

LET OP

Deze SWOV-factsheet is gearchiveerd en wordt niet meer bijgewerkt.
Actuele SWOV-factsheets vindt u op swov.nl/factsheets.



SWOV-Factsheet

Visuele beperkingen en hun invloed op de verkeersveiligheid

Samenvatting

De visuele waarneming is een belangrijke bron van informatie bij het autorijden. Visuele beperkingen van de automobilist zullen dan ook van invloed zijn op de uitvoering van de rijtaak. De effecten op het ongevalsrisico zijn echter gering. Dit komt onder andere doordat mensen met visuele beperkingen daar vaak voor compenseren, door bijvoorbeeld de drukke spits en rijden in het donker te vermijden, de rijnsnelheid aan te passen en andere kijkstrategieën aan te leren. Veel visuele beperkingen, zoals staar en verminderde gezichtsscherpte, komen vaker voor bij oudere mensen. Er zijn echter ook oogaandoeningen die geen verband houden met de leeftijd, zoals kleurenblindheid. De meeste gevolgen van visuele beperkingen zijn met hulpmiddelen of behandelingen te beperken, maar voor bijvoorbeeld kleurenblindheid geldt dit niet. Doordat veel visuele beperkingen zich over het algemeen zeer geleidelijk ontwikkelen, zijn mensen zich er vaak niet of erg laat van bewust.

Achtergrond en inhoud

Autorijden is een taak waarbij de bestuurder de informatie voornamelijk visueel ontvangt. Visuele beperkingen, ofwel beperkingen van het gezichtsvermogen zullen dan ook invloed op de uitvoering van de rijtaak hebben. Uit onderzoek blijkt dat het risico op een ongeval van mensen met een visuele beperking een factor 1,09 hoger ligt dan van gezonde bestuurders met (Vaa, 2003). Deze risico-verhoging is klein ten opzichte van die van andere beperkingen, zoals hart- en vaatziekten (1,23) en het gebruik van medicijnen of drugs (1,58). In 2009 had 5,3% van de Nederlandse bevolking (ouder dan 12 jaar) ernstige problemen met hun gezichtsscherpte (CBS, 2010)¹. Naarmate men ouder wordt gaat het visuele systeem minder goed functioneren. Maar omdat deze achteruitgang geleidelijk gaat, heeft men dit zelf vaak niet in de gaten. Een visuele beperking hoeft overigens niet noodzakelijkerwijs te betekenen dat een bestuurder niet meer veilig aan het verkeer kan deelnemen.

Deze factsheet gaat in op de beperkingen van het gezichtsvermogen in relatie tot de verkeersveiligheid. Met gezichtsvermogen bedoelen we hier het vermogen om visuele prikkels waar te nemen. De factsheet behandelt onder andere gezichtsscherpte, een verkleind visueel veld, het 'Useful Field of View' (UFOV), een verminderde contrastgevoeligheid, verblinding en nacht- en kleurenblindheid. Hogere, cognitieve processen die op de visuele signalen gebaseerd zijn komen in andere SWOV-factsheets aan bod, onder andere in [Herkennen van gevaren in het verkeer](#), [Aandachtsproblemen achter het stuur](#) en [Herkenbare vormgeving van wegen](#).

Wat zijn de wettelijke eisen voor rijgeschiktheid op het gebied van visuele waarneming?

In Nederland zijn de eisen voor bestuurders van motorvoertuigen in de categorieën A, B en B+E. vastgelegd in de *Regeling eisen geschiktheid 2000* (CBR, 2009). Wat de visuele waarneming betreft staat daarin het volgende vermeld:

- De gezichtsscherpte (visus) van beide ogen samen, al dan niet gecorrigeerd, dient ten minste 0,5 te zijn. Heeft een bestuurder maar één oog, dan dient de visus van dit oog minstens 0,6 te zijn.
- Brillenglazen zijn toegestaan met een sterkte tot +10 en -15 dioptrieën. Van contactlenzen zijn alle sterkten toegestaan, evenals van intraoculaire lenzen.
- Het horizontale gezichtsveld met één of beide ogen dient minimaal 140° te zijn.
- Het vermogen om zich aan veranderingen in de lichtintensiteit aan te passen (adaptatie) dient min of meer ongestoord te zijn.
- Er mogen geen afwijkingen bestaan als storende dubbelbeelden of hinderlijke mediatroebelingen.
- Progressieve oogaandoeningen (grijze staar, groene staar met gezichtsveldbeperking, degeneratieve en vasculaire netvliesandoeningen en progressieve aandoeningen aan de oogzenuw) en onvoldoende gecorrigeerde afakie (oog zonder lens) leiden tot een tijdelijke rijgeschiktheid van tien jaar als de bestuurder als geschikt wordt beoordeeld door een oogartsrapport en een eventuele testrit.

¹ Ernstige problemen met zien betekent in de CBS-statistieken dat de personen zelf gerapporteerd hebben dat ze moeite hebben met het lezen van kleine letters in de krant of met het herkennen van een gezicht op vier meter afstand.

- Plotseling verlies van één functionerend oog betekent een tijdelijke ongeschiktheid. Na een aanpassingsperiode van drie maanden kan de bestuurder weer rijgeschikt worden verklaard. Voor bestuurders van vrachtauto's en bussen gelden strengere eisen ten aanzien van de gezichtscherpte, het verlies van een oogfunctie en de aanwezigheid van oogaandoeningen. De Europese wetgeving (Richtlijn 2009/112/EG) is minder strikt dan de Nederlandse wetgeving.

Wat is de invloed van visuele beperkingen op de verkeersveiligheid?

Van een aantal visuele functiestoornissen is aangetoond dat ze invloed hebben op het rijgedrag; de volgende subparagrafen gaan daarop in. Het blijkt echter dat niet vaak is aangetoond dat visuele beperkingen ook invloed hebben op de kans op een ongeval. Dit heeft een aantal oorzaken. Ten eerste zijn de 'extremen' in het verkeer vrij zeldzaam: mensen met ernstige visuele beperkingen zullen minder vaak als bestuurder aan het verkeer deelnemen. Ten tweede passen mensen met een verminderd visueel vermogen hun rijgedrag hier vaak op aan, bijvoorbeeld door bepaalde situaties, zoals het rijden in het donker of tijdens de spits, te vermijden. Dit is een voorbeeld van aanpassing op het zogeheten strategisch niveau, maar men kan ook op tactisch niveau (bijvoorbeeld de rijnsnelheid) of op operationeel niveau (bijvoorbeeld met andere kijkstrategieën) het rijgedrag aanpassen. Ten derde zijn mensen met enkel één van deze functiestoornissen zeldzaam. De een-op-een relatie van de stoornis met de ongevalskans is daarom moeilijk aan te tonen (Van Rijn, 2005).

Verminderde gezichtsscherpte

Gezichtsscherpte (visus of 'visual acuity') is een maat voor het vermogen om details te onderscheiden. Voor de verkeersveiligheid is vooral bijziendheid van belang. Bijziende mensen zien details op grote afstand niet scherp. In het EU-project GLARE is onderzocht hoe vaak een verminderde gezichtsscherpte voorkomt onder bestuurders in zes EU-landen (Van den Berg & Van Rijn, 2005). Van bestuurders van 75 jaar en ouder rijdt 1,5% met een gezichtsscherpte van minder dan 0,5. Bij jongere bestuurders komt een gezichtsscherpte van minder dan 0,5 niet voor. Mensen met een visus van 0,5-0,8 hebben wel een verminderde gezichtsscherpte maar ze mogen nog wel rijden. Deze groep wordt ook daadwerkelijk meer achter het stuur aangetroffen: minder dan 1% van de bestuurders jonger dan 55 jaar, 1,7% van de bestuurders tussen de 55 en de 64 jaar, 4,9% van de bestuurders tussen de 65 en 74 jaar en 13% van de mensen ouder dan 75. Het is onduidelijk of gezichtsscherpte een goede indicator is voor de rijgeschiktheid of betrokkenheid bij ongevallen, met name doordat de onderzoeken geen consistente resultaten laten zien (Fjerdingen et al., 2000; Lamballe, Summala & Hyvärinen, 2002). Gerelateerd aan gezichtsscherpte is de dynamische gezichtsscherpte. Dit is het vermogen om een object scherp te zien als het ten opzichte van het oog beweegt. De dynamische gezichtsscherpte correleert met de statische gezichtsscherpte, maar dit verband is minder sterk als de beweging sneller is. Met name bij ouderen is de dynamische gezichtsscherpte bij snellere bewegingen minder goed dan de statische (Dewar & Olson, 2007).

Sinds 2009 mogen in Nederland ook mensen met een slechte gezichtsscherpte een personenauto besturen, mits hun ogen gecorrigeerd worden door een bioptische telescoop. Voorwaarden zijn dat deze personen 1) onderzocht zijn door een oogarts, 2) een door het CBR erkende training en rijtest in het rijden met een bioptische telescoop gevolgd hebben, en 3) alleen bij daglicht rijden in een automatisch geschakelde auto (Brouwer, Keunen & Kooijman, 2006; CBR, 2009).

Verkleind visueel veld

Het visuele veld is het gezichtsveld van een persoon gedurende één fixatie. Het visuele veld van de twee ogen overlapt elkaar gedeeltelijk. De grootte van het visuele veld bepaalt onder ander in hoeverre men signalen in de periferie van het gezichtsveld kan detecteren. Volgens Racette & Casson (2005) blijkt uit de literatuur dat bestuurders met een zeer beperkt visueel veld (<135°) verminderd rijgeschikt zijn. Over mildere beperkingen van het visuele veld (tussen 135° en 186°) is de literatuur minder eenduidig. Volgens de onderzoekers komt dit mede door verschillen in meetmethoden en verschillen tussen de patiënten. Beperkingen van het visuele veld hebben bijvoorbeeld invloed op het aanpassen van de snelheid bij het wisselen van rijstrook, het behouden van de positie in de eigen rijstrook en het volgen van een bocht in de weg (Bowers et al., 2005). Aangezien er geen eenvoudig toepasbare methode is om deze functie op grote schaal te meten, worden bestuurders momenteel niet gescreend op problemen met het visuele veld.

Verminderd 'Useful Field Of View'

Het Useful Field of View (UFOV) is de omvang van het visuele veld waarin prikkels aandacht kunnen vangen; het UFOV is nooit groter dan het visuele veld. In tegenstelling tot het visuele veld, kan het UFOV niet los worden gezien van aandachtsprocessen (Vaa, 2003). Een beperkt UFOV gaat namelijk

samen met een trage informatieverwerking en met problemen om de aandacht over verschillende zaken te verdelen. Dit geeft problemen bij bepaalde manoeuvres zoals invoegen, uitvoegen en een bocht maken. Een beperkt UFOV is ook geassocieerd met een afname van de selectieve aandacht, dat wil zeggen het voorrang geven aan belangrijke informatie en het negeren van minder belangrijke informatie. Problemen met de selectieve aandacht worden geassocieerd met een algemene afname van rijgeschiktheid en niet specifiek met bepaalde manoeuvres (Bowers et al., 2005). Ball et al. (1993) vonden ook een verband met de ongevalsbetrokkenheid: de groep mensen met een beperkt UFOV was in de vijf jaren voorafgaand aan het onderzoek zes keer zoveel betrokken geweest bij een of meer ongevallen dan de groep mensen zonder UFOV-problemen. Uit een inventarisatie in een aantal Europese landen (Van den Berg & Van Rijn, 2005) bleek dat jonge mensen zelden te maken hebben met een beperkt UFOV, maar dat deze problemen toenemen met de leeftijd. Van de groep 75-plussers heeft 41% een beperkt UFOV.

Verminderde contrastgevoeligheid

Contrastgevoeligheid is het vermogen om onderscheid te maken tussen een object en de achtergrond, dat meestal wordt gemeten aan de hand van een grijze letter op een witte achtergrond (de Pelli-Robsonkaart). Naarmate men ouder wordt neemt de contrastgevoeligheid af. Van den Berg & Van Rijn (2005) vonden bij bestuurders uit zes EU-landen dat 0,5% van de 20- tot 30-jarigen verminderd contrastgevoelig is. Tussen de 45 en 54 jaar is dat 1% en dit percentage stijgt naar 25,4% voor de 75-plusgroep. Contrastgevoeligheid blijkt sterker gerelateerd aan de betrokkenheid bij verkeersongevallen en overtredingen dan gezichtsscherpte (Van Rijn, 2005). McGwin Jr, Chapman & Owsley (2000) concluderen dat een verminderde contrastgevoeligheid invloed heeft op een aantal complexe handelingen in het verkeer zoals het maken van een bocht naar links en het rijden op een drukke weg. Owsley et al. (2001) vonden bovendien dat mensen met een verminderde contrastgevoeligheid door grijze staar ook vaker bij ongevallen betrokken zijn. Echter, veel onderzoek is er niet gedaan naar de invloed van een verminderde contrastgevoeligheid op de ongevalsbetrokkenheid.

Verhoogde gevoeligheid voor verblinding

Wanneer een scherpe lichtbron direct op het netvlies schijnt, treedt gedurende een korte tijd verblinding op. Dit gebeurt bijvoorbeeld door de verlichting van tegenliggers, door een laagstaande zon en door weerkaatsing van de zon op nat wegdek. Normaliter neemt de gevoeligheid voor verblinding toe met de leeftijd. Volgens Van den Berg & Van Rijn (2005) speelt gevoeligheid voor verblinding bij 20- tot 30-jarige bestuurders nauwelijks een rol. Vanaf 55 jaar begint het aantal mensen met een hoge gevoeligheid voor verblinding op te lopen tot bijna 30% voor de 75-plusgroep. Het dragen van een zonnebril of het verduisteren van de voorruit kunnen verblinding helpen voorkomen. Uit onderzoek van Van Rijn (2005) blijkt dat mensen met een verhoogde gevoeligheid voor verblinding een verhoogd risico lopen op een verkeersongeval. Deze relatie is echter weinig onderzocht en er is ook geen eenduidige methode om de gevoeligheid voor verblinding te meten.

Nachtblindheid

Nachtblindheid is een vermindering van het gezichtsvermogen als het donker is. Het is met name de overgang van licht naar donker waarbij mensen met nachtblindheid een lange tijd nodig hebben om weer te kunnen zien. In het verkeer is dit bijvoorbeeld het geval wanneer men een tunnel binnenrijdt. Onderzoek heeft aangetoond dat betrokkenen bij ongevallen die in het donker plaatsvinden vaker enige mate van nachtblindheid hebben dan bestuurders die niet betrokken waren bij ongevallen in het donker (Groot, 1999).

Kleurenblindheid

Kleurenblindheid is een erfelijke stoornis waarmee men geboren wordt. Kleurenblindheid neemt niet toe met de leeftijd. Er is geen behandeling en geen compensatie (bril) voor mogelijk. Een kleurziende kan met drie pigmenten (rood, groen en blauw) zes miljoen kleurtinten onderscheiden, bij kleurenblinden is dit aantal aanzienlijk lager. Bij een kleurenblinde functioneren de rode of de groene kegeltjes in het netvlies niet of ze functioneren slecht. Het gevolg hiervan is dat bijna alle kleuren anders worden waargenomen, waaronder de kleuren rood en groen, maar het kunnen ook andere kleuren zijn. Van alle Nederlanders is 4,2 % kleurenblind (8% van de mannen en 0,4% van de vrouwen). Er zijn verschillende vormen van kleurenblindheid, die in verschillende mate voorkomen. De ene vorm en mate is ernstiger dan de andere. In het verkeer hebben kleurenblinden onder andere problemen met borden, verkeerslichten en het onderscheiden van rode en grijze rijstroken. Kleurenblinden kunnen geholpen worden bij het 'lezen' van de verkeerslichten door consequent rood boven en groen beneden te plaatsen en oranje-rode leds te gebruiken in plaats van rode leds.

Verkeersborden kun beter gelezen worden door de kleuren van elkaar te scheiden door witte biezen en door een witte omranding van de borden (Verkeerskunde, 2014). Hoewel kleurenblinden problemen ondervinden in het verkeer, zijn de meeste studies het erover eens dat er geen verband is met ongevalsrisico (zie voor een overzicht: Charman, 1997; Owsley & McGwin, 1999). Mogelijk komt dit doordat kleurenblinden hun stoornis weten te compenseren en doordat er deels aanpassingen voor kleurenblinden zijn gemaakt, zoals verkeersborden met witte biezen en verkeerslichten met oranje leds.

Een niet-functionerend oog

Het kan zijn dat iemand één oog mist, maar ook dat één oog niet goed genoeg functioneert om bij te dragen aan de waarneming. Twee ogen zijn nodig voor stereozicht – de tweedimensionale beelden van beide ogen worden in de hersenen immers gecombineerd tot een driedimensionaal beeld. Stereozicht is met name relevant voor het inschatten van afstanden tussen de 1,5 en 5 meter afstand van de waarnemer. Op grotere afstanden geeft stereozicht hier geen nuttige informatie meer over. Mensen die langere tijd met één functioneel oog leven, kunnen prima diepte waarnemen. Ze zullen namelijk gebruik leren maken van andere informatiebronnen zoals de grootte van bekende voorwerpen en de bewegingen van de objecten in het visuele veld. Direct na het intreden van de beperking heeft het visuele systeem echter eerst tijd nodig om aan een veranderde input te wennen.

Welke aandoeningen kunnen visuele beperkingen veroorzaken?

Er zijn verschillende aandoeningen die beperkingen van visuele functies kunnen veroorzaken, zie onderstaande tabel.

Aandoening	Wat is het?	Wat is het gevolg?
Diabetische retinopathie	Oogklachten die worden veroorzaakt door suikerziekte	<ul style="list-style-type: none"> – troebel beeld – verlies van delen van het visuele veld – blindheid (meest voorkomende oorzaak)
Groene staar (glaucoom)	Een te hoge druk in het oog	<ul style="list-style-type: none"> – verlies van gezichtsscherpte – verlies van (delen van) het perifere gezichtsveld – verminderde donkeradaptatie – waarneming van gekleurde halo's rond lichtpunten – hoofdpijn
Grijze staar (cataract)	Vertroebeling van de oppervlakte van de lens	<ul style="list-style-type: none"> – een verhoogde gevoeligheid voor verstrooiing van licht, – een vermindering van de gezichtsscherpte – vermindering kleurenzicht
Maculaire degeneratie	Beschadiging van het centrale gedeelte van het netvlies, leeftijdsgerelateerde aandoening	<ul style="list-style-type: none"> – troebel zicht – verstoring of verlies van het centrale gezichtsveld – een verstoorde contrastgevoeligheid – gevoeligheid voor schittering
Retinitis pigmentosa	Een erfelijke degeneratieve aandoening van specifieke delen van het netvlies	<ul style="list-style-type: none"> – nachtblindheid – tunnelzicht (verlies van het perifere gezichtsveld)
Neuroretinitis	Een afname van de functie van de optische zenuw	<ul style="list-style-type: none"> – pijn in het oog – verlies van kleurenzicht – verlies van contrastgevoeligheid – plotseling verlies van (delen van) het gezichtsveld – vertroebeld zicht

Overzicht van aandoeningen die visuele beperkingen veroorzaken (Fjerdings et al., 2000; Hunter et al., 2009).

Draagt een test voor gezichtsscherpte bij aan de verkeersveiligheid?

Naarmate mensen ouder worden nemen de visuele beperkingen toe. De gevolgen van de meeste visuele aandoeningen zijn met hulpmiddelen of behandelingen te beperken. Belangrijk is dan wel dat mensen zich bewust zijn van hun visuele beperkingen. Dit is een punt van aandacht. Enkele jaren geleden was er sprake van de invoering van een verplichte 'ogentest' voor automobilisten vanaf 45 jaar. Deze maatregel, die louter de gezichtsscherpte test, zou naar verwachting slechts een zeer gering effect hebben op de verkeersveiligheid (Vlakveld et al., 2005). Aangezien alleen de gezichtsscherpte geen nauwkeurige indicatie is voor de rijgeschiktheid, zullen met een dergelijke test mensen afgekeurd worden die nog veilig aan het verkeer kunnen deelnemen en, andersom, ook mensen niet

afgekeurd worden terwijl ze andere visuele beperkingen hebben waardoor ze toch beter niet meer aan het verkeer kunnen deelnemen.

Conclusie

De visuele waarneming is een belangrijke bron van informatie bij het autorijden. Het ligt daarom voor de hand dat visuele beperkingen in het verkeer de veiligheid negatief zal beïnvloeden. Inderdaad blijken bepaalde visuele functies, zoals contrastgevoeligheid, het visuele veld en het Useful Field of View (UFOV), een relatie te hebben met de rijvaardigheid. Effecten op de ongevalsbetrokkenheid zijn gevonden voor contrastgevoeligheid, gevoeligheid voor verblinding en UFOV. De effecten op het ongevalsrisico zijn echter gering en dat heeft veelal te maken met het feit dat mensen met visuele beperkingen daar vaak voor compenseren. Omdat een visuele beperking zich over het algemeen zeer geleidelijk ontwikkelt, zijn mensen zich er vaak niet of erg laat van bewust.

Publicaties en bronnen

Ball, K., Owsley, C., Sloane, M.E., Roenker, D.L. et al. (1993). [Visual attention problems as a predictor of vehicle crashes in older drivers](#). In: Investigative Ophthalmology & Visual Science, vol. 34, nr. 11, p. 3110-3123.

Berg, T.J.T.P. van den & Rijn, L.J. van (2005). [Relevance of glare sensitivity and impairment of visual function among European drivers; Final report of the EU project GLARE](#). European GLARE project, Brussels.

Bowers, A., Peli, E., Elgin, J., McGwin Jr, G. et al. (2005). [On-road driving with moderate visual field loss](#). In: Optometry and Vision Science, vol. 82, nr. 8, p. 657-667.

Brouwer, W.H., Keunen, J.E.E. & Kooijman, A.C. (2006). [Rijgeschiktheid bij gebruik van een bioptische telescoop: een advies tot herziening van de regelgeving](#). Commissie Kooijman, Groningen.

CBR (2009). [Regeling eisen geschiktheid 2000](#). Centraal Bureau Rijvaardigheidsbewijzen CBR, Rijswijk.

CBS (2010). [Gezondheid, leefstijl, gebruik van zorg](#). Geraadpleegd op 15-09-2010. [CBS Statline](#), Centraal Bureau voor de Statistiek CBS, Den Haag/Heerlen.

Charman, W.N. (1997). [Vision and driving; A literature review and commentary](#). Department of the Environment, Transport and the Regions DETR, London.

Dewar, R. & Olson, P. (2007). [Human factors in traffic safety](#). 2nd ed. Lawyers & Judges Publishing Company, Inc., Tucson.

Fjerdingen, L., Jenssen, G.D., Lervåg, L.E., Rijn, L.J. van, et al. (2004). [Report of Workshop 1 "Vision and perceptual deficiencies as a risk factor in traffic safety"; Deliverable P4.1 + Appendix of the IMMORTAL project](#). University of Leeds, Leeds.

Groot, H.A.M. (1999). [Impaired vision and accident risks](#). Commission Internationale des Examens de la Conduite Automobile CIECA, Brussels.

Hunter, J., Vries, J. de, Brown, Y. & Hekstra, A. (2009). [Handbook of disabled driver assessment](#). Institute for Rehabilitation, Ljubljana.

Lamble, D., Summala, H. & Hyvärinen, L. (2002). [Driving performance of drivers with impaired central visual field acuity](#). In: Accident Analysis & Prevention, vol. 34, nr. 5, p. 711-716.

McGwin Jr, G., Chapman, V. & Owsley, C. (2000). [Visual risk factors for driving difficulty among older drivers](#). In: Accident Analysis and Prevention, vol. 32, nr. 6, p. 735-744.

Owsley, C. & McGwin Jr, G. (1999). [Vision impairment and driving](#). In: Survey of Ophthalmology, vol. 43, nr. 6, p. 535-550.

Owsley, C., Stalvey, B.T., Wells, J., Sloane, M.E., G. et al. (2001). [Visual risk factors for crash involvement in older drivers with cataract](#). In: Archives of Ophthalmology, vol. 119, nr. 6, p. 881-887.

Racette, L. & Casson, E.J. (2005). [The impact of visual field loss on driving performance: evidence from on-road driving assessments](#). In: Optometry and Vision Science, vol. 82, nr. 8, p. 668-674.

Rijn, L.J. van (2005). [New standards for the visual functions of drivers](#). Eyesight Working Group, European Commission, Brussels.

Vaa, T. (2003). [Impairments, diseases, age and their relative risks of accident involvement; Results from meta-analysis. Deliverable R1.1 of the IMMORTAL project](#). University of Leeds, Leeds.

Verkeerskunde (2014). [Kleurenblindheid, een oplosbaar verkeersprobleem](#). 2 oktober 2014, Geraadpleegd op: www.verkeerskunde.nl.

Vlakveld, W.P., Wesemann, P., Devillers, E., Elvik, R., et al. (2005). [Detailed cost-benefit analysis of potential impairment countermeasures: Research in the framework of the European research programme IMMORTAL Deliverable P2](#). R-2005-10. SWOV Institute for Road Safety Research, Leidschendam.