

# **Samenhang tussen ongevallenrisico, snelheid en wegkenmerken op 80km/uur- wegen**

Dr. L.T. Aarts & drs. I.N.L.G. van Schagen

R-2006-11



## **Samenhang tussen ongevallenrisico, snelheid en wegkenmerken op 80km/uur- wegen**

Een steekproefstudie

## Documentbeschrijving

Rapportnummer:	R-2006-11
Titel:	Samenhang tussen ongevallenrisico, snelheid en wegkenmerken op 80km/uur-wegen
Ondertitel:	Een steekproefstudie
Auteur(s):	Dr. L.T. Aarts & drs. I.N.L.G. van Schagen
Projectleider:	Drs. I.N.L.G. van Schagen
Projectnummer SWOV:	39.210
Trefwoord(en):	Accident rate, speed, offender, main road, width, layout, regression analysis, region, Netherlands.
Projectinhoud:	Deze verkennende studie is uitgevoerd met gegevens uit een eerder onderzoek. In een analyse van 32 wegen in Friesland is gekeken naar het verband tussen het ongevallenrisico en verschillende kenmerken van de weg en van de rij snelheden. Wat de wegkenmerken betreft, is gekeken naar de breedte van de weg en het aantal afslagen per kilometer weglengte. De snelheidsgegevens betroffen de gemiddelde snelheid, de spreiding in snelheid, het percentage overtreeders (> 87 km/uur), en het percentage zware overtreeders (> 117 km/uur).
Aantal pagina's:	28 + 2
Prijs:	€ 8,75
Uitgave:	SWOV, Leidschendam, 2007

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

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV  
Postbus 1090  
2260 BB Leidschendam  
Telefoon 070 317 33 33  
Telefax 070 320 12 61  
E-mail [info@swov.nl](mailto:info@swov.nl)  
Internet [www.swov.nl](http://www.swov.nl)

## Samenvatting

In deze verkennende studie is de relatie tussen ongevalrisico, snelheid en enkele wegkenmerken op 80km/uur-wegen onderzocht. Deze studie is uitgevoerd met snelheids- en ongevalldata die we tot onze beschikking hadden uit een ander onderzoek ('Fryske Diken', SWOV-rapport R-2003-27) en wegkenmerken die we relatief gemakkelijk konden achterhalen. Deze data zijn geanalyseerd met een 'cross-sectioneel' onderzoeksontwerp, waarbij gekeken is naar het verband tussen verschillende kenmerken (van de rijsnelheden en de weg) en het ongevalrisico.

Van 32 wegen, alle in de provincie Friesland, zijn de ongevalgegevens en snelheidsgegevens over zeven jaar (1997 t/m 2003) bij elkaar genomen en geanalyseerd. Daarnaast waren er gegevens over de wegbreedte en afslagdichtheid (het aantal afslagen per kilometer weglengte). De snelheidsgegevens betroffen de gemiddelde snelheid, de spreiding in snelheid (de standaardafwijking in rijsnelheden), het percentage overtreders (> 87 km/uur), en het percentage zware overtreders (> 117 km/uur). Van de ongevalgegevens is het ongevalrisico geanalyseerd; dit risico is gedefinieerd als het aantal ongevallen per voertuigkilometer. Er is zowel gekeken naar het totale ongevalrisico (inclusief ongevallen zonder letsel) als naar het letselongevalrisico (ongevallen met slachtoffers).

De analyses zijn nagenoeg allemaal uitgevoerd met lineaire regressie-analyse. Met deze techniek kan het lineaire verband tussen verschillende variabelen worden beschreven. Uit de analyses blijkt dat het totale ongevalrisico op deze 80km/uur-wegen met een geslotenverklaring hoger is op wegen met een grotere afslagdichtheid, op smallere wegen, en op wegen met een lagere gemiddelde snelheid. In combinatie met deze factoren, blijkt het ongevalrisico ook hoger te zijn op wegen met een groter percentage snelheidsovertreders.

Het letselongevalrisico blijkt vooral hoger op smalle wegen en op wegen met een lagere gemiddelde snelheid. In combinatie met deze factoren is het letselongevalrisico ook hoger op wegen met een grotere spreiding in snelheid.

In tegenstelling tot bevindingen uit ander onderzoek, vonden we in deze studie geen directe relatie tussen wegkenmerken zoals wegbreedte en snelheid. Snelheidsvariabelen bleken onderling wel sterk samen te hangen: hogere gemiddelde snelheid is gerelateerd aan grotere spreiding in snelheid en grotere percentages (zware) overtreders. Zowel wegkenmerken als snelheid blijken op hun eigen wijze samen te hangen met variaties in ongevalrisico's. Ze zijn beide dus van belang om zicht te krijgen op de grootte van ongevalrisico's op wegen. We concluderen op basis van de bevindingen dat er zeer waarschijnlijk nog andere aspecten van de weginrichting en -omgeving en mogelijk ook verschillende typen verkeersdeelnemers een rol spelen dan in deze verkennende studie konden worden geanalyseerd. We doen tevens aanbevelingen voor vervolgonderzoek.

# Summary

## **The relation between crash rate, speed and road features on 80 km/h roads; a cross-sectional study**

This exploratory study investigates the relation between crash rate, speed, and several features of 80 km/h roads. We carried out this study with driving speed and crash data available to us from another study (SWOV report R-2003-27) and road features that we could relatively easily retrieve. We analysed this data using a cross sectional design in which we examined the relation between various driving speed characteristics and road features, and crash rates.

The crash and speed data were derived from 32 roads in the Province of Friesland, for the 1997-2003 period. They were brought together and analysed. We also used data on the road width and junction density, i.e. the number of exits per kilometre. The speed data consisted of the average speed, the speed distribution i.e. the standard deviation of driving speeds, the percentage of offenders (> 87 km/h), and the percentage greatly exceeding the limit (>117 km/h). The crash rate was defined as 'the number of crashes per vehicle kilometre'. We looked at the total crash rate, including material damage only crashes, as well as the injury crash rate i.e. casualty crashes.

Practically all analyses were carried out using linear regression analysis. The linear relation between different variables can be described with this technique. The analyses showed that the total crash rate on these limited access 80 km/h roads is higher on roads with a greater junction density, on narrower roads, and on roads with a lower average speed. Combined with these factors, the crash rate is also higher on roads with a higher percentage of speeding offenders.

The injury crash rate was especially higher on narrow roads and on roads with a lower average speed. Combined with these factors, the injury crash rate is also higher on roads with greater speed distribution.

Contrary to results of other studies, this study showed no direct relation between road features, such as road width, and speed. The mutual relation of speed variables, however, is strong: higher average speed goes together with greater speed distribution and higher percentages of offenders greatly exceeding the limit. Road features as well as speed go together in their own way with variations in crash rates. They are thus both important for gaining insight in how large crash rates on roads are. Based on these results, we conclude that there may be more aspects of the road design and environment, and possibly also different road user types that play a role, than those that we analysed in this exploratory study. We also make recommendations for future studies.

# Inhoud

<b>1. Inleiding</b>	<b>7</b>	
1.1. Methodologische aspecten	7	
1.2. Bevindingen uit eerdere relevante studies	8	
1.2.1. Hoe beïnvloeden snelheid en de wegomgeving de kans op een ongeval?	8	
1.2.2. Hoe beïnvloedt de omgeving de snelheid?	8	
1.2.3. Bevindingen uit eerder cross-sectioneel onderzoek	9	
1.3. De huidige studie	10	
<b>2. Methode</b>	<b>12</b>	
2.1. De wegvakken	12	
2.2. Gegevens	13	
2.2.1. Wegkenmerken	13	
2.2.2. Snelheden	13	
2.2.3. Ongevallenrisico	14	
<b>3. Resultaten</b>	<b>16</b>	
3.1. Eenvoudige verbanden	16	
3.1.1. Verband tussen snelheid en wegkenmerken	16	
3.1.2. Verband tussen snelheid en wegkenmerken enerzijds en ongevallenrisico anderzijds	17	
3.2. Complexere verbanden	18	
3.2.1. Verband tussen snelheid en ongevallenrisico	18	
3.2.2. Verband tussen wegkenmerken, snelheid en ongevallenrisico	20	
3.3. Samenvatting van relatie van wegkenmerken, snelheid en risicomaten	20	
<b>4. Discussie en aanbevelingen</b>	<b>22</b>	
4.1. Samenvatting van en discussie over de resultaten	22	
4.1.1. Bevindingen ten aanzien van hogere snelheid en ongevallenrisico	22	
4.1.2. Samenhang tussen wegkenmerken, snelheidsvariabelen en ongevallenrisico	23	
4.2. Aanbevelingen voor volgend onderzoek	24	
<b>Literatuur</b>	<b>26</b>	
<b>Bijlage</b>	<b>Geselecteerde wegvakken</b>	<b>29</b>





# 1. Inleiding

Het ongevalrisico in het verkeer wordt door vele factoren beïnvloed. Snelheid is hierbij een hele belangrijke, en in het verkeer altijd aanwezige factor. Binnen het onderzoeksprogramma 2003-2006 is de relatie tussen snelheid en ongevalrisico dan ook een van de te onderzoeken onderwerpen. Hiertoe is als eerste een literatuurstudie uitgevoerd (Aarts, 2004; zie ook Aarts & Van Schagen, 2006). Deze studie heeft in kaart gebracht wat er zoal uit diverse internationale studies naar de relatie tussen snelheid en ongevalrisico bekend is. De belangrijkste conclusie hieruit is dat de relatie tussen snelheid en ongevalrisico gecompliceerder is dan je op het eerste gezicht zou denken. Een van de complicerende factoren is dat wegkenmerken een belangrijke rol blijken te spelen.

Uit een ander project, dat de invloed van geïntensiveerd politietoezicht op wegen buiten de bebouwde kom in Friesland heeft onderzocht (zie Goldenbeld et al., 2004), waren snelheids- en ongevalldata beschikbaar van met name 80km/uur-wegen in het betreffende gebied. De snelheidsgegevens waren afkomstig van meetlussen van de provincie en het Bureau Verkeershandhaving van het Openbaar Ministerie (BVOM). Het leek ons interessant met deze data een verkennende studie uit te voeren naar de relatie tussen snelheid en ongevalrisico op deze wegen. Daarbij hebben we ook een aantal mogelijk relevante en redelijk snel beschikbare wegkenmerken in het onderzoek betrokken.

De volgende paragrafen bespreken welke methode we voor de beschikbare data hebben gekozen (§1.1) en wat de te verwachten uitkomsten zijn op basis van soortgelijk onderzoek in het buitenland (§1.3). De laatste paragraaf (§1.3) bespreekt concreter wat en hoe er is onderzocht.

## 1.1. Methodologische aspecten

In de al genoemde literatuurstudie van Aarts (2004) is ook geïnterpreteerd welke onderzoeksmethoden zich voor welk type onderzoek naar snelheid en ongevalkans het beste lenen. Hierin wordt geconcludeerd dat zelf-rapportage studies niet erg betrouwbaar zijn om inzicht te krijgen in de relatie tussen rijnsnelheid en betrokkenheid bij ongevallen. Studies die gemeten snelheden aan geregistreerde ongevalgegevens koppelen zijn daartoe beter in staat. Verder is de ideale onderzoeksmethode afhankelijk van de specifieke onderzoeksvraag: gaat het om de relatie tussen individuele voertuigsnelheid en ongevalrisico of om de relatie tussen gemiddelde snelheid van voertuigen op een wegvak en ongevalrisico?

De eerste onderzoeksvraag is het beste te beantwoorden met een casus-controleaanpak waarbij gegevens van individuele voertuigen worden betrokken. De data die wij tot onze beschikking hebben lenen zich alleen voor het beantwoorden van de vraag wat de relatie is tussen ongevalrisico en snelheid *op wegvakniveau*. Hiervoor zou een voor-nastudie met goede controlewegen ter vergelijking een aan te bevelen methode zijn, voor zover het gaat om het evalueren van een interventie zoals een limietwijziging of extra politietoezicht. Aangezien we reeds geconstateerd hadden dat wegkenmerken van belang zijn voor de relatie tussen snelheid en

ongevallenrisico wilden we deze in het onderzoek betrekken. Om dit te kunnen doen, is een cross-sectionele analyse de beste methode. Dit is een techniek waarbij gekeken wordt in hoeverre verschillende kenmerken (dus zowel wegkenmerken als snelheidskenmerken) een relatie vertonen met een bepaalde afhankelijke variabele (in dit geval ongevalrisico). Het gebruik van een correlatieve techniek (regressieanalyse) levert dan gekwantificeerde relaties op tussen de verschillende factoren. Overigens zeggen deze relaties niets over *oorzaak* en *gevolg*.

## 1.2. Bevindingen uit eerdere relevante studies

Snelheid heeft op twee manieren invloed op de verkeersveiligheid. Ten eerste is snelheid van invloed op de *kans* om bij een ongeval betrokken te raken. Bij hogere snelheden hebben voertuigen een langere remweg en zijn ze minder goed onder controle te houden. Ook speelt op verschillende manieren de omgeving een rol bij de kans op een ongeval.

Ten tweede is snelheid van invloed op de *ernst* van een ongeval. Hoe hoger de botsnelheid, hoe meer bewegingsenergie er geabsorbeerd moet worden. Dit absorberingsproces kan letsel veroorzaken, vooral naarmate de betrokken verkeersdeelnemers minder goed beschermd zijn.

### 1.2.1. Hoe beïnvloeden snelheid en de wegomgeving de kans op een ongeval?

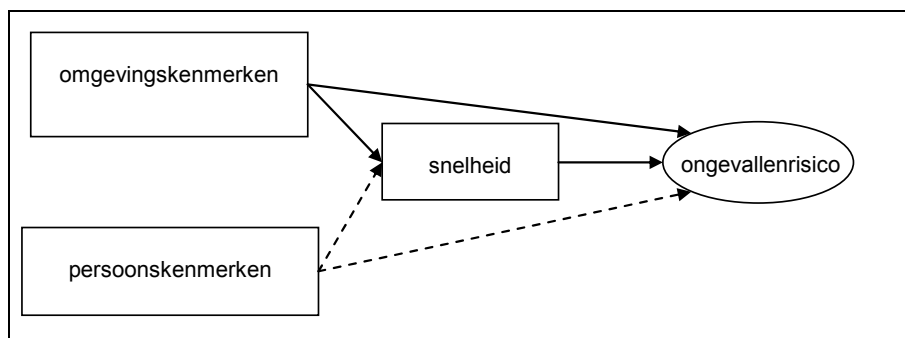
De kans op een ongeval blijkt bij hogere snelheid ook afhankelijk te zijn van de omgeving. Dit komt doordat weggebruikers bij hogere snelheden minder tijd hebben om op informatie uit de omgeving te reageren. Tevens moeten ze meer informatie per tijdseenheid verwerken. Indien die hoeveelheid informatie wordt beperkt en de afstand tot objecten waar men tegenaan kan botsen wordt verruimd (zoals bijvoorbeeld het geval is op autosnelwegen), dan kan op een dergelijke weg relatief veilig hard gereden worden. Het gaat er dus om dat de snelheid gepast is voor de betreffende omgeving.

Uit onderzoek blijkt dan ook dat het ongevalrisico minder sterk toeneemt bij een hogere snelheid op hogere orde wegen (zoals bijvoorbeeld autosnelwegen) dan op lagere orde wegen (zoals wegen binnen de bebouwde kom; zie bijvoorbeeld Kloeden et al., 1997; 2001; Taylor et al., 2000). Op een gedetailleerder niveau blijkt de relatie tussen ongevalrisico en snelheid ook af te hangen van de kenmerken van het verkeer op de wegen (zoals de verkeersintensiteit) en de eigenschappen van de wegen zelf (zoals wegbreedte en de dichtheid van afslagen; zie bijvoorbeeld Baruya, 1998; Taylor et al., 2000).

Overigens is niet alleen een hogere snelheid in verband gebracht met een verhoogde kans op een ongeval. Ook een grote spreiding in snelheid is gerelateerd aan een verhoogde ongevalkans (zie voor een overzicht Aarts, 2004; Aarts & Van Schagen, 2006).

### 1.2.2. Hoe beïnvloedt de omgeving de snelheid?

Zowel het ongevalrisico als de snelheid worden beïnvloed door kenmerken van de wegomgeving en ook door kenmerken van weggebruikers (zie bijvoorbeeld Goldenbeld et al., 2006; zie *Afbeelding 1.1*).



Afbeelding 1.1. Schematische weergave van de relaties tussen ongevalrisico en snelheid, inclusief de invloeden daarbij van omgevings- en persoonskenmerken. In dit onderzoek worden de verbanden onderzocht die met doorgetrokken lijnen zijn aangegeven.

Mensen die van nature een sterke behoefte hebben aan sensatie, zullen eerder geneigd zijn hard te rijden dan mensen die een rustiger karakter hebben (zie Goldenbeld et al., 2006). Onderzoek wijst tevens uit dat sensatiezoekers vaker bij ongevallen betrokken zijn (zie bijvoorbeeld Deffenbacher et al., 2003). Deze invloedsfactor laten we in dit verkennende onderzoek even buiten beschouwing.

Wat de wegomgeving betreft is bekend dat bijvoorbeeld bredere wegen hogere snelheden oproepen (zie bijvoorbeeld Davidse et al., 2004; Martens et al., 1997). Eerder zagen we dat bredere wegen echter wel veiliger hoge snelheden aankunnen dan smallere wegen. Daarnaast blijken ook wat lastig te kwantificeren factoren zoals het wegbeeld een effect te hebben op snelheid (zie bijvoorbeeld Goldenbeld et al., 2006). Dit geeft een beeld van de complexiteit van de relatie tussen snelheid en ongevalrisico. In de volgende paragraaf beschouwen we nader eerder uitgevoerd onderzoek dat deze relaties meer integraal in kaart heeft gebracht.

### 1.2.3. Bevindingen uit eerder cross-sectioneel onderzoek

Zoals in §1.1 beschreven, is cross-sectioneel onderzoek geschikt om diverse relaties tussen verschillende samenhangende variabelen in kaart te brengen. In het buitenland zijn een paar van dergelijke studies in relatie tot snelheid en ongevallen eerder uitgevoerd (Baruya, 1998; Garber & Gadiraju, 1989; Taylor et al., 2000). Met name de studie van Baruya is in het licht van het voorgaande interessant om hier nader te bespreken, omdat in deze studie de invloed van een aantal omgevingskenmerken is meegenomen.

Baruya voerde een cross-sectioneel onderzoek uit met data van enkelbaanswegen buiten de bebouwde kom in Engeland, Zweden, Nederland en Portugal. Dit zijn in principe allemaal vergelijkbare wegen die echter in de verschillende landen een andere snelheidslimiet (en daarmee ook andere snelheid) hebben. Naast gegevens over snelheid (zoals de gemiddelde snelheid, het percentage overtreders en de snelheidslimiet) werden ook wegkenmerken in het onderzoek betrokken, zoals wegbreedte, aantal afslagen, verkeersintensiteit en weglengte. Overigens was in dit geval de afhankelijke variabele de ongevalfrequentie (aantal ongevallen per jaar) op de betreffende wegen en niet het ongevalrisico (waarin ook de weglengte en de verkeersintensiteit zijn verrekend).

In het model dat Baruya met al deze gegevens fitte, bleken de gegevens van Portugal echter niet goed te passen. Dit had mogelijk te maken met een niet-vergelijkbare kwaliteit van het verkeers- en vervoerssysteem. Verder was opmerkelijk dat op wegen met een hogere gemiddelde snelheid de ongevallenfrequentie in het algemeen lager was, zelfs indien dus de invloed van de verschillende eerdergenoemde wegkenmerken in het model werden meegenomen. Wel bleken hogere percentages overtreders van de snelheidslimiet en hogere snelheidslimieten op de wegen gerelateerd te zijn aan een hogere ongevallenfrequentie. Wat de wegkenmerken betreft bleken, conform vele andere studies, bredere wegen tot een lagere ongevallenfrequentie te leiden. Indien een weg meer afslagen telde bleek de ongevallenfrequentie juist hoger, wat logisch is vanuit de gedachte dat een weg hierdoor meer potentiële conflictpunten heeft. Verder leidden ook een hogere verkeersintensiteit en langere wegen tot een hogere ongevallenfrequentie. Dit is een bekend gegeven en deze kenmerken worden daarom vaak verdisconteerd in een risicomaat.

De studie van Baruya levert dus soms wat opmerkelijke bevindingen, in dit geval ten aanzien van gemiddelde snelheid en ongevallen. Dit kan enerzijds te maken hebben met het feit dat de afhankelijke variabele niet het ongevallenrisico betrof maar het aantal ongevallen. Daarnaast spelen allerlei andere kenmerken een rol die met elkaar samenhangen. We willen nader bekijken hoe dit zit aan de hand van de data die wij ter beschikking hadden.

### 1.3. De huidige studie

Op basis van bovengenoemde bevindingen en de data die we ter beschikking hebben is in deze verkennende studie gekeken naar de specifieke, kwantitatieve relatie tussen snelheid en ongevallenkans op 80km/uur-wegen in Nederland. Om precies te zijn betreft het hier 80km/uur-wegen waarop landbouwverkeer en/of (brom)fietsverkeer niet is toegestaan (geslotenverklaring). Alle onderzochte wegen zijn gelegen in de provincie Friesland en we analyseren alleen de gegevens over gemotoriseerd snelverkeer.

Met een cross-sectionele methode gaan we in dit onderzoek na hoe de samenhang is tussen ongevallenrisico, snelheid en omgevingskenmerken. Daarbij kijken we eerst naar de afzonderlijke relaties tussen omgevingskenmerken en ongevallenrisico, tussen snelheidskenmerken en ongevallenrisico en naar de relatie tussen snelheids- en wegkenmerken onderling. Daarna kijken we hoe het ongevallenrisico in complexere zin samenhangt met verschillende snelheidsfactoren en met combinaties van weg- en snelheidskenmerken. Door naar deze combinatie te kijken kunnen we erachter komen in welke mate een factor (bijvoorbeeld snelheid) afzonderlijk nog bijdraagt aan variatie in het ongevallenrisico als ook de bijdrage van andere factoren (zoals wegkenmerken) wordt meegenomen. Daarnaast kunnen we zo ook kijken welke factoren het meest samenhangen met variaties in ongevallenrisico die op de onderzochte wegen bestaan.

De relaties tussen de verschillende kenmerken zullen door de gebruikte methode een beschrijvend model opleveren met de algemene vorm:

$$Risico = \exp(constante + gewicht(variabele_1) + \dots + gewicht(variabele_n))$$

waarbij de variabelen snelheidsfactoren en/of wegkenmerken zijn.

De snelheidsparameters die in dit onderzoek zijn meegenomen betreffen de gemiddelde wegvaksnelheid, de spreiding in snelheid (standaarddeviatie over 24 uur) en de percentages overtreders en zware overtreders (respectievelijk meer dan 7 en 17 km/uur boven de snelheidslimiet). We verwachten in principe dat wegen waar gemiddeld harder wordt gereden, en die een grotere spreiding in snelheid en percentage overtreders kennen, een hoger ongevalrisico hebben. Dit zou conform de uitkomsten van de meeste studies naar snelheid en ongevalrisico zijn (zie voor een overzicht Aarts & Van Schagen, 2006). Omdat we echter de relatie met verschillende factoren in het onderzoek betrekken en deze factoren dus niet constant zijn voor de verschillende wegen, is het ook mogelijk dat we net als Baruya (1998) vinden dat wegen met een hogere gemiddelde snelheid juist een lager ongevalrisico kennen.

De wegkenmerken die in dit onderzoek zijn meegenomen zijn wegbreedte en afslagdichtheid. Hierbij is de redenering dat bredere wegen en wegen met een kleinere afslagdichtheid tot een lager ongevalrisico leiden, zoals ook Baruya (1998) vond. Verklaringen hiervoor zijn respectievelijk de grotere hoeveelheid ruimte waardoor verkeersdeelnemers kleine foutjes nog kunnen herstellen en het kleinere aantal momenten waarop men kruisend en dus conflicterend verkeer kan tegenkomen. Daarentegen verwachten we dat op bredere wegen harder wordt gereden (meer ruimte omdat obstakels verder weg zijn) en de variatie in snelheid groter is (meer vrijheid om snelheid zelf te kiezen). Hetzelfde verwachten we voor wegen met een kleinere afslagdichtheid, omdat men minder wordt opgehouden door en minder hoeft uit te kijken voor dwarsverkeer. Deze hogere snelheden zouden juist weer tot hogere ongevalrisico's kunnen leiden.

Gezien de hierboven geformuleerde verwachtingen over de invloed van wegkenmerken in combinatie met snelheid op het ongevalrisico, is het dus de vraag welke van de verwachte relaties dominant is en het netto-effect bepaalt.

Het vervolg van dit rapport beschrijft de gebruikte data en de gehanteerde methode (*Hoofdstuk 2*), geeft de resultaten van de analyses (*Hoofdstuk 3*) en sluit af met conclusies en aanbevelingen (*Hoofdstuk 4*).

## 2. Methode

### 2.1. De wegvakken

In deze empirische studie zijn gegevens van ongevallen, snelheid en enkele wegkenmerken geanalyseerd. De gegevens hebben betrekking op 32 Friese wegen met een snelheidslimiet van 80 km/uur en een geslotenverklaring voor (brom)fietsers en/of landbouwverkeer (zie *Afbeelding 2.1* en *Bijlage*). Van 5 van de 37 wegvakken in de oorspronkelijke dataset bleken geen snelheidsgegevens voorhanden. Omdat al deze wegvakken in het verlengde liggen van een wegvak uit de selectie waarvan wel snelheidsgegevens beschikbaar zijn, zijn deze aaneengesloten wegvakken als één wegvak opgevat. Daarbij zijn de gegevens (zoals ongevalldata en weglengte) van wegvakken zonder snelheidsgegevens toegevoegd aan die van het wegvak met snelheidsgegevens. Hierdoor zijn in een aantal gevallen de snelheidsgegevens van een bepaald wegvak dus gebruikt als een indicatie van de snelheid op een langer traject van aaneengesloten wegvakken (zie *Bijlage*). Voor elke weg zijn gegevens (snelheid en ongevallen) over een periode van zeven jaar gebruikt (1997-2003).

De volgende paragrafen bevatten de details van de data en de uitgevoerde analyses.



Afbeelding 2.1. Kaart van de provincie Friesland met daarop de geselecteerde 80km/uur-wegen met geslotenverklaring op basis waarvan de analyses zijn uitgevoerd (vet gedrukt). De dunnere lijnen zijn de overige wegen.

## 2.2. Gegevens

### 2.2.1. Wegkenmerken

Van elke weg zijn de volgende fysieke kenmerken bekend (PlanetGIS):

- wegbreedte ter hoogte van de meetlus (van 5,2 tot 7,5 m);
- afslagdichtheid (van 0,4 tot 4,2 afslagen per kilometer weg).

De afslagdichtheid van de wegvakken is berekend door het aantal afslagen per weglengte te nemen. Daarbij is een kruising als twee afslagen geteld en een T-splitsing (┌ of └) als één afslag.

De wegkenmerken zijn overeenkomstig de situatie in 2004. We zijn er daarbij van uitgegaan dat er in de periode 1997-2003 op 80km/uur-wegen niet heel veel veranderd is in de afslagdichtheid en niets aan de wegbreedte (ter hoogte van de meetlussen).

### 2.2.2. Snelheden

De snelheidsgegevens zijn bepaald aan de hand van meetlusgegevens (zie voor details over de meetlussen ook Goldenbeld et al., 2004). Deze zijn aan de SWOV ter beschikking gesteld door de provincie Friesland en het BVOM. Per wegvak (of samengesteld wegvak, zie *Bijlage*) zijn er gegevens van één meetlus beschikbaar. De snelheidsgegevens uit de meetlus zijn opgeslagen in verschillende snelheidsklassen als voertuigintensiteiten (aantal voertuigen per tijdseenheid). De indeling van deze snelheidsklassen is afhankelijk van de beheerder van de meetlus:

- Klassenbreedte van 10 km/uur (10 klassen; BVOM) waaraan nog een aparte klasse is toegevoegd om het percentage overtreders van de wettelijke snelheidslimiet vast te kunnen stellen. Aangezien op 80km/uur-wegen de wettelijke overtredingslimiet op 87 km/uur is gesteld, is dit de ondergrens van deze klasse.
- Klassenbreedte van 5 km/uur (20 klassen; provincie), waaraan geen aparte overtredingsklasse is toegevoegd. Deze kan alleen worden berekend door interpolatie van het aantal voertuigen in de snelheidsklasse waar de overtredingsgrens in ligt.

Snelheidsgegevens ingedeeld in klassen brengen een aantal problemen met zich mee. Ten eerste is het bereik van de hoogste klasse niet bekend (de laagste klasse heeft dit probleem niet omdat deze per definitie een ondergrens heeft van 0 km/uur). Immers, alle voertuigen die sneller dan de ondergrens van de hoogste klasse rijden, worden in deze klasse meegeteld, of ze nu een klein beetje of heel erg veel boven deze ondergrenssnelheid rijden. Een tweede probleem van het gebruik van snelheidsklassen is dat niet te achterhalen is hoe snel voertuigen precies reden; we weten slechts dat ze een snelheid hadden die tussen de onder- en bovengrens lag van de snelheidsklasse waarin ze zijn meegeteld.

Deze punten hebben consequenties voor het berekenen van gemiddelde snelheden en van de spreiding in rijnsnelheden (standaarddeviaties). Zo is het binnen snelheidsklassen – en helemaal bij de hoogste en laagste snelheidsklassen – onbekend hoe de snelheidsverdeling heeft gelegen. Om de gegevens uit de snelheidsklassen naar analyseerbare snelheidsmaten om te kunnen zetten, hebben we dus eerst een aanname moeten doen over de verdeling van de snelheid binnen iedere klasse. In dit geval is

aangenomen dat de verdeling van snelheden binnen een klasse uniform is, wat wil zeggen dat er binnen een bepaalde snelheidsklasse evenveel voertuigen waren die 1, 2, 3 enzovoort km/uur sneller reden dan de ondergrens van de klasse.

Bij het verwerken van de data uit de snelheidsklassen naar voor analyse geschikte snelheidsmaten, is eerst gekeken in hoeverre de data fouten bevatten, bijvoorbeeld door verkeerde tussentijdse handmatige instellingen van de meetapparatuur of verschuivingen van winter- en zomertijd. Hiervoor is een foutendetectieprogramma gebruikt zoals beschreven in Goldenbeld et al. (2004). Dit foutendetectieprogramma verwijdert ten eerste de meetlusgegevens (verkeersintensiteiten) die verder afwijken van de gemiddelde intensiteit dan zes keer de standaarddeviatie. De overblijvende verkeersintensiteiten worden vervolgens geplot en op het oog wordt bepaald welke daarvan een fout bevatten en dus niet moeten worden gebruikt in het onderzoek. Deze procedure wordt een aantal malen met de resterende data herhaald. Ten tweede test het foutendetectieprogramma of de snelheidsgegevens als een normale verdeling kunnen worden beschouwd. Indien dit niet het geval is, worden de betreffende gegevens als fout aangemerkt en niet in de verdere analyse meegenomen.

De snelheidsmaten per wegvak, die we in deze analyses hebben gebruikt zijn:

- de gemiddelde snelheid;
- de standaarddeviatie;
- het percentage overtreders (harder dan 87 km/uur); en
- het percentage zware overtreders (harder dan 117 km/uur).

Deze gegevens zijn alle gebaseerd op de gemiddelde waarde over 24 uur die weer gemiddeld is per jaar en uiteindelijk over de totale periode 1997-2003. Zie *Tabel 2.1* voor een indruk van de gegevens voor de diverse wegvakken.

Snelheidsmaat	Ondergrens	Bovengrens
Gemiddelde snelheid	68,3 km/uur	90,1 km/uur
Standaarddeviatie snelheid	8,9 km/uur	16,5 km/uur
Percentage overtreders (> 87 km/uur)	3,5%	51,2%
Percentage zware overtreders (> 117 km/uur)	0,2%	5,6%

*Tabel 2.1. Onder- en bovengrens van de gemiddelde snelheid, standaarddeviatie en percentage (zware) overtreders gemiddeld over de periode 1997-2003 en alle geanalyseerde wegvakken.*

### 2.2.3. Ongevallenrisico

De ongevalgegevens zijn afkomstig uit het bestand Ongevallen en Netwerk van de Adviesdienst Verkeer en Vervoer. Om alleen die ongevallen te selecteren die op de onderzochte wegvakken zijn gebeurd, zijn de locatiegegevens van de ongevallen geplot op een PlanetGIS-kaart (zie voor een uitgebreide beschrijving Goldenbeld et al., 2004). De afbakening van het gebied waarbinnen ongevallen zijn geselecteerd is in de lengterichting gebaseerd op de nummers van hectometerpalen en in de breedte gesteld op



ten hoogste 12 meter van het onderzochte wegvak. Het betreft alle ongevallen waarbij ten minste één gemotoriseerd voertuig (motoren, auto's, bestel- en vrachtauto's) betrokken was op zowel wegvakken als kruispunten. Verder is ook de ernst van het ongeval bekend (uitsluitend materiële schade, lichtgewond, zwaargewond, dood).

In totaal zijn er in de periode 1997-2003 1652 ongevallen met snelverkeer geregistreerd (minimaal 5 en maximaal 158 per wegvak). *Tabel 2.2* laat de onderverdeling naar ernst van de ongevallen zien.

Ernst van ongeval	Totaal aantal	Minimaal aantal per wegvak	Maximaal aantal per wegvak
Uitsluitend materiële schade (UMS)	1328	4	131
Lichtgewond	189	0	17
Zwaargewond	107	0	13
Dood	28	0	5

*Tabel 2.2. Overzicht van ongevallen met snelverkeer in periode 1997-2003 op de onderzochte wegvakken naar ernst van ongeval.*

Per wegvak is het ongevallenrisico (aantal ongevallen per voertuigkilometer) berekend uit het aantal ongevallen (per tijdseenheid) op dat wegvak en het aantal voertuigkilometers (per tijdseenheid) over dat wegvak. Het aantal voertuigkilometers per tijdseenheid is berekend door de wegvaklengte te vermenigvuldigen met de verkeersintensiteit (het aantal voertuigen per tijdseenheid).

De gegevens over de verkeersintensiteit waren afkomstig van de metingen. In de analyses is de verkeersintensiteit uitgedrukt in duizend voertuigen per 24 uur. Verder is het aantal ongevallen op een wegvak per zeven jaar (1997-2003) gebruikt. Het ongevallenrisico is berekend en geanalyseerd voor:

- a. het *totale ongevallenrisico*, gebaseerd op alle ongevallen, inclusief ongevallen met uitsluitend materiële schade. Deze ligt op de onderzochte wegvakken tussen 0,6 en 5,3 ongevallen in zeven jaar bij elke 1000 voertuigkilometers per dag.
- b. het *letselongevallenrisico*, gebaseerd op ongevallen met lichtgewonden, zwaargewonden en doden. Deze ligt op de onderzochte wegvakken tussen 0 en 1,9 ongevallen in zeven jaar bij elke 1000 voertuigkilometers per dag.

Om de ongevalldata vervolgens beter op een Gaussiaanse curve te doen lijken (de zogenaamde 'normaliteitseis' die gesteld wordt om bepaalde voor ons relevante analyses uit te kunnen voeren), is een logaritmische transformatie op het ongevallenrisico per wegvak gemaakt. Dit wil zeggen dat de natuurlijke logaritme van het ongevallenrisico per wegvak is berekend om de analyses mee uit te voeren. Om te voorkomen dat de logaritme van een getal kleiner of gelijk aan 1 moet worden genomen, is bij het letselongevallenrisico standaard 1 opgeteld alvorens de logaritmische transformatie uit te voeren.

### 3. Resultaten

In principe zijn alle analyses uitgevoerd met behulp van lineaire regressie. Dit is een methode om het lineaire verband tussen twee of meer variabelen vast te stellen. Deze methode levert bouwstenen voor een model dat de afhankelijke variabele (in dit geval risico) beschrijft met een constante en de ingevoerde onafhankelijke variabelen (in dit geval snelheids- en wegkenmerken). Ieder beschrijvend model levert een totale significantie (F-toets) en de significantie van de bijdrage van de verschillende onafhankelijke variabelen (t-toets). Om verschillende modellen met dezelfde afhankelijke variabele met elkaar te vergelijken, leent zich het beste de  $R^2$ -toets: hoe groter deze waarde, hoe meer variatie van de afhankelijke variabele wordt beschreven door de variabelen in het betreffende model.

#### 3.1. Eenvoudige verbanden

Als eerste hebben we gekeken naar de relaties tussen snelheid en wegkenmerken onderling. Hiervoor zijn Pearson-correlaties gebruikt in plaats van de wat uitgebreidere regressieanalyse. De reden hiervoor is dat correlaties snel op eenvoudige wijze inzicht geven in de lineaire relatie tussen twee variabelen.

Als tweede hebben we de afzonderlijke relaties van snelheidsvariabelen en wegkenmerken met ongevalrisico geanalyseerd met behulp van lineaire regressie.

##### 3.1.1. Verband tussen snelheid en wegkenmerken

Tabel 3.1 toont de lineaire verbanden (Pearson-correlaties) tussen de verschillende snelheidsvariabelen en wegkenmerken. Hieruit blijkt dat met name de snelheidsvariabelen onderling zeer sterk samenhangen: hogere gemiddelde snelheid, grotere spreiding in snelheid en grotere percentages overtreders gaan vaak samen. Verder vertoonden bredere wegen een trend om een kleinere spreiding in snelheden te hebben dan smallere wegen.

	Gemiddelde snelheid	SD snelheid	% overtreders	% zware overtreders	Afslagdichtheid
SD snelheid	0,62***				
% overtreders	0,94***	0,81***			
% zware overtreders	0,85***	0,80***	0,90***		
Afslagdichtheid	-0,11	0,11	-0,01	-0,08	
Wegbreedte	0,12	-0,33 <sup>□</sup>	-0,02	0,07	-0,24

Tabel 3.1 Correlaties tussen de snelheidsvariabelen en beschikbare wegkenmerken. \*\*\* =  $p \leq 0,001$ , \*\* =  $p \leq 0,01$ , \* =  $p \leq 0,05$ , <sup>□</sup> =  $p < 0,10$ ; tweezijdige significantie.

Overigens zijn met het relatief kleine aantal datapunten (32 per variabele) correlaties van 0,30 toch behoorlijk (zie Cohen, 1988). Door het kleine aantal datapunten worden de correlatiecoëfficiënten echter niet zo snel significant.

### 3.1.2. Verband tussen snelheid en wegkenmerken enerzijds en ongevallenrisico anderzijds

Met behulp van lineaire regressieanalyse hebben we gekeken in welke mate snelheidsfactoren en wegkenmerken afzonderlijk gerelateerd zijn met de variatie in het ongevallenrisico. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen het totale ongevallenrisico (UMS + alle letselernsten) en letselongevallenrisico (licht + zwaar + dodelijk letsel).

Tabel 3.2 en Tabel 3.3 tonen de resultaten van deze analyse voor (de logaritmische transformatie van) het totale ongevallenrisico. De resultaten zijn gepresenteerd in volgorde van aflopende sterkte van het verband tussen snelheidsfactor of wegkenmerk en de variatie in het ongevallenrisico. De gepresenteerde waarden passen in het volgende model:

$$\text{Risiko} = \exp(\text{constante} + \text{gewicht}(\text{variabele}))$$

LN(ongevallenrisico) Variabele	Gewicht of waarde van de constante	t <sub>(30)</sub>	Significantie	R <sup>2</sup>
Afslagdichtheid	0,32	3,50	0,001	0,29
Constante	-6,79	-36,25	0,000	
Wegbreedte	-0,49	-3,20	0,003	0,27
Constante	-2,93	-2,83	0,008	
Gemiddelde snelheid	-0,05	-2,97	0,006	0,23
Constante	-1,98	-1,39	-0,174	
% overtreeders	-0,01	-1,50	0,144	0,07
Constante	-5,94	-29,90	0,000	
% zware overtreeders	-0,10	-1,41	0,169	0,06
Constante	-6,04	-40,10	0,000	
SD snelheid	0,02	0,56	0,551	0,01
Constante	-6,50	-12,15	0,000	

Tabel 3.2. Gewichten, toetsingsgrootte en significantie per variabele en hun constante, waarmee de relatie met LN(ongevallenrisico) is te beschrijven. De R<sup>2</sup> is een maat voor hoe goed het totale model van verklarende variabele en constante de afhankelijke variabele beschrijft. De grijze cellen geven de niet-significante relaties aan.

Het totale ongevallenrisico (Tabel 3.2) blijkt in dit onderzoek (in volgorde van aflopende sterkte van het verband) alleen een relatie te vertonen met:

- afslagdichtheid;
- wegbreedte; en
- gemiddelde snelheid.

Het blijkt dat het risico groter is op wegen met een hogere afslagdichtheid, op smallere wegen en op wegen waar de gemiddelde snelheid lager is.

LN(letselongevallenrisico + 1) Variabele	Gewicht of waarde van de constante	t <sub>(30)</sub>	Significantie	R <sup>2</sup>
Wegbreedte	-0,18	-3,51	0,002	0,31
Constante	1,59	4,47	0,000	
Gemiddelde snelheid	-0,02	-2,19	0,036	0,14
Constante	1,60	2,83	0,008	
Afslagdichtheid	0,06	1,52	0,140	0,07
Constante	0,25	3,11	0,004	
% overtreders	-0,03	-1,26	0,219	0,05
Constante	0,42	7,29	0,000	
% zware overtreders	-0,00	-1,29	0,298	0,05
Constante	0,45	5,91	0,000	
SD snelheid	0,01	0,38	0,706	0,01
Constante	0,29	1,41	0,168	

Tabel 3.3. Gewichten, toetsingsgrootte en significantie per variabele en hun constante, waarmee de relatie met LN(letselongevallenrisico + 1) is te beschrijven. De R<sup>2</sup> is een maat voor hoe goed het totale model van verklarende variabele en constante de afhankelijke variabele beschrijft. De grijze cellen geven de niet-significante relaties aan.

Het letselongevallenrisico (Tabel 3.3) blijkt in dit onderzoek (in volgorde van aflopende sterkte van het verband) alleen een relatie te vertonen met:

- wegbreedte; en
- gemiddelde snelheid.

Ook hierbij geldt dat het risico hoger is op smallere wegen en op wegen waar de gemiddelde snelheid lager is.

### 3.2. Complexere verbanden

Na de afzonderlijke relaties tussen snelheidsfactoren, wegkenmerken en ongevallenrisico's te hebben geanalyseerd, gaan we in deze paragraaf in op samengestelde en dus complexere verbanden tussen deze variabelen. Deze zijn alle geanalyseerd met lineaire regressie, waarbij de verschillende onafhankelijke variabelen stapsgewijs aan het model zijn toegevoegd. Indien ze significant bleken, zijn ze in het model gehouden; zo niet, dan zijn ze weer verwijderd. We volstaan in deze paragraaf met het noemen van de variabelen die een significante relatie bleken te vertonen met het risico (afhankelijke variabele).

#### 3.2.1. Verband tussen snelheid en ongevallenrisico

Eerst is een beschrijvend model getoetst met alleen snelheid. Daarbij zijn de volgende snelheidsmaten ingevoerd:

1. gemiddelde snelheid;
2. standaarddeviatie van de snelheid;
3. percentage overtreders;
4. percentage zware overtreders.

In dit model bleek het (logaritmisch getransformeerde) totale ongevalrisico groter te zijn op wegen met lagere gemiddelde snelheid maar met een groter percentage overtreeders (indien gemiddelde snelheid ook in het model is opgenomen; zie *Tabel 3.4*).

LN(ongevalrisico)	Totale model: $F_{(2, 29)} = 14,27, p < 0,001$			
	Variabelen	Gewicht of waarde	$t_{(29)}$	Significantie
Constante	8,77	2,95	0,006	0,50
Gemiddelde snelheid $\bar{v}$	-0,20	-1,86	0,000	
% overtreeders $p$	0,06	1,47	0,000	

Tabel 3.4. Gewichten van de verschillende onafhankelijke variabelen in een beschrijvend model van LN(ongevalrisico) met snelheidsmaten. Van iedere variabele is de toetsingswaarde en significantie aangegeven, alsmede het bereik van de gefitte data.

Het beschrijvend model van het totale ongevalrisico ( $T$ ) op 80km/uur-wegen met een geslotenverklaring met alleen snelheidsmaten ziet er daarmee als volgt uit (voor de verklaring van de symbolen, zie *Tabel 3.4*):

$$T = \exp(8,77 - 0,20\bar{v} + 0,06p) \quad (1)$$

Indien we dezelfde analyses uitvoeren voor letselongevalrisico (logaritmisch getransformeerd), dan blijkt dat het risico van letselongevallen groter is op wegen met een lagere gemiddelde snelheid en grotere spreiding in snelheid (zie *Tabel 3.5*). De overige snelheidsvariabelen blijken niet significant bij te dragen aan de variatie in letselongevalrisico.

LN(letselongevalrisico +1)	Totale model: $F_{(2, 29)} = 12,29, p = 0,001$			
	Variabelen	Gewicht of waarde	$t_{(29)}$	Significantie
Constante	2,07	3,68	0,001	0,28
Gemiddelde snelheid $\bar{v}$	-0,03	-3,34	0,002	
SD snelheid $SD$	0,04	2,40	0,023	

Tabel 3.5. Gewichten van de onafhankelijke variabele in een beschrijvend model van LN(letselongevalrisico + 1) met snelheidsmaten. Van de variabele is de toetsingswaarde en significantie aangegeven, alsmede het bereik van de gefitte data.

Het beschrijvende model van het letselongevalrisico ( $L$ ) is daarmee als volgt:

$$L = \exp(2,07 - 0,03\bar{v} + 0,04SD) - 1 \quad (2)$$

### 3.2.2. Verband tussen wegkenmerken, snelheid en ongevalrisico

Vervolgens is een model getoetst met zowel snelheid als omgevingsfactoren. Hierbij zijn eerst de volgende variabelen in het model gestopt:

1. afslagdichtheid;
2. wegbreedte.

En vervolgens:

3. gemiddelde snelheid;
4. standaarddeviatie van de snelheid;
5. percentage overtreeders;
6. percentage zware overtreeders.

Het totale ongevalrisico blijkt groter op smallere wegen, daarnaast ook op wegen met een grotere afslagdichtheid, op wegen waar gemiddeld met een lagere snelheid wordt gereden, en op wegen met een groter percentage overtreeders (zie *Tabel 3.6*). Spreiding in snelheid en het percentage zware overtreeders blijken niet bij te dragen aan het voorspellen van het ongevalrisico.

LN(ongevalrisico)	Totale model: $F_{(4, 25)} = 11,69, p < 0,001$			
	Variabelen in model	Gewicht of waarde	$t_{(25)}$	Significantie
Constante	-5,33	2,00	0,057	0,65
Wegbreedte $b$	-0,24	-1,99	0,058	
Afslagdichtheid $a$	0,19	2,71	0,012	
Gemiddelde snelheid $\bar{V}$	-0,14	-3,58	0,001	
% overtreeders $p$	0,04	2,77	0,010	

*Tabel 3.6. Gewichten van de verschillende onafhankelijke variabelen in een beschrijvend model van LN(ongevalrisico) met omgevingsfactoren en snelheidsmaten. Van iedere variabele is de toetsingswaarde en significantie aangegeven, alsmede het bereik van de gefitte data.*

Het model van het ongevalrisico ( $T$ ) op 80km/uur-wegen met een geslotenverklaring met wegkenmerken en snelheidsmaten ziet er als volgt uit (voor de verklaring van de symbolen, zie *Tabel 3.6*):

$$T = \exp(-5,33 - 0,24b + 0,19a - 0,14\bar{v} + 0,04p) \quad (3)$$

Het letselongevalrisico blijkt met deze uitgebreidere analyse alleen een verband te vertonen met wegbreedte. Dit model hebben we reeds gezien in *Tabel 3.3* en ziet er dus als volgt uit:

$$L = \exp(1,59 - 0,18b) - 1 \quad (4)$$

### 3.3. Samenvatting van relatie van wegkenmerken, snelheid en risicomaten

Uit de voorgaande analyses blijkt dat de meeste variatie van het (logaritmisch getransformeerde) ongevalrisico het beste wordt beschreven door een combinatie van wegkenmerken (wegbreedte en afslagdichtheid) en

snelheidsfactoren (gemiddelde snelheid en percentage overtreeders; zie *Tabel 3.7*). Een samengesteld model met alleen snelheid beschrijft iets minder variatie in het risico, maar toch nog steeds een behoorlijk deel. Modellen met slechts één variabele die de variatie in ongevalrisico beschrijft doen het een stuk minder goed, maar afslagdichtheid, wegbreedte en gemiddelde snelheid leveren wel significante modellen op. Ook hier doen de wegkenmerken het iets beter dan snelheid.

LN(ongevallenrisico) (Set van) onafhankelijke variabelen	R <sup>2</sup>
Wegbreedte, afslagdichtheid, gemiddelde snelheid en % overtreeders	0,65
Gemiddelde snelheid en % overtreeders	0,50
Afslagdichtheid	0,29
Wegbreedte	0,27
Gemiddelde snelheid	0,23

*Tabel 3.7. Mate waarin de genoemde (set van) onafhankelijke variabele(n) gerelateerd zijn aan de variatie van het (logaritmisch getransformeerde) ongevalrisico. Dit wordt uitgedrukt in R<sup>2</sup>. Hoe hoger deze waarde, hoe beter.*

Vatten we de analyses van het (logaritmisch getransformeerde) letselongevalrisico samen, dan blijkt hieruit toch een wat ander patroon dan dat bij het totale ongevalrisico. Een model met alleen wegbreedte beschrijft namelijk de meeste variatie in letselongevalrisico en dus niet de complexere modellen. Een samengesteld model met snelheidsmaten (gemiddelde snelheid en standaarddeviatie van de snelheid) beschrijven het letselongevalrisico overigens ook redelijk goed. Vervolgens blijkt een model met alleen de gemiddelde snelheid het enige overige model dat voldoende variatie in letselongevalrisico beschrijft om significant te worden (*Tabel 3.8*).

LN(letselongevalrisico + 1) (Set van) onafhankelijke variabelen	R <sup>2</sup>
Wegbreedte	0,31
Gemiddelde snelheid en SD van snelheid	0,28
Gemiddelde snelheid	0,14

*Tabel 3.8. Mate waarin de genoemde (set van) onafhankelijke variabele(n) gerelateerd zijn aan de variatie van het (logaritmisch getransformeerde) letselongevalrisico. Dit wordt uitgedrukt in R<sup>2</sup>. Hoe hoger deze waarde, hoe beter.*

## 4. Discussie en aanbevelingen

In dit hoofdstuk bespreken we eerst de resultaten uit dit onderzoek en plaatsen dit in het licht van mogelijke verklaringen en bevindingen uit ander onderzoek. We besluiten met aanbevelingen voor toekomstig onderzoek.

### 4.1. Samenvatting van en discussie over de resultaten

#### 4.1.1. *Bevindingen ten aanzien van hogere snelheid en ongevalrisico*

In overeenstemming met de bevindingen van de cross-sectionele studie van Baruya (1998), vinden wij in deze verkennende studie dat wegen waar gemiddeld sneller wordt gereden een *lager* ongevalrisico kennen dan wegen waar gemiddeld minder snel wordt gereden. Baruya onderzocht de ongevalsfrequentie (in plaats van ongevalrisico zoals wij onderzochten) van eenzelfde type weg in verscheidene landen. Dit type weg heeft in de betreffende landen verschillende snelheidslimieten en verschilt uiteraard ook op diverse andere kenmerken. Baruya vond dat op wegen waar sneller werd gereden, de ongevalsfrequentie lager was, zelfs nadat verschillende wegkenmerken en snelheidslimieten van de wegen in het onderzoek als variabelen waren meegenomen. Dat blijkt in het huidige onderzoek ook het geval, al is hier geen sprake van verschillende snelheidslimieten. Wat ook in lijn is met de bevindingen van Baruya is dat, gegeven het effect van gemiddelde snelheid, een groter percentage overtreeders wel samenhangt met een hoger ongevalrisico.

Voor het letselongevalrisico blijkt in onze verkennende studie dat, naast de gemiddelde snelheid, niet het percentage overtreeders maar de spreiding in snelheid relevant is. Overigens blijkt dit verband niet aanwezig als we kijken naar de enkelvoudige relatie tussen percentage overtreeders en letselongevalrisico, of spreiding in snelheid en letselongevalrisico. In Baruya's onderzoek wordt alleen een complex model met meer dan een variabele gepresenteerd en het is derhalve niet duidelijk wat de enkelvoudige relaties binnen zijn data opleverden.

Hoe verhouden de bevindingen in deze studie zich tot de sterke positieve relatie tussen snelheid en ongevalkans die domineert in andere typen onderzoek (zie bijvoorbeeld Aarts & Van Schagen, 2006)? Dit kunnen we nader beschouwen door te kijken naar de verschillen in onderzoekopzet tussen deze cross-sectionele studie en bijvoorbeeld voor-nastudies of casus-controlestudies. Daaruit kunnen we concluderen dat de sterke positieve relatie tussen snelheid en ongevalrisico alleen geldt als een vergelijking wordt gemaakt met identieke situaties waarin alleen de snelheid verschilt: als op een bepaalde weg de snelheid omhoog of omlaag gaat resulteert dit in respectievelijk een hoger of lager ongevalrisico op die weg.

Omgevingsfactoren, zoals wegkenmerken maar mogelijk ook verschillende typen verkeersdeelnemers, hangen samen met het snelheidsgedrag dat ze oproepen. Zo is bijvoorbeeld bekend dat bredere wegen of rijstroken tot hogere snelheden leiden (zie bijvoorbeeld Davidse et al., 2003; Martens et al. 1997). In dit onderzoek vinden we niet of nauwelijks verbanden tussen de



wegkenmerken (wegbreedte en afslagdichtheid) en snelheid. Dit kan zijn oorzaak hebben in het relatief geringe aantal datapunten. Daarnaast hebben wegkenmerken ook buiten de snelheidsrelatie om een effect op het ongevalrisico (zie bijvoorbeeld Martens et al., 1997). Een overduidelijk voorbeeld is de autosnelweg in vergelijking met een typische 80km/uur-weg. Op autosnelwegen is de snelheid veel hoger dan op 80km/uur-wegen, maar de wegkenmerken zijn zo dat het ongevalrisico toch aanzienlijk lager is. Gezien de resultaten van het huidige onderzoek, is het zeer waarschijnlijk dat enkele voor het ongevalrisico relevante kenmerken van 80km/uur-wegen met een geslotenverklaring zodanig verschillen dat deze kenmerken het effect van snelheid overschaduwden. Verder is op sommige van de onderzochte wegen landbouwverkeer toegestaan. Ook dit kan een mogelijke of gedeeltelijke verklaring bieden voor de gevonden effecten.

In het huidige onderzoek hebben we, net als Baruya, relatief gemakkelijk verkrijgbare wegkenmerken gebruikt. In dit geval zijn dat de wegbreedte en de afslagdichtheid. Weglengte en verkeersintensiteit, die Baruya in zijn samengestelde model meenam, zijn in het huidige onderzoek niet nog eens apart meegenomen omdat ze reeds verdisconteerd zijn in het ongevalrisico. Dit is immers gemeten als het aantal ongevallen per 1000 motorvoertuigkilometers (= verkeersintensiteit maal de weglengte). Uit ons onderzoek blijkt dat wegen met een groter aantal afslagen per kilometer weglengte en smallere wegen, een hoger totaal ongevalrisico hadden. Wegbreedte blijkt vooral samen te hangen met het risico van letselongevallen.

Hoe het ook zij, deze en ook Baruya's resultaten wijzen erop dat er meer zaken een rol spelen bij de samenhang tussen snelheid en ongevallen (of ongevalrisico) dan in de betreffende studies meegenomen konden worden. Het is bijvoorbeeld mogelijk dat het totale wegbeeld van invloed is op het ontstaan van ongevallen omdat het invloed heeft op de inschatting van wat een 'veilige snelheid' is (Goldenbeld et al., 2006). De resultaten uit het huidige onderzoek spreken in ieder geval geenszins tegen dat, bij gelijkblijvende overige factoren, het ongevalrisico stijgt bij hogere snelheid.

#### 4.1.2. *Samenhang tussen wegkenmerken, snelheidsvariabelen en ongevalrisico*

Zoals aangegeven, lijkt het erop dat er meer factoren van invloed zijn op de relatie tussen snelheid en ongevalrisico dan in dit onderzoek konden worden meegenomen. Toch geeft dit onderzoek wel enig zicht op de samenhang van verschillende variabelen. Kijken we naar de afzonderlijke relaties tussen snelheidsvariabelen, omgevingskenmerken en ongevalrisico, dan blijkt het ongevalrisico het sterkst samen te hangen met afslagdichtheid, gevolgd door wegbreedte en gemiddelde snelheid. Bij het letselongevalrisico zijn dit overigens respectievelijk wegbreedte en gemiddelde snelheid. Komen verschillende studies ook met de bevinding dat spreiding in snelheid van belang is voor het ongevalrisico (zie bijvoorbeeld Garber & Gadiraju, 1989; Taylor et al, 2000), in de huidige studie bleek dat alleen het geval bij het letselongevalrisico en dan alleen in combinatie met gemiddelde snelheid. Er zouden meer typen wegen op verschillende locaties in het land aan eenzelfde onderzoek moeten worden onderworpen om na te gaan of dit een robuuste constatering is voor wegen in Nederland. Daarbij verdient het

dan ook aanbeveling om met wat grotere aantallen locaties te werken dan in de huidige studie. Dit geldt des te meer naarmate analyses worden uitgevoerd op ongevallen met letsel. Omdat ernstige ongevallen veel minder voorkomen dan UMS-ongevallen (die het overgrote deel vormen van het totale aantal ongevallen), kunnen bij kleine steekproeven door toeval grote fluctuaties ontstaan. Dit aspect heeft in deze studie waarschijnlijk ook een rol gespeeld bij de analyse van het letselongevallenrisico.

Voorts speelt bij de gebruikte geaggregeerde snelheidsgegevens uit meetlussen ook het probleem van wat met name de standaarddeviatie als spreidingsmaat nu eigenlijk inhoudelijk betekent (zie ook Aarts & Van Schagen, 2006; Shinar, 1998). De standaarddeviatie kan namelijk door uiteenlopende factoren bepaald worden. Mogelijke oorzaken zijn bijvoorbeeld grote verschillen in snelheid tijdens congestie en daarbuiten, of verschillen in snelheid van verschillende voertuigen of voertuigtypen die op de weg zijn toegestaan. In het eerste geval is de link met onveiligheid niet duidelijk omdat de verschillen in snelheid dan niet op eenzelfde moment voorkomen (even die uitzondering daargelaten wanneer de congestie zich maar op één weghelft zou bevinden terwijl de andere weghelft goed doorstroomt). De tweede optie zou wel inzichtelijk maken waarom een grote spreiding in snelheden onveilig is. Indien op eenzelfde moment de snelheidsverschillen in een bepaalde rijrichting groot zijn, is het aantal ontmoetingen tussen verschillende voertuigen (zowel op dezelfde weghelft als op de tegenoverliggende weghelft bij inhaalmanoeuvres) groter dan wanneer deze snelheidsverschillen geringer zijn. Wegen waarop landbouwverkeer is toegestaan, bijvoorbeeld, kunnen zo een grotere mate van verkeersonveiligheid creëren. In dit onderzoek zijn wegen geanalyseerd met en zonder landbouwverkeer (verschillende geslotenverklaring). Nadere analyses (hier niet gepresenteerd) tonen echter geen relatie aan tussen deze verschillende wegen en het ongevalrisico.

#### 4.2. Aanbevelingen voor volgend onderzoek

Dit onderzoek is een eerste verkenning naar ongevalrisico's op 80km/uur-wegen met een geslotenverklaring in relatie tot snelheid en enkele wegkenmerken (wegbreedte en afslagdichtheid). Het zou interessant zijn om de gevonden relaties te valideren door te kijken of deze ook op 80km/uur-wegen met geslotenverklaring elders in Nederland gevonden worden. Daarvoor zijn grotere databestanden (met name meer ongevallen) aan te bevelen. Wel dienen voor een goede validatie deze andere wegen ook op kenmerkenniveau overeen te komen met die uit deze studie, dat wil zeggen: ze moeten eenzelfde bereik hebben van te analyseren gegevens, zoals wegbreedte, verkeersintensiteit, percentage overtreeders en dergelijke. In het algemeen geldt dat regressiemodellen in principe niet geldig zijn buiten het gegevensbereik waarop ze zijn gebaseerd. Binnen dit bereik kunnen regressiemodellen in principe ook voor voorspelling worden gebruikt. Vooraleer dit gebeurt, is het echter verstandig dit te valideren door te kijken hoe goed de modellen voorspellende waarde hebben voor risicoontwikkeling in de toekomst. Men kan in de toekomst bijvoorbeeld te maken krijgen met een verschuiving van meer variabelen tegelijkertijd (bijvoorbeeld door de samenhang tussen gemiddelde snelheid en het percentage overtreeders). Ook voor andere wegtypen zou het interessant zijn om een dergelijke analyse uit te voeren. Dit kan ons zo meer inzicht verschaffen in de complexe relatie van ongevalrisico met snelheids- en wegkenmerken.

Een andere aanbeveling is om, bij soortgelijke studies, meer potentieel relevante wegkenmerken mee te nemen. Tevens kan het interessant zijn om ook de effecten van de aanwezigheid van langzaam of zwaar verkeer te analyseren. Al deze factoren moeten uiteraard wel gekwantificeerd kunnen worden om zich voor regressieanalyse te lenen.

Wanneer we uitsluitend geïnteresseerd zijn in de directe relatie tussen snelheid en ongevallenkans, zonder de interveniërende werking van omgevingskenmerken, dan is de hier gebruikte cross-sectionele benadering niet geschikt. Een goed gecontroleerde voor-nastudie of een casus-controlebenadering komen dan meer in aanmerking. Met de huidige database is het in principe mogelijk een casus-controlebenadering toe te passen op wegvakniveau. Daarmee zou dan bijvoorbeeld nagegaan kunnen worden of de snelheid ten tijde van een (ernstig) ongeval hoger was dan in een vergelijkbare situatie (bijvoorbeeld op hetzelfde tijdstip een week eerder of later) waarin geen ongeval heeft plaats gevonden. Gezien het arbeidsintensieve en bovendien het exploratieve karakter van een dergelijk onderzoek is besloten daar op dit moment van af te zien, maar we hopen dat dit in de toekomst nog eens opgepakt kan worden.

## Literatuur

- Aarts, L.T. (2004). *Snelheid, spreiding in snelheid en de kans op verkeersongevallen; Literatuurstudie en inventarisatie van onderzoeksmethoden*. R-2004-9. SWOV, Leidschendam.
- Aarts, L. & Schagen, I. van (2006). *Driving speed and the risk of road crashes: A review*. In: *Accident Analysis and Prevention*, vol. 38, p. 215-224.
- Baruya, B. (1998). *Speed-accident relationships on European roads*. Transport Research Laboratory TRL, Crowthorne, Berkshire.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Davidse, R., Driel, C. van & Goldenbeld, C. (2004). *The effect of altered road markings on speed and lateral position; A meta-analysis*. R-2003-31. SWOV Institute for Road Safety Research, Leidschendam.
- Deffenbacher, J.L., Deffenbacher, D.M., Lynch, L.S. & Richards, T.L. (2003). *Anger, aggression, and risky behavior: a comparison of high and low anger drivers*. In: *Behaviour Research and Therapy*, vol. 41, nr. 6, p. 701-718.
- Garber, N. J. & Gadiraju, R. (1989). *Factors affecting speed variance and its influence on accidents*. 1989-01-01 1213. Transportation Research Record, Washington D.C.
- Goldenbeld, Ch. Bijleveld, F.D, Craen, S. de, & Bos, N.M. (2004). *Effectiviteit van snelheidstoezicht en bijbehorende publiciteit in Fryslân; Effecten op snelheidsovertredingen en ongevallen op 80 en 100 km/uur-wegen in de periode 1998-2002*. R-2003-27. SWOV, Leidschendam.
- Goldenbeld, Ch. Schagen, I.N.L.G. van & Drupsteen, L. (2006). *De invloed van weg- en persoonskenmerken op de geloofwaardigheid van 80 km/uur limieten; Een verkennend onderzoek*. R-2005-13. SWOV, Leidschendam.
- Kloeden, C. N., McLean, A. J., Moore, V. M. & Ponte, G. (1997). *Travelling speed and the risk of crash involvement. Volume 1: findings*. Report No. CR 172 . Federal Office of Road Safety FORS, Canberra.
- Kloeden, C. N., Ponte, G. & McLean, A. J. (2001). *Travelling speed and the risk of crash involvement on rural roads*. Report No. CR 204. Australian Transport Safety Bureau ATSB, Civic Square, ACT.
- Martens, M.H. Comte, S. Kaptein, N.A. (1997). *The effects of road design on speed behaviour : a literature review. Managing Speeds of Traffic on European Roads MASTER Deliverable D1, Report 2.3.1*. TNO-Report TM 1997 B-021. TNO-TM, Soesterberg.
- Shinar, D. (1998). *Speed and crashes: a controversial topic and an elusive relationship. Appendix B*. In: *Managing speed: Review of current practice for*














setting and enforcing speed limits. Special report 254, Transportation Research Board TRB, Committee for Guidance on Setting and Enforcing Speed Limits. National Academy Press, Washington, D.C.

Taylor, M. C., Lynam, D. A. & Baruya, A. (2000). *The effects of drivers' speed on the frequency of road accidents*. TRL Report, No. 421. Transport Research Laboratory TRL, Crowthorne, Berkshire.








## Bijlage

## Geselecteerde wegvakken

FD/ref. nummer	Lus-nummer	Weg-nummer	Van hmpaal	Tot hmpaal	Type weg	Opmerking
1	56340	N356	39.1	42.5		
2	68390	N358	35.4	40.7		
3	71600	N381	33.5	38.2		Snelheidsdata ontbreken → 5
5	68560	N381	27.0	33.5		+ 3, 8, 11 <sup>*</sup>
6	65690	N351	5.1	12.4		
8	75641	N381	41.8	44.3		Snelheidsdata ontbreken → 5
9	60740	N351	12.4	19.3		Snelheidsdata ontbreken → 19
11	73630	N381	38.2	41.8		Snelheidsdata ontbreken → 5
12	33360	N383	7.8	9.9		Snelheidsdata ontbreken → 15
13	32610	N354	25.1	27.9		
15	37380	N383	5.0	7.8		+ 12 <sup>*</sup>
18	59620	N392	13.3	17.1		
19	57750	N351	19.3	22.0		+ 9 <sup>*</sup>
20	56350	N356	42.5	46.0		
21	67470	N358	40.7	43.8		
22	53380	N355	10.3	12.6		
23	68340	N355	25.1	32.6		
24	56440	N356	52.3	56.3		
25	61370	N369	12.2	14.4		
29	36540	N354	18.5	21.1		
30	40510	N354	10.8	13.6		
101	22370	N393	20.0	22.1		
102	26360	N393	14.5	16.7		
104	32760	N354	30.0	34.1		
105	34310	N393	4.9	6.5		
106	35500	N384	0.8	6.8		
108	37740	N354	38.9	42.2		

<sup>\*</sup> Van de samengevoegde wegen is a) de weglengte, b) het aantal afslagen en c) het aantal ongevallen (ook per subtype) opgeteld. Op basis van de nieuwe weglengten zijn nieuwe ratio's berekend. De snelheidsdata van één lus fungeren nu dus als data voor een langer aaneengesloten traject waarin eigenlijk meerdere lussen liggen.

109	41280	N357	11.4	13.5		
110	46720	N924	5.0	10.4		
112	48220	N357	19.2	22.4		
114	51790	N351	28.6	35.0		
115	59370	N355	14.5	19.4		
116	62480	N369	0.0	3.9		
117	62662	N380	10.2	11.4		
119	65280	N358	23.8	27.5		
120	70520	N917	3.8	6.8		
121	78560	N918	2.8	5.1		

Tabel A. Selectie van geanalyseerde 80km/uur-wegen uit het Fryske Diken-project (Goldenbeld et al., 2004).