

Ongevallen in doortochten

Een risicoanalyse van doortochten als geheel

Kurt Van Hout

PROMOTOR ▶ Rob Cuyvers
ONDERZOEKSLIJN ▶ infrastructuur en ruimte
ONDERZOEKSGROEP ▶ PHL, UH, VUB, Vito
RAPPORTNUMMER ▶ RA-2006-80

**AGORALAAN
GEBOUW D
B 3590 DIEPENBEEK**

T ▶ 011 26 87 05
F ▶ 011 26 87 00
E ▶ info@steunpuntverkeersveiligheid.be
I ▶ www.steunpuntverkeersveiligheid.be

Ongevallen in doortochten

Een risicoanalyse van doortochten als geheel

RA-2006-80

Kurt Van Hout

Onderzoekslijn infrastructuur en ruimte



DIEPENBEEK, 2006.
STEUNPUNT VERKEERSVEILIGHEID.

Documentbeschrijving

Rapportnummer: RA-2006-80
Titel: Ongevallen in doortochten

Ondertitel: Een risicoanalyse van doortochten als geheel

Auteur(s): Kurt Van Hout
Promotor: Rob Cuyvers
Onderzoekslijn: infrastructuur en ruimte
Partner: Provinciale Hogeschool Limburg
Aantal pagina's: 53
Trefwoorden: verkeersveiligheid, doortocht, risicoanalyse, ongevallenmodel, ongevallen, fietsongevallen, Vlaanderen

Projectnummer Steunpunt: 2.2.1
Projectinhoud: Na het uitwerken van een risicoprofiel van een doortocht op basis van samenstelling van zijn onderdelen van het dwarsprofiel, willen we nu nagaan hoe het risicoprofiel van een doortocht als geheel kan bepaald worden.

Uitgave: Steunpunt Verkeersveiligheid, maart 2006.

Steunpunt Verkeersveiligheid
Agoralaan
Gebouw D
B 3590 Diepenbeek

T 011 26 87 05
F 011 26 87 00
E info@steunpuntverkeersveiligheid.be
I www.steunpuntverkeersveiligheid.be

Samenvatting

Dit rapport is het voorlopig laatste in een reeks van 3 rapporten rond verkeersveiligheid in de bebouwde omgeving. In een eerste rapport werd aan de hand van een literatuurstudie de invloed van verschillende infrastructuurkenmerken op de verkeersveiligheid nagegaan. In een tweede rapport werd aan de hand van Vlaamse cijfers een risicoanalyse gemaakt van de doortochten (hier gedefinieerd als gewestwegen binnen de bebouwde kom) op basis van de elementen uit het dwarsprofiel. Dit rapport doet hetzelfde, maar nu op het niveau van de doortocht als geheel.

De data die gebruikt werden voor dit onderzoek, zijn in de eerste plaats afkomstig uit de inventarisatie opgemaakt voor de behoefteanalyse van AWV, met betrekking tot doortochten. Het bestand bevat 321 doortochten, verdeeld over gans Vlaanderen. De ongevallen van 1996 tot en met 2001 worden gebruikt.

Het doel van de studie is om op basis van beschikbare gegevens na te gaan wat de impact is van specifieke kenmerken van verkeer, weg en omgeving op de onveiligheid van Vlaamse doortochten. Dit gebeurt op basis van een cross-sectionele studie. Dit opzet gaat uit van gegevens die op een bepaald moment verzameld zijn voor verschillende doortochten uit het onderzoeksgebied.

Binnen het statistische pakket SAS zijn, met behulp van de procedure GENMOD, modellen opgebouwd die het aantal ongevallen geven in functie van een aantal parameters die beschikbaar zijn op het niveau van de doortocht als geheel. Er worden in eerste instantie modellen opgebouwd voor het globale aantal ongevallen op het geheel van de doortochten. Hierbij wordt tevens nagegaan welke intensiteitsfunctie (het vooropgestelde verband tussen voertuigintensiteit en het aantal ongevallen) het best voldoet.

Daarnaast komen ook modellen aan bod die zicht toespitsen op een bepaald type ongevallen (ongevallen met fietsers, met voetgangers, ongevallen met doden of zwaargewonden, kruispunt- of wegvakongevallen, ...), of op een meer specifiek doortochttype (4 doortochttypen worden onderscheiden volgens de toegelaten snelheid, het aantal rijstroken en de ligging van de doortocht (invalsweg naar een stad, aan de rand van een woonkern, dwars door een woonkern, ontsloten via een randweg)).

De modellen verklaren de variatie in het aantal ongevallen voor bestaande doortochten. De gevonden verbanden hoeven echter niet causaal te zijn. De modellen zijn dan ook niet geschikt om veranderingen in het aantal ongevallen te voorspellen ten gevolge van een doortochtherinrichting. De wijziging van het aantal ongevallen ten gevolge van een doortochtherinrichting kan wel bepaald worden wanneer de modellen gecombineerd worden met de resultaten van een Voor-Na studie. De modellen kunnen ook een hulpmiddel zijn bij de prioriteitenbepaling voor de doortochtherinrichtingen.

Modellen die het aantal ongevallen op doortochtniveau willen voorspellen, moeten minstens de voertuigintensiteit en de lengte van de doortocht bevatten als verklarende variabelen. Wanneer het aantal ongevallen waarbij specifieke weggebruikers betrokken zijn, bepaald moet worden, verdient het aanbeveling om ook het aantal van de betrokken weggebruikers dat gebruik maakt van de doortocht, op te nemen bij de verklarende variabelen. Bijkomende variabelen zoals het aantal kruispunten, het aantal gemeenschapsvoorzieningen of het aantal inwoners kunnen nog een beperkte verbetering van de modellen opleveren.

Summary

This report is for now the last in a series of 3 reports concerning traffic safety in the built-up environment. The first report was a literature review of the different infrastructure characteristics that influence traffic safety. The second report describes the results of a risk analysis of Flemish through roads (regional roads through a built-up area) based on the elements of the cross section of the road. This report does the same, but this time on the level of the through road as a whole.

The data used in this research originate from an inventory done by the Flemish Administration of Roads and Traffic as part of a priority analysis concerning through roads. The datafile contains 321 through roads, spread over the Flanders region. Road accidents from 1996 to 2001 are used in the analysis.

The goal of this study is working out the impact of specific characteristics of traffic, road and surroundings on traffic safety in Flemish through roads, based on the data available. This was done by a cross sectional survey in which data from a certain point in time are gathered for several through roads in the research area.

Through generalised linear modelling (by means of the procedure GENMOD in the statistical package SAS) models are derived that give the number of accidents as a function of some parameters available on the level of a through road as a whole. First some models are built that give the overall number of accidents based on the data for all road sections in the database. Special attention is paid to the form of the intensity function (the assumed relationship between traffic intensity and the number of accidents).

Additional models are built for more specific accident types (e.g. accidents which involve bicyclists, pedestrians, serious accidents, accidents on cross roads or road sections, ...) or for more specific through road types (4 types are considered according to speed limit, number of lanes and the situation of the road in relation to the built-up area (approach road, touching or cutting across the built-up area, presence of a ring-road)).

The models explain the variation in the number of accidents on existing through roads. The relationships found aren't necessarily causal. The models are therefore not suitable to predict a change in the number of accidents following a through road redesign. The change in number of accidents can be calculated when the models are combined with the results of a Before-After study on the subject. The models can however be an aid in determining priorities of through road redesign.

Models that want to predict the number of accidents on through road level have to contain the explaining variables traffic intensity and the length of the through road. When the number of accidents involving a specific type of road user has to be predicted, it is recommended that the number of that specific road user is also added as an explaining variable. Additional variables as the number of cross roads, the number of facilities (shops, community services, ...) or the number of inhabitants can also contribute to a smaller improvement of the models.

Inhoudsopgave

1.	INLEIDING	8
1.1	Doelstelling voor dit onderzoek	8
1.2	Afbakening onderzoeksobject	8
1.3	Probleemstelling	9
1.4	Opbouw rapport	9
2.	DE GEGEVENS	10
2.1	Gegevensbronnen	10
2.2	Verwerking databestanden	10
2.3	Bespreking data	10
	2.3.1 <i>Ongevallendata</i>	10
	2.3.2 <i>Doortochtdata</i>	12
	2.3.3 <i>Correlaties</i>	16
3.	METHODIEK.....	19
3.1	Specificaties van de modellering	19
	3.1.1 <i>Keuze verdeling aantal ongevallen</i>	19
	3.1.2 <i>Keuze modelvorm</i>	19
	3.1.3 <i>Gevolgdde werkwijze</i>	20
	3.1.4 <i>Gebruikte variabelen</i>	20
	3.1.5 <i>Specifieke modellen</i>	21
3.2	Informatiecriteria	21
3.3	Toepassingsmogelijkheden	22
4.	MODELLEN VOOR ALLE ONGEVALLEN	23
4.1	Voertuigintensiteit en lengte doortocht	23
	4.1.1 <i>De modellen</i>	24
	4.1.2 <i>Vergelijking</i>	24
	4.1.3 <i>Besluit</i>	25
4.2	Modellen met alle significante variabelen	26
	4.2.1 <i>De modellen</i>	26
	4.2.2 <i>Vergelijking</i>	26
4.3	Bespreking	26
	4.3.1 <i>Modelprestaties</i>	26
	4.3.2 <i>Gebruikte parameters</i>	28
4.4	Besluit	28
5.	MODELLEN VOOR VERSCHILLENDE ONGEVALTYPEN.....	29
5.1	De modellen	29
	5.1.1 <i>Modellen met voertuigintensiteit en lengte</i>	29

5.1.2	<i>Modellen met voertuig-, fietsintensiteit en lengte</i>	30
5.1.3	<i>Modellen met alle significante parameters</i>	30
5.2	Bespreking	31
5.2.1	<i>Modelprestaties modellen 1a t.e.m. 1k</i>	31
5.2.2	<i>Modelprestaties modellen 3a t.e.m. 3k</i>	31
5.2.3	<i>Modelprestaties fietsongevallen</i>	32
5.2.4	<i>Gehanteerde parameters</i>	33
5.3	Conclusie	34
6.	MODELLEN VOOR VERSCHILLENDE DOORTOCHTTYPEN	36
6.1	Modellen met enkel voertuigintensiteit	36
6.1.1	<i>De modellen</i>	36
6.1.2	<i>Vergelijking</i>	38
6.2	Modellen met voertuigintensiteit en lengte doortocht	40
6.2.1	<i>De modellen</i>	40
6.2.2	<i>Vergelijking</i>	40
6.3	Modellen met alle significante variabelen	41
6.3.1	<i>Het model</i>	41
6.3.2	<i>Vergelijking</i>	41
6.4	Conclusie	42
7.	GEVAARLIJKE DOORTOCHTEN	43
8.	CONCLUSIES EN BELEIDSAANBEVELINGEN	45
8.1	Discussie	45
8.2	Conclusies	45
8.3	Beleidsaanbevelingen	46
9.	LITERATUURLIJST.....	48
10.	BIJLAGE	49
10.1.1	<i>De modellen</i>	49
10.1.2	<i>Vergelijking</i>	49
10.1.3	<i>Modelprestaties</i>	51
10.1.4	<i>Besluit</i>	51

1. INLEIDING

1.1 Doelstelling voor dit onderzoek

Dit rapport kadert in een geheel van een aantal onderzoeken, waarbij we risicoanalyses maken van (1) de Vlaamse autosnelwegen en (2) gewestwegen binnen de bebouwde kom. Elk van deze onderzoeken volgt grotendeels dezelfde aanpak. Dit rapport maakt deel uit van een serie rapporten met betrekking tot de doortochten of meer algemeen wegen binnen een bebouwde omgeving.

Voorliggend rapport is het derde in een reeks van 3 rapporten. In een eerste rapport werd een literatuurstudie uitgevoerd naar infrastructuurkenmerken met een invloed op verkeersveiligheid (Van Hout et al., 2004). De kenmerken werden hierbij opgedeeld naargelang ze deel uitmaken van het dwarsprofiel (de verschillende onderdelen van de rijbaan en directe wegomgeving zoals aantal rijstroken, fietspad, voetpad, aard van de bebouwing, ...), de doortocht als geheel (zoals afgebakend door de witte agglomeratieborden), de doortocht als onderdeel van het wegennet en puntkenmerken (kruispunten, snelheidsremmende voorzieningen) van de doortocht.

In het tweede rapport kwamen de kenmerken aan bod die deel uitmaken van het dwarsprofiel van de weg en z'n omgeving (Van Hout et al., 2005). De verkeersveiligheid werd bestudeerd aan de hand van een model waarbij het aantal ongevallen wordt uitgezet tegen een aantal verklarende variabelen die gekoppeld kunnen worden aan dat dwarsprofiel.

De voorliggende studie zal de doortocht als geheel bekijken. Het aantal ongevallen wordt hierbij uitgezet tegen een aantal verklarende variabelen die aan de doortocht als geheel kunnen gekoppeld worden. Net zoals in voorgaand rapport zal hierbij gebruik gemaakt worden van Vlaamse data. Uit de resultaten kan de invloed van een aantal parameters op de verkeersveiligheid van de Vlaamse doortochten ingeschat worden. De modelresultaten kunnen nuttig gebruikt worden bij het bepalen van de prioriteit van doortochtherinrichtingen.

1.2 Afbakening onderzoeksobject

In het kader van de behoefteanalyse van AWW werden een aantal kenmerken van doortochten door AWW geregistreerd. Dit bestand werd ons ter beschikking gesteld door de Mobiliteitscel van de Vlaamse overheid. Het bestand bevat 817 doortochten. Omwille van de beschikbaarheid van data is het onderzoek beperkt tot doortochten op Vlaamse gewestwegen.

Uit deze 817 doortochten werden de doortochten verwijderd waar tijdens de periode 1996-2001 (d.i. de periode waarover de ongevallengegevens gebruikt worden) werken werden uitgevoerd. De werken beïnvloeden immers het aantal ongevallen dat er gebeurt. De uitgevoerde werken werden ons bezorgd door de provinciale afdelingen van AWW. Op basis van deze gegevens werden 367 doortochten verwijderd uit het bestand. In 450 doortochten werd dus niet gewerkt.

In een volgende stap werden vervolgens enkel die doortochten weerhouden waarvan alle gegevens gekend zijn. Van 129 doortochten zijn onvoldoende data gekend. Het verzamelen van alle gegevens voor deze doortochten zou te tijdrovend zijn om binnen de voorziene tijd het rapport af te werken. Het resultaat is een bestand met 321 doortochten verspreid over Vlaanderen. Meer dan 1 op 3 van de doortochten is er dus in opgenomen. Enkel de fietsintensiteit is niet voor alle weerhouden doortochten gekend. In figuur 1.1 worden de doortochten van het basisbestand grafisch weergegeven.

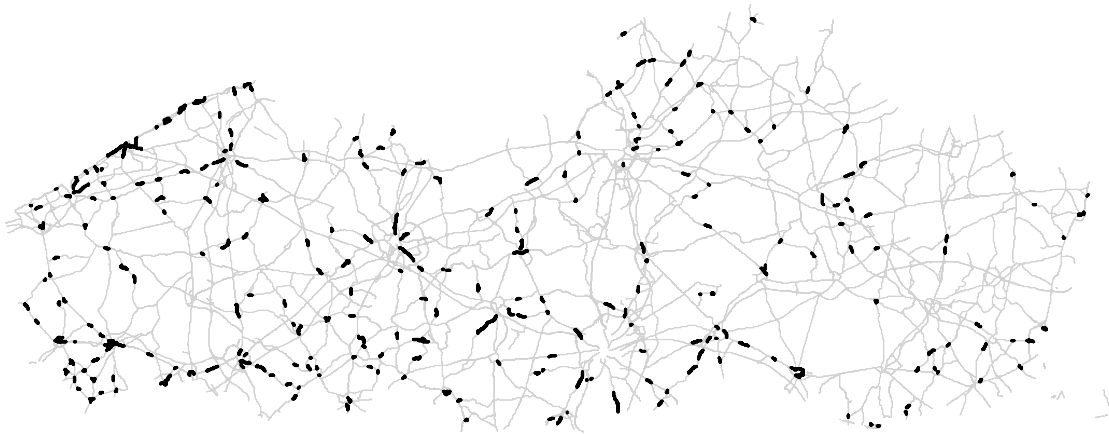


Fig. 1.1: De doortochten van dit onderzoek

1.3 Probleemstelling

In 2001 gebeurden ongeveer 40% van de ongevallen op gewestwegen binnen de bebouwde kom (BIVV, 2001). Deze ongevallen zijn evenwel niet evenredig verdeeld over alle doortochten. Verschillende elementen spelen hierbij een rol. De verkeersdruk speelt een belangrijke rol, maar ook andere elementen hebben een invloed, zowel wegkenmerken als omgevingsfactoren (Van Hout et al., 2004; Van Hout et al., 2005). Alle spelen een rol bij het rijgedrag van verkeersdeelnemers en bepalen mee het aantal en de aard van potentiële conflicten. Zo verklaren zij mee het aantal ongevallen dat op een bepaald wegvak optreedt. Uiteraard speelt steeds het toeval mee.

Het doel van deze studie is om op basis van beschikbare gegevens na te gaan wat de impact is van specifieke kenmerken van de doortocht als geheel op de onveiligheid. Dit gebeurt op basis van een cross-sectionele studie. Het resultaat zal een model zijn dat voor de Vlaamse doortochten het aantal ongevallen geeft in functie van verkeersintensiteiten en andere doortochtkenmerken.

1.4 Opbouw rapport

In hoofdstuk 2 wordt een bespreking gegeven van de beschikbare data. Zowel de gegevensbronnen, de uitgevoerde bewerkingen als de inhoud van de data komen hierbij aan bod.

In hoofdstuk 3 wordt kort ingegaan op de gehanteerde methodiek. Modellen worden opgebouwd door middel van een gegeneraliseerde lineaire modellering in SAS (procedure GENMOD).

Hoofdstukken 4, 5 en 6 geven vervolgens de modellen die afgeleid werden op basis van de beschikbare gegevens. In hoofdstuk 4 komen modellen voor alle ongevallen aan bod. Hoofdstuk 5 geeft modellen voor specifieke ongevaltypen weer. Hoofdstuk 6 tenslotte maakt onderscheid naar verschillende wegtypen.

In hoofdstuk 7 wordt vervolgens ingegaan op de toepassingsmogelijkheden voor de modellen. Het afsluitende hoofdstuk 8 bevat een aantal conclusies en aanbevelingen voor het beleid.

2. DE GEGEVENS

2.1 Gegevensbronnen

Voor dit onderzoek werden data gecombineerd van 5 bestanden. De doortochtgegevens zijn afkomstig van het bestand dat opgebouwd werd in het kader van de behoefteanalyse van AWV (ons ter beschikking gesteld door de Mobiliteitscel, bestaande uit 817 doortochten). Dit bestand werd uitgebreid met gegevens over de aanwezigheid van kruispunten en het aantal inwoners van de kern die doorsneden wordt door de doortocht. Deze data zijn afkomstig van Streetnet respectievelijk de statistische sectoren van het NIS. De wegenwerken uitgevoerd in de periode 1996-2001 werden ons bezorgd door de provinciale afdelingen van AWV.

Deze doortochtkenmerken dienen gekoppeld te worden aan de ongevalgegevens. Deze zijn afkomstig van het bestand met de gelocaliseerde ongevallen (ons ter beschikking gesteld door de Mobiliteitscel) en het ongevallenbestand van het NIS.

Wij danken alle partijen voor het ter beschikking stellen van de data.

2.2 Verwerking databestanden

De beschikbare data zijn niet zonder meer bruikbaar voor het onderzoek. Een aantal bewerkingen zijn noodzakelijk. In eerste instantie dienen de ongevalgegevens gekoppeld te worden aan de juiste doortocht. Dit gebeurt op basis van het wegnummer en de hectometerpaal. Het aantal ongevallen in de periode 1996-2001 wordt per doortocht gesommeerd. Dit gebeurt voor een aantal verschillende soorten ongevallen (alle letselongevallen, ongevallen met specifieke weggebruikers, ongevallen opgesplitst naar ernst of naar locatie).

Een aantal van de doortochten zijn niet bruikbaar omdat er in de beschouwde periode werken werden uitgevoerd. Op basis van de locatie en het tijdstip van de wegenwerken werden de betreffende doortochten handmatig verwijderd uit het bestand van de doortocht. Het betrof 367 doortochten die verwijderd werden.

Een volgende stap hield in dat doortochten waarvoor geen of onvoldoende data beschikbaar waren, eveneens verwijderd werden. Uiteindelijk bleven 321 doortochten over voor verder onderzoek.

Voor deze 321 doortochten werd nagegaan hoeveel kruispunten zij bevatten evenals het aantal kruispunten met hoofdwegen. Hiervoor werd gebruik gemaakt van de classificatie gehanteerd in Streetnet.

Een laatste stap bestond in het toevoegen van bevolkingsgegevens. Op basis van de statistische sectoren van het NIS (o.b.v. de bevolkingsgegevens van 1991) werd voor elk van de 321 doortochten nagegaan hoeveel inwoners de kern rond de doortocht telde, evenals de bevolkingsdichtheid (aantal inwoners per oppervlakte woonkern).

Het resultaat is een bestand met 321 doortochten met ongevallen- en doortochtgegevens. Alle modellen zijn gebaseerd op dit basisbestand.

2.3 Bespreking data

2.3.1 Ongevalldata

Aan het bestand werden, zoals gesteld, verschillende typen ongevallen toegevoegd. Naast het totale aantal ongevallen worden ook het aantal ongevallen waarbij autobestuurders respectievelijk fietsers, bromfietzers, voetgangers en zwaar verkeer bij zijn betrokken. Hierbij hoeft de betrokkene niet noodzakelijk gewond te raken.

Daarnaast wordt ook onderscheid gemaakt naar ongevallen waarbij doden, zwaargewonden dan wel enkel lichtgewonden vielen. Hierbij gaan we steeds uit van grootste ernst. Een ongeval waarbij bvb. 1 dode en 4 lichtgewonden vallen zal terug te vinden zijn bij de ongevallen met doden en niet bij de ongevallen met lichtgewonden.

Tenslotte is er een onderscheid gemaakt naargelang de ongevallen op een kruispunt dan wel op een wegvak gebeurden. Het onderscheid is gebaseerd op het betreffende veld van het ongevallenformulier. Het gaat dus uit van de registratie van de politiediensten.

In figuur 2.1 wordt het aantal doortochten uit het basisbestand uitgezet ten opzichte van het totale aantal ongevallen dat er gebeurde in de periode 1996-2001. Op 21 doortochten werden in die periode geen letselongevallen geregistreerd. De meest onveilige doortocht telde in diezelfde periode maar liefst 300 letselongevallen (niet meer weergegeven in de figuur). Gemiddeld noteren we, over een periode van 6 jaren, 21 ongevallen voor een doortocht. Voor de andere ongevallentypen kunnen vergelijkbare figuren opgemaakt worden.

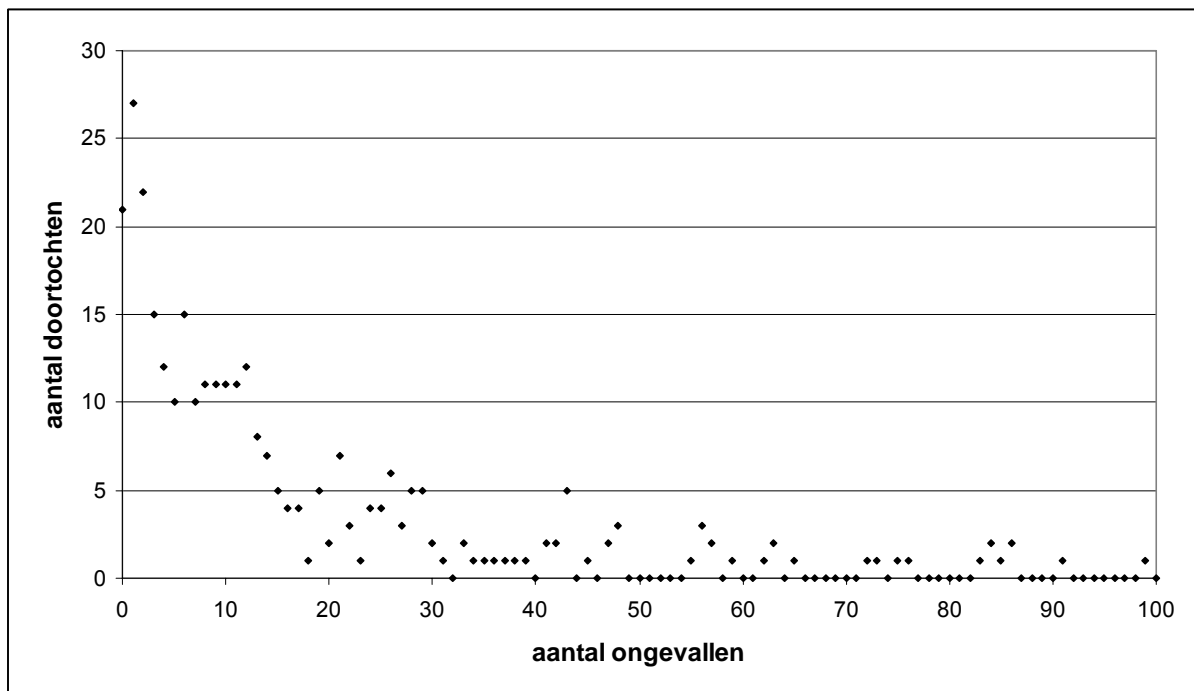


Fig.2.1: Frequentieverdeling van het aantal ongevallen over de doortochten voor 1996-2001

De verdeling van de ongevallen is niet eenvoudig te vatten. De verdeling wordt niet goed beschreven door een Poisson- noch een Negatief Binomiaalverdeling. Ook andere verdelingen beschikbaar voor analyses in het statistische pakket SAS voldoen niet. Daarom wordt in dit rapport toch uitgegaan van de algemeen aanvaarde negatief-binomiaalverdeling. De verdeling wordt gekenmerkt door verscheidene pieken en piekjes. Dit kan op een samenstelling van verschillende verdelingen wijzen. Verder onderzoek kan hier uitsluitsel brengen.

In tabel 2.1 worden een aantal kencijfers gegeven van de ongevallencijfers. De cijfers zijn weergegeven over de 6 jaren van 1996-2001. In de eerste kolom wordt tussen haakjes de naam van de variabele aangegeven.

Ongevaltype	Aantal records	Gemiddelde	Standaard deviatie	Variantie
Alle letselongevallen (<i>ongeval</i>)	321	21,0	33,1	1094,5
Autobestuurders (<i>autoong</i>)		18,0	27,7	769,3
Fietsers (<i>fietsong</i>)		4,0	7,2	51,3
Bromfietsers (<i>bromong</i>)		5,1	12,6	157,5
(Brom)fietsers (<i>bftsong</i>)		8,8	18,6	344,4
Voetgangers (<i>voetong</i>)		1,8	4,2	17,6
Zwaar verkeer (<i>zwwkong</i>)		2,6	4,0	16,0
Met doden of zwaargewonden (<i>dzwgeong</i>)		3,5	5,0	25,4
Met lichtgewonden (<i>ligeong</i>)		17,5	28,9	834,0
Wegvakongevallen (<i>wegvong</i>)		11,1	18,4	338,0
Kruispuntongevallen (<i>krpong</i>)		9,9	16,3	264,7

Tabel 2.1: Kencijfers van ongevallendata (over de periode 1996-2001)

2.3.2 Doortochtdata

Het bestand waarvan vertrokken is, is het bestand gecreëerd voor de behoefteanalyse van AWV. De meeste variabelen zijn dan ook afkomstig van dit bestand. Daarnaast werden nog 4 variabelen eigenhandig toegevoegd: het aantal kruispunten in de doortocht (*Aantal_kruispunten*), het aantal kruispunten met hoofdwegen (*Aantal_krpn_met_hoofdwegen*), de inwonerdichtheid van de kern rond de doortocht (*inwdicht*) en het aantal inwoners van de kern waarin de doortocht gelegen is (*aantinw*). De variabelen worden hieronder kort besproken. We baseren ons hiervoor op de beschrijvingen gehanteerd door AWV (2002).

Elk van de 321 doortochten uit het basisbestand hebben voor elk van de hieronder gedefinieerde variabelen een waarde. De waarden zijn allemaal numeriek. We kunnen bijgevolg voor elke variabele een aantal kenmerken van de verdeling weergeven. Deze worden per variabele weergegeven in een tabel die telkens dezelfde kenmerken van de verdeling bevat.

Aantal kruispunten

De variabele *Aantal_kruispunten* bevat het aantal kruispunten dat in de doortocht gelegen is. De waarde werd afgeleid op basis van het Streetnet-bestand. Voor elk van de 321 doortochten werd geteld hoeveel kruispunten (vier- of drie-armig) zich in de doortocht bevinden.

Aantal	Gemiddelde	Standaard deviatie	Variantie	Minimum	Maximum
321	7,09	5,75	33,11	0	35

Aantal kruispunten met hoofdwegen

In de variabele *Aantal_krpn_met_hoofdwegen* beperken we ons tot kruispunten met hoofdwegen. Voor de classificatie 'hoofdweg' baseren we ons op de indeling gehanteerd in Streetnet. Het aantal is dus steeds kleiner dan of gelijk aan het aantal weergegeven in de vorige variabele.

Aantal	Gemiddelde	Standaard deviatie	Variantie	Minimum	Maximum
321	2,07	1,82	3,32	0	15

Lengte van de doortocht

De variabele *LENGTE_M* geeft de lengte weer van de doortocht, uitgedrukt in meter.

Aantal	Gemiddelde	Standaard deviatie	Variantie	Minimum	Maximum
321	1050	801	642111	45	4618

Aandeel zwaar verkeer

De variabele *PERC_ZWAAR* geeft het aandeel zwaar verkeer dat gebruik maakt van de doortocht, in verhouding tot het gemotoriseerde verkeer.

Aantal	Gemiddelde	Standaard deviatie	Variantie	Minimum	Maximum
321	9,40	4,70	22,12	0	26,0

Voertuigintensiteit

Z6U_VOERT staat voor de voertuigintensiteit, uitgedrukt in voertuigen per dag (16-uurs daggemiddelde voertuigintensiteit).

Aantal	Gemiddelde	Standaard deviatie	Variantie	Minimum	Maximum
321	8185	5939	35271557	287	37031

Capaciteit van een wegvak

CAPACITEIT beschrijft een aangenomen capaciteit van een wegvak (het aantal voertuigen dat het wegvak per dag kan verwerken). Deze capaciteit hangt af van het aantal rijstroken en wordt als volgt aangenomen (overgenomen uit: AWV, 2002):

- 2 rijstroken: 12000 p.a.e. /dag
- 3 rijstroken: 18000 p.a.e. /dag
- 4 rijstroken: 30000 p.a.e. /dag
- 2X2 rijstroken: 36000 p.a.e. /dag

Het databestand bevat naast de hierboven vermelde waarden nog een aantal andere waarden. Een samenvatting wordt in de tabel hieronder gegeven. Er is niet gepoogd om de categorieën terug te brengen tot de 4 hierboven vermelde categorieën.

Waarde van <i>CAPACITEIT</i>	Aantal vermeldingen in basisbestand
6000	6
12000	293
15000	1
18000	2
24000	3
30000	5
36000	10
54000	1

We merken dat een overgrote meerderheid van de doortochten 2 rijstroken telt. Een beperkte groep telt 2X2 rijstroken. De overige wegindelingen komen slechts zeer zelden voor.

Intensiteit/capaciteit-verhouding

De intensiteit/capaciteit-verhouding, met als variabelenaam *I_C_VERHOU*, wordt gegeven door de verhouding van beide voorgaande variabelen: *Z6U_VOERT / CAPACITEIT*. De 3 variabelen zijn dus onderling niet onafhankelijk van mekaar. We merken nog op dat er ook waarden groter dan 100% voorkomen. Dit is omdat uitgegaan wordt van een aangenomen capaciteit. In de praktijk wijkt voor de afzonderlijke situaties de werkelijke capaciteit af van deze aangenomen capaciteit.

Aantal	Gemiddelde	Standaard deviatie	Variantie	Minimum	Maximum
321	62,14	39,80	1583,77	2,4	215,9

Ruimte voor gemotoriseerd verkeer

De variabele *RUIMTEBESL* geeft het gemiddelde ruimtebeslag ingenomen door motorvoertuigen ten opzichte van de totale gemiddelde breedte van het openbaar domein. Hieronder dient verstaan te worden de ruimte gelegen tussen de grenzen van het openbaar domein ingenomen door motorvoertuigen. Hieronder zijn begrepen de rijbanen en parkeerplaatsen. De ruimten voorbehouden voor openbaar vervoer, zoals tram- of busbanen, zijn hierin niet vervat.

Aantal	Gemiddelde	Standaard deviatie	Variantie	Minimum	Maximum
321	63,51	13,39	179,16	31	97

Aantal fietsers

Aantal_fietsers bevat het totale aantal fietsers en bromfietsers dat per dag gebruik maakt van de doortocht. Deze waarde is gebaseerd op tellingen gedurende een korte periode die geëxtrapoleerd wordt naar een ganse dag.

Aantal	Gemiddelde	Standaard deviatie	Variantie	Minimum	Maximum
271	602	792	627909	0	6295

V₈₅

V₈₅ is de snelheid die 85% van de voertuigen niet overschrijdt. Het is een maat voor de werkelijk gereden snelheid.

Aantal	Gemiddelde	Standaard deviatie	Variantie	Minimum	Maximum
321	69,85	11,18	124,88	35	96

Toegelaten snelheid

VT staat voor de toegelaten snelheid of de ingestelde snelheidslimiet in de doortocht.

Waarde van VT	Aantal vermeldingen in basisbestand
50	298
60	1
70	21
90	1

Zoals verwacht is de toegelaten snelheid meestal beperkt tot 50 km/h. Ook 70 km/h komt nog regelmatig voor. De overige snelheidslimieten zijn te verwaarlozen.

Structurele inplanting van de doortocht

L3 staat voor de structurele inplanting van de doortocht. De variabele kent de volgende waarden (figuur 2.2) :

- 12: centrale hoofddrager met gespreid oversteken (1 in fig. 2.2);
- 9: wegvak binnen ringstructuur met verkeersfunctie (2 in fig. 2.2);
- 6: randligging met gespreid oversteken (3 in fig. 2.2);
- 3: wegvak ontsloten door randweg (of ring) (4 in fig. 2.2).

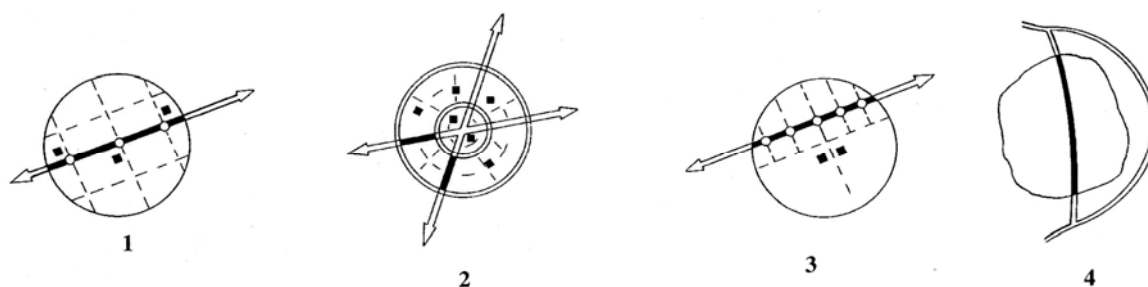


Fig. 2.2: De verschillende inplantingstypes van doortochten

Waarde van L3	Aantal vermeldingen in basisbestand
3	14
6	17
9	35
12	255

Het overgrote deel behoort tot de categorie van de 'klassieke' doortochten: een centrale hoofddrager door een woonkern.

Aantal leerlingen

De variabele *AANT_LEERL* staat voor het aantal leerlingen dat school loopt binnen een straal van 300 m van de doortocht.

Aantal	Gemiddelde	Standaard deviatie	Variantie	Minimum	Maximum
321	340	619	382845	0	4070

Aantal winkels

Het aantal winkels gegeven, gelegen langs de beschouwde doortocht, wordt gegeven door *AANT_WINKE*. Hierin zijn inbegrepen eethuizen, restaurants, dokterspraktijken, apotheken, advocatenbureaus en andere eenmanszaken.

Aantal	Gemiddelde	Standaard deviatie	Variantie	Minimum	Maximum
321	22,88	36,48	1330,74	0	368

Aantal grootwarenhuizen

Onder *AANT_WAREN* verstaan we het aantal grootwarenhuizen die langsheen de doortocht gevestigd zijn.

Aantal	Gemiddelde	Standaard deviatie	Variantie	Minimum	Maximum
321	0,48	1,18	1,39	0	8

Aantal gemeenschapsvoorzieningen

De variabele *AANT_GEM_V* geeft het aantal gemeenschapsvoorzieningen zoals kantoren, verzorgingsinstellingen en openbare diensten, gelegen langs de doortocht.

Aantal	Gemiddelde	Standaard deviatie	Variantie	Minimum	Maximum
321	4,06	6,19	38,28	0	40

Inwonerdichtheid

Onder *AVE_INW_KM* verstaan we de gemiddelde inwonerdichtheid van de woonkern waarin de doortocht gelegen is. Deze waarde is gebaseerd op de gegevens verbonden aan de statistische sectoren van het NIS (gegevens van 1991).

Aantal	Gemiddelde	Standaard deviatie	Variantie	Minimum	Maximum
321	2189	1801	3242145	17	12582

Inwoneraantal van de kern

In *SUM_BEVOLK* staat het totale inwoneraantal dat in de woonkern woont waarin de doortocht gelegen is. Ook deze waarde is gebaseerd op de gegevens verbonden aan de statistische sectoren van het NIS (gegevens van 1991).

Aantal	Gemiddelde	Standaard deviatie	Variantie	Minimum	Maximum
321	47388	173710	3,01753E10	109	1103943

2.3.3 *Correlaties*

Niet alle variabelen zijn onafhankelijk van mekaar. In tabel 2.2 worden de correlaties tussen de verschillende variabelen weergegeven. Uit deze tabel blijkt dat de verschillende variabelen onderling slechts beperkt gecorreleerd zijn. De correlatiecoëfficiënten groter dan 0,50 (overigens volledig arbitrair gekozen) zijn vet gemarkeerd. Er bestaan correlaties tussen het aantal kruispunten (met hoofdwegen) en de lengte van de

doortocht, tussen voertuigintensiteit en I/C-verhouding, tussen het aantal winkels en het aantal kruispunten en tussen inwonerdichtheid en bevolkingsaantal.

	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	(M)	(N)	(O)	(P)
Aantal_kruispunten (A)	0,67	0,84	-0,02	0,21	0,21	0,03	0,19	-0,03	0,06	0,30	0,63	0,33	0,43	0,22	0,08
Aantal_krpn_met_hoofdwegen (B)		0,57	0,12	0,13	0,13	0,08	0,20	-0,08	-0,03	0,33	0,60	0,32	0,15	0,17	0,03
LENGTE_M (C)			-0,02	0,20	0,18	0,04	0,11	0,09	0,15	0,34	0,57	0,32	0,43	0,17	0,05
PERC_ZWAAR (D)				0,19	0,20	0,01	0,20	0,06	-0,01	0,06	0,10	0,02	0,04	-0,01	0,00
Z6U_VOERT (E)					0,83	-0,08	0,54	-0,09	0,20	0,19	0,26	0,20	0,06	0,42	0,36
I_C_VERHOU (F)						-0,15	0,51	-0,16	0,10	0,17	0,28	0,09	0,11	0,28	0,22
RUIMTEBESL (G)							0,09	-0,05	-0,08	0,00	0,09	0,06	0,11	0,08	0,06
aantal fietsers (H)								-0,37	-0,06	0,27	0,35	0,07	0,13	0,32	0,13
V85 (I)									0,25	-0,22	-0,20	-0,06	-0,13	-0,13	-0,04
VT (J)										0,02	0,01	0,02	-0,03	0,07	0,04
AANT_LEERL (K)											0,47	0,14	0,30	0,05	-0,02
AANT_WINKE (L)												0,37	0,39	0,13	0,03
AANT_WAREN (M)													0,20	0,11	0,07
AANT_GEM_V (N)														0,11	-0,02
AVE_INW_KM (O)															0,69
SUM_BEVOLK (P)															

Tabel 2.2: Correlaties tussen de verschillende variabelen

3. METHODIEK

In dit hoofdstuk wordt in het kort de methodiek uiteengezet die gehanteerd wordt bij het berekenen van de verschillende modellen in hierna volgende hoofdstukken.

3.1 Specificaties van de modellering

In de volgende hoofdstukken geven we enkele modellen om het aantal ongevallen per doortocht te voorspellen. Om deze modellen op te stellen zijn een aantal veronderstellingen gemaakt.

3.1.1 Keuze verdeling aantal ongevallen

We hebben aangenomen dat de ongevallen een Poissonverdeling of een Negatief Binomiaalverdeling (NB) hadden. Zowel in theorie als in praktijk blijkt één van beide vaak een goede benadering te zijn (Abbess et al., 1981; Hauer & Persaud, 1987; Hauer, 1997; Greibe, 2003). In de praktijk bleek voor deze data de NB-verdeling de betere keuze. Uit figuur 2.1 leren we dat zowel de Poisson- als de NB-verdeling zeker beter bij de data aansluiten dan een Normaalverdeling.

3.1.2 Keuze modelvorm

De vorm van de functie waarmee het aantal ongevallen gerelateerd wordt aan de onafhankelijk variabelen is zeker even belangrijk als de exacte waarde van de parameters (Hauer 1997).

Stel dat d = lengte van de beschouwde wegsectie

I = verkeersintensiteit

λ = verwacht aantal ongevallen

Een klassieke vorm voor een ongevallen model is dan (Hauer 1997).

$$\text{Model 1:} \quad \lambda = c * d^a * I^b$$

Idealiter kan men veronderstellen dat de macht bij de lengte van de doortocht gelijk is aan 1. In vele modellen wordt de macht bij de lengte van de doortocht (d) dan ook gelijk verondersteld aan 1. In dit rapport gebeurt dit niet. De macht bij d wordt net zoals de andere parameters b en c berekend door het statistische pakket dat gebruikt wordt (SAS). Wanneer de berekende parameter bij de lengte van de doortocht sterk afwijkt van 1 kan dit wijzen op een correlatie met niet opgenomen kenmerken die toch een sterke invloed hebben op het aantal ongevallen.

Uitbreiding van dit model met een extra variabele kan in principe op twee manieren. De variabele kan als grondtal of als macht in het model worden opgenomen:

$$\text{Model 2a:} \quad \lambda = c * d^a * I^b * X^g$$

of

$$\text{Model 3a:} \quad \lambda = c * d^a * I^b * g^X$$

De macht g is nu ook een parameter die berekend wordt door een statistisch pakket. Bij de berekening door het statistisch pakket wordt de natuurlijke logaritme genomen vóór het berekenen van de waardes van de parameters. Hierdoor verkrijgt men een lineaire vergelijking:

$$\text{Model 2b:} \quad \ln(\lambda) = \ln(c) + a * \ln(d) + b * \ln(I) + g * \ln(X)$$

Model 3b:
$$\ln(\lambda) = \ln(c) + a * \ln(d) + b * \ln(I) + X * \ln(g)$$

Dit heeft een praktische consequentie. Variabelen die de waarde 0 kunnen aannemen, kunnen niet berekend worden met model 2. Want in model 2b wordt dan de logaritme genomen van 0, en dat is geen reëel getal. Dit weerspiegelt zich ook in de modellen die we in de literatuur vinden (Zegeer et al., 1987; Greibe, 2003). In principe doet dit probleem zich ook voor bij de voertuigintensiteit (strikt gezien kan die 0 zijn, bv. winkelwandelstraten), in praktijk komt die situatie nooit voor bij de wegen waarvoor men analyses uitvoert. In de praktijk komen beide vormen samen voor in de modellen, afhankelijk van de variabele.

In Van Hout et al. (2005) werden naast de hierboven gehanteerde, eenvoudige, vorm van de intensiteitsfunctie ook nog een aantal andere gebruikt. Een eerste alternatief bestaat erin de voertuigintensiteit in te delen in een aantal verschillende intensiteitsklassen. De klassen kunnen zodanig worden gekozen dat elke klasse ongeveer evenveel waarnemingen bevat. De intensiteitsklasse wordt in het model behandeld als de overige klassenvariabelen (modellen 3).

Uit de resultaten bleek dat deze modellen een resultaat vertoonden dat behoorlijk afweek van de resultaten bekomen met de eerder vermelde modellen. Om het model evenwel gemakkelijker hanteerbaar te maken werd de voertuigintensiteit opgedeeld in 2 klassen (lage voertuigintensiteiten I_1 en hoge voertuigintensiteiten I_2) en werd de rol van de intensiteit beschreven als een samenstelling van 2 afzonderlijke logaritmische curven. Dit model sloot veel dichter aan bij het model met de intensiteitsklassen in vergelijking tot het enkelvoudige model.

Model 4:
$$\lambda = d * a_i * I_1^{b_1} * I_2^{b_2}$$

De grenswaarde voor de intensiteiten werd bepaald aan de hand van het model met de kleinste deviance (bij hetzelfde aantal vrijheidsgraden). De verschillende modellen werden per categorie onderling vergeleken aan de hand van de informatiecriteria AIC (Akaike Information Criterion), CAIC (Consistent Akaike Information Criterion) en BIC (Bayes Information Criterion) (voor meer uitleg zie paragraaf 3.2).

Uiteraard zijn nog ontelbare andere functies mogelijk die de invloed beschrijven van intensiteit op het aantal ongevallen. Gedacht kan worden aan een functie van de vorm:

Model 5:
$$\lambda = c * d^a * I^b * e^I$$

In dit rapport worden modellen opgesteld met de verschillende intensiteitsfuncties. Het model dat het beste aansluit bij de data wordt verkozen.

3.1.3 *Gevolgde werkwijze*

De modellen zijn gemaakt in SAS met de procedure GENMOD. Deze laat geen stepwise regressie toe. De variabelen zijn daarom handmatig geselecteerd. Vertrekkende van een model met enkel voertuigintensiteit zijn de variabelen één voor één toegevoegd en/of weer uit het model genomen om tot de uiteindelijke modellen te komen. Dit gebeurde voor alle ongevaltypen afzonderlijk.

3.1.4 *Gebruikte variabelen*

In de literatuur wordt een groot aantal verschillende kenmerken gebruikt als verklarende variabelen. Deze variabelen zijn zelden dezelfde tussen de verschillende modellen, maar steeds terugkomende variabelen zijn de weglengte van een bepaald vak (d) en de voertuigintensiteit (I). De onderliggende reden voor deze verschillen is echter eenvoudig:

elke onderzoeker heeft gebruikt wat voor hem/haar beschikbaar was. Wij doen hier hetzelfde.

In dit rapport maken we steeds modellen met enkel de voertuigintensiteit, met voertuigintensiteit en lengte van de doortocht en tenslotte met alle significante variabelen. Dit gebeurt voor de algemene modellen en de modellen die zich meer specifiek richten op een bepaald ongeval- of wegtype.

3.1.5 Specifieke modellen

Modellen kunnen preciezer zijn wanneer ze opgesplitst worden naar ongevalstype (Jonsson, 2005). Een opsplitsing kan naar betrokken weggebruikers (voetgangers, fietsers, autobestuurders, motorrijders, ...), naar ongevalstype (frontaal, kop-staart, zijdelings, ...) en naar ernst (ongevallen met doden, zwaargewonden of lichtgewonden). Binnen dit onderzoek worden verschillende modellen opgebouwd met ongevallen opgesplitst naar weggebruiker en naar ernst.

Modellen zijn eveneens preciezer indien er aparte modellen gemaakt worden voor wegvakken en voor kruispunten (zie bv. Greibe, 2003). Het uitgangspunt voor de berekening van de modellen in dit rapport is de doortocht als geheel, zonder onderscheid te maken of er wel of geen kruispunten in deze doortocht liggen. Ongevalsegevens en weg- en omgevingskenmerken worden gekoppeld aan deze doortochten. Het aantal kruispunten is een van deze variabelen. Op basis van dit bestand worden de modellen bepaald.

De modellen behandeld in dit rapport gaan uit van zowel alle ongevallen als van meer specifiek omschreven ongevallen (o.a. ongevallen op wegvakken of juist op een kruispunt). Deze opsplitsing gebeurde op basis van gegevens in de NIS-ongevallendatabank.

Voor de kruispunten zelf hebben we geen aparte modellen gemaakt, omdat we daarvoor niet de wezenlijke informatie hebben. We beschikken namelijk enkel over de voertuigintensiteit van gewestwegen en niet over de voertuigintensiteit van de gemeentewegen. Maar veel kruispunten in doortochten worden gevormd door een gemeentelijke weg die op een gewestweg uitkomt. Om specifieke kruispuntmodellen te maken zijn voertuigintensiteiten nodig van de hoofdweg en de zijweg(en) (Hauer, 1997; Greibe, 2003).

In dit rapport hebben we eveneens getracht verschillende modellen te bouwen voor de verschillende wegtypen binnen de categorie van de doortochten. De meeste wegtypen hebben evenwel te weinig waarnemingen om dit grondig te kunnen doen. De modellen zijn dan ook beperkt tot die wegtypes waarvoor voldoende doortochten in het basisbestand zijn opgenomen.

3.2 Informatiecriteria

Per categorie worden verschillende modellen opgebouwd. Deze worden onderling vergeleken aan de hand van de informatiecriteria AIC (Akaike Information Criterion), CAIC (Consistent Akaike Information Criterion) en BIC (Bayes Information Criterion). Deze drie criteria maken gebruik van de likelihood (L_k) van het model (dit is een waarde die aangeeft hoe goed het model de werkelijkheid benadert) en het aantal parameterschattingen (d_k) nodig voor het model (Scheltjens, 2005). BIC en CAIC maken daarnaast ook nog gebruik van het aantal opgenomen observaties in het model (n). De informatiecriteria worden volgens onderstaande formules berekend:

$$AIC = -2L_k + 2d_k$$

$$BIC = -2L_k + \ln(n) * d_k$$

$$CAIC = -2L_k + [\ln(n) + 1] * d_k.$$

3.3 Toepassingsmogelijkheden

De modellen uit dit rapport werden alle opgebouwd op basis van cross-sectionele empirische data. Deze data zijn geschikt voor modellen die de variatie in het aantal ongevallen verklaren voor bestaande wegsegmenten. Ze geven echter geen causaal verband tussen de onafhankelijke variabelen en het aantal ongevallen.

De modellen zijn daarom niet echt geschikt om veranderingen in het aantal ongevallen te voorspellen ten gevolge van de herinrichting van straten die wijzigingen met zich meebrengen in de gebruikte variabelen (Jonsson, 2005). Dan kan beter een schatting gemaakt worden van het verwachte aantal ongevallen zonder de maatregelen en vervolgens gebruik te maken van de kennis over het effect van de maatregelen (bvb. op basis van een voor-na studie) om de verandering in het aantal ongevallen te voorspellen.

Een schatting van het verwachte aantal ongevallen op doortochten kan wel aan de hand van de afgeleide modellen. Afhankelijk van de beschikbare gegevens kunnen de eenvoudige dan wel de meer uitgebreide modellen gehanteerd worden. Het geschatte aantal ongevallen kan ook afgezet worden tegen het werkelijk aantal ongevallen (Janson et al., 1998). Op deze manier kunnen gevaarlijke doortochten gedetecteerd worden. Deze laatste toepassing wordt verder uitgewerkt in hoofdstuk 7.

4. MODELLEN VOOR ALLE ONGEVALLEN

In dit hoofdstuk beperken we ons tot de modellen voor het globale aantal letselongevallen in doortochten. Er worden verschillende modellen opgebouwd. In eerste instantie worden een aantal eenvoudige modellen gebouwd waarbij enkel voertuigintensiteit en de lengte van de doortocht als verklarende variabele worden gehanteerd. Hier wordt tevens nagegaan welke vorm de intensiteitsfunctie bij voorkeur aanneemt om zo goed mogelijk de meetdata weer te geven. Vervolgens wordt een model opgebouwd dat rekening houdt met alle significante variabelen. In bijlage worden voor de volledigheid nog een aantal modellen gegeven die enkel voertuigintensiteit als verklarende variabele bevatten. Deze scores, zoals te verwachten viel, veel minder goed dan de overige modellen.

Alle modellen geven het aantal ongevallen gedurende een periode van 6 jaar (1996-2001). Om het jaarlijks gemiddeld aantal ongevallen te kennen moet uiteraard gedeeld worden door 6. Dit geldt voor alle modellen die in dit rapport behandeld worden.

In figuur 4.1 wordt, ter vergelijking, het aantal ongevallen per 1000 m uitgezet tegenover de voertuigintensiteit geregistreerd op de doortocht (meetdata). We zien dat bij hogere intensiteiten de meetwaarden ver kunnen uitwaaieren.

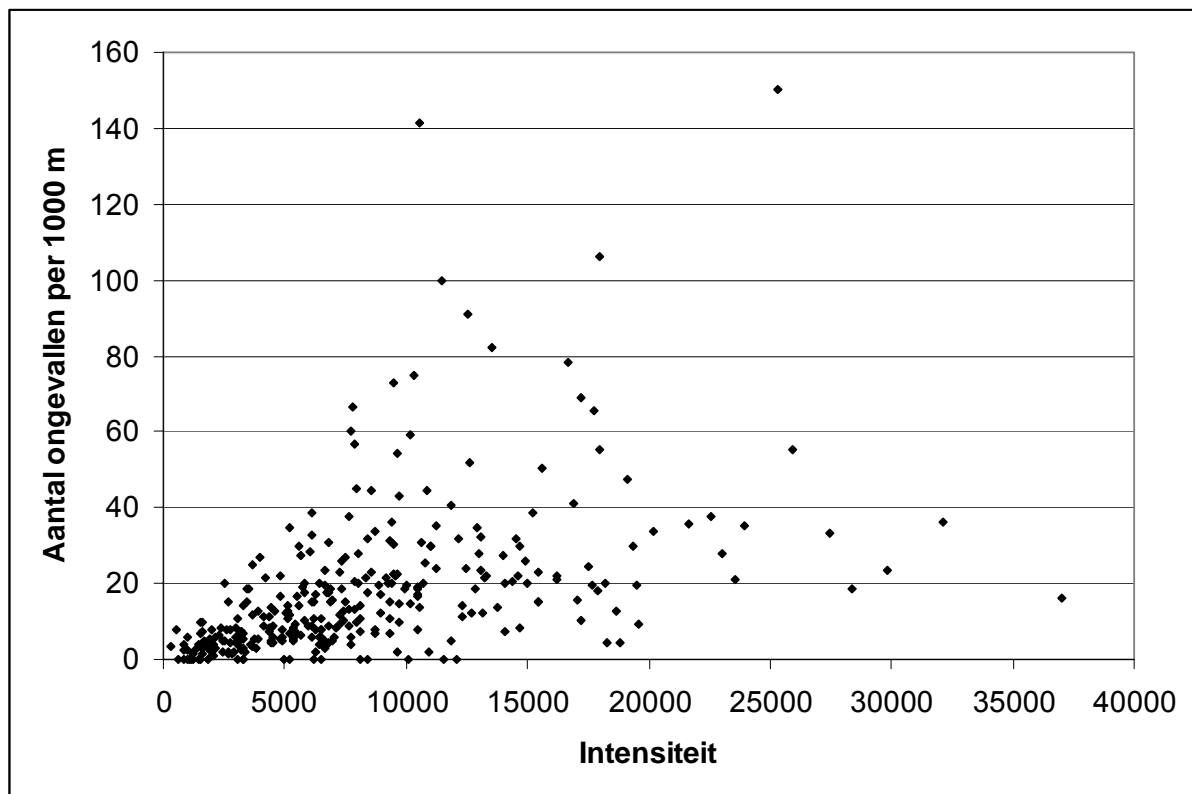


Fig. 4.1: Aantal ongevallen per 1000 m (over 6 jaar) tegenover voertuigintensiteit (meetgegevens)

4.1 Voertuigintensiteit en lengte doortocht

Hoe langer een doortocht is, hoe meer ongevallen er kunnen verwacht worden. Er zijn immers meer locaties waar conflicten kunnen optreden. Naast de voertuigintensiteit is het dan ook aangewezen om ook de lengte van de doortocht op te nemen als verklarende variabele.

4.1.1 De modellen

Een grafische voorstelling van de modelresultaten vindt u in figuur 4.2 (volgende pagina). In deze sectie worden de wiskundige formuleringen voor de 5 verschillende modellen opgesomd (I staat voor de dagintensiteit, L staat voor de lengte van de doortocht):

$$\text{➤ Aantal ongevallen} = 2,82 * 10^{-6} * I^{0,9317} * L^{1,0553} \quad (4.1a)$$

$$\text{➤ Aantal ongevallen} = 7,61 * 10^{-7} * I_1^{1,1018} * I_2^{0,4966} * L^{1,0374} * C_1 \quad (4.1b)$$

Hierbij is:

$$\begin{aligned} I_1 &= I && \text{als } I \leq 12.000 \text{ voertuigen per dag} \\ &= 0 && \text{als } I > 12.000 \text{ voertuigen per dag} \\ I_2 &= 0 && \text{als } I \leq 12.000 \text{ voertuigen per dag} \\ &= I && \text{als } I > 12.000 \text{ voertuigen per dag} \\ C_1 &= 251,6 && \text{als } I \leq 12.000 \text{ voertuigen per dag} \\ &= 1 && \text{als } I > 12.000 \text{ voertuigen per dag} \end{aligned}$$

$$\text{➤ Aantal ongevallen} = 2,56 * 10^{-2} * C_1 * L^{1,0527} \quad (4.1c)$$

Hierbij is:

C_1	I	C_1	I
0,088	$I \leq 2.000$	0,517	$6.800 < I \leq 8.000$
0,155	$2.000 < I \leq 3.250$	0,593	$8.000 < I \leq 9.700$
0,243	$3.250 < I \leq 4.500$	0,817	$9.700 < I \leq 12.300$
0,301	$4.500 < I \leq 5.700$	0,729	$12.300 < I \leq 16.200$
0,370	$5.700 < I \leq 6.800$	1	$I > 16.200$

C_1 in functie van I [voertuigen per dag]

$$\text{➤ Aantal ongevallen} = 2,61 * 10^{-3} * e^{0,1 * I / 1000} * L^{1,1393} \quad (4.1d)$$

$$\text{➤ Aantal ongevallen} = 3,32 * 10^{-7} * I^{1,2238} * e^{-0,0383 * I / 1000} * L^{1,0383} \quad (4.1e)$$

4.1.2 Vergelijking

Voor elk van de 5 modellen worden wederom de AIC, BIC en CAIC berekend op basis van de loglikelihood L_k , het aantal vrijheidsgraden d_k en het aantal observaties n , evenals de correlatie tussen het werkelijk aantal ongevallen en het berekend aantal ongevallen. De resultaten worden weergegeven in tabel 4.1.

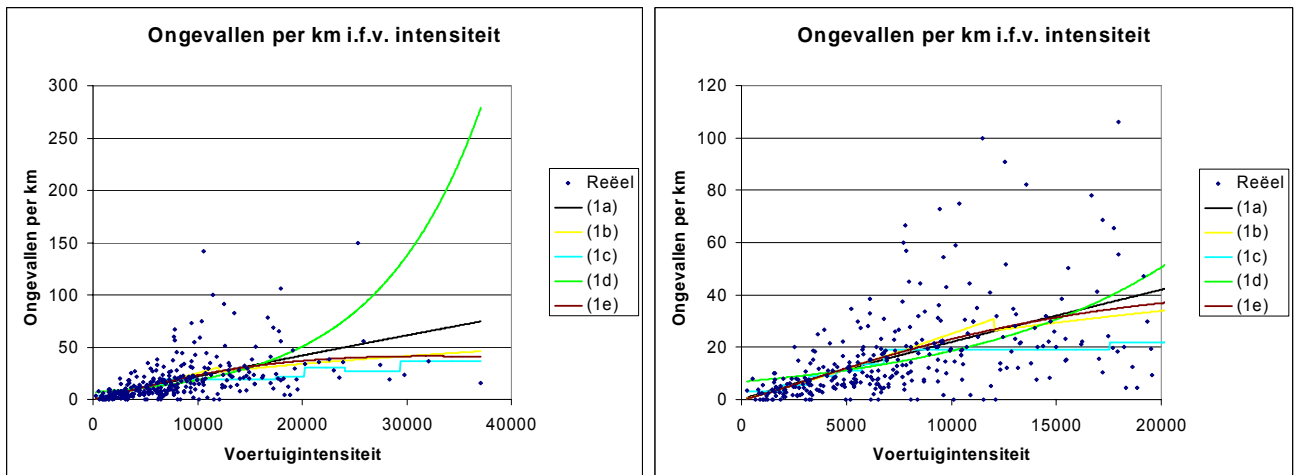
Uit de resultaten blijkt dat het eenvoudige logaritmische model (1a) de beste fit geeft met de data. De fit is vergelijkbaar met deze van modellen (1b) en (1e). De correlatie tussen het werkelijk aantal ongevallen en het aantal ongevallen berekend volgens de

verschillende modellen is het grootst voor model (1c). Het verschil met modellen (1b) en (1e) is verwaarloosbaar.

Model	N	d_k	L_k	AIC	BIC	CAIC	Correlatie
(1a)	321	4	18334,2035	-36660,4	-36645,3	-36641,3	0,65
(1b)		6	18338,4272	-36664,9	-36642,2	-36636,2	0,71
(1c)		12	18338,8707	-36653,7	-36608,5	-36596,5	0,72
(1d)		4	18306,4103	-36604,8	-36589,7	-36585,7	0,46
(1e)		5	18336,4544	-36662,9	-36644,1	-36639,1	0,70

Tabel 4.1: Vergelijking modellen op basis van AIC, BIC, CAIC en correlatie

In figuur 4.2 wordt het aantal verwachte ongevallen, berekend volgens de 5 modellen (1a) t.e.m. (1e) waarbij de lengte genormaliseerd werd op 1 km, uitgezet samen met het werkelijk aantal ongevallen (over 6 jaar) per km doortocht. Hiervoor werd verondersteld dat de ongevallen gelijk verdeeld zijn over de doortocht zodat het werkelijke aantal ongevallen gewoon gedeeld kan worden door de doortochtlengte (in km).



Figuur 4.2: Vergelijking modelresultaten met meetresultaten (figuur rechts is uitsnede van figuur links)

Op basis van figuur 4.2 is het duidelijk dat de modellen ook nu vrij goed samenvallen voor voertuigintensiteiten kleiner dan ongeveer 16.000 voertuigen per dag (behalve dan het model (1c) dat reeds vanaf 11.000 voertuigen per dag enigszins begint af te wijken van de overige). Boven deze grens begint model (1d) te divergeren van de overige en reikt zeer snel tot onrealistisch hoge waarden voor het aantal ongevallen (per km).

4.1.3 Besluit

Het verschil tussen modellen (1a), (1b) en (1e) is beperkt (AIC, BIC, CAIC en correlatiefactor zijn vergelijkbaar, wat ook duidelijk wordt in de grafieken van figuur 4.2). Het model (1b) is evenwel iets moeilijker door de voorwaarde die is opgenomen in het model. Bovendien is de curve discontinu bij de grenswaarde. De verschillen tussen beide andere zijn verwaarloosbaar. Op basis van de 3 vergelijkingscriteria AIC, BIC en CAIC wordt gekozen voor model (1a), welk ook het meest eenvoudige model is. Voor de verdere bespreking in het rapport gaan we uit van model (1a) tenzij anders vermeld.

4.2 Modellen met alle significante variabelen

Naast de voertuigintensiteit en de lengte van de doortocht zijn er nog andere significante variabelen. De modellen die het beste aansluiten bij de data worden hieronder weergegeven. Ook andere combinaties zijn mogelijk. Deze leveren echter (iets) minder goede resultaten op, hoewel ook zij significante resultaten opleveren.

4.2.1 De modellen

➤ Aantal ongevallen =
$$2,31 * 10^{-5} * I^{0,74} * L^{0,7873} * e^{(0,0256 * KRP + 0,0175 * GEM)} * INW^{0,1258} \quad (4.2a)$$

➤ Aantal ongevallen =
$$6,20 * 10^{-6} * I^{0,9295} * L^{0,7755} * e^{(0,0262 * KRP - 0,0039 * IC + 0,0181 * GEM)} * INW^{0,1221} \quad (4.2b)$$

In deze modellen staat I voor de voertuigintensiteit [voertuigen per dag], L voor de lengte van de doortocht [m]. KRP geeft het aantal kruispunten weer binnen de doortocht, INW staat voor het totale aantal inwoners in de kern. GEM geeft voor het aantal gemeenschappelijke voorzieningen. IC staat voor de I/C-verhouding. De coëfficiënten bij deze variabelen zijn allemaal minstens op het 5%-niveau significant verschillend van 0 of 1 (als in de macht).

4.2.2 Vergelijking

Voor beide modellen worden de AIC, BIC en CAIC berekend op basis van de loglikelihood L_k , het aantal vrijheidsgraden d_k en het aantal observaties n, evenals de correlatie tussen het werkelijk aantal ongevallen en het berekend aantal ongevallen. De resultaten worden weergegeven in tabel 4.2.

Model	N	d_k	L_k	AIC	BIC	CAIC	Correlatie
(2a)	321	7	18357,6887	-36701,4	-36675,0	-36668,0	0,69
(2b)		8	18360,0413	-36704,1	-36673,9	-36665,9	0,67

Tabel 4.2: Vergelijking modellen op basis van AIC, BIC, CAIC en correlatie

Beide modellen hebben een vergelijkbare fit met de data. De correlatie tussen het werkelijk aantal ongevallen en het aantal ongevallen berekend volgens beide modellen is iets groter voor model (2a) dan voor (2b). Merk nog op dat beide modellen eigenlijk enkel verschillen in de vorm van de gehanteerde intensiteitsfunctie. IC is immers sterk gecorreleerd met de voertuigintensiteit I. Het b-model komt dan overeen met model 1e uit paragraaf 4.1. Het a-model is te vergelijken met model 1a uit dezelfde paragraaf. Model 2a is net iets eenvoudiger dan 2b terwijl de prestaties vergelijkbaar zijn. Model 2a wordt daarom voor de verdere bespreking het referentiemodel.

4.3 Bespreking

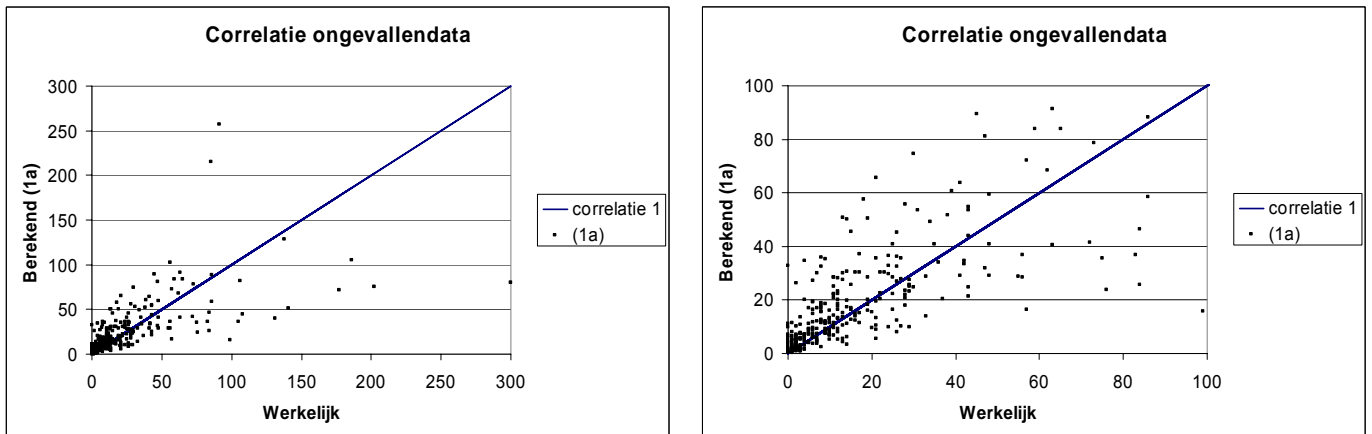
4.3.1 Modelprestaties

In tabel 4.3 wordt een overzicht gegeven van de modelresultaten van de weerhouden modellen uit de voorgaande paragrafen.

Model	N	d_k	L_k	AIC	BIC	CAIC	Correlatie
(1a)	321	4	18334,2035	-36660,4	-36645,3	-36641,3	0,65
(2a)	321	7	18357,6887	-36701,4	-36675,0	-36668,0	0,69

Tabel 4.3: Overzicht modelresultaten, alle doortochten, alle ongevallen

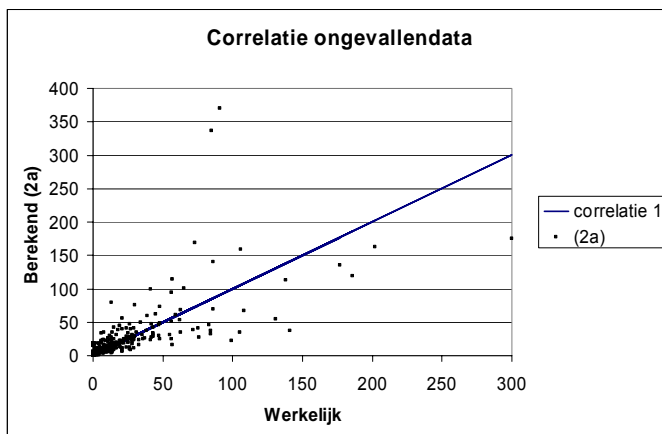
In figuur 4.3 wordt de correlatie tussen het werkelijk aantal ongevallen en het berekend aantal ongevallen (volgens (1a)) weergegeven.



Figuur 4.3: Vergelijking modelresultaten met meetresultaten (figuur rechts is uitsnede van figuur links)

We merken een vrij symmetrisch beeld. Er is geen systematische over- of onderschatting van het aantal ongevallen zichtbaar.

Tenslotte wordt ook de correlatie tussen het werkelijk aantal ongevallen en het aantal ongevallen berekend volgens het model (2a) weergegeven (figuur 4.4)



Figuur 4.4: Vergelijking modelresultaten met meetresultaten volgens model 2a

Ook voor dit model merken we een vrij symmetrische verdeling van de resultaten. De correlatiecoëfficiënt is vergelijkbaar met deze van model 1a. De informatiecriteria AIC, BIC en CAIC geven een iets betere aansluiting met de data, maar de verschillen zijn beperkt.

In bijlage worden ook modelresultaten gegeven voor modellen die enkel de voertuigintensiteit hanteren als verklarende variabele. Hieruit blijkt dat de kwaliteit van de modellen wel sterk toeneemt wanneer naast de voertuigintensiteit ook de lengte van de doortocht wordt ingevoegd als verklarende variabele. De winst die men maakt door nog extra variabelen toe te voegen is eerder beperkt. Het mag duidelijk zijn dat voertuigintensiteit en lengte van de doortocht met voorsprong de beste verklarende variabelen zijn voor het voorspellen van het aantal ongevallen in een doortocht. Niettemin zijn er een aantal variabelen die een bijkomende significante impact hebben. Modellen die enkel de voertuigintensiteit hanteren als verklarende variabele zijn niet geschikt om het aantal ongevallen in een doortocht te voorspellen.

4.3.2 Gebruikte parameters

De meest significante modellen die in dit hoofdstuk werden opgebouwd, worden hier kort herhaald:

$$\text{➤ Aantal ongevallen} = 2,82 * 10^{-6} * I^{0,9317} * L^{1,0553} \quad (4.1a)$$

$$\text{➤ Aantal ongevallen} = 2,31 * 10^{-5} * I^{0,74} * L^{0,7873} * e^{(0,0256 * KRP + 0,0175 * GEM)} * INW^{0,1258} \quad (4.2a)$$

Van de beschikbare parameters blijken voertuigintensiteit, lengte van de doortocht, het aantal kruispunten, het aantal gemeenschappelijke voorzieningen en het aantal inwoners van de woonkern rond de doortocht de meest significante.

In Van Hout et al. (2005) worden reeds verschillende modellen weergegeven. Montella (2004) gaf voor landelijke wegen in Italië het volgende verband:

$$\text{Aantal ongevallen} = 1,68 * 10^{-4} * I^{0,9722} * L^{0,9648}$$

Ondanks het verschillende wegtype is er een opmerkelijke gelijkenis met model 1a.

Greibe (2003) vond eveneens een groter aantal ongevallen op stedelijke wegvakken naarmate er meer zijwegen op toekomen (en er dus meer kruispunten zijn). Hij groepeerde evenwel het aantal zijwegen in een aantal klassen zodat een directe vergelijking niet eenvoudig is. Ook het aantal uitritten per km is opgenomen als verklarende variabele.

Millot en Brenac (2001) noemen, naast voertuigintensiteit en lengte van de doortocht, onder andere de dichtheid van het aantal winkels en zaken per km als significante verklarende variabele. In modellen 2a en 2b is het aantal gemeenschapsvoorzieningen zoals kantoren, verzorgingsinstellingen en openbare diensten opgenomen als verklarende variabele. Het aantal winkels bleek niet significant wanneer de overige variabelen opgenomen werden in het model.

Ook Jonsson (2005) vindt een significant effect van de aanwezige functies op de verkeersveiligheid.

4.4 Besluit

We kunnen besluiten dat een model dat enkel voertuigintensiteit hanteert als verklarende variabele tekort schiet als verklarend model. Door ook de lengte van de doortocht als verklarende variabele toe te voegen stijgt de kwaliteit van het model sterk. Het aantal ongevallen varieert daarbij quasi lineair met de lengte van de doortocht.

Door daarnaast nog extra verklarende variabelen toe te voegen, stijgt de voorspellende waarde slechts in beperkte mate. We merken dat, naast de voertuigintensiteit en de lengte van de doortocht, vooral het aantal kruispunten op de doortocht, het aantal gemeenschapsvoorzieningen en het inwoneraantal het aantal ongevallen bepalen.

5. MODELLEN VOOR VERSCHILLENDE ONGEVALTYPEN

In het vorige hoofdstuk werden modellen afgeleid die het globale aantal ongevallen weergeven in functie van een aantal verklarende variabelen. In dit hoofdstuk geven we modellen voor meer specifieke ongevaltypen. Meer bepaald delen we de ongevallen in naargelang de betrokken weggebruikers. We maken hierbij onderscheid naar ongevallen waarbij auto's betrokken zijn, ongevallen met fietsers, bromfietsers (of beide), met voetgangers en met zwaar verkeer.

Een tweede groep maakt onderscheid naar de letselernst. We maken onderscheid tussen ongevallen met doden of zwaargewonden en ongevallen met enkel lichtgewonden. Een derde groep tenslotte maakt onderscheid naar de ongevalslocatie: gebeurde het ongeval op een kruispunt of op een wegvak.

De ongevalsgegevens zijn alle afgeleid op basis van de gegevens aanwezig in de ongevallendatabank van het NIS. In dit hoofdstuk worden per ongevalstype enkel de modellen weergegeven die het beste resultaat weergegeven. We maken weer onderscheid tussen eenvoudige modellen met enkel voertuigintensiteit en lengte van de doortocht als verklarende variabelen en modellen met meer verklarende variabelen. Voor ongevallen met fietsers en bromfietsers worden ook modellen bepaald die, naast voertuigintensiteit en lengte van de doortocht, ook de (brom)fietsintensiteit als verklarende variabele hanteren. We hebben geen gegevens over de fietsintensiteit en bromfietsintensiteit afzonderlijk. Er zijn evenmin data beschikbaar over voetgangersintensiteiten.

We merken nogmaals op dat de modellen afgeleid zijn voor een periode van 6 jaar. Om het jaarlijks aantal ongevallen te kennen moeten de modelresultaten daarom gedeeld worden door 6.

5.1 De modellen

In deze paragraaf geven we de modellen weer die bepaald werden voor verschillende ongevaltypen. Enkel de resultaten worden weergegeven. We zijn voor de modellen vertrokken van modelvorm 4.1a die de beste resultaten geeft voor het globale aantal ongevallen. Mogelijk geven voor de specifieke ongevaltypes andere intensiteitsfuncties betere resultaten. Verder onderzoek kan hierover uitsluitsel brengen.

De modellen leren ons dat de verschillende ongevalstypen vaak heel anders reageren op de opgenomen parameters. Zo zijn er belangrijke verschillen tussen ongevallen met gemotoriseerd verkeer enerzijds en met zachte weggebruikers anderzijds. Ook blijken ernstige ongevallen veel minder afhankelijk te zijn van de voertuigintensiteit dan de lichtere. De modelresultaten voor de ongevallen in het algemeen kunnen dus zeker niet zomaar verdeeld worden over de verschillende weggebruikers. Wanneer uitspraken gedaan worden over specifieke weggebruikers, dienen ook specifieke modellen gehanteerd te worden.

5.1.1 Modellen met voertuigintensiteit en lengte

$$\text{Aantal ongevallen} = 2,82 * 10^{-6} * I^{0,9317} * L^{1,0553} \quad (5.1a)$$

$$\text{Aantal ongevallen met auto's} = 2,26 * 10^{-6} * I^{0,9380} * L^{1,0572} \quad (5.1b)$$

$$\text{Aantal ongevallen met fietsers} = 8,30 * 10^{-7} * I^{0,8944} * L^{1,0459} \quad (5.1c)$$

$$\text{Aantal ongevallen met bromfietsers} = 7,42 * 10^{-9} * I^{1,3018} * L^{1,2068} \quad (5.1d)$$

$$\text{Aantal ongevallen met (brom)fietsers} = 1,63 * 10^{-7} * I^{1,0904} * L^{1,1273} \quad (5.1e)$$

$$\text{Aantal ongevallen met voetgangers} = 1,71 * 10^{-7} * I^{0,8938} * L^{1,1524} \quad (5.1f)$$

$$\text{Aantal ongevallen met zwaar verkeer} = 1,13 * 10^{-6} * I^{0,9044} * L^{0,9284} \quad (5.1g)$$

$$\text{Aantal ongevallen met doden of zwaargewonden} = 4,37 * 10^{-6} * I^{0,6801} * L^{1,0679} \quad (5.1h)$$

$$\text{Aantal ongevallen met uitsluitend lichtgewonden} = 1,54 * 10^{-6} * I^{0,9794} * L^{1,0521} \quad (5.1i)$$

$$\text{Aantal ongevallen op een wegvak} = 1,83 * 10^{-6} * I^{0,8739} * L^{1,0972} \quad (5.1j)$$

$$\text{Aantal ongevallen op een kruispunt} = 9,07 * 10^{-7} * I^{1,0019} * L^{1,0229} \quad (5.1k)$$

5.1.2 Modellen met voertuig-, fietsintensiteit en lengte

$$\text{Aantal ongevallen met fietsers} = 3,99 * 10^{-7} * I^{0,8452} * F^{0,3123} * L^{0,9537} \quad (5.2c)$$

$$\text{Aantal ongevallen met bromfietsers} = 8,23 * 10^{-8} * I^{1,0290} * F^{0,3324} * L^{1,0221} \quad (5.2d)$$

5.1.3 Modellen met alle significante parameters

Aantal ongevallen =

$$2,31 * 10^{-5} * I^{0,74} * L^{0,7873} * e^{(0,0256 * KRP + 0,0175 * GEM)} * INW^{0,1258} \quad (5.3a)$$

Aantal ongevallen =

$$6,20 * 10^{-6} * I^{0,9295} * L^{0,7755} * e^{(0,0262 * KRP - 0,0039 * IC + 0,0181 * GEM)} * INW^{0,1221} \quad (5.3a')$$

Aantal ongevallen met auto's =

$$1,68 * 10^{-5} * I^{0,7574} * L^{0,8005} * e^{(0,0243 * KRP + 0,0167 * GEM)} * INW^{0,1187} \quad (5.3b)$$

Aantal ongevallen met auto's =

$$4,86 * 10^{-6} * I^{0,9355} * L^{0,7898} * e^{(0,0249 * KRP - 0,0036 * IC + 0,0173 * GEM)} * INW^{0,1154} \quad (5.3b')$$

Aantal ongevallen met fietsers =

$$8,57 * 10^{-7} * I^{0,9673} * F^{0,1854} * L^{0,5171} * e^{(0,0327 * KRP - 0,0074 * IC + 0,0173 * GEM)} * INW^{0,2262} \quad (5.3c)$$

Aantal ongevallen met bromfietsers =

$$2,53 * 10^{-8} * I^{1,346} * F^{0,1626} * L^{0,4457} * e^{(0,0566 * KRP - 0,0091 * IC + 0,0212 * GEM)} * INW^{0,2917} \quad (5.3d)$$

Aantal ongevallen met (brom)fietsers =

$$3,40 * 10^{-7} * I^{1,1282} * F^{0,1736} * L^{0,4838} * e^{(0,0466 * KRP - 0,008 * IC + 0,0195 * GEM)} * INW^{0,2626} \quad (5.3e)$$

Aantal ongevallen met voetgangers =

$$6,56 * 10^{-7} * I^{0,9649} * L^{1,0266} * e^{(-0,0087 * IC + 0,0313 * GEM)} * V85^{-1,2169} * INWD^{0,5748} \quad (5.3f)$$

Aantal ongevallen met zwaar verkeer =

$$9,70 * 10^{-9} * I^{1,226} * L^{0,8883} * e^{-0,0061 * IC} * RUI^{0,6245} \quad (5.3g)$$

Aantal ongevallen met zwaar verkeer =

$$2,03 * 10^{-10} * I^{1,7048} * L^{0,8582} * e^{(-0,0539 * I / 1000 - 0,0056 * IC)} * RUI^{0,6851} \quad (5.3g')$$

Aantal ongevallen met doden of zwaargewonden =

$$5,60 * 10^{-9} * I^{1,2622} * L^{1,0274} * e^{-0,0678 * I / 1000} * RUI^{0,5713} \quad (5.3h)$$

Aantal ongevallen met uitsluitend lichtgewonden =

$$1,58 * 10^{-5} * I^{0,757} * L^{0,7576} * e^{(0,0276 * KRP + 0,0183 * GEM)} * INW^{0,1484} \quad (5.3i)$$

Aantal ongevallen op een wegvak =

$$3,90 \cdot 10^{-7} \cdot I^{0,9171} \cdot L^{0,92} \cdot RUI^{0,3892} \cdot e^{(-0,004 \cdot IC + 0,0026 \cdot WIN + 0,0144 \cdot GEM)} \cdot INW^{0,0988} \quad (5.3j)$$

Aantal ongevallen op een wegvak =

$$1,17 \cdot 10^{-6} \cdot I^{0,7225} \cdot L^{0,9399} \cdot RUI^{0,4354} \cdot e^{(0,0021 \cdot WIN + 0,0144 \cdot GEM)} \cdot INW^{0,1048} \quad (5.3j')$$

Aantal ongevallen op een kruispunt =

$$9,25 \cdot 10^{-8} \cdot I^{1,2648} \cdot L^{0,852} \cdot e^{(-0,0619 \cdot IC + 0,0251 \cdot GEM)} \cdot INW^{0,1695} \quad (5.3k)$$

In deze modellen staat I voor de voertuigintensiteit [voertuigen per dag], L voor de lengte van de doortocht [m], F voor de (brom)fietsintensiteit [(brom)fietsers per dag]. KRP geeft het aantal kruispunten weer binnen de doortocht, INWD staat voor de inwonerdichtheid van de kern waarin de doortocht gelegen is [aantal inwoners per km²], INW voor het totale aantal inwoners in de kern. WIN staat voor het aantal winkels langs de doortocht, GEM voor het aantal gemeenschapsvoorzieningen (kantoren, verzorgingsinstellingen, ...). IC staat voor de I/C-verhouding en RUI voor het aandeel van de openbare ruimte dat ingenomen wordt door het autoverkeer. V85 tenslotte geeft de snelheid die door 85% van de autobestuurders niet wordt overschreden. De overige variabelen blijken niet significant in combinatie met de variabelen die opgenomen werden.

5.2 Bespreking

5.2.1 Modelprestaties modellen 1a t.e.m. 1k

In tabel 5.1 wordt een overzicht gegeven van de correlatiecoëfficiënten die het verband aangeven tussen de respectievelijke modelresultaten en de overeenstemmende meetresultaten.

Model	Ongevaltype	Correlatiecoëfficiënt
1a	Letselongevallen	0,65
1b	Ongevallen met auto's	0,66
1c	Ongevallen met fietsers	0,47
1d	Ongevallen met bromfietsers	0,38
1e	Ongevallen met (brom)fietsers	0,43
1f	Ongevallen met voetgangers	0,46
1g	Ongevallen met zwaar verkeer	0,63
1h	Ongevallen met doden of ernstig gewonden	0,64
1i	Ongevallen met uitsluitend lichtgewonden	0,63
1j	Ongevallen op een wegvak	0,66
1k	Ongevallen op een kruispunt	0,57

Tabel 5.1: Overzicht correlatiecoëfficiënten voor modellen 1a t.e.m. 1k

Uit tabel 5.1 kunnen we afleiden dat de voorspellingen voor ongevallen met zachte weggebruikers ((brom)fietsers en voetgangers) en ook voor de kruispuntongevallen slechter correleren met de meetwaarden in vergelijking tot de overige ongevalstypen. Voor deze ongevalstypen volstaat het gebruik van de eenvoudige modellen dus niet.

5.2.2 Modelprestaties modellen 3a t.e.m. 3k

In tabel 5.2 geven we, analoog aan tabel 5.1, de correlatiecoëfficiënten behorende bij de meer uitgebreide modellen 3a t.e.m. 3k. We merken dat de correlatiecoëfficiënt voor alle

modellen ongeveer 0,70 bedraagt. Vanuit dit standpunt kunnen we stellen dat de modellen voor de verschillende ongevalstypen alle ongeveer even goed scoren.

Model	Ongevaltype	Correlatiecoëfficiënt
3a	Letselongevallen	0,69
3a'	Letselongevallen	0,67
3b	Ongevallen met auto's	0,70
3b'	Ongevallen met auto's	0,68
3c	Ongevallen met fietsers	0,72
3d	Ongevallen met bromfietsers	0,66
3e	Ongevallen met (brom)fietsers	0,70
3f	Ongevallen met voetgangers	0,68
3g	Ongevallen met zwaar verkeer	0,65
3g'	Ongevallen met zwaar verkeer	0,72
3h	Ongevallen met doden of zwaargewonden	0,68
3i	Ongevallen met uitsluitend lichtgewonden	0,67
3j	Ongevallen op een wegvak	0,71
3j'	Ongevallen op een wegvak	0,71
3k	Ongevallen op een kruispunt	0,71

Tabel 5.2: Overzicht correlatiecoëfficiënten voor modellen 3a t.e.m. 3k

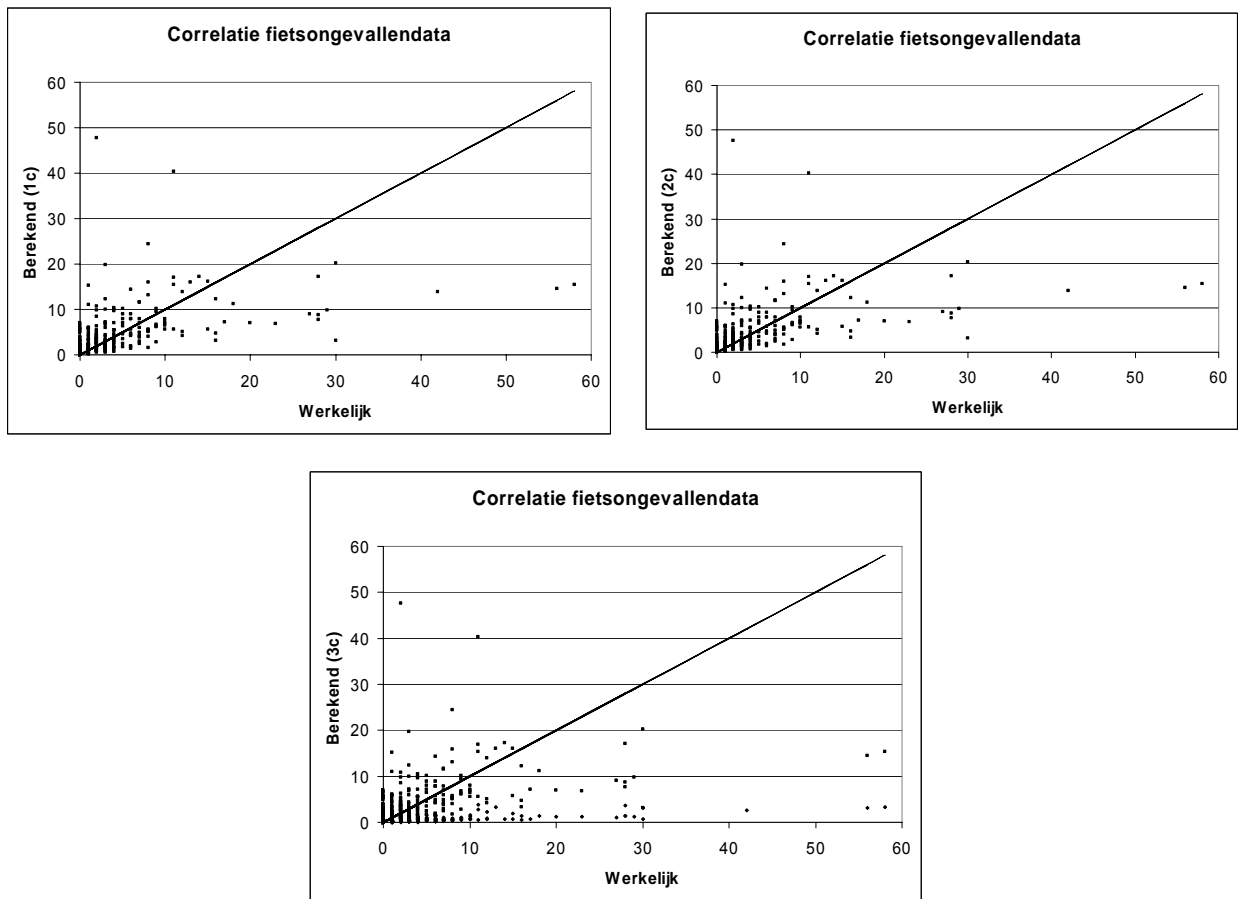
5.2.3 Modelprestaties fietsongevallen

In de vorige sectie zagen we dat de modellen voor ongevallen met (brom)fietsers en voetgangers en kruispuntongevallen veel slechtere resultaten geven dan de modellen voor de overige ongevalstypen. In dit deel gaan we voor de fietsongevallen na in hoeverre de resultaten verbeteren bij toevoeging van extra variabelen (modellen 1c, 2c en 3c). In tabel 5.3 wordt een overzicht gegeven van de waarden voor AIC, BIC en CAIC en de correlatiecoëfficiënt verbonden aan de vergelijking van reële en voorspelde ongevals cijfers.

Model	N	d_k	L_k	AIC	BIC	CAIC	Correlatie
(1c)	321	4	1.373,254	-2.738,51	-2.723,42	-2.719,42	0,47
(2c)	263	5	1.353,992	-2.697,98	-2.680,12	-2.675,12	0,66
(3c)	263	9	1.377,74	-2.737,48	-2.705,33	-2.696,33	0,72

Tabel 5.3: Vergelijking modelprestaties van modellen voor fietsongevallen.

Een vergelijking van de waarden voor model 1c enerzijds en modellen 2c en 3c anderzijds op basis van de waarden voor AIC, BIC en CAIC is niet zonder meer mogelijk. Het aantal beschikbare doortochten verschilt immers omdat van niet alle doortochten de fietsintensiteit gekend is.



Figuur 5.1: Overeenstemming modellen voor fietsongevallen met reële waarden

Uit tabel 5.3 en figuur 5.1 volgt dat voor de modellering van fietsongevallen, naast voertuigintensiteit en lengte van de doortocht ook de fietsintensiteit een belangrijke parameter is. Het model 2c sluit immers veel beter aan bij de data dan model 1c (grotere correlatiecoëfficiënt). De modelresultaten correleren nu met de meetresultaten op een niveau vergelijkbaar met dat van model 1a. Door extra parameters toe te voegen kan het model nog verbeterd worden, maar de winst is eerder beperkt. Dit zagen we ook al bij de algemene modellen.

Ook Jonsson (2005) vond dat de kwaliteit van risicomodellen voor kwetsbare verkeersdeelnemers sterk toeneemt wanneer een blootstellingsmaat voor deze zachte weggebruikers wordt toegevoegd aan het model.

Uit de analyses bleek ook dat de vorm van het vooropgestelde verband een belangrijke invloed kan hebben op de aansluiting van het model bij de data en op het significantieniveau van de parameter. INW (of RUI) in de exponent dan wel als grondtal met een macht geeft wel degelijk een verschil.

5.2.4 Gehanteerde parameters

Bij de eenvoudige modellen, waar enkel voertuigintensiteit en lengte van de doortocht als verklarende variabele fungeren (paragraaf 5.1.1), lijkt het aantal ongevallen op dezelfde manier te variëren met voertuigintensiteit voor de meeste weggebruikers. Enkel voor de bromfietzers stijgt het aantal ongevallen sneller bij toenemende voertuigintensiteit.

Ernstige ongevallen lijken minder sterk te variëren met de voertuigintensiteit in vergelijking met de ongevallen met enkel lichtgewonden (de macht bij 1 is groter in

model 1h in vergelijking tot model 1i). Ongevallen met lichtgewonden zijn waarschijnlijk meer afhankelijk van de drukte. Hoe meer auto's er zijn, hoe groter de kans dat er ook een botst. Voor ernstige kwetsuren speelt ook de snelheid van de auto's een belangrijke rol. Op drukke wegen ligt de snelheid van het verkeer doorgaans lager waardoor de kwetsuren vaak minder ernstig zijn. Bij de meer uitgebreide modellen uit paragraaf 5.1.3 zien we iets anders. Hier dient evenwel vermeld te worden dat model 3h een andere vorm van intensiteitsfunctie hanteert dan model 3i. Een rechtstreekse vergelijking van de coëfficiënt bij I is dan ook niet zinvol.

Ongevallen op kruispunten vertonen eveneens een grotere afhankelijkheid van de voertuigintensiteit dan ongevallen op wegvakken. Een mogelijke verklaring is dat er een correlatie bestaat tussen de drukte van de doortocht en het aantal wagens op de zijstraten. Als dusdanig geeft de voertuigintensiteit een aanduiding voor zowel de drukte op de hoofdtak als de drukte op de zijwegen van de kruispunten.

Een vergelijking van de modellen met meer beschrijvende parameters is moeilijker. De verschillende modellen hanteren immers vaak andere parameters. Toch kunnen we een aantal interessante vaststellingen doen. De werkelijke snelheid van de auto's (v_{85}) is enkel significant voor ongevallen met voetgangers. Hoe sneller auto's rijden, hoe minder voetgangers betrokken raken in ongevallen. Dit kan meerdere oorzaken hebben. Op wegen waar sneller gereden wordt, zijn voetgangers mogelijk minder geneigd om over te steken. Ook kan het zo zijn dat automobilisten sneller rijden wanneer er weinig voetgangers te bespeuren zijn. Nog een andere verklaring is dat wegen waar sneller gereden wordt, betere voetgangersvoorzieningen hebben. We mogen immers niet vergeten dat we hier een cross-sectionele studie uitgevoerd hebben. Hiermee kan wel een relatie tussen variabelen vastgesteld worden, maar geen oorzakelijk verband.

Parameters die (bijna) altijd significant blijken te zijn, zijn de voertuigintensiteit, de lengte van de doortocht, het aantal kruispunten, het aantal gemeenschapsvoorzieningen en het aantal inwoners. Steeds geldt dat hoe groter de waarde van de variabele, hoe meer ongevallen er gebeuren.

IC kan beschouwd worden als een vervanger voor de voertuigintensiteit gezien de grote correlatie die er bestaat tussen beide variabelen (zie tabel 2.2). De capaciteit bedraagt immers in de meeste gevallen 12.000 (of een 1X2-weg). Als dusdanig betekent de aanwezigheid van IC in de modellen dat de 'normale' intensiteitsfunctie het verband met het aantal ongevallen minder goed weergeeft. Waar de gewone machtsfunctie een steeds stijgend verloop kent, zorgt de toevoegen van IC (of I) in een exponentiële functie, maar met een negatieve coëfficiënt, voor een afvlakking van het voorspelde aantal ongevallen bij hoge voertuigintensiteiten.

Bij ongevallen met zwaar verkeer of bij ernstige ongevallen speelt ook het ruimtebeslag, d.i. het aandeel van de ruimte tussen de gevels voorzien voor het gemotoriseerde verkeer, een rol. Hoe meer ruimte ingenomen wordt voor het gemotoriseerde verkeer, hoe meer ongevallen met zwaar verkeer en hoe meer ernstige ongevallen. Ook hier hoeft niet noodzakelijk een oorzakelijk verband te bestaan. Het ruimtebeslag kan gecorreleerd zijn met andere parameters die een oorzakelijk verband vertonen met die ongevallen.

De (brom)fietsintensiteit is van belang voor de bepaling van het aantal ongevallen met (brom)fietsers.

5.3 Conclusie

Een risicomodel voor (brom)fietsongevallen dat enkel rekening houdt met voertuigintensiteit en de lengte van de doortocht als verklarende variabelen, schiet te kort als verklarend model. Om even goed te presteren als het eenvoudige model voor alle ongevallen, dient ook de (brom)fietsintensiteit toegevoegd te worden.

De modellen die naast voertuigintensiteit en lengte van de doortocht ook de overige significante variabelen meenemen, vertonen voor alle ongevalstypen een gelijkaardige correlatie met de overeenstemmende meetwaarden.

Naast voertuigintensiteit en lengte van de doortocht (en (brom)fietsintensiteit voor (brom)fietsongevallen) zijn de belangrijkste verklarende variabelen: het aantal kruispunten, het aantal inwoners en het aantal gemeenschapsvoorzieningen. Deze komen terug in bijna alle modellen. De ruimte gereserveerd voor gemotoriseerd verkeer speelt een rol bij ongevallen met zwaar verkeer, ernstige ongevallen en wegvakongevallen. De v_{85} is significant bij ongevallen met voetgangers. De I/C-verhouding kan beschouwd worden als een surrogaat voor I (gezien de capaciteit meestal 12.000 voertuigen per dag bedraagt, wat het equivalent is voor een 1X2-weg). Modellen die zowel I als IC bevatten, hanteren in essentie een andere vorm voor de intensiteitsfunctie. De bijkomende term geeft aanleiding tot een afvlakking van het voorspelde aantal ongevallen bij hoge voertuigintensiteiten in vergelijking tot de meer eenvoudige vorm.

De verschillen in de modellen voor de afzonderlijke ongevalstypen impliceren ook dat de modellen voor het globale aantal ongevallen niet kan gebruikt worden wanneer uitspraken gedaan worden over specifieke ongevalstypen. Specifieke ongevalstypen vereisen specifieke ongevallenmodellen.

6. MODELLEN VOOR VERSCHILLENDE DOORTOCHTTYPEN

In het vorige hoofdstuk gingen we na of de modellen beter werden wanneer ze opgebouwd werden voor meer specifieke ongevalstypen. In dit hoofdstuk wordt nagegaan of de modellen beter gemaakt kunnen worden door ze toe te passen op een meer specifiek wegtype. De doortochten uit het basisbestand worden hiervoor ingedeeld volgens wegopbouw (CAPACITEIT), toegelaten snelheid (VT) en de ligging (L3; voor de beschrijving zie fig. 2.2). Enkel combinaties van deze 3 variabelen die minstens 10 doortochten bevatten worden meegenomen. We krijgen zo 5 groepen van doortochten:

- CAPACITEIT=12.000; VT=50; L3=12 → 224 doortochten (a)
- CAPACITEIT=12.000; VT=50; L3=9 → 26 doortochten (b)
- CAPACITEIT=12.000; VT=50; L3=6 → 12 doortochten (c)
- CAPACITEIT=12.000; VT=50; L3=3 → 14 doortochten (d)
- CAPACITEIT=12.000; VT=70; L3=12 → 12 doortochten (e)

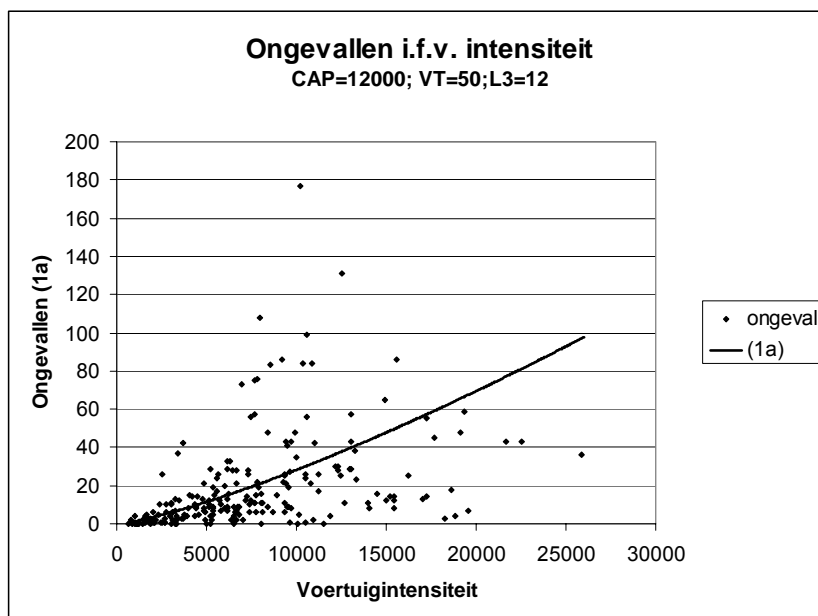
Een vuistregel stelt dat per 10 variabelen 1 verklarende variabele kan worden opgenomen in het model. Groepen c, d en e zijn daarom beperkt tot 1 variabele (we nemen hiervoor voertuigintensiteit). Voor groep b kunnen we ook een model bouwen met 2 verklarende variabelen (voertuigintensiteit en lengte doortocht). Groep a bevat het grootste deel van de doortochten. Voor deze groep zijn ook meer gedetailleerde modellen mogelijk met meer verklarende variabelen.

Ook nu geldt weer dat de modellen afgeleid zijn voor een periode van 6 jaar. De modelresultaten moeten dan ook steeds gedeeld worden door 6 om het jaarlijks aantal ongevallen te kennen. De letters bij de modellen verwijzen steeds naar de betreffende groep.

6.1 Modellen met enkel voertuigintensiteit

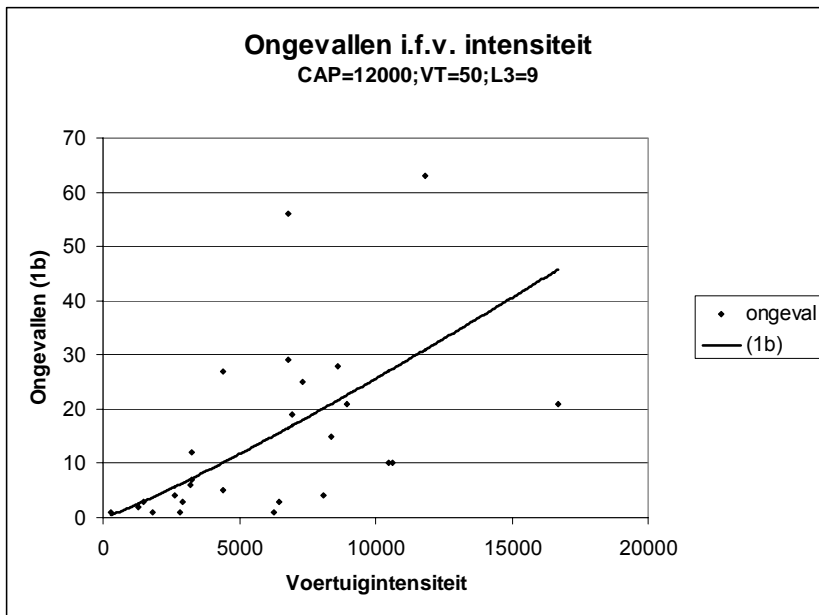
6.1.1 De modellen

➤ Aantal ongevallen = $e^{-8,6245 \cdot I^{1,2991}}$ (6.1a)



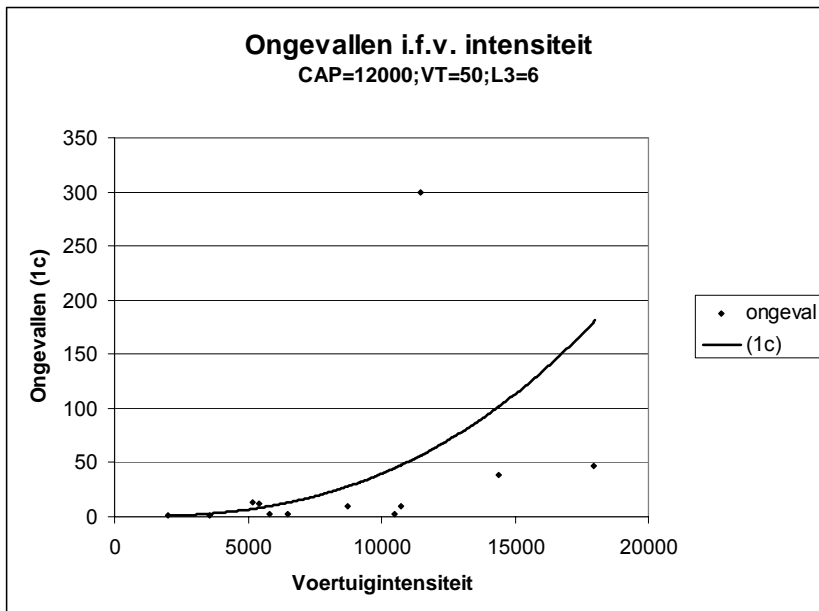
Figuur 6.1: Vergelijking modelresultaten met meetresultaten

➤ Aantal ongevallen = $e^{-7,1802 * I^{1,1317}}$ (6.1b)



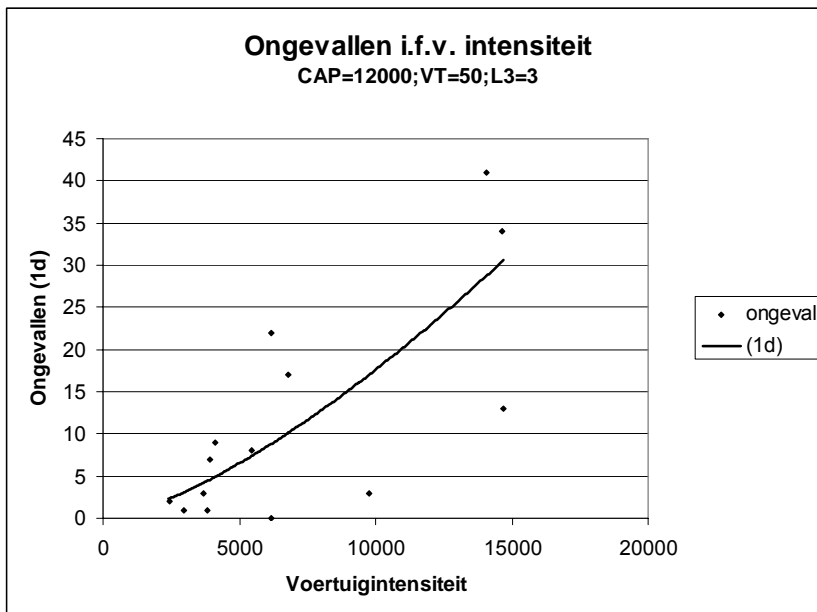
Figuur 6.2: Vergelijking modelresultaten met meetresultaten

➤ Aantal ongevallen = $e^{-20,1158 * I^{2,5836}}$ (6.1c)



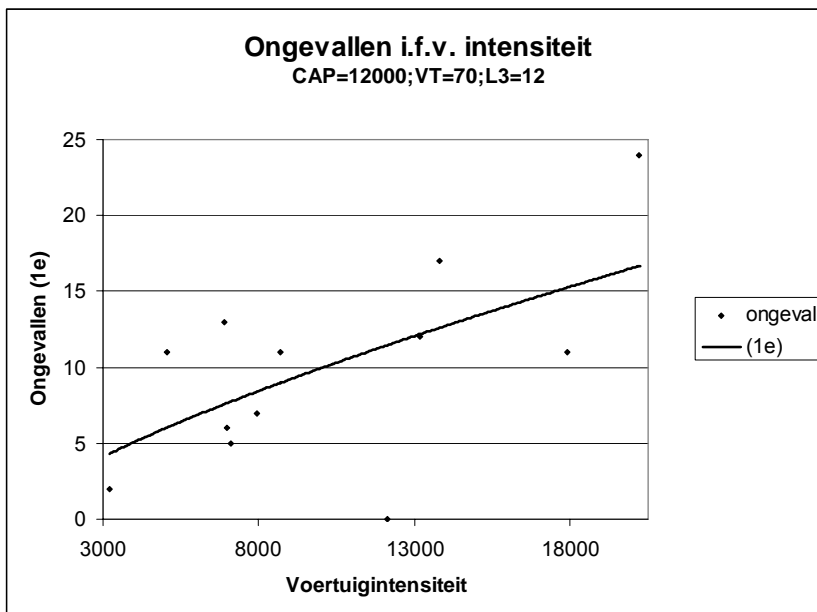
Figuur 6.3: Vergelijking modelresultaten met meetresultaten

➤ Aantal ongevallen = $e^{-10,3509 * I^{1,4353}}$ (6.1d)



Figuur 6.4: Vergelijking modelresultaten met meetresultaten

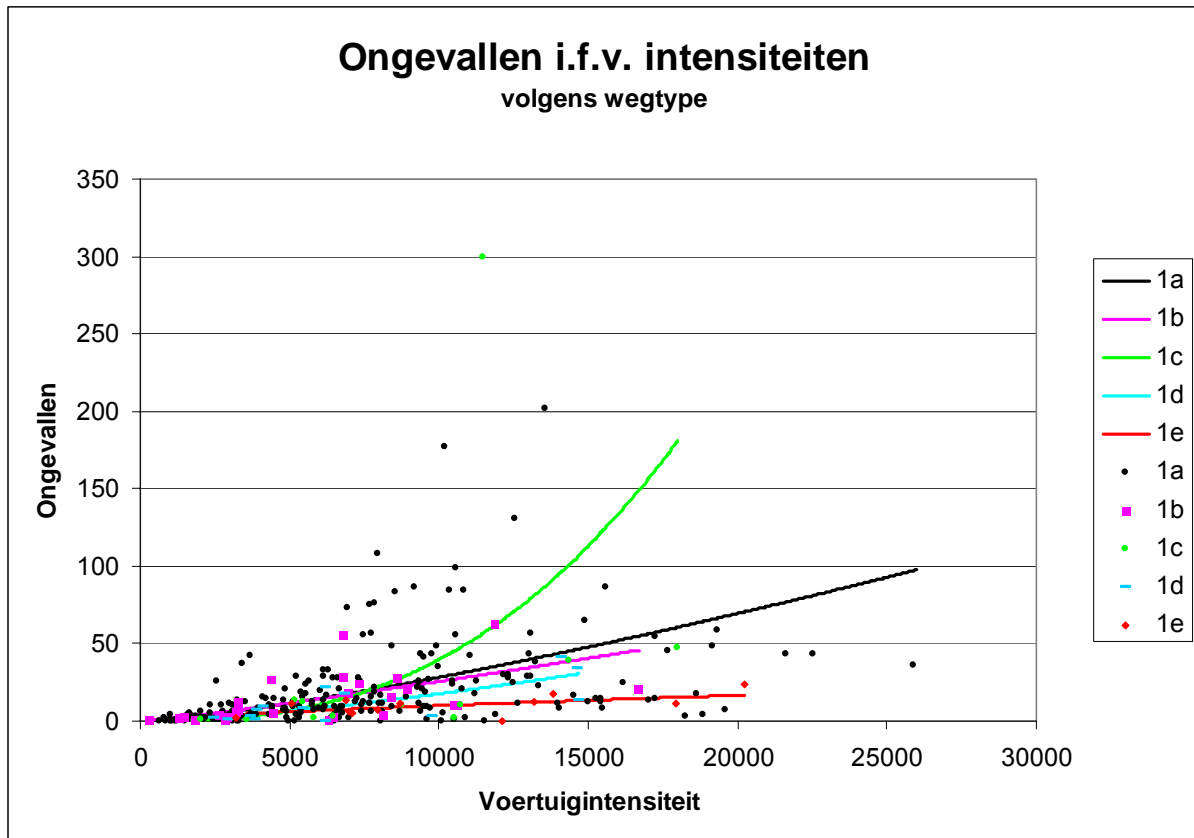
➤ Aantal ongevallen = $e^{-4,4622 * I^{0,7339}}$ (6.1e)



Figuur 6.5: Vergelijking modelresultaten met meetresultaten

6.1.2 Vergelijking

In figuur 6.6 worden de verschillende modellen samengebracht in 1 figuur om de vergelijking te vergemakkelijken. Voor elk van de modellen wordt ook de correlatiecoëfficiënt berekend die de mate aangeeft waarin de voorspelde waarden samenvallen met de meetwaarden.



Figuur 6.6: Vergelijking modellen

Uit de grafieken volgt ook duidelijk dat doortochten waar sneller mag (kan) gereden worden (model 1e, VT=70), minder gevoelig zijn voor een toename van het verkeer. De curve verloopt immers veel minder steil.

De correlatiecoëfficiënten van de 5 modellen, berekend voor het werkelijk aantal ongevallen in vergelijking tot het voorspelde aantal ongevallen, worden weergegeven in tabel 6.1.

Model	Correlatiecoëfficiënt
6.1a	0,38
6.1b	0,50
6.1c	0,25
6.1d	0,73
6.1e	0,61

Tabel 6.1: Overzicht van correlatiecoëfficiënten voor de verschillende modellen

We merken dat de correlatiecoëfficiënt voor groep 3 veel kleiner is. Hier beïnvloedt een outlier (300 ongevallen op 6 jaar tijd) immers in sterke mate de resultaten. De grote groep doortochten (groep a) lijkt op basis van de meetdata op te splitsen in (minstens) 2 groepen. Doordat het model hierin een gemiddelde zoekt, verkleint de correlatiecoëfficiënt. Nader onderzoek zou de verschillende doortochtclassen kunnen terugvinden. De 3 andere groepen hebben elk een hogere correlatiecoëfficiënt.

6.2 Modellen met voertuigintensiteit en lengte doortocht

Er zijn slechts 2 groepen die voldoende doortochten tellen om 2 parameters op te nemen in de modellen, meer bepaald de groepen a (CAPACITEIT=12.000; VT=50; L3=12) en b (CAPACITEIT=12.000; VT=50; L3=9). De afgeleide modellen zijn dan ook beperkt tot deze 2 groepen. Ook hier verwijzen de letters van de modelnummers naar de beschouwde groep doortochten.

6.2.1 De modellen

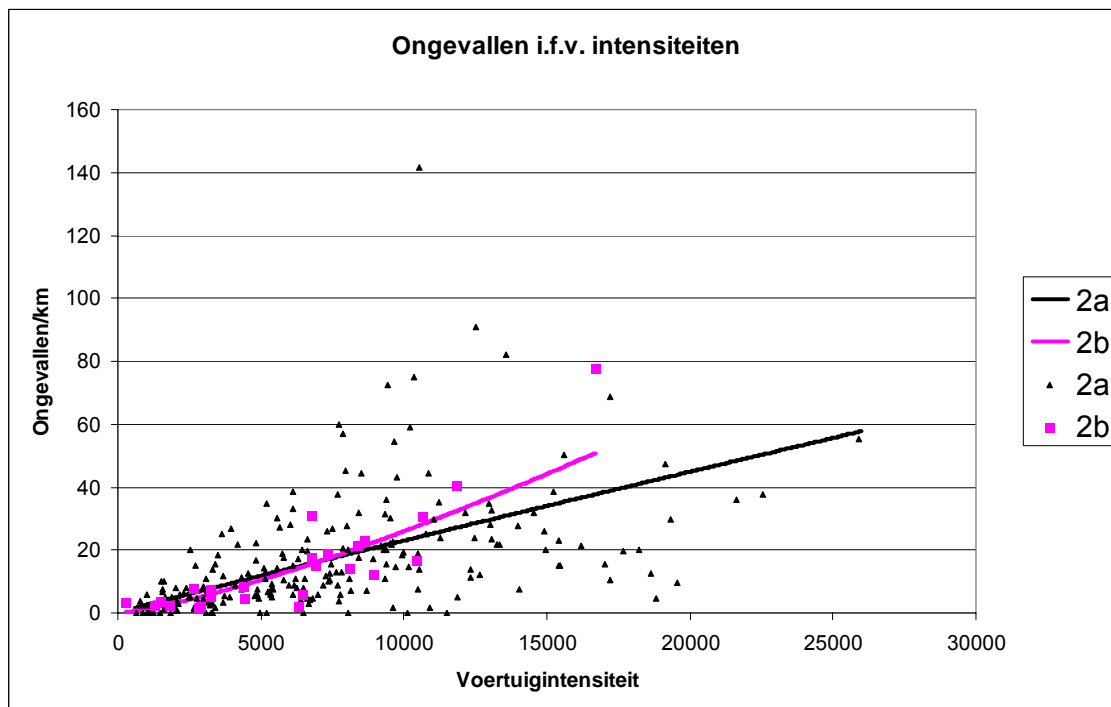
De modellen die het aantal ongevallen geven in functie van voertuigintensiteit en lengte van de doortocht, worden weergegeven door:

$$\text{➤ Aantal ongevallen} = e^{-12,8553 * I} I^{0,9635 * L^{1,0302}} \quad (6.2a)$$

$$\text{➤ Aantal ongevallen} = e^{-15,9463 * I} I^{1,3108 * L^{1,0320}} \quad (6.2b)$$

6.2.2 Vergelijking

In figuur 6.7 worden beide vergelijkingen uitgezet zodat ze gemakkelijk vergeleken kunnen worden.



Figuur 6.7: Vergelijking modellen

De correlatiecoëfficiënten van de 2 modellen, berekend voor het werkelijk aantal ongevallen in vergelijking tot het voorspelde aantal ongevallen, worden weergegeven in tabel 6.2. Ter vergelijking wordt ook de correlatiecoëfficiënt gegeven van model 4.1a. In dit geval lijken doortochten binnen een ringweg (bvb. stedelijke invalswegen) sterker beïnvloed te worden door de voertuigintensiteit. Het aantal ongevallen stijgt immers sneller bij toenemende intensiteit in vergelijking tot de 'klassieke' doortochten doorheen een woonkern.

Model	Correlatiecoëfficiënt
6.2a	0,68
6.2b	0,88
4.1a	0,65

Tabel 6.2: Overzicht van correlatiecoëfficiënten voor de verschillende modellen

De correlatiecoëfficiënt van model 6.2a is vergelijkbaar met deze van het globale model 4.1a. Dit hoeft niet echt te verbazen aangezien groep a het grootste deel van de doortochten uitmaakt. Verder onderzoek is nodig om de aanwezigheid van verschillende subgroepen te bevestigen. De correlatiecoëfficiënt van model 6.2b is dan weer veel groter. In beide gevallen is, zoals kon verwacht worden, de correlatie tussen de data en de voorspelde waarden toegenomen t.o.v. de modellen in paragraaf 6.1. De verbetering is evenwel groter voor model 6.2b dan voor 6.2a.

6.3 Modellen met alle significante variabelen

Enkel groep a (met CAP=12.000; VT=50; L3=12) bevat voldoende doortochten om een model op te bouwen dat meer dan 2 verklarende variabelen bevat. We beperken ons dan ook tot dat deze groep doortochten.

6.3.1 Het model

Hieronder worden 2 modellen gegeven. Ze hebben dezelfde vorm als de modellen uit hoofdstuk 4. Hier zijn ze echter beperkt tot de doortochten van groep a (CAPACITEIT=12.000; VT=50; L3=12).

Aantal ongevallen =

$$7,77 * 10^{-5} * I^{0,6937} * L^{0,6069} * e^{(0,0429 * KRP + 0,0184 * GEM)} * INW^{0,1654} \quad (6.3a)$$

Aantal ongevallen =

$$5,64 * 10^{-6} * I^{1,0530} * L^{0,5935} * e^{(0,0435 * KRP - 0,0063 * IC + 0,0177 * GEM)} * INW^{0,1615} \quad (6.3a')$$

6.3.2 Vergelijking

In tabel 6.3 worden de correlatiecoëfficiënten gegeven voor de uitgebreide modellen van groep a. ter vergelijking worden de overeenkomstige cijfers ook gegeven voor het model van de globale groep doortochten.

Model	Correlatiecoëfficiënt
6.3a	0,79
6.3a'	0,78
4.2a	0,69

Tabel 6.3: Overzicht van correlatiecoëfficiënten voor de verschillende modellen

Uit de cijfers van tabel 6.3 kunnen we opmaken dat de modelresultaten voor het meer specifieke doortochttype beter aansluiten bij de data in vergelijking tot de meer algemene modellen.

6.4 Conclusie

De modellen voor meer specifieke doortochttypen geven, voor zover mogelijk, aanleiding tot vergelijkbare conclusies zoals beschreven in hoofdstuk 4. De kwaliteit van de modellen verbetert naarmate meer significante variabelen worden toegevoegd. De grootste winst is hierbij te maken door, naast voertuigintensiteit, ook de lengte van de doortocht op te nemen. Modellen waarbij enkel voertuigintensiteit gehanteerd wordt als verklarende variabele scoren doorgaans minder goed in hun voorspellende taak.

Daarnaast kunnen we concluderen dat modellen voor meer specifieke doortochttypen (en bij uitbreiding meer specifieke wegtypen) doorgaans betere modelresultaten opleveren. Ongevallenmodellen voor een wegennet bevatten daarom bij voorkeur verschillende modellen voor verschillende wegtypen. Ieder wegtype lokt immers een bepaald gedrag uit met een ander ongevallenpatroon tot gevolg. Uiteraard moet een evenwicht gezocht worden tussen accuraatheid van de modellen en de hanteerbaarheid van het globale model.

7. GEVAARLIJKE DOORTOCHTEN

In de behoeftenanalyse van AWV wordt momenteel uitgegaan van een prioriteitsbepaling op basis van de gevaarlijke-puntenaanpak. De prioriteit wordt bepaald aan de hand van volgende formule (AWV, 2002):

$$P = X + 3Y + 5Z$$

waarbij:

X = aantal lichtgewonden

Y = aantal zwaargewonden

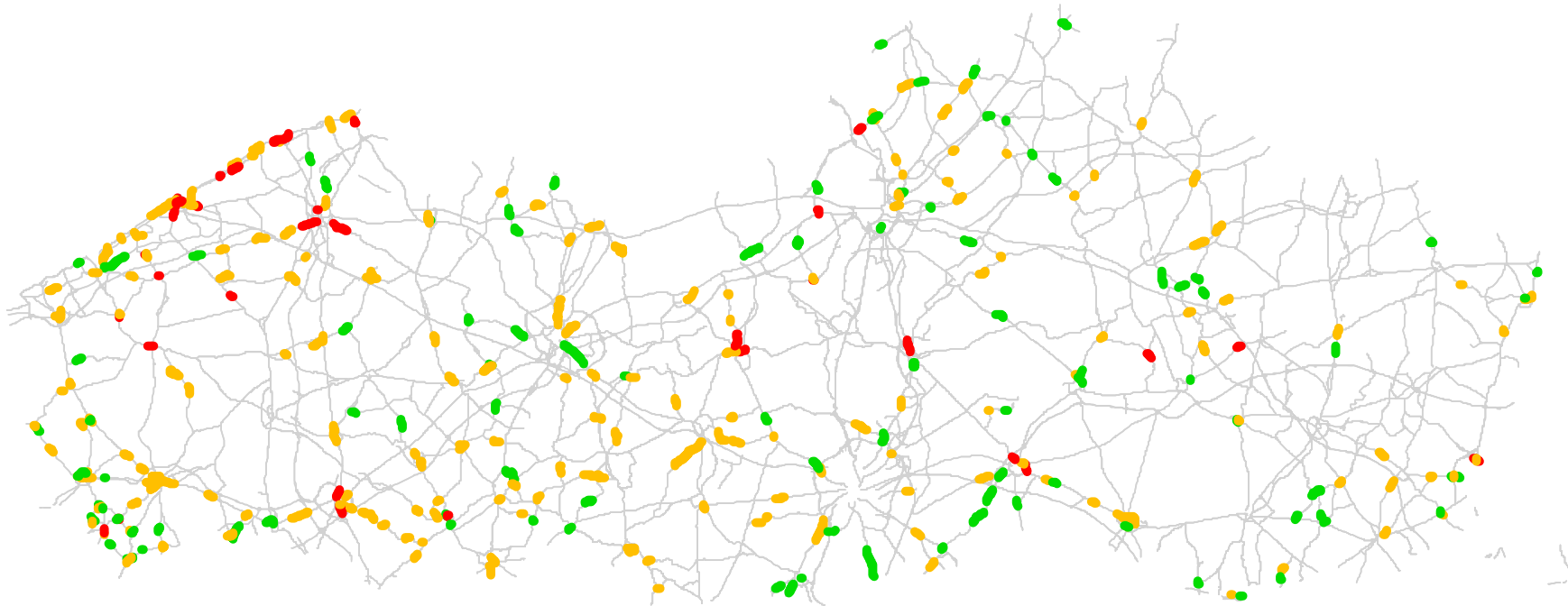
Z = aantal dodelijke slachtoffers.

Deze methode houdt geen rekening met allerlei parameters die het aantal ongevallen beïnvloeden, maar waar AWV helemaal (of zo goed als geen) invloed op kan uitoefenen. Het spreekt voor zich dat op een lange doortocht meer ongevallen gebeuren, het is evident dat als meer mensen gebruik maken van de doortocht er ook meer conflicten en dus waarschijnlijk ook meer ongevallen gebeuren.

De modellen die in dit rapport besproken worden, voorspellen het aantal ongevallen die op een specifieke doortocht verwacht kunnen worden in functie van verkeers- en omgevingskenmerken. Het aantal ongevallen kan hoog zijn omdat er zeer veel verkeer gebruik maakt van de doortocht, omdat er veel kruispunten zijn waar conflicten kunnen optreden of omdat er veel activiteit is (winkels, voorzieningen, ...). De wegbeheerder heeft een eerder beperkte impact op deze kenmerken. Door de voorspelde waarden te vergelijken met de reële ongevallencijfers, kunnen die doortochten geselecteerd worden die een onverklaarbaar hoog aantal ongevallen hebben. Zonder een verklaring te geven worden zo de doortochten aangegeven die nader onderzoek behoeven.

In figuur 7.1 worden ter illustratie de doortochten in 3 groepen ingedeeld. De rode doortochten zijn die doortochten waar het reële aantal ongevallen minstens 2 keer hoger ligt dan het verwachte aantal ongevallen. Voor de oranje doortochten ligt het reële aantal ongevallen in de buurt van het verwachte aantal ongevallen (meer dan de helft en minder dan het dubbel). De groene doortochten zijn de 'veilige' doortochten. Het reële aantal ongevallen ligt hier minstens 2 keer lager dan het verwachte aantal ongevallen. Het verwacht aantal ongevallen werd hierbij bepaald aan de hand van model 4.2a.

Analoge kaartjes kunnen gemaakt worden voor andere ongevalstypen of met de andere modellen. De factor 2 die gehanteerd wordt om de doortochten in te delen is trouwens volledig arbitrair gekozen.



Figuur 7.1: Veilige en onveilige doortochten

(rood: meer ongevallen dan voorspeld; oranje: ongeveer even veel ongevallen als voorspeld; groen: minder ongevallen dan voorspeld)

8. CONCLUSIES EN BELEIDSAANBEVELINGEN

8.1 Discussie

In dit rapport werden risicomodellen ontwikkeld voor doortochten als geheel. De beschikbare data zijn evenwel niet verzameld met het oog op de verkeersveiligheid, maar veeleer vanuit het oogpunt van verkeersleefbaarheid. Het is dus goed mogelijk, zelfs zeer waarschijnlijk, dat modellen op basis van andere kenmerken tot betere resultaten komen. Deze data zijn echter niet beschikbaar.

Cross-sectionele modellen verklaren de variatie in het aantal ongevallen op bestaande wegsegmenten. Diverse kenmerken zijn geschikt als verklarende variabele en werden dan ook opgenomen in het databestand. Op bepaalde kenmerken heeft de wegbeheerder een vrij directe impact, nl. de wegkenmerken. Op andere kenmerken zoals de voertuigintensiteit en de omgevingskarakteristieken is hun impact echter eerder beperkt. Door de aanleg van een rondweg kan uiteraard wel een belangrijke reductie van de intensiteit gerealiseerd worden, maar deze optie wordt slechts in een beperkt aantal gevallen gekozen.

Wanneer een model parameters bevat waarop de gebruiker een directe impact heeft, bestaat de verleiding om het model te gebruiken om het effect op de verkeersveiligheid te berekenen van wijzigingen in die parameters. Cross-sectionele modellen zijn hiervoor echter niet geschikt. Ze geven wel een verband tussen het aantal ongevallen en een aantal parameters, maar niet noodzakelijk een oorzakelijk verband. Een wijziging van één kenmerk kan ook wijzigingen tot gevolg hebben in andere parameters, al dan niet opgenomen in het model. Een duidelijk voorbeeld is een vermindering van het aantal rijstroken. De capaciteit van de doortocht vermindert. Wanneer hierdoor langere wachttijden ontstaan, kan het verkeer een andere route kiezen, waardoor de intensiteit verandert. Hetzelfde kan gebeuren met het afsluiten bij bepaalde kruispunten zodat het aantal kruispunten vermindert. Bij het wijzigen van één parameter, zou men dan ook andere parameters van het model moeten wijzigen. Alleen weet men doorgaans niet hoe.

De modellen die in dit rapport zijn afgeleid bevatten weinig of geen kenmerken waar wegbeheerders een grote impact op kunnen uitoefenen. De verleiding om de modellen verkeerd te gebruiken zal dan ook beperkt zijn.

De vaststelling dat de afgeleide modellen niet rechtstreeks bruikbaar zijn voor het bepalen van verkeersveiligheidseffecten door infrastructuraanpassingen, betekent niet dat ze helemaal niet bruikbaar zijn. In paragraaf 8.3 wordt een toepassing aangehaald. Daarnaast kan, door een combinatie van deze cross-sectionele modellen met de resultaten van Voor-Na studies, wel een inschatting gemaakt worden van een verwachte ongevallenreductie ten gevolge van het uitvoeren van herinrichtingen.

8.2 Conclusies

In dit rapport worden verschillende modellen afgeleid. Uit de resultaten blijkt dat modellen waar enkel de voertuigintensiteit I als verklarende variabele in wordt opgenomen, onvoldoende overeenstemmen met de realiteit. De lengte van de doortocht is een tweede variabele die minimaal opgenomen moet zijn. Voor (brom)fietsongevallen is ook de (brom)fietsintensiteit noodzakelijk.

Door daarnaast nog extra verklarende variabelen toe te voegen, stijgt de voorspellende waarde in eerder beperkte mate. We merken dat, naast de voertuigintensiteit en de lengte van de doortocht, vooral het aantal kruispunten op de doortocht, het aantal gemeenschapsvoorzieningen en het inwoneraantal het aantal ongevallen bepalen. Al deze parameters hebben gemeen dat naarmate de waarde van de variabele groter wordt, ook het voorspelde aantal ongevallen toeneemt.

De hierboven aangehaalde variabelen komen terug in bijna alle modellen. De ruimte gereserveerd voor gemotoriseerd verkeer speelt een rol bij ongevallen met zwaar verkeer, ernstige ongevallen en wegvakongevallen (hoe meer ruimte er gereserveerd is voor het gemotoriseerde verkeer, hoe meer ongevallen er verwacht mogen worden).

De v_{85} is significant bij ongevallen met voetgangers. Wegen waar sneller gereden wordt, worden geassocieerd met een lager aantal ongevallen met voetgangers. Hier hoeft echter geen oorzakelijk verband achter gezocht te worden. De gereden snelheid wordt immers in grote mate bepaald door het wegbeeld. In deze staat v_{85} waarschijnlijk eerder voor een wegbeeld en het gebruik ervan. Wegen waar weinig rond te beleven valt, nodigen immers vaker uit tot hogere snelheden en zullen bovendien minder voetgangers aantrekken.

De I/C-verhouding kan beschouwd worden als een surrogaat voor I (gezien de capaciteit meestal 12.000 bedraagt, wat het equivalent is voor een 1X2-weg). Er bestaat dan ook een grote correlatie tussen de voertuigintensiteit en de I/C-verhouding. Opname van de I/C-verhouding in de modellen impliceert een grotere afvlakking van het voorspelde aantal ongevallen bij hoge voertuigintensiteiten in vergelijking tot modellen waar deze variabele niet is opgenomen.

De kwaliteit van de modellen wordt in belangrijke mate beïnvloed door de vorm waarin de verklarende variabelen gekoppeld worden aan het aantal ongevallen. Schrijven we de variabele als grondtal met een macht of nemen we de variabele op in een exponentiële functie (of een combinatie). Dit komt sterk naar voor in de vorm van de gehanteerde intensiteitsfunctie. Een eenvoudige functie voldoet doorgaans niet voor hoge intensiteiten.

We kunnen ook concluderen dat modellen voor meer specifieke doortochttypen (en bij uitbreiding meer specifieke wegtypen) doorgaans betere modelresultaten opleveren. De resultaten van de verschillende modellen kunnen dus niet zonder meer naar andere wegtypen (wegen buiten de bebouwde kom, snelwegen) gekopieerd worden. Aangepaste risicomodellen zijn nodig. Hetzelfde geldt trouwens ook voor modellen voor verschillende ongevaltypen. Op een algemeen niveau is een model voor het totale aantal ongevallen vaak voldoende, maar modellen voor meer specifieke ongevalstypen (ongevallen met een welbepaalde weggebruiker, ernstige of juist lichte ongevallen, kruispunt- of wegvakongevallen) leveren vaak betere resultaten. Ook komen andere parameters naar voor als significante verklarende variabele. Verschillende ongevalstypen hebben immers vaak verschillende oorzaken.

8.3 Beleidsaanbevelingen

De afgeleide modellen helpen meer inzicht te verschaffen in het optreden van ongevallen in doortochten. Een beter inzicht is nodig voor een efficiënte bestrijding van de verkeersonveiligheid. De modellen kunnen als dusdanig gebruikt worden bij de bepaling van de prioriteitsbehoefte van doortochten. Ze laten toe die doortochten te selecteren die een, vanuit de omgeving, onverklaarbare onveiligheid vertonen. Doortochten die in praktijk gevaarlijker blijken te zijn dan voorspeld door middel van de modellen, komen prioritair in aanmerking voor nader onderzoek.

Om modellen voor (brom)fietsongevallen bruikbaar te maken zijn metingen van (brom)fietsintensiteiten onontbeerlijk. Het verdient dan ook aanbeveling om deze metingen op een meer systematische manier uit te voeren.

Een duidelijke classificatie van doortochttypen moet het mogelijk maken om meer performante modellen op te stellen. Bijkomende data die specifiek vanuit verkeersveiligheidsoogpunt werden verzameld, kunnen de kwaliteit van de modellen nog verder opdrijven. Naarmate meer wegtypen of ongevaltypen beschouwd worden, dienen meer data verzameld te worden (voor meer doortochten).

Bij het ontwikkelen van ongevallenmodellen voor het Vlaamse wegennet worden bij voorkeur verschillende ongevallenmodellen geïmplementeerd voor verschillende wegtypen. Hierbij dient een evenwicht gezocht te worden tussen de extra accuraatheid en de bijkomende kost en moeite die gedaan moet worden om het globale model op te bouwen.

9. LITERATUURLIJST

- Abbess, C. Jarret, D. and Wright, C.C. (1981). *Accidents at blackspots: estimating the effectiveness of remedial treatment, with special reference to the "regression to the mean" effect*. In: Traffic Engineering and Control, vol 22, nr 10, pp. 535-542.
- AWV (2002). *De Behoefteanalyse van AWV – Prioriteitsmanagement (Versie 3.02)*. Brussel, België: Min. Vlaamse Gemeenschap.
- BIVV (2001). *Verkeersveiligheid. Statistieken 2001*. Brussel, België: BIVV.
- Greibe, P. (2003). *Accident prediction models for urban roads*. In: Accident Analysis & Prevention. 35, pp. 273-285.
- Hauer, E. (1997). *Observational before-after studies in road safety*. Pergamon, Oxford.
- Hauer, E. & Persaud, B.N. (1987). *How to estimate the Safety of Rail-Highway Grade Crossings and the Safety Effects of Warning Devices*. In: Transportation Research Record 1114, pp. 131-140.
- Janson, B.N., Awad, W., Robles, J., Kononov, J. & Pinkerton, B. (1998). *Truck Accidents at Freeway Ramps: Data Analysis and High-Risk Site Identification*. In: Journal of Transportation and Statistics, jan. 1998, pp. 75-92.
- Jonsson, T. (2005). *Predictive models for accidents on urban links: A focus on vulnerable road users*. Lund, Zweden: Lund University.
- Millot, M. & Brenac, T. (2001). *Qualitative analysis and modelling of the influence of the characteristics of urban roads and their influence on accidents: a first investigation*. In: Bulletin des laboratoires des ponts et chaussées – 232, pp. 5-19.
- Montella, A. (2004). *Potential for Safety Improvement of Existing Roads*. University of Naples.
- Scheltjens, D. (2005). *De impact van locatietekens op verkeersveiligheid: gevalstudie van doortochten*. Diepenbeek, België: Universiteit Hasselt.
- Van Hout, K., Dreesen, A. & Cuyvers, R. (2004). *Risicoanalyse van doortochten – Verkeersveiligheid in de bebouwde omgeving – een literatuurstudie: Steunpuntrapport RA-2004-38*. Diepenbeek, België: Steunpunt Verkeersveiligheid.
- Van Hout, K., Hermans, E., Nuyts, E. & Brijs, T. (2005). *Doortochten in Vlaanderen – Een risicoanalyse op basis van weg- en omgevingskenmerken: Steunpuntrapport RA-2005-74*. Diepenbeek, België: Steunpunt Verkeersveiligheid.
- Zegeer, C.V., Hummer, J., Reinfurt, D. Herf, L. & Hunter, W. (1987). *Safety effects of cross-section design for two-lane roads*. Final Report. FHWA/RD-87/008. Federal Highway Administration, US.DOT, Washington, D.C.

10. BIJLAGE

In deze bijlage worden voor de volledigheid een aantal modellen opgebouwd met enkel de voertuigintensiteit als verklarende variabele. Verschillende vormen van de intensiteitsfunctie worden hierbij gehanteerd.

10.1.1 De modellen

Deze modellen geven de volgende resultaten (I staat voor de dagintensiteit):

$$\text{➤ Aantal ongevallen} = 2,35 * 10^{-4} * I^{1,2650} \quad (10.1a)$$

$$\text{➤ Aantal ongevallen} = 74,77 * I_1^{1,4844} * I_2^{-0,0633} * C_1 \quad (10.1b)$$

Hierbij is:

I_1	=	I	als $I \leq 12.000$ voertuigen per dag
	=	0	als $I > 12.000$ voertuigen per dag
I_2	=	0	als $I \leq 12.000$ voertuigen per dag
	=	I	als $I > 12.000$ voertuigen per dag
C_1	=	$5,01 * 10^{-7}$	als $I \leq 12.000$ voertuigen per dag
	=	1	als $I > 12.000$ voertuigen per dag

$$\text{➤ Aantal ongevallen} = 40,36 * C_1 \quad (10.1c)$$

Hierbij is:

C_1	I	C_1	I
0,038	$I \leq 2.000$	0,707	$6.800 < I \leq 8.000$
0,114	$2.000 < I \leq 3.250$	0,502	$8.000 < I \leq 9.700$
0,236	$3.250 < I \leq 4.500$	0,993	$9.700 < I \leq 12.300$
0,263	$4.500 < I \leq 5.700$	1,041	$12.300 < I \leq 16.200$
0,326	$5.700 < I \leq 6.800$	1	$I > 16.200$

C_1 in functie van I [voertuigen per dag]

$$\text{➤ Aantal ongevallen} = 5,29 * e^{0,1415 * I / 1000} \quad (10.1d)$$

$$\text{➤ Aantal ongevallen} = 3,29 * 10^{-6} * I^{1,8260} * e^{-0,0815 * I / 1000} \quad (10.1e)$$

10.1.2 Vergelijking

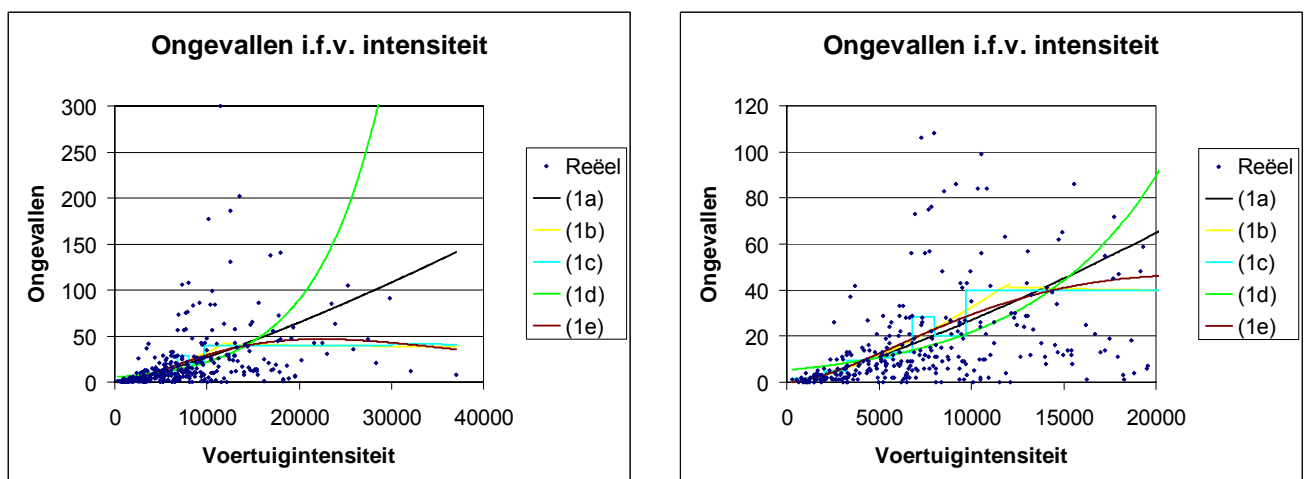
Voor elk van de 5 modellen worden de AIC, BIC en CAIC berekend op basis van de loglikelihood L_k , het aantal vrijheidsgraden d_k en het aantal observaties n. De resultaten worden weergegeven in tabel 10.1.

Aansluitend werd de correlatie berekend tussen het werkelijk aantal ongevallen en het aantal ongevallen berekend volgens de modellen (1a) t.e.m. (1e). Correlatie geeft de correlatiecoëfficiënt zoals berekend voor de verschillende modellen.

Model	N	d_k	L_k	AIC	BIC	CAIC	Correlatie
(1a)	321	3	18223,9306	-36441,9	-36430,5	-36427,5	0,35
(1b)		5	18231,5718	-36453,1	-36434,3	-36429,3	0,44
(1c)		11	18233,5849	-36445,2	-36403,7	-36392,7	0,45
(1d)		3	18189,5662	-36373,1	-36361,8	-36358,8	0,13
(1e)		4	18229,4244	-36450,8	-36435,8	-36431,8	0,43

Tabel 10.1: Vergelijking modellen op basis van AIC, BIC, CAIC en correlatie

Uit de resultaten blijkt dat model (1e) de beste fit geeft met de data. De fit is vergelijkbaar met deze van model (1b). Door de iets eenvoudigere vorm van model (1e) verdient dit de voorkeur. De correlatie tussen het werkelijk aantal ongevallen en het aantal ongevallen berekend volgens de verschillende modellen is het grootst voor model (1c). Het verschil met modellen (1b) en (1e) is beperkt. In figuur 10.1 worden de modelresultaten grafisch weergegeven. De meetpunten zijn ter vergelijking weergegeven.



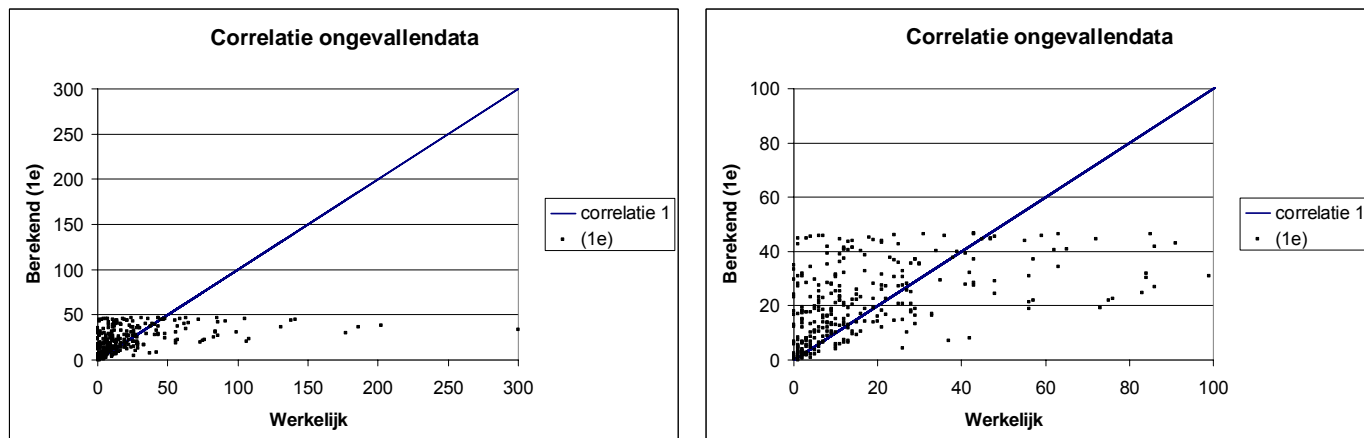
Figuur 10.1: Vergelijking modelresultaten met meetresultaten (figuur rechts is uitsnede van figuur links)

Op basis van figuur 10.1 is het duidelijk dat de modellen vrij goed samenvallen voor voertuigintensiteiten kleiner dan ongeveer 16.000 voertuigen per dag. Boven deze grens beginnen de modellen (1a) en (1d) te divergeren van de 3 overige. Vooral het exponentiële model (1d) divergeert boven deze grens zeer snel tot onrealistisch hoge waarden voor het aantal ongevallen.

Wanneer we de gevonden correlatiecoëfficiënten uit tabel 10.1 vergelijken met deze uit tabel 4.1 merken we dat de kwaliteit sterk toeneemt wanneer ook de lengte van de doortocht opgenomen is in het model. Dit viel uiteraard te verwachten.

10.1.3 Modelprestaties

In figuur 10.2 wordt de correlatie tussen het werkelijk aantal ongevallen en het berekend aantal ongevallen (volgens (1e)) weergegeven.



Figuur 10.2: Vergelijking modelresultaten met meetresultaten volgens model 1e (figuur rechts is uitsnede van figuur links)

Het aantal ongevallen voor doortochten waar momenteel veel ongevallen gebeuren wordt door het model onderschat. Hier spelen waarschijnlijk andere elementen mee die niet zijn opgenomen in het model. We kunnen besluiten dat een model dat enkel voertuigintensiteit hanteert als verklarende variabele ontoereikend is.

10.1.4 Besluit

Het verschil tussen modellen (1b) en (1e) is beperkt (AIC, BIC, CAIC en correlatiefactor zijn vergelijkbaar, wat ook duidelijk wordt in de grafieken van figuur 10.1). Het model (1e) is evenwel iets eenvoudiger aangezien geen voorwaarde is opgenomen in het model.