

Invloeden op de ontwikkeling van de verkeersonveiligheid in de tijd

Drs. W.P. Vlakveld, dr. C.J. de Blois, dr. Ch. Goldenbeld, ir. S.T.M.C. Janssen, drs. F.D. Bijleveld & dr. J.J.F. Commandeur

R-2006-29

Invloeden op de ontwikkeling van de verkeersonveiligheid in de tijd

Onderzoek naar de toepasbaarheid van modellen

R-2006-29

Drs. W.P. Vlakveld, dr. C.J. de Blois, dr. Ch. Goldenbeld, ir. S.T.M.C. Janssen, drs. F.D. Bijleveld & dr. J.J.F. Commandeur

Leidschendam, 2007

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

Documentbeschrijving

Rapportnummer:	R-2006-29
Titel:	Invloeden op de ontwikkeling van de verkeersonveiligheid in de tijd
Ondertitel:	Onderzoek naar de toepasbaarheid van modellen
Auteur(s):	Drs. W.P. Vlakveld, dr. C.J. de Blois, dr. Ch. Goldenbeld, ir. S.T.M.C. Janssen, drs. F.D. Bijleveld & dr. J.J.F. Commandeur
Projectleider:	Mr. P. Wesemann
Projectnummer SWOV:	40.103
Trefwoord(en):	Fatality, decrease, accident rate, safety, vehicle mile, traffic concentration, road network, accident, injury, car, moped, pedestrian, mathematical model, methodology, weather, public transport, free (no charge), sustainable safety, state space method, Netherlands.
Projectinhoud:	Het verloop van de verkeersonveiligheid in de tijd wordt bepaald door veranderingen in risico en expositie (mobiliteit). De SWOV heeft onderzoek gedaan naar zowel ontwikkelingen in risico als in expositie, met behulp van 'state space modelling', een techniek om tijdreeksen te analyseren. Met behulp van modelvorming op basis hiervan is getracht de samenloop van diverse ontwikkelingen en maatregelen te ontvlechten. Dit rapport vat de belangrijkste resultaten van deze onderzoeken samen.
Aantal pagina's:	58
Prijs:	€ 11,25
Uitgave:	SWOV, Leidschendam, 2007

De informatie in deze publicatie is openbaar.
Overname is echter alleen toegestaan met bronvermelding.

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV
Postbus 1090
2260 BB Leidschendam
Telefoon 070 317 33 33
Telefax 070 320 12 61
E-mail info@swov.nl
Internet www.swov.nl

Samenvatting

Hoe komt het dat het aantal verkeersdoden onregelmatig maar gestaag daalt? Het is niet eenvoudig om het verloop van de verkeersonveiligheid in de tijd (op basis van ongevallencijfers) te verklaren. Dit komt doordat de condities voor experimenteel onderzoek ontbreken. Het is niet mogelijk om het effect van een bepaalde maatregel te isoleren van andere maatregelen en ontwikkelingen. Het verloop van de verkeersonveiligheid in de tijd wordt bepaald door veranderingen in risico en expositie (mobiliteit). Veranderingen in risico zijn het gevolg van betere voertuigen, veiliger wegen en veiliger gedrag van verkeersdeelnemers. Veranderingen in expositie zijn het gevolg van veranderingen in verkeersdeelname. De SWOV heeft onderzoek gedaan naar zowel ontwikkelingen in risico als ontwikkelingen in expositie. Dit is gedaan met behulp van technieken om tijdreeksen te analyseren. Met behulp van modelvorming op basis van deze technieken is getracht de samenloop van maatregelen en ontwikkelingen te ontvlechten.

Dit rapport begint met een inventarisatie van bestaande kennis over modellen met verklarende factoren en van ervaringen die elders zijn opgedaan met toepasselijke analysetechnieken. Daarna is een aantal indelingen gemaakt van ongevallen en hypothesen opgesteld over de ontwikkeling in de tijd van de verkeersonveiligheid door die ongevalstypen. Vervolgens zijn voor een beperkt aantal ongevalstypen en voor ongevallen per wegcategorie tijdreeksanalyses uitgevoerd om de invloed van bepaalde variabelen op de ontwikkeling van het ongevallenrisico empirisch vast te stellen. Daarbij is gebruikgemaakt van een techniek van tijdreeksanalyse, die in de Engelstalige literatuur bekend staat als 'state space modelling'.

De belangrijkste resultaten van de onderzoeken waarvan in het rapport verslag wordt gedaan, liggen op methodologische vlak. Hoe kunnen met behulp van 'state space modelling' verklaringen gevonden worden voor de ontwikkeling van de verkeersonveiligheid in de tijd? Ondanks de uitgebreide systematische zoektocht naar mogelijke verklaringen zijn maar weinig verklaringen gevonden. Wel zijn invloeden gevonden van het weer, het Startprogramma Duurzaam Veilig en de invoering van de ov-studentenkaart. Een belangrijk leerresultaat uit de onderzoeken met behulp van 'state space modelling' is dat bij het ontwikkelen van een verklarend model rekening moet worden gehouden met een aantal complicerende omstandigheden: de beperkte beschikbaarheid van data (met name over verklarende variabelen), de relatief korte tijdreeksen van de data en het feit dat veel ontwikkelingen gelijktijdig plaatsvinden.

Summary

Influences on road safety development; A study of the applicability of models

Why does the number of road deaths decrease steadily but irregularly? To explain road safety developments by using crash data is not that simple. This is because of a lack of conditions for experimental research. It is just not possible to isolate the effects of a particular measure from other measures and developments. How road safety develops in the course of time is determined by changes in crash rates and exposure. Changes in crash rates are the result of safer vehicles, safer roads, and safer road user behaviour. Changes in exposure are the result of changes in distances travelled and changes in modes of transport. SWOV carried out a study of developments in crash rates as well as exposure. This was done by using techniques of time series analysis. By using models based on these techniques we tried to disentangle the sequence of measures and developments.

This report begins with an inventory of existing knowledge about explanatory models and of experience elsewhere with applicable analysis techniques. We then made a number of subdivisions in crash data and formulated hypotheses about road safety development of these crash types in the course of time. Then, for a limited number of crash types and crashes by road type, we carried out time series analyses in order to empirically calculate the influence of certain variables on the crash rates. For this we used a time series analysis technique that is known as state space modelling.

The most important results reported here are of a methodological nature. How can state space modelling help us to find explanations for road safety developments as a time series? In spite of an extensive systematic search for possible explanations, only a few were found. What we did find concerned the influence of weather, the Start-up Programme Sustainable Safety, and the introduction of the Free Public Transport Pass for students. An important learning result of using state space modelling was that when developing an explanatory model one should take a number of complicating circumstances into account: the limited availability of data (especially explanatory variables), the relatively short time series of the data, and the fact that many developments occur simultaneously.

Inhoud

1. Inleiding	7
1.1. Aanleiding van het onderzoek naar modelvorming	7
1.2. Doel van dit rapport	8
1.3. Leeswijzer	9
2. Het modelleren van de verkeers(on)veiligheid	11
2.1. Lineaire regressie	11
2.2. Structurele tijdreeksanalyse	13
3. Onderwerpkeuze en werkwijze	15
3.1. Expositie en risico	15
3.2. Keuze van de onderwerpen	16
3.3. Werkwijze	22
4. Verbanden tussen interventies en de verkeersonveiligheid per wegcategorie	27
4.1. Beschrijving van de feitelijke ontwikkelingen	27
4.2. Analyse van de risico-ontwikkeling met behulp van modellen	33
5. Verbanden tussen maatregelen en andere interventies en het verloop van het risico van ernstige bromfiets-auto-ongevallen	37
5.1. Mogelijke samenhang tussen aantal letselslachtoffers en interventies	37
5.2. Aanvullende mogelijke verklaringen op basis van de inventarisatie van maatregelen en ontwikkelingen	39
5.3. De resultaten van state space modelling bij bromfiets-auto-ongevallen	40
5.4. Aanvullende analyses met behulp van multi-pele lineaire regressie	42
5.5. Conclusies	44
6. Verbanden tussen maatregelen en andere interventies en het verloop van het risico van ernstige voetganger-auto-ongevallen	45
6.1. Opvallende ontwikkelingen en patronen op gedisaggregeerd niveau	46
6.2. Aanvullende mogelijke verklaringen	48
6.3. Modelling van ernstig letselrisico	50
6.4. Aanvullende analyses met behulp van lineaire regressie	53
6.5. Conclusies	55
7. Beschouwing	56

1. Inleiding

1.1. Aanleiding van het onderzoek naar modelvorming

De SWOV geeft met enige regelmaat wetenschappelijk onderbouwde schattingen van de effecten die bepaalde verkeersveiligheidsmaatregelen zullen hebben. Deze schattingen zijn veelal gebaseerd op de uitkomsten van experimenten in gecontroleerde omstandigheden (bijvoorbeeld rijnsimulator-onderzoek) en kleinschalig veldonderzoek. Veel moeilijker is het om wetenschappelijk vast te stellen wat de effecten zijn geweest van reeds genomen verkeersveiligheidsmaatregelen. Dit komt voor een deel doordat gegevens ontbreken en voor een ander deel doordat in de werkelijkheid de condities van experimenteel onderzoek vrijwel nooit aanwezig zijn. Veel minder ernstige ongevallen worden in het geheel niet geregistreerd, en van de ongevallen die wel geregistreerd worden, worden lang niet alle gegevens vastgelegd. Zo is bijvoorbeeld het jaarkilometrage van bestuurders die bij ongevallen zijn betrokken, onbekend. Om effecten te kunnen meten, is het noodzakelijk dat er twee aselechte representatieve groepen zijn, die op zoveel mogelijk kenmerken (leeftijd, geslacht, opleidingsniveau, enzovoort) aan elkaar gelijk zijn. De ene groep wordt onderworpen aan de maatregel waarvan het effect moet worden vastgesteld, de andere groep niet. Zowel voordat de maatregel in werking treedt als daarna worden bij beide groepen effecten gemeten. Dergelijke laboratoriumcondities voor nauwkeurig onderzoek ontbreken vrijwel altijd in de werkelijkheid. Toch willen we graag weten waardoor de aantallen verkeersongevallen in Nederland toe- of afnemen.

Vanaf het midden van de jaren zeventig van de vorige eeuw daalt het jaarlijkse aantal verkeersdoden onregelmatig maar gestaag. Deze daling wordt bepaald door veranderingen in risico en mobiliteit. Veranderingen in risico zijn het gevolg van betere voertuigen, veiliger wegen en veiliger gedrag van verkeersdeelnemers. Als automobilisten door bijvoorbeeld meer politiecontrole minder vaak onder invloed van alcohol gaan rijden, dan daalt daardoor het ongevallenrisico van automobilisten.

Mobiliteit is een maat voor de duur die men aan gevaren in het verkeer is blootgesteld. Hoe langer men in het verkeer vertoeft (hoe meer kilometers men maakt), des te groter wordt de kans op een ongeval. Vaak wordt mobiliteit uitgedrukt in de hoeveelheid kilometers die men per vervoerswijze jaarlijks aflegt (de mobiliteitsgegevens). Als bijvoorbeeld de mobiliteit verschuift van voertuigkilometers op relatief onveilige wegen (bijvoorbeeld 80km-wegen) naar voertuigkilometers op relatief veilige wegen (bijvoorbeeld autosnelwegen), dan is dat een mobiliteitsontwikkeling die gunstig is voor de verkeersveiligheid.

Veranderingen in risico en mobiliteit zijn op hun beurt weer het gevolg van maatschappelijke, technologische en klimatologische ontwikkelingen en concrete verkeersveiligheidsmaatregelen. Het probleem is dat al deze ontwikkelingen gelijktijdig plaatsvinden, waardoor het vrijwel onmogelijk wordt om het effect van een bepaalde maatregel te isoleren van de effecten van andere maatregelen en ontwikkelingen.

Door gebruik te maken van modellen, wordt het mogelijk om de samenloop van maatregelen en ontwikkelingen enigszins te ontvlechten. Met behulp

van modellen kan worden nagegaan of het aannemelijk is dat er een samenhang bestaat tussen bijvoorbeeld de invoering van een verkeersveiligheidsmaatregel en een daling van het ongevalrisico. Wanneer twee zaken met elkaar samenhangen, wil dit nog niet zeggen dat het een het gevolg is van het ander. Een samenhang is geen verklaring. Bijlessen in statistiek wordt het voorbeeld van het teruglopen van de ooievaarsstand en het teruglopen van het geboortecijfer, veel aangehaald. Hoewel er een verband is, zal geen weldenkend mens willen aannemen dat de daling in de ooievaarspopulatie de oorzaak is van de daling van het geboortecijfer. Hoewel een samenhang nog geen verklaring is, is het wel een noodzakelijke voorwaarde voor een verklaring.

Modellen zijn versimpelde beschrijvingen van de werkelijkheid. Een kaart van een gebied (het model), hoe gedetailleerd ook, is niet het gebied zelf. Dit betekent dat er een kans is dat de met behulp van modellen gevonden verbanden er in werkelijkheid niet zijn. Het is nu de kunst om modellen te vinden die zo gedetailleerd mogelijk zijn en waarbij de kans op fouten klein is. De SWOV is bij het zoeken naar de beste modellen voor het beschrijven van de ontwikkeling van de verkeersveiligheid in de tijd, uitgekomen bij een speciale vorm van tijdreeksanalyse, die 'structurele tijdreeksanalyse' wordt genoemd en in de Engelstalige literatuur bekend staat als 'state space modelling'. Dit rapport beschrijft de ervaringen die met state space modelling zijn opgedaan bij het zoeken naar verbanden tussen veranderingen in de omstandigheden (de invoering van een verkeersveiligheidsmaatregel, veranderingen in de mobiliteit door bijvoorbeeld de economische ontwikkelingen, klimatologische gebeurtenissen zoals een warme zomer, enzovoort) en het verloop van het ongevalrisico in de tijd.

1.2. Doel van dit rapport

Deze beknopte rapportage is voor een deel gebaseerd op onderzoeksresultaten waarvan alleen interne notities bestaan, en voor een deel op SWOV-publicaties. De ongepubliceerde interne onderzoeken betroffen onderzoeken naar het modelleren van voetganger-auto-ongevallen en bromfiets-auto-ongevallen. De gepubliceerde SWOV-rapporten zijn:

- Reurings, M.C.B. & Commandeur, J.J.F. (2007). *International orientation on methodologies for modelling developments in road safety*. R-2006-34 Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam [In voorbereiding]. In dit rapport staat beschreven wat bekend is over het modelleren van de verkeersveiligheid en wat de voor- en nadelen van bepaalde methoden zijn;
- Bijleveld, F. & Commandeur, J. (2006). *Test modelling single accidents with the basic evaluation model*. D-2006-3. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam. Dit rapport beschrijft de resultaten van een eerste uitgewerkte toepassing van state space modelling. Het doel was om de effecten van nat weer en alcoholgebruik op het aantal enkelvoudige ernstigletselongevallen met motorvoertuigen vast te stellen.
- Janssen, S.T.M.C. (2007). *De Veiligheidsverkenner voor het wegverkeer*. R-2006-35. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam [In voorbereiding]. Dit rapport beschrijft het

verloop van de verkeersonveiligheid op bepaalde wegtypen en geeft mogelijke verklaringen daarvoor.

In het onderhavige rapport worden de belangrijkste bevindingen van de onderzoeken van de SWOV naar het modelleren van de verkeersonveiligheid besproken. Dit beknopte rapport is om twee redenen noodzakelijk. Ten eerste zal het lezen van alle onderzoeksresultaten mogelijk te veel tijd kosten voor mensen die niet dagelijks met het onderwerp bezig zijn, maar die er wel interesse voor hebben. Daarnaast is de stof misschien moeilijk te volgen voor mensen die over wat minder kennis van wiskunde beschikken.

Het belang van de besproken onderzoeken ligt niet uitsluitend in de resultaten, zoals het vaststellen van de meest waarschijnlijke verklaringen van de daling van het aantal voetganger-personenauto-ongevallen. Het gaat ook om de verdere ontwikkeling van state space modelling en de toepassing daarvan op het onderzoek naar de verkeersveiligheid.

De kwaliteit van de door de modellen gegenereerde resultaten is afhankelijk van de kwaliteit van de gegevens die gebruikt zijn. Helaas zijn er minder gegevens beschikbaar dan modellenmakers nodig hebben, en bovendien laat de kwaliteit van de beschikbare verkeersveiligheidsgegevens nogal eens te wensen over. Wat niet vooraf als mogelijke factor op het risicoverloop genoemd wordt, kan er naderhand ook niet als een significant verband uit rollen. Hoe kan men bijvoorbeeld zeker weten dat alle mogelijke invloeden op het risicoverloop vooraf geïnventariseerd zijn? Uit de onderzoeken waarop dit rapport gebaseerd is, blijkt bijvoorbeeld dat de invoering van de ov-jaarkaart voor studenten in 1991 hoogstwaarschijnlijk tot een belangrijke daling van bepaalde soorten ongevallen heeft geleid. De invoering van de ov-jaarkaart voor studenten was geen verkeersveiligheidsmaatregel, en als deze maatregel als mogelijke factor over het hoofd was gezien, was de verandering van het ongevalrisico rond 1991 onverklaard gebleven. Daarom wordt in dit rapport vooral ingegaan op de potentie van de ontwikkelde methode.

Samengevat: het doel van dit rapport is tweeledig. Allereerst wordt de methode zo beschreven, dat die voor een brede groep toegankelijk is, en worden de belangrijkste resultaten ervan gepresenteerd. Daarnaast wordt nagegaan wat er met behulp van de ontwikkelde methode mogelijk is. Met behulp van modellen kunnen niet alleen samenhangen opgespoord worden die een verklaring zouden kunnen vormen voor het verloop van de verkeersonveiligheid in het verleden, maar ook voorspellingen gedaan worden over de ontwikkeling van de verkeersonveiligheid in de toekomst. Op het voorspellen met behulp van state space modelling wordt in dit rapport echter niet ingegaan.

1.3. Leeswijzer

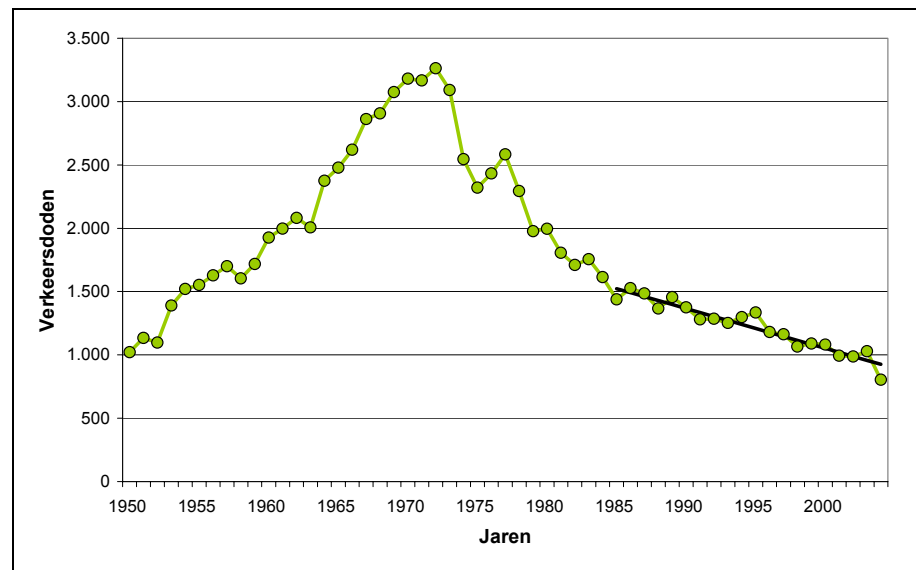
In *Hoofdstuk 2* wordt nader ingegaan op modelontwikkeling en speciaal op state space modelling. *Hoofdstuk 3* bespreekt de keuze van de ongevallen die onderzocht zijn (voetganger-personenauto-ongevallen, bromfiets-personenauto-ongevallen en ongevallen ingedeeld naar wegcategorieën) en de gevolgde werkwijze. In *Hoofdstuk 4* worden de resultaten uit het rapport over de ontwikkeling van het ongevalrisico per wegcategorie besproken

(Janssen, 2007). De *Hoofdstukken 5 en 6* gaan over de resultaten van het onderzoek naar bromfiets-personenauto-ongevallen en voetganger-personenauto-ongevallen. In *Hoofdstuk 7* wordt tot slot een beschouwing gegeven over de bruikbaarheid van state space modelling bij verder onderzoek.

2. Het modelleren van de verkeers(on)veiligheid

2.1. Lineaire regressie

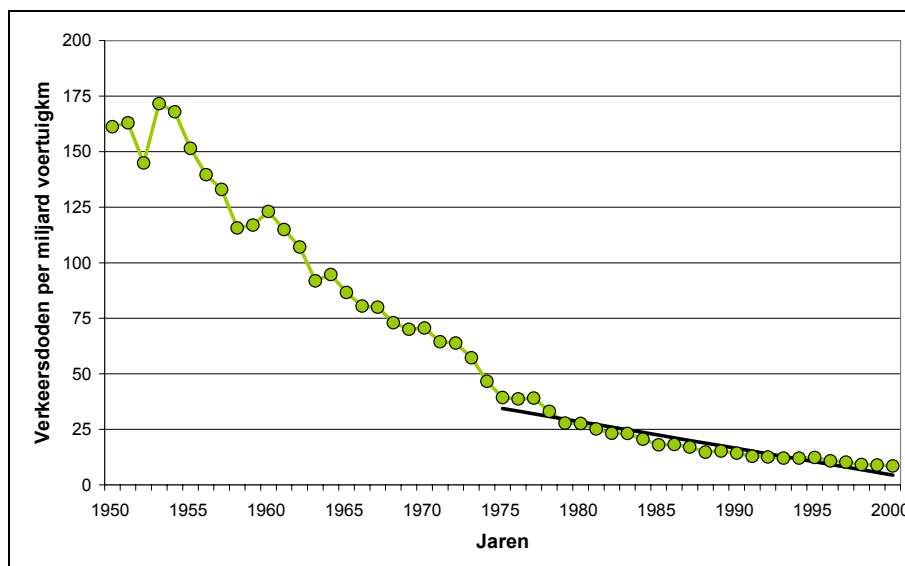
Wanneer men een grafiek maakt van het aantal doden dat per jaar in het verkeer valt (zie *Afbeelding 2.1*), dan valt op dat er vanaf ongeveer het midden van de jaren tachtig naar het heden een min of meer rechte lijn te trekken is. In sommige jaren ligt het geregistreerde aantal doden wat boven deze lijn en in andere jaren wat eronder.



Afbeelding 2.1. Aantal geregistreerde verkeersdoden per jaar van 1950 tot en met 2004.

Als men voorspellen wil hoeveel verkeersdoden er zullen vallen in een bepaald jaar in de toekomst, dan hoeft men alleen maar de lijn door te trekken tot dat jaar. In feite is dit het simpelste model dat bestaat. Door de oogharen heen gekeken lijkt het erop dat het aantal verkeersdoden jaarlijks met een constante waarde daalt. De rechte lijn uit *Afbeelding 2.1* kan natuurlijk niet eindeloos doorgetrokken worden. In het jaar 2032 zou er dan geen enkele dode meer in het verkeer te betreuren zijn, en in de jaren daarna zouden mensen zelfs levend worden door het verkeer. Voor de nabije toekomst is echter de rechte lijn wel accuraat genoeg.

Er is een nog een langere rechte lijn te trekken (vanaf ongeveer 1975) als niet het aantal verkeersdoden tegen de tijd wordt uitgezet, maar het aantal verkeersdoden per miljard voertuigkilometer (zie *Afbeelding 2.2*).



Afbeelding 2.2. Aantal doden per miljard voertuigkilometers van 1950 tot en met 2000.

Het risico om te overlijden in het verkeer lijkt dus met een min of meer constante waarde te dalen vanaf 1975. De techniek van het trekken van een rechte lijn waarbij gemiddeld zo min mogelijk wordt afgeweken van de werkelijke meetpunten, wordt lineaire regressie genoemd. Het meest simpele lineaire regressiemodel laat wel zien dat het risico elk jaar in gelijke mate afneemt, maar het verklaart niet wáárom dat gebeurt. Het tot op zekere hoogte 'verklaren' lukt wel wanneer gebruik gemaakt wordt van multiële lineaire regressie. Wanneer er meer (onafhankelijke) verklarende oorzaken zijn (bijvoorbeeld steeds intensievere controle op het rijden onder invloed, steeds meer veiliger auto's op de weg, steeds meer veilige wegen, enzovoort), dan is de uiteindelijke regressielijn de lineair gewogen som van al deze ontwikkelingen. Het afzonderlijke regressielijntje van een bepaalde ontwikkeling die het meeste bijdraagt aan het verloop van de totale regressielijn, 'verklaart' het verloop van de uiteindelijke lijn het meest.

Wie goed naar de daling van het risico door de jaren heen kijkt, ziet dat de beste benadering geen constant dalende rechte lijn is. Het wat grillige verloop van het overlijdensrisico is nauwkeuriger te beschrijven door niet één rechte lijn te nemen, maar meerdere stukjes rechte lijn die een verschillende hoek met de x-as maken. Om zoveel mogelijk tussen de meetpunten te blijven, is het soms nodig dat de stukjes rechte lijn niet overal op elkaar aansluiten maar een stukje hoger of lager beginnen. Daar waar het nodig is om het volgende stukje rechte lijn op een lager punt te laten beginnen, wordt gesproken van een trendbreuk omlaag; waar het nodig is om het volgende stukje lijn op een hoger punt te laten beginnen, van een trendbreuk omhoog. Die sprongen kunnen te maken hebben met maatregelen die de verkeersveiligheidssituatie van de ene op de andere dag anders maken, maar ook met toeval.

Ook deze zogeheten trendbeuken zijn te modelleren met behulp van lineaire (multiële) regressie. Hierdoor kan in principe de bijdrage aan de abrupte daling of stijging van het overlijdensrisico van maatregelen die van de ene

op de andere dag worden ingevoerd, of vrij plotselinge gebeurtenissen zoals een strenge winter, geschat worden.

Het bouwen van een model dat gebaseerd is op lineaire regressie of de nog te bespreken state space modelling, heeft als voordeel dat er verschillende verklarende oorzaken in het model kunnen worden opgenomen, waardoor direct nagegaan kan worden wat hun bijdrage is aan de daling van het overlijdensrisico in het verkeer. Er kleven echter ook een aantal nadelen aan multi-pele lineaire regressie die níét aan de nog te bespreken methode van state space modelling kleven. De allerbelangrijkste daarvan is dat er geen sprake is van een samenhang op één bepaald moment in de tijd, maar over een langere periode. De verkeersongevallen in het ene jaar staan niet los van de verkeersongevallen in het andere jaar. Op zich zijn ongevallen onafhankelijke gebeurtenissen, maar de omstandigheden die ongevallen in de hand werken, zijn tamelijk constant door de tijd heen. De kwaliteit van de wegen wordt bijvoorbeeld in twee opeenvolgende jaren niet totaal anders. Hierdoor is het aantal verkeersslachtoffers in een bepaald jaar een redelijk goede voorspeller voor het aantal verkeersslachtoffers in het volgende jaar. Dit verschijnsel van afhankelijkheid van de observaties (bijvoorbeeld het aantal verkeersdoden in een reeks van jaren), wordt autocorrelatie genoemd. Autocorrelatie zegt iets over de mate van samenhang in een opeenvolgende reeks van jaren. De autocorrelatie is positief als de opeenvolgende waarnemingen hetzij positief, hetzij negatief afwijken van de trendlijn. De autocorrelatie is negatief als positieve en negatieve afwijkingen elkaar over een reeks van jaren afwisselen. Bij lineaire regressie wordt met autocorrelatie geen rekening gehouden. Met name hierdoor is het niet goed mogelijk om de gevonden mogelijke verklaringen op betrouwbare wijze op hun statistische significantie te toetsen. Het gevolg daarvan is weer dat er verbanden gevonden kunnen worden die er feitelijk niet zijn. Dit zeer ongewenste effect van het modelleren van de verkeersonveiligheid op basis van multi-pele lineaire regressie wil niet zeggen dat deze methode volledig onbruikbaar is. De methode van lineaire regressie is bij de analyse van de voetganger-personenauto-ongevallen en de bromfiets-personenauto-ongevallen gebruikt om ideeën op te doen voor toekomstige verbetering van de modellen op basis van de state-spacemethode.

2.2. Structurele tijdreeksanalyse

Evenals bij multi-pele lineaire regressie tracht men met behulp van state space modelling de feitelijke ontwikkeling (bijvoorbeeld het verloop van de feitelijke daling van het ongevallenrisico door de tijd heen zoals weergegeven in *Afbeelding 2.2*) zo nauwkeurig mogelijk in wiskundige termen te beschrijven. Ook bij state space modelling bestaat die beschrijving uit de beschrijving van trends (stukken van de grafiek met een geleidelijke daling of stijging) en beschrijvingen van trendbreuken (plotselinge stijgingen of dalingen). Het verloop van trends en trendbreuken wordt echter bij state space modelling berekend door rekening te houden met de waarden uit het verleden (de autocorrelatie) - dit in tegenstelling tot multi-pele lineaire regressie. De verschillende componenten waaruit een tijdreeks bestaat (trends, trendbreuken en seizoensfluctuaties) worden bij state space modelling in samenhang met elkaar geanalyseerd. In de resultaten van de analyses worden ze echter apart gepresenteerd.

State space modelling is in feite een dynamische variant van multi-pele lineaire regressie. Het grote voordeel van state space modelling ten opzichte van multi-pele lineaire regressie is dat rekening wordt gehouden met autocorrelatie. Daardoor wordt het risico kleiner dat er verbanden gevonden worden die er feitelijk niet zijn.

Hoe beter de wiskundige beschrijving overeenkomt met de werkelijkheid, des te beter is de zogenoemde 'fit'. De wiskundige formule die het werkelijke verloop zo nauwkeurig mogelijk beschrijft, bevat zogenoemde parameters. Dit zijn de onbepaald of constant gehouden grootheden in de wiskundige formule. Met behulp van tijdreeksanalyse kunnen die grootheden geschat worden. Als bekend is waardoor een bepaalde trendbreuk vermoedelijk wordt veroorzaakt (bijvoorbeeld de maatregel 'bromfietsers op de rijbaan'), kan door de parameterschatting de grootte van het effect van die maatregel berekend worden.

Een ander voordeel van state space modelling is dat makkelijk rekening houden kan worden met ontbrekende en foute gegevens. Onverklaarde veranderingen in de tijd worden bij state space modelling expliciet gemodelleerd met behulp van de verschillende modelcomponenten (trends, trendbreuken en seizoensfluctuaties). Daar er in de verkeersveiligheid vaak gegevens ontbreken, niet alle gegeven juist zijn en het verband tussen maatregelen onderling en hun relatie met het ongevalrisico vaak niet helemaal duidelijk is, heeft state space modelling grote voordelen boven multi-pele lineaire regressieanalyse.

Er zijn ook andere veelgebruikte methoden voor tijdreeksanalyse, zoals de Box-Jenkinsmethode. Deze methode deelt verschillende voordelen met state space modelling, zoals het rekening kunnen houden met autocorrelatie. Er is echter een belangrijk nadeel van de Box-Jenkinsmethode ten opzichte van state space modelling. Bij de Box-Jenkinsmethode moeten de trend- en seizoenscomponenten eerst verwijderd worden. Dit is nodig omdat de methode de voorwaarde stelt dat de gegevens stationair zijn, dat wil zeggen dat de dynamische eigenschappen van de tijdreeks constant zijn. Een ander - praktisch - nadeel van de Box-Jenkinsmethode is dat minder gemakkelijk gecompenseerd kan worden voor ontbrekende gegevens.

3. Onderwerpkeuze en werkwijze

3.1. Expositie en risico

Theoretisch gezien kan de verkeersonveiligheid door twee oorzaken afnemen, doordat verkeersdeelnemers korter aan de gevaren in het verkeer worden blootgesteld (bijvoorbeeld omdat ze jaarlijks minder kilometers afleggen) en/of doordat de gevaren zelf afnemen. De gevaren nemen af doordat de veiligheid van de wegen en de voertuigen toenemen, maar ook doordat verkeersdeelnemers zich veiliger gaan gedragen. De blootstelling aan gevaar wordt 'expositie' genoemd, en bij het afnemen van de gevaren zelf spreekt men over een afnemend 'risico'. Het verband tussen ongevallen, expositie en risico is in de volgende formule uit te drukken:

aantal ongevallen= expositie x risico

In *Tabel 3.1* staan de mogelijke veranderingen van het aantal ongevallen bij veranderingen in expositie en risico opgesomd.

		Expositie		
		Expositie neemt af	Expositie blijft gelijk	Expositie neemt toe
Risico	Risico neemt af	Aantal ongevallen neemt af	Aantal ongevallen neemt af	Aantal ongevallen kan afnemen, gelijk blijven of toenemen
	Risico blijft gelijk	Aantal ongevallen neemt af	Aantal ongevallen blijft gelijk	Aantal ongevallen neemt toe
	Risico neemt toe	Aantal ongevallen kan afnemen, gelijk blijven of toenemen	Aantal ongevallen neemt toe	Aantal ongevallen neemt toe

Tabel 3.1. Overzicht van mogelijke veranderingen van het aantal ongevallen bij veranderingen van expositie en risico.

Doordat het aantal ongevallen, het risico en de expositie aan elkaar gekoppeld zijn, maakt het voor de beschrijving van het verloop van de verkeersveiligheid in de tijd niet uit of het verloop van het jaarlijkse aantal ongevallen, het verloop van het risico of het verloop van de expositie als uitgangspunt genomen wordt. Bij de in de inleiding genoemde onderzoek is gekozen voor het modelleren van het risico, omdat veruit de meeste verkeersveiligheidsmaatregelen tot doel hebben om het risico te verkleinen en niet om de expositie (de mobiliteit) te verlagen. Bovendien is het de bedoeling om aan de hand van de ontwikkelde modellen voorspellingen te doen over de verkeersonveiligheid in de toekomst. Hoe de mobiliteit zich ontwikkelt, hangt sterk af van economische en demografische ontwikkelingen. Als de risico-ontwikkeling van bepaalde deelverzamelingen (bijvoorbeeld de risico-ontwikkeling op wegen binnen de bebouwde kom of de risico-ontwikkeling van voetganger-auto-ongevallen) bekend is, dan kan de toekomstige verkeersonveiligheid (het aantal verkeersslachtoffers) voorspeld worden voor verschillende mobiliteitsscenario's.

Ongevallen verschillen in de ernst van hun afloop. Er is gekozen om bij de modelberekeningen uit te gaan van de zogeheten geregistreerde 'ernstigletselongevallen'. Dit zijn ongevallen die ten minste één dode of één gewonde die in het ziekenhuis moet worden opgenomen, tot gevolg hebben. Zouden alleen de ongevallen met dodelijke afloop zijn genomen, dan zijn er niet genoeg ongevallen om bijvoorbeeld het verloop van het risico van botsingen tussen voetgangers en fietsers op 30km/uur-wegen binnen de bebouwde kom te beschrijven. Het nadeel van het samennemen van de categorieën 'dood' en 'ziekenhuisgewond', is dat lang niet alle ongevallen met een ziekenhuisopname als afloop worden geregistreerd. De registratiegraad is door de jaren heen bovendien niet constant; de eerste schatting van ziekenhuisgewonden is pas in 1990 gemaakt. Daarnaast verschilt de registratiegraad voor verschillende ongevalstypen, en zijn de schattingen daarvan niet zo betrouwbaar. Om deze redenen is ervoor gekozen om de geregistreerde aantallen te nemen en niet de geschatte 'werkelijke' aantallen. De consequentie hiervan is dat een gevonden daling van het ongevallenrisico mede veroorzaakt kan zijn door een afnemende registratiegraad.

Expositie (de blootstelling aan de gevaren in het verkeer) kan op veel verschillende manieren worden uitgedrukt. Als maat voor de expositie van automobilisten wordt meestal het aantal gereden autokilometers genomen. Wanneer men ook bij voetgangers het aantal afgelegde kilometers zou nemen, geeft dit bij een vergelijking van het risico tussen automobilisten en voetgangers een wat vertekend beeld, omdat voetgangers veel langzamer gaan en veel minder kilometers afleggen. Het risico van voetgangers ten opzichte van automobilisten wordt daardoor hoog. Zou als expositie van zowel voetgangers en automobilisten niet hun kilometrage genomen worden, maar de tijd dat zijn deelnemen aan het verkeer, dan wordt het verschil in risico tussen automobilisten en voetgangers veel kleiner.

Weer heel anders wordt het wanneer men niet verkeersdeelnemers als uitgangspunt neemt maar wegen. Wat is bijvoorbeeld de expositie van wegen met een snelheidslimiet van 50 km/uur in Nederland? Bij wegen wordt meestal niet over hun expositie gesproken, maar over hun intensiteit. De gemiddelde dagintensiteit van een weg is gelijk aan het gemiddelde aantal motorvoertuigen dat per dag over die weg rijdt. Hoe expositie bij de verschillende modellenonderzoeken (ontwikkeling van de verkeersveiligheid per wegcategorie, ontwikkeling van het risico van voetganger-auto-ongevallen en de ontwikkeling van het risico van bromfiets-auto-ongevallen) nader is uitgewerkt, staat beschreven in § 3.2.

3.2. **Keuze van de onderwerpen**

Het uiteindelijke doel van het modelleren is het verklaren van de onregelmatige maar gestage risicodaling in Nederland in de afgelopen decennia. Het totale risico van een verkeersongeval met ernstig letsel als gevolg (dood en/of zo zwaar gewond, dat ziekenhuisopname noodzakelijk is) bestaat uit veel verschillende deelrisico's, die elkaar voor een deel kunnen overlappen. Er kan bijvoorbeeld gekeken worden naar de ontwikkeling van het risico van voertuigtypes (fietsen, bromfietsen, auto's, vrachtauto's, enzovoort), maar ook naar de ontwikkeling van het risico van een ernstig ongeval door de tijd heen per wegtype. Men zou ook het verloop van het ongevallenrisico per leeftijdscategorie en verkeersrol kunnen nemen (bijvoorbeeld van jonge

automobilisten). Dit uitsplitsen naar deelrisico's wordt disaggregeren genoemd.

3.2.1. Disaggregatie naar wegcategorie

In het rapport *De Veiligheidsverkenner voor het wegverkeer* (Janssen, 2007) is gekozen voor een disaggregatie naar plaats. Wat zijn de mogelijke verklaringen voor het verloop van het ongevalrisico voor verschillende wegcategorieën? Het voordeel van disaggregatie naar wegtype is dat de gehele ontwikkeling van de verkeersonveiligheid gemodelleerd wordt. Een nadeel is echter dat deze disaggregatie te grof is om met behulp van state space modelling trendbeuken op te sporen. De periode waarvoor getracht is bovenstaande vraag te beantwoorden, loopt van 1985 tot en met 2003. Door gebrek aan gegevens was het niet mogelijk om eerder te beginnen, en op het moment van onderzoek waren de precieze ongevallen- en mobiliteitsgegevens over 2004 nog niet bekend. De gebruikte wegcategorieën zijn ontleend aan het functionaliteit principe van Duurzaam Veilig. Er zijn drie wegcategorieën binnen de bebouwde kom onderscheiden, te weten:

- erftoegangswegen met een maximumsnelheid van 30 km/uur;
- gebiedsontsluitingswegen met een maximumsnelheid van 50 km/uur;
- stroomwegen met een maximumsnelheid van 70 km/uur.

En er zijn drie wegcategorieën buiten de bebouwde kom onderscheiden, te weten:

- erftoegangswegen met een maximumsnelheid van 60 km/uur;
- gebiedsontsluitingswegen met een maximumsnelheid van 80 km/uur;
- stroomwegen met een maximumsnelheid van 100 en 120 km/uur.

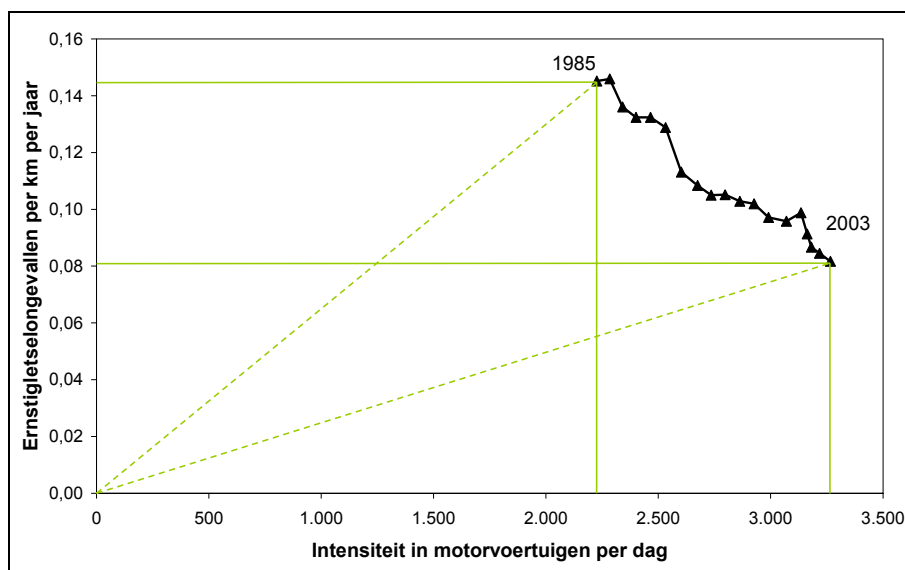
Binnen elk van deze wegcategorieën is vervolgens verder gedisaggregeerd volgens het homogeniteitsprincipe van Duurzaam Veilig (het vermijden van conflictmogelijkheden tussen voertuigen die sterk verschillen in massa, richting en snelheid). De volgende typen conflicten (ongevalsgroepen) zijn onderscheiden:

- botsingen tussen snelverkeer onderling (bijvoorbeeld een botsing tussen twee auto's) en enkelvoudige ongevallen met snelverkeer (bijvoorbeeld auto tegen een boom);
- botsingen tussen snelverkeer en langzaam verkeer (bijvoorbeeld een botsing tussen een auto en een voetganger);
- botsingen tussen langzaam verkeer onderling (bijvoorbeeld een botsing tussen een bromfiets en een fiets) en enkelvoudige ongevallen met langzaam verkeer (bijvoorbeeld fietser in een sloot).

Als uitgegaan wordt van wegcategorieën is de maat voor expositie anders dan wordt uitgegaan van de expositie van voertuigtypen. Bij voertuigtypen ligt het voor de hand om als maat voor de expositie het totale aantal afgelegde kilometers van dat voertuigtype te nemen. Wegcategorieën kennen een bepaalde *intensiteit* per dag. Dit is het gemiddelde aantal motorvoertuigen dat per dag over een bepaalde lengte van die wegcategorie rijdt. De *verkeersprestatie* van een wegcategorie in een jaar is de *intensiteit* per dag maal de totale weglengte die er van een bepaalde wegcategorie is aangelegd maal het aantal dagen per jaar. Zoals reeds vermeld is het totale aantal ongevallen gelijk aan het risico maal de expositie. Het risico is dus gelijk aan het totale aantal ongevallen gedeeld door de expositie. Die

expositie is bij alle wegcategorieën gelijk aan de *verkeersprestatie*, dus de totale weglengte die van die weg categorie is aangelegd maal de intensiteit per dag maal het aantal dagen in een jaar. Dit betekent dat het risico in een bepaald jaar te berekenen is door eerst het totale aantal ernstigletselongevallen dat per jaar op alle wegen van een bepaalde weg categorie jaarlijks plaatsvindt, te delen door de totale weglengte van die weg categorie in dat jaar, en dit getal vervolgens te delen door de intensiteit per dag.

In *Afbeelding 3.1* is de toename van de intensiteit per dag en de afname van het aantal ernstigletselongevallen per kilometer weglengte per jaar voor alle wegen in Nederland vanaf 1985 tot en met 2003 te zien.



Afbeelding 3.1. Verloop van het aantal ernstigletselongevallen per km per jaar op alle wegen van Nederland over de periode 1985 tot en met 2003, gerelateerd aan de intensiteit uitgedrukt in aantal motorvoertuigen per dag.

Volgens *Afbeelding 3.1* is het op de Nederlandse wegen steeds drukker geworden. De intensiteit nam toe van 2227 motor voertuigen per dag in 1987 naar 3266 motorvoertuigen per dag in 2003. Dit is een toename van 47%. In dezelfde periode is het aantal ernstigletselongevallen gedaald van 0,145 ongevallen in een jaar per kilometer weglengte in 1987 naar 0,082 ongevallen in een jaar per kilometer weglengte in 2003. Dit is een daling van 44%. In 1985 bedroeg het ernstigletselrisico: $2227 / (0,145 \times 365) = 1,79 \times 10^{-7}$ ongeval met ernstig letsel als afloop) per motorvoertuigkilometer. In 2003 bedroeg het ernstigletselrisico: $3266 / (0,082 \times 365) = 0,69 \times 10^{-7}$ per motorvoertuigkilometer. Dit is een daling van bijna 62%. Het ongevallenrisico in een bepaald jaar is dus gelijk aan de hoek die de lijn die getrokken wordt vanuit de waarde in een bepaald jaar naar het nulpunt, met de x-as maakt. In *Afbeelding 3.1* zijn die lijnen (de twee stippellijnen) getrokken voor de jaren 1985 en 2003.

Afbeelding 3.1 is hier slechts opgenomen om te illustreren hoe de ontwikkelingen van het ongevallenrisico in het rapport *De Veiligheidsverkenner voor het wegverkeer* (Janssen, 2007) gepresenteerd worden. In *Hoofdstuk 4* wordt nader ingegaan op de resultaten die de modelontwikkeling naar weg categorie heeft opgeleverd.

3.2.2. Disaggregatie naar ongevalstype

Men kan de ontwikkeling van het ongevalrisico naar wegcategorie als uitgangspunt nemen, zoals gedaan is in § 3.2.1, maar men kan ook de ontwikkeling van naar ongevalstype. Dit is gedaan bij de onderzoeken naar het modelleren van voetganger-auto-ongevallen en bromfiets-auto-ongevallen. Een voordeel van disaggregatie naar conflicttype is dat een dergelijke onderverdeling specifiek genoeg is om met behulp van state space modelling trendbreuken op te sporen. Een nadeel is echter dat een analyse per conflicttype zeer tijdrovend is en dat de ontwikkeling van het verloop van de totale verkeersonveiligheid niet beschreven kan worden zolang niet alle conflicttypen gemodelleerd zijn. Bovendien zijn bij een disaggregatie naar conflicttype veel gedetailleerde gegevens nodig die niet worden vastgelegd, zoals de jaarkilometrage van auto's en bromfietsen op wegen waarbij beide voertuigtypen met elkaar in conflict kunnen komen.

Een ongeval ontstaat wanneer verkeersdeelnemers tegen elkaar botsen. Maar ook zonder dat er andere verkeersdeelnemers bij betrokken zijn, kan een verkeersongeval ontstaan, bijvoorbeeld wanneer een auto tegen een boom rijdt. Men spreekt dan van een enkelvoudig verkeersongeval. Als een ongeval met een auto als uitgangspunt genomen wordt, dan kan dit ongeval enkelvoudig zijn, maar het kan ook om een botsing met een voetganger, fietser, snorfietser, bromfietser (hieronder worden brom- en snorfietzers als één categorie genomen), motorfietser, andere auto, bestelauto, bus of een vrachtauto gaan. Wanneer de negen genoemde vervoerswijzen genomen worden, zijn er 89 verschillende ongevalstypen te onderscheiden. Niet al deze ongevalstypen komen even vaak voor. Gelet op het aantal, het risico, de ernst van de afloop en of het ongevalstype aan het toenemen is, zijn de volgende ongevalstypen het belangrijkste: auto enkelvoudig, auto-auto, bromfiets-auto, voetganger-auto, auto-vrachtauto en fiets-auto.

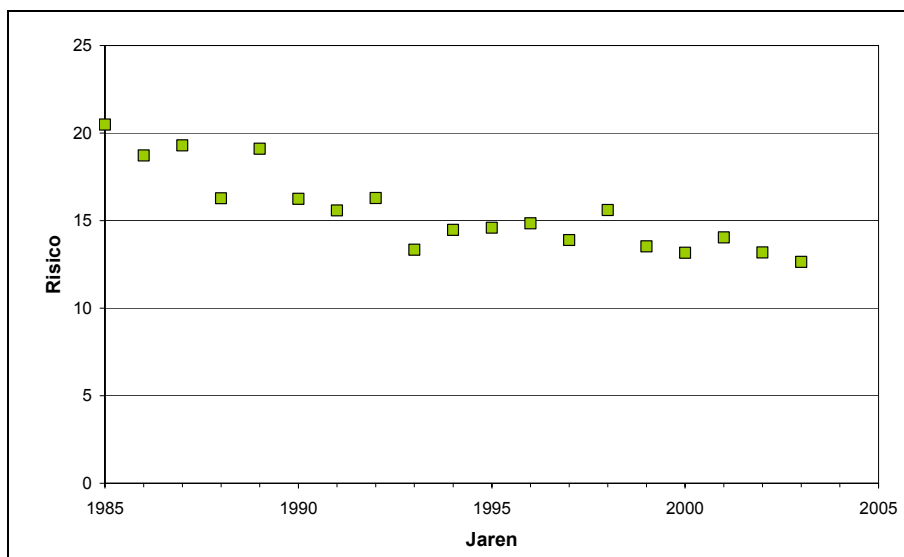
In de afgelopen periode zijn twee conflicttypen gemodelleerd. Dit zijn de botsingen van brom- en snorfietzen (één categorie) met auto's (aangeduid met de bromfiets-auto-ongevallen) en de botsingen van voetgangers met auto's. Een onderverdeling naar persoonskenmerken zoals leeftijd en geslacht is makkelijker te halen uit de slachtofferdatabase dan in de ongevallendatabase, is bij de bromfiets-auto-ongevallen en de voetganger-auto-ongevallen het slachtofferrisico (aantal slachtoffers per eenheid van expositie) als uitgangspunt genomen in plaats van het ongevalrisico. Het slachtofferrisico en het ongevalrisico zijn voor voetganger-auto-ongevallen en voor bromfiets-auto-ongevallen vrijwel gelijk aan elkaar, omdat bij dit soort ongevallen meestal maar één slachtoffer te betreuen valt en vrijwel altijd is dat de voetganger bij voetganger-auto-ongevallen en de bromfietser bij de bromfiets-auto-ongevallen. Net als bij de ontwikkeling van het ongevalrisico per wegcategorie zijn de ongevallen met dodelijke afloop en de ongevallen die resulteren in ziekenhuisopname, samen genomen. Dit zijn de ernstigstelselongevallen.

De mate van blootstelling aan de gevaren in het verkeer (de expositie), kan bij bromfiets-auto-ongevallen en voetganger-auto-ongevallen niet op dezelfde wijze gedefinieerd worden als het ongevalrisico per wegcategorie. Bij wegcategorie was dit de *verkeersprestatie* (de gemiddelde *intensiteit* per dag maal het aantal dagen in een jaar). Bij zowel de voetganger-auto-ongevallen als de bromfiets-auto-ongevallen moet het om

een maat gaan die een indicatie is van de tijd die men in het verkeer doorbrengt en/of het aantal afgelegde kilometers in gebieden waar voetgangers en auto's, respectievelijk bromfietzers en auto's, met elkaar in botsing kunnen komen. Dit zou bij de bromfiets-auto-ongevallen bijvoorbeeld het product kunnen zijn van het totale aantal afgelegde autokilometers en bromfietskilometers op wegvakken en kruispunten waar bromfietzers en auto's met elkaar in botsing kunnen komen. Hier zijn echter geen gegevens over voorhanden. Voor de bromfiets-auto-ongevallen is als benadering het product van het totale aantal autokilometers en het totale aantal bromfietskilometers genomen. Bedacht moet worden dat deze maat niet geheel zuiver is, omdat bijvoorbeeld zo ook het aantal autokilometers op autosnelwegen wordt meegenomen. Daar bromfietzen niet op autosnelwegen mogen rijden, zullen auto's en bromfietzen elkaar ook niet ontmoeten op autosnelwegen.

Een maat voor de expositie is voor de voetganger-auto-ontmoetingen nog lastiger te vinden dan voor bromfiets-auto-ontmoetingen. Het overgrote deel van zowel de autokilometers als de voetgangerkilometers wordt immers afgelegd op plaatsen waar ontmoetingen tussen beiden onmogelijk zijn (autokilometers bijvoorbeeld op snelwegen en voetgangerkilometers in winkelcentra waar geen autoverkeer is). Als expositiemaat om het verloop van het risico van voetganger-auto-ongevallen te beschrijven, is uiteindelijk gekozen voor het totale aantal inwoners van Nederland. Het voordeel hiervan is dat de inwoneraantallen nauwkeurig bekend zijn; een nadeel is echter dat geen rekening gehouden kan worden met verschuivingen in mobiliteit van auto's en voetgangers in de loop van de tijd (bijvoorbeeld het gegeven dat er steeds meer gebieden in stadscentra komen waar autoverkeer niet is toegestaan).

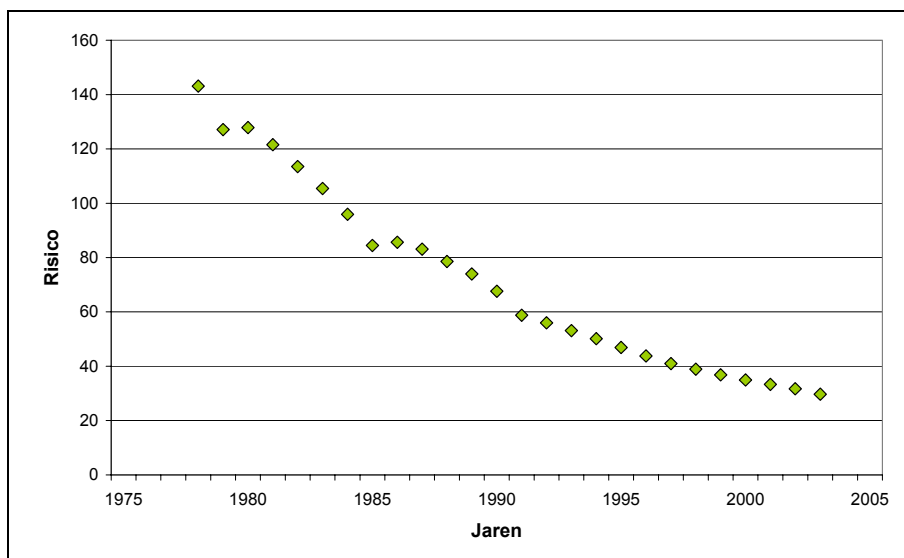
Als tijdvak voor de beschrijving van het voetganger-autorisico is de periode van 1975 tot en met 2004 genomen. Het was mogelijk om verder terug te gaan in de tijd dan bij de wegcategorieën, omdat de expositiegegevens (de inwoneraantallen) over een langere periode bekend zijn. Als tijdvak voor de beschrijving van het bromfiets-autorisico is de periode van 1985 tot en met 2004 genomen. Deze kortere periode was noodzakelijk, omdat betrouwbare mobiliteitsgegevens van vóór 1985 ontbreken. Evenals bij de wegcategorieën is uitgegaan van de geregistreerde ernstigletselongevallen (doden plus ziekenhuisgewonden). In *Afbeelding 3.2* staat het verloop van het risico van ernstigletselongevallen tussen bromfietzen en auto's weergegeven.



Afbeelding 3.2. Verloop van het risico van bromfiets-auto-ongevallen met ernstig letsel, uitgedrukt in aantal bromfiets-auto-ongevallen per miljard voertuigkilometer over de periode 1985-2004. De expositie is bepaald door het product van het totale aantal autokilometers en het totale aantal bromfietskilometers.

Te zien is dat het ongevalrisico daalt en dat die daling nogal grillig verloopt. Er zijn jaren met duidelijke uitschieters, zowel naar boven als naar beneden.

In Afbeelding 3.3 staat het verloop van het risico van ernstig letsel bij ongevallen tussen voetgangers en auto's weergegeven. De totale risicodaling is bij voetganger-auto-ongevallen sterk, en er zijn periodes met forse dalingen (van 1978 naar 1979, van 1981 naar 1982 en over de periode 1983 tot 1985). Van 2003 naar 2004 daalt het risico zelfs met 20%. Lichte uitschieters naar boven zijn er in 1986 en 1996.



Afbeelding 3.3. Verloop van het risico van voetganger-auto-ongevallen met ernstig letsel als gevolg, uitgedrukt als het aantal ernstigletselsslachtoffers per miljoen inwoners, van 1978 tot en met 2004.

3.3. Werkwijze

3.3.1. Beschrijving van de feitelijke ontwikkelingen op gedissaggregeerd niveau

De feitelijke ontwikkelingen op het hoogste aggregatieniveau zijn de reeds besproken. Van *Afbeelding 3.1* kan de ontwikkeling van het ongevalrisico naar plaats worden afgelezen, van *Afbeelding 3.2* het verloop van het risico van bromfiets-auto-ongevallen en van *Afbeelding 3.3* het verloop van het risico van voetganger-auto-ongevallen. Vervolgens zijn de feitelijke ontwikkelingen op gedissaggregeerd niveau onderzocht. Bij de ontwikkeling van het ongevalrisico naar plaats zijn dat de ontwikkelingen per weg-categorie en per ongevalsgroep: 1) snelverkeer onderling en snelverkeer enkelvoudig, 2) snelverkeer tegen langzaam verkeer, en 3) langzaam verkeer onderling en langzaam verkeer enkelvoudig.

Vrijwel altijd ontbreken expositiegegevens op detailniveau, bijvoorbeeld over hoeveel kilometer er jaarlijks door bromfietzers gereden wordt terwijl ze meer alcohol hebben geconsumeerd dan wettelijk is toegestaan. Daarom is bij onderzoek naar bromfiets-auto-ongevallen op gedissaggregeerd niveau meestal het feitelijke verloop van het aantal ongevallen beschreven en niet het verloop van het ongevalrisico. Daarbij zijn de volgende disaggregaties gebruikt: binnen bebouwde kom en buiten bebouwde kom, verschillende wegcategorieën (wegen met verschillende snelheidslimieten), stukken (rechte) weg en kruispunten, botskenmerken (frontale botsing, kop-staart-botsing, flankbotsing en botsing met een stilstaande auto), indelingen naar seizoen, dagen van de week, uren van de dag, dag of nacht, geslacht en leeftijd, alcoholgerelateerde ongevallen versus niet- alcoholgerelateerde ongevallen, en conditie van het wegdek (nat/droog).

Doordat ook bij de voetganger-auto-ongevallen de expositiegegevens op detailniveau ontbreken, is net als bij de bromfiets-auto-ongevallen op gedissaggregeerd niveau meestal het verloop van het aantal ongevallen en niet het verloop van het ongevalrisico beschreven. De disaggregaties bij de beschrijving van het risicoverloop op voetganger-auto-ongevallen zijn vrijwel gelijk aan die van de bromfiets-auto-ongevallen.

3.3.2. Inventarisatie van mogelijke invloeden op het verloop van de verkeersonveiligheid

Nadat de feitelijke ontwikkelingen op gedissaggregeerd niveau beschreven zijn, is bij het onderzoek geïnventariseerd welke zaken het risicoverloop mogelijk hebben beïnvloed. De zaken die zijn geïnventariseerd betreffen niet alleen de concrete verkeersveiligheidsmaatregelen, maar ook de maatschappelijke, technologische en klimatologische ontwikkelingen die direct of indirect effect gehad kunnen hebben op de verkeersveiligheid.

In Janssen (2007) is per wegcategorie gekeken welke maatregelen er in de bestudeerde periode (1985-2003) zijn genomen, waarbij ook telkens het jaartal van invoering genoemd wordt. Verder wordt bekeken op welke verkeerssoort (snel of langzaam verkeer) en welk voertuigtype de maatregel of ontwikkeling betrekking heeft. Voor bijvoorbeeld de wegen met een limiet van 50 km/uur binnen de bebouwde kom heeft dat de volgende tabel (*Tabel 3.2*) opgeleverd:

Jaar	Verkeerssoort	Voertuigsoort	Inhoud van de interventie
1985	Algemeen	Motorvoertuigen	Van selectieve naar aselechte politiecontroles
1987	Snelverkeer	Motorvoertuigen	Alcohol-ademanalyse als bewijs
1988	Algemeen	Alle voertuigen	Lik-op-stukbeleid lichtere overtreders
1990	Algemeen	Alle voertuigen	Wet administratiefrechtelijke handhaving verkeersovertredingen
1993	Snelverkeer	Bestelauto	Invoering grijs kenteken voor bestelauto's met geblindeerde zijruit
1995	Snelverkeer	Vrachtauto	Zijafscherming verplicht voor nieuwe vrachtauto's
1996	Algemeen	Alle voertuigen	Subsidie inrichting 30km/uur-zones
1997	Algemeen	Alle voertuigen	Startprogramma Duurzaam Veilig
1999	Langzaam verkeer	Bromfiets	Bromfiets op de rijbaan
1999	Algemeen	Alle voertuigen	Subsidie inrichting sobere 30km/uur-zones
2001	Algemeen	Alle voertuigen	Voorrang verkeersaders
2001	Snelverkeer	Motorvoertuigen	Navigatiesystemen auto
2001	Snelverkeer	Vrachtauto en bus	RAI-advies doblispiegel
2003	Snelverkeer	Vrachtauto	Zichtveldverbetering vrachtauto boven 3500 kg

Tabel 3.2. *Interventies waarvan een gunstig effect wordt verondersteld op het risico voor wegen binnen de bebouwde kom met een limiet van 50 km/uur over de periode 1985 tot en met 2003 in Nederland.*

De volgende zaken zijn geïnventariseerd omdat vermoed wordt dat ze invloed hebben gehad op het aantal voetganger-auto-ongevallen met ernstig letsel als afloop:

- afname van de mobiliteit van jonge kinderen als zelfstandig voetganger doordat ze tot op steeds hogere leeftijd naar school gebracht worden;
- toename van de mobiliteit van vrouwen (uitgedrukt in zowel voetgangerkilometers als automobilistenkilometers), vooral tijdens de spitsuren, door de toename van de arbeidsparticipatie van vrouwen vanaf de jaren tachtig van de vorige eeuw;
- toename van de mobiliteit van ouderen (zowel van de voetgangersmobiliteit als de automobilititeit) doordat het 'type' oudere aan het veranderen is (steeds actiever);
- toename van het aantal verkeersbrigadiers dat kinderen helpt bij het oversteken op weg naar school;
- de relatief koude winters van 1979, 1985, 1986, 1987 en 1996. Vooral de winter van 1979 werd gekenmerkt door lange periodes met zware sneeuwval en ijzel;
- sterke afname van de automobilititeit van jonge beginnende bestuurders in het begin van de jaren negentig van de vorige eeuw vanwege een beginnende economische recessie en de invoering van de ov-studentenkaart in 1991.
- de samenloop van een aantal ontwikkelingen rond 2000. In het kader van het starprogramma Duurzaam Veilig zijn steeds meer 50km/uur- wegen

omgezet in 30km/uur-wegen en zijn steeds meer kruispunten omgezet in rotondes. Daarnaast zijn de handhavingsinspanningen van de politie toegenomen (snelheids- en alcoholcontroles), ontstond er een economische recessie in de eerste jaren van de 21^e eeuw en werd de jaarlijkse publiekscampagne 'De scholen zijn weer begonnen' geïntroduceerd.

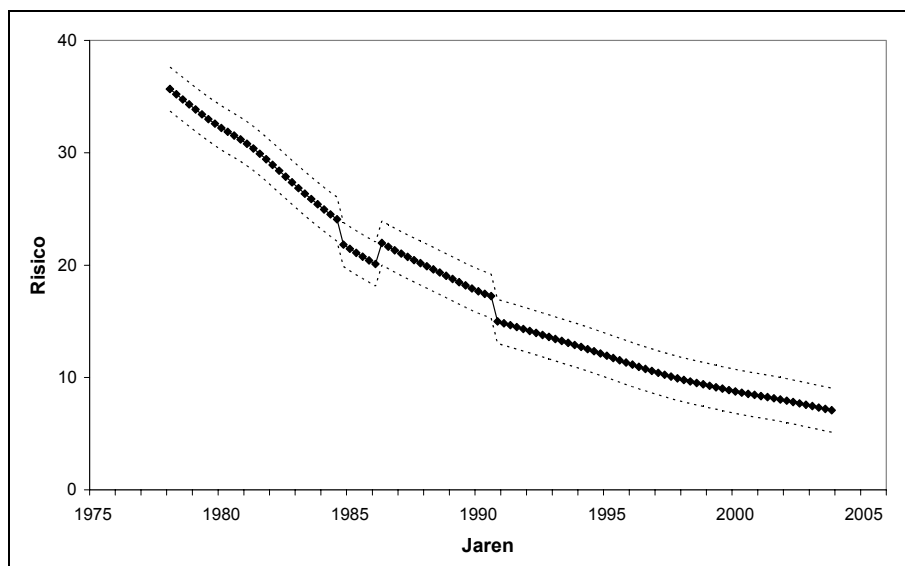
De volgende zaken zijn geïnventariseerd omdat vermoed wordt dat ze invloed hebben gehad op het aantal bromfiets-auto-ongevallen met ernstig letsel als afloop:

- de introductie van de maatregel 'bromfiets op de rijbaan' in 2000;
- de omzetting van 50km/uur-wegen in 30km/uur-wegen (lagere snelheden bij botsingen tussen auto en bromfiets en daardoor minder ongevallen met fatale afloop);
- de omzetting van kruispunten naar rotondes;
- de introductie van 60km/uur-wegen met fietssuggestiestroken;
- de aanleg van fietspaden;
- de verplichting van zijreflectoren in 1987;
- de introductie van het bromfietscertificaat in 1996;
- toegenomen controle door de politie op het rijden onder invloed, te hard rijden, rijden door rood licht en het rijden zonder helm;
- periodes met economische recessie (waardoor minder bromfietsmobiliteit en minder automobilititeit);
- toename van het gemak waarmee brom- en snorfietsen zijn op te voeren;
- periodes met veel neerslag (waardoor hoger risico van auto-bromfiets-ongevallen);
- zomermaanden met bovengemiddelde temperaturen (waardoor hoger risico van auto-bromfietsongevallen).

In de *Hoofdstukken 4, 5 en 6* staat vermeld welke van de genoemde invloeden duidelijk samenhangen met het geconstateerde verloop van het ongevallenrisico en samenvallen met de trendbreuken uit de state space modellering.

3.3.3. Toepassing van 'state space modelling'

Na de beschrijvingen van het feitelijke verloop van het ongevallenrisico op alle gedisaggregeerde niveaus in § 3.3.1 en de inventarisatie van mogelijke verklaringen in § 3.3.2, is het verloop van de risico's gemodelleerd met behulp van de state-spacemethode. Als voorbeeld is in *Afbeelding 3.4* het gemodelleerde verloop van het risico van ernstig letsel bij een botsing tussen voetgangers en auto's weergegeven. Dit levert bij benadering hetzelfde verloop op als in *Afbeelding 3.3*. Het verschil is dat het risico in *Afbeelding 3.4* modelmatig is bepaald op basis van kwartaalcijfers, en de punten in *Afbeelding 3.3* zijn vastgesteld op basis van de ongevallen- en populatiegegevens per jaar.



Afbeelding 3.4. *Gemodelleerd verloop van het risico van voetganger-auto-ongevallen met ernstig letsel, uitgedrukt als het aantal ernstigletsel-slachtoffers per miljoen inwoners per kwartaal, over de periode 1978-2004*

De lijn met ruiten geeft het verloop van het gemodelleerde ongevalrisico weer. Boven en onder de lijn met ruiten is een dunne stippellijn getrokken. Het gebied tussen de stippellijnen geeft het 95% betrouwbaarheidsinterval weer. De afstand tussen de bovenste en de onderste stippellijn zegt iets over de nauwkeurigheid van het gemodelleerde risicoverloop. Als die afstand groot is, dan is de gemodelleerde trendlijn onnauwkeurig, en omgekeerd. Te zien is dat er in 1985 en in 1990 een plotselinge sprong (trendbreuk) naar beneden is, en in 1986 een plotselinge sprong naar boven. De trendbreuken in 1986 en in 1990 zijn wel statistisch significant en die in 1985 niet. Dit wil zeggen dat de trendbreuk in 1985 mogelijk op toeval berust. In 1986 en in 1990 is er dus iets gebeurd (de invoering van een maatregel, een maatschappelijke ontwikkeling, een buitensporig strenge winter) wat tot een plotselinge verandering van het ongevalrisico heeft geleid. De mogelijke verklaringen voor de trendbreuken (de daadwerkelijke uitkomsten van de state-spacemodellen) worden in de komende hoofdstukken besproken.

3.3.4. *Aanvullende analyses ten behoeve van vervolgonderzoek*

Alleen expliciete verklaringen waarvan de omvang van het effect op het ongevalrisico bekend zijn, kunnen worden opgenomen in de state-spacemodellen. Zaken waarvan wel vermoed wordt dat ze invloed hebben, maar waarvan de omvang van die invloed niet precies bekend is, zijn niet op te nemen in de modellen. Dergelijke zaken zijn bijvoorbeeld de invloed van het weer en van de economie. Wel is het natuurlijk mogelijk om ze op te nemen door gebruik te maken van een geschat kwantitatief effect. Het gevaar is dan echter dat de met behulp van state space modelling 'gevonden' effecten komen te berusten op een cirkelredenering.

Om na te gaan welke invloeden waarvan het effect niet precies bekend is, opgenomen zouden kunnen worden in toekomstige state-spacemodellen, is gebruik gemaakt van multiële lineaire regressie. Deze aanvullende

analyses zijn louter exploratief. De met behulp van lineaire regressie gevonden verbanden bestaan in werkelijkheid misschien helemaal niet (zie § 2.1). Van multiële lineaire regressie is ter aanvulling wel gebruik gemaakt bij het onderzoek naar voetganger-auto-ongevallen en bromfiets-auto-ongevallen, maar niet bij de verklaringen voor de risico-ontwikkeling per wegcategorie.

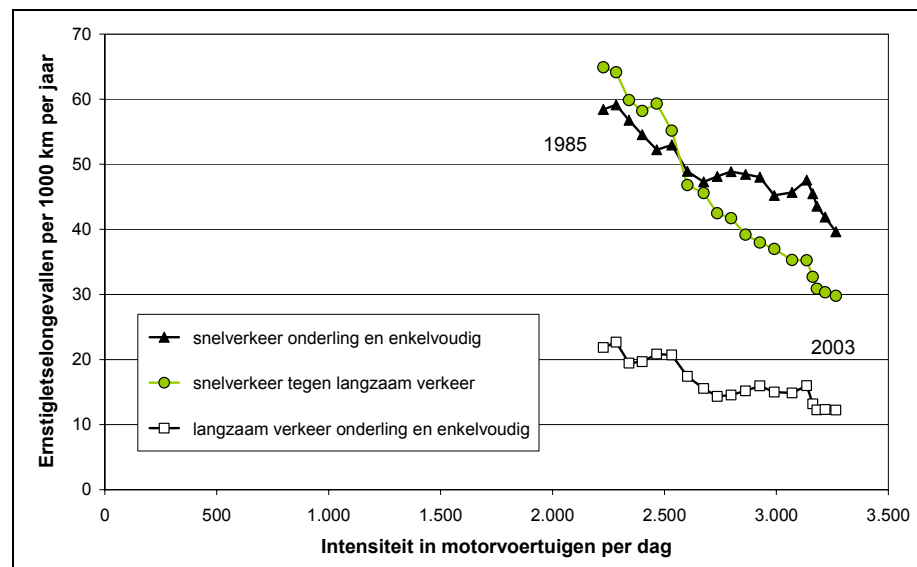
4. Verbanden tussen interventies en de verkeers- onveiligheid per wegcategorie

In dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op de resultaten die vermeld staan in het rapport *De Veiligheidsverkenner voor het wegverkeer* (Janssen, 2007). Dit rapport beschrijft de ontwikkelingen van de verkeersveiligheid per wegcategorie en geeft mogelijke verklaringen voor die ontwikkelingen. In tegenstelling tot de in de *Hoofdstukken 5 en 6* besproken bromfiets-auto- en voetganger-auto-ongevallen, staat in dit hoofdstuk state space modellering niet centraal. Er is weliswaar gebruik gemaakt van state space modellering, maar die modellen lieten geen trendbreuken zien.

4.1. Beschrijving van de feitelijke ontwikkelingen

In het rapport van Janssen (2007) staan alle feitelijke ontwikkelingen van het aantal ongevallen per wegcategorie en per ongevalsgroep beschreven. In deze paragraaf worden een aantal van deze ontwikkelingen kort beschreven.

In *Afbeelding 4.1* staan de ontwikkelingen per ongevalsgroep op alle wegen van Nederland samen afgebeeld. Deze afbeelding geeft hetzelfde weer als *Afbeelding 3.1*, maar dan uitgesplitst naar ongevalsgroep.

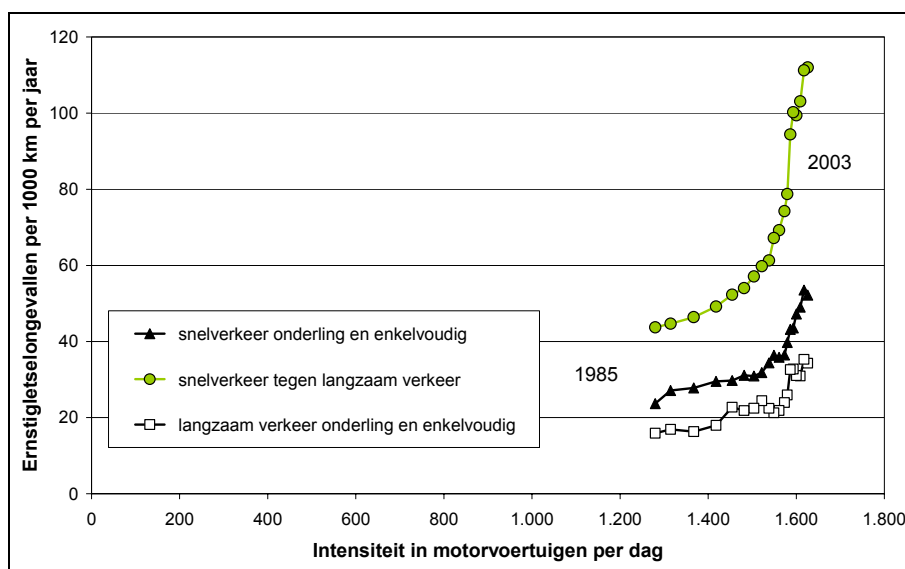


Afbeelding 4.1. Verloop van het aantal ernstigletselongevallen per 1000 km per jaar op alle wegen van Nederland over de periode 1985 tot en met 2003, uitgesplitst naar ongevalsgroep, gerelateerd aan de intensiteit uitgedrukt in aantal motorvoertuigen per dag.

Te zien is dat vanaf 1991 het aantal ernstigletselongevallen per 1000 km weglengte voor 'snelverkeer onderling en enkelvoudig' groter is dan dat van 'snelverkeer tegen langzaam verkeer'. De daling over de gehele periode van het risico van ernstigletselongevallen door botsingen tussen 'snelverkeer en langzaam verkeer' is het grootst (69%). De risicodaling over de gehele

periode is bij 'snelverkeer onderling en enkelvoudig' 54% en bij 'langzaam verkeer onderling en enkelvoudig' 62%.

In *Afbeelding 4.2* zijn de ontwikkelingen per ongevalsgroep voor de wegen binnen de bebouwde kom weergegeven.



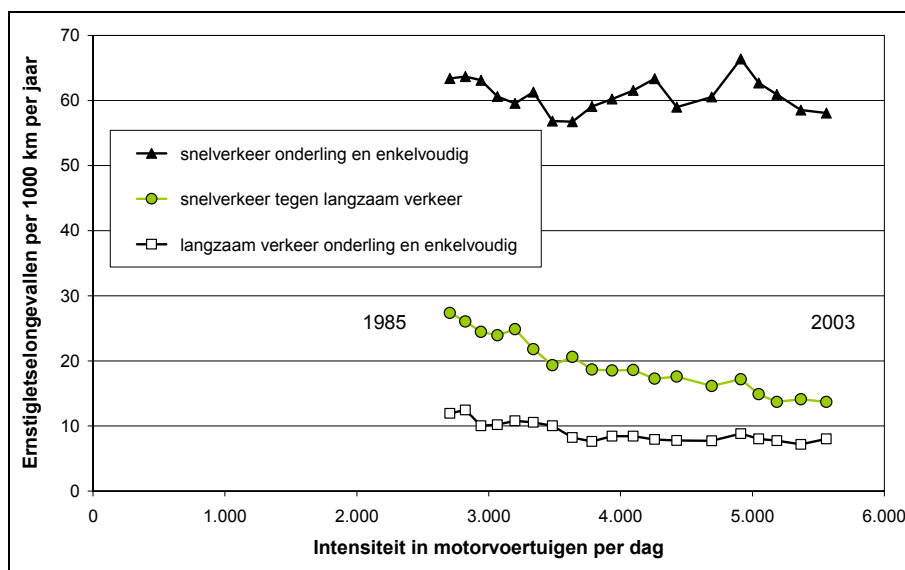
Afbeelding 4.2. Verloop van het aantal ernstigletselongevallen per 1000 km per jaar op wegen binnen de bebouwde kom over de periode 1985 tot en met 2003, uitgesplitst naar ongevalsgroep, gerelateerd aan de intensiteit uitgedrukt in aantal motorvoertuigen per dag.

De grafiek toont dat zowel de intensiteit als het jaarlijks aantal ernstigletselongevallen per 1000 km binnen de bebouwde kom afneemt. De daling van het aantal ernstigletselongevallen per km weglengte door botsingen tussen snelverkeer en langzaam verkeer neemt over de gehele periode het sterkst af, maar deze daling is wel aan het afvlakken. In alle jaren is het aantal ernstigletselongevallen per km weglengte binnen de bebouwde kom voor de groep 'snelverkeer tegen langzaam verkeer' in alle jaren het grootst. Het aantal ernstigletselongevallen per 1000 km van de groep 'langzaam verkeer onderling en enkelvoudig' is het kleinst van de drie, maar daalt minder snel dan de andere twee.

Uit de gehanteerde cijfers blijkt dat het risico voor de groep snelverkeer onderling en enkelvoudig daalt over de hele periode met 42% naar 51 ernstigletselongevallen per miljard motorvoertuigkilometers. Het risico voor de groep snelverkeer tegen langzaam verkeer daalt met 50% naar 94 ernstigletselongevallen per miljard motorvoertuigkilometers en het risico voor de groep langzaam verkeer onderling en enkelvoudig daalt met 29% naar 34 ernstigletselongevallen per miljard motorvoertuigkilometers.

In *Afbeelding 4.3* staat hetzelfde als in *Afbeelding 4.2*, maar dan voor wegen buiten de bebouwde kom. In tegenstelling tot de wegen binnen de bebouwde kom, neemt de intensiteit op wegen buiten de bebouwde kom sterk toe. De daling van het aantal ernstigletselongevallen per 1000 km bij 'snelverkeer onderling en enkelvoudig' is veel geringer dan de dalingen daarvan binnen de bebouwde kom. De daling van het risico voor de groep

'snelverkeer onderling en enkelvoudig' over de gehele periode is op wegen de buiten de bebouwde kom echter wat sterker (55%) dan op wegen binnen de bebouwde kom (42%).



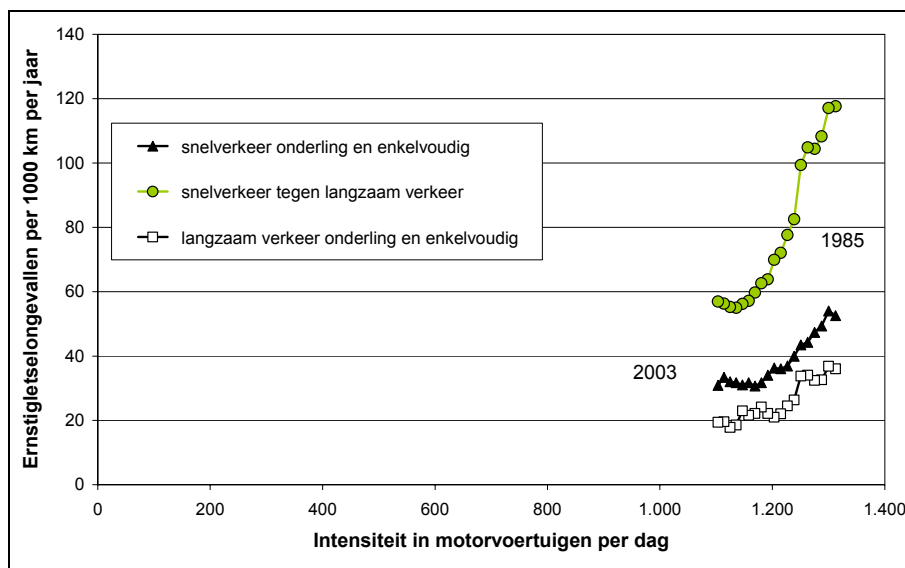
Afbeelding 4.3. Verloop van het aantal ernstigletselongevallen per 1000 km per jaar op wegen buiten de bebouwde kom over de periode 1985 tot en met 2003, uitgesplitst naar ongevalsgroep, gerelateerd aan de intensiteit uitgedrukt in aantal motorvoertuigen per dag.

Over de hele periode is het aantal ernstigletselongevallen per 1000 km van 'snelverkeer onderling en enkelvoudig' veruit het grootst is. De daling in het aantal ernstigletselongevallen per 1000 km van deze ongevalsgroep bedraagt in de periode 1985 tot en met 2003 slechts 3%. Veel groter is de daling van het aantal ernstigletselongevallen per 1000 km bij de groep 'snelverkeer tegen langzaam verkeer' (47%). De daling van het aantal ernstigletselongevallen per 1000 km bedraagt voor de groep 'langzaam verkeer onderling en enkelvoudig' 29%.

Zoals reeds vermeld daalt het risico voor de groep 'snelverkeer onderling en enkelvoudig' op wegen buiten de bebouwde kom over de hele periode met 55%. Voor ongevalsgroepen 'snelverkeer tegen langzaam verkeer' en 'langzaam verkeer onderling en enkelvoudig' zijn deze risicodalingen respectievelijk 76 en 67%.

In Afbeelding 4.4 is dezelfde ontwikkeling per ongevalsgroep weergegeven voor wegen binnen de bebouwde kom met een snelheidslimiet van 50 km/uur. De intensiteit neemt af, en over alle jaren is het aantal ernstigletselongevallen per 1000 km het grootst voor ongevallen tussen snelverkeer en langzaam verkeer. De daling van het aantal ernstigletselongevallen per 1000 km is het grootst voor de botsingen tussen snelverkeer en langzaam verkeer, maar ook bij de twee andere ongevalstypen is er een duidelijke daling te zien. Opvallend is dat de daling in het aantal ernstigletselongevallen per 1000 km voor alle drie de ongevalsgroepen in de laatste jaren sterk afvlakt, en voor de ongevallen tussen langzaam verkeer en snelverkeer zelfs licht stijgt.

Uit de gehanteerde cijfers blijkt dat voor de groep 'snelverkeer tegen langzaam verkeer' de risicoafname 42% is (van 246 ongevallen per miljard motorvoertuigkilometers in 1985 naar 141 in 2003). Dan volgen de groepen 'langzaam verkeer onderling en enkelvoudig' met een daling van 36% (van 75 ongevallen per miljard motorvoertuigkilometers in 1985 naar 48 in 2003) en 'snelverkeer onderling en enkelvoudig' met een daling van 30% (van 110 in 1985 naar 77 in 2003).

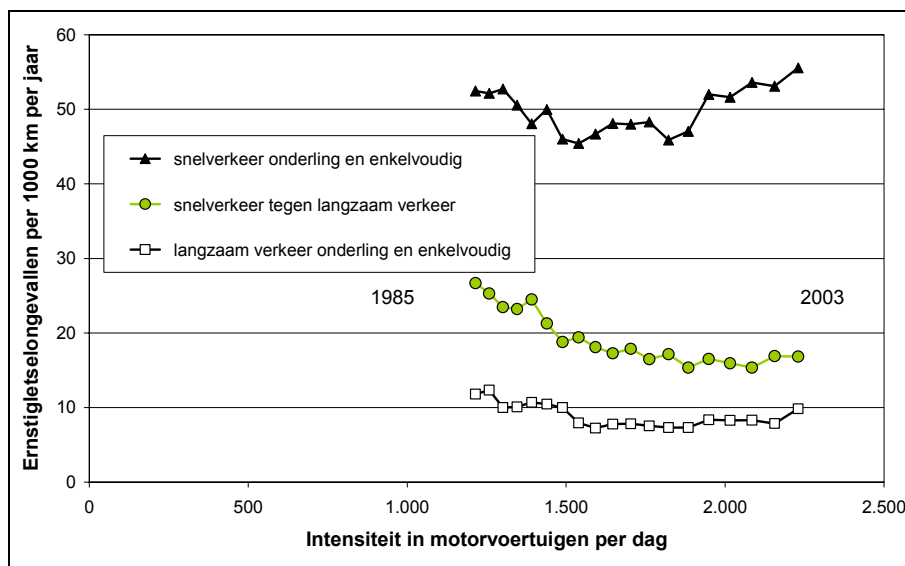


Afbeelding 4.4. Verloop van het aantal ernstigletselongevallen per 1000 km per jaar op wegen binnen de bebouwde kom met een snelheidslimiet van 50 km/uur over de periode 1985 tot en met 2003, uitgesplitst naar ongevalsgroep, gerelateerd aan de intensiteit uitgedrukt in aantal motorvoertuigen per dag.

In Afbeelding 4.5 zijn dezelfde ontwikkelingen te zien op wegen buiten de bebouwde kom met een snelheidslimiet van 80 km/uur.

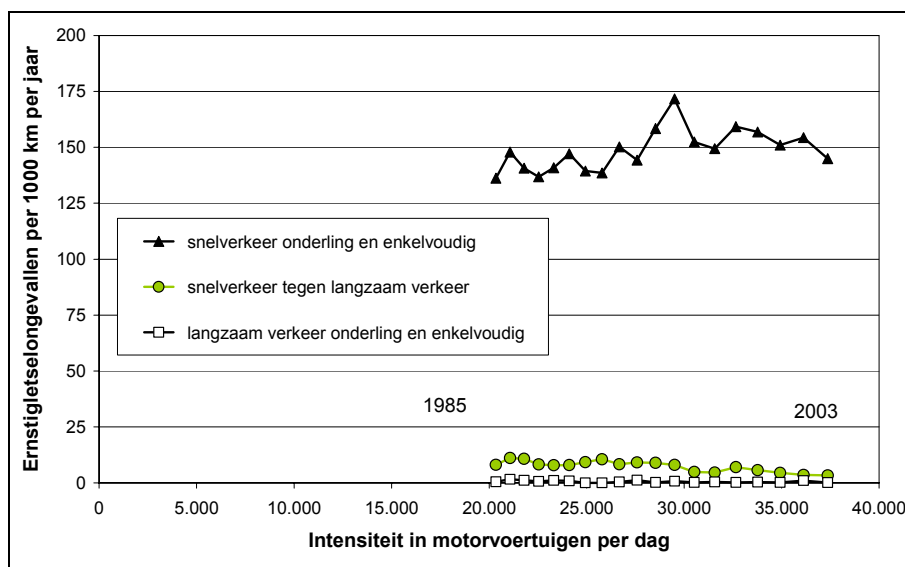
Van de drie ongevalsgroepen is het aantal ernstigletselongevallen per 1000 km van de groep 'snelverkeer onderling en enkelvoudig' het grootst. Voor deze groep daalt het aantal aan het begin van de periode en stijgt na 1997 tot 56 ongevallen per 1000 km weglengte. Het aantal ernstigletselongevallen van de groep 'snelverkeer tegen langzaam verkeer' daalt het meest. In 2003 is de ongevallendichtheid voor deze groep zeventien ongevallen per 1000 km weglengte. De groep 'langzaam verkeer onderling en enkelvoudig' heeft in 2003 tien ongevallen per 1000 km weglengte.

De gemiddelde intensiteit voor wegen buiten de kom met een limiet van 80 km/uur neemt vrijwel continu toe. Over de hele periode daalt het risico van de groep 'snelverkeer onderling en enkelvoudig' (met 42%), maar de daling van de groep 'snelverkeer tegen langzaam verkeer' is sterker (met 66%). Dat geldt ook voor de groep 'langzaam verkeer onderling en enkelvoudig' (daling met 55%).



Afbeelding 4.5. Verloop van het aantal ernstigletselongevallen per 1000 km per jaar op wegen buiten de bebouwde kom met een snelheidslimiet van 80 km/uur over de periode 1985 tot en met 2003, uitgesplitst naar ongevalsgroep, gerelateerd aan de intensiteit uitgedrukt in aantal motorvoertuigen per dag.

Ten slotte staan in Afbeelding 4.6 de ontwikkelingen per ongevalsgroep op 100- en 120km/uur-wegen afgebeeld.



Afbeelding 4.6. Verloop van het aantal ernstigletselongevallen per 1000 km per jaar op wegen buiten de bebouwde kom met een snelheidslimiet van 100 en 120 km/uur over de periode 1985 tot en met 2003, uitgesplitst naar ongevalsgroep, gerelateerd aan de intensiteit uitgedrukt in aantal motorvoertuigen per dag.

Het aantal ernstigletselongevallen per 1000 km op dit soort wegen is bij de groepen 'snelverkeer tegen langzaam verkeer' en bij 'langzaam verkeer onderling en enkelvoudig' verwaarloosbaar klein. Dit is niet zo verwonderlijk, omdat langzaam verkeer geen gebruik mag maken van autosnelwegen. De intensiteit neemt over de gehele periode fors toe, en het aantal ernstigletselongevallen per 1000 km voor 'snelverkeer onderling en enkelvoudig' fluctueert wat, maar stijgt licht tot 145 ernstigletselongevallen per 1000 km weglengte in 2003. Over de hele periode daalt het risico van de groep 'snelverkeer onderling en snelverkeer enkelvoudig' met 42%.

Van de in dit rapport niet afgebeelde wegcategorieën zijn de volgende ontwikkelingen interessant:

30km/uur-wegen binnen de bebouwde kom

- Voor de periode vóór 1995 zijn er geen betrouwbare gegevens beschikbaar van de weglengten, de intensiteiten en ongevallen op deze wegen. Vanaf 1995 neemt het aantal ernstig letselongevallen per 1000 km op deze wegen toe. Die groei is het sterkst voor de groep 'snelverkeer onderling en enkelvoudig' (van 2 naar 58 ernstigletselongevallen per 1000 km). Bij botsingen tussen snelverkeer en langzaam verkeer neemt het aantal ernstigletselongevallen per 1000 km toe van 26 naar 245, en bij de groep 'langzaam verkeer onderling en enkelvoudig' is dat van 58 naar 124 ongevallen.
- In 1996 en de jaren daarop groeit de weglengte met een factor twaalf en neemt de intensiteit met 9% toe. Het gevolg hiervan is een stijging van het ongevalrisico voor de groep 'snelverkeer onderling en enkelvoudig' met 109% (tot 22 ernstig letselongevallen per miljard voertuigkilometers in 2003). Het risico voor de groep 'snelverkeer tegen langzaam verkeer' daalt met 32% naar 95 ernstigletselongevallen per miljard motorvoertuigkilometers, en voor de groep 'langzaam verkeer onderling en enkelvoudig' met 85% naar 48 ernstig letselongevallen per miljard motorvoertuigkilometers.
- Vanaf 2000 stijgt het risico van de groep "snelverkeer tegen langzaam verkeer' licht.

70km/uur-wegen binnen de bebouwde kom

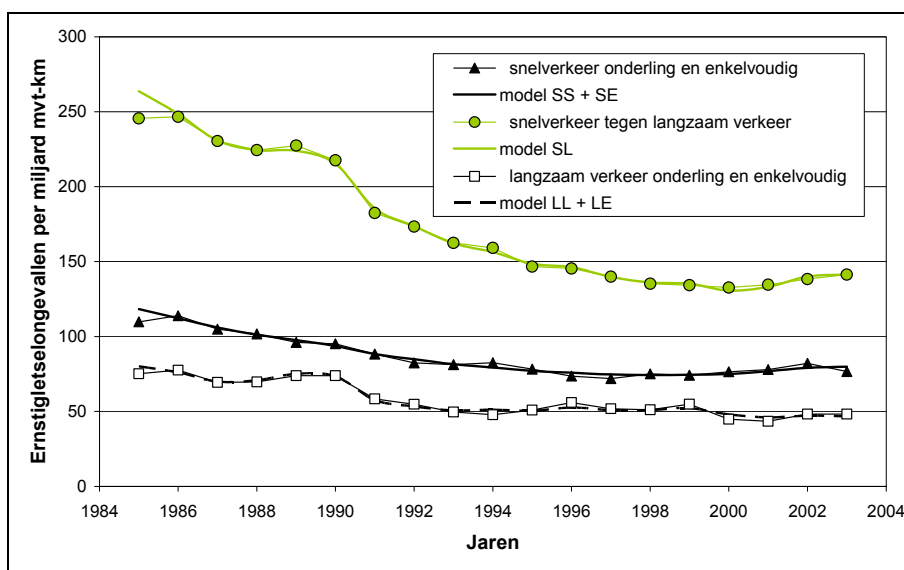
- Over de gehele periode neemt de intensiteit op 70km/uur-wegen toe en daalt het aantal ernstigletselongevallen per 1000 km voor alle drie de ongevalsgroepen. De laagste aantallen ernstigletselongevallen per 1000 km zijn te vinden bij de groep 'langzaam verkeer onderling en enkelvoudig'. Het aantal ernstigletselongevallen per 1000 km is het grootst bij 'snelverkeer onderling en enkelvoudig'. Het aantal ernstigletselongevallen per 1000 km bij ongevallen tussen snelverkeer tegen langzaam ligt tussen die van de andere twee ongevalsgroepen. Wel daalt het het sterkst over de gehele periode.
- Het risico neemt voor alle drie de ongevalsgroepen af. Voor de groep 'snelverkeer tegen langzaam verkeer' is de risicoafname 62% (van 23 in 1985 naar 9 ongevallen per miljard motorvoertuigkilometers in 2003). Voor de groep 'langzaam verkeer onderling en enkelvoudig' geldt een daling van 83% (van 16 in 1985 naar 3 ongevallen per miljard motorvoertuigkilometers in 2003). De groep 'snelverkeer onderling en enkelvoudig' daalt naar een verwaarloosbaar kleine waarde (van 2 in 1985 naar 0,1 ongevallen per miljard motorvoertuigkilometers in 2003).

60km/uur-wegen buiten de bebouwde kom

- Evenals voor de 30km/uur-wegen het geval was, zijn er voor de 60km/uur-wegen geen betrouwbare gegevens beschikbaar van de weglengten, de intensiteiten en ongevallen van vóór 1996.
- Het risico voor de groep 'snelverkeer onderling en enkelvoudig' over de periode 1999 tot en met 2003 daalt met 70% naar 38 ernstigletselongevallen per miljard motorvoertuigkilometers. Het risico voor de groep 'snelverkeer tegen langzaam verkeer' daalt over deze periode met 69% naar negentien ernstigletselongevallen per miljard motorvoertuigkilometers, en het risico voor de groep 'langzaam verkeer onderling en enkelvoudig' daalt met 53% naar vijf ernstig letselongevallen per miljard motorvoertuigkilometers.
- Voor de groep 'snelverkeer tegen langzaam verkeer' lijkt het risico de laatste drie jaren weer licht te stijgen.

4.2. Analyse van de risico-ontwikkeling met behulp van modellen

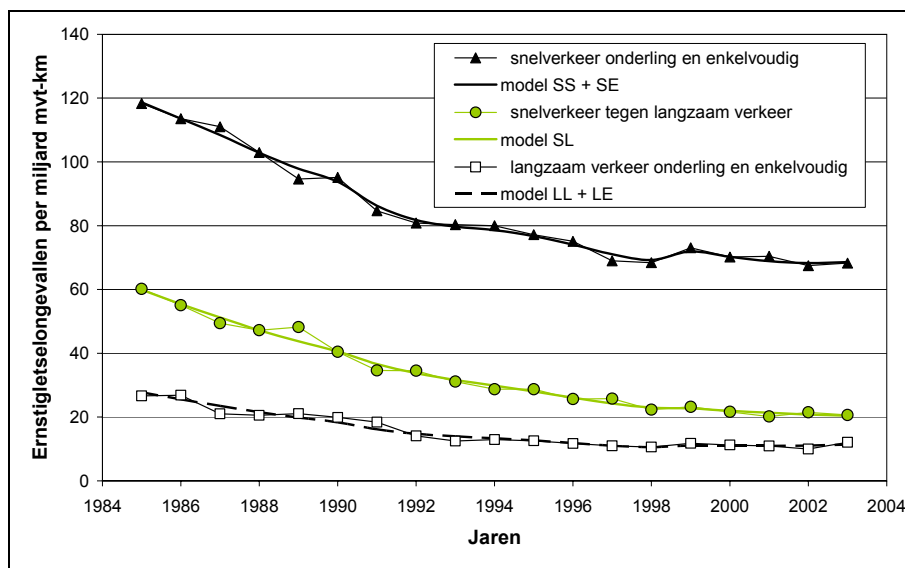
Nadat het feitelijk verloop van het ongevallenrisico per wegcategorie en per ongevalstype is beschreven en de mogelijke verklaringen voor dat verloop zijn geïnterpreteerd, is het risicoverloop gemodelleerd met behulp van de state-spacemethode. Hierdoor werd het mogelijk om een vergelijking te maken tussen het feitelijke en het gemodelleerde risicoverloop. Als voorbeeld van hoe een gemodelleerd verloop van een wegcategorie binnen de bebouwde kom er uit kan zien, is in *Afbeelding 4.7* het gemodelleerde risicoverloop van wegen met een limiet van 50 km/uur over de periode 1985 tot en met 2003 weergegeven. De drie dikke vloeiende lijnen geven het gemodelleerde verloop van de drie onderscheiden ongevalstypen weer.



Afbeelding 4.7. Feitelijke en gemodelleerde risico's uitgesplitst naar ongevalsgroepen in aantal ernstigletselongevallen per miljard motorvoertuigkilometers voor wegen binnen de bebouwde kom met een limiet van 50 km/uur over de periode 1985 tot en met 2003 in Nederland.

In *Afbeelding 4.8* staat hetzelfde weergegeven als in *Afbeelding 4.7* maar dan voor de 80km/uur-wegen buiten de bebouwde kom.

De drie lijnen die de meetpunten met de symbolen ▲ (voor 'snelverkeer onderling en enkelvoudig' – SS + SE), ○ (voor 'snelverkeer tegen langzaam verkeer' – SL), en □ (voor 'langzaam verkeer onderling en enkelvoudig' – LL + LE) met elkaar verbinden, geven het feitelijk verloop van het ongevalrisico weer.



Afbeelding 4.8. Feitelijke en gemodelleerde risico's uitgesplitst naar ongevalsgroepen in aantal ernstigletselongevallen per miljard motorvoertuigkilometers voor wegen buiten de bebouwde kom en een limiet van 80 km/uur over de periode 1985 tot en met 2003 in Nederland.

Zowel bij de 50km/uur-wegen als de 80-km/uur-wegen is te zien dat het gemodelleerde risico nauwelijks afwijkt van het feitelijke risico en dat de daling van het ongevalrisico voor alle drie de ongevalsgroepen de laatste jaren stagneert. Het ongevalrisico tussen snelverkeer en langzaam verkeer op 50km/uur-wegen loopt in de meest recente periode zelfs weer licht op. Tevens valt op dat op geen van de modellijnen een trendbreuk te zien is.

In de onderstaande subparagrafen staan de mogelijke verklaringen genoemd voor het verloop van het (gemodelleerde) ongevalrisico. De mogelijke samenhangen zijn niet getoetst met behulp van state space modellering.

4.2.1. *Veronderstelde samenhang tussen interventies en het verloop van het risico op 30km/uur-wegen binnen de bebouwde kom*

Doordat er vóór 1996 geen betrouwbare getallen zijn voor zowel de expositie als het aantal ongevallen op 30km/uur-wegen, zijn alleen de verklaringen voor het gemodelleerde risicoverloop van na 1995 in beschouwing genomen. Het lijkt waarschijnlijk dat de volgende zaken invloed hebben gehad op het risicoverloop:

- De daling van het ongevalrisico voor de ernstigletselongevallen van de groepen 'snelverkeer tegen langzaam verkeer' en 'langzaam verkeer

onderling en enkelvoudig' zou verklaard kunnen worden door de invoering van 30km/uur-zones in 1996.

- De dalende lijn van het ongevalrisico voor beide groepen komt in 2001 tot stilstand en loopt voor het risico van ongevallen tussen snelverkeer en langzaam verkeer zelfs weer op. Mogelijke verklaringen hiervoor zijn de versoberde inrichting van 30km/uur-zones na 1999 en de invoering van de maatregel 'voorrang van fietsers van rechts' in 2001.

4.2.2. *Veronderstelde samenhang tussen interventies en het verloop van het risico op 50km/uur-wegen binnen de bebouwde kom*

Het verloop van zowel het feitelijke als het gemodelleerde ongevalrisico op 50 km/uur wegen is te zien in *Afbeelding 4.7*. Van de volgende maatregelen lijkt het waarschijnlijk dat ze invloed op het verloop van het ongevalrisico hebben gehad:

- De lichte stijging van het ongevalrisico waar langzaam verkeer bij betrokken is in de jaren 1988 tot en met 1990 zou te maken kunnen hebben met een toename van het aantal bromfietskilometers in die periode.
- De tamelijk sterke daling van het ongevalrisico waarbij langzaam verkeer betrokken is in 1991 zou juist weer te maken kunnen hebben met een afname van het aantal bromfietskilometers. Dit zou mede veroorzaakt kunnen zijn door de invoering van de ov-jaarkaart voor studenten in dat jaar.
- De relatief lichte daling van het risico voor ongevallen met langzaam verkeer onderling en enkelvoudig na 2000 heeft misschien te maken met de invoering van de maatregel 'bromfiets op de rijbaan' in 1999.

4.2.3. *Veronderstelde samenhang tussen interventies en het verloop van het risico op 70km/uur-wegen binnen de bebouwde kom*

Het ongevalrisico van de groep 'snelverkeer onderling en enkelvoudig' daalt van 1985 tot 1991 tamelijk sterk, blijft van 1991 tot 1998 ongevalrisico vrijwel onveranderd, en daalt daarna weer. Het risico van een ongeval tussen snelverkeer en langzaam verkeer neemt over de gehele periode (1985-2003) af, maar de risicoafname wordt geleidelijk aan wel steeds minder sterk. Het ongevalrisico voor de groep 'langzaam verkeer onderling en enkelvoudig' is laag en neemt over de gehele periode nog wat af. Mogelijke verklaringen zijn:

- De stagnatie in de risicodaling bij 'snelverkeer onderling en enkelvoudig' tussen 1991 en 1998 zou te maken kunnen hebben met de opkomst van bestelauto's met een grijs kenteken in deze periode.
- De daling bij 'snelverkeer onderling en enkelvoudig' na 1998 zou kunnen komen doordat er mede door de EuroNCAP-proeven steeds veiliger auto's op de Nederlandse wegen verschijnen.
- De daling van het ongevalrisico tussen snelverkeer en langzaam verkeer kan na 1997 mede zijn bevorderd door de strenge operationele eisen binnen de bebouwde kom volgens het Handboek Categorisering wegen op duurzaam veilige basis in 1997. Hierdoor is er op de 70km/uur-wegen binnen de bebouwde kom een striktere scheiding tussen snelverkeer en langzaam verkeer gekomen.

4.2.4. *Veronderstelde samenhang tussen interventies en het verloop van het risico op 60km/uur-wegen buiten de bebouwde kom*

Evenals bij de 30km/uur-wegen binnen de bebouwde kom het geval was, zijn er voor de periode vóór 1996 voor de 60km/uur-wegen buiten de bebouwde kom geen betrouwbare cijfers over de intensiteit en ongevallen. De mogelijke verklaringen hebben daarom alleen betrekking op de periode na 1995. De belangrijkste mogelijke verklaringen van de veranderingen in het verloop van het ongevalrisico zijn:

- De snelle daling van het ongevalrisico voor alle drie de ongevalstypen in de eerste jaren na 1996 houden hoogst waarschijnlijk verband met de invoering van maatregelen voor de 60-km/uur-zones. Deze maatregelen bestaan uit de snelheidsremmende voorzieningen die zijn aangebracht in het kader van de eerste subsidieregeling in 1996.
- In 1999 wordt de subsidieregeling voor deze zones soberder. Dit heeft tot gevolg dat vanaf het jaar 2000 het risico voor alle drie de ongevalsgroepen niet verder daalt en dat die van de groep 'snelverkeer tegen langzaam verkeer' zelfs weer wat stijgt.
- De stijging van het ongevalrisico tussen snelverkeer en langzaam verkeer vanaf 2000 houdt mogelijk verband met de invoering van de maatregel 'fietsers voorrang van rechts' in 2001.

4.2.5. *Veronderstelde samenhang tussen interventies en het verloop van het risico op 80km/uur-wegen buiten de bebouwde kom*

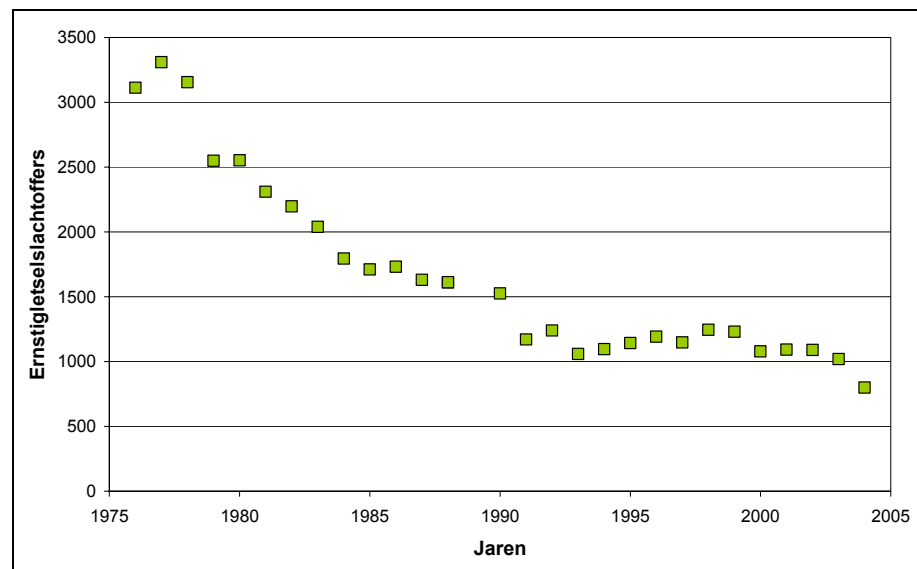
Het verloop van zowel het feitelijke als het gemodelleerde ongevalrisico op 80km/uur-wegen buiten de bebouwde kom is te zien in *Afbeelding 4.8*. Voor alle drie de ongevalsgroepen is er over de gehele periode een dalende trend te zien. Bijzonder is de stijging van het ongevalrisico in 1999 bij de groep 'snelverkeer onderling en enkelvoudig'. Voor deze stijging zijn geen mogelijke verklaringen voorhanden.

4.2.6. *Veronderstelde samenhang tussen interventies en het verloop van het risico op 100- en 120km/uur-wegen buiten de bebouwde kom*

Langzaam verkeer komt in principe op deze wegcategorie niet voor. Dat de scheiding van langzaam verkeer en snelverkeer uiterst succesvol is, blijkt uit het feit dat het ongevalrisico voor de groepen 'snelverkeer tegen langzaam verkeer' en 'langzaam verkeer onderling en enkelvoudig' vrijwel nihil is. Het ongevalrisico voor 'snelverkeer onderling en enkelvoudig' daalt gestaag over de gehele periode. In het verloop van het gemodelleerde ongevalrisico is er alleen in 1996 een lichte stijging te zien. Er kon geen plausibele verklaring voor dit effect bedacht worden. Het feit dat auto's, mede door de EuroNCAP-proeven, steeds veiliger worden, zou een verklaring kunnen zijn voor de algemeen dalende trend. De daling kan ook zijn bevorderd door de invoering van snelheidsbegrenzers voor vrachtauto's en bussen.

5. Verbanden tussen maatregelen en andere interventies en het verloop van het risico van ernstige bromfiets-auto-ongevallen

Anders dan in Janssen (2007, zie vorige hoofdstuk) zijn bij het onderzoek naar de samenhang tussen maatregelen en het verloop van het ongevalrisico van ernstige ongevallen tussen bromfietsen en auto's ook hypothesen opgesteld, na de beschrijvingen van het feitelijke verloop en de inventarisatie van mogelijke verklaringen. Vervolgens is gekeken of ondersteuning van deze hypothesen gevonden kon worden met behulp van state space modellering. In *Afbeelding 5.1* is het verloop van het feitelijke aantal ernstig-letselslachtoffers (dus niet dat van het verloop van het ongevalrisico) bij ongevallen tussen bromfietsen en auto's te zien.



Afbeelding 5.1. Verloop van het jaarlijks aantal ernstigletsel-slachtoffers (dood en ziekenhuisgewond) als gevolg van ongevallen tussen bromfietsen en auto's over de periode 1976- 2004.

5.1. Mogelijke samenhang tussen aantal letselslachtoffers en interventies

5.1.1. Ontwikkelingen, constatering en mogelijke verklaringen over de gehele periode

- Over de periode 1976-1984 zijn er geen gegevens over het totaal aantal kilometers dat jaarlijks door bromfietzers wordt afgelegd. Deze zijn er wel voor de periode 1985-2004. Uit deze gegevens blijkt dat het aantal bromfietskilometers dat gereden wordt door bromfietzers met een hoog ongevalrisico (de 16- tot en met 24-jarige bromfietzers) afneemt en het aantal kilometers dat gereden wordt door relatief veilige bromfietzers (van 25 tot en met 59 jaar) toeneemt. Dit kan een van de verklaringen zijn voor de algemeen dalende trend over de periode 1985-2004.

- Seizoensinvloeden (strengere winters of warme zomers) hebben zowel een effect op de bromfietsmobiliteit als op het risico van een ernstig bromfiets-auto-ongeval.
- Wanneer er sprake is van jaren of periodes waarin het aantal bromfietskilometers toeneemt, neemt het risico van ernstige bromfiets-auto-ongevallen af. Dit betekent dat naarmate bromfietzers meer rijden, ze ook veiliger gaan rijden. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat men door toenemende ervaring vaardiger wordt.

5.1.2. Ontwikkelingen, constatering en mogelijke verklaringen van jaar tot jaar

- In 1979 daalt het aantal bromfiets-auto-ongevallen aanzienlijk. Daar de daling in de zomer en de herfst van dat jaar gering was en de sterke daling in dat jaar ook te zien is bij de veel andere ongevalstypen waarbij langzaam verkeer betrokken is, doet vermoeden dat de extra sterke daling in 1979 verband houdt met de strenge winter van dat jaar (bij extreme koude loopt, fietst of bromfiets men niet graag). Het zou ook kunnen dat er in de winter van 1979 extra streng politietoezicht was.
- Van 1980 tot en met 1985 is er sprake van een vrijwel constante daling van het aantal ernstigletsel-slachtoffers, zonder uitschieters naar boven of naar beneden. Dit doet vermoeden dat er in deze periode geen effectieve maatregelen van kracht zijn geworden die specifiek gericht waren op het terugdringen van het aantal bromfiets-auto-ongevallen. De constante daling moet waarschijnlijk zijn veroorzaakt door algemene verkeersveiligheidsmaatregelen en ontwikkelingen.
- Tussen 1986 en 1990 neemt het ongevalrisico voor mannen toe en dat voor vrouwen af. Wanneer naar de leeftijd van de bromfietser gekeken wordt, neemt in deze periode het ongevalrisico van zowel de jongere bromfietser (24 jaar en jonger) als de oudere bromfietser (60 jaar en ouder) toe, en dat van bromfietzers met een leeftijd daar tussenin, juist licht af. Vermoedelijk heeft een toename van het aantal bromfietskilometers gedurende de wintermaanden in de periode 1986-1990 van bromfietzers in de leeftijd van 25 tot en met 39 jaar en van vrouwelijke bromfietzers, gezorgd voor een toename van het aantal ernstigletsel-slachtoffers.
- In de winter van 1990 op 1991 daalt voor bromfietzers in de leeftijd van 18-24 jaar, 40-45 jaar en die van 60 jaar en ouder het risico van een bromfiets-auto-ongeval met ernstig letsel; in het voorjaar van 1991 stijgt voor dezelfde groepen dat risico weer. Ook het totaal aantal ernstigletsel-slachtoffers als gevolg van bromfiets-auto-ongevallen daalt in 1991 sterk (zie *Afbeelding 5.1*). Deze daling hangt vermoedelijk samen met een duidelijke afname van het aantal bromfietskilometers in 1991, die het sterkst is voor jonge bromfietzers op werk(school)dagen gedurende het voorjaar en de herfst.
- In 1992 is het risico van een bromfiets-auto-ongeval met ernstig letsel als afloop hoger dan in 1991. In 1993 daalt dat risico vervolgens weer, en in de periode daarna tot en met 1999 stijgt het risico licht, maar wel constant. Wanneer er sprake is van een stijging van het ongevalrisico in de periode 1992-1999, heeft dit mogelijk te maken met een toename van het aantal jonge beginnende bromfietzers in die jaren.
- In 2000 neemt het ongevalrisico voor jonge bromfietzers licht toe, maar het aantal slachtoffers daalt. Dit houdt hoogst waarschijnlijk verband met een afname van het aantal bromfietskilometers binnen de

bebouwde kom van jonge bromfietzers. De mobiliteitsdaling onder deze groep doet zich alleen voor in het voorjaar, de zomer en herfst van 2000 en alleen op werk(school)dagen.

- In de periode van 2001 tot en met 2003 daalt het ongevalrisico voor bromfietzers in zijn totaal, maar dat van zowel jonge (18 tot en met 24 jaar) als oudere (60 jaar en ouder) vrouwelijke bromfietzers stijgt in deze periode. Die toename houdt mogelijk verband met de afname van het aantal kilometers dat zij jaarlijks in het verkeer afleggen. Voor mensen die weinig kilometers afleggen, is het ongevalrisico doorgaans groter dan voor mensen die veel kilometers afleggen. Toenemende bekwaamheid door meer ervaring kan hiervoor een verklaring zijn.
- In 2004 daalt het risico van bromfiets-auto-ongevallen met ernstig letsel als afloop voor de jongste vrouwelijke bromfietzers (16 en 17 jaar) en voor vrouwelijke bromfietzers van 40 tot en met 59 jaar. De dalende trend van het aantal ernstig letselsslachtoffers als gevolg van bromfiets-auto-ongevallen waarvan ook al sprake was in de periode 2001-2003, zet zich door in 2004. De daling in 2004 wordt veroorzaakt door een verdere afname van het aantal bromfietskilometers.

5.2. **Aanvullende mogelijke verklaringen op basis van de inventarisatie van maatregelen en ontwikkelingen**

In de literatuur is gezocht naar maatschappelijke, technologische en klimatologische ontwikkelingen en concrete verkeersveiligheidsmaatregelen die de in § 5.1 genoemde ontwikkelingen zouden kunnen verklaren. Er zijn op basis van de literatuur drie stellingen gepostuleerd:

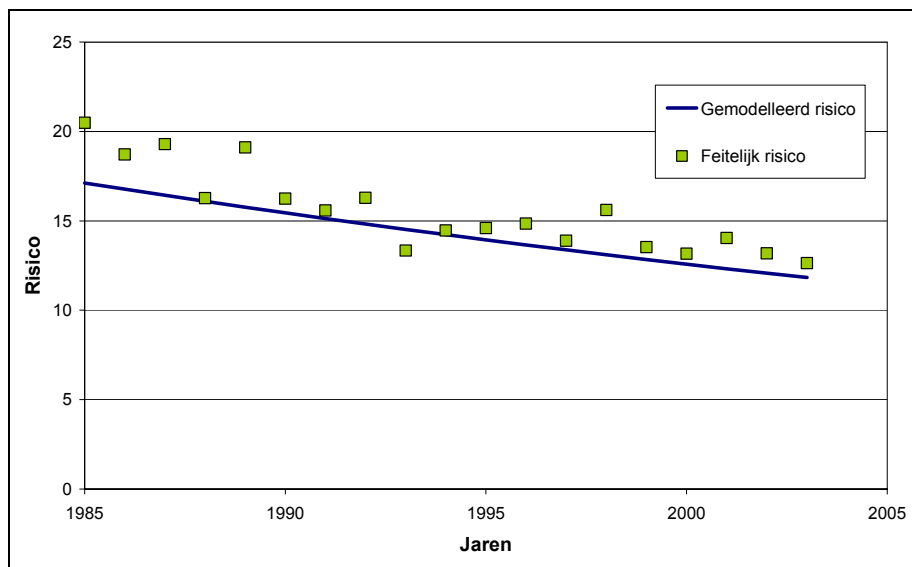
- In tijden van hoogconjunctuur is er sprake van zowel een toenemende bromfietsmobiliteit als toenemend risico van bromfiets-auto-ongevallen, en in tijden van laagconjunctuur juist van een afnemende bromfietsmobiliteit en daarmee een afnemend risico van bromfiets-auto-ongevallen.
- In periodes met veel neerslag neemt het risico van bromfiets-auto-ongevallen met ernstig letsel als afloop toe en neemt het aantal bromfietskilometers af.
- Gedurende extreem warme periodes neemt het risico van bromfiets-auto-ongevallen met ernstig letsel als afloop toe.

Voor de meeste ontwikkelingen in het ongevalrisico en het slachtoffer-aantal die in § 5.1 staan genoemd, kon in de literatuur geen onderbouwing gevonden worden. Dat was wel het geval voor de volgende ontwikkelingen:

- De sterke daling van het aantal bromfiets-auto-ongevallen in 1979 hangt waarschijnlijk samen met het strenge winterweer in dat jaar. Strenge winterweer leidt tot een afname van zowel de bromfietsmobiliteit als de automobilititeit.
- De sterke daling van het aantal slachtoffers van bromfiets-auto-ongevallen in 1991 houdt vermoedelijk verband met de introductie van de ov-jaarkaart voor studenten in dat jaar.
- Het aantal slachtoffers van bromfiets-auto-ongevallen daalt in 2000. Dit is ook het jaar dat de maatregel 'bromfiets op de rijbaan' is ingevoerd. In 2000 en de jaren erna worden ook de inspanningen die voortvloeien uit het Startprogramma Duurzaam Veilig steeds zichtbaarder (meer 30km/uur-gebieden, meer rotondes).

5.3. De resultaten van state space modellering bij bromfiets-auto-ongevallen

Omdat expositiegegevens voor bromfietzers ontbraken voor de periode 1979-1984 is alleen de periode 1985-2003 gemodelleerd. Het jaar 2004 is niet meegenomen, omdat nog niet alle gegevens over 2004 beschikbaar waren toen de modellen werden ontwikkeld. Als eerste is het verloop van het ongevallenrisico over de periode 1985-2003 zo basaal mogelijk gemodelleerd. De enige factoren voor het verloop dat in dit basismodel was opgenomen, waren de veranderingen in expositie (het aantal bromfietskilometers en auto kilometers dat van jaar tot jaar verschilt). In dit basismodel zijn dus de mogelijke verklaringen die in de § 5.1 en § 5.2 staan geopperd niet expliciet meegenomen. Het gaat in dit basismodel om de modelering van de algemene trend door veranderingen in expositie en een samenloop van maatregelen en ontwikkelingen die niet te scheiden zijn. Dit basismodel is weergegeven in *Afbeelding 5.2*. De losse punten in *Afbeelding 5.2* geven het feitelijk (en dus niet het gemodelleerd) risico in een bepaald jaar. Deze punten komen overeen met de punten in *Afbeelding 3.2*. De lijn geeft het gemodelleerde verloop weer.

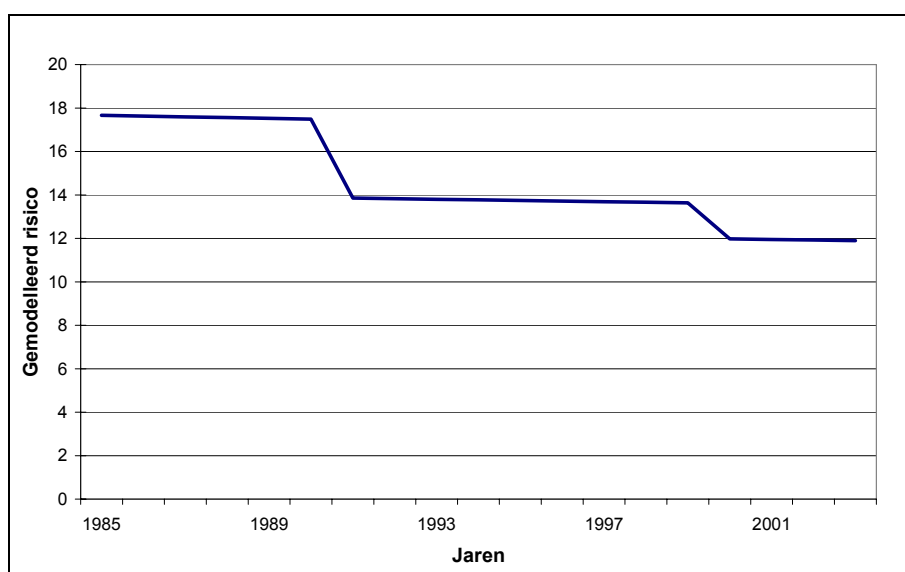


Afbeelding 5.2. Feitelijk en gemodelleerd verloop van het risico van bromfiets-auto-ongevallen met ernstig letsel als afloop over de periode 1985-2003, uitgedrukt in het aantal bromfiets-auto-ongevallen per miljard voertuigkilometer (autokilometers x bromfietskilometers). In dit basismodel zijn alleen veranderingen in expositie als verklaring opgenomen.

Te zien is dat het feitelijke verloop van het ongevallenrisico en het gemodelleerde verloop nogal van elkaar afwijken. Omdat het in *Afbeelding 3.2* om het *slachtofferrisico* gaat en in *Afbeelding 5.2* om het *ongevallenrisico*, liggen de meeste punten van het feitelijke verloop boven die van het gemodelleerde verloop. Bij een ernstig bromfiets-auto-ongeval kunnen immers meerdere slachtoffers vallen (naast de bromfietser kan ook de duopassagier slachtoffer worden). Het is belangrijk om te beseffen dat het gemodelleerde verloop *niet* is gemaakt door de best passende (rechte lijn) door de feitelijke meetpunten te trekken, maar het resultaat is van modelberekeningen. Het streven is er zelfs niet op gericht om het model precies door alle feitelijke punten te doen laten gaan. Een goed model zal al te sterke uitschieters in

een bepaald jaar op basis van autocorrelatie 'durven' negeren als die uitschieter incidenteel is. Door de tamelijk grote afwijking tussen het feitelijk verloop en het gemodelleerde verloop, kan echter wel geconcludeerd worden dat dit basismodel met daarin alleen opgenomen de veranderingen in expositie, niet voldoende fit met het feitelijk risicoverloop.

Op de invoering van het bromfietscertificaat in 1997 na, is de maatregel 'bromfiets op de rijbaan' de enige maatregel over de bestudeerde periode die expliciet de bedoeling had om het aantal bromfiets-auto-ongevallen te verminderen. De invoering van deze maatregel in 2000 viel samen met een sterke uitbreiding van het aantal 30km/uur-zones als gevolg van het Startprogramma Duurzaam Veilig. Er is daarom eerst nog een model uitgetoetst dat wel een goede fit had maar geen trendbreuk aangaf in het jaar 2000 (invoering van de maatregel 'bromfiets op de rijbaan'). Daarna is een tweede model geconstrueerd, waarin naast expositie de samenloop van 'bromfiets op de rijbaan' en uitbreiding van de 30km/uur-zones als verklarende factoren zijn opgenomen. Omdat het aantal bromfietsen dat verkocht wordt een indicatie is voor het aantal beginnende bromfietzers, en beginnende bromfietzers een hoog ongevalrisico hebben, zijn in dit tweede model ook de verkoopcijfers van bromfietsen opgenomen. Ten slotte zijn in dit tweede model trendbreuken opgenomen voor de automobilititeit. In 1991 is bijvoorbeeld de mobiliteit onder jonge automobilisten sterk afgenomen vanwege de introductie van de ov-jaarkaart voor studenten en de economische recessie in die periode. In *Afbeelding 5.3* is het berekende verloop van het ongevalrisico op basis van dit tweede model weergegeven.



Afbeelding 5.3. Uiteindelijk gemodelleerd verloop van het risico van bromfiets-auto-ongevallen met ernstig letsel als afloop over de periode 1985-2003, uitgedrukt in het aantal bromfiets-auto-ongevallen per miljard voertuigkilometer (autokilometers x bromfietskilometers).

Dit uiteindelijke model beschrijft het daadwerkelijke verloop beter dan het eerste model. Wanneer nog meer mogelijke verklaringen in het model worden opgenomen, wordt de beschrijving van het risicoverloop niet beter. Dit betekent dat met veronderstelde trendbreuken in de jaren 1991 en 2000

het verloop van het ongevalrisico het beste te beschrijven is. Door de state space modelling is het aannemelijk geworden dat de invoering van de ov-jaarkaart voor studenten in samenhang met een economische recessie in 1991, en de maatregel 'bromfiets op de rijbaan' in samenhang met de ontwikkelingen die voortvloeien uit het Startprogramma Duurzaam Veilig, daadwerkelijk hebben geleid tot een daling van het risico van bromfiets-auto-ongevallen met ernstig letsel als afloop. Opvallend met betrekking tot het effect van de maatregel 'bromfiets op de rijbaan' is dat deze maatregel waarschijnlijk ook tot een afname van het risico van enkelzijdige bromfiets-ongevallen heeft geleid. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat het oppervlak van de rijbaan doorgaans vlakker is dan dat van het fietspad. Op fietspaden kunnen bromfietzers de controle over hun bromfiets verliezen als ze over een scheve tegel rijden.

Er is ook gekeken naar de doorwerking van het uiteindelijk model op gedisaggregeerd niveau. Zoals het feitelijk risicoverloop niet voor alle groepen bromfietzers hetzelfde is, blijkt dit ook niet het geval te zijn voor het gemodelleerde risicoverloop. Opvallend is dat, in tegenstelling tot de andere leeftijdsgroepen, het gemodelleerde risicoverloop van jonge bromfietzers in het midden van de jaren negentig stijgt. Niet alleen het risico neemt toe, maar ook de ernst van de afloop. Een waarschijnlijke verklaring hiervoor is dat jongeren harder zijn gaan rijden en mogelijk ook minder vaak hun helm zijn gaan dragen. Dat ze harder zijn gaan rijden is mede mogelijk geworden door het gemak waarmee bromfietzen kunnen worden opgevoerd.

5.4. **Aanvullende analyses met behulp van multi-pele lineaire regressie**

Met behulp van state space modelling zijn een beperkt aantal vermoedens wat sterker geworden. Het is door state space modelling vrijwel zeker geworden dat de samenloop van het Startprogramma Duurzaam Veilig en de maatregel 'bromfiets op de rijbaan' tot een daling van het risico van ernstige bromfiets-auto-ongevallen heeft geleid. Ook de introductie van de ov-jaarkaart, in samenhang met een economische recessie, heeft hoogst waarschijnlijk een gunstig effect gehad op het risico van ernstige bromfiets-auto-ongevallen. Gelet op alle mogelijke verklaringen voor het risicoverloop die in § 5.1 en § 5.2 genoemd staan, zijn er maar relatief weinig verklaringen die door state space modelling expliciet ondersteund worden. Mogelijk komt dit doordat alle andere maatregelen niet effectief zijn geweest, maar het kan ook zijn dat door gebrek aan data kleine trendbreuken niet gevonden worden met behulp van state space modelling.

State space modelling is een tijdrovende, ingewikkelde aangelegenheid. Er zijn geen kant-en-klare statistisch softwarepakketten beschikbare waarop state space modelling 'gedraaid' kan worden. Met elk enigszins uitgebreid statistisch softwarepakket kan wel multi-pele lineaire regressie 'gedraaid' worden. Het voordeel hiervan is dat in korte tijd veel verschillende modellen uitgetoetst kunnen worden. Met multi-pele lineaire regressie worden doorgaans ook veel meer verbanden tussen bijvoorbeeld maatregelen en risicoverloop gevonden. Dit ogenschijnlijke voordeel is echter in feite een nadeel omdat, zoals al in § 2.1 is uitgelegd, de kans groot is dat het bij multi-pele lineaire regressie om schijnverbanden gaat. Lineaire regressie is in de laatste fase van het onderzoek naar mogelijke verklaringen voor het risicoverloop op bromfiets-auto-ongevallen alleen gebruikt om ideeën op te

doen waarmee in een volgende fase (dus niet binnen het huidige onderzoek) het state-spacemodel te verbeteren is.

Er is getracht om met behulp van lineaire regressie indicaties voor antwoorden op de volgende vragen te vinden:

- Hebben economische ontwikkelingen en veranderingen in de weersgesteldheid (bijvoorbeeld natte/droge dagen, warme/koude dagen, maar ook dag/nacht) invloed op het verloop van het risico van ernstige bromfiets-auto-ongevallen?
- Is de vermenigvuldiging van het totaal aantal bromfietskilometers met het totaal aantal autokilometers wel de beste expositiemaat om het ongevallenrisico te kwantificeren, of zijn er betere expositiematen te bedenken?
- Zullen de verklaringen voor het risicoverloop wezenlijk anders worden wanneer uitgegaan wordt van de geschatte werkelijke aantallen (de opgehoogde ongevallencijfers) in plaats van de geregistreerde aantallen?

De uitkomsten van het model op basis van lineaire regressie doen vermoeden dat zowel de economische toestand als de weersgesteldheid (bijvoorbeeld een periode met veel neerslag) substantiële invloed hebben op de het verloop van het risico van ernstige bromfiets-auto-ongevallen door de tijd heen. Zo blijkt uit de modelberekeningen dat een groter consumentenvertrouwen samenhangt met een groter ongevallenrisico, en blijkt een zomer die duidelijk warmer is dan een gemiddelde zomer, tot een toename van het aantal ernstige bromfiets-auto-ongevallen te leiden.

Er zijn meerdere lineaire regressiemodellen gemaakt, waarbij in ieder model weer een andere expositiemaat was opgenomen (alleen bromfietskilometers, alleen autokilometers, het product van autokilometers en bromfietskilometers). De gevonden significante verklaringen voor het verloop waren bij elk regressiemodel weer wat anders. Dit is een indicatie dat het product van het totaal aantal bromfietskilometers en het totaal aantal autokilometers niet noodzakelijkerwijs de best denkbare expositiemaat is. Het gaat om een maat voor het verblijf in omstandigheden waarin het mogelijk is dat er een bromfiets-auto-ongeval ontstaat. Autokilometers op snelwegen doen niet ter zake, maar worden bij het product van het totaal aantal autokilometers en het totaal aantal bromfietskilometers wel meegenomen. Het zou beter zijn om voor de expositie alleen autokilometers en bromfietskilometers mee te nemen van wegen waar auto's en bromfietzers met elkaar in botsing kunnen komen, maar deze gegevens zijn niet voorhanden.

In 2004 zijn er beduidend minder bromfiets-auto-ongevallen met ernstig letsel als afloop gebeurd dan in het jaar ervoor. Een regressiemodel dat gebaseerd was op de geregistreerde aantallen kon geen trendbreuk in 2004 vinden. Een regressiemodel gebaseerd op de werkelijke aantallen kon dat echter wel. Als gebruik gemaakt wordt van de werkelijke aantallen in plaats van de geregistreerde aantallen, worden dus andere verbanden gevonden. Toch is het niet verstandig om in toekomstige state-spacemodellen de geschatte werkelijke aantallen op te nemen, omdat de nauwkeurigheid van de schattingen onzeker is en er geen schattingen bestaan voor alle gedisaggregeerde niveaus.

5.5. Conclusies

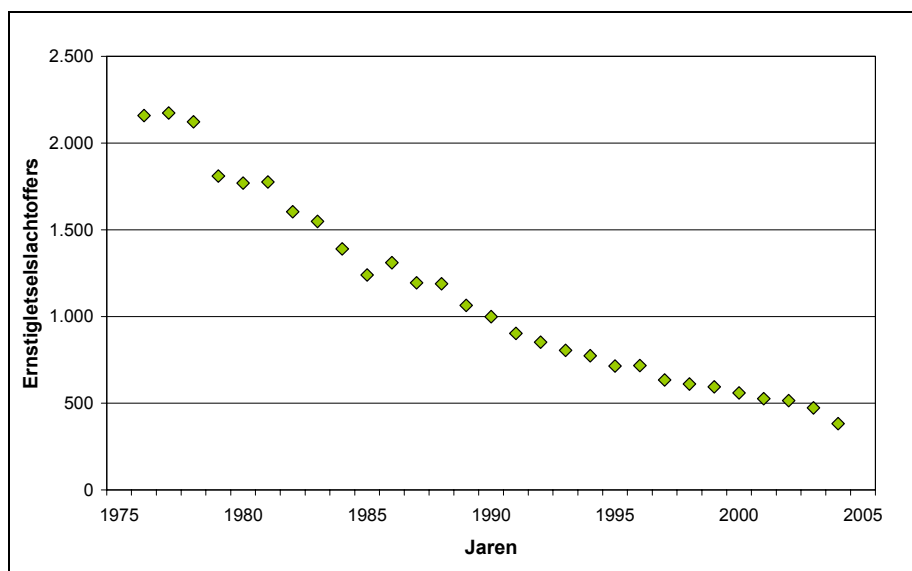
Op basis van state space modelling over de periode 1985-2003 en het modeleren met behulp van multiële lineaire regressie over de periode 1976-2004 kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- De daling van het aantal bromfiets-auto-ongevallen in 1979 hangt waarschijnlijk samen met het gure, koude winterweer van dat jaar. Hierdoor nam de mobiliteit af. Deze verklaring wordt alleen ondersteund door de lineaire regressiemodellen. Door de beperkingen van multiële lineaire regressie is deze conclusie niet al te 'hard'. State space modelling kon niet gebruikt worden, omdat de state-spacemodellen alleen de periode 1985-2003 omvatten.
- De daling van zowel het ongevalrisico als van het aantal ernstigletsel-slachtoffers in 1991 is hoogst waarschijnlijk veroorzaakt door de samenloop van de invoering van de ov-studentenkaart en het begin van een economische recessie. Welk deel toe te schrijven valt aan de economische recessie en welk deel aan de introductie van de ov-studentenkaart, is op basis van de state-spacemodellen niet te zeggen.
- De daling van zowel het risico en de daling van het aantal ongevallen in 2000 is hoogst waarschijnlijk veroorzaakt door de combinatie van de invoering van de maatregel 'bromfiets op de rijbaan' en de infrastructurele veranderingen die voortvloeien uit het Startprogramma Duurzaam Veilig. Welk deel toe te schrijven valt aan het Startprogramma Duurzaam Veilig en welk deel aan 'bromfiets op de rijbaan', valt op basis van de state-spacemodellen niet te zeggen

Voorts lijkt het erg waarschijnlijk dat de toename van het ongevalrisico bij jonge bromfietzers in de jaren negentig verband houdt met het feit dat jonge bromfietzers harder zijn gaan rijden door het gemak waarmee bromfietzen kunnen worden opgevoerd. Dit sterke vermoeden kon echter niet ondersteund worden door state space modelling en ook niet door lineaire regressie. Het vermoeden is gebaseerd op het feit dat in het midden van de jaren negentig de afloop van bromfiets-auto-ongevallen steeds ernstiger wordt.

6. Verbanden tussen maatregelen en andere interventies en het verloop van het risico van ernstige voetganger-auto-ongevallen

Evenals bij het zoeken naar verbanden tussen verkeersveiligheidsmaatregelen en andere interventies en het verloop van het risico van een ernstig bromfiets-auto-ongeval door de tijd heen, is bij het onderzoek naar ernstige voetganger-auto-ongevallen begonnen met een beschrijving van het feitelijke verloop van zowel het risico als het aantal slachtoffers. In *Hoofdstuk 3* is het verloop van het risico al afgebeeld (*Afbeelding 3.3*). Het verloop van het werkelijke aantal ernstigletselslachtoffers staat in *Afbeelding 6.1*.



Afbeelding 6.1. Jaarlijks aantal ernstigletselslachtoffers bij ongevallen tussen voetgangers en auto's in de periode 1976-2004.

Omdat de bevolkingsomvang in de afgelopen decennia geleidelijk is toegenomen, en bij ernstigletselongevallen tussen voetgangers en auto's vrijwel altijd de voetganger het slachtoffer is, lijken *Afbeelding 3.3* en *Afbeelding 6.1* sterk op elkaar.

Nadat het verloop van zowel de slachtofferaantallen als dat van het risico op zoveel mogelijk gedissaggregeerde niveaus in dit onderzoek beschreven is, zijn de opvallendste veranderingen in de tijd samengevat en voorzien van een voorlopige mogelijke verklaring. Evenals bij de bromfiets-auto-ongevallen is gebeurd, volgt op dit beschrijvende deel een uitgebreide inventarisatie van mogelijke verklaringen op basis van de literatuur. Deze groslijst van mogelijke verklaringen heeft tot een bijstelling en uitbreiding van de voorlopige verklaringen uit de beschrijvende fase geleid. Met behulp van state space modelling is vervolgens nagegaan waar zich trendbreuken voordoen en is gekeken of die te koppelen zijn aan de mogelijke verklaringen. Het verschil met het onderzoek naar bromfiets-auto-ongevallen is dat bij dit modelleren ook de seizoensinvloeden zijn meegenomen.

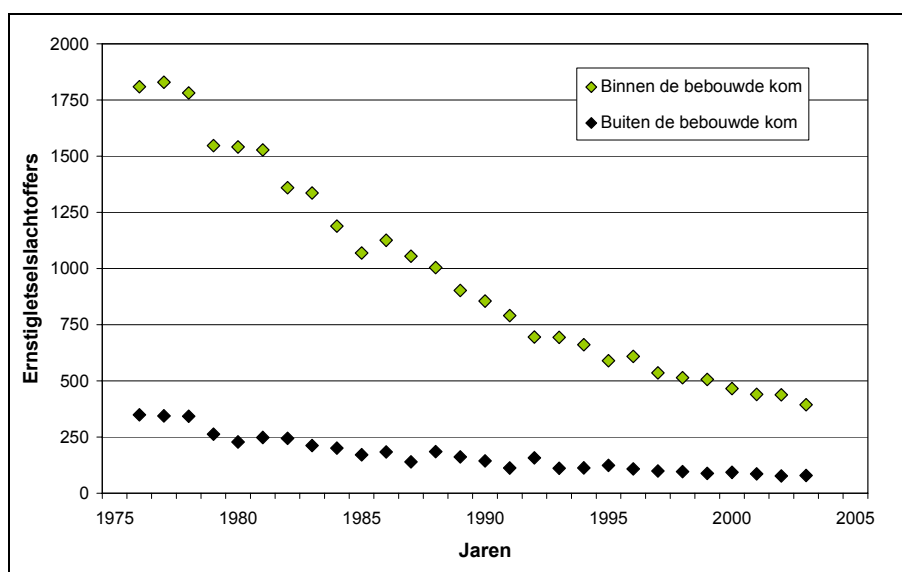
Evenals bij het onderzoek naar de bromfiets-auto-ongevallen het geval was, is er aan het einde van dit onderzoek nog gekeken of er met behulp van lineaire regressie ideeën gegenereerd kunnen worden ter verbetering van de state space modelling bij eventueel vervolgonderzoek.

6.1. Opvallende ontwikkelingen en patronen op gedisaggregeerd niveau

Bij sommige van de onderstaande ontwikkelingen en patronen uit de beschrijvende fase van het onderzoek staat al een tentatieve verklaring genoemd.

6.1.1. Ontwikkelingen die zich over de gehele periode voordoen

- Over de gehele periode (1976-2004) daalt het risico van een voetganger-auto-ongeval met gemiddeld 6% per jaar. De daling is wat sterker voor mannelijke voetgangers dan voor vrouwelijke voetgangers. Ook neemt de betrokkenheid van mannelijke automobilisten bij voetganger-auto-ongevallen sterker af dan van vrouwelijke automobilisten. Dit zou verband kunnen houden met de toegenomen participatie van vrouwen op de arbeidsmarkt, waardoor hun mobiliteit als voetganger en als automobilist is toegenomen.
- Het aantal ernstig letselslachtoffers als gevolg van voetganger-auto-ongevallen is veel groter binnen de bebouwde kom dan erbuiten, maar de daling van het aantal slachtoffers ook (zie *Afbeelding 6.2*).

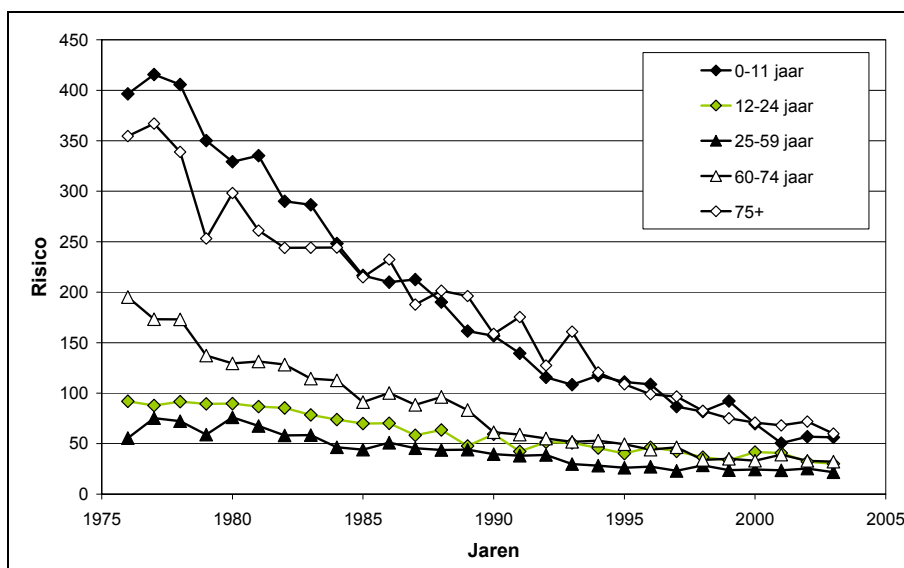


Afbeelding 6.2. Aantal ernstigletselslachtoffers bij voetganger-auto-ongevallen binnen en buiten de bebouwde kom over de periode 1976-2003.

- Vanaf het midden van de jaren zeventig tot aan het midden van de jaren negentig daalt de ernst van de afloop bij voetganger-auto-ongevallen, maar vanaf het midden van de jaren negentig tot heden loopt de ernst van de afloop weer op. Een mogelijke verklaring voor de aanvankelijke afname zou de toegenomen primaire veiligheid van auto's kunnen zijn (zoals betere remmen, betere manoeuvreerbaarheid en betere motorvoertuigverlichting) en toegenomen politiecontrole op snelheden binnen de bebouwde kom. De toename van de ernst van de afloop vanaf het

midden van de jaren negentig zou kunnen zijn ontstaan doordat auto's steeds zwaarder worden, in het bijzonder door de toename van het aantal SUV's.

- Over de jaren heen neemt de kans op een voetganger-auto-ongeval voor voetgangers van alle leeftijden af. Deze daling is het sterkst voor de jongste categorie voetgangers (van 0 tot en met 11 jaar) en de voetgangers van 60 tot en met 74 jaar (zie *Afbeelding 6.3*).



Afbeelding 6.3. Aantal ernstigletselslachtoffers per miljoen inwoners bij voetganger-auto-ongevallen voor verschillende leeftijdscategorieën over de periode 1976-2003

- Naar verhouding zijn jonge automobilisten vaker bij ernstige voetganger-auto-ongevallen betrokken dan automobilisten van andere leeftijdscategorieën. Jonge automobilisten zijn ook vaker betrokken bij andere ongevals vormen (auto-auto, auto enkelzijdig, auto-bromfiets, enzovoort).
- In de provincie Flevoland is de kans op een ernstig voetganger-auto-ongeval duidelijk lager dan in de andere provincies. Dat komt mogelijk doordat de steden in Flevoland relatief nieuw zijn. De steden in met name Zuidelijk Flevoland zijn zo ontworpen, dat er weinig ontmoetingen zijn tussen snelverkeer en het langzame verkeer.
- De meeste slachtoffers bij voetganger-auto-ongevallen vallen in de herfst en de minste in de zomer.
- Op werkdagen vallen er meer slachtoffers dan gedurende de weekenden, maar het verschil in aantallen neemt over de gehele periode steeds verder af, en de aantallen zijn na 2000 vrijwel gelijk aan elkaar geworden.
- Over de gehele periode vallen de meeste slachtoffers aan het einde van de middag.

6.1.2. Ontwikkelingen die zich in sommige jaren voordoen

- In 1979 en in 1985 daalt het risico van ernstige voetganger-auto-ongevallen sterker dan gemiddeld. Vooral de daling in 1979 is opvallend. Beide dalingen worden vrijwel geheel veroorzaakt door het geringe aantal ernstige voetganger-auto-ongevallen gedurende de wintermaanden. De

- winters van 1979 en 1985 waren streng. Waarschijnlijk heeft het koude winterweer tot minder mobiliteit van zowel voetgangers als auto's geleid.
- In 1983 zijn er ten opzichte van 1982 20% minder voetganger-auto-ongevallen op kruispunten, en 52% meer voetganger-auto-ongevallen op wegvakken. Dit verschil is vermoedelijk niet het gevolg van daadwerkelijke veranderingen, maar van een verandering in het ongevallen-registratieformulier. In 1983 is op dit formulier voor de plaats van het ongeval de categorie 'op wegvakken onder de invloed van kruispunten' ingevoerd. Dit had tot gevolg dat wat voorheen vaak als een kruispunt-ongeval werd bestempeld, vanaf 1983 vaak als een wegvakongeval werd gecodeerd.
 - Vanaf 2001 neemt het aantal ernstigletseloffers als gevolg van voetganger-auto-ongevallen op wegen met een snelheidslimiet van 30 km/uur sterk toe. Dit is niet het gevolg van een toename in risico, maar van een expositietoename. Als gevolg van het Startprogramma Duurzaam Veilig zijn in gemeenten steeds meer wegen met een limiet van 50 km/uur veranderd in wegen met een limiet van 30 km/uur. Met de sterke uitbreiding van de 30km/uur-zones binnen de bebouwde kom in 2000 en 2001, is het totaal aantal ernstigletseloffers onder kinderen meer dan gemiddeld gedaald. Vermoedelijk heeft dus de omzetting naar 30km/uur-wegen vooral een gunstig effect gehad op voetgangers in de jongste leeftijdscategorie (0-11 jaar).
 - In 2004 is het risico van een voetganger-auto-ongeval met ernstig letsel als afloop 19% lager dan in 2003. Ook voor andere ongevalsgroepen (auto-auto, auto enkelvoudig, bromfiets-auto, enzovoort) daalt het risico in 2004 sterker dan normaal.

6.2. Aanvullende mogelijke verklaringen

Er is in de literatuur (zowel nationaal als internationaal) opvallend weinig onderzoek te vinden naar de effecten van maatregelen en ontwikkelingen op voetganger-auto-ongevallen. De enige uitzonderingen zijn onderzoek naar de ernst van de afloop in relatie tot de snelheid van de auto en onderzoek naar maatregelen om conflicten tussen auto's en voetgangers onmogelijk te maken (bijvoorbeeld door de inrichting van voetgangergebieden waar geen auto's mogen komen). Enkele mogelijke ontwikkelingen en verklaringen konden wel uit de literatuur gedestilleerd worden.

6.2.1. *Expositie van voetgangers*

- Tussen 1980 en 2000 is het aantal keren dat men te voet van de ene bestemming naar de andere gaat, met 10% afgenomen. Niet alleen het aantal wandelingen neemt af, maar ook de lengte van de gemiddelde wandeling (van 1,06 km in 1980 tot 0,94 km in 2000). Beide zaken hebben tot gevolg gehad dat de duur die men gemiddeld als voetganger per jaar in het verkeer verblijft, in de periode 1980-2000 is afgenomen van 76 naar 58 uur. Doordat echter de bevolkingsomvang is toegenomen, is ondanks deze dalingen het totaal aantal kilometers dat te voet wordt afgelegd, tussen 1980 en 2000 met 14% gestegen.
- Tussen 1994 en 2000 is het aantal voetgangerkilometers van kinderen met 20% gedaald. De belangrijkste oorzaak hiervan is dat kinderen tot op steeds hogere leeftijd naar school gebracht worden. Een andere oorzaak is dat steeds meer scholen overblijfsvoorzieningen krijgen. Hierdoor

komen steeds minder schoolgaande kinderen tussen de middag op straat.

- Tussen het begin van de jaren zeventig van de vorige eeuw en het einde van het millennium is de participatie van vrouwen op de arbeidsmarkt sterk toegenomen. Dit heeft waarschijnlijk geleid tot een toename van zowel het aantal voetgangerkilometers als het aantal autokilometers bij vrouwen.
- Door toename van de levensverwachting en doordat nieuwe generaties ouderen steeds actiever gedrag vertonen, neemt de voetgangermobiliteit van ouderen toe. Ook de opkomst van de rollator speelt hierbij een rol. Doordat tussen 1971 en 1997 mannen op steeds jongere leeftijd met pensioen zijn gegaan is zowel de voetgangersmobiliteit als de automobiliteit van mensen tussen 55 en 65 jaar in deze periode afgenomen.

6.2.2. *Expositie en risico bij auto's*

- Het jaarlijks aantal kilometers dat door alle auto's in Nederland wordt afgelegd, is tussen 1976 en 2000 bijna verdubbeld. De expositie van auto's op wegen binnen de bebouwde kom (gebieden met de meeste kans dat voetgangers en auto's met elkaar in botsing komen) neemt echter af (zie *Afbeelding 4.2*).
- Mede door de EuroNCAP-proeven wordt de primaire veiligheid van auto's steeds beter. Hier staat tegenover dat de massa van auto's (in het bijzonder door de opkomst van SUV's) steeds groter wordt, waardoor de ernst van de afloop bij voetganger-autobotsingen toeneemt.
- Steeds meer auto's rijden overdag met hun verlichting aan. Hierdoor neemt het aantal voetganger-auto-ongevallen af.

6.2.3. *Wegen*

- Kruispunten zijn vervangen door rotondes. Door de invoering van rotondes neemt de naderingssnelheid van auto's af. Hierdoor neemt ook het risico van een botsing met een overstekende voetganger en de ernst van de afloop van een dergelijk ongeval af.
- 50km/uur-zones zijn omgezet in 30km/uur-zones, inclusief snelheidsremmende maatregelen zoals de plaatsing van verkeersdrempels.
- Het aantal woonerven is toegenomen.
- Wegen buiten de bebouwde kom met een snelheidslimiet van 80 km/uur zijn omgezet naar wegen met een snelheidslimiet van 60 km/uur.

6.2.4. *Gedrag van voetgangers en automobilisten*

- Het aantal verkeersbrigadiers is toegenomen.
- De politiehandhaving op zowel snelheid als het rijden onder invloed is toegenomen.

6.2.5. *Tijdspecifieke ontwikkelingen en maatregelen*

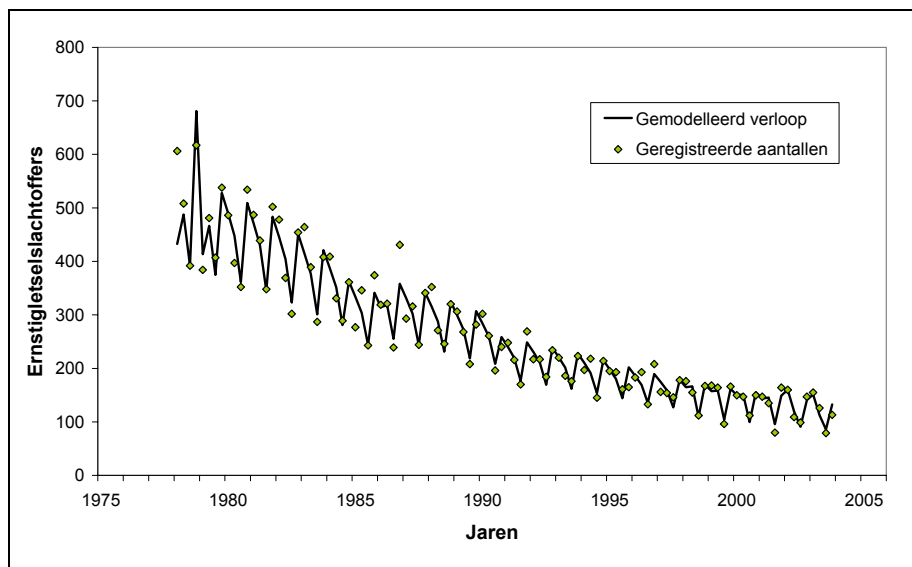
- Periodes waarin de economie sterk begon te dalen (rond 1981, 1990 en 2000) hebben vermoedelijk geleid tot vermindering van mobiliteit (zowel van voetgangers en van auto's) en ook tot een daling van het ongevalrisico. De vermindering van mobiliteit wordt onder meer veroorzaakt door een vermindering van werk, en in periodes van recessie wordt men wat

voorzichtiger en zuiniger op zijn spullen. Door dit laatste neemt vermoedelijk ook het risico af.

- Jaren met strenge winters (1979, 1985, 1986 en 1987) leiden tot minder mobiliteit van met name voetgangers.
- De introductie van de ov-jaarkaart voor studenten in 1991 leidt tot een afname van het risico doordat de automobilititeit van relatief gevaarlijke automobilisten (jonge beginnende bestuurders), afneemt.
- Het Startprogramma Duurzaam Veilig in 1997 leidt tot een sterke uitbreiding van de 30km/uur-zones en een snelle toename van het aantal rotondes.

6.3. Modelling van ernstigletselrisico

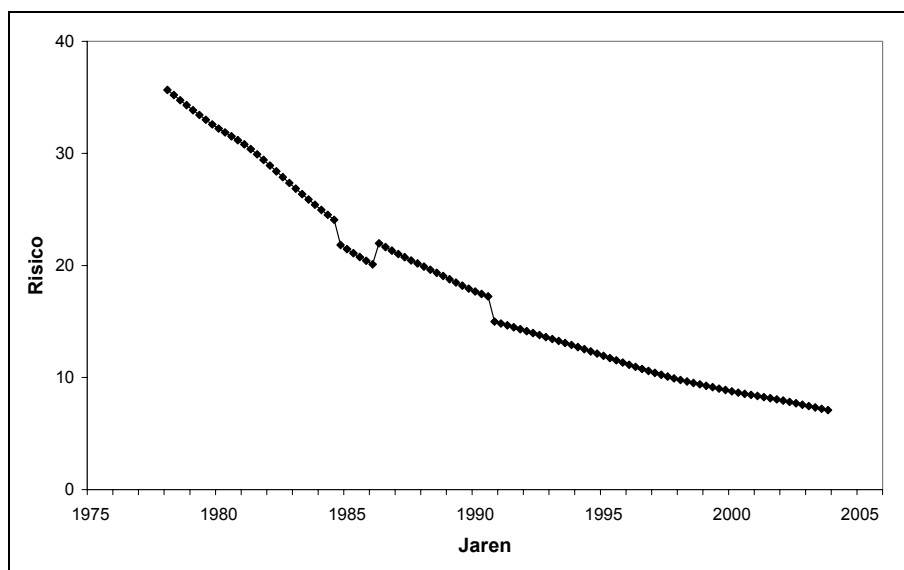
In tegenstelling tot de weg die bewandeld werd bij het modelleren van de bromfiets-auto-ongevallen, is bij het modelleren van de voetganger-auto-ongevallen niet één basismodel genomen dat vervolgens is uitgebreid met verklarende variabelen. In het voetganger-automodel zijn geen expliciete verklaringen opgenomen. Alles is impliciet meegenomen, inclusief de seizoensinvloeden. Trendbreuken zijn dus niet expliciet in het model gestopt. Wel is er net als bij de bromfiets-auto-ongevallen ook gemodelleerd op gedisaggregeerd niveau. Deze disaggregaties zijn: geslacht, leeftijd, binnen/buiten de bebouwde kom, werkdagen/weekenddagen, wegvakken/kruispunten, dag/nacht en droog wegdek/nat wegdek. In *Afbeelding 6.4.* staat het gemodelleerde verloop van de slachtofferaantallen *per kwartaal* weergegeven.



Afbeelding 6.4. Gemodelleerd verloop van het aantal ernstigletsel-slachtoffers bij voetganger-auto-ongevallen en de geregistreerde aantallen. Gebruikt zijn de kwartaalcijfers.

De 'tanden' in de curve worden veroorzaakt door het wisselend aantal slachtoffers per seizoen. Een jaar is opgedeeld in vier kwartalen. Binnen alle jaren is in het derde kwartaal (juli, augustus, september) het slachtoffer-aantal het laagst. Te zien is dat op enkele uitzonderingen na (1978 en 1987), de gemodelleerde aantallen de geregistreerde aantallen goed volgen.

In *Afbeelding 6.5* is het gemodelleerde verloop van het *ongevallenrisico* te zien, zonder dat daarin de fluctuaties binnen één jaar (de seizoensschommelingen) zijn opgenomen.



Afbeelding 6.5. Gemodelleerd verloop van het risico van voetganger-auto-ongevallen, uitgedrukt in aantal ernstigletselslachtoffers per miljoen inwoners, zonder de seizoensinvloeden.

Te zien is dat er in 1985 en in 1990 een plotselinge sprong (trendbreuk) naar beneden is en in 1986 een plotselinge sprong naar boven. De trendbreuken in 1986 en in 1990 zijn wel statistisch significant, en die in 1985 niet. De belangrijkste bevinding die op basis van *Afbeelding 6.5* getrokken kan worden, is dat over de periode 1978-2003 het risico van een ernstig voetganger-auto-ongeval aanzienlijk is gedaald. In 2003 is dit risico nog slechts een vijfde van wat het was in 1978.

Op gedisaggregeerd niveau zijn veel meer significante trendbreuken bij het gemodelleerde risicoverloop gevonden. Al deze trendbreuken staan weergegeven in *Tabel 6.1*. Daar waar sprake is van een opwaartse trendbreuk (dus een plotselinge stijging in risico bij de aangegeven groep) is een '+' gezet. Waar alleen het jaartal staat, is sprake van een trendbreuk naar beneden (dus een plotselinge daling van het risico bij de aangegeven groep). Het kan zijn dat er in één jaar zowel sprake is van trendbreuk omhoog als een trendbreuk omlaag. Dit is bijvoorbeeld het geval wanneer het een jaar betreft met een strenge winter (daling) en een hete zomer (stijging).

	Jaren met significante trendbreuk			
	1978-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2004
Zonder disaggregatie (Afbeelding 6.5)		+1986	1990	
Mannelijke voetgangers	+1979	+1986, 1987		
Vrouwelijke voetgangers		+1986	1990	+2002
Leeftijdsgroep: 0-11 jaar		1982	1990	2000, +2001
Leeftijdsgroep: 12-24 jaar			+1992	
Leeftijdsgroep: 25-59 jaar		1984	1990, 1993, 1995	
Leeftijdsgroep: 60-74 jaar		+1986	1990	
Binnen de bebouwde kom		+1986	1990	
Werkdagen		+1985, +1987, 1988	1990, 1998	
Weekenddagen		+1986	1996, +1997	
Wegvakken		+1986		
Kruispunten		+1983	1990, 1996, +1995, 1998	
Ongevallen overdag			1990, 1999	
Ongevallen 's nachts			1993	
Droog weer en droog wegdek		1985, +1985		2001, +2001
Droog weer en nat wegdek			+1994, +1995, 1995, +1997, 1998	
Neerslag en nat wegdek			1995	

Tabel 6.1. *Significante trendbreuken in het risico van ernstige voetganger-auto-ongevallen op gedisaggregeerd niveau. Waar bij het jaartal een '+' is weergegeven, gaat het om een stijging van het risico. Staat er alleen het jaartal, dan is er sprake van een daling van het risico.*

Er is ook op gedisaggregeerd niveau gekeken of er over het gemodelleerde verloop jaren of periodes met een significant afwijkend seizoenspatroon waren. Het kan dan bijvoorbeeld gaan om een strenge winter met weinig ongevallen of een warme zomer met veel ongevallen. De resultaten hiervan staan weergegeven in *Tabel 6.2*. Doordat het om afwijkingen van een terugkerend patroon gaat, is geen onderscheid gemaakt tussen dalingen en stijgingen.

De met behulp van state space modelling gevonden significante trendbreuken en afwijkingen zoals weergegeven in de *Tabellen 6.1* en *6.2*, ondersteunen vrijwel alle mogelijke verklaringen die genoemd staan in § 6.1 en § 6.2 van dit hoofdstuk. Er zijn echter ook veel trendbreuken op gedisaggregeerd gevonden waarvan vooraf geen mogelijke verklaringen genoemd zijn. Op gedisaggregeerd niveau springen de jaren 1979, 1985, 1986 en 1990 met veel trendbreuken eruit. In 1979 gaat het alleen om de (strenge) winter van dat jaar. De plotselinge daling van het ongevallenrisico in 1985 en een stijging in 1986 volgt op een daling in 1985 Dit komt doordat de winter van 1985 op 1986 streng was. In 1991 werd de ov-

studentenkaart ingevoerd, en aan het begin van de jaren negentig van de vorige eeuw was er sprake van een economische recessie.

	Jaren met significant afwijkend seizoenspatroon			
	1978-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2004
Zonder disaggregatie	1979		1998	2002
Mannelijke voetgangers	1979	1985, 1986		2002
Vrouwelijke voetgangers	1979	1980		2001
Leeftijdsgroep: 0-11 jaar		1980, 1983	1995	2002, 2003
Leeftijdsgroep: 12-24 jaar		1980	1993, 1998	2002
Leeftijdsgroep: 25-59 jaar	1979	1984		2001
Leeftijdsgroep: 60-74 jaar		1980		2002, 2003
Leeftijdsgroep: 75+	1979		1997	2000
Binnen de bebouwde kom		1980, 1985, 1986	1998	2002
Buiten de bebouwde kom	1979		1998	
Werkdagen		1980, 1981, 1988	1998	2002
Weekenddagen	1979	1985		
Wegvakken		1980, 1985, 1987	1991, 1998, 1999	
Kruispunten	1979	1980, 1981, 1984		2002, 2003

Tabel 6.2. Jaren en periodes waarin een significant afwijkend seizoenspatroon voorkwam.

Bij het modelleren is op gedisaggregeerd niveau geen steun gevonden voor de effecten op het verloop van het voetganger-accidentrisico door toegenomen participatie van vrouwen op de arbeidsmarkt. Er is bij het modelleren ook geen steun gevonden voor de veronderstelling dat in de eerste drie jaar van het nieuwe millennium het risico van ernstige voetganger-auto-ongevallen is gedaald door toegenomen handhavinginspanning van de politie en de effecten van het Startprogramma Duurzaam Veilig. Deze effecten zijn bij het modelleren echter wel teruggevonden in de laatste jaren van de vorige eeuw. Wat bij het modelleren naar boven is gekomen, maar waarvoor in de literatuur geen verklaring is gevonden, zijn verschillen in risicoverloop voor mannelijke en vrouwelijke voetgangers. Tot aan het jaar 2000 daalt dat het risico voor mannelijke en vrouwelijke voetgangers in min of meer gelijke mate, maar in 2001 stijgt het risico voor vrouwelijke voetgangers terwijl dat voor mannelijke voetgangers blijft dalen.

6.4. Aanvullende analyses met behulp van lineaire regressie

Net als bij het onderzoek naar het risicoverloop van ernstige bromfiets-auto-ongevallen (§ 5.4) is bij het onderzoek naar het risicoverloop van ernstige voetganger-auto-ongevallen aanvullend onderzoek uitgevoerd met behulp van lineaire regressie. Nogmaals moet worden benadrukt dat er methodologische bezwaren kleven aan lineaire regressie, waardoor de verbanden tussen maatregel en risicoverloop die met behulp van deze methode

'gevonden' worden, niet meer dan indicaties voor vervolgonderzoek vormen. De kans is namelijk aanwezig dat de op deze wijze gevonden 'verklaringen' feitelijk niet bestaan. De methode is vooral gebruikt om ideeën op te doen voor toekomstige verbetering van de modellen op basis van de state-spacemethode.

Er is getracht om met behulp van lineaire regressie indicaties voor antwoorden op de volgende vragen te vinden:

- Hebben economische ontwikkelingen en veranderingen in de weersgesteldheid (bijvoorbeeld natte of droge dagen, warme of koude dagen, maar ook dag of nacht) invloed op het verloop van het risico van ernstige voetganger-auto-ongevallen?
- Zullen de verklaringen voor het risicoverloop wezenlijk anders worden wanneer uitgegaan wordt van de geschatte werkelijke aantallen (de opgehoogde ongevals cijfers) in plaats van de geregistreerde aantallen?
- State space modelling levert geen duidelijke verklaringen op voor de vraag waarom het ongevalrisico voor voetgangers in de leeftijd van 0 tot en met 11 jaar zo sterk is gedaald. Zijn hiervoor wel aanwijzingen te vinden met behulp van lineaire regressie?

Volgens het model dat gemaakt is met behulp van lineaire regressie, is het weer wel duidelijk van invloed op het risicoverloop, maar de toestand van de economie niet. Met betrekking tot het weer komt bij lineaire regressie naar voren dat het risico van ernstige voetganger-auto-ongevallen kleiner wordt bij extreem winterweer en bij periodes met droogte. Als indicatoren voor de economie is het consumentenvertrouwen en het percentage werkelozen genomen. Voor deze indicatoren is dus geen verband met het risicoverloop gevonden. Bij de bromfiets-auto-ongevallen werd met behulp van multiple lineaire regressie wel een samenhang gevonden tussen consumentenvertrouwen en ongevalrisico. Het is aannemelijk dat bij slechte economische omstandigheden niet alleen de mobiliteit afneemt, maar dat men zuiniger en voorzichtiger gaat rijden. Men wil dan immers alles zo lang mogelijk heel houden. Dat in tijden van economische recessie het risico van ernstige voetganger-auto-ongevallen *niet* daalt, is dus vreemd. Misschien zouden er met behulp van andere indicatoren wel een verband tussen de toestand van de economie en het ongevalrisico gevonden zijn.

Evenals bij de bromfiets-auto-ongevallen kon met behulp van een regressiemodel gebaseerd op de geregistreerde aantallen, de sterke daling in het aantal ernstige voetganger-auto-ongevallen van 2003 op 2004 *niet* verklaard worden. Met een regressiemodel dat gebaseerd was op de werkelijke aantallen, kon dat *wel*. Als gebruik gemaakt wordt van de werkelijke aantallen in plaats van de geregistreerde aantallen, leidt dat dus tot andere verklaringen. Toch is het niet verstandig om in toekomstige state-space modellen de geschatte werkelijke aantallen op te nemen, omdat de nauwkeurigheid van de schattingen onzeker is en omdat er geen schattingen bestaan voor alle gedissegregeerde niveaus.

Het model op basis van lineaire regressie geeft de volgende mogelijke verklaringen voor de extra grote daling van het ongevalrisico van ernstige voetganger-auto-ongevallen bij kinderen: de omzetting van wegen met een snelheidslimiet van 50 km/uur naar wegen met een snelheidslimiet van 30 km/uur, en de jaarlijkse publiekscampagne 'de scholen zijn weer begonnen'.

Zoals eerder is opgemerkt, zal de kwaliteit van deze mogelijke verklaringen in vervolgonderzoek moeten worden onderzocht.

6.5. Conclusies

De belangrijkste conclusies op basis van state space modelling over de periode 1985-2003 en het modelleren met behulp van lineaire regressie over de periode 1976-2004 zijn:

- In periodes met extreem winterweer en in warme periodes met weinig neerslag daalt het risico van ernstige voetganger-auto-ongevallen. Het aantal slachtoffers als gevolg van voetganger-auto-ongevallen was laag in de jaren 1979, 1985, 1986 en 1987 vanwege de koude winters in die jaren.
- De invoering van de ov-jaarkaart voor studenten in 1991 in samenhang met een beginnende economische recessie heeft geresulteerd in een sterke daling van het risico van ernstige voetganger-auto-ongevallen.
- Er zijn duidelijke indicaties (maar geen sluitende bewijzen) dat de omzetting van 50 naar 30km/uur-wegen vooral in de eerste jaren van het Startprogramma Duurzaam Veilig (van 1997 tot en met 2000) geleid heeft tot een extra daling van het aantal kinderen dat bij voetganger-auto-ongevallen is omgekomen.

De bovengenoemde waarschijnlijke verklaringen zijn verklaringen voor het feit dat het risico van ernstige voetganger-auto-ongevallen in bepaalde periodes extra is gedaald (de trendbreuken). Mogelijke verklaringen voor het geleidelijk verloop van de risicodaling zijn noch met behulp van state space modelling noch met behulp van lineaire regressie gevonden.

7. Beschouwing

Het doel van de in dit rapport besproken onderzoeken was om op wetenschappelijk verantwoorde wijze na te gaan of er verbanden zijn tussen verkeersveiligheidsmaatregelen en andere interventies en ontwikkelingen enerzijds en het verloop van het ongevalrisico anderzijds. Zeker is dat in de loop van de tijd voertuigen en wegen veiliger zijn geworden. Ook is het zeer aannemelijk dat verkeersdeelnemers zich veiliger zijn gaan gedragen. Als bijvoorbeeld de politie niet zou controleren op het rijden onder invloed, dan zouden veel meer mensen dronken achter het stuur zitten dan nu het geval is. Wat nu echter de precieze bijdrage van bepaalde verkeersveiligheidsmaatregelen en maatschappelijke ontwikkelingen is geweest aan de verbetering van de verkeersveiligheid, is vaak niet duidelijk. Toch worden er in de praktijk van alledag door veel mensen verklaringen gegeven die niet wetenschappelijk zijn onderbouwd. Succes kent vele vaders. Als de zaken goed gaan, zijn we geneigd dat toe te schrijven aan onze eigen bijdragen, en als het slecht gaat, zijn we geneigd te denken dat dit komt door zaken die buiten ons vermogen liggen (bijvoorbeeld de hoge dollarkoers of het slechte weer). Met de onderzoeken waarvan in dit rapport een beknopt verslag wordt gedaan, werd beoogd om het verloop van de verkeersonveiligheid zo goed mogelijk te verklaren.

Het is zo moeilijk om het effect van maatregelen en ontwikkelingen uit de ongevalstatistiek naar boven te halen, omdat in de werkelijkheid de omstandigheden voor onderzoek naar causale relaties ontbreken. In een wetenschappelijk experiment worden de condities onder controle gebracht. Hierdoor wordt het mogelijk om de effecten van interventies te meten. Deze laboratoriumcondities ontbreken wanneer we de effecten van maatregelen en ontwikkelingen in een open samenleving moeten meten. Om toch verbanden tussen het verloop van het ongevalrisico en maatregelen en ontwikkelingen te kunnen vaststellen, zijn in de in dit rapport besproken onderzoeken de volgende handelingen verricht:

1. Eerst is er is zo gedetailleerd en zuiver mogelijk beschreven hoe het verloop van de verkeersonveiligheid in de tijd is geweest, waarbij verschil is gemaakt tussen het verloop van het risico en het verloop van het aantal ongevallen.
2. Daarna zijn alle mogelijke maatregelen en ontwikkelingen beschreven die op dat verloop van invloed kunnen zijn geweest. Daarbij hebben de onderzoekers zich niet beperkt tot maatregelen die direct verband hielden met de verkeersveiligheid, maar ook indirecte maatregelen en ontwikkelingen opgespoord. Er is een onderscheid gemaakt tussen maatregelen en ontwikkelingen die invloed kunnen hebben gehad op het risico en maatregelen en ontwikkelingen die invloed kunnen hebben gehad op de expositie, de blootstelling aan gevaren in het verkeer (bijvoorbeeld de mobiliteitsontwikkeling). Ook zijn bij de maatregelen en ontwikkelingen de uitkomsten van reeds uitgevoerde effectstudies genoemd/meegenomen?.

3. Als laatste is van het beschrijven van het feitelijk risicoverloop in de loop van de tijd overgegaan op het schatten van het risicoverloop met behulp van tijdreeksanalysemodellen. Aan de hand van deze modellen is getoetst of maatregelen en andere interventies effect hebben gehad op het risicoverloop.

De kwaliteit van de laatste stap (het feitelijk modelleren) hangt af van de kwaliteit van de eerste twee stappen. Om een goed model te kunnen maken, moet men over heel veel gedetailleerde gegevens over een zo lang mogelijke periode beschikken. Ook moet men voor een goed model van zoveel mogelijk interventies de omvang van hun effect precies kennen. Die interventies kunnen dan als expliciete variabelen in het model meegenomen worden.

Echter, met name veel expositiegegevens op gedisaggregeerd niveau ontbreken, en voor zover ze er wel zijn, zijn ze slechts beschikbaar voor de laatste twintig jaar. Van een aantal maatregelen is bekend dat ze effect hebben, maar is de omvang van het effect te onduidelijk om ze als gekwantificeerde, expliciete variabele op te nemen in een model. Ook is van veel indirecte ontwikkelingen, bijvoorbeeld het effect van de economie op de verkeersveiligheid, nauwelijks iets bekend. Door al deze beperkingen heeft stap drie weinig 'harde bewijzen' voor de effecten van genomen maatregelen opgeleverd.

Bovendien moet bedacht worden dat state-spacemodellen de ontwikkelingen van het ongevalrisico niet verklaren. Ze beschrijven trends in risico en expositie op een statistisch zuivere wijze en identificeren significante trendbreuken. Aan deze trendbreuken kunnen vervolgens hoogst waarschijnlijke verklaringen gekoppeld worden als de trendbreuken in de tijd blijken samen te vallen met genomen maatregelen.

De waarde van de onderzoeken waarop dit rapport is gebaseerd, moet niet alleen gezocht worden in de resultaten die state space modelling heeft opgeleverd. Om stap drie (het modeleren) te kunnen doen, was het noodzakelijk om het feitelijk verloop van de verkeersveiligheid zo gedetailleerd en precies mogelijk te beschrijven (stap 1) en alle denkbare verklaringen voor de veranderingen daarin zo goed mogelijk te inventariseren (stap 2). Dit op zich heeft veel inzicht opgeleverd in het ontstaan en verloop van ernstigletselongevallen op verschillende wegtypen, ernstigletselongevallen door botsingen tussen bromfietsen en auto's en ernstigletselongevallen door botsingen tussen voetgangers en auto's.

Met behulp van modellen is het in theorie niet alleen mogelijk om effecten van genomen maatregelen tot op zekere hoogte te verklaren, maar ook om voorspellingen te doen over de toekomstige ontwikkeling van de verkeersonveiligheid. State space modelling is in dit onderzoek gebruikt om te 'verklaren' en niet om te voorspellen. Zoals reeds vermeld zijn er om diverse redenen tamelijk weinig 'harde' verklaringen gevonden. Doordat ook onverklaard verloop van de ontwikkeling van de verkeersonveiligheid nauwkeurig wordt meegenomen bij state-spacemodellen, is state space modelling toch de aangewezen methode om de toekomstige verkeersonveiligheid te voorspellen.

Dit rapport is bedoeld om een breed publiek een algemene indruk te geven van het werk dat de SWOV recentelijk verricht heeft op het gebied van modelontwikkeling.

Wie meer wil weten over de methode van onderzoek, wordt verwezen naar de rapporten:

Bijleveld, F. & Commandeur, J. (2006). *Test modelling single accidents with the basic evaluation model*. D-2006-3. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.

Reurings, M.C.B. & Commandeur, J.J.F. (2007). *International orientation on methodologies for modelling developments in road safety*. R-2006-34. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam. [In voorbereiding]

Wie meer wil weten over de ontwikkelingen per wegcategorie, leze:

Janssen, S.T.M.C. (2007). *De veiligheidsverkenner voor het wegverkeer; Risico's van wegen in de periode 1987-2005 met prognose voor 2006-2020*. R-2006-35. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam. [In voorbereiding]