

Snelle of langzame veiligheid

Een onderzoek naar de relatie tussen
ongevallen en snelheid

19 juli 2002

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Rijkswaterstaat / Generaal Rijkswaterstaat
Adviesdienst Verkeer en Vervoer
Bureau Dokumentatie
Postbus 1031
3000 BA Rotterdam



Adviesdienst Verkeer en Vervoer

D2181

Voorwoord

Dit verslag is geschreven in het kader van de tweede stageperiode in het derde leerjaar van de studie verkeerskunde aan de Internationale Hogeschool Breda (NHTV). Het moet gezien worden als een opzet om vanuit verder te werken naar een uitdieping en specificering van de gepresenteerde methode. Vooral het verder uitsplitsen van het wegennet naar een kleiner schaalniveau heeft de voorkeur.

Ik wil graag mijn begeleiders Roy Ploum en Rien Smalheer bedanken voor hun inzet en hun hulp bij het sturen van het proces. Ik wil ook graag de heren Janssen en Oei van de SWOV bedanken voor hun hulp bij de gedachtevorming over de aanpak van dit vraagstuk. Een aantal medewerkers van de afdeling BG wil ik ook graag nog bedanken voor hun hulp bij de totstandkoming van dit verslag en het proces gedurende mijn stage of als sparringpartner om gedachten uit te wisselen, namelijk Joost Kolkman, Nora Schmorak, Willem de Vries, Stefan Jansen, Cynthia Bakboord, Marian ter Steege, Harry Derriks, Gert Jan Koedam en Eugène Banach.

David Peters

Rotterdam, 16 Juli 2002

Samenvatting

De Adviesdienst Verkeer en Vervoer kreeg de laatste tijd steeds meer vragen of er geen onderzoek gedaan was naar de invloed van snelheid op de verkeers(on)veiligheid. Men kon hier alleen negatief op antwoorden. Het doel van dit onderzoek is dan ook om meer inzicht te verkrijgen in deze specifieke relatie om na te gaan in welke mate de gepresenteerde globale hypothese over de relatie tussen verkeers(on)veiligheid en snelheid, valide is.

Ten eerste is gekeken naar wat voor onderzoek er al gedaan is naar dit onderwerp en hieruit blijkt dat er in Nederland nog geen en in het buitenland een beetje onderzoek naar gedaan is, vooral in het verleden. Hierna ~~eerste~~ is het Nederlandse autowegennet opgedeeld in verschillende wegvakken aan de hand van het meetnet van de verkeerssignalering. Hierbij is geen rekening gehouden met op- en afritten, aantallen rijstroken of verschillende tijden van de dag, wel met week- of weekenddagen. Er wordt hier gerekend met letselongevallen omdat er te weinig dodelijke ongevallen zijn en de registratiegraad van ongevallen met uitsluitend materiële schade te laag is. De letselongevallen zijn aan de hand van de positie op het digitaal nationaal wegenbestand geprojecteerd en gekoppeld aan bepaalde wegvakken. Deze wegvakken zijn geselecteerd voor analyse en is het aantal ongevallen gedeeld door de intensiteit maal de wegvaklengte. Dit gebeurde per wegvak en hieruit kwam een risicocijfer in termen van aantal ongevallen per miljoen voertuigkilometers. Dit risicocijfer is gekoppeld aan snelheden welke ook door het meetnet gemeten worden. De relatie tussen het risico en de gemiddelde snelheid en de relatie tussen het risico en de standaarddeviatie van de gemiddelde snelheid is bepaald door middel van regressie voor week- en weekenddagen. Uit deze analyse blijkt dat de standaardafwijking van de gemiddelde snelheid 90,2% van de variantie van het risico beschrijft voor weekdagen. De gemiddelde snelheid beschrijft slechts 2% van deze variantie. Voor weekenddagen is het juist andersom. De gemiddelde snelheid beschrijft 14,4% van de variantie van het risico, terwijl de standaarddeviatie slechts 5,6% van de variantie van het risico beschrijft.

Het is noodzakelijk dat bij verdere studies naar de relatie tussen verkeers(on)veiligheid en snelheid, de wegvakindeling heel secuur wordt gekozen en dat er ook goede keuzes worden gemaakt over de verschillende tijdstippen. Een modelmatige aanpak zou andere factoren zoals voertuigkenmerken en weersgesteldheid mee kunnen nemen.

Inhoudsopgave

Samenvatting	6
Inhoudsopgave	7
1 Inleiding	8
2 Hypothese	10
3 Onderzoeksopzet	12
3.1 Literatuur achtergronden	12
3.2 Onderzoekskader	19
3.2.1 Ongevallen	20
3.2.2 Wegtype	21
3.2.3 Dagen en tijdstippen	22
3.3 Methodiek	24
4 Analyse en resultaten	27
4.1 Weekdagen	27
4.2 Weekenddagen	30
5 Conclusies	33
5.1 Algemeen	33
5.2 Weekdagen	34
5.3 Weekenddagen	36
6 Aanbevelingen	39
Geraadpleegde Bronnen	41

1 Inleiding

Verkeersveiligheid is een fenomeen dat steeds meer in de belangstelling staat, niet alleen bij de beleidsmakers, maar vooral bij de burgers. Een overheidsinstelling die zich bezig houdt met verkeersveiligheid is de Adviesdienst Verkeer en Vervoer (AVV) te Rotterdam van het Directoraat-generaal Rijkswaterstaat (RWS). Naast een adviserende functie naar RWS toe, fungeert AVV ook als kenniscentrum. Bij AVV krijgt men de laatste tijd steeds meer vragen over de invloed die snelheid op de verkeers(on)veiligheid heeft. Er is hier totnogtoe nog weinig onderzoek naar gedaan, vooral omdat het onderwerp moeilijk grijpbaar is. Ook de verhoogde inspanningen door de politie op het gebied van snelheidshandhaving, welke voorkomen uit het beleidskader, hebben het onderwerp snelheid meer onder de aandacht gebracht. Dat heeft AVV ertoe gebracht het onderwerp op te pakken. Dit is dus ook de aanleiding van dit onderzoek.

Om meer inzicht te verkrijgen in de relatie tussen verkeers(on)veiligheid en snelheid en deze te kwantificeren, is het doel van dit onderzoek om te achterhalen in welke mate de gepresenteerde globale hypothese over de relatie tussen verkeers(on)veiligheid en snelheid, valide is. De vraag die werd gesteld om dit doel te bereiken is welke relatie ertussen verkeers(on)veiligheid en snelheid bestaat en in hoeverre deze overeenkomt met of afwijkt van de geformuleerde globale hypothese? Enkele deelvragen hierbij zijn: kunnen er op basis van een beperkt aantal punten binnen een gebied, betrouwbare en valide uitspraken gedaan worden over het betreffende gebied. Welke aspecten van de verkeersongevalsgegevens zijn belangrijk om te gebruiken bij de koppeling aan snelheid? Op welke manier zijn de hiervoor genoemde aspecten van de verkeersongevalsgegevens te koppelen (statistisch gezien) aan snelheid? Wat is de specifieke relatie tussen de geselecteerde aspecten en snelheid. Wat is de beste manier om deze relatie te presenteren? In welke mate wijkt de werkelijke relatie af van de hypothese en waarom. Bij het beantwoorden van deze vragen kan het best zo uitpakken dat de eerste vraag, pas na het beantwoorden van de overige vragen, beantwoord kan worden. Er is dus geen vaste volgorde voor het beantwoorden van de vragen.

In dit onderzoek wordt ten eerste bekeken welke onderzoeken al zijn gedaan naar, en wat er al gepubliceerd is over de relatie tussen verkeers(on)veiligheid en snelheid. Hierna wordt gekeken naar de soorten beschikbare gegevens en op basis hiervan wordt een keuze gemaakt voor een verwerkings- en analysemethode. Deze is om op basis van risicocijfers de verkeers(on)veiligheid te relateren aan snelheid. Dit gebeurt door middel van softwarekoppelingen en -analyses te maken en uit te voeren.

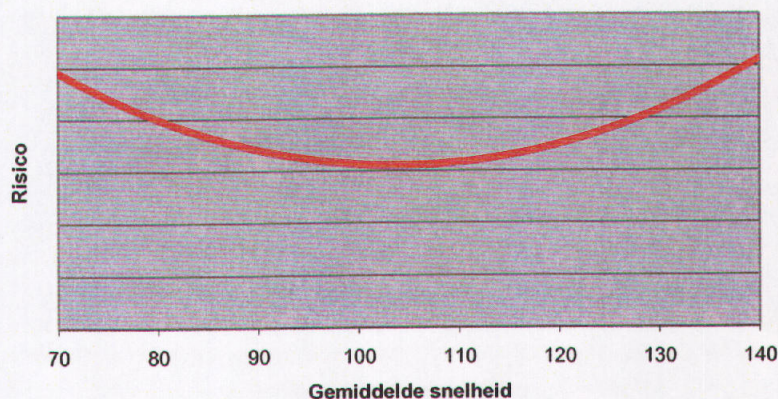
Dit rapport is ingedeeld in zes hoofdstukken. In hoofdstuk twee wordt de hypothese waarmee gewerkt wordt, gepresenteerd en de keuzes uitgelegd waarom deze hypothese zal gelden. Hoofdstuk drie beschrijft de onderzoeksopzet van deze studie met de keuzes voor de gehanteerde indeling van het wegnnet en de uitleg van de gebruikte methodes van onderzoek. In Hoofdstuk vier worden de analyse en resultaten van de analyse behandeld. De conclusies die getrokken worden uit de studie zijn in hoofdstuk vijf te vinden en in hoofdstuk zes worden aanbevelingen gedaan voor het vervolgtraject dat na deze studie doorlopen kan worden.

2 Hypothese

Een hypothese is hetgeen men verwacht dat als resultaat uit het onderzoek zal komen. Deze hypothese is deels gebaseerd op feiten, maar ook vaak deels op vermoedens. In dit hoofdstuk wordt de hypothese die gebruikt wordt binnen dit onderzoek, gepresenteerd en uitgelegd. In dit onderzoek wordt er gewerkt met een hypothese over de relatie tussen verkeers(on)veiligheid.

Een traditionele stap in het bestuderen van de verkeers(on)veiligheid is het bestuderen van ongevallen. Omdat een het 'droog' kijken naar aantallen ongevallen een vertekend beeld kan opleveren, moet dit aantal ongevallen genormeerd worden aan een expositiemaat, de mate waarin het verkeer bloot wordt gesteld aan het gevaar of de onveiligheid. Voor de mate waarin het verkeer aan gevaar of onveiligheid wordt blootgesteld, worden risicocijfers gebruikt. Deze hebben als voordeel dat de ongevallen niet 'droog' bekeken worden. Een risicocijfer is het aantal ongevallen gerelateerd aan de verkeersprestatie op de desbetreffende plek.

De hypothese van dit onderzoek beschouwt in principe alle autosnelwegen in Nederland gezien de beschikbaarheid van deze gegevens bij AVV. De curve die de relatie tussen verkeers(on)veiligheid en snelheid beschrijft, is weergegeven in figuur 1.



Figuur 1: Hypothetische relatie risico en gemiddelde snelheid op autosnelwegen op jaarbasis.

Deze relatie wordt verondersteld voor weekdays evenals weekenddagen gedurende een heel jaar. Deze relatie zal een parabolische curve vormen welke haar minimum heeft in de buurt van de snelheidslimiet. Het risico stijgt naarmate de gemiddelde snelheid afneemt, gezien hier de volgafstand verkleind wordt als gevolg van de verlaagde snelheid. De volgafstand vermindert alleen meer dan evenredig met de vermindering van snelheid. Hetzelfde is waar voor snelheden die boven de limiet liggen. Hier zal het risico ook stijgen naarmate de snelheid toeneemt. Dit is het gevolg van de minder dan evenredige vergroting van de volgafstand bij een vermeerdering van de snelheid.

Er wordt in dit onderzoek ook gekeken worden naar de relatie tussen het risico en de standaarddeviatie van de gemiddelde snelheid. Dit kan wellicht een groter verband hebben met het risico dan de gemiddelde snelheid. Dit geeft niet alleen aan hoe betrouwbaar de gebruikte gegevens zijn, maar geeft ook aan in hoeverre de spreiding invloed heeft op de relatie tussen het risico en de snelheid.

3 Onderzoeksopzet

De onderzoeksopzet is een deel van het onderzoek waarin de afbakening van het onderzoek, de methodiek en werkwijze binnen het onderzoek gepresenteerd worden.

3.1 Literatuur achtergronden

Snelheid is al jaren een van de basisprincipes die geassocieerd worden met verkeers(on)veiligheid. Dit is waarschijnlijk vanwege de duidelijk blijkende relatie tussen de snelheid van het voertuig en de vermogens en beperkingen van de mens. Zelfs onervaren bestuurders erkennen meestal het nut van het verlagen van de snelheid in onbekende of subjectief gevaarlijke situaties, om op deze manier extra tijd te creëren voor het maken van keuzes en het uitvoeren van verrichtingen. Helaas is niet iedere bestuurder van een voertuig bedeed met goed inzicht en ook het kunnen en de vaardigheden die nodig zijn in verschillende verkeerssituaties zijn niet in gelijke mate aanwezig bij iedere bestuurder. Deze redenen zorgen ervoor dat de verkeers(on)veiligheid op twee manieren gerelateerd kan zijn aan snelheid: 1. Hoe groter de snelheid van een voertuig, hoe kleiner de tijd die een bestuurder heeft om te reageren op gevaren of voor andere voertuigen, fietsers en voetgangers om op het voertuig te reageren. 2. de fysieke relatie van massa en snelheid met energie. Als de eerste relatie bestaat, dan zou deze tot uitdrukking moeten komen in het aantal ongevallen dat gebeurt bij een bepaalde snelheid. Als de tweede relatie bestaat, dan zou deze tot uitdrukking moeten komen in de relatieve ernst van ongevallen bij verschillende snelheden. In dit onderzoek wordt alleen gekeken naar de eerste relatie, namelijk die van het aantal ongevallen dat bij een bepaalde snelheid gebeurt. Solomon (1964) vond tijdens een voor die tijd maatgevende studie over ongevallen en snelheid, waarbij 10.000 bestuurders op 970 provinciale wegen waren betrokken, dat er een U-vormige relatie bestond tussen het voorkomen van ongevallen en snelheid. Deze curve is weergegeven in figure 1, afkomstig uit *'Synthesis of safety research related to speed and speed limits'*, zoals figure 2 tot en met figure 4, auteur onbekend.

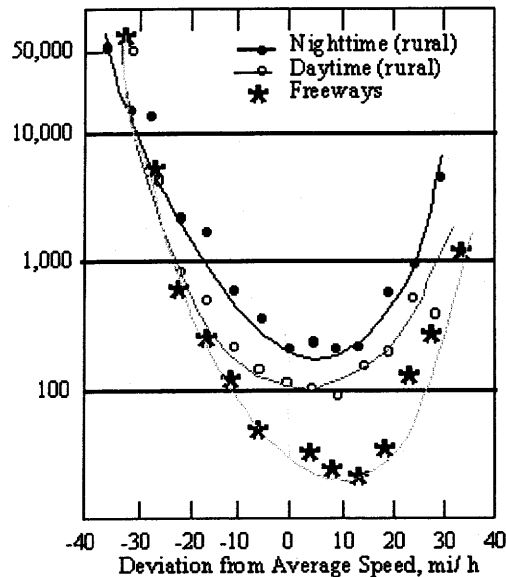


Figure 1. Crash involvement rate by deviation from average travel speed (from Solomon, 1964, and Cirillo, 1968).

ry De betrokkenheid bij een ongeval was het laagste voor reissnelheden rond de gemiddelde snelheid van de verkeersstroom. Deze betrokkenheid steeg naar mate men snelheden reed die hoger of lager waren dan de gemiddelde snelheid. De geschatte gereden snelheid van de ongevalgegevens werd vergeleken met metingen op representatieve locaties binnen ieder deelgebied. De vergelijkingen laten zien dat bestuurders die betrokken zijn bij een ongeval, in grote getallen aanwezig zijn in de hoge en lage snelheidscategorieën van de snelheidsverdeling. Het aantal bij een ongeval betrokken bestuurders, daalt naarmate de snelheid vordert naar 65mi/h (105km/u) en stijgt maartmate snelheden hoger worden dan 65mi/h. Solomon zegt dan ook dat de resultaten van deze studie uitwijzen dat *'Low speed drivers are more likely to be involved in accidents than relatively high speed drivers'*. Cirillo (1968) toonde in een soortgelijke studie aan dat Solomon's bevindingen waar waren, maar trok de U-vormige curve door tot autosnelwegen, zoals te zien is in figure 1. De analyse was wel beperkt tot ongevallen waarbij twee meer voertuigen betrokken waren die in dezelfde richting reden. In deze onderzoeken, werd de snelheid van de verongelukte voertuigen bepaald door het kijken naar de politierapporten, enquêtes onder bestuurders of schattingen van derden. Deze bronnen zijn stuk voor stuk onderhevig aan een groot aantal fouten en hebben een onbekende betrouwbaarheid. Een andere serieuze bedreiging voor de interne validiteit van de resultaten was dat de

ongevallen waar de snelheid laag lag, waarschijnlijk voertuigen betrof die aan het stoppen waren, afremden om te kunnen afslaan of aan het in- of uitvoegen waren. Hoewel de gegevens met betrekking tot snelheid waren verzameld op representatieve locaties binnen een deelgebied, stond de apparatuur niet in de buurt van kruisingen, uitritten of andere locaties die een groot effect op de snelheid van een verkeersstroom hebben. Deze problemen hadden een versterkend effect op het risico voor voertuigen die langzamer reden dan de gemiddelde snelheid van de verkeersstroom. Om deze problemen het hoofd te bieden, gebruikte het Research Triangle Institute (1970) een combinatie van professionele onderzoekers die het ongeval ter plekke bestudeerde en een continu meetsysteem met detectielussen om de snelheid van de betrokken voertuigen en de verkeersstroom ten tijde van het ongeval vast te stellen. Gedetailleerde gegevens werden verzameld van 114 ongevallen waarbij 216 voertuigen betrokken waren op de provinciale wegen van de staat Indiana in de Verenigde Staten met snelheidslimieten van 40 tot 65mi/h (65 tot 105km/u). De onderzoekers concludeerden dat voertuigen die afremden om af te slaan anders behandeld moesten worden in de analyse dan voertuigen die langzaam bewogen in de verkeersstroom. In het eerste geval is een lage snelheid vereist om de manoeuvre uit te voeren en in het tweede zal het meer de keuze of beperkte vaardigheden van de bestuurder weergeven. West en Dunn (1971) rapporteerde de bevindingen van de Research Triangle Institute onderzoeken. Hieruit blijkt dat ongevallen waarbij voertuigen die afslaan, ongeveer 44 procent van het totaal vormen van alle bestudeerde ongevallen. Toen men deze ongevallen niet meenam in de analyse, zag men dat dit een groot effect had op de U-vormige relatie uit eerdere onderzoeken. Zonder de afslaande voertuigen in de analyse, concludeerde men dat het risico voor bestuurders die veel langzamer reden dan de gemiddelde snelheid van de verkeersstroom, gematigd werd. Het ongevalrisico was het hoogst voor bestuurders die meer dan twee standaarddeviaties harder reden dan de gemiddelde snelheid. Zoals te zien is in figure 2, is de curve die het risico om bij een ongeval betrokken te zijn beschrijft, heel erg vlak voor bestuurders die rijden binnen 15mi/h (25km/u) van de gemiddelde snelheid.

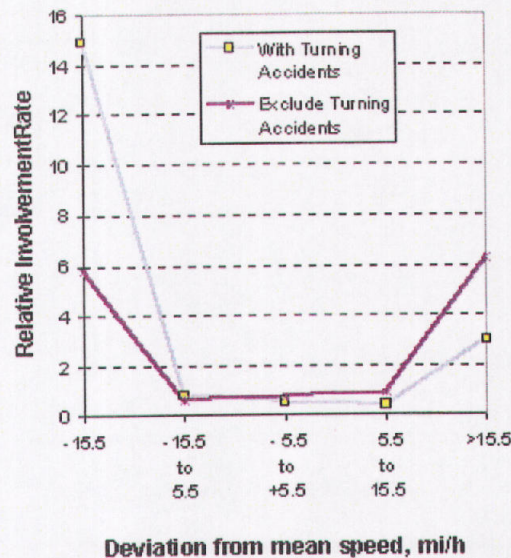


Figure 2. Relationship between speed and crash involvement (from West and Dunn, 1971).

Zelfs zonder de ongevallen met afslaan voertuigen, blijkt het ongevalsrisico voor voertuigen die veel harder rijden dan de gemiddelde snelheid, zes keer zo hoog te zijn dan het gemiddelde ongevalsrisico. Munden (1967) koos een andere insteek, maar vond soortgelijke resultaten in het Verenigd Koninkrijk voor bestuurders die vaak afwijkende snelheden aanhouden. De snelheid van geobserveerde bestuurders, werd vergeleken met die van de vier voertuigen die ervoor hetzelfde punt passeerde. Voor bestuurders die meer dan één keer zijn geregistreerd, zij die meer dan 1,8 standaarddeviaties boven of onder de gemiddelde snelheid reden, was de betrokkenheid bij ongevallen significant hoger. Daartegenover staat dat bestuurders die slechts één keer geregistreerd waren, deze U-vormige relatie niet vertoonden. Recentelijker hebben Fildes, Rumbold en Leening (1991) in Australië door de bestuurder zelf gerapporteerde gegevens gebruikt van bestuurders wiens snelheid ongemerkt was gemeten. De onderzoekers vonden een trend van verhoogde betrokkenheid bij ongevallen, boven en onder de gemiddelde snelheid van de verkeersstroom voor zowel voor provinciale- als autosnelwegen, welke ongeveer gelijk was aan die uit eerdere studies. Hierbij moet wel de opmerking gemaakt worden dat geen relatie gevonden werd tussen lagere snelheden en verhoogd ongevalsrisico. Het is zelf zo dat Fildes en Lee (1993) aangaven dat de onderzoekers, *'...failed to observe any vehicles traveling at very slow speed reported by Solomon on rural highways'*. Dus geen enkel voertuig op provinciale wegen is gesignaleerd dat erg langzaam reed. Figure 3 laat de snelheid – ongevalsrisico relatie

zien die door Fildes et al is beschreven voor de twee provinciale locaties die zijn gebruikt in het onderzoek.

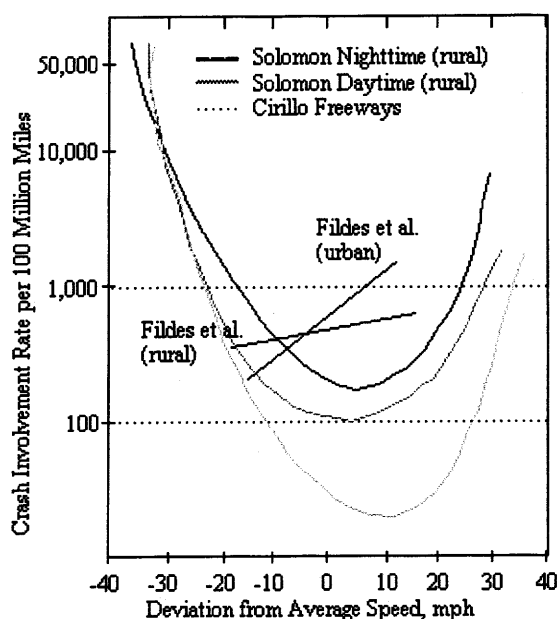


Figure 3. Crash involvement rate by variation from average traffic speed (from Solomon, 1964; Cirillo, 1968; and, Fildes et al., 1991).

De relaties zijn weergegeven samen met de U-vormige curven uit eerdere onderzoeken. Een aantal verschillen tussen de resultaten kunnen verklaard worden door de verschillen in het gedrag van de bestuurders (bijvoorbeeld minder mensen die onder invloed van alcohol gaan autorijden dan in de 50'er en 60'er jaren) en de verbeterde veiligheidsvoorzieningen aan het voertuig en de weg gedurende de meer dan halve eeuw waarbinnen de gegevens zijn verzameld. Harkey, Robertson en Davis (1990) hebben de U-vormige curve van de relatie tussen ongevallen en snelheid op provinciale wegen onderzocht en geverifieerd. De onderzoekers vergeleken de schatting van de gereden snelheid van de politierapporten van 532 voertuigen die betrokken waren bij een ongeval gedurende een periode van 3 jaar, met verzamelde snelheidsgegevens. Deze snelheidsgegevens zijn verzameld gedurende 24 uur van de dag en op hetzelfde stuk niet-55mi/h (90km/u) weg in bebouwde omgevingen in de staten Colorado en North Carolina in de Verenigde Staten. Om de kanttekeningen bij eerdere onderzoeken te vermijden en de gegevens met betrekking tot ongevallen en snelheid beter vergelijkbaar te maken, werden de analyses beperkt tot ongevallen op weekdagen, welke niet op kruisingen waren gebeurd en waarbij geen alcohol in het spel was. Hierbij is wel de

kanttekening te plaatsen dat de geschatte snelheden van de voertuigen voor de ongevallen discutabel zijn vanwege de onnauwkeurigheid van de schattingen van politieagenten op de plek van een ongeval waarbij geen technische recherche aanwezig is geweest. Ter verdediging van eerdere onderzoeken is het belangrijk om op te merken dat de onderzoekers de nadruk legden op de afwijking van de gemiddelde snelheid van de verkeersstroom in plaats van absolute snelheden als de grote boosdoener bij ongevallen. Kloeden, Ponte en McLean (1997), gebruikte computersimulaties en onderzoek ter plekke van het ongeval om ongevallen te reconstrueren en een snelheid te determineren. Zij vonden geen U-vormige curve na de analyse van de gegevens, maar dat het ongevalrisico meer dan exponentieel steeg bij hogere snelheden en niet bij lagere snelheden ten opzichte van het gemiddelde van de verkeersstroom. Zij concludeerden dat het ongevalrisico twee keer zo groot is voor voertuigen met een snelheid die 10km/u hoger is dan het gemiddelde en zes keer zo hoog voor voertuigen met een snelheidsafwijking van 20km/u. De oorzaken van dit verhoogde risico (hogere snelheden gaan gepaard met een grotere stopafstand, verhoogde botsenergie en hogere waarschijnlijkheid van verlies van de macht over het stuur) suggereren ook dat een vermindering van de absolute snelheid van het verkeer veel belangrijker is in het terugdringen van het ongevalrisico, dan een reductie van de afwijkingen van de gemiddelde snelheid van de verkeersstroom. Hauer's (1971) theoretische analyse van inhaalmanoeuvres laat zien dat het aantal conflicten tussen voertuigen in termen van passeren of gepasseerd worden, een U-vormige curve is met het minimum bij de gemiddelde snelheid van de verkeersstroom. Het aantal keren dat een voertuig andere voertuigen nadert en inhaalt stijgt naarmate de snelheid hoger is terwijl het aantal keren dat datzelfde voertuig gepasseerd wordt, daalt. Daarom is de verhoogde ongevalkans een resultaat van het verhoogde conflictrisico dat ontstaat als snellere voertuigen, langzamere inhalen. Hoe langzamer ten opzichte van de gemiddelde snelheid voertuigen rijden, des te meer potentiële conflicten kunnen ontstaan door het snellere verkeer wat inhaalt. Dit is te zien in figure 4, waarbij het relatieve ongevalrisico vergeleken wordt, met het aantal inhaalbewegingen per eenheid op een stuk 100km/u-weg, uit verschillende onderzoeken.

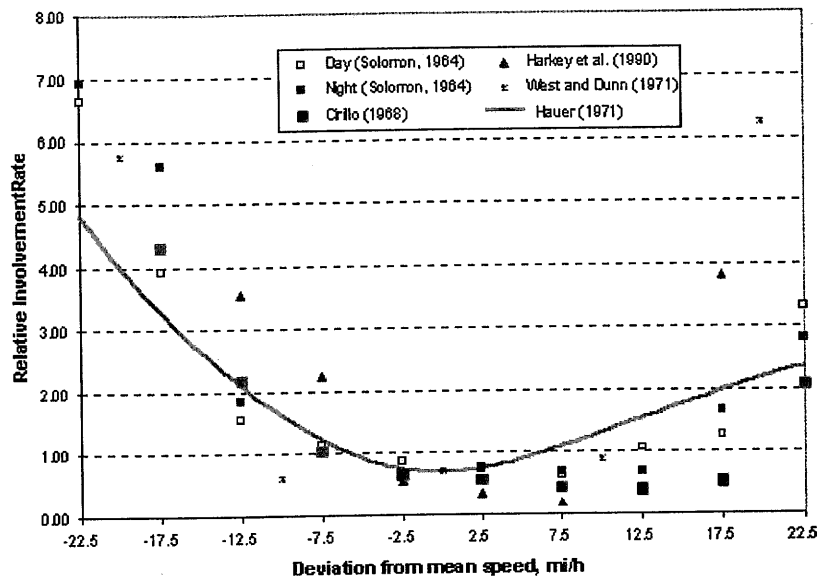


Figure 4. Crash involvement and overtaking rates relative to average rate and speed.

Hauer concludeerde dat de publieke jacht op hardrijders vervangen moet worden door een campagne die zich niet alleen op te hard rijden concentreert, maar de gevaren van zowel te hard als te langzaam rijden benadrukt. Als conflicten die veroorzaakt worden door grote verschillen in snelheid een belangrijke factor zouden zijn in het ongevalrisico, dan zou men verwachten dat dit zou leiden tot een groot aantal ongevallen waarbij twee voertuigen die dezelfde richting uit reden betrokken waren. Cerrelli (1997) concludeerde dat slechts bij eenderde van alle ongevallen en bij slechts 5 procent van dodelijke ongevallen, voertuigen betrokken zijn met dezelfde rijrichting. Veel van deze ongevallen is hoogstwaarschijnlijk veroorzaakt doordat één van de voertuigen moest afremmen of stoppen en geraakt werd door een achteropkomend voertuig wat niet genoeg volgafstand in acht nam of te hard reed zodat de bestuurder geen tijd genoeg had om te reageren. In een overzicht van de zaken gerelateerd aan snelheid en verkeers(on)veiligheid, concludeerde Fildes en Lee (1993) dat er weinig onderzoek was verricht in de 70'er en 80'er jaren naar de relatie tussen snelheid en ongevalrisico. Lave (1985) pakte het onderwerp weer op van de afwijking van de gemiddelde snelheid van de verkeersstroom als een onderdeel van de toedracht van ongevallen (onderdeel van de Kritische Combinatie van Omstandigheden, KCO). Hij deed als aanbeveling dat een verhoging van de snelheidslimiet zou resulteren in een lager aantal ongevallen in situaties waar de variantie van de afwijking van de gemiddelde snelheid (van de verkeersstroom) gereduceerd zou worden door de hogere limiet. Lave concludeerde dat snelheidslimieten ontworpen om

het aantal verkeersdoden te verminderen gericht moeten zijn op een vermindering van de variantie. Dit betekent het ondernemen van actie tegen zowel snelheidsonderschrijders als snelheidsoverschrijders. In een soortgelijk onderzoek, concludeerde Garber en Gadiraju (1988) dat het aantal ongevallen toenam bij een toenemende variantie op alle typen wegen en dat snelheden hoger waren op wegen met een hogere ontwerpsnelheid ten opzichte van de snelheidslimiet. Zij zagen ook een minimale variantie bij wegen waar de snelheidslimiet minder dan 16km/u was dan de ontwerpsnelheid. In deze analyse combineerde de onderzoekers gegevens over verschillende wegtypen (bijvoorbeeld gemeentelijk, provinciaal en autosnelweg) hetgeen tot discutabele resultaten kan leiden.

Uit Oei (1998) blijkt dat de handhaving op snelheid op een lokaal niveau toch een grote invloed kan uitoefenen op de gereden snelheid en op het aantal ongevallen. Uit een experiment met een waarschuwingssysteem bij een school in Den Haag, waarbij bestuurders er op werden geattendeerd dat ze te hard reden, daalde de gemiddelde snelheid met 5km/u volgens berekeningen zou dit leiden tot een reductie van 25 procent van ongevallen waarbij het voertuig niet op tijd kan stoppen in geval van een noodsituatie. In een soortgelijk experiment met een automatisch waarschuwingssysteem bij een kruising op een provinciale weg waar de snelheidslimiet van 100km/u gereduceerd werd naar 70km/u, daalde de gemiddelde snelheid waarmee men de kruising benaderde met 20 km/u. Het aantal ongevallen, hoewel statistisch erg klein, werd gehalveerd.

3.2 Onderzoekskader

Het onderzoekskader is een essentieel onderdeel van ieder onderzoek gezien dit de afbakening is van de grenzen waarbinnen het betreffende onderzoek geldig is. In dit onderzoek beperkt de afbakening zich tot het deel van de weg, het tijdstip van de dag en deel van de week waarover uitspraken worden gedaan. Het gaat hier immers om verkeers(on)veiligheid in het wegverkeer en niet op het water of in de lucht.

3.2.1 Ongevallen

Er zijn verschillende statistieken over ongevallen bekend en ook verschillende instanties die deze publiceren. De twee belangrijkste en bekendste zijn Het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) en de Adviesdienst Verkeer en Vervoer van Rijkswaterstaat (AVV). Voor deze studie is het ongevallenbestand van AVV gebruikt.

In het verkeersongevallen bestand van AVV komen een drietal soorten verkeersongevallen voor:

- Dodelijk (D)
- Letsel (L)
- Uitsluitend materiële schade (UMS)

De ongevallengegevens uit het bestand van AVV zijn direct afkomstig van gegevens van de politiekorpsen in Nederland. In dit onderzoek worden alleen deze gegevens bekeken en niet de opgehoogde cijfers die aan het eind van ieder jaar gepubliceerd worden.

Dodelijke ongevallen kenmerken zich doordat een slachtoffer die bij het ongeval betrokken was, gestorven is ter plekke of binnen 30 dagen na het verkeersongeval. De registratiegraad van dodelijke verkeersongevallen ligt daarom ook erg hoog, namelijk rond de 93 procent. Helaas is deze registratiegraad niet 100 procent, omdat zodra een slachtoffer binnen een ziekenhuis naar een andere afdeling wordt gebracht, kan het zijn dat men ten tijde van het overlijden van deze persoon, men deze kenmerkt als ziekenhuisdode in plaats van verkeersdode. Dit is vooral te wijten aan het gebrek aan communicatie en terugkoppeling vanuit de ziekenhuis naar het registratiepunt toe. Deze dodelijke slachtoffers worden niet gemeld bij het registratiepunt en dus ook niet opgenomen in de statistieken. In 2000 vielen er 1082 verkeersdoden. Het aantal verkeersdoden is niet genoeg om betrouwbare uitspraken te doen over het gehele Nederlandse wegennet. Kortom er is gewoon niet genoeg vulling om een betrouwbaar beeld te krijgen.

De registratiegraad van ongevallen met uitsluitend materiële schade was in 2000 ongeveer 22 procent, met 242.494 gevallen. De meeste schadeongevallen handelen mensen zelf af en komt de politie niet ter plaatse. Dit omdat men niet belt of de politie het zelf niet nodig vindt om te komen gezien de werkdruk waarmee zij al kampen. Het hoge percentage underreporting leidt hier tot misschien genoeg aantallen, maar de betrouwbaarheid is zeer twijfelachtig. Een representatieve afspiegeling kan hier niet bereikt worden.

De registratiegraad van letselongevallen verschilt per soort letselongeval, er zijn namelijk letselongevallen met ziekenhuisopname, letselongevallen met bezoek aan de spoedeisende hulp op een ziekenhuis en letselongevallen die behandeld worden door een huisarts. De registratiegraad en aantallen zijn resp. 59% en 11.507, 16% en 11.875 en 6% en 15.199. Bij veel letselongevallen gaan mensen pas achteraf naar een arts omdat men achteraf pas klachten krijgt (whiplash bijvoorbeeld). Een overzicht van de drie categorieën, is weergegeven in tabel 1:

Afloopcode	Soort	Registratiegraad	Aantal
Dodelijk	n.v.t.	93%	1.082
Letsel	Opname ziekenhuis	59%	11.507
	Bezoek spoedeisende hulp	16%	11.875
	Behandeling huisarts	6%	15.199
Schade	n.v.t.	28%	242.494
Totaal	n.v.t.	22%	282.157

Tabel 1: overzicht registratiegraad en aantallen ongevallen in het jaar 2000

In deze studie worden alle soorten letselongevallen in Nederland beschouwd. Deze keuze geeft genoeg vulling almede een redelijk representatief beeld te geven van de verkeers(on)veiligheid op wegen.

3.2.2 Wegtype

Dit is afhankelijk van de indeling van het wegennet die men hanteert. In dit onderzoek wordt de indeling aangehouden die ook wordt gebruikt door AVV en dus het Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Ten eerste gaat dit onderzoek alleen over openbare wegen. Deze keuze is gemaakt omdat het digitale Nationale WegenBestand (NWB), alleen maar openbare wegen bevat. Er is verder gekozen voor een indeling naar wegbeheerder. Er zijn vier typen wegbeheerder, namelijk rijk, provincie, gemeente en waterschap. Hier is gekozen voor wegen in beheer van het rijk, dit in verband met de beschikbaarheid van gegevens over snelheden en intensiteiten op het hoofdwegennet. Over gegevens op provinciale en gemeentelijke wegen beschikt men niet bij AVV. Deze zijn wel aanwezig bij het Bureau Verkeershandhaving van het Openbaar Ministerie (BVOM). Gezien het verkrijgen van deze

gegevens van het BVOM een geheel ander traject is, wordt hier verder geen aandacht aan besteed.

Deze indeling naar wegbeheerde kan verder worden verfijnd naar snelheidslimiet, aantal rijstroken per richting, inrichting en vele andere wegkenmerken. Dit is in eerste instantie wel getracht, maar gezien de technische beperkingen bij het koppelingsproces van de gegevens, is dit helaas niet mogelijk gebleken. Hier is verder dus ook geen aandacht aan besteed in dit onderzoek. Tevens speelde de beschikbare tijd hier een rol in en dat hoe verder men gegevens uitsplitst, hoe meer bestanden men krijgt, maar hoe minder vulling men per bestand krijgt.

Er moet worden ook een indeling van het wegennet gemaakt om een onderzoekseenheid te formuleren. In dit onderzoek wordt gewerkt met risicocijfers en hiervoor is een wegvakindeling nodig. Deze wegvakindeling is gemaakt op basis van het meetnet wat ligt op de Nederlandse autosnelwegen ten behoeve van het signaleringssysteem (matrixborden). In dit gegevensbestand, zijn de gegevens verwerkt over de verschillende meetpunten, met het nummer van één van de vijf verkeerscentrales waartoe het meetpunt behoort (Noord-Holland, Regio Amsterdam, Regio Rijnmond, Zuid-Nederland of Utrecht). Ook is de hectometering aangegeven per telpunt per richting. De precieze coördinaten van het telpunt op het NWB is aangegeven en een hectometering vanaf en tot waar het meetpunt geldig is. Het verschil tussen deze twee hectometerpunten, is de lengte van het wegvak met in het midden het telpunt.

3.2.3 Dagen en tijdstippen

Letselongevallen gebeuren op verschillende dagen en natuurlijk op verschillende tijdstippen. Om een goed beeld te krijgen van wanneer de meeste letselongevallen gebeuren, is een indeling gemaakt naar piek- en daluren in termen van het aantal letselongevallen dat gespreid is over het aantal uren van de dag. De indeling welke gehanteerd zou moeten worden voor dit onderzoek, staat in tabel 2.

Klasse Id.	Uren	Piek / dal
1	00:00 – 05:59	Dal
2	06:00 – 09:59	Piek
3	10:00 – 14:59	Dal
4	15:00 – 18:59	Piek
5	19:00 – 23:59	Dal

Tabel 2: indeling tijdsklassen

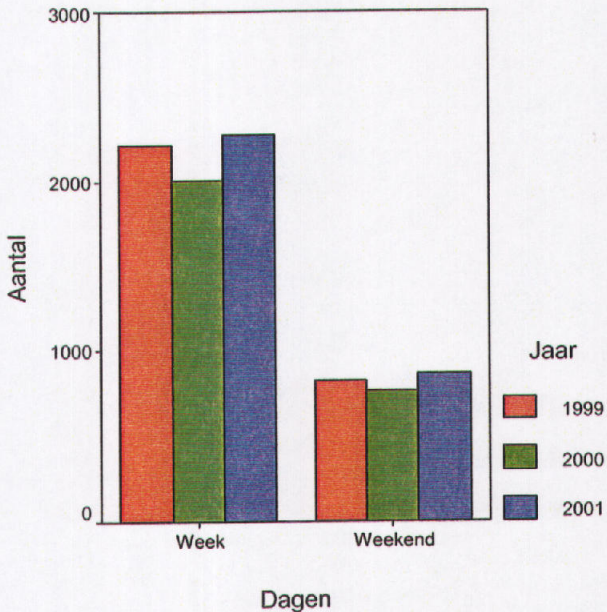
Deze indeling hanteren is helaas niet mogelijk en zal dus ook niet verder worden behandeld. Dit vanwege technische beperkingen tijdens het koppelingsproces van de gegevens.

De verdeling van de letselongevallen over de dag is ook verschillend voor weekdays en dagen in het weekend. De gehanteerde indeling van de weekdays en dagen in het weekend staat in tabel 3.

Klasse Id.	Dagen	Week/weekend
1	Maandag t/m. Vrijdag	Week
2	Zaterdag t/m. Zondag	Weekend

Tabel 3: indeling dagklassen

De verdeling van letselongevallen welke gebeurd zijn op autosnelwegen in beheer van het rijk, is weergegeven in figuur 5. Hier is in 2000 een lichte daling te zien van het aantal letselongevallen ten opzichte van 1999 en weer een stijging in 2001. Dit kan deels verklaard worden door de toegenomen bezettingsgraad van het autosnelwegennet, de veranderingen aan de voertuigen van de afgelopen jaren (er vallen minder doden, maar het aantal letselongevallen stijgt door de verbeterde actieve en passieve veiligheidsmaatregelen in het voertuig) en door de registratiegraad van letselongevallen, welke in 1999 en 2001 hoger lag dan in 2000.



Figuur 2: Verdeling letselongevallen op autosnelwegen over week- en weekenddagen.

3.3 Methodiek

De centrale onderzoeksvraag van dit onderzoek is welke relatie er tussen verkeers(on)veiligheid en snelheid bestaat en in hoeverre deze overeenkomt met of afwijkt van de geformuleerde globale hypothese? De eerste vraag die hierbij gesteld moet worden is: waar gaat het precies om bij verkeers(on)veiligheid?

Een traditionele eerste stap in het bestuderen van de verkeers(on)veiligheid in een gebied of regio, is het bekijken van aantallen en typen ongevallen en slachtoffers. Dit is namelijk het eerste wat de (lokale) bevolking merkt van de verkeersonveiligheid. Al in een vroeg stadium merkt men dan dat het onvoldoende is om uitsluitend naar aantallen ongevallen of slachtoffers te kijken bij het bestuderen van verkeersonveiligheid, zeker als er een vergelijking gemaakt moet worden. Een van de alternatieven voor aantallen ongevallen of slachtoffers is het 'kerncijfer', een naam voor een groep gerelateerde maten van verkeersonveiligheid. Één van deze soorten kerncijfers zijn risicocijfers. Deze vormen bij de analyse van de verkeersonveiligheid voor verschillende typen weg een belangrijk hulpmiddel. In deze risicocijfers wordt de feitelijke onveiligheid (uitgedrukt in ongevallen of slachtoffers) gerelateerd aan een expositiemaat. Als expositiemaat wordt in de regel het aantal kilometers weglengte of het aantal motorvoertuigkilometers (intensiteit x weglengte) gebruikt.

Het risicocijfer geeft een indicatie van de relatieve veiligheid en kan derhalve gebruikt worden voor een onderlinge vergelijking van wegvakken en kruispunten. Zo kan het instrument als indicator voor verkeersveiligheidsknelpunten worden gebruikt door sterk (in negatieve zin) afwijkende wegvakken en kruispunten te isoleren van de rest.

Volgens de commissie RONA (1992) dienen kerncijfers voor verkeersonveiligheid om "vergelijkingen uit te voeren" en om:

- ontwikkelingen in de verkeersveiligheid te volgen;
- aandachtsgebieden aan te geven voor maatregelen en voor onderzoek op het gebied van verkeersveiligheid;
- effecten van verkeersmaatregelen vast te stellen;
- verkeersveiligheid af te wegen tegen andere positieve en negatieve effecten van verkeersmaatregelen.

Kerncijfers zijn bedoeld als maten voor typen (of in ruimere zin: groepen) wegvakken. Sinds 1988 publiceert de SWOV kerncijfers voor verkeersveiligheid die het niveau van de onveiligheid op verschillende wegtypen beschrijven. In deze kerncijfers wordt het aantal geregistreerde letselongevallen gerelateerd aan het feitelijke gebruik, uitgedrukt in het aantal motorvoertuigkilometers. In dit onderzoek worden ook kerncijfers gebruikt om de relatieve verkeersonveiligheid aan te tonen. De kerncijfers welke de SWOV produceert zijn echter wegens tijdsredenen niet gebruikt. Deze kerncijfers (in dit geval risicocijfers) worden als volgt berekend:

$$\text{Risicocijfer} = \frac{\text{Letselongevallen}}{\text{Intensiteit} * \text{Wegvaklengte}}$$

De totstandkoming van deze risicocijfers gaat een bepaald proces. Vooraf aan dit totstandkomingproces, moeten bepaalde keuzes gemaakt worden voor het onderzoek over het netwerk en welke delen van het wegennet uitspraken worden gedaan. Het netwerk dat bij AVV beschikbaar is een technisch netwerk, namelijk het digitaal nationaal wegenbestand(NWB). Dit moet eerst omgezet worden naar een verkeerskundig netwerk waarbij keuzes gemaakt moeten worden ten opzichte van de onderdelen van het netwerk waarover uitspraken gedaan worden. Deze keuzes ^{2.1.1} worden behandeld in paragraaf 3.2. Daarna moet worden beslist welke soort ongevallen men gaat bestuderen en de implicaties daarvan. In dit geval zijn dat alle letselongevallen voor geheel Nederland, ongeacht het type. Alle letselongevallen in Nederland worden geselecteerd voor een bepaald jaar en worden toegekend aan bepaalde wegvakken door middel van een Geografisch Informatie Systeem (GIS) om te zien welke wegvakken in aanmerking komen voor bestudering. De wegvakindeling die in dit onderzoek gehanteerd wordt is eveneens te vinden in paragraaf 3.2. Na deze toekenning van de ongevallen aan het netwerk, worden gegevens over intensiteiten verzameld. Deze intensiteiten worden opgeteld om zo tot een jaartotaal te komen. Om de omvang van deze stap iets te beperken, wordt een steekproef ^{2.1.2} getrokken van 30 werkdagen en een evenredig aantal weekenddagen ten opzichte van het totaal. Deze steekproeven leveren uiteindelijk een daggemiddelde op voor week en weekenddagen. Deze daggemiddelden worden vermenigvuldigd met het aantal week- of weekenddagen dat in het jaar waarover het onderzoek gaat geweest zijn. Dit geeft een gemiddelde totaalintensiteit voor het jaar. Deze jaarintensiteit wordt vermenigvuldigd met de lengte van het wegvak waarvoor de

intensiteit geldig is, hetgeen de verkeersprestatie is. De verkeersprestatie wordt gedeeld door één miljoen om een x miljoen voertuigkilometers te krijgen. Het aantal ongevallen op een bepaald wegvak wordt gedeeld door de verkeersprestatie op dat wegvak en de uitkomst is het risicocijfer in aantal letselongevallen per miljoen voertuigkilometers per jaar. Zodra deze risicocijfers bekend zijn, worden deze met behulp van SPSS gekoppeld, door middel van unieke kenmerken per wegvak, aan snelheidsgegevens. Dan kan het risicocijfer worden geanalyseerd aan de hand van het analysetool dat een curve kan bepalen aan de hand van de aanwezige gegevens, de zogenaamde 'curve estimation'. Hierbij geeft de software aan in hoeverre de gemaakte curve significant afwijkt van nul en hoeveel procent van de variantie wordt verklaard door deze curve (R^2). Afhankelijk van het percentage van de variantie dat de curve beschrijft, kunnen de extremen en uitschieters verwijderd worden door middel van de foutmarge van de gemiddelde snelheid. Hoe groter deze is, des te kleiner het deel van de variantie wat correct beschreven is. Door foutmarge van deze gemiddelde snelheid te delen door de standaardafwijking van de foutmarge, komt er een gestandaardiseerd getal uit wat de residual van de gemiddelde snelheid heet. Deze residual moet kleiner zijn dan drie om representatief te zijn. Hierna worden de gevallen geselecteerd voor welke deze residual kleiner is dan drie en wordt er opnieuw een curve berekend. Afhankelijk van de R^2 , wordt de residual opnieuw bepaald en de gevallen opnieuw geselecteerd. Net zo lang tot de gemiddelde snelheid normaal verdeeld is. Waarbij wel op gelet moet worden is dat de populatie niet al te klein wordt. Met een kleiner beschikbaar deel van populatie kunnen de uitspraken hierover wel betrouwbaar zijn, maar niet representatief. Hierna moet gekeken worden naar de standaardafwijking van de gemiddelde snelheid. Deze geeft aan in hoeverre de spreiding van de gemiddelde snelheid een rol speelt bij het verklaren van de variantie. Hoe kleiner de spreiding van de standaardafwijking van de gemiddelde snelheid, des te groter het deel van de variantie wat verklaard wordt door de curve risico – standaardafwijking gemiddelde snelheid. Deze procedure wordt voor week- als weekenddagen uitgevoerd en het uiteindelijke product is een viertal curven welke de relatie tussen risico–gemiddelde snelheid en risico–standaardafwijking gemiddelde snelheid, beschrijven voor week- en weekenddagen. Het is natuurlijk wel zo dat tijdens iedere stap van deze werkwijze, gecontroleerd moet worden of hetgeen men gemaakt heeft, daadwerkelijk hetgeen is wat men wou maken.

4 Analyse en resultaten

Tijdens het analyseren van de resultaten zijn enkele restricties van de gebruikte methode en hulpmiddelen naar voren gekomen, zoals dat als men een tijdsklasse aan heeft gegeven bij een letselongeval en deze met behulp van GIS aan een wegvak gaat koppelen. Zodra het aantal letselongevallen per wegvak meer dan één is, kan de tijdsklasse niet meer weer worden gegeven en gaat verloren. Dit is het gevolg van de cumulatieve werking van de koppeling. Ook het grootste aantal van de beperkingen en kaders waarbinnen het onderzoek geplaatst moet worden zijn gaandeweg het onderzoek bekend geworden. Deze restricties en kanttekeningen zijn opgenomen bij de afbakening van het onderzoek in de onderzoeksopzet in hoofdstuk 3. Ten eerste is gekeken naar de weekdays en daarna naar de weekenddagen.

4.1 Weekdagen

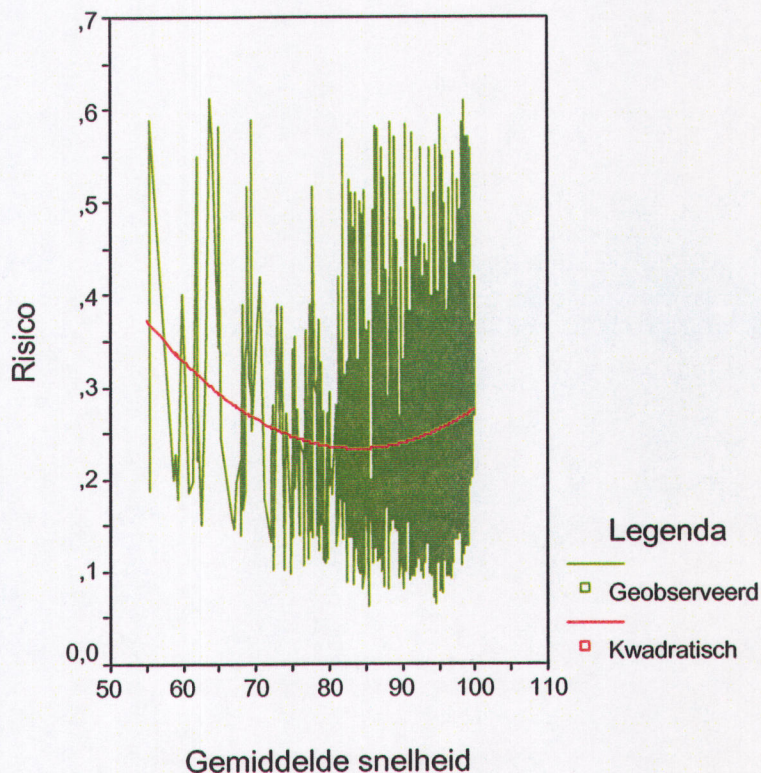
Gedurende de weekdays gebeuren de meeste letselongevallen ten opzichte van de weekenddagen. Dit is het gevolg van de grotere verkeersdruk op de autosnelwegen gedurende de week. Dit normeert zich weer ten opzichte van de weekend dagen door middel van het risicocijfer. Het risicocijfer is bekeken als functie van twee variabelen. Als eerste is gekeken naar het risico als functie van de gemiddelde snelheid en ten tweede naar het risico als functie van de standaarddeviatie van de gemiddelde snelheid.

Tijdens de eerste regressie welke met behulp van SPSS is gemaakt, werden alle wegvakken waarbij het risico groter was dan nul gebruikt. Als het risico nul is, dan is er niets te bestuderen in de zin van een relatie tussen gemiddelde snelheid en nul. Hierbij werd gekeken welke soort functie de grootste R^2 had en grootste significante afwijking van nul. Dit bleek de kwadratische functie te zijn. Er is namelijk keuze uit een elftal functies namelijk:

- Linear
- Logarithmic
- Inverse
- Quadratic
- Cubic

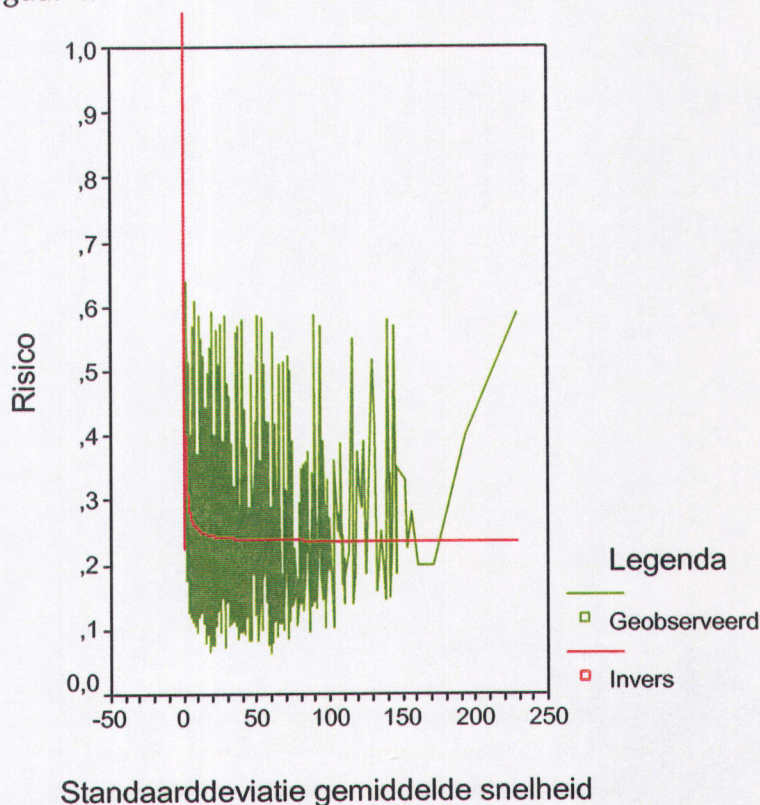
- Power
- Compound
- Logistic
- S
- Growth
- Exponential

Dat de kwadratische functie het grootste deel van de variantie bepaald komt overeen met de hypothese. Hierna is de curve opnieuw bepaald door middel van regressie. De standaardfout van deze curve, niet te verwarren met de standaarddeviatie, is geanalyseerd om de residual te kunnen bepalen en op basis hiervan bepaalde waarden uit te sluiten bij de bepaling van de nieuwe curve. Dit is zeven keer gedaan om de curve zo veel mogelijk van de variantie te laten verklaren. De uiteindelijke curve voor de relatie risico en gemiddelde snelheid, is weergegeven in figuur 3.



Figuur 3: Grafiek risico als functie van gemiddelde snelheid voor weekdagen op autosnelwegen in 2000, in aantal letselongevallen per miljoen voertuigkilometers.

Deze curve beschrijft slechts 2,0% van de variantie in het risico als functie van de gemiddelde snelheid. Deze curve wijkt wel significant af van nul ($\text{sig.T}=0,0001$), dus het is zeer accuraat. De analyse van het risico als functie van de standaardafwijking van de gemiddelde snelheid is op dezelfde wijze voltrokken als die van de relatie risico en gemiddelde snelheid. Deze is te zien in figuur 4.



Figuur 4: Grafiek risico als functie van de standaarddeviatie van de gemiddelde snelheid voor weekdays op autosnelwegen in 2000, in aantal letselongevallen per miljoen voertuigkilometers.

Uit deze grafiek blijkt een dat er een heel ander verband bestaat tussen de standaarddeviatie van de gemiddelde snelheid en risico, dan tussen de gemiddelde snelheid en risico. Deze relatie is een inverse relatie ten opzichte van een kwadratische bij de gemiddelde snelheid. Het meest opmerkelijke van deze grafiek is dat het aandeel van de variantie dat deze beschrijft, maar liefst 90,2% is, met een dusdanige afwijking van nul, dat de sig.T gelijk is aan 0,0000. SPSS berekend deze significante afwijking van nul niet verder dan vier cijfers achter de komma en dus wijkt deze grafiek aardig af van nul.

De formules van deze twee curven zijn:

$$Risico_{weekdagen} = 0,000168\bar{V}^2 - 0,28170\bar{V} + 1,414613$$

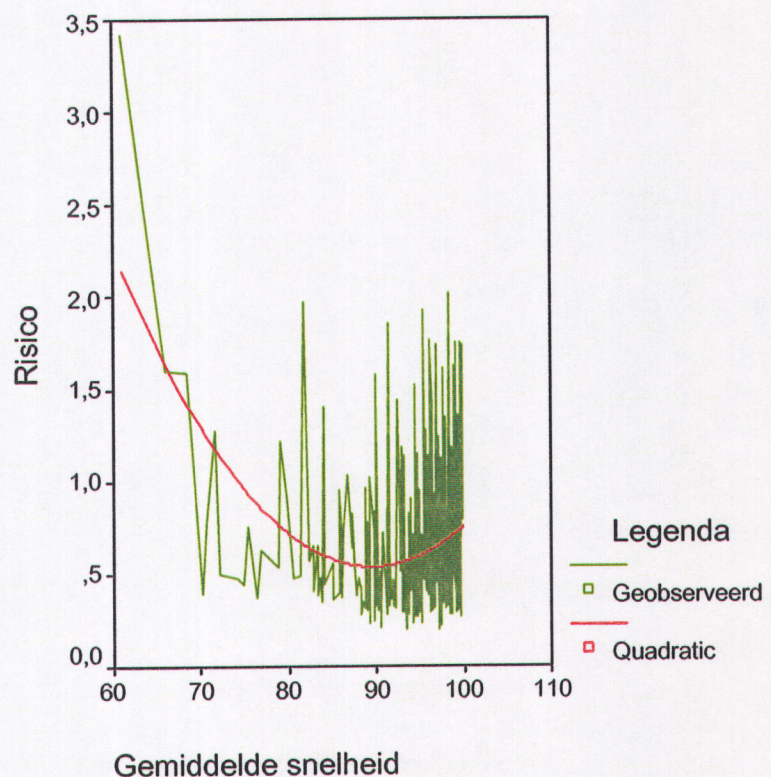
en

$$Risico_{weekdagen} = \frac{0,198489}{s_v} + 0,234347$$

Hier zijn \bar{V} en s_v respectievelijk de gemiddelde snelheid en standaardafwijking van de gemiddelde snelheid.

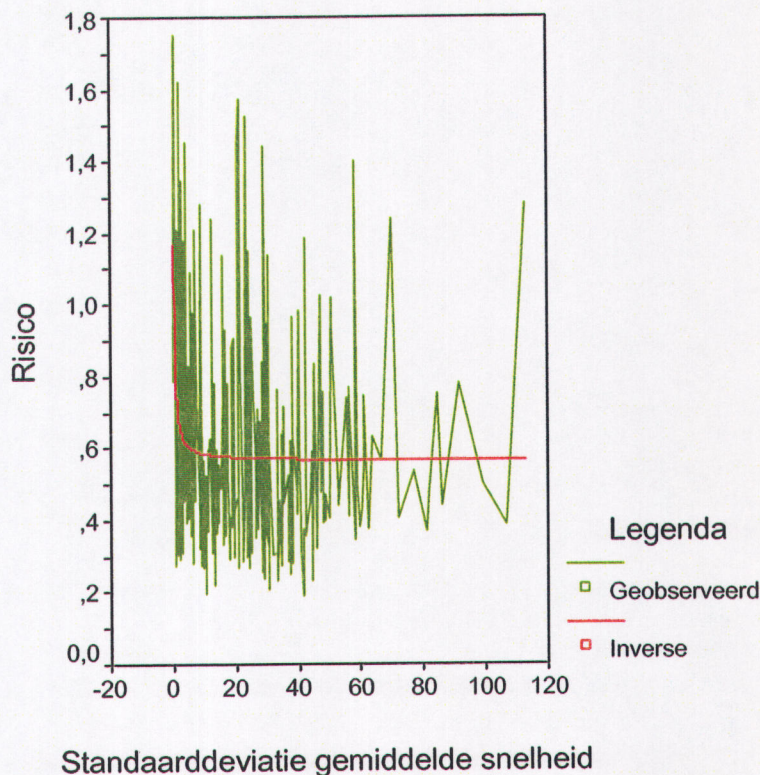
4.2 Weekenddagen

Voor weekenddagen zijn dezelfde stappen genomen als voor de weekdagen. Hier Had net zoals bij de weekdagen, de kwadratische regressievergelijking, de grootste R^2 en significante afwijking van nul. De grafiek is weergegeven in figuur 5.



Figuur 5: Grafiek risico als functie van gemiddelde snelheid voor weekenddagen op autosnelwegen in 2000, in aantal letselongevallen per miljoen voertuigkilometers.

Deze curve beschrijft 14,4% van de variantie in het risico als functie van de gemiddelde snelheid voor weekenddagen. Dit is meer dan voor weekdays. Deze curve wijkt significant af van nul ($\text{sig.T}=0,0000$), dus het is zeer accuraat. De analyse van het risico als functie van de standaardafwijking van de gemiddelde snelheid is op dezelfde wijze voltrokken als die van de relatie risico en gemiddelde snelheid. Deze is te zien in figuur 6.



Figuur 6: Grafiek risico als functie van de standaarddeviatie van de gemiddelde snelheid voor weekenddagen op autosnelwegen in 2000, in aantal letselongevallen per miljoen voertuigkilometers.

Uit deze grafiek blijkt een dat er hier ook een heel ander verband bestaat tussen de standaarddeviatie van de gemiddelde snelheid en risico, dan tussen de gemiddelde snelheid en risico. Deze relatie is een inverse relatie ten opzichte van een kwadratische bij de gemiddelde snelheid. Het meest opmerkelijke van deze grafiek is dat het aandeel van de variantie dat deze beschrijft, slechts 5,6% is ten opzichte van 90,2% voor weekdays. Deze curve heeft een sig.T gelijk aan 0,0000.

De formules van deze twee curven komen er als volgt uit te zien:

$$Risiko_{weekenddagen} = 0,001980\bar{V}^2 - 0,354468V + 16,404201$$

en

$$Risiko_{weekenddagen} = \frac{0,200301}{s_v} + 0,564147$$

Hier zijn \bar{V} en s_v respectievelijk de gemiddelde snelheid en standaardafwijking van de gemiddelde snelheid.

5 Conclusies

Om meer inzicht te verkrijgen in de relatie tussen verkeers(on)veiligheid en snelheid en deze te kwantificeren, is de vraag die werd gesteld om het doel te bereiken welke relatie er tussen verkeers(on)veiligheid en snelheid bestaat en in hoeverre deze overeenkomt met of afwijkt van de geformuleerde globale hypothese? Enkele deelvragen hierbij zijn: Welke aspecten van de verkeersongevalsgegevens zijn belangrijk om te gebruiken bij de koppeling aan snelheid? Op welke manier zijn de hiervoor genoemde aspecten van de verkeersongevalsgegevens te koppelen (statistisch gezien) aan snelheid? Wat is de specifieke relatie tussen de geselecteerde aspecten en snelheid. Wat is de beste manier om deze relatie te presenteren? In welke mate wijkt de werkelijke relatie af van de hypothese en waarom. Deze vragen worden in de volgende paragrafen beantwoord.

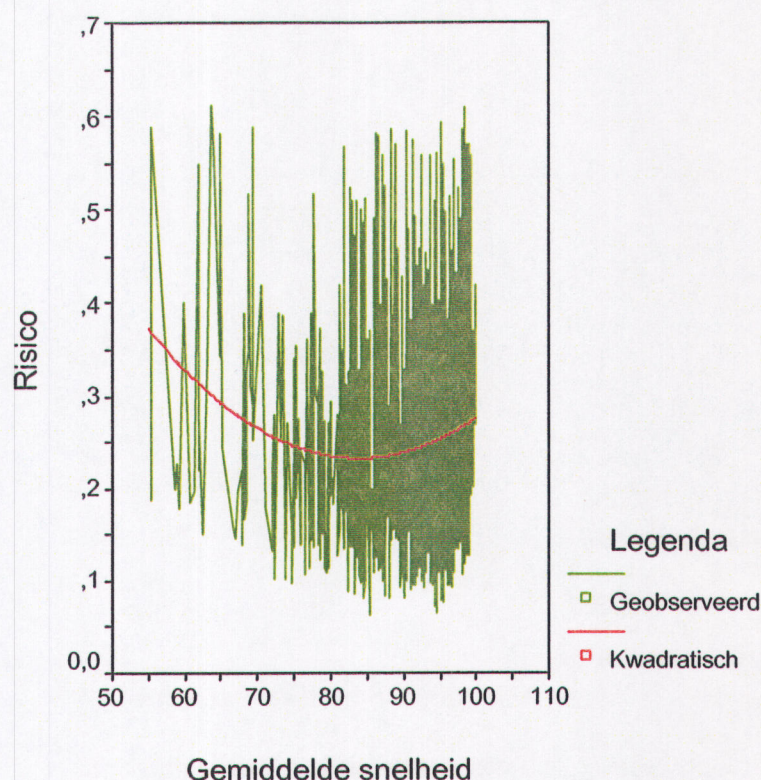
5.1 Algemeen

In algemene zin is de centrale onderzoeksvraag van deze studie beantwoord omdat de relatie tussen risico en gemiddelde snelheid een U-vormige curve is. Alleen is het belangrijkste verschil tussen de hypothese en de daadwerkelijke relatie dat het minimum niet rond de maximumsnelheid ligt, maar dat het minimum van de curve niet rond de maximumsnelheid ligt, maar daar onder. Dit is deels te verklaren door het feit dat geaggregeerde gegevens zijn gebruikt voor een heel jaar en niet voertuiggegevens per meetpunt. Ook zou een uitsplitsing naar piek- en daluren, qua intensiteit, een beter beeld geven van de daadwerkelijke relatie in de zin van een kleinere spreiding en dus een groter deel van de spreiding wat met één functie beschreven wordt. Een belangrijke kanttekening die geplaatst moet worden is dat deze curven alleen gelden voor het jaar 2000. Er is geen gebruik gemaakt van gegevens van andere jaren. Ook is de registratiegraad van alle letselongevallen niet 100%, maar was deze in 2000 tussen de 40% en 45%. Dit geeft ook een vertekend beeld.

Welke aspecten van de verkeersongevalsgegevens belangrijk zijn om te gebruiken bij de koppeling aan snelheid is niet zo duidelijk naar voren gekomen. Het enige aspect waarop de ongevallen zijn gekoppeld aan de snelheid is door middel van een locatie die op een wegvak ligt. De verdere uitsplitsing naar letselernst of andere factoren is niet gemaakt wegens de problemen die dit op zou leveren met betrekking tot de beschikbare tijd en de overzichtelijkheid van het geheel. Op de vraag op welke manier zijn de hiervoor genoemde aspecten van de verkeersongevalsgegevens te koppelen zijn (statistisch gezien) aan snelheid is eigenlijk hetzelfde als op de vorige vraag. Alleen de locatie van het ongeval en het wel of niet vallen van een ongevallen binnen een wegvak waren bruikbaar. Wat de beste manier om deze relatie te presenteren is, heb ik gezien als dit rapport en grafieken die zowel de geobserveerde gegevens als de curve die het resultaat is van de regressieberekening.

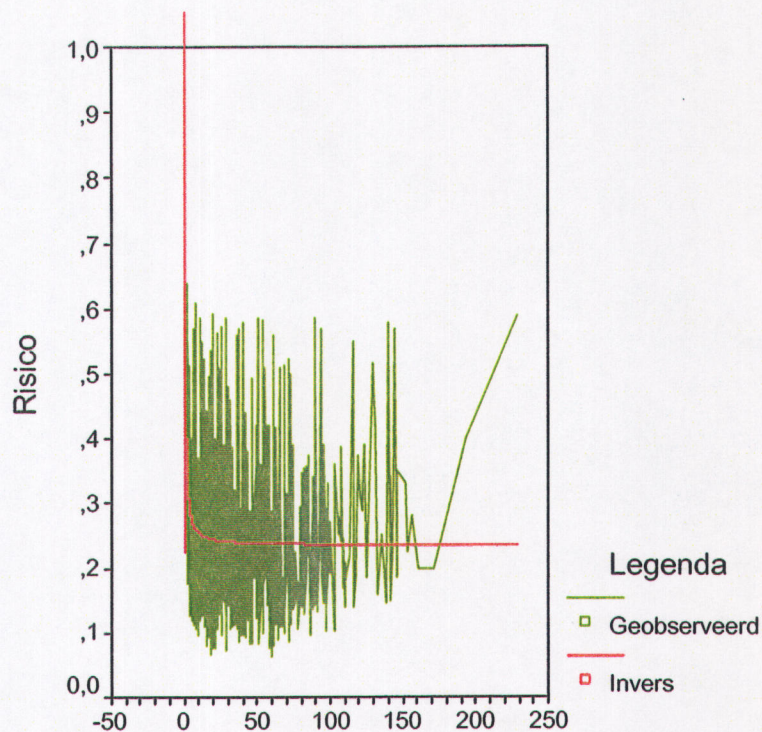
5.2 Weekdagen

Voor de weekdagen, zoals weergegeven in figuur 7, ligt het minimum risico bij een risico van $\pm 0,23$ letselongevallen per miljoen voertuigkilometers en 83,5 kilometer per uur. Op het eerste gezicht betekent dit dat in algemene zin een snelheid tussen de 80 en 90 km/u veiliger is met betrekking tot letselongevallen dan een snelheid van 100 of 120 km/u.



Figuur 7: Grafiek risico als functie van gemiddelde snelheid voor wekdagen op autosnelwegen in 2000, in aantal letselongevallen per miljoen voertuigkilometers.

Dit geeft alleen een beeld van wekdagen en niet van de specifieke uren van de dag. Een specificering naar piek- en daluren zou een beter beeld opleveren van het daadwerkelijke risico op wekdagen, omdat deze curve slechts 2% van de totale variantie in de gegevens beschrijft. Een uitsplitsing naar aantallen rijstroken, snelheidslimiet en het verwijderen van storende factoren van de homogeniteit van de verkeersstroom en het verkeersbeeld uit het netwerk, zou een veelbetrouwbaarder beeld geven. Hierbij moet wel de kanttekening geplaatst worden dat het aantal ongevallen dan erg klein wordt per onderzoekseenheid. Tegenover het feit dat slechts 2% van de variantie beschreven wordt voor de relatie risico en gemiddelde snelheid, staat de relatie tussen het risico en de standaarddeviatie van de gemiddelde snelheid. Deze curve, te zien in figuur 8, beschrijft 90,2% van de variantie in het risico.

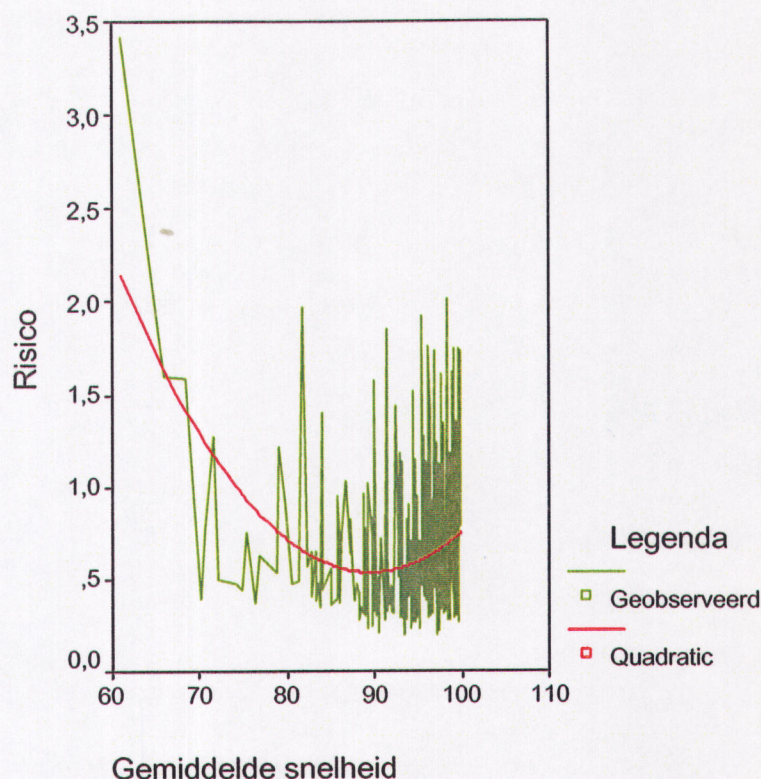


Figuur 4: Standaarddeviatie gemiddelde snelheid
 Grafiek risico als functie van de standaarddeviatie van de gemiddelde snelheid voor weekdagen op autosnelwegen in 2000, in aantal letselongevallen per miljoen voertuigkilometers.

Deze curve is dus een beter manier om de relatie van het risico en de gemiddelde snelheid te beschrijven voor weekdagen op autosnelwegen in 2000.

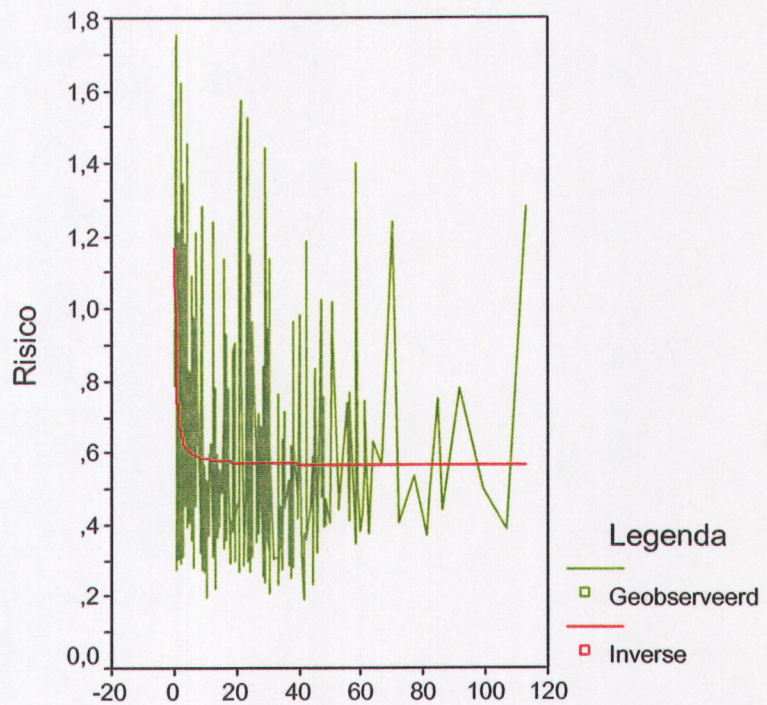
5.3 Weekenddagen

Voor de weekenddagen, zoals weergegeven in figuur 9, ligt het minimum risico bij een risico van $\pm 0,505$ letselongevallen per miljoen voertuigkilometers en 89 kilometer per uur.



Figuur 9: Grafiek risico als functie van gemiddelde snelheid voor weekenddagen op autosnelwegen in 2000, in aantal letselongevallen per miljoen voertuigkilometers.

Dit betekent dat in algemene zin een snelheid tussen de 85 en 95 km/u veiliger is voor letselongevallen dan een snelheid van 100 of 120 km/u. Dit geeft alleen een beeld van weekdagen en niet van de specifieke uren van de dag. Een zelfde specificering als bij weekdays zou moeten gemaakt worden, zou een beter beeld opleveren van het daadwerkelijke risico op weekenddagen, omdat deze curve 14,4% van de totale variantie in de gegevens beschrijft. Naast het feit dat 14,4% van de variantie beschreven wordt door de relatie risico en gemiddelde snelheid, staat de relatie tussen het risico en de standaarddeviatie van de gemiddelde snelheid. Deze curve, te zien in figuur 10, beschrijft 5,6% van de variantie in het risico. Dit is veel minder dan de 90,2% voor weekdays.



Standaarddeviatie gemiddelde snelheid

Figuur 10: Grafiek risico als functie van de standaarddeviatie van de gemiddelde snelheid voor weekenddagen op autosnelwegen in 2000, in aantal letselongevallen per miljoen voertuigkilometers.

Een verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat het verloop van de standaarddeviatie van de gemiddelde snelheid veel grilliger is en de afstand tussen de verschillende punten in de breedte groter is. Het kan ook komen doordat er minder letselongevallen op weekenddagen gebeuren dan op weekdagen, ongeveer de helft.

Er zullen nog veel uitsplitsingen gemaakt moeten worden om een beter beeld te krijgen van de relatie tussen letselongevallen en de gemiddelde snelheid of van de relatie tussen het risico en de standaarddeviatie van de gemiddelde snelheid. De aanbevelingen om tot een verbetering van deze relatie staan in hoofdstuk 6.

6 Aanbevelingen

Om meer inzicht te verkrijgen in de relatie tussen verkeers(on)veiligheid en snelheid en deze te kwantificeren, is het doel van dit onderzoek om te achterhalen in welke mate de gepresenteerde globale hypothese over de relatie tussen verkeers(on)veiligheid en snelheid, valide is. Gebleken is dat de hypothese deels waar is. Omdat de hypothese niet geheel valide is ten opzichte van de werkelijkheid, zijn er nog dingen die enige aandacht behoeven. Deze aandachtspunten worden in dit hoofdstuk behandeld.

De indeling van het wegennet en de dagen die gehanteerd is in dit onderzoek, is slechts heel globaal. Er moet bij vervolgonderzoeken een weg- en dagindeling gemaakt worden die rekening houdt met meer dan de wegbeheerder alleen. Een verder onderzoek moet rekening houden met de soort weg er onderzocht wordt, zijn dit autosnelwegen, provinciale- of gemeentelijke wegen en wie is de wegbeheerder hiervan (rijk, provincie, gemeente of waterschap). Ook moet rekening gehouden worden met het aantal rijstroken, ~~is wordt~~ alleen gekeken naar 2x2, 2x3, iets anders of naar alle wegen in Nederland. De snelheidslimiet moet ook in acht worden genomen bij een indeling van het te hanteren wegennet. Een autosnelweg waar 120 gereden mag worden, zal een heel ander beeld vertonen dan een gemeentelijke stroomweg waar de snelheidslimiet 70 is. De tijd van de dag en de soort dag is hier ook erg belangrijk. Qua aantallen zullen er in de spitsuren op weekdays, veel meer ongevallen plaatsvinden dan in de daluren op weekenddagen. De grote vraag is hier of dat qua risico een ander beeld geeft nadat het aantal ongevallen genormeerd is aan de zeer verschillende intensiteiten gedurende weekdays in de spits en de daluren in de weekenddagen. De maand of het seizoen kunnen ook een belangrijke rol spelen in het verloop van een curve. Het aantal ongevallen tijdens een warme en relatief rustige zomervakantie, zal heel wat verschillen van het aantal dat gebeurt in een besneeuwde wintermaand. Of het risico ~~ion~~ deze twee heel verschillende situaties anders is en of de snelheden dan nog representatief zijn, is een heel ander vraagstuk. Ook moet bij het indelen van het wegennet in wegvakken rekening gehouden worden met versturende factoren die de homogeniteit van de verkeersstroom en het 'normale' gedrag op de weg beïnvloeden. Deze moeten uit de wegvakindeling geweerd worden of er moet voor deze verstoringen gecompenseerd worden.

De presentatie van de relatie tussen verkeers(on)veiligheid en risico heeft in deze studie de vorm van een rapport aangenomen met grafieken als visueel medium. Dit neemt niet weg dat het ook op een geheel andere wijze gepresenteerd is. Het kan ook in de vorm van een kaart met een klassenindeling voor het risico als functie van de gemiddelde snelheid per wegvak of traject. Deze kaart kan in zwart-wit of in kleur zijn. Het kan ook in de vorm van een specialistisch computerprogramma waarbij de gebruiker zelf kan kiezen ver welk jaar hij of zij iets wil berekenen, de variabelen en de uitvoer van de functie en / of kaart kan aanpassen en gebruiken bij andere applicaties.

Om een beter uitputtende formule vast te stellen voor de het daadwerkelijke risico, moet het niet alleen gezien worden als functie van de gemiddelde snelheid. Dingen zoals weersgesteldheid, situatie op de weg, voertuigkenmerken en wegkenmerken ander dan het aantal rijstroken per richting, kunnen verwerkt worden met een meer modelmatige aanpak van het vraagstuk, wat ook een geheel ander traject is in de zin van het proces.

Geraadpleegde Bronnen

D. Solomon, *"Accidents on Main Rural Highways Related to Speed, Driver, and Vehicle,"* Federal Highway Administration, Washington, DC, juli 1964 (Herdruk 1974).

J. A. Cirillo, *"Interstate System Accident Research Study II, Interim Report II,"* Public Roads, Vol. 35, No. 3, augustus 1968.

L. B. West, Jr. en J. W. Dunn, *"Accidents, Speed Deviation and Speed Limits,"* Traffic Engineering, Vol. 41, No. 10, juli 1971.

J. M. Munden, *"The Relation Between A Driver's Speed and His Accident Rate,"* Rapport LR 88, Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, England, 1967.

B. N. Fildes, G. Rumbold, en A. Leening, *"Speed Behavior and Drivers' Attitude to Speeding,"* Rapport No. 16, Monash University Accident Research Centre, Victoria, Australië, juni 1991.

B. N. Fildes en S. J. Lee, *"The Speed Review: Road Environment, Behavior, Speed Limits, Enforcement and Crashes,"* Rapport No. CR 127, Federal Office of Road Safety, Canberra, Australië, september 1993.

D. L. Harkey, H. D. Robertson, en S. E. Davis, *"Assessment of Current Speed Zoning Criteria,"* Transportation Research Record 1281, Transportation Research Board, Washington, D.C. 1990.

C. N. Kloeden, J. J. McLean, V. M. Moore en G. Ponte, *"Travelling Speed and the Risk of Crash Involvement,"* Rapport No. CR 172, Federal Office of Road Safety, Canberra, Australië, 1997.

E. Hauer, *"Accidents, Overtaking and Speed Control,"* Accident Analysis and Prevention, Vol. 3, No. 1, juli 1971.

E. C. Cerrelli, *"1996 Traffic Crashes, Injuries, and Fatalities-Preliminary Report,"* Rapport No. DOT HS 808 543, National Highway Traffic Safety Administration, Washington, DC, Maart 1997.

C. Lave, "*Speeding, Coordination, and the 55MPH Limit*," American Economic Review, Vol. 75, No. 5, 1985.

N. J. Garber and R. Gadiraju, "*Speed Variance and its Influence on Accidents*," AAA Foundation for Traffic Safety, Washington, DC, juli 1988.

H. L. Oei, "*The effect of enforcement on speed behavior*," Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam, 1998