

De invloed van het weer op de verkeersveiligheid

Samenvatting

Het weer is van invloed op de verkeersveiligheid. Weersomstandigheden bepalen voor een deel de omstandigheden op de weg en het gedrag van de bestuurder. Het meeste onderzoek naar de relatie weer-verkeersveiligheid betreft de situatie tijdens regenval. Maar veel meer weersomstandigheden zijn van invloed, zoals mist, sneeuw en ijzel, laagstaande zon, harde wind en hitte. Onderzoek in vooral het buitenland heeft gegevens opgeleverd over de invloed van deze weersomstandigheden op het ongevalsrisico. Er zijn verschillende maatregelen genomen om de veiligheid te vergroten, zoals een verplichting tot mistachterlichten, de aanleg van ZOAB en het invoeren van gladheidsmeldsystemen. De studies bieden echter geen aanknopingspunten waaruit de effectiviteit van deze maatregelen valt af te leiden. Het is ook niet zeker of de resultaten van deze studies zonder meer op Nederland toepasbaar zijn.

Achtergrond

De term 'weer' staat voor de gesteldheid van de atmosfeer, die wordt beschreven aan de hand van de luchtdruk, temperatuur, luchtvochtigheid, bewolking, wind en neerslag. Er is in Nederland nog weinig onderzoek gedaan naar de relatie tussen weer en verkeersveiligheid.

Op welke manieren beïnvloedt het weer de verkeersveiligheid?

Weersomstandigheden hebben invloed op zowel het ongevalsrisico als op de blootstelling aan dat risico (de expositie). Deze invloed komt vooral tot uiting bij neerslag (inclusief sneeuw en hagel), mist, laagstaande zon, wind, ijsvorming en temperatuur (hitte).

Neerslag

Uit onderzoek blijkt dat automobilisten hun weggedrag tijdens regenbuien aanpassen. Er wordt minder ingehaald, en men gaat langzamer en minder dicht op elkaar rijden (Hogema, 1996; Agarwal et al., 2005). Het risico op een ongeval ligt bij regen echter toch hoger dan bij droog weer. De veranderingen in het rijgedrag zijn kennelijk ontoereikend om het verhoogde risico tijdens slecht weer te compenseren (Thoma, 1993).

Tijdens neerslag kunnen verkeersdeelnemers last hebben van beperkt zicht. Bij hevige regen- en sneeuwval kan het zicht teruglopen tot ongeveer 50 meter. Ook sproei- en spatwater van met name het vrachtverkeer kan het zicht van gemotoriseerde weggebruikers sterk verminderen (Terpstra, 1995). Beslagen ruiten en schermen, veroorzaakt door de hoge luchtvochtigheid tijdens regen, hinderen het zicht ook (Fokkema, 1987). Daarnaast kan 's nachts verblinding optreden doordat het licht uit de koplampen van tegenliggers door water op het wegdek wordt weerkaatst (Ellinghaus, 1983).

Naarmate er meer regen, sneeuw of hagel valt, zal de frictie van het wegdek afnemen. Bij regen kan dit tot 'dynamische aquaplaning' leiden. Daarbij verliest het voertuig het contact met de weg door een laag water op het wegdek, en kan het gaan slippen. De kans op aquaplaning is afhankelijk van de stroefheid van de weg, maar daarnaast uiteraard ook van de profieldiepte van de banden en de snelheid van het voertuig (Ellinghaus, 1983; Terpstra, 1995). Wanneer het lange tijd droog is geweest, kan bij zachte regen 'viskeuze aquaplaning' ontstaan als olieresten en stofdeeltjes samen met water voor een dunne vloeibare film op het wegdek zorgen. Wanneer het harder gaat regenen, neemt de kans op viskeuze aquaplaning weer af, doordat het wegdek wordt schoongespoeld (Terpstra, 1995; Eisenberg, 2004).

Mist

Bij mist zijn de waterdruppels zo klein en licht, dat ze blijven zweven. Dit leidt tot vermindering van het zichtveld doordat het licht door de mistdruppels verstrooid wordt. Over het algemeen ontstaat mist wanneer de relatieve luchtvochtigheid 100% is. Bij mist gaan mensen over het algemeen wat langzamer rijden, maar tegelijkertijd gaan zij dichter op hun voorligger rijden (Debus et al., 2005). In combinatie met het verminderde zichtveld vergroot dit de kans op ongevallen (Fokkema, 1987; Oppe,

1988). Ook mist kan leiden tot viskeuze aquaplaning wanneer de waterdruppels voor een dunne film op het wegdek zorgen (Terpstra, 1995).

Laagstaande zon

De op- en ondergaande zon kan het zicht van verkeersdeelnemers op het overige verkeer sterk verminderen. De zon verblindt het meest als hij laag aan de horizon staat. Dit is tot een uur na zonsopgang en vanaf een uur voor zonsondergang het geval. Automobilisten kunnen dan nog wel door de voorruit kijken, maar niet duidelijk meer zien. Ook indirect zonlicht dat wordt weerkaatst door bijvoorbeeld een glazen gebouw, geluidschermen of andere auto's, kan voor problemen zorgen. Beschenen door het zonlicht zal vuil op de ruit duidelijker zichtbaar worden en daardoor het zicht hinderen. Het zicht wordt nog eens extra aangetast wanneer het wegdek nat is, en het water op de weg het zonlicht weerkaatst (Fokkema, 1987).

Wind

Door windstoten kunnen relatief hoge voertuigen, zoals bussen, bestelauto's, campers, caravans en vrachtauto's, uit koers raken en in extreme gevallen zelfs kantelen. Met name op bruggen en viaducten kan dit gebeuren. Ook kunnen rondwaaiende voorwerpen, omgewaaide bomen en afgebroken takken tot verkeershinder leiden (Ellinghaus, 1983). Langzaam verkeer en motorfietzers kunnen hinder ondervinden van harde windstoten en daardoor ook hinder opleveren voor het overige verkeer.

IJsvorming

Bij wegdek met een open structuur, zoals ZOAB (Zeer Open Asfalt Beton) zullen natte weggedeelten eerder bevrozen dan bij wegdek met een dichte structuur. Bij ijzel vormt zich zo snel een laagje ijs op het ZOAB-wegdek, waardoor het zijn frictie verliest (CROW, 2000). Ook pas aangelegde wegen hebben meer kans op gladheid door de zwarte bitumenlaag, die een lagere temperatuur heeft en dus gevoelig is voor het bevrozen van natte weggedeelten. Na verloop van tijd zal door slijtage van de bovenlaag die gladheid verminderen (CROW, 2006).

Hitte

Een hoge temperatuur heeft vooral een psychologische en/of fysiologische effect op de bestuurder. Er is hier vanuit de literatuur echter veel minder over bekend dan over de fysieke effecten van weersomstandigheden. Volgens een Duitse studie nemen bij grote hitte de emoties toe, en reageren mensen prikkelbaarder op elkaar. Daarnaast treedt volgens dezelfde studie bij hoge temperaturen bij bestuurders vermoeidheid en concentratieverlies op en neemt de reactiesnelheid af (DVR, 2000). Franse onderzoekers vonden een verhoging van het aantal ongevallen tijdens hittegolven. Als mogelijke verklaring hiervan wordt genoemd dat bestuurders op andere tijden van de dag de weg opgaan en dat ze 's nachts slechter of korter slapen door de hoge nachttemperaturen, waardoor ze vermoeider aan het verkeer deelnemen (Laaidi & Laaidi, 2002).

Hoe groot is de invloed van het weer op de verkeersveiligheid?

De afgelopen decennia zijn er verschillende onderzoeken gedaan naar het effect van weersomstandigheden op de verkeersveiligheid (Keay & Simmonds, 2005; Stiers, 2005; Bos, 2001; Brijs et al., 2007; Sabir, 2011). Naast data van meteorologische diensten zijn ook gegevens uit de politie-registratie bruikbaar, aangezien bij verkeersongevallen ook de weersomstandigheden geregistreerd worden. Om een goede inschatting te kunnen maken van de invloed van het weer op de ongevallencijfers, dient men het gemiddelde weer als uitgangspunt te nemen. Mensen stellen zich min of meer in op het verwachte weer, en het zijn meestal extreme weersomstandigheden of plotselinge weersomslagen die een rol spelen bij fluctuaties in de ongevallencijfers (Bos, 2001; Eisenberg, 2004).

Ongevallencijfers

Uit de ongevallenregistratie blijkt dat in de periode 2006-2009 jaarlijks gemiddeld 59 dodelijke ongevallen tijdens regen voorkwamen, 4 tijdens sneeuw, en 6 gedurende mist. Om vast te stellen of dit naar verhouding veel is, moeten we deze aantallen relateren aan het deel van de tijd dat het regent, sneeuwt of mist. Ook hiernaar is in de literatuur onderzoek gedaan. Bos (2001) concludeert dat in de periode 1997-2000 een relatief warme, droge zomer gepaard ging met meer verkeersslachtoffers dan normaal. Een koude, droge winter leidde tot minder slachtoffers, maar een koude, natte winter juist tot meer. Over het voor- en najaar vielen geen eenduidige conclusies te trekken. Uit een onderzoek op Nederlandse rijkswegen blijkt het aantal ongevallen bij regenval tussen de 35 en 182% toe te nemen. IJsvorming op het wegdek leidde zelfs tot een toename tussen de 77 en 245%.

IJsvorming komt echter veel minder vaak voor dan regen en heeft dus een kleinere impact op het totale aantal ongevallen (Stiers, 2005).

Een significant verband tussen regenval en ongevallen is tevens gevonden in onderzoek naar het effect van weercondities op ongevallen in drie Nederlandse steden (Brijs et al., 2007). De onderzoekers vonden echter geen significant verband voor luchtdruk, wind, minimum zichtbaarheid, en regenval na een lange periode van droogte.

Recent onderzoek naar het effect van weersvariaties op ongevallen in de periode 2000-2009 op Nederlandse wegen (Sabir, 2011) toont dat neerslag tot minder letselongevallen leidt. Verder vond Sabir dat naarmate de temperatuur toenam, ook het aantal ongevallen en de letselernst toenam. Als meest aannemelijke verklaring hiervoor voert de auteur aan dat bij mooier weer ook meer fietsers en voetgangers aan het verkeer deelnemen. Ten slotte concludeert hij dat het aantal ongevallen ook toeneemt bij sneeuw, bewolking en mist. De ernst van het ongeval neemt echter af bij sneeuw.

Schots onderzoek meldt een toename van 20% van het aantal verkeersongevallen in Glasgow tijdens regenachtige dagen. Het grootste effect van regen in Glasgow is geconstateerd gedurende de zomer- en herfstmaanden (Smith, 1982). □

Australisch onderzoek in Melbourne en omgeving liet bij regen een toename zien van het gemiddelde aantal letselongevallen met 2,4%. 's Nachts nam het aantal letselongevallen tijdens regenval zelfs toe met 5,2% (Keay & Simmonds, 2005).

Een Britse studie (Edwards, 1998) naar de relatie tussen de letselernst en het weer vond dat bij regen relatief vaker ongevallen met licht letsel voorkwamen dan ongevallen met zwaar letsel. De relatief grote toename van minder ernstige ongevallen ten opzichte van de toename van ernstige ongevallen zou volgens de auteur mogelijk verklaard kunnen worden doordat bestuurders al bij lagere snelheden minder grip hebben op het wegdek en dus sneller een ongeval krijgen. Daar komt bij dat bij regen de gemiddelde snelheid sowieso lager ligt, waardoor de afloop van een verkeersongeval gemiddeld minder ernstig zal zijn, terwijl de ongevalsfrequentie wel toeneemt.

In Denemarken nam het aantal letselongevallen bij sneeuw per extra dag sneeuw met 1,2% af (Fridstrøm et al., 1995). Uit verkeerstellingen bleek dat de mobiliteit niet was afgenomen. De afname van het aantal letselongevallen wordt volgens de onderzoekers verklaard door aangepast rijgedrag, en daarnaast mogelijk door een verbeterd zicht in de nacht wanneer er sneeuw op de weg ligt, het minder aan het verkeer deelnemen van onervaren bestuurders, en ten slotte het afremmend effect van van de weg geraakte voertuigen langs de weg.

Een studie uit Saudi-Arabië (Al-Ghamdi, 2007) meldt dat het aantal slachtoffers van ongevallen bij mist hoger is dan onder andere weersomstandigheden. Volgens Saudische politierapporten komt dit bij meer dan 95% van deze mistongevallen doordat men de snelheid onvoldoende aanpast aan de zichtomstandigheden. Ook andere studies rapporteren dat de snelheid bij mist niet voldoende wordt aangepast aan het zichtveld (Hogema & Van der Horst, 1994; Brooks et al., 2011). Een Amerikaanse studie (Abdel-Aty et al., 2011) vond bovendien dat bij mistongevallen de ernst van het ongeval toenam.

Ongevalsrisico

Op basis van de literatuur kan aangenomen worden dat het ongevalsrisico tijdens regen met ongeveer een factor twee toeneemt. De hoogte van dit risico is afhankelijk van onder meer de snelheidslimiet, de dag van de week en de tijd van de dag. Naar het risico tijdens andere weersomstandigheden is minder onderzoek gedaan. Sneeuw lijkt een risicoverlagend effect te hebben doordat mensen voorzichtiger gaan rijden en er waarschijnlijk minder kwetsbare verkeersdeelnemers op de weg zijn (Fridstrøm et al., 1995). Enkele voorbeelden:

- Nederlands onderzoek naar het effect van weercondities op de verkeersveiligheid (Bijleveld & Churchill, 2009) vond een verdubbeling van het aantal verkeersdoden tijdens neerslag, waarbij het effect groter was in de herfst en de winter dan in de lente en de zomer.
- Canadees onderzoek in de periode 1979-1983 toonde een 75% hoger ongevalsrisico tijdens regen aan. Het risico was vooral hoog tijdens de eerste uren van regenval (Andrey & Yagar, 1991).
- In een Zwitsers onderzoek vond men tijdens regen overdag – ondanks een afname in rijnsnelheid – een 2,5 keer zo hoog risico op wegen buiten de bebouwde kom en een 5 keer zo hoog risico op autosnelwegen (Thoma, 1993). In de nachtelijke uren werden deze risico's nog eens ruim verdubbeld (tot respectievelijk 6 en 11 keer zo hoog).
- Ook bij Duits onderzoek in de jaren zeventig is gebleken dat het risico bij nat weer 's nachts bijna tweemaal zo groot is als het risico overdag (Brühning et al., 1978).

Blootstelling (mobiliteit)

Weersomstandigheden zijn ook indirect van invloed op het aantal en de typen ongevallen door een verandering in de mobiliteit. De invloed van het weer op het aantal voertuigkilometers is echter in het algemeen beperkt en richt zich met name op recreatieverkeer buiten de bebouwde kom. In het woon-werkverkeer treedt nauwelijks verandering op (Hogema, 1996; Bijleveld & Churchill, 2009; Kilpeläinen & Summala, 2007).

Weersomstandigheden hebben ook invloed op de keuze van de vervoerswijze (Bos, 2001). Bij slecht weer zijn er bijvoorbeeld minder fietsers in het verkeer aanwezig. Dit is terug te zien in de ongevallenstatistieken: bij regen, sneeuw en mist blijkt het relatieve aandeel auto-fietsongevallen een stuk lager te zijn dan bij droog weer (Ellinghaus, 1983). Deze bevindingen worden ook ondersteund door recent SWOV-onderzoek naar de invloed van weersomstandigheden op de verkeersveiligheid. Bijleveld & Churchill (2009) zien bij neerslag een afname van het aantal ritten met weergevoelige vervoerswijzen zoals de fiets en de bromfiets.

Welke maatregelen kunnen er getroffen worden?

Het weer zelf valt uiteraard niet te beïnvloeden. De negatieve invloeden ervan op de verkeersveiligheid kunnen echter wel beperkt worden door maatregelen die zich richten op de mens, het voertuig en de weg.

Gedragsmaatregelen

Tijdens de rijopleiding wordt al aandacht besteed aan de negatieve effecten van slecht weer op de rijomstandigheden. Er worden in Nederland echter weinig campagnes gevoerd om weggebruikers te waarschuwen voor bepaalde weersomstandigheden. Wel kan Rijkswaterstaat bij zeer slechte vooruitzichten een verkeersalarm afkondigen, waarbij via de media weggebruikers gewaarschuwd worden om niet aan het verkeer deel te nemen als dit niet noodzakelijk is.

Door technologische ontwikkelingen zijn er de laatste jaren steeds meer middelen gekomen om weggebruikers attent te maken op slecht weer. Mistdetectoren zoals het MIVOS (Mist Voorspel Systeem) staan opgesteld op een aantal locaties waar mist voor problemen zorgde. Zij waarschuwen de weggebruiker als hij een wegvak nadert met slecht zicht door middel van signaleringsborden boven de weg. Op deze borden zou misschien ook extra informatie over de geadviseerde volgfstanden kunnen worden doorgegeven.

Hogema & Van der Horst (1997) vonden een positief effect van een mistwaarschuwingssysteem op de A16 op de gemiddelde snelheid. In vergelijking met andere wegvakken werd op de testvakken bij mist een snelheidsafname van 8 tot 10 km/uur gevonden.

Een recent evaluatieonderzoek uit Saudi-Arabië vond tijdens dichte mist (zicht minder dan 50 meter) een significant lagere gemiddelde snelheid (-6,5 km/uur) op wegvakken met een mistwaarschuwingssysteem dan op vergelijkbare wegvakken zonder een dergelijk systeem. Bij mist met een zichtbaarheid van meer dan 50 meter werd er geen effect van het waarschuwingssysteem meer gevonden (Al-Ghamdi, 2007). Bij geen van de onderzochte dichtheden van mist had het mistwaarschuwingssysteem een effect op de variatie in snelheid.

Naast mistwaarschuwingssystemen zijn er ook waarschuwingssystemen voor gladheid. Deze meten continu de temperatuur van het wegdek, de relatieve luchtvochtigheid, de neerslag en de hoeveelheid dooimiddel op de weg. Met deze gegevens wordt bepaald of een (preventieve) strooiactie dient te worden uitgevoerd om gladheid zo veel mogelijk te voorkomen (CROW, 2000).

In Frankrijk is de wettelijke limiet tijdens regen op snelwegen 20 km/uur lager dan tijdens droog weer. Een dergelijke aanpassing werkt tevens als signaal aan de weggebruikers dat het risico tijdens regen hoger ligt.

Voertuigmaatregelen

Auto's die vanaf 1 januari 1998 op de markt zijn gekomen, zijn verplicht om een mistachterlicht te hebben. Het licht bevindt zich op een vast omschreven plek op het voertuig om verwarring met de remlichten te voorkomen. Sinds 1 januari 2006 is een mistachterlicht ook wettelijk verplicht voor bijna alle aanhangwagens. Daarnaast wordt aanbevolen een attentieverhogend signaal op motorvoertuigen bij zeer krachtig remmen in te voeren. Op de markt worden regen- en winterbanden aangeboden die onder slechte weersomstandigheden voor betere grip zorgen. Technologische ontwikkelingen zoals het antiblokkeersysteem (ABS) en elektronische stabiliteitscontrole (ESC) zorgen ervoor dat auto's minder snel in de slip raken. Op vrachtwagens kunnen aanpassingen gedaan worden die bij regen voor minder opspattend water zorgen. Ten slotte kan ook het keuren van banden en ruitenwissers, zoals tijdens voertuigkeuringen gebeurt, ongevallen tijdens slechte weersomstandigheden voorkomen.

Infrastructurele maatregelen

De laatste tien jaar wordt er min of meer standaard ZOAB op de Nederlandse snelwegen aangelegd. ZOAB voert regenwater beter af dan normaal asfalt. Hierdoor is er minder kans op aquaplaning en zijn de markeringen bij regen beter zichtbaar. In tegenstelling tot op normaal asfalt komt op ZOAB ook bijna geen spoorvorming voor. Bovendien is bij regenval het effect van spat- en sproeiwater aanzienlijk minder erg dan op andere wegverhardingen. De positieve effecten van ZOAB kunnen echter teniet worden gedaan door risicocompensatie van de gemiddelde weggebruiker; weggebruikers zouden tijdens regen en bij een nat wegdek met een hogere snelheid op ZOAB rijden dan dat ze op gewoon asfalt zouden hebben gedaan (Tromp, 1993).

Door middel van het plaatsen van een gladheidsmeldsysteem (GMS) kan een wegbeheerder bij dreigende gladheid tijdig gewaarschuwd worden om te gaan strooien. Hiertoe zijn op rijkswegen, provinciale wegen en op veel gemeentelijke wegen sensoren in het wegdek aangebracht die diverse weerparameters in de gaten houden. Daarmee kan de kans op gladheid voor de desbetreffende locatie worden ingeschat.

Ten slotte draagt kwaliteitsbewaking en onderhoud van de deklaag eraan bij om de kans op aquaplaning klein te houden.

Conclusies

Onderzoek naar weersomstandigheden heeft zich in het verleden met name gericht op de invloed van regen. Het risico op een ongeval tijdens regen is ongeveer twee keer zo groot als bij normaal weer. Hoewel het risico tijdens mist, sneeuw en hevige windstoten waarschijnlijk nog groter is, gebeuren er in Nederland ongeveer vier keer zo veel ongevallen tijdens regen, simpelweg omdat regen veel vaker voorkomt.

Naast de invloed op het risico heeft het weer ook invloed op de expositie. De invloed lijkt zich echter te beperken tot de expositie van recreatieverkeer in het weekend en tot de keuze voor de vervoerswijze. Tijdens slecht weer zal het autoverkeer niet veel veranderen, maar het fietsverkeer zal sterk afnemen. De laatste jaren zijn wegen en voertuigen zodanig verbeterd, dat men zou verwachten dat het risico tijdens slecht weer kleiner zou zijn geworden. Wat kan meespelen is echter risicocompensatie; automobilisten kunnen verbeteringen aan voertuigen en infrastructuur compenseren door hun snelheid minder aan slechte weersomstandigheden aan te passen.

De huidige literatuur over de weersinvloeden op de verkeersveiligheid biedt geen aanknopingspunten waaruit de effectiviteit van verschillende maatregelen valt af te leiden. In de bestudeerde literatuur komen veel buitenlandse studies voor. De resultaten van deze studies gelden echter niet zonder meer voor de Nederlandse situatie.

Publicaties en bronnen

Abdel-Aty, M., Ekram, A.-A, Huang, H., & Choi, K. (2011). [A study on crashes related to visibility obstruction due to fog and smoke](#). In: Accident Analysis and Prevention, vol. 43, nr. 5, p. 1730-1737.

Agarwal, M., Maze, T. & Souleyrette, R. (2005). [Impact of weather on urban freeway traffic flow characteristics and facility capacity](#). Iowa State University, Center for Transportation Research and Education. Ames, IA.

Al-Ghamdi, A.S. (2007). [Experimental evaluation of fog warning system](#). In: Accident Analysis and Prevention. vol. 39, nr. 6, p. 1065-1072.

Andrey J. & Yagar, S. (1993). [A temporal analysis of rain-related crash risk](#). In: Accident Analysis and Prevention, vol. 25, nr. 4, p. 465-472.

Bijleveld, F. & Churchill, T. (2009). [The influence of weather conditions on road safety](#). R-2009-9. SWOV Institute for Road Safety Research, Leidschendam.

Bos, J.M.J. (2001). [Door weer en wind; Gevolgen van perioden met extreem weer voor de verkeersveiligheid](#). R-2001-23. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.

Brijs, T., Karlis, D. & Wets, G. (2007). [Studying the effect on weather conditions on daily crash counts](#). In: Proceedings of the 14th International Conference on Road Safety on Four Continents, 14-16 November 2007, Bangkok, Thailand.

Brooks, J., Crisler, M., Klein, N., Goodenough, R., et al. (2011). [Speed choice and driving performance in simulated foggy conditions](#). In: Accident Analysis and Prevention, vol. 43, nr. 3, p 698-705.

Brühning, E., Ammong, D. von, Hippchen, L., Lierz, W., et al. (1978). [Forschungsorientierter Zugriff zum Datenbestand der amtlichen Strassenverkehrsunfallstatistik](#). Bundesanstalt für Straßenwesen BASt, Köln.

CROW (2000). [Gladheid: preventie en bestrijding](#). Publicatie 152. CROW kenniscentrum voor verkeer, vervoer en infrastructuur, Ede.

CROW (2006). [Gladheidsbestrijding op maat: Ervaringen met wintergladheidsbestrijding op tweelaags zoab](#). Infoblad Openbare Ruimte 963. CROW kenniscentrum voor verkeer, vervoer en infrastructuur, Ede.

Debus, G., Heller, D., Wille, M., Dütschke, E., et al. (2005). [Risikoanalyse von Massunfällen bei Nebel](#). Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen: Mensch und Sicherheit, Heft M 169. Bundesanstalt für Straßenwesen BASt, Bergisch-Gladbach.

DVR (2000). [Wind und Wetter. Wie das Wetter auf den Menschen wirkt](#). DVR-Report 2000, nr. 4, p. 8-11. Deutscher Verkehrssicherheitsrat e.V., Bonn.

Edwards, J.B. (1998). [The relationship between road accident severity and recorded weather](#). In: Journal of Safety Research, vol. 29, nr. 4, p. 249-262.

Eisenberg, D. (2004). [The mixed effects of precipitation on traffic crashes](#). In: Accident Analysis and Prevention, vol. 36, nr. 4, p. 637-647.

Ellinghaus, D. (1983). [Wetter und Autofahren; Eine Untersuchung über den Einfluss des Wetters auf das unfallgeschehen und die Verkehrssicherheit](#). Uniroyal Verkehrsuntersuchung, Heft 10. Gesellschaft für angewandte Sozialforschung und Planung, GmbH Köln.

Fokkema, H.J. (1987). [Weersgesteldheid en verkeersveiligheid](#). Traffic Test in opdracht van Directie Verkeersveiligheid van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Veenendaal.

Fridstrøm, L., Ifver, J., Ingebritsen, S., Kulmala, R., et al. (1995). [Measuring the contribution of randomness, exposure, weather and daylight to the variation in road accident counts](#). In: Accidents Analysis and Prevention, vol. 27, nr. 1, p. 1-20.

Hogema, J.H. (1996). [Effects of rain on daily traffic volume and on driving behaviour. A study as part of the Project Road and Weather Conditions](#). Rapport TNO-TM 1996-B019. TNO Human Factors Research Institute TM, Soesterberg.

Hogema, J.H., & Horst, A.R.A. van der (1994). [Driving behaviour in fog: analysis of inductive loop data](#). Report TNO-TM 1994 C-6. TNO Human Factors Research Institute TM, Soesterberg.

Hogema, J.H. & Horst, R. van der (1997). [Evaluation of A16 motorway fog-signalling system with respect to driving behaviour](#). In: Transportation Research Record, vol. 1573, p. 63-67.

Keay, K. & Simmonds, I. (2005). [The association of rainfall and other weather variables with road traffic volume in Melbourne](#). In: Accidents Analysis and Prevention, vol. 37, nr. 1, p. 109-124.

Kilpeläinen, M. & Summala, H. (2007). [Effects of weather and weather forecasts on driver behaviour](#). In: Transportation Research Part F, vol. 10, nr. 4, p 288-299.

Laaidi, K. & Laaidi, M. (2002). [Météorologie et sécurité routière](#). In: [Via Secura, vol. 56](#), p. 22-24.

Oppe, S. (1988). [Verkeersonveiligheid bij mist](#). R-88-49. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.

Sabir, M. (2011). [Weather and travel behaviour](#). Vrije Universiteit Amsterdam, Amsterdam.

Smith, K. (1982). [How seasonal and weather conditions influence road accidents in Glasgow](#). In: Scottish Geographical Magazine, vol. 98, p. 103-114.

Stiers, T. (2005). *Studie van de impact van weercondities op de verkeersveiligheid op uurniveau*. Limburgs Universitair Centrum, Faculteit Toegepaste Economische Wetenschappen, Leuven.

Terpstra, J.M. (1995). [Over slecht zicht, bewolking, windstoten en gladheid](#). Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, De Bilt.

Thoma, J. (1993). [Geschwindigkeitsverhalten und Risiken bei verschiedenen Strassenzuständen. Wochentagen und Tageszeiten](#). Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung BfU, Bern.

Tromp, J.P.M. (1993). [Verkeersveiligheid en drainerend asfaltbeton \(ZOAB\)](#). R-93-35. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.