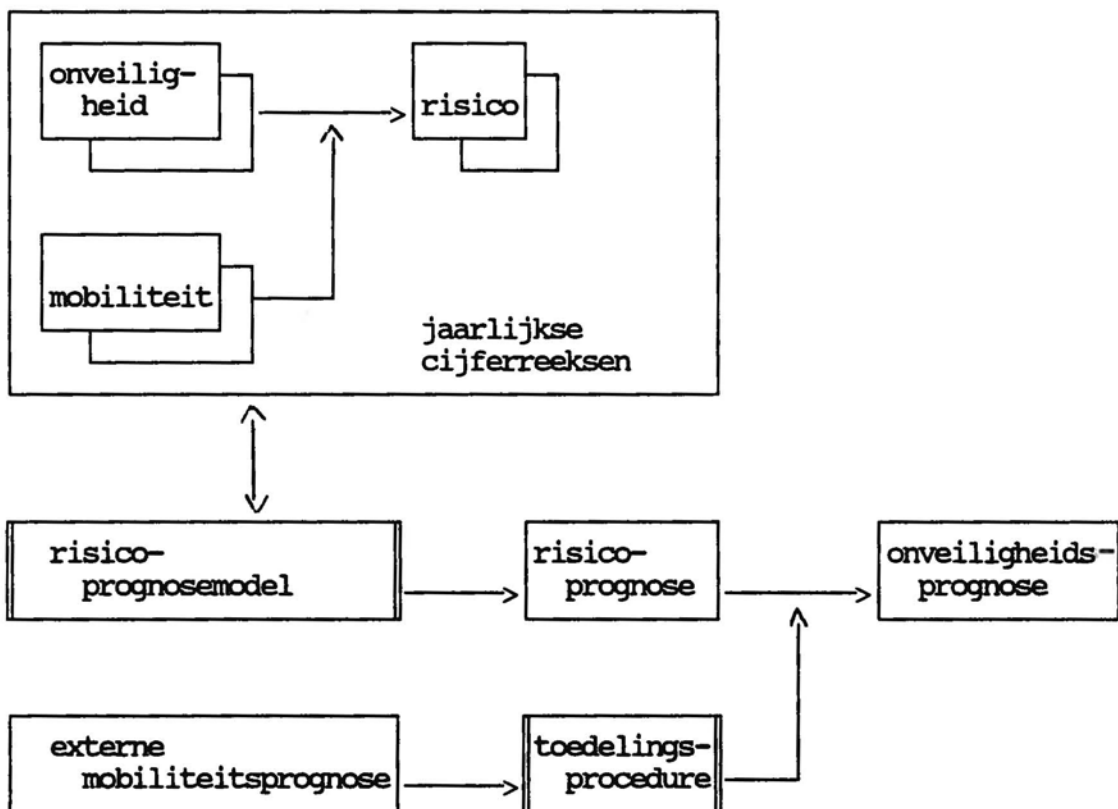


## 5. DE STRUCTUUR VAN HET PROGNOSEMODEL

### 5.1. Algemeen

Voor de kwaliteit van het prognosemodel en de daarmee te berekenen prognoses is van het grootste belang dat het model een goede structuur heeft. De concrete invulling van het model met variabelen, klasse-indelingen en cijferreeksen gebeurt in tweede instantie. Eerst moet ervoor worden gezorgd dat het model goed aansluit bij het verkeersonveiligheidsproces.

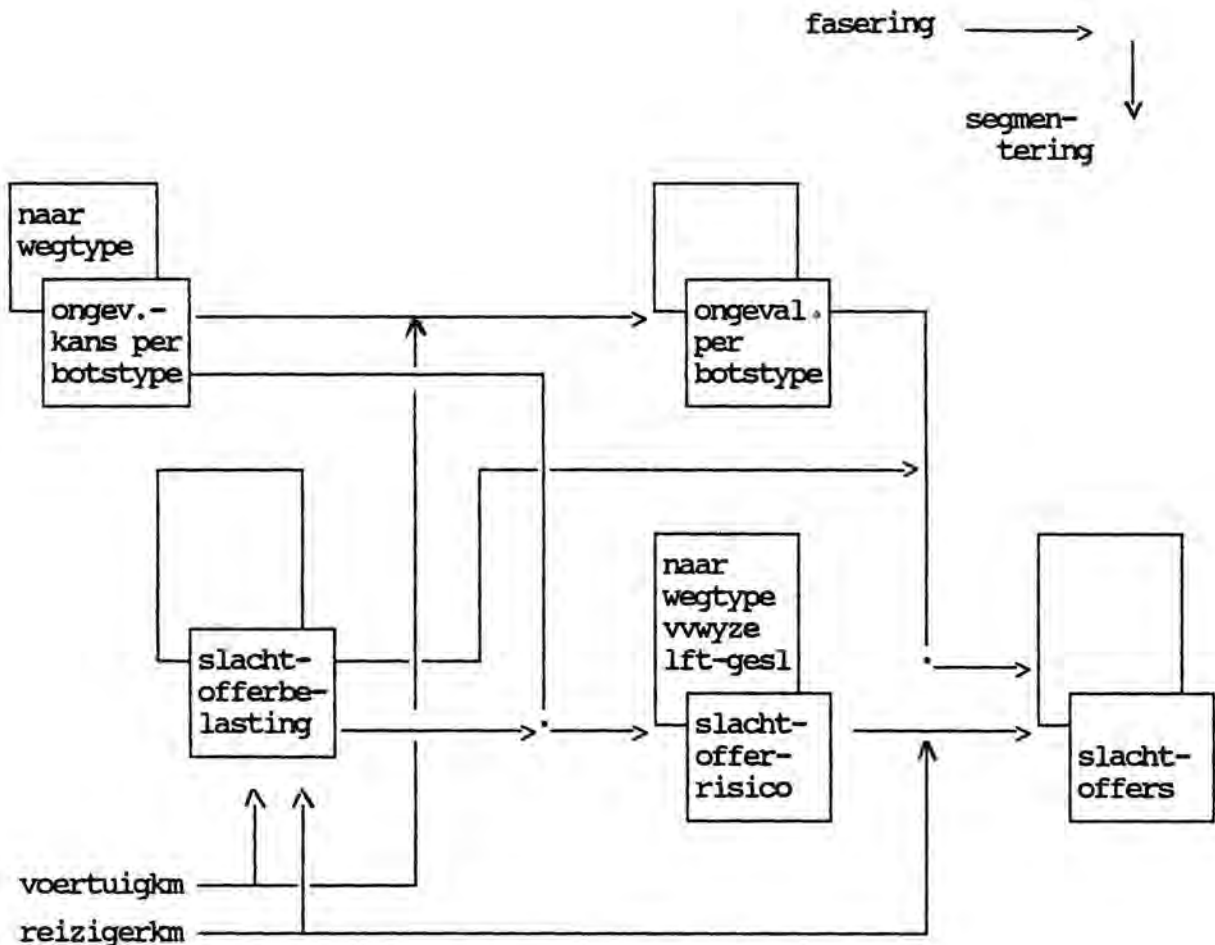
De prognosestructuur die uit de tot dusver gegeven analyse naar voren komt, kunnen we op hoofdlijnen als volgt in schema brengen.



Als in tweede instantie wordt begonnen met de nadere invulling van het prognosemodel zal een zo goed mogelijke afstemming met de modellen van de mobiliteitsprognoses moeten plaatsvinden. Omdat de externe mobiliteitsprognoses desondanks nog niet alle differentiaties kunnen omvatten die voor de verkeersonveiligheidsprognoses noodzakelijk zijn, dienen zij in principe door middel van een te ontwerpen toedelingsprocedure bruikbaar te worden gemaakt voor het risicoprognosemodel, zoals in het schema staat aangegeven.



De prognosemethodiek, waarvan de vier basiselementen in voorgaande hoofdstukken reeds ter sprake kwamen, kunnen we op hoofdlijnen als volgt schematisch in beeld brengen.



In principe is het mogelijk in het schema de ernst van de onveiligheid als variabele toe te voegen, zodat er een onderscheid komt naar zwaar (leidend tot ziekenhuisopname) en dodelijk letsel.

Voor prognoses van aantallen dodelijke ongevallen en aantallen verkeersdoden zal de gegeven disaggregatie echter niet in extenso kunnen worden doorgevoerd, daarvoor gaat het om een segment van relatief te kleine omvang. Hetzelfde geldt trouwens voor meer segmenten, in zo'n geval kan er ook van worden afgezien het onderscheid aan te brengen.

De beide schema's tonen in essentie de structuur van het prognosemodel. Paragraafsgewijze zullen we elk van de vier genoemde basiselementen van de prognosemethodiek van achtergrond en van enige uitwerking voorzien. Bedoeling is duidelijk te maken hoe gedacht wordt de ontwikkeling van het prognosemodel verder aan te pakken en waarom, en welke alternatieven er zijn voor segmenten waarvan de cijfers minder disaggregatie toelaten.

## 5.2. Het model van de verkeersonveiligheid

De concepten van 'risico' en 'expositie' gaan uit van 'elementaire onveiligheidsgebeurtenissen' in het verkeer. De keuze die hier wordt gemaakt is van doorslaggevende betekenis voor de structuur van het te ontwikkelen prognosemodel.

We zullen tenslotte kiezen voor het ongeval als de elementaire gebeurtenis, en voor het ontmoetingenmodel om een relatieve maat van expositie te bepalen. Hierna geven we de overwegingen.

### 5.2.1. De elementaire onveiligheidsgebeurtenis

Wegverkeer ontstaat uit de behoefte van de bevolking zich over de weg te verplaatsen en goederen en diensten te transporteren. Voor het realiseren van verplaatsingen wordt gebruik gemaakt van vervoermiddelen, lopen rekenen we tot een vorm daarvan. De elementaire verplaatsingseenheden van het verkeer zijn dus de vervoermiddelen.

Tijdens het uitvoeren van verplaatsingen kan er iets fout gaan, en dat kan leiden tot onveiligheid. Onveiligheid is zodoende gekoppeld aan een 'gebeurtenis' met vervoermiddelen, een 'ongeval' dus als de elementaire eenheid van onveiligheid in het verkeer. Als zodanig is de gebeurtenis zelf niet de onveiligheid, maar hij is er de oorzaak van.

Voor de verkeersveiligheid zijn de gevolgen in termen van slachtoffers en, wat breder, verlies uiteindelijk het belangrijkste.

Verkeersonveiligheid kan worden opgevat als een eigenschap van het verkeers- en vervoersysteem. De onveiligheid komt dan tot stand door gebruik van het systeem (onveiligheidsexpositie) en krijgt met name uitdrukking in de vorm van aantallen ongevallen, slachtoffers, en blijvend mindervaliden.

Een ongeval is op zich een complex fenomeen. Het ontstaat uit een 'ontmoeting' van een of meer vervoermiddelen, waarbij iets verkeerd ging. Alle in- of opzittenden van de vervoermiddelen hebben risico gelopen, maar niet in of op alle vervoermiddelen vallen slachtoffers, en voorzover een vervoermiddel slachtoffers heeft hoeft het niet om alle in- of opzittenden te gaan.

Hoewel het ongeval staat voor de elementaire onveiligheidsgebeurtenis in het verkeer, is daarvan in het onveiligheidsmodel enigszins te abstraheren.

Onder voorwaarden kan er een minder rechtstreekse 'gebeurtenis' voor in de plaats worden gesteld.

In zijn eenvoudigste gedaante gaat het model direct uit van verkeersdoden en -gewonden. Het ontstaan van slachtoffers is dan de soort 'elementaire onveiligheidsgebeurtenis' waarop het model berust.

Alternatief kan het model ook zijn opgebouwd vanuit de betrokkenheid van vervoermiddelen bij de onveiligheid. Er is dan een extra stap nodig in het model om op het niveau te geraken van de slachtoffers die in of op die vervoermiddelen vallen.

Drie mogelijkheden van modellen hebben we dus, oplopend in graad van complexiteit: een verkeersdeelnemersmodel, met als hoofdlijn dat onder verkeersdeelnemers slachtoffers vallen; een vervoermiddelenmodel, met als hoofdlijn dat er onder de vervoermiddelen bij ongevallen betrokken raken; en een 'ontmoetingen'-model, met als hoofdlijn dat 'ontmoetingen' soms tot een ongeval leiden.

Het grote verschil tussen de modellen zit enerzijds in de mate waarin tussenstappen moeten worden gezet naar slachtoffers, anderzijds in de bijbehorende expositiematen.

De prognosemethodiek zal uitgaan van het ontmoetingenmodel omdat de interactie tussen de vervoerwijzen daarin structureel aanwezig is, uiteraard in het ongeval aan de onveiligheidskant, en dan ook door de keuze van expositiegraad aan de mobiliteitskant, we komen hier nog op terug. Veranderingen in de mobiliteit werken op deze wijze het meest direct door.

#### 5.2.2. De risico- en expositieconcepten

Het ongeval als onveiligheidsgebeurtenis in het verkeer houdt tegelijk in dat er vervoermiddelen bij betrokken zijn en verkeersdeelnemers, onder wie de slachtoffers.

Anders geformuleerd, de gebeurtenis heeft een aantal gevolgen. Deze zijn niet de gebeurtenis, ze zijn er alleen mee verbonden en bepalen de ernst, en het 'verlies', ook al wordt de gebeurtenis pas op grond van juist die ernst geregistreerd en dus bekend.

De aantallen ongevallen, betrokken vervoermiddelen en slachtoffers per tijdsduur leveren daarbij in absolute zin een schatting op voor de omvang van de onveiligheid.

Gegeven een bepaald verkeerssysteem en gegeven een bepaalde wijze van verkeer daarbinnen zullen deze aantallen echter, behalve uiteraard met de lengte van de telperiode, ook en algemener met de mate van gebruik van het systeem variëren, bij een langer of vaker gebruik wordt immers in principe evenredig meer blootgestaan aan verkeersrisico's, daar hoort ook een evenredig grotere kans bij dat er wat fout gaat, en omgekeerd.

Door de onveiligheid te normeren op het gebruik over dezelfde tijd, dit gebruik geldt dan als 'expositie', kan derhalve binnen een verkeerssysteem een risicomaat worden gedefinieerd die in eerste aanleg onafhankelijk is van de omvang van het gebruik, en daarbij een getalwaarde heeft die voorlopig een min of meer vaste karakteristiek wordt van het systeem.

De getalwaarde van de risicomaat kan gedacht worden in de tijd aan twee soorten processen onderhevig te zijn: enerzijds veranderingen als gevolg van die verschuivingen tussen de vervoerwijzen die vanwege de inadequate segmentering niet al in de getalwaarde van de expositiemaat tot uitdrukking komen; anderzijds een trendmatige bijstelling op grond van allerlei verdere ontwikkelingen die in het verkeer optreden.

Beide mechanismen zijn over de afgelopen jaren waar te nemen geweest: het veiliger worden van situaties (verbeteringen aan infrastructuur en vervoermiddelen), en een relatieve verschuiving van verkeer naar relatief veiliger situaties (auto- in plaats van (brom)fietsgebruik, routes over snelwegen in plaats van door de bebouwde kom).

### 5.2.3. Het ontmoetingenconcept

Om voor de ongevallen een expositiemaat te vinden beschrijven we eerst wat er aan een ongeval voorafgaat, de verplaatsing, en de 'ontmoeting'.

De verplaatsings- en vervoerbehoefden van de bevolking leiden tot de deelname met vervoermiddelen (lopen hierin begrepen) aan het verkeer.

Reizigerkilometers worden zo gerealiseerd door voertuigkilometers.

Vervoermiddelen zijn voor de verkeersonveiligheid de primaire elementen waaruit het verkeer is opgebouwd.

Verplaatsingen kenmerken zich daarbij primair door de categorie van het vervoermiddel waarmee en het type weg waarover ze plaats vinden, alsmede door de leeftijd en het geslacht van de persoon die ze maakt.

De verplaatsingsbehoeften, de afgelegde afstanden, de gebruikte vervoerwijzen worden mede bepaald door de ruimtelijke ordening en de structuur van de samenleving. De ene manier waarop in de maatschappij zaken geregeld zijn vraagt meer verkeer dan een andere.

Onveiligheid kan pas ontstaan als een vervoermiddel tijdens de verplaatsing 'in de buurt' komt van een ander vervoermiddel of van een botsobject aan de weg. Er moet dus sprake zijn van een 'ontmoeting' van vervoermiddelen onderling, of van een vervoermiddel bijvoorbeeld met wegmeubilair. Een ontmoeting wordt gekenmerkt door de categorieën vervoermiddelen die erbij zijn betrokken. Het verkeer doet daarbij afhankelijk van de manier waarop het is georganiseerd meer of minder een beroep op kennis, inzicht, verantwoordelijkheid en vaardigheden van de bestuurder, en laat hem meer of minder vrijheidsgraden in het handelen.

Vervoermiddelen die aan het verkeer deelnemen hebben een zekere kans op ontmoetingen met andere vervoermiddelen. De grootte van deze kans zal mede ervan afhangen in welke mate en met welke vervoermiddelcategorieën het verkeerssysteem ontmoetingen toelaat, en de routes langs situaties leiden waar ze niet zijn uitgesloten. De kans voor een vervoermiddel op een ontmoeting met een ander vervoermiddel van een bepaalde categorie zal binnen een gegeven verkeers- en vervoersysteem in het algemeen in verhouding staan tot de mate waarin die categorie op de weg zit.

Een ontmoeting heeft in zich een zekere kans om uit te lopen op een ongeval, zo wordt de ontmoeting gedefinieerd. De grootte van de kans hangt van diverse factoren af, de wegsituatie, de snelheden, manoeuvreermogelijkheden, om er enkele te noemen. Naarmate er meer ontmoetingen plaatsvinden zullen er globaal ook meer ongevallen gebeuren.

Bij het ongeval is het aantal verkeersdeelnemers betrokken dat zich in de vervoermiddelen of het vervoermiddel van het ongeval bevond.

Naarmate de bezetting van de vervoermiddelen groter is gaat het om meer personen. Alle betrokken personen hebben een zeker gevaar gelopen slachtoffer te worden van het ongeval, voor sommigen heeft dat gevaar zich daadwerkelijk gerealiseerd. De grootte van het gevaar hangt wederom van diverse factoren af, de zwaarte van het ongeval, de botsveiligheid van het vervoermiddel, de kwetsbaarheid van de personen. Naarmate er meer personen bij het ongeval betrokken waren zullen er globaal ook meer slachtoffers zijn.



De slachtoffers tenslotte hebben een zekere kans op herstel. De kans is groter als de letsels minder ernstig zijn, de hulpverlening snel en adequaat is, de revalidatie goed werkt.

Uit dit schematisch overzicht blijkt dat zich in het proces van ontstaan van onveiligheid op verschillende niveaus kanssituaties voordoen. Zij laten zien dat er op een aantal dimensies aan de verkeersveiligheid kan worden gewerkt, en tegelijk dus waar ontwikkelingen in de risico's zich kunnen manifesteren.

Als geheel is het schema voor toepassing in de prognosemethodiek veel te uitgebreid, met name ook omdat de bijbehorende cijfers zullen ontbreken. Ontmoetingen leveren in principe als tussenstap een explicietere inbreng van mobiliteitsveranderingen in het onveiligheidsmodel.

Met aantallen slachtoffers als primaire maat voor de verkeersonveiligheid houdt de eerdere keuze voor het ontmoetingenmodel in dat in de prognosemethodiek in elk geval de extra stap van het ongevallen- naar het slachtofferniveau moet worden gezet.

#### 5.2.4. Ontmoetingen als expositiekenmerk

We zullen nu nagaan of het mogelijk is het aantal ontmoetingen te bepalen, zodat dit aantal zou kunnen dienen als expositie voor de ongevallen.

De gebeurtenis in het verkeer waar het hier om gaat draaien is dan de 'ontmoeting' van twee vervoermiddelen, het ene van vervoerwijze x, het andere van vervoerwijze y. Een ontmoeting is de situatie dat er zich op zeker tijdstip van beide vervoerwijzen één vervoermiddel in zekere verkeersruimte bevindt.

De kans dat van een vervoerwijze een vervoermiddel op enig moment enige verkeerslocatie aandoet, is in principe evenredig met de omvang van het verkeer van die vervoerwijze. Of er tegelijk een vervoermiddel van de andere vervoerwijze komt, is daarvan niet afhankelijk.

De kans op een ontmoeting van vervoermiddelen van de ene vervoerwijze x met vervoermiddelen van de andere vervoerwijze y, is zodoende evenredig met het produkt van de verkeersomvang van de vervoerwijzen x en y. De kans op de gespiegelde ontmoeting, van vervoermiddelen y met vervoermiddelen x is even groot. Het aantal ontmoetingen tussen vervoermiddelen van de

ene en de andere vervoerwijze zal derhalve evenredig zijn met het dubbele produkt van de verkeersomvang.

De vraag is nu nog of deze evenredigheid op gelijke wijze geldt voor ontmoetingen binnen één vervoerwijze als voor ontmoetingen tussen twee verschillende vervoerwijzen.

We kunnen die vraag op de volgende wijze benaderen. We gaan uit van de stelling dat de kans op een ontmoeting tussen twee vervoermiddelen (verkeersdeelnemers) niet afhangt van de vraag hoe de vervoermiddelen benoemd worden. In eerste instantie denken we ons dan een gebied met  $N$  vervoermiddelen, die elk even lang en even gespreid door dat gebied rondrijden. Het aantal potentiële ontmoetingen kunnen we in beeld brengen door alle vervoermiddelen horizontaal en verticaal uit te zetten. Het aantal cellen van deze matrix is evenredig met het aantal ontmoetingen en is gelijk aan  $N^2$  (om precies te zijn  $N * (N-1)$  aangezien de diagonaal niet meetelt, deze staat voor het aantal enkelvoudige ongevallen).

We zonderen een groep vervoermiddelen af, en noemen deze bijvoorbeeld fiets. Hiervan zijn er  $n$ . De rest,  $(N-n) = m$ , noemen we bijvoorbeeld auto. De matrix wordt dan als volgt in vier blokken verdeeld:

1	auto - auto		auto - fiets	
2				
3	fiets - auto		fiets - fiets	
.				
(n-1)	fiets - auto		fiets - fiets	
n				
(n+1)	fiets - auto		fiets - fiets	
.				
.	fiets - auto		fiets - fiets	
(N-1)				
N	1 2 3 ... (n-1) n		(n+1) ... (N-1) N	

Het aantal ontmoetingen binnen de eerste groep vervoermiddelen is nu evenredig met  $n^2$ , binnen de tweede met  $m^2$ . De andere twee rechthoeken representeren ontmoetingen tussen de fietsen en de auto's. Het aantal cellen binnen deze rechthoeken is  $2 * (n*m)$ . Voor beide typen ontmoetingen geldt dus dat dit aantal evenredig is met het produkt van de verkeersstromen.

Stel we hebben over één tijdeenheid  $n$  volkomen identieke gesloten gebieden (bijvoorbeeld wegvakken, of steden), dan wel van één gebied  $n$  identieke tijdeenheden (met dus alle volledig hetzelfde verkeer).

Stel in zo'n gebied zijn, per tijdeenheid, van vervoerwijzen  $x$  en  $y$  de hoeveelheden verkeer  $V_x$  en  $V_y$ , en doen zich tussen deze vervoerwijzen  $H_{xy}$  ontmoetingen voor. In totaal leveren de twee vervoerwijzen dan de hoeveelheden  $n.V_x$  en  $n.V_y$  verkeer en zijn er  $n.H_{xy}$  ontmoetingen.

Stel binnen een gebied neemt, zonder verdere veranderingen en dus ook bij gelijkblijvende infrastructuur, de hoeveelheid verkeer van vervoerwijze  $x$  per tijdeenheid toe of af, tot  $a_1.V_x$ .

Het aantal ontmoetingen van de vervoerwijzen wordt dan  $a_1.H_{xy}$  per tijdeenheid in dit gebied, aannemende dat geen secundaire effecten optreden bijvoorbeeld als gevolg van de hogere verkeersdichtheden.

Stel in het gebied wijzigt, opnieuw zonder verdere veranderingen, ook de hoeveelheid verkeer van  $y$  per tijdeenheid, en wel tot  $a_2.V_y$ . Het aantal ontmoetingen per tijdeenheid is er dan  $a_1.a_2.H_{xy}$ .

We zien dus dat de ene situatie met  $n.V_x$  en  $n.V_y$  verkeer tot  $n.H_{xy}$  ontmoetingen aanleiding geeft. De andere situatie leidt, bij vervanging van  $a_1$  en  $a_2$  door  $n$ , tot  $n^2.H_{xy}$  ontmoetingen, bij hetzelfde verkeer.

Natuurlijk komt dit omdat we in het laatste geval de mogelijkheid van ontmoetingen tussen vervoermiddelen uit verschillende subsets van het verkeer onderling, niet hebben uitgesloten. Realistisch is dat allerminst, tenslotte zal verkeer uit bijvoorbeeld Limburg in de praktijk buitengewoon weinig met verkeer uit de kop van Noord-Holland te maken hebben, ontmoet het verkeer op een autosnelweg niet het verkeer van de tegenrichting en zijn ontmoetingen tussen ochtend- en middagverkeer onmogelijk.

De conclusie uit deze beschouwing is dat de kans op een ongeval gegeven een ontmoeting, hoogstens op een evenredigheidsfactor na kan worden bepaald en dat deze dan nog geenszins voor alle omstandigheden een vaste waarde heeft, niet voor de onderscheidene vervoerwijzen, en evenmin in de onderlinge vergelijking van regio's bijvoorbeeld.

De verkeersstructuur van een regio kan behalve door verkeergenererende aspecten ook van die van een andere regio verschillen door de mate waarin ontmoetingen tussen vervoermiddelen feitelijk zullen bestaan, het gaat dan



met name om verkeer over enkelbaans wegen en op gelijkvloerse en niet (goed) geregelde kruisingen. Voor de onveiligheid vormt bijvoorbeeld de kruispunt dichtheid in de regio een belangrijke omstandigheid, is deze vanwege de uitgestrektheid van een regio relatief gering dan zit tussen onveiligheid en verkeersomvang mogelijk alleen hierdoor al een lagere evenredigheidsfactor.

Er werd overigens al op gewezen dat de voorhanden gegevens niet toereikend zijn om onderscheid te kunnen maken tussen de grootte van de kans op een ongeval gegeven een ontmoeting enerzijds, en de hoeveelheid ontmoetingen anderzijds, hoezeer we ook geïnteresseerd zouden zijn in beider samenhang met ontwikkelingen in de mobiliteit afzonderlijk.

Behoudens door de genoemde tijdschema's, verkeersgebieden, infrastructurele elementen en verkeersomvangen, wordt de onveiligheid nog mede bepaald door een fenomeen als de sliertvorming in verkeersstromen. Immers hierdoor zijn de kansen dat vervoermiddelen van een bepaalde vervoerwijze op een gegeven ogenblik op een gegeven plaats aanwezig zijn niet onafhankelijk van elkaar en dit beïnvloedt de kans op het ontstaan van een ongeval, als uitvloeisel dus van drukker en meer geregeld, niet rechtstreeks van méér verkeer.

Stel de vervoermiddelen van vervoerwijze  $x$  van hierboven komen uitsluitend voor in (kleine) groepjes ter grootte  $c$ . De ontmoeting van een vervoermiddel van vervoerwijze  $y$  met een vervoer-middel van vervoerwijze  $x$  is dan de ontmoeting met  $c$  vervoermiddelen  $x$  tegelijk.

Enerzijds is de kans op zo'n meervoudige ontmoeting evenredig met slechts de fractie  $1/c$  van de hoeveelheid verkeer van  $x$ , anderzijds blijft hij evenredig met de hoeveelheid verkeer van  $y$ . Overigens verandert hierbij het totale aantal ontmoetingen tussen vervoermiddelen niet.

De kans dat er bij een meervoudige ontmoeting een ongeval ontstaat tussen de vervoerwijzen is wellicht niet gelijk aan de kans op een ongeval bij een tweevoudige ontmoeting, maar wellicht is hij evenmin  $c$ -keer zo groot.

De kans echter op de betrokkenheid van meer dan één vervoermiddel  $x$  bij zo'n ongeval kan aannemelijkerwijze zeker zijn toegenomen, als gevolg waarvan er minstens een relatieve verschuiving van twee - naar meervoudige ongevallen moet optreden.

Deze verschuiving komt tot uitdrukking in een extra verlaging van de kans op een tweevoudig ongeval.

Tenslotte zijn er dus drie parallelle en onderling niet eenvoudig te ontwarren verschijnselen: de sliertvorming in het verkeer, een verandering van de kans op een ongeval gegeven een ontmoeting, en een verschuiving van aantallen ongevallen tussen botstypen.

Daar komt bij dat ongevallen pas worden geregistreerd als er sprake is van een zekere ernst, en daarin speelt ook het type ongeval, en dus direct of indirect, het totale aantal bij het ongeval betrokken personen een rol.

Duidelijk is dat diverse invloedsfactoren gelijktijdig en verstrengeld inwerken op de verkeersonveiligheid, waardoor ontwikkelingen in de afzonderlijke parameters van het onveiligheidsproces vaak niet zullen zijn te schatten. Hoewel het ontmoetingenconcept niet in die zin rechtstreeks operationeel te maken is dat het tot een absolute expositiemaat leidt, kan het binnen vaste deelgebieden wel een relatieve maat opleveren, die dan tevens een belangrijk conceptueel hulpmiddel vormt bij het beoordelen van ontwikkelingen in de aantallen ongevallen naar botstype.

Deze relatieve maat zal in het prognosemodel worden gebruikt.

### 5.3. De fasering van het risico

De verkeersonveiligheid komt in het tot dusver gespecificeerde onveiligheidsmodel in drie fasen tot stand, zoals ook al in het schema van de prognosemethodiek bleek. Allereerst is er de verkeersdeelname met de daaraan inherente blootstelling aan de risico's van het verkeer. Vervolgens is er het feitelijke ontstaan van de onveiligheid bij die verkeersdeelname in de vorm van ongevallen. En tenslotte is er de persoonsschade in de vorm van meer of minder ernstig letsel als gevolg van de ongevallen.

Deze fasering levert betere prognoses op, maar heeft implicaties zowel voor de gebruikte onveiligheids- als de expositiematen. We gaan daar nu op in.

#### 5.3.1. Expositie en mobiliteit

Binnen het gefaseerde risicoconcept komt in elke fase een nieuw begrip voor, dat in het navolgende een verdere operationalisatie krijgt.

De gemaakte keuze voor de implementatie van het ontmoetingenmodel in de prognosemethodiek, houdt in dat het risicoconcept vanuit het niveau van de ongevallen wordt benaderd. Er moeten drie gevallen worden onderscheiden, die met het 'botstype' van de ongevallen te maken hebben, botstype staat hier tegelijk voor indelingscriterium en voor kenmerk van het ongeval.

In het eerste geval gaat het om de mate waarin een 'kans' op enkelvoudige ongevallen in het verkeer aanwezig is. Vanuit het ontmoetingenconcept gezien, ontmoetingen hier wat abstracter opgevat als ontmoetingen met bijvoorbeeld wegmeubilair, is er steeds als verkeerseenheden (vervoermiddelen, waaronder de vervoerwijze lopen) aan het verkeer deelnemen een zeker risico. De ongevallen-'expositie' kunnen we voor enkelvoudige ongevallen dan ook laten samenvallen met de omvang van het verkeer in termen van de aantallen verreden voertuigkilometers, of voor voetgangers in principe de aantallen gemaakte verplaatsingen of de totale lengte ervan.

In het tweede geval gaat het om de mate waarin een 'kans' op tweevoudige ongevallen tussen verkeerseenheden van een verschillende categorie aanwezig is in het verkeer. De ongevallenexpositie is hier op analoge wijze het dubbele produkt van de verkeersomvangen van de afzonderlijke categorieën. In het laatste geval gaat het om de mate waarin een 'kans' op tweevoudige ongevallen tussen verkeerseenheden van dezelfde categorie aanwezig is, de zeldzamere méérvoudige ongevallen brengen we in een toepasselijke klasse van tweevoudige ongevallen onder. Hier is de ongevallenexpositie het kwadraat van de verkeersomvang van de categorie.

De expositie is daarmee gedefinieerd, en tegelijk is een relatie gelegd met de mobiliteit, die nu eveneens een operationele begripsinhoud heeft.

### 5.3.2. Onveiligheid en expositie

De risico's zijn tussen botstypen niet rechtstreeks te vergelijken, en binnen een botstype evenmin tussen segmenten. Dat wordt veroorzaakt door de verschillende verhoudingsgetallen die er voor de onderscheidene segmenten tussen de onveiligheid en de expositie (mobiliteit) zitten, het kwam al eerder ter sprake. Ook in de sfeer van de interpretatie zijn er aandachtspunten, tenslotte staat een fietskilometer in een andere relatie tot de onveiligheid dan een autokilometer.

Na de expositie als eerste fase in het onveiligheidsmodel is de tweede fase de realisatie van de 'kans' op een ongeval van een bepaald botstypen, gegeven dus de ontmoetingen, dat wil zeggen gegeven de ongevallexpositie. Bij definitie is het produkt van ongevalenkans en bijbehorende ongevallexpositie het aantal ongevallen. Voor een bekende situatie is de ongevalenkans danook eenvoudig met behulp van de bekende cijfers te berekenen. Toekomstige veranderingen in de expositie betekenen bij gelijkblijvende ongevalenkans andere aantallen ongevallen.

Derde fase in het onveiligheidsmodel is tenslotte het voortkomen van slachtoffers uit de ongevallen. Voor een bekende situatie is met bekende cijfers, als een 'slachtofferbelasting' het gemiddelde aantal slachtoffers van een ongeval te berekenen. Bij gelijkblijvende slachtofferbelasting leiden toekomstige veranderingen van de aantal ongevallen tot andere aantallen slachtoffers. De slachtofferbelasting kan apart worden bepaald voor elke categorie verkeerseenheden uit het botstypen van de ongevallen.

Behalve de expositie zullen zowel de ongevalenkans als de slachtofferbelasting (en ook de voertuigbezetting, dus de reiziger-ten opzichte van de voertuigkilometers) in de tijd een ontwikkeling door kunnen maken, deze ontwikkelingen moeten dan worden gemodelleerd, het geeft het ontmoetingenmodel een extra vrijheidsgraad boven het verkeersdeelnemersmodel.

#### 5.4. De segmentering in het onveiligheidsmodel

Het is niet voldoende als het prognosemodel een prognose geeft van alleen de totale omvang van de verkeersonveiligheid in enig prognosejaar, de bruikbaarheid van een dergelijk prognosegetal zal beperkt blijven. Maar bovendien is een totaalprognose minder goed uitvoerbaar als niet tevens rekening gehouden kan worden met ontwikkelingen op deelgebieden van mobiliteit en onveiligheid.

Er zal dus enige disaggregatie dienen plaats te vinden. In het schema van de prognosemethodiek is dat al aangegeven, we komen er hierop terug.

##### 5.4.1. De disaggregatiekenmerken

Inmiddels hebben we in de vorm van het botstypen van ongevallen, daarvoor was de vervoerwijze indicatief, een segmentering in het onveiligheidsmodel

moeten aanbrengen. De prognosemethodiek vergt een uitgebreidere segmentering. Naast de vervoerwijze zijn het type weg waarop het verkeer plaatsvindt en de ongevallen gebeuren, en leeftijd en geslacht van verkeersdeelnemers en slachtoffers, de belangrijkste determinanten van mobiliteit en onveiligheid die een zekere disaggregatie nodig maken.

Vanwege twee praktische redenen heeft het in dit stadium van onderzoek weinig betekenis het model erg te verfijnen. Al gauw blijkt dat de haalbare nauwkeurigheden daarmee niet sporen. Bovendien ontbreken in menig opzicht (en niet minder voor de bestaande dan voor een toekomstige situatie) de cijfers die zo'n model vraagt.

Overigens mag de modelvorming niet worden beheerst door wat er toevallig aan cijfermateriaal beschikbaar is. Naast bestaande cijfers over veranderingen in mobiliteit en onveiligheid dienen gegevens beschikbaar te zijn over ontwikkelingen in de factoren die mogelijk voor de mobiliteit niet, maar wél voor de onveiligheid relevant zijn. Eventueel kan er indirect of achteraf mee worden gewerkt. De kwantificering van dergelijke gegevens is gaande het onderzoek op te lossen als zich de situatie aandient.

#### 5.4.2. Disaggregatie en macrotrend

De noodzaak van tenminste enige segmentering volgens de aangegeven kenmerken komt hoofdzakelijk voort uit twee omstandigheden.

Naar verwachting zullen in de komende jaren belangrijke verschuivingen plaatsvinden binnen de mobiliteit. Ze betekenen grote veranderingen in de opbouw en samenstelling van de mobiliteits- en onveiligheidssegmenten. De geaggregeerde risico's van thans zijn dan in elk geval niet meer adequaat voor een voorspelling van de onveiligheid van de afzonderlijke segmenten. Vervolgens is te voorzien dat ook de trendmatige ontwikkeling van de risico's in de onderscheidene segmenten uiteen gaat lopen.

Het effect van dergelijke verwickelingen kunnen we aan de hand van een getallenvoorbeeld zichtbaar maken.

In het voorbeeld van de bijlage wordt de totaalsituatie opgesplitst in twee segmenten, waarin na de begintoestand de risico's onderling verschillen. In de loop van de tijd verschuiven in het voorbeeld de aandelen van de segmenten in de totale verkeersomvang. Tegelijk wijken in de segmenten de trends in de risico-ontwikkeling van elkaar af.



Beide veranderingen gebeuren op een zodanige wijze dat in de totaalsituatie weinig aan de hand lijkt te zijn. Toch komt de prognose die geen segmentering toepast voor de prognoseperiode bijna 40% lager uit.

Conclusie hieruit is dat voorzover de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de cijfers dit toelaat, een segmentering (hetzelfde geldt trouwens voor de fasering) moet worden doorgevoerd. Dat dient te gebeuren volgens de belangrijkste determinanten van de verkeersonveiligheid die gezien de te verwachten ontwikkelingen in mobiliteit en risico's tot segmenteringseffecten leiden.

In het verlengde van deze conclusie ligt dat de geaggregeerde algehele macrotrend in de prognosemethodiek hooguit een ondersteunende rol kan spelen, aangezien er vooral ook betrouwbare prognoses voor de onderscheiden segmenten gegeven moeten worden.

#### 5.5. De rekenprocedures

Het eigenlijke prognosemodel in engere zin bestaat uit een rekenprocedure die één of meer prognosegetallen voor de toekomstige onveiligheid oplevert. De rekenprocedure is afgeleid uit bekende onveiligheids- en mobiliteitscijfers en moet aan een aantal voorwaarden voldoen, we geven daarover nu een beschouwing.

##### 5.5.1. Het vooruitberekenen van risico's

In zijn eenvoudigste vorm heeft het prognosemodel, om voor een prognosejaar een aantal verkeersslachtoffers te kunnen schatten, drie gegevens nodig: het prognosejaar, de onveiligheidsexpositie in het prognosejaar, en het slachtofferrisico in het prognosejaar.

De vermenigvuldiging van expositie en risico levert het gezochte prognoseaantal op.

Daar zou nog iets over de prognosekwaliteit aan moeten worden toegevoegd. Het prognosemodel zit intussen noodzakelijkerwijze wat ingewikkelder in elkaar, zoals uit de voorgaande beschrijvingen bleek, maar de structuur blijft herkenbaar die van het eerder gegeven schema.

De onveiligheidsexpositie hebben we in verband kunnen brengen met de mobiliteit. Nemen we aan dat mobiliteitsschattingen voor het prognosejaar van

elders worden aangeleverd. We slaan met name even geen acht op het segmentatievraagstuk.

Dan gaat het er nu om de risico's voor het prognosejaar te schatten.

Daar bestaan een aantal mogelijkheden voor.

Om te beginnen kunnen we veronderstellen dat de risico's redelijk constant blijven in de tijd, zodat de huidige risicowaarden ook nog voor het prognosejaar gelden.

Veranderingen in de onveiligheid zijn dan, behoudens toevalsfluctuaties, alleen het gevolg van veranderingen in de omvangen van de mobiliteit.

Een dergelijke modellering van het risico is ongetwijfeld al te simpel, en dat kan met behulp van cijfers van een aantal jaren terug snel duidelijk worden gemaakt.

We kunnen ook veronderstellen dat de risico's een 'trend' volgen. Deze trend moeten we dan bepalen en doortrekken naar het prognosejaar.

We lopen er meteen tegen op dat niet elke vorm van functie toepasbaar is voor de modellering van de trend, het risico kan bijvoorbeeld niet negatief, maar evenmin heel erg groot worden. Een betrekkelijke instabiliteit van de trend als gevolg van toevalsfluctuaties zal bovendien nadelig uitwerken op de kwaliteit van de modellering.

De aanname van één algemene trend is ongetwijfeld te simpel, en ook dat zal met behulp van beschikbare cijferreeksen aantoonbaar zijn.

Vervolgens kunnen we veronderstellen dat in de diverse segmenten allerlei verschillende trends voor de risico's bestaan. Hoewel dat in dit stadium van onderzoek erg ver gaat kunnen we zelfs bekijken of er tussen de segmenten interacties aanwezig zijn en wat dat zou betekenen.

Mogelijk ontstaat hier of daar een probleem met kleinere aantallen, haperingen in de continuïteit van mobiliteits- en ongevallenregistraties worden storender en zullen, soms door een niet-cijfermatige ingreep, moeten worden opgelost. Het lijkt niettemin een weg die begaan dient te worden.

De mate van door te voeren segmentering is met opzet beperkt gedacht. We willen voorkomen dat de voortgang wordt geblokkeerd door hardnekkige moeilijkheden met ontbrekende cijfers, grote onbetrouwbaarheidsmarges, of een onoverzichtelijke hoeveelheid parameters. Het neemt niet weg dat de segmentering op de meest fundamenteel veronderstelde plaatsen aanwezig is.

### 5.5.2. Het gebruik van de cijfers

Hoe de structuren van de gegevensbestanden er uit zien waarmee we nu als eerstvolgende stap aan het werk willen, is als volgt te verduidelijken. De prognosemethodiek zoals die tot dusver werd ontworpen, is opgebouwd rond twee op elkaar afgestemde deelmodellen.

Het eerste deelmodel heeft betrekking op het ongevallenniveau en kan voor de verschillende segmenten, gegeven de mobiliteit, prognoses bepalen van de aantallen ongevallen.

Het tweede deelmodel heeft betrekking op het slachtofferniveau en kan voor de verschillende segmenten, gegeven de uitkomsten van het eerste deelmodel, en in een latere fase ook gegeven de mobiliteitenverdeling, prognoses bepalen van de aantallen slachtoffers.

Het deelmodel voor het ongevallenniveau, bestaat uit drie rijen kubussen met als ribben de volgende kenmerken: de eerste, en de tweede soort vervoermiddel van het ongeval, en het wegtype. De twee soorten vervoermiddelen vormen samen het botstype van het ongeval (bij enkelvoudige ongevallen is de tegenpartij blanco, ongevallen met meer dan twee botsende vervoermiddelen delen we in volgens de twee zogeheten 'primaire' botsers).

De rijen ontstaan door de kubussen van de afzonderlijke jaren achter elkaar te zetten. De eerste rij bevat de aantallen ongevallen, de tweede rij de ongevallenexposities, en de derde rij de celsgewijze deling van de eerste door de tweede rij, wat de ongevallenkansen oplevert.

Als expositiemaat voor een botstype geldt, zoals we zagen, tweemaal het produkt van de deexposities (produkten van aangereikte en herverdeelde aantallen voertuigkilometers dus, met de consistente uitwerking hiervan voor de botstypen enkelvoudig en onderling).

Elk kenmerk is opgedeeld in een beperkt aantal klassen.

Voor het botstype wordt, gezien de verschillen in risico's en veranderingen in de modal split, een globaal onderscheid gemaakt tussen langzaam en snelverkeer, wat in principe leidt tot de klassen: eenzijdige ongevallen met langzaam verkeer, botsingen van langzaam verkeer onderling, botsingen van langzaam met snelverkeer, eenzijdige ongevallen met snelverkeer, en botsingen van snelverkeer onderling.

Bij het wegtype moet, eveneens vanwege de verschillen in risico's en veran-



deringen in de verkeersprestaties, globaal onderscheiden worden naar auto-(snel)wegen, overige wegen buiten de bebouwde kom, verkeersaders, en overige wegen binnen de bebouwde kom.

Op deze wijze is een kubus opgebouwd gedacht uit cellen, elke combinatie van klassen van alle verschillende kenmerken vormt een cel. Overigens blijkt niet elke cel de aanduiding te zijn van zinvolle omstandigheden, bijvoorbeeld blijft de cel: botstype langzaam verkeer onderling, wegtype auto(snel)weg, structureel leeg.

Het tweede deelmodel, dat de ongevallen voorziet van een soort 'verliesfunctie' in termen van aantallen slachtoffers, bestaat in laatste instantie uit drie rijen kubussen verwant aan die van het eerste deelmodel.

De eerste rij kubussen geeft per cel de aantallen slachtoffers in de verschillende jaren, de tweede rij de totale aantallen bij ongevallen betrokkenen, en de derde rij de aantallen reizigerskilometers.

De kubussen hebben echter een dimensie meer, te weten het kenmerk: leeftijd-geslacht.

De grenzen voor de klassen van het kenmerk: leeftijd-geslacht vallen samen met veranderend verkeersrisico en vervoermiddelgebruik (met name 18 en 25 jaar vanwege dan beginnende stadia in het autorijden).

Voor de overgang van ongevallen naar slachtoffers bestaat nu een aantal manieren.

Per cel kan naar klasse van leeftijd-geslacht een gemiddeld aantal slachtoffers per ongeval worden bepaald. Het gemiddelde heeft misschien nog geldigheid voor het prognosejaar, doet er zich zichtbaar een ontwikkeling in voor dan is die te extrapoleren. Het gezochte aantal slachtoffers voor het prognosejaar ontstaat tenslotte als het vooruitberekende aantal ongevallen keer dit gemiddelde.

Deze procedure houdt echter geen rekening met trends in aantallen betrokkenen en aantallen reizigerkilometers naar vervoerwijze, wegtype, en leeftijd-geslacht. In het bijzonder een veranderende leeftijdsopbouw van de bevolking zal hier naar verwachting tot effecten kunnen leiden.

Het betekent dat de procedure geen optimaal gebruik maakt van de faseringsmogelijkheden van de prognosemethodiek en dat een aantal mogelijk relevante deelontwikkelingen in het model nog wordt gemist.

Het vraagstuk hoe deze ontwikkelingen, maar dan in een latere fase van het onderzoek, wèl kunnen worden ingebracht vereist nog nadere studie.

Probleem is ook dat de ongevalgegevens geen informatie bevatten over bij de ongevallen betrokken verkeersdeelnemers die niet tevens slachtoffer waren.

Bij het concrete cijfermateriaal liggen nog meer problemen.

De slachtoffergegevens van de VOR onderscheiden als bekend niet naar wegtype, wel bijvoorbeeld naar binnen of buiten de bebouwde kom (en ook naar leeftijd-geslacht).

In het eerdere SWOV-project "Vormgeving rekenmodel" slaagde het OSPA erin altans de motorvoertuigkilometers eveneens naar binnen of buiten de bebouwde kom op te delen. Voor het SWOV-Meerjaren Onderzoekplan (MOP) project 5 is steekproefmateriaal uit het hele Nederlandse wegennet aanwezig, waarbij niet alleen over verkeersprestaties kan worden beschikt, maar door middel van de locatiecodes ook over de VOR-slachtoffergegevens. Met behulp van deze steekproefgegevens wordt vanuit totaalcijfers een differentiatie naar de gekozen wegtypen mogelijk.

Blijft het probleem van de verdeling van de mobiliteit naar leeftijd-geslacht, deze zit wèl in de verplaatsingsgegevens van het OVG (sinds 1978), maar daar ontbreken weer zowel het wegtype als de binnen of buiten de bebouwde kom.

Blijft tevens het probleem van de verdelingen voor het langzaam verkeer. Beide problemen moeten worden opgelost door gaande het onderzoek met behulp van de beschikbare indicaties daarover een goede praktische inschatting te maken van de gezochte voertuigkilometerverdelingen.

Daarmee kan de eerste cijfermatige modelexploratie aanvangen.

### 5.5.3. Een model voor het berekenen van risico's

De feitelijke risicoprognoses zullen vooral gebaseerd zijn op extrapolaties van de jaarreeksen risico's die uit de voorhanden ongevallen-, slachtoffer- en verplaatsingscijfers kunnen worden bepaald.

Bekijken we nu het geval van tweevoudige ongevallen. Deze kunnen op grond van de twee erbij betrokken vervoerwijzen worden ingedeeld naar botstype. De mate waarin ongevallen van een bepaald botstype zich zullen vóórdoen,

zal in principe in verhouding staan tot de mate waarin de betrokken vervoerwijzen in het verkeer tot ontmoetingen komen, gezamenlijke gebeurtenissen hebben waarbij minstens in potentie sprake is van een ongeval.

Deze aantallen ontmoetingen hangen op zich weer af van de mate waarin de vervoerwijzen aan het verkeer deelnemen en het verkeerssysteem daarbij in principe ontmoetingen tussen de vervoerwijzen toelaat.

Een deel van het verhoudingsgetal tussen aantallen ongevallen en ontmoetingen is dus op te vatten als een systeemkenmerk, aangevend in welke mate in het verkeerssysteem de ontmoeting van de twee betrokken vervoerwijzen feitelijk bestaat.

Het andere deel staat dan voor de kans dat er bij zo'n ontmoeting iets fout gaat en we met een ongeval zitten.

Bij de ongevallen van een gegeven botstype zijn naar rato van de gemiddelde bezetting van de botsende vervoerwijzen een aantal verkeersdeelnemers direct betrokken, trouwens deze voertuigbezetting hoeft niet geheel equivalent te zijn aan die in het verkeer.

Onder hen, die elk een kans zullen hebben gelopen bij het ongeval gewond te raken, bestuurders anders dan passagiers, zitten de uiteindelijke slachtoffers, uit de ene vervoerwijze relatief meer dan uit de andere.

De hierboven gegeven beschouwing kunnen we mathematiseren. Daarbij faseren we het proces van het ontstaan van slachtoffers door, zoals we beschreven, eerst de kans te definiëren op een ongeval van het bestudeerde botstype, vervolgens het aantal gebeurtenissen te bepalen waarop de kans werkt, vermenigvuldigd met de kans levert dit het aantal ongevallen op, en tenslotte het gemiddeld aantal slachtoffers te schatten dat bij zo'n ongeval in één van de betrokken vervoerwijzen valt, vermenigvuldigd met het aantal ongevallen levert dit de aantallen slachtoffers in die vervoerwijze op, ze zijn een uitdrukking van het verlies dat optreedt als gevolg van de betrokkenheid van die vervoerwijze bij ongevallen.

Gaan we uit van een serie van aantallen ongevallen van een zeker botstype over een aantal jaren, het jaar te noteren als een index  $t$ .

De ongevallen zijn verder opgedeeld over de klassen van een aantal variabelen, bijvoorbeeld onder meer naar binnen of buiten de bebouwde kom.

Geven we een aantal ongevallen aan met  $O$ , en enige cel van de opdeling door een index  $c$ , zodat  $O_{tc}$  staat voor het aantal ongevallen van het botstype in jaar  $t$  en cel  $c$ .

De omvangen van de verkeersdeelname door de betrokken vervoerwijzen in het verkeer duiden we aan met  $\epsilon$ , de mate waarin zij tot ontmoetingen leiden met  $\alpha$ , en de mate waarin de ontmoetingen tot ongevallen worden met  $P^\circ$ , zodat de onconditionele kans op een ongeval van het botstype, zonder de conditie van een ontmoeting dus, te schrijven is als  $P = \alpha \cdot P^\circ$ .

Door daarvan het dubbele produkt te nemen schatten we uit de maten waarmee de vervoerwijzen aan het verkeer deelnemen het aantal ontmoetingen, op een evenredigheidsfactor na. Voor deze maten kiezen we vervolgens hun verkeersprestaties, aan te geven met respectievelijk  $V_{1tc}$  en  $V_{2tc}$ .

Noteren we tenslotte als gebruikelijk een  $E$  voor verwachtingswaarden en zetten we een  $\hat{\phantom{x}}$  op te schatten parameters, dan kunnen we ons onveiligheidsmodel nu als volgt formuleren:

$$E(O_{tc}) = P^\circ_c * \alpha_c * \epsilon_{tc} := 2 \hat{P}_c * V_{1tc} * V_{2tc} \quad [1]$$

Als bekend volgen de parameterschattingen uit zekere optimalisatie-eisen die aan de verschillen:  $e = O - E(O)$  tussen werkelijke en verwachte aantallen worden gesteld, hun betrouwbaarheid hangt uiteraard sterk samen met grootte-orde en verdelingseigenschappen van deze verschillen.

Zijn vervoerwijzen 1 en 2 dezelfde dan geldt het kwadraat van de voertuigkilometers op een evenredigheidsfactor na (een andere dan bij de tweevoudige ontmoetingen van verschillende vervoerwijzen), als schatting voor het aantal ontmoetingen.

Voeren we vervolgens als gemiddelde bezetting van de vervoerwijzen, zoals ze bij ongevallen betrokken zijn, een factor  $\beta^\circ$  in, en stellen we de mate waarin de betrokkenen tot slachtoffer worden op  $L$ , zodat het gemiddelde aantal slachtoffers bij zo'n ongeval  $B = \beta^\circ \cdot L$  wordt, dan vinden we als uitdrukking voor  $S$ , zijnde het aantal slachtoffers dat bij ongevallen van het botstype in vervoerwijze  $i$  valt:

$$E(S_{itc}) = E(O_{tc}) * \beta^\circ_{itc} * L_{ic} := O_{tc} * \hat{B}_{itc} \quad [2]$$

Anders dan wanneer de relatie, met een reeds verkregen schatting van de waarde van B, voor prognostische doeleinden wordt gebruikt, moet het schatten van de waarde zelf gebeuren uit de werkelijke, dus niet uit de verwachte aantallen ongevallen.

We merken ook op dat evenals in de eerdere betrekking een produkt van twee te schatten parameters door een enkele te schatten parameter werd vervangen, reden daarvoor is weer dat feitelijk de adequate gegevens ontbreken om de twee losse parameters afzonderlijk te kunnen bepalen, in dit geval vermeldt de ongevallenregistratie immers de aantallen inzittenden van de betrokken vervoerwijzen niet.

Nochtans zouden nu de waarden  $\beta^0$  in eerste benadering en ondanks te verwachten verschillen, we hadden het daar al over, te vervangen zijn door de bezettingen  $\beta$  uit het verkeer.

Dan kunnen toch schattingen worden verkregen van de genoemde kansen L op letsel voor de betrokkenen.

Integratie van de twee betrekkingen leidt dan voor vervoerwijze 1, en mutatis mutandis voor vervoerwijze 2, tot de relatie:

$$E(S_{1tc}) := 2 \hat{P}_c * V_{1tc} * V_{2tc} * \beta_{1tc} * \hat{L}_{1c}$$

De factor  $\beta.V$  stelt hierin trouwens voor de desbetreffende vervoerwijze het aantal reizigerkilometers voor.

Sommatie over de beide betrokken vervoerwijzen levert voor het aantal slachtoffers bij het botstype de uitdrukking:

$$E(S_{tc}) := E(O_{tc}) * ( \beta_{1tc} * \hat{L}_{1c} + \beta_{2tc} * \hat{L}_{2c} )$$

In eerste instantie zijn de kansen op een ongeval P, en de kansen L voor de betrokkenen om bij zo'n ongeval gewond te raken, niet afhankelijk gesteld van de tijd, het kan echter nodig zijn, zoals we al opmerkten, ten gunste van een passender model een eenvoudige relatie met de verkeerspressaties van de vervoerwijzen toe te laten of een trendmatige ontwikkeling in te brengen, overigens zonder daarbij in dit stadium naar inhoudelijke verklaringen te willen gaan zoeken. Als algemene vorm van de trend kan een negatieve e-macht worden gekozen, zoals in de macromodellen.

Bij het schatten van de aantallen ongevallen en slachtoffers ontstaat dan een scheiding tussen de invloed die de mobiliteit met de beschouwde vervoerwijzen rechtstreeks heeft doordat de aantallen ontmoetingen en bezettingen van de vervoerwijzen erdoor zijn bepaald, anderzijds de invloed die indirect tot stand komt door middel van de kans op een ongeval en de kans op letsel gegeven de betrokkenheid bij een ongeval.

Voor de modelvorming is in elk geval van belang te weten of de schattingen voor P en L enigszins stabiel zijn over de tijd en over de verschillende condities van de cellen c.



## 6. HET VERVOLG

In het voorgaande zijn de grondslagen ontwikkeld van de methodiek die het mogelijk moet maken binnen een in essentie goede structuur en op een betrouwbare wijze prognoses van de verkeersonveiligheid ook over een langere prognosetermijn tot stand brengen. Tevens is aangegeven hoe de volgende stap kan worden gezet die leidt tot de concrete cijfermatige invulling van een eerste versie van het prognosemodel.

### 6.1. Hoofdpijnen

Op basis van het bereikte resultaat is het mogelijk een praktische uitwerking te geven aan de cijfermatige opbouw van de prognosemethodiek, door te beginnen met de eigenlijke modellering van de onveiligheid.

Vanuit een totaaloptiek ontstaan daarbij gaandeweg verbeteringen van het model door steeds verder te verbijzonderen.

In de loop van het onderzoek zal het nodig zijn verschillende problemen op te lossen, met name waar het gaat om niet echt geëigend cijfermateriaal dat bij gebrek aan beter toch maar moet worden aangepast en gebruikt.

Uiteindelijk beoogt het onderzoek voor het prognosemodel op een zodanige structuur uit te komen dat niet alleen een trend in de ontwikkeling van de verkeersonveiligheid kan worden bepaald en het verkeersveiligheidseffect van mobiliteitsveranderingen, maar dat tevens wat duidelijker wordt hoe de effecten tot stand komen.

De beleidsrelevantie van het model neemt dan belangrijk toe.

Niettemin legt vooral het uitgangspunt ook voor de langere-termijnprognoses te kunnen geven zo'n gedetailleerder structuur op.

Om een dergelijke structuur te kunnen bereiken werd voor het prognosemodel een opzet gemaakt, die op een aantal wezenlijk geachte aspecten nieuwe vrijheidsgraden introduceert.

De fasering van het onveiligheidsproces leidt zoals we zagen tot het ontmoetingenmodel, de keuze hiervoor in het onderzoek vergt de ontwikkeling van een extra stap naar het slachtofferniveau. Op beide niveaus zijn in het prognosemodel meerdere soorten gegevens nodig en moeten deelprocessen worden gemodelleerd.

Het leidt dus tevens tot een grotere vraag naar gegevens, waarbij het onderzoek zo dient te zijn ingericht dat uiteindelijk met de voorhanden gegevens kan worden gewerkt.

Ook de segmentering vraagt om meer en gedetailleerder gegevens.

De ontwikkelingsmogelijkheden voor het prognosemodel hangen mede af van de beschikbaarheid van deze gedetailleerder gegevens of van informatie waarmee de gevraagde detaillering in wèl aanwezig cijfermateriaal is aan te brengen.

Bij de verdere detaillering van het materiaal komen de grenzen in zicht van wat om statistische redenen nog werkbaar is te achten. Bovendien gaat de kwaliteit van de gegevens en de continuïteit in het registratieniveau een rol spelen. Dit neemt niet weg dat tenminste een basissegmentering in het model moet kunnen worden ingevuld.

Daarbij zal ook aandacht besteed moeten worden aan de prognoses van het risico in de onderscheiden segmenten, en de relatie met de ontwikkeling van het risico op macroniveau.

De ontwikkeling van het risico op macroniveau moet als het ware uiteengeveld worden in een aantal deeleffecten:

- verandering voor het totale verkeer doordat de relatieve omvang van de segmenten verandert;
- verandering doordat de veiligheidsontwikkeling van de segmenten uiteenloopt;
- veiligheidsverbetering van het totale systeem.

De wijze waarop stap voor stap wordt verder gewerkt aan de ontwikkeling van het model, uitgaande van een in principe werkende vorm waarin deze basissegmentering is ingebouwd, houdt in dat steeds een werkend model beschikbaar zal zijn.

Met een dergelijk model kan getracht worden prognoses op te stellen, die dan minstens een indicatieve waarde zullen kunnen hebben.

Aan deze resultaten kan worden beoordeeld wat de prestaties van het model in die fase zijn, en op welke wijze de volgende stap gezet moet worden.

## 6.2. Afstemming met prognosemodellen voor de mobiliteit

Voor de berekening van prognoses voor de aantallen ongevallen en slachtoffers zal het prognosemodel als bekend gebruikmaken van externe prognoses

van de mobiliteit. De mobiliteitsprognoses uit het LMS zullen daarbij het belangrijkste zijn.

In het model gaan we er in principe van uit dat de mobiliteitsprognoses, zeker in eerste instantie, een indeling hebben die niet geheel overeenkomt met de indeling waaraan voor de onveiligheidsprognoses behoefte bestaat. In het eerder gegeven schema van de prognosestructuur is daartoe een toedelingsprocedure voorzien.

De toedelingsmodule is ook nodig omdat het prognosemodel niet voor elk segment van de onveiligheid dezelfde variabelen en klasse-indelingen kan gebruiken.

Zoals we al opmerkten komen sommige indelingen minder goed overeen met de structuur van de onveiligheid en leveren andere problemen met te kleine aantallen.

Zowel voor de overzichtelijkheid van de modelvorming, als voor de aansluiting daarbij op de beschikbaarheid van cijfers is het prognosemodel in eerste aanleg niettemin zo beperkt mogelijk opgezet. Dit betekent dat alleen de disaggregatie is doorgevoerd die voor de verkeersonveiligheidsprognose tot de hoofdlijn behoort.

Hoofdlijn is, we schreven hierover al uitvoerig, de disaggregatie naar vervoerwijze-botstype, wegtype, en leeftijd-geslacht.

Ook de meest primaire klasse-indelingen van deze kenmerken werden reeds vermeldt.

Bij de vervoerwijzen gaat het om een onderscheid tussen langzaam en snelverkeer; bij het wegtype om de vierdeling auto(snel)wegen, overige wegen buiten de kom, en verkeersaders, en overige wegen binnen de kom; en bij de leeftijd om de klassen tot 12 jaar, tot 15, tot 18, tot 25, tot 65, en boven de 65 jaar.

Hoe eenvoudig van indelingen deze opzet ook is, het benodigde cijfermateriaal is niet integraal rechtstreeks voorhanden. Het probleem doet zich voor dat enerzijds de ongevallenregistratie (VOR), anderzijds de mobiliteitsdocumentatie (OVG en LMS) stukken van de indelingen missen, het kwam al ter sprake. Met name voert het LMS geen verdeling van de mobiliteit naar leeftijdklassen uit, al zit de leeftijd, zij met een andere klasse-indeling,

wel als variabele in de de rekenprocedures, wat dus in principe toch enig perspectief moet kunnen openen. Voor het snelverkeer buiten de kom is in het LMS een indeling naar wegtype aanwezig die ook voor de verkeersveiligheid met enige moeite wel bruikbaar lijkt te kunnen zijn. Mobiliteit binnen de bebouwde kom, en mobiliteit van langzaam verkeer worden in het LMS niet aan het wegennetwerk toegedeeld (ook in het NRM niet trouwens).

Een en ander moet betekenen dat bij de eerste cijfermatige exploraties van het prognosemodel niet op alle onderdelen de volledige disaggregatie zal worden doorgevoerd, en dat de aanwezige cijfers waar het noodzakelijk is met behulp van te ontwikkelen procedures zullen moeten worden toegedeeld.

BIJLAGE

Getallenvoorbeeld		Gevonden			Verwacht na 2t Periode 3
		Periode 1	na t Periode 2	trend	
TOTAAL	Aantal doden	500	400		360
	Expositie	500	600		800
	Risico	1	2/3	-33% ->	4/9
SEGMENT 1	Aantal doden	400	200		100
	Expositie	400	400		400
	Risico	1	1/2	-50% ->	1/4
SEGMENT 2	Aantal doden	100	200		400
	Expositie	100	200		400
	Risico	1	1	0% ->	1

Om de verwachte risico's te bepalen voor periode 3 wordt in dit fictieve getallenvoorbeeld de trend over de perioden 1 en 2 geëxtrapoleerd.

De expositiecijfers voor periode 3 zijn aangeleverd verondersteld uit mobiliteitsprognoses.

Het produkt van risico en expositie is het aantal doden.

Het aantal verkeersdoden dat in periode 3 wordt verwacht op grond van de ongesegmenteerde totaalsituatie bedraagt 360.

De som van de verwachte aantallen verkeersdoden in de segmenten bedraagt echter 500.

De segmentering geeft voor het algehele risico niet de waarde 4/9, maar 5/8.

Deze verschillen zijn het gevolg van twee ontwikkelingen die met de segmentering zijn ingebracht maar in de totaalsituatie niet kunnen worden waargenomen:

De expositie, dat wil zeggen de mobiliteit, verschuift richting segment 2, terwijl de risico's in de segmenten ongelijk zijn.

Bovendien volgen de risico's in segment 1 een andere trend dan in segment 2.