

## De relatie tussen snelheid en ongevallen

### Samenvatting

De exacte relatie tussen snelheid en ongevallen is afhankelijk van veel factoren. In algemene zin is die relatie echter zeer duidelijk: naarmate er op een bepaalde weg harder wordt gereden, neemt de kans op een ongeval steeds meer toe. De ongevalskans is ook groter voor een individueel voertuig dat sneller rijdt dan het overige verkeer op die weg. Naarmate de snelheid hoger is, resulteert een botsing ook in ernstiger letsel, zowel voor de veroorzaker van het ongeval als voor de tegenpartij. Daarbij speelt ook nog de massa en kwetsbaarheid van de betrokken voertuigen/verkeersdeelnemers een rol. Bij een botsing tussen een lichter en een zwaarder voertuig zijn de inzittenden van het lichtere voertuig over het algemeen aanzienlijk slechter af dan die van het zwaardere voertuig. In versterkte mate geldt dat ook voor voetgangers en (brom)fietsers in botsingen met (veel) zwaardere gemotoriseerde voertuigen.

### Achtergrond en inhoud

Snelheid is een van de basisrisicofactoren in het verkeer (Wegman & Aarts, 2005). Hogere rijsnelheden leiden tot hogere botssnelheden en daarmee tot ernstiger letsel. Bij hogere rijsnelheden is er bovendien minder tijd om informatie te verwerken en daarop te reageren, en is de remweg langer. Daarmee is dus de mogelijkheid om een botsing te voorkomen geringer. Kortom: hogere rijsnelheden leiden tot een grotere kans op ongevallen met bovendien een grotere kans op een ernstiger afloop (Aarts, 2004; Aarts & Van Schagen, 2006). Echter, lang nog niet alles is bekend over de exacte relatie tussen snelheid en verkeersonveiligheid, en de omstandigheden die deze relatie beïnvloeden. Dit maakt het bijvoorbeeld lastig om te berekenen wat de precieze effecten zijn van concrete snelheidsmaatregelen. Hieronder worden de meest recente inzichten in de relatie tussen snelheid en verkeersveiligheid samengevat. Andere SWOV-factsheets die ingaan op het onderwerp snelheid zijn: [Snelheidskeuze: de invloed van mens, weg en voertuig](#); [Naar geloofwaardige snelheidslimieten](#); [Maatregelen voor snelheidsbeheersing](#); [Politietoezicht en rijsnelheid](#); [De werking en effecten van snelheidscamera's](#); en [Intelligente Snelheidsassistentie \(ISA\)](#).

### Hoe groot is de rol van snelheid bij ongevallen?

In theorie speelt snelheid een rol bij alle verkeersongevallen: als iedereen stil zou staan, zou er immers geen verkeer zijn. Het is echter erg lastig om vast te stellen bij hoeveel ongevallen een (te) hoge snelheid de belangrijkste oorzaak is, omdat er naast snelheid ook vaak andere factoren in het spel zijn die tot een ongeval leiden. De kans op een ongeval is in ieder geval groter naarmate de snelheid hoger is; dit is een van de redenen dat er snelheidslimieten worden gesteld. Dat wil echter niet zeggen dat 'je aan de maximumsnelheid houden' altijd veilig is. Snelheid is ook gevaarlijk als deze hoger is dan de omstandigheden op dat moment veiligheidshalve toelaten (bijvoorbeeld door regen, mist of grote verkeersdrukke). Met name deze onaangepaste snelheid is over het algemeen moeilijk objectief vast te stellen. De politie registreert snelheid dan ook relatief weinig als ongevals-oorzaak. Over het algemeen wordt ervan uitgegaan dat ongeveer een derde van de dodelijke ongevallen (mede) veroorzaakt wordt door limietoverschrijdingen of onaangepaste snelheden (OECD/ECMT, 2006).

### Wat is de relatie tussen snelheid en de ernst van een ongeval?

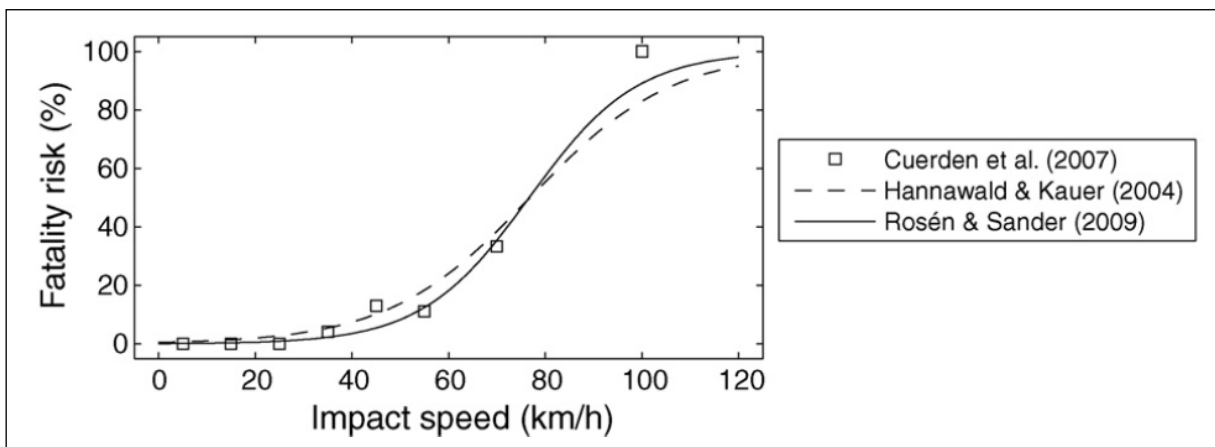
De relatie tussen snelheid en veiligheid berust op twee pijlers. De eerste pijler is de relatie tussen botssnelheid en de *ernst* van een ongeval; de tweede die tussen snelheid en de *kans* op een ongeval. Hoe hoger de botssnelheid is, hoe ernstiger de consequenties zijn in termen van materiële schade en letsel. Dit is een natuurkundige wetmatigheid die te maken heeft met de hoeveelheid bewegings-energie die bij een botsing in zeer korte tijd wordt omgezet in bijvoorbeeld warmte en vervorming van materiaal. Daar komt nog eens bij dat de mens fysiek zeer kwetsbaar is in verhouding tot de enorme krachten die er bij een botsing vrijkomen. In de laatste decennia zijn voertuigen wel steeds beter uitgerust (met kreukelzones, airbags en gordels) om de energie die bij een botsing vrijkomt te

'absorberen' en daarmee de inzittenden te beschermen. Maar de botssnelheid blijft van groot belang voor de afloop van een ongeval.

#### *Welke verkeersdeelnemers hebben de meeste kans op letsel?*

Voor de afloop van een botsing speelt naast snelheid ook de massa van de betrokken voertuigen een rol. Bij botsingen tussen voertuigen met een massaverschil zijn de inzittenden van de lichtere voertuigen over het algemeen aanzienlijk slechter af dan die van de zwaardere voertuigen. Het verschil in massa bepaalt namelijk welk voertuig welk deel van de vrijgekomen energie absorbeert. Globaal gezien is die energieopname omgekeerd evenredig met de massa van de voertuigen. De massa van voertuigen kan in hoge mate verschillen. Dit is heel duidelijk het geval bij vrachtauto's en personenauto's, waarbij het massaverschil een factor 10 of meer kan bedragen. Maar ook binnen de groep personenauto's zijn de massaverschillen groot en deze worden steeds groter; een factor 3 is geen uitzondering. Deze 'incompatibiliteit' van voertuigen is nog steeds een groot probleem voor de verkeersveiligheid (zie ook de SWOV-factsheet [Euro NCAP, een veiligheidsinstrument](#)). De SWOV heeft berekend dat er bij ongevallen tussen twee personenauto's een kwart minder doden onder bestuurders zou vallen als alle personenauto's een gelijke massa zouden hebben (Berends, 2009),

Van geheel andere orde is de incompatibiliteit bij botsingen tussen kwetsbare verkeersdeelnemers en vrijwel alle typen motorvoertuigen. Er is dan sprake van massaverschillen vanaf een factor 10 (bij lichte auto's) tot bijna 700 (bij vrachtauto's van 50 ton). Bovendien hebben voetgangers, (brom)fietzers en ook motorfietzers geen 'ijzeren kooi' om zich heen die een deel van de vrijgekomen energie bij een botsing kan opnemen. Bij een botsing tussen bijvoorbeeld een personenauto en fietser of voetganger dalen de overlevingskansen van de laatsten dramatisch naarmate de botssnelheid van de auto toeneemt. Volgens een overzicht van recente studies (Rosén et al., 2011) overleven bij een botssnelheid van 20 km/uur vrijwel alle voetgangers een botsing met een personenauto; bij een botssnelheid van 40 km/uur overleeft ongeveer 90% van de voetgangers; bij een botssnelheid van 80 km/uur is dat ruim minder dan de helft en bij een botssnelheid van 100 km/uur slechts 10% (zie *Afbeelding 1*).

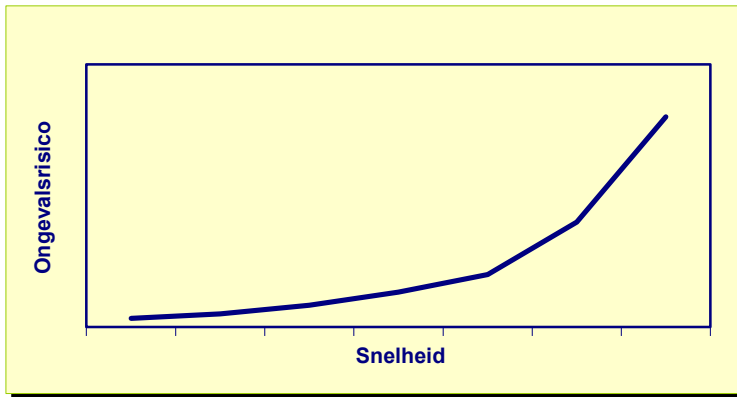


Afbeelding 1. Het overlijdensrisico van voetgangers bij een botsing met een personenauto als functie van de botssnelheid (uit Rosén et al., 2011).

#### **Wat is de relatie tussen absolute snelheid en de kans op een ongeval?**

De tweede pijler van de relatie tussen snelheid en veiligheid heeft te maken met de *kans* op een ongeval. Naarmate bestuurders harder rijden, stijgt de kans om bij een ongeval betrokken te raken. Dit heeft enerzijds te maken met de langere remweg en anderzijds met het feit dat de mens beperkt is in zijn mogelijkheden om informatie te verwerken en op grond daarvan te handelen. De relatie tussen snelheid en ongevalskans is echter veel minder direct en veel complexer dan de relatie tussen snelheid en ongevalsernst.

Relatief veel studies hebben gekeken naar de relatie tussen de absolute rijnsnelheid en het ongevalsrisico. Ongeacht de gebruikte onderzoeksmethode concluderen vrijwel alle studies dat het verband tussen snelheid en ongevalskans het best beschreven kan worden met een machtsfunctie: de kans op een ongeval stijgt bij een snelheidstoename *meer* naarmate de snelheid hoger is en vice versa (*Afbeelding 2*).



Afbeelding 2. Schematische weergave van de relatie tussen snelheid en ongevalskans.

Zeer bekende Scandinavische studies die in dit verband nog steeds vaak worden geciteerd, zijn de studies van Nilsson (1982; 2004), Elvik, Christensen & Amundsen (2004) en Elvik (2009). Deze studies keken naar de effecten op het aantal ongevallen van de toe- en afname van de *gemiddelde snelheid* op een wegvak, meestal door limietwijzigingen. Daarnaast is er ook gekeken naar het effect van de snelheid van individuele voertuigen ten opzichte van het overige verkeer op de ongevalskans. Dit komt verderop, in de paragraaf over snelheidsverschillen aan bod.

#### Wat is het kwantitatieve effect van absolute snelheid?

Zoals hierboven beschreven heeft de absolute snelheid een effect op ongevalskans en ongevalsernst. Begin jaren tachtig heeft Nilsson (1982) deze relatie gekwantificeerd op basis van kinetische wetten. Het effect van een *verandering in de gemiddelde snelheid* op een weg op het aantal letselongevallen kon volgens zijn toenmalige berekeningen gevat worden in de formule:

$$LO_2 = LO_1 \left( \frac{v_2}{v_1} \right)^2$$

met  $LO_2$  als het aantal letselongevallen na de snelheidsverandering,  $LO_1$  als het aantal ongevallen ervoor,  $v_1$  als de gemiddelde snelheid voor de verandering en  $v_2$  als de gemiddelde snelheid erna. Dezelfde formule kon het effect op het aantal ongevallen met ernstig letsel beschrijven, maar dan niet tot de macht 2, maar tot de macht 3, en bij het effect op dodelijke ongevallen werd dat tot de macht 4. Validatie met nieuwere gegevens (Nilsson, 2004; Elvik, Christensen & Amundsen, 2004) bevestigde deze machtsfuncties in grote lijnen.

Een recente studie (Elvik, 2009) maakte het mogelijk om deze kwantitatieve relatie verder te verfijnen, onder andere door een onderscheid te maken tussen wegen binnen en buiten de bebouwde kom. Daaruit bleek dat het effect van een snelheidsverhoging of -verlaging op wegen buiten de bebouwde kom naar verhouding groter is dan op wegen binnen de bebouwde kom. 'Naar verhouding' wil hier zeggen: als we kijken naar het percentage snelheidsverhoging of -verlaging. Als we kijken naar een absolute verhoging of verlaging van bijvoorbeeld 1 km/uur, dan heeft dit meer effect op wegen binnen dan op wegen buiten de bebouwde kom. *Tabel 1* laat de exponenten van de machtsfuncties voor deze twee groepen wegen en voor verschillende ernstgraden van de afloop zien.

Op basis van de formule van Nilsson en de 'vervangende' exponenten uit *Tabel 1*, kunnen effecten van snelheidsveranderingen geschat worden voor verschillende snelheidsregimes en voor verschillende ernstklassen. Ter illustratie: als op een weg de gemiddelde snelheid van 120 naar 119 km/uur zakt, zal naar verwachting het aantal verkeerdoden op die weg afnemen met 3,8% en het aantal ernstig verkeersgewonden met 2,9%. En als op een weg de gemiddelde snelheid van 50 km/uur zakt naar gemiddeld 49 km/uur, dan zal dit naar verwachting gepaard gaan met 5,9% minder verkeersdoden en 4% minder ernstig verkeersgewonden.

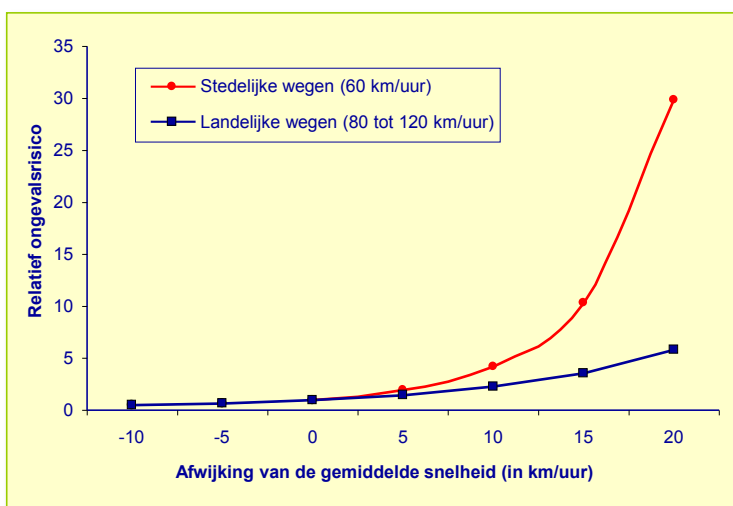
Ongevalsernst	Wegen buiten de bebouwde kom (incl. ASW)		Wegen binnen de bebouwde kom	
	Beste schatting exponent	95%-betrouwbaar- heidsinterval	Beste schatting exponent	95%-betrouwbaar- heidsinterval
Dodelijke ongevallen	4,1	(2,9-5,3)	2,6	(0,3-4,9)
Slachtoffers met dodelijk letsel	4,6	(4,0-5,2)	3,0	(-0,5-6,5)
Ongevallen met ernstig letsel	2,6	(-2,7-7,9)	1,5	(0,9-2,1)
Slachtoffers met ernstig letsel	3,5	(0,5-5,5)	2,0	(0,8-3,2)
Ongevallen met licht letsel	1,1	(0,0-2,2)	1,0	(0,6-1,4)
Slachtoffers met licht letsel	1,4	(0,5-2,3)	1,1	(0,9-1,3)

Tabel 1. De exponenten van de machtsfuncties voor de relatie tussen snelheid en ongevallen/slachtoffers met verschillende letselernst (Elvik, 2009).

### Welk effect hebben snelheidsverschillen?

Naast absolute snelheden zijn ook *snelheidsverschillen* tussen voertuigen van invloed op de ongevalsrisico's. Het effect van deze snelheidsverschillen wordt op twee manieren bestudeerd. Ten eerste zijn er studies die het ongevalsrisico vergelijken tussen wegen met een grote snelheidsvariantie (grote verschillen tussen de snelheden van voertuigen in een periode van 24 uur) en wegen met een kleine snelheidsvariantie. Deze studies komen meestal tot de conclusie dat wegen met een grotere snelheidsvariantie onveilig zijn (Aarts & Van Schagen, 2006).

Het tweede type studie richt zich op de verschillen in snelheid tussen individuele voertuigen die bij een ongeval betrokken waren ten opzichte van de snelheid van het overige verkeer. De eerste studies van dat type werden in de jaren vijftig en zestig in de Verenigde Staten uitgevoerd, bijvoorbeeld door Solomon (1964). Daarbij werd steeds een U-curve gevonden: naarmate automobilisten langzamer dan wel sneller reden dan de snelheid van de meeste voertuigen op die weg, bleek de kans om bij een ongeval betrokken te raken, toe te nemen. Recentere studies, met name uit Australië (bijvoorbeeld Kloeden et al., 1997; 2001; 2002), die de beschikking hadden over modernere meetapparatuur en die bovendien een nauwkeurigere onderzoeksmethode toepasten, kwamen echter tot een andere conclusie. Deze lieten nog steeds zien dat voertuigen die harder rijden dan gemiddeld op die weg, een hoger ongevalsrisico hebben; voertuigen die langzamer rijden, blijken echter geen hoger risico te hebben (Afbelding 3).



Afbelding 3. Het relatieve risico op wegen binnen (Kloeden et al., 2002) en wegen buiten de bebouwde kom (Kloeden et al., 1997; 2001) voor voertuigen die sneller of langzamer rijden dan de gemiddelde snelheid op die weg (=0 km/uur afwijking).

### Conclusie

De exacte relatie tussen ongevallen en snelheid is afhankelijk van heel veel factoren. In algemene zin is die relatie echter zeer duidelijk en in een groot aantal studies aangetoond: naarmate er op een

bepaalde weg harder wordt gereden, neemt de kans op een ongeval steeds meer toe. Deze relatie is niet lineair maar volgt een machtsfunctie. Bij eenzelfde percentuele snelheidstoename neemt de ongevalskans op wegen buiten de bebouwde kom meer toe dan op wegen binnen de bebouwde kom. De ongevalskans is ook groter voor een individueel voertuig dat sneller rijdt dan het overige verkeer op die weg.

Naarmate de snelheid hoger is, resulteert een botsing ook in ernstiger letsel, zowel voor de veroorzaker van het ongeval als voor de tegenpartij. Daarbij speelt ook nog de massa en kwetsbaarheid van de betrokken voertuigen/verkeersdeelnemers een rol. Bij een botsing tussen een lichter en een zwaarder voertuig zijn de inzittenden van het lichtere voertuig over het algemeen aanzienlijk slechter af dan die van het zwaardere voertuig. In versterkte mate geldt dat ook voor voetgangers en (brom)fietsers in botsingen met (veel) zwaardere gemotoriseerde voertuigen.

## Publicaties en bronnen

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.N.L.G. van (2006). [Driving speed and the risk of road crashes; A review](#). In: Accident Analysis and Prevention, vol. 38, nr. 2, p. 215-224.

Berends, E.M. (2009). [De invloed van automassa op het letselrisico bij botsingen tussen twee personenauto's: een kwantitatieve analyse](#). R-2009-5. SWOV Leidschendam,

Elvik, R. (2009). [The Power Model of the relationship between speed and road safety: update and new analyses](#). TØI Report 1034/2009. Institute of Transport Economics TØI, Oslo.

Elvik, R., Christensen, P. & Amundsen, A. (2004). [Speed and road accidents: An evaluation of the Power Model](#). Institute of Transport Economics TØI, Oslo.

Kloeden, C.N., McLean, A.J. & Glonek, G. (2002). [Reanalysis of travelling speed and the risk of crash involvement in Adelaide South Australia](#). Report CR 207. Australian Transport Safety Bureau ATSB, Civic Square, ACT.

Kloeden, C.N., McLean, A.J., Moore, V.M. & Ponte, G. (1997). [Travelling speed and the risk of crash involvement. Volume 1: findings](#). Report 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 CR 204. Australian Transport Safety Bureau ATSB, Civic Square, ACT.

Nilsson, G. (1982). [The effects of speed limits on traffic accidents in Sweden](#). In: Proceedings of the international symposium on the effects of speed limits on traffic accidents and transport energy use, 6-8 October 1981, Dublin. OECD, Paris, p. 1-8.

Nilsson, G. (2004). [Traffic safety dimensions and the power model to describe the effect of speed on safety](#). Lund Bulletin 221. Lund Institute of Technology, Lund.

OECD/ECMT (2006). [Speed management](#). Organisation for Economic Co-operation and Development OECD/European Conference of Ministers of Transport ECMT, Paris.

Rosén, E., Stigson, H. & Sander, U. (2011). [Literature review of pedestrian fatality risk as a function of car impact speed](#). In: Accident Analysis and Prevention, vol. 43, nr. 1, p. 25-33.

Solomon, D. (1964). [Accidents on main rural highways related to speed, driver and vehicle](#). Bureau of Public Roads, U.S. Department of Commerce, Washington, D.C.

Wegman, F. & Aarts, L. (eindred.) (2005). [Door met Duurzaam Veilig; Nationale verkeersveiligheidsverkenningen voor de jaren 2005-2020](#). SWOV, Leidschendam.