

Literatuurstudie achterlichtconfiguraties

Ing. C.C. Schoon

Literatuurstudie achterlichtconfiguraties

Een beknopt overzicht van de literatuur over achterverlichting en achterlichtconfiguraties

R-98-39

Ing. C.C. Schoon

Leidschendam, 1998

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

Documentbeschrijving

Rapportnummer: R-98-39
Titel: Literatuurstudie achterlichtconfiguraties
Ondertitel: Een beknopt overzicht van de literatuur over achterverlichting en achterlichtconfiguraties
Auteur(s): Ing. C.C. Schoon
Onderzoeksmanager: Drs. M.P. Hagenzieker
Projectnummer SWOV: 57.415
Projectcode opdrachtgever: HVVL 97.555
Opdrachtgever: De inhoud van dit rapport berust op gegevens verkregen in het kader van een project, dat is uitgevoerd in opdracht van de Adviesdienst Verkeer en Vervoer van Rijkswaterstaat

Trefwoord(en): Side light, brake light, three, rear, location, height, visibility, fog, design (overall design).

Projectinhoud: Dit rapport vormt een basisdocument over de relatie tussen achterlichtconfiguratie en de verkeersveiligheid. Het onderzoek berust op de bestudering van de belangrijkste internationale onderzoeken van de laatste tien jaar.

Aantal pagina's: 28 blz.
Prijs: f 17,50
Uitgave: SWOV, Leidschendam, 1998

Samenvatting

Het wijzigen van de achterlichtconfiguratie van personenauto's is alleen toegestaan als de Europese reglementering hiervoor ruimte biedt. Dit betekent dat vele nieuwe, en soms ook nuttige vindingen niet mogen worden toegepast. In Europees verband staat dit punt nu ter discussie.

Vanuit Nederland bestond behoefte met een duidelijk standpunt omtrent eventuele toekomstige veranderingen te komen in het Europese overleg. Daarom heeft de Adviesdienst Verkeer en Vervoer van Rijkswaterstaat (AVV) de SWOV gevraagd een basisdocument op te stellen over de relatie tussen achterlichtconfiguratie en de verkeersveiligheid. Het onderzoek berust op de bestudering van de belangrijkste internationale onderzoeken van de laatste tien jaar.

Om als bestuurder de rijtaak in een volgsituatie goed te kunnen uitvoeren, speelt de achterlichtconfiguratie een belangrijke rol. Een goede signalering draagt voor een groot deel bij aan het voorkomen van achteraanrijdingen. Hiervoor is zeker aandacht nodig, gezien de recentelijke toename van het aantal achteraanrijdingen: in Nederland een verdubbeling over een periode van tien jaar.

Bij visuele attendering zijn onder meer de volgende aspecten belangrijk: het scheiden dan wel groeperen van functies; de codering met kleuren; lichtintensiteitswaarden; continu brandend of met een interval.

Ook de afstemming van de lichtintensiteit van de diverse lampen (met name de remlichten) op de omgevingsverlichting (mist, dag versus nacht) is van belang. Behalve variatie in de lichtintensiteit, is variatie in het lampoppervlak ook een mogelijkheid om de visuele attendering te verbeteren (bijvoorbeeld de toepassing van een lichtbalk).

In het rapport komen diverse technische ontwikkelingen ten aanzien van remlichten aan de orde:

- extra signalering bij krachtig remmen (wat 'krachtig remmen' is, dient nog een punt van nadere studie te zijn);
- adaptieve lichtsterkte-regelingen (met een luminantie-sensor kan de lichtintensiteit van de lampen overdag worden geregeld);
- het Red Alert-systeem (vroegtijdige activering van de remlichten bij het snel loslaten van het gaspedaal);
- het sneller bereiken van de maximale lichtintensiteit (voorverwarming; hogere aanvangsspanning; toepassing van de neonbuis of LED's);
- het beter benutten van het derde remlicht (alleen activeren bij krachtig remmen en/of bij slechte weersomstandigheden en/of bij geactiveerde mistachterlichten).

Voor de langere termijn zal rekening moeten worden gehouden met toekomstige ontwikkelingen op het gebied van de informatie-technologie (afstand houden, volgsystemen, enzovoort).

Gezien de hoeveelheid onderwerpen en innovaties, wordt aanbevolen te starten met een probleemanalyse, zoals de specificatie van het probleem (het belang van sneller/beter opvallen van lampen, de noodzaak van verstrekking van extra informatie) en de vaststelling van de speelruimte die de Europese regelgeving biedt om de reglementen aan te passen.

Het voorliggende rapport biedt het basismateriaal voor zo'n analyse.

Summary

Literature study into rear-light units: an overview of the literature on rear lights and rear-light units.

Modifications to rear-light units of passenger cars are only permitted if European regulations allow them. The result is that many new, and sometimes useful, inventions cannot be used. Within the European framework, this is now a point of issue.

Within these discussions, the Netherlands needs to make its position clear concerning possible future changes. For this reason, the Netherlands Transport Research Centre has requested SWOV to draw up a criteria document on the relation between rear-light units and road safety. The research is based on major international investigations of the last ten years.

For a driver to correctly handle the situation when travelling behind another vehicle, the rear-light unit needs to be given major consideration. Good signalling goes a long way towards preventing rear-end collisions. This is a subject that deserves attention because of the recent increase in the number of such accidents: in the Netherlands alone, a doubling has occurred during the last ten years.

Concerning visual warning, the following aspects, among others, are significant: the separating or grouping of functions; coding with colours; levels of light intensity; and continuous or interval illumination. Matching the light intensity of the different lamps (particularly the brake lights) to ambient lighting conditions (fog, daytime versus nighttime) is important. Besides variation in the light intensity, variation in the surface area of lamps also offers the possibility to improve visual alertness (for example, through the use of a light bar).

The report considers different technological developments concerning brake lights:

- additional signalling for hard braking (the definition of 'hard braking' needs further study);
- adaptive light-strength regulators (an illumination sensor can be used to control the light intensity of lamps in daylight);
- red-alert systems (early activation of the brake lights when the accelerator pedal is suddenly released);
- reaching the maximum light intensity quicker (pre-heating, higher initial voltage, use of neon lamps or LEDs);
- better use of the third brake light (only during hard braking, bad weather conditions, and/or when the rear fog lights have been switched on).

In the long term, the possibilities offered by information technology will need to be considered (automatic distance maintenance, monitoring systems, and the like).

Given the number of subjects and innovations, it is recommended to begin with a problem analysis. In other words, specification of the problem (the importance of lights being noticed quicker and/or more effectively, and the need to distribute additional information), together with determination of the scope that European regulations offer for adapting the rules. This report provides the basic material for such an analysis.

Inhoud

1.	<i>Kader, opzet en uitvoering onderzoek</i>	6
1.1.	Europees overleg	6
1.2.	Doelstellingen van het onderzoek	6
1.3.	Opzet en uitvoering van het onderzoek	6
2.	<i>Inleiding</i>	7
3.	<i>De huidige functie van de diverse lichten</i>	8
4.	<i>De lichtsterktes volgens ECE-reglementen</i>	9
5.	<i>Aspecten gekoppeld aan 'display' en uitvoeringsvorm van lichten aan de achterzijde</i>	10
6.	<i>Literatuurstudie</i>	11
6.1.	Lichtintensiteit	11
6.2.	Het derde remlicht	15
6.3.	Mistachterlichten	16
6.4.	Nieuwe ontwikkelingen	17
7.	<i>Samenvatting en conclusies</i>	22
7.1.	Waarneembaarheid	22
7.2.	Signalering bij remmen	22
7.3.	Signalering bij mist	23
7.4.	Veroudering	23
8.	<i>Aanbevelingen</i>	24
	<i>Literatuur</i>	25

1. Kader, opzet en uitvoering onderzoek

1.1. Europees overleg

De GRE¹ in Genève wordt regelmatig met een grote verscheidenheid aan uitvindingen op het gebied van verlichting van auto's geconfronteerd. Tijdens de laatste vergadering van de GRE is opnieuw vastgesteld dat het onacceptabel is bepaalde vormen en wijzen van signalering op ad hoc wijze in te voeren. Dit voorkomt problemen later, als na een nieuw Europees onderzoek zou blijken dat vanuit de optiek van de verkeersveiligheid met een andere achterlichtconfiguratie een betere signalering bereikt zou kunnen worden.

Daartoe wil de GRE met een opzet komen waarin wordt aangegeven hoe met de vele vindingen omgegaan moet worden. In die opzet zouden bijvoorbeeld criteria kunnen worden opgenomen aan de hand waarvan de vindingen kunnen worden beoordeeld.

Ook de Nederlandse overheid wordt de laatste tijd steeds frequenter benaderd met vindingen op het gebied van extra signalering aan de achterzijde van personenauto's. Teneinde binnen de GRE een duidelijk Nederlands standpunt naar voren te kunnen brengen, is er behoefte aan een basisdocument over de achterlichtconfiguratie in relatie met de verkeersveiligheid.

1.2. Doelstellingen van het onderzoek

De Adviesdienst Verkeer en Vervoer van Rijkswaterstaat (AVV) heeft de SWOV gevraagd een beknopte literatuurstudie uit te voeren naar de relatie tussen de lichten aan de achterzijde van personenauto's c.q. de achterlichtconfiguratie en de verkeersveiligheid. De literatuurstudie zal een overzicht geven van onderzoek dat is verricht naar achterlichtconfiguraties. Recente inzichten en ontwikkelingen op dit gebied maken deel uit van de studie.

1.3. Opzet en uitvoering van het onderzoek

Gezien de vraagstelling van AVV, een quick-scan inventarisatie met betrekking tot de achterlichtconfiguratie, is er niet gekozen voor een uitputtende literatuurresearch. De belangrijkste internationale onderzoeken van de laatste tien jaar (vanaf 1985) zijn geselecteerd. TNO Technische Menskunde is gevraagd de lijst met publikaties die door de SWOV is geselecteerd, te beoordelen op volledigheid.

Behalve enkele publicaties op het gebied van het derde remlicht, werden door TNO geen andere publicaties genoemd.

Vervolgens zijn de publicaties door de SWOV bestudeerd en in dit rapport beschreven.

¹Groupe de Rapporteurs d'Eclairage (een rapporteursgroep - meetings of experts - die over voertuigtechnische onderwerpen rapporteert aan WP29; GRE houdt zich specifiek bezig met 'lighting and light-signalling').

2. Inleiding

Om de rijtaak in een volgsituatie goed te kunnen uitvoeren, speelt de achterlichtconfiguratie van voertuigen een belangrijke rol. Een fout in de detectie of een verkeerde interpretatie van een signaal van de achterverlichting kan leiden tot een kop-staartbotsing.

In Nederland is het aantal achteraanrijdingen de laatste tien jaar bijna verdubbeld. In 1987 zijn 2.029 achteraanrijdingen met letsel geregistreerd en in 1996 zijn dit er al 3.925. Indien we deze cijfers relateren aan het totaal aantal letselongevallen, dan blijkt precies van een verdubbeling sprake te zijn: in 1987 was het aandeel 4,8% en in 1996 is dit opgelopen tot 9,6% (Van Kampen, 1998).

Aan de 'oude' achterlichtconfiguratie zijn in Europees verband de laatste 25 jaar diverse functies toegevoegd: achteruitrijlicht, alarmlichten (door gebruik te maken van beide richtingaanwijzers), één of twee mist-achterlicht(en). Verder is de lichtintensiteit van diverse lampen toegenomen; niet door vergroting van het lampvermogen, maar door efficiënter gebruik te maken van het uitgestraalde lamplicht.

3. De huidige functie van de diverse lichten

In het algemeen kan worden gesteld dat signalerings- en alarmerings-systemen (aan de achterzijde van voertuigen) uniform en begrijpelijk moeten zijn. Volgens Europese reglementen zijn de volgende lichten te onderscheiden:

- Twee rode achterlichten (5 W) ter indicatie van de aanwezigheid van het voertuig bij schemer en duisternis.
- Een of twee rode mistachterlichten (21 W) met een hogere lichtintensiteit dan de achterlichten om het verschil van de extra signalering bij mist duidelijk te maken.
- Twee rode remlichten (21 W) ter indicatie van het teruglopen van de snelheid. Veelal zijn deze lichten in het lamphuis gecombineerd met de achterlichten. Aan de remlichten mag momenteel een derde hoger geplaatst rood remlicht toegevoegd worden.
- Twee amberkleurige richtingaanwijzers (21 W).
- Twee gelijktijdig brandende (amberkleurige) knipperlichten (21 W) die de functie hebben van waarschuwen in geval van bijvoorbeeld een stilstaand voertuig op de rijbaan.
- Een of twee witte achteruitrijlichten (21 W) die gaan branden zodra de achteruitversnelling is ingeschakeld.

4. De lichtsterktes volgens ECE-reglementen

In de ECE-reglementen zijn de volgende minimale en maximale lichtsterktes vastgelegd. Niet nagegaan is in hoeverre deze waarden worden gedekt door de EG-richtlijnen voor EG-typegoedkeuringen. Aangezien de EG-richtlijnen de ECE-reglementen volgen, zijn in het kader van dit literatuuroverzicht de ECE-reglementen relevanter.

	Minimale lichtsterkte	Maximale lichtsterkte
R6 Richtingaanwijzers achter (suppl. febr. 1996)	50 cd	350 cd
R7 Achterlichten (suppl. febr. 1996)	4 cd	12 cd
R7 Remlichten (suppl. febr. 1996)	60 cd	185 cd
R7 Remlichten in de dagsituatie (suppl. febr. 1996)	130 cd	520 cd
R7 Remlichten in de nachtsituatie (suppl. febr. 1996)	30 cd	80 cd
R7 Derde remlicht (suppl. febr. 1996)	25 cd	80 cd
R38 Mistachterlichten, opp. <140 cm ² (suppl. febr. 1997).	150 cd	300 cd

Tabel 4.1. *Overzicht minimale en maximale lichtsterktes volgens ECE-reglementen.*

Aan de hand van deze waarden kan worden opgemerkt dat het merkwaardig is dat voor het derde remlicht lagere lichtsterktes zijn aangenomen dan voor de gewone remlichten.

5. Aspecten gekoppeld aan 'display' en uitvoeringsvorm van lichten aan de achterzijde

Als het gaat om de 'display' van de lichten aan de achterzijde van voertuigen, zijn veel aspecten omtrent de visuele attentering te noemen die een beschouwing rechtvaardigen (Meatyrd & Fowkes, 1987):

- het scheiden dan wel groeperen van functies;
- de codering met kleuren;
- absolute / relatieve lichtintensiteitswaarden (lichtintensiteit in relatie met omgevingsverlichting);
- absolute dan wel relatieve kleurwaarden;
- continu brandend of met een interval, dan wel knipperend;
- lay-out (geometrie, afstand tot elkaar, aantal van één soort)
- overvloed aan signalering.

In hoofdstuk 6 komen diverse aangeduide aspecten aan de orde.

6. Literatuurstudie

6.1. Lichtintensiteit

6.1.1. 'Optimale' lichtsterktes voor rem- en achterlichten in relatie tot lampoppervlak

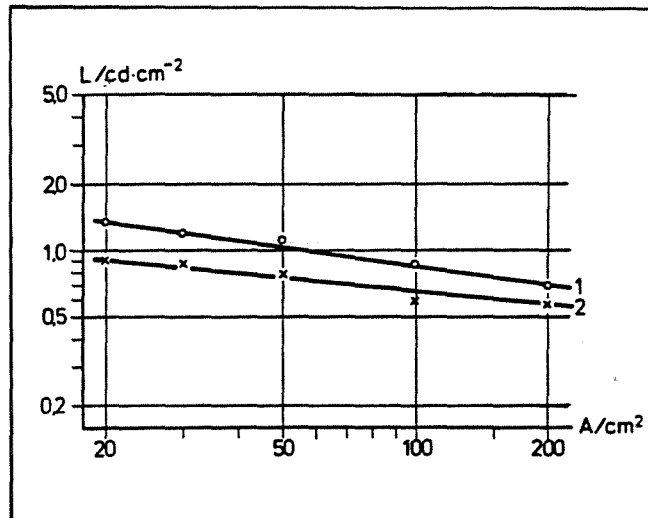
Door proefpersonen diende in een statische laboratoriumopstelling de lichtintensiteit ingeschat te worden (Schmidt-Clausen, 1985). Men kon een waardering aangeven die liep van 1: 'te donker' tot 9: 'te fel'. De waarde van 5 werd door de onderzoekers als 'optimaal' aangegeven. Voor het remlicht en het achterlicht zijn in *Tabel 6.1* de lichtintensiteiten gegeven, met als variabele het lampoppervlakte (20 en 200 cm²). Door de SWOV zijn aan de tabel de waarden van het ECE-reglement (suppl. febr. 1996) toegevoegd.

Reglementen / lampoppervlakte naar omgevingsverlichting		Lichtintensiteit (cd) vastgesteld in Europese reglementen	
		Remlicht	Achterlicht
ECE-reglement (suppl. febr. 1996)		60-185	4-12
EG-richtlijn (1985)		40-100	2-10
		Lichtintensiteit (cd) door proefpersonen als 'optimaal' beoordeeld	
Daglicht	20 cm ²	27	geen waarden opgenomen
	200 cm ²	140	geen waarden opgenomen
Nachtsituatie	20 cm ²	18	5
	200 cm ²	117	24

Tabel 6.1. *Lichtintensiteiten volgens Europese reglementen en 'optimale' waarden volgens het oordeel van proefpersonen.*

In de paper stelt de auteur dat met het oog op de EG-richtlijnen (van 1985) een optimale lichtintensiteit van remlichten alleen kan worden bereikt met het kleinere oppervlakte van 20 cm². Dit geldt niet meer voor het ECE-reglement van 1996, aangezien de maximale waarden zijn opgehoogd. Wel blijkt dat de door de proefpersonen beoordeelde 'optimale' waarden bij een lampoppervlak van 20 cm² beduidend onder de minimale waarden van de lichtsterktes volgens het ECE-reglement liggen. De relatie tussen het lampoppervlak en de door de proefpersonen ervaren lichtintensiteit blijkt volgens het onderzoek van grote invloed te zijn.

Als het gaat om het optimale lichtniveau, dan is er voor de tussenliggende waarden van 20 - 200 cm² een log-lineair dalend verband vastgesteld tussen de oppervlakte en de luminantie (cd/cm²). Voor remlichten is dit hierna afgebeeld voor de dag- (=1) en nachtsituatie (=2).



Afbeelding 6.1. Log-lineair verband tussen oppervlakte lampen en luminantie met betrekking tot remlichten (Schmidt-Clausen, 1985). (1= dagsituatie; 2= nachtsituatie).

6.1.2. Lichtsterktes en fysieke scheiding lichten

Door het Engelse MIRA (Motor Industry Research Associates) en het TRRL (Transport and Road Research Laboratory) is onderzoek gedaan naar de fysieke scheiding van de diverse lichten aan de achterzijde van personenauto's in een laboratoriumsituatie (Meatyrd, 1988). De proefopstelling bestond uit een min of meer reële achterlichtconfiguratie met de nodige variatiemogelijkheden. De proefpersonen moesten op remsignalen reageren (primaire taak) tijdens de uitvoering van een 'continuous tracking task' (secundaire taak).

Uit dit onderzoek bleek een bevestiging van reeds bestaande kennis:

- in de nachtsituatie volgde een snellere reactie op het remlicht vergeleken met de dagsituatie;
- er volgde een snellere reactie op het remlicht bij zwakke achterlichten ten opzichte van heldere;
- de scheiding van rem- en achterlichten is gunstig, waarbij de laterale afstand niet meer hoeft te bedragen dan 10 cm.

Een opvallend resultaat was dat in de dagsituatie op veel remsignalen helemaal niet werd gereageerd; met name bij een hoge lichtintensiteit van de achterlichten konden deze 'missings' oplopen tot 25%. In de nachtsituatie werd 3% 'missings' geteld.

Bij toevoeging van het derde remlicht aan het éénbehuizingsstelsel van rem-/achterlichten bleek dat dit in de nachtsituatie een geringe afname van de reactietijd tot gevolg had. Vreemd genoeg gaf de toevoeging van het derde remlicht aan de gescheiden behuizing een (geringe) verslechtering van de reactietijd. Tevens bleek dat twee hooggeplaatste remlichten iets gunstiger reactietijden te zien gaven dan één hooggeplaatst remlicht. In de dagsituatie werd een vergelijkbaar beeld verkregen ten opzichte van de nachtsituatie, hoewel het verschil in reactietijden wat groter was.

Tijdens het congres *Vision in Vehicles IV* in 1991 werd aan de hiervoor beschreven studie nog het volgende toegevoegd (Fowkes & Storey, 1991). Indien men zou denken aan de toepassing van remlichten met twee verschillende lichtintensiteiten voor de dag- en nachtsituatie, dan komen daarvoor de volgende lichtsterktes in aanmerking: 66 cd voor de daglicht-situatie en 32 cd voor 's nachts. Mocht een dergelijk dubbelsysteem niet realiseerbaar zijn, dan dient voor een minimaal effectieve lichtintensiteit van het remlicht ten minste 66 cd aangehouden te worden.

Na de studie van 1988 is nog nagegaan of op nieuwe modellen al een fysieke scheiding tussen de rem- en achterlichten was gerealiseerd. Gebleken is dat sommige fabrikanten de voorkeur hebben gegeven aan de plaatsing van een hooggeplaatst derde remlicht in plaats van het toepassen van een fysieke scheiding.

Door de Werkgroep Veiligheid van de Rijksuniversiteit Leiden is een soortgelijke simulatiestudie naar remlichten uitgevoerd, met een derde remlicht als variabele (Akerboom, Kruijse & La Heij, 1990). Proefpersonen dienden op een afstand van 90 cm naar een fixatiepunt op een beeldscherm te kijken (primaire taak). Aanvankelijk was er geen secundaire taak. Gevonden is dat als de achterlichten en remlichten in één behuizing waren ondergebracht, de reactietijd met het derde remlicht nauwelijks verbeterde ingeval de remlichten een hoge intensiteit hadden. Was de intensiteit van de standaard remlichten daarentegen laag, dan was sprake van een aanzienlijke afname van de reactietijd. De winst van het derde remlicht was ook gering wanneer sprake was van gescheiden behuizing en remlichten met een hoge intensiteit.

Door TNO Technische Menskunde is eveneens een laboratoriumexperiment met diverse achterlichtconfiguraties onder dag- en nachlichtcondities uitgevoerd. De configuraties bevatten twee achterlichten, twee remlichten, een lichtbalk met zowel een geringe lichtintensiteit (achterlicht) als met een hogere lichtintensiteit (remlicht), een hoog en laag geplaatst derde remlicht en twee mistachterlichten (Theeuwes & Alferdinck, 1993). Als resultaat van het experiment wordt genoemd:

- het hoger geplaatste remlicht deed het beter dan het lager geplaatste;
- als uitzondering hierop gold de lichtbalk in de daglichtsituatie, die een dubbele lichtintensiteit had ten opzichte van de beide enkele lampen;
- in het geval dat de mistlichten brandden, was het detecteren van het remlicht slechter dan in de andere condities.

Een onderzoek naar de achterkant van vrachtauto's van Schmidt-Clausen & Kurth (1987), leverde op dat een groot vlak met een relatief geringe luminantie voor een goede opvallendheid zorgt. Ter vergelijking: de opvallendheid van een brede balk met $0,5 \text{ cd/m}^2$ is even goed als die van een puntvormige lichtbron van 10 cd/m^2 .

6.1.3. *Adaptieve lichtsterkte-regelingen*

Volgens (niet schriftelijke) informatie is de industrie bezig met de ontwikkeling van adaptieve lichtsterkte-regelingen voor de achterverlichting. Hiertoe wordt een luminantie-sensor gebruikt. Bij dag wordt, afhankelijk van de daglicht-luminantie, gevarieerd in de lichtintensiteit van de lampen aan de achterzijde van de auto. Ook zou gevarieerd kunnen worden in het aantal lampen dat wordt geactiveerd.

6.1.4. De lichtintensiteiten in relatie tot ouderdom voertuig en vervuiling

Sprake is van terugval in lichtintensiteit met het ouder worden van het voertuig. Voor drie lampen (remlicht, richtingaanwijzers en achterlicht) zijn in Tabel 6.2. enkele waarden ($f=50\%$) gegeven, gebaseerd op ongeveer 1.200 lichtintensiteitsmetingen (Schmidt-Clausen, 1985). Ter referentie zijn aan de tabel de minimale lichtsterktewaarden toegevoegd zoals opgenomen in ECE-reglementen (1996).

Ouderdom personenauto / ECE-reglementen	Lichtintensiteit (axiaal) in cd		
	Remlicht	Richtingaanwijzers	Achterlicht
1 jaar	37	56	4
5 jaar	28	50	3
10 jaar	20	45	2
ECE (1985); minimaal	40	50?	2
ECE (1996); minimaal	60	50	4

Tabel 6.2. Relatie tussen de lichtintensiteit en de ouderdom van voertuigen voor enkele lichten volgens een onderzoek uit 1985 (Schmidt-Clausen), gerelateerd aan de lichtsterktewaarden volgens ECE-reglementen van toen (1985) en nu (1996).

Uit deze cijfers blijkt dat met name de intensiteit van de remlichten aan veroudering onderhevig is. Na tien jaar bedroeg de gemiddelde waarde van de onderzochte lichten de helft van de minimumwaarde van het ECE-reglement uit die tijd.

Door TRRL is de conditie van zowel de front- als achterverlichting onderzocht (Cobb, 1990). Van willekeurig geselecteerde auto's (452, inclusief vrachtauto's) is aan de zijkant van de weg gemeten wat de lichtintensiteit was, vóór en ná het reinigen van het lampglas. Van de achterverlichting bleek de lichtintensiteit slecht te zijn: de helft bleek minder dan de minimum standaardwaarde te zijn, zelfs na het reinigen. Geen van de lampen was helderder dan de maximale standaardwaarde voor de lichtintensiteit. Wat de vrachtauto's betreft, was de situatie voor de mist-achterlichten en remlichten aanmerkelijk slechter in vergelijking met personenauto's: er waren veel kapotte lampen; slechts weinig lampen haalden de minimum standaardwaarde.

Door de Universiteit van Michigan is ook gemeten naar de invloed van vervuiling van achterlichten (Sivak, et al., 1997). In dit geval betrof het een lange rit met een testauto. De reductie in de lichtintensiteit was groter aan de bestuurderszijde dan aan de zijde van de passagier. De grootste reductie (tot 37%) is gevonden bij punten in of nabij de optische assen van de lampen. De resultaten van deze studie wil men nog naast die van andere leggen zoals de resultaten van studies naar de invloed van de boordspanning en van het lampontwerp.

6.2. Het derde remlicht

6.2.1. *Theoretische werking derde remlicht*

Algemeen wordt aangenomen dat voor de werking van hooggeplaatste remlichten de volgende (theoretische) verklaringen gelden:

1. Het hooggeplaatste remlicht bevindt zich dicht bij het gezichtsveld van de bestuurder.
2. In combinatie met de standaard remlichten is sprake van een driehoekige opstelling die de attentiewaarde vergroot.
3. Het hooggeplaatste remlicht zit niet in de directe omgeving van de andere lichten (zoals achter- en mistlichten).
4. Door het doorkijk-effect kan een voorwaarschuwing worden verkregen.

6.2.2. *Achteraanrijdingen en regelgeving derde remlicht*

De omvang van het aantal door de politie geregistreerde achteraanrijdingen met letsel in Nederland is, zoals in de inleiding al is aangegeven, in de laatste tien jaar verdubbeld. Ten opzichte van het totaal aantal letselongevallen is het aandeel bijna 10%. In de Verenigde Staten bedraagt het percentage achteraanrijdingen zo'n 40% van het totaal aantal aanrijdingen (inclusief Uitsluitend Materiële Schade). Dit zal de reden zijn dat in de Verenigde Staten met ingang van 1 september 1985 een hooggeplaatst (derde) remlicht op nieuwe personenauto's verplicht is gesteld.

In Europa gaat de verplichtstelling van het derde remlicht, voor nieuwe personenauto's², in op 1 oktober 1998 (richtlijn 9728EG)

Toen de verplichting van het derde (hooggeplaatste) remlicht in Europees verband aan de orde werd gesteld, heeft de RDW getracht dit niet alleen voor personenauto's te laten gelden, maar ook voor bestel- en vrachtauto's. Andere landen konden echter niet met het voorstel van de RDW instemmen. Eén van de argumenten was dat een hooggeplaatst remlicht niet op elke vrachtauto aangebracht kan worden omdat de opbouw daarvoor niet altijd geschikt is. Als de invoering van een hooggeplaatst remlicht verplicht zou worden voor vrachtauto's, dan moesten er voor te veel typen vrachtauto's uitzonderingen gemaakt worden. Dit werd niet haalbaar geacht. Wel is het zo dat een fabrikant op vrijwillige basis een derde remlicht mag aanbrenge.

6.2.3. *Het effect van het derde remlicht*

In de Verenigde Staten heeft men na het verplicht stellen van het hooggeplaatste remlicht een reductie van 17% van het aantal achteraanrijdingen vastgesteld (Kahane, 1989). Na een herberekening komt de SWOV voor de Amerikaanse situatie uit op 13% (Schoon, 1993). In dit SWOV-rapport wordt gesteld dat het schatten van het effectpercentage voor Nederland op basis van de Amerikaanse cijfers niet goed mogelijk is. In de eerste plaats omdat de achterlichtconfiguratie van Europese auto's beduidend anders is dan die van Amerikaanse (een slechtere identificatie van de signaallichten). En in de tweede plaats liggen de effecten die in de verschillende Amerikaanse staten zijn gevonden te ver uiteen (effecten van 7% tot 24%),

² Het betreft hier alleen voertuigen waar een nieuw EG-typegoedkeuring voor vereist is.

zonder dat daarvoor een aannemelijke verklaring bestaat. Verder lijkt - zoals hiervoor vermeld - de relatieve omvang van het probleem van achteraanrijdingen in Nederland beduidend geringer in vergelijking met de Verenigde Staten; voorzichtigheid bij deze uitspraak is geboden, omdat letsel-ongevallen met UMS-ongevallen worden vergeleken.

Recentelijk zijn twee nieuwe Amerikaanse onderzoeken met effectcijfers gepubliceerd. De eerste publikatie betreft een analyse aan de hand van ingediende claims bij verzekeringsmaatschappijen (Farmer, 1996). Bij dit onderzoek is een reductie vastgesteld van het aantal achteraanrijdingen met 5%. De tweede publikatie betreft een nieuwe studie van Kahane & Hertz (1998). Een her-analyse van het effect in de beginjaren van de verplichtstelling (1987) komt nu uit op 8,5%. Als blijvend effect - gebaseerd op de jaren 1989 t/m 1995 - is een reductie van 4,3% (marge $\pm 1,5\%$) vastgesteld. Het effect van het derde remlicht voor 'light trucks' (verplicht sinds modeljaar 1994) is ongeveer hetzelfde als voor personenauto's. Als reden voor het teruglopen van het effect wordt in de tweede publikatie 'gewenning aan het derde remlicht' genoemd.

Gezien de hierboven aangeduide verschillen tussen de Verenigde Staten en Nederland, kan worden ingeschat dat zo'n percentage van 4 à 5 voor Nederland eerder aan de hoge dan aan de lage kant zal zijn.

Zowel in het SWOV-rapport van 1993 als in een rapport van TNO Technische Menskunde (Theeuwes, 1991) is een uitgebreide literatuurstudie over het effect van hooggeplaatste remlichten opgenomen.

6.2.4. *Aanwezigheid derde remlicht in Nederland (1996)*

Hoewel het derde remlicht nog niet verplicht is, begint de aanwezigheid ervan een meer uitgebreid verschijnsel te worden. Deels doordat diverse automobielabrikanten de verplichte ingangsdatum niet afwachten, deels doordat autobezitters zelf een derde remlicht plaatsen.

Door de SWOV is begin 1996 voor het eerst de aanwezigheid van het derde remlicht geïnventariseerd; de meting betrof het (rijdende) personenautopark (Schoon & Varkevisser, 1996). Deze zogenaamde nulmeting was van belang om bij toekomstige analyses van achteraanrijdingen een eventuele invloed van het derde remlicht in beschouwing te kunnen nemen.

Het resultaat van de metingen was dat 10% van de personenauto's met een derde remlicht was uitgerust. Het aanwezigheidspercentage nam toe bij de voertuigen vanaf bouwjaar 1994 (1994: 14%; 1995: 28%). Van de auto's van vóór 1994 was ongeveer 5% van een derde remlicht voorzien. In ruim de helft van de gevallen was het derde remlicht aan de onderzijde van de achterraut aangebracht; een langwerpige vorm werd tevens bij iets meer dan 50% van de personenauto's aangetroffen.

6.3. **Mistachterlichten**

Mistachterlichten zorgen bij mist voor extra markering. In het Voertuigreglement 1994 is bepaald dat één of twee mistachterlichten verplicht zijn. Daarom is er nu een mix aan voertuigen met één of twee mistachterlichten. Op het symposium *Zicht op mist*, georganiseerd door het Regionaal Orgaan Verkeersveiligheid Brabant, ging Koornstra (1992) onder meer nader in op de relatie tussen de mistachterlichten en het derde remlicht. Hij gaf aan dat door de aanwezigheid van een derde remlicht de detectie van remmen bij mist wordt vergroot en tevens dat een eventuele verwarring met twee mistachterlichten zou worden verminderd. Nu de remlichtenconfiguratie drie

lampen kent, zou het nuttig zijn om te streven naar uniformiteit: gezien het bovenstaande, zouden twee mistachterlampen de voorkeur verdienen. Dit heeft het voordeel van een hogere detectiekans van voertuigen bij mist. Immers, een verandering in de waargenomen afstand tussen twee mistlampen geeft informatie over veranderingen in het relatieve snelheidsverschil (en volgafstand) met het voorliggende voertuig. Verder werd genoemd dat aandacht aan de lichtintensiteit van mistachterlichten besteed zou moeten worden. De veel gehoorde klacht van verblinding bij gebruik van mistachterlichten onder relatief goed-zicht omstandigheden, kan worden voorkomen door de lichtsterkte adaptief te regelen, afhankelijk van de dichtheid van de mist of van de hoeveelheid licht en het aandeel van de lichtverstrooiing. Deze adaptieve regelingen voor de lichtsterkte van autoverlichting zijn reeds in onderzoek opgenomen.

Ook Oppe (1991) gaat nader in op de achterlichtconfiguratie in mistomstandigheden. Om verwarring te voorkomen, zou het mistachterlicht op voldoende grote afstand van de remlichten geplaatst moeten worden. Nu is geregeld dat dat ten minste 100 mm dient te zijn. Tevens zou het mistachterlicht (lichten) niet te hoog geplaatst moeten worden om overmatige overstraling te voorkomen. Teneinde het onderscheid tussen mistachterlichten en remlichten te vergroten, zouden de remlichten knipperend uitgevoerd kunnen worden. Zo'n achterlichtconfiguratie verhoogt het attentieniveau voor remmen en vergroot de detectie-afstand ingeval van mistomstandigheden. De knipperfrequentie zou kunnen worden gevarieerd met de mate van vertraging van het voertuig.

6.4. Nieuwe ontwikkelingen

6.4.1. Voorverwarmen gloeilampen

Vastgesteld is dat conventionele gloeilampen in gebruik bij remlichten na 250 ms 90% van de maximale lichtintensiteit bereiken. Dit was de aanleiding voor Flannagan & Sivak (1989) om te zoeken naar mogelijkheden om deze tijd te verkorten. De toepassing van onder andere LED's, bleef hierbij buiten beschouwing vanwege de kosten en te grote ingrepen in de lampbehuizing. Daarom werd een voorziening toegepast die er voor zorgde dat lampen waren voorverwarmd en bij een remmanoeuvre een korte, hogere aanvangsspanning kregen. Hiermee werd bereikt dat al na ongeveer 50 ms 90% van de maximale lichtintensiteit werd bereikt.

Ook is in een laboratoriumsituatie nagegaan wat de invloed van deze verkorting was op de reactietijd. Dit bleek 115 ms minder te zijn: bij een rij-snelheid van 100 km/uur betekent dit een verkorting van de remafstand van 3,5 m.

6.4.2. Remlichten: indicatie van de grootte van voertuigdeceleratie

1. Set met twee keer drie lampen

Paria (1993) brengt opnieuw een systeem onder de aandacht dat bestuurders van achteropkomend verkeer informatie verschaft over de mate van deceleratie van de voorligger. Het systeem ziet er als volgt uit. Het enkele remlicht aan weerszijden van de auto wordt vervangen door een set van drie lichten. Naarmate er krachtiger wordt geremd, gaan er meer lichten branden, maximaal drie. De aansturing van deze lichten wordt geregeld door middel van een aan het systeem toegevoegde deceleratiemeter. Dit systeem is eerder

beschreven door Riley (patent-aanvraag, 1964) en Rutley & Mace (1969). Door Paria wordt hier echter een display aan toegevoegd in de omgeving van het dashboard die de 'eigen' bestuurder informeert over de mate van remmen. Dit zou van belang kunnen zijn voor het vergelijken van de eigen deceleratie met die van het achteropkomend voertuig 'providing a guide for the controlling of braking'.

In de studie van Paria is tevens een literatuurstudie opgenomen over de tijd die verloren gaat vanaf het moment van perceptie van de noodzaak tot remmen tot en met het moment dat het voertuig daadwerkelijk wordt afgeremd; dit remproces is verdeeld naar de diverse fasen.

2. Remlichten: variatie in lichtsterkte en oppervlak

Door BMW is tijdens het PAL '97 Symposium *Progress in Automobile Lighting* te Darmstad een systeem gepresenteerd waarmee de kracht van remmen aan de remlichten kan worden afgemeten (Fenk, 1997). Bij licht remmen branden de remlichten met normale sterkte (1e fase); bij harder remmen neemt de lichtsterkte toe (2e fase). Indien maximaal wordt geremd, wordt het oppervlak waarover het licht wordt uitgestraald, vergroot (3e fase). Dit nieuwe systeem is, behalve met tests met conventionele lichten, ook met proefpersonen zowel in het laboratorium als in een rijnsimulator beproefd. Het 'drie-fasen-systeem' gaf betere resultaten dan het conventionele systeem, waartoe het hooggeplaatste remlicht behoorde. Het uitzenden van flitssignalen door remlichten, werd niet als positief beoordeeld. Door Fenk zijn veldtesten aangekondigd om de verkregen resultaten met het nieuwe systeem op de weg te verifiëren.

6.4.3. *Red Alert (ABLD-systeem, advance braking light device)*

Met dit systeem kan worden bereikt dat de remlichten reeds gaan branden zodra met een snelle voetbeweging (bijvoorbeeld in een noodsituatie) het gaspedaal wordt losgelaten. Met dit systeem (met onder meer een voeler bij de gaskabel) gaan de remlichten ongeveer 0,3 s eerder branden in vergelijking met het conventionele systeem.

Voor zover bekend, zijn drie onderzoeken verricht naar dit systeem en is het systeem getest door de TÜV in Duitsland.

1. De Universiteit van Michigan heeft met drie personenauto's een veldstudie naar het effect van het ABLD-systeem uitgevoerd (Olson, 1988). De drie typen auto's waren: een grote en een mid-size personenauto's beide met een automaat, en een mid-size sportieve auto, handgeschakeld. Door proefpersonen moest een traject van 23 km worden afgelegd. Op 100 remmanoeuvres werd het volgende vastgesteld:
 - grote personenauto met automaat: ABLD geactiveerd: 3,1 keer; vals alarm: 1,0 keer;
 - mid-size personenauto's met automaat: ABLD geactiveerd: 12,2 keer; vals alarm: 2,7 keer;
 - mid-size handgeschakeld: ABLD geactiveerd: 0,7 keer; vals alarm: 0,3 keer.

De onderlinge verschillen tussen de personenauto's zijn nogal groot. In het rapport worden hiervoor enkele redenen gegeven.

De tijd die verstreek van het activeren van ABLD tot het aangaan van de normale remlichten varieerde van 0,23 tot 0,77 s. Bij deze metingen is het echter niet bekend of altijd sprake was van noodsituaties; er kunnen zich bijvoorbeeld situaties voordoen dat het gaspedaal wel snel wordt

losgelaten maar dat er vervolgens traag wordt geremd. Om de tijdwinst in geval van echte noodsituaties vast te stellen, is dit afzonderlijk gemeten. Tijden werden gevonden vanaf 0,16 s. In een eerdere studie van Olson et al. van 1984 werden bij soortgelijke metingen tijden vastgesteld van 0,10 tot 0,28 s (respectievelijk de 5- en 95-percentielwaarden).

2. Door Franse onderzoekers zijn in een 'car-following' experiment reactietijden en volgafstanden onderzocht (Liger, Cavallo & Peruch, 1989). De personenauto's waren uitgerust met een derde hooggeplaatst remlicht of met twee remlichten in de bovenhoeken van de achterraut (oranje/rood) die reageerden op het loslaten van het gaspedaal. De reactietijd en volgafstand werden geregistreerd; bij de analyse dienden de standaard remlichten als referentie. Wat het hooggeplaatste remlicht betreft, is er geen significant verschil gevonden in reactietijd; wel werd een gering verschil in volgafstand vastgesteld. De lampen die op het gaspedaal reageerden, behaalden aanmerkelijk betere resultaten. Afhankelijk van het type remmanoeuvre dat werd gesimuleerd, daalde de reactietijd met 25 - 50% ten opzichte van de tijd bij standaard remlichten. De reductie van de volgafstand gaf een geringer positief resultaat; dit was mede het gevolg van een grotere volgafstand in de beginsituatie.
3. Door de Ben-Gurion Universiteit is met het Red Alert-systeem een 'fleet-owners' experiment uitgevoerd (Shinar, 1996). Hiertoe is dit systeem in personenauto's, bestelauto's en lichte trucks van de Israëlische staat geïnstalleerd: 386 voertuigen per genoemde categorie. Tevens waren er even grote controlegroepen. De bestuurders waren niet op de hoogte van het experiment en de aanwezigheid van een Red Alert-systeem. Geregistreerd werden de relevante en irrelevante achteraanrijdingen, en de overige aanrijdingen. Het rapport beschrijft alleen de achteraanrijdingen. Als alleen naar de relevante achteraanrijdingen wordt gekeken (zoals door de auteur wordt gedaan), is sprake van een reductie van 50% bij de voertuigen uitgerust met een Red Alert-systeem ten opzichte van de controlegroep. De aantallen aanrijdingen binnen deze groep zijn echter gering. Door de SWOV is berekend dat als de irrelevante achteraanrijdingen ook bij de effectbepaling worden betrokken, sprake is van een reductie van 12%. Een argument om deze irrelevante achteraanrijdingen bij de berekening te betrekken, heeft te maken met het feit dat bij de categorie 'irrelevante achteraanrijdingen' meer ongevallen zitten in de onderzoeksgroep dan in de controlegroep. Normaal gesproken zouden in beide groepen eenzelfde aantal moeten zitten (afgezien van een gebruikelijke spreiding). In het rapport is niets vermeld over het aantal 'overige ongevallen' noch over het aantal aanrijdingen ten gevolge van een vals alarm. Zie ook: Koter, R. (1994). *Advanced indication of braking: a practical safety measure for avoidance of rear-end collisions*. In: Proceedings of the Third International Conference on Safety and the Environment in the 21st Century: Lessons from the past, shaping the future, Tel Aviv, Israel, November 7-10, 1994.
4. Door de TÜV (1993) is het Red Alert-systeem getest op installatievoorschriften en effectiviteit. De lampen gaan branden als de snelheid

waarmee het gaspedaal wordt losgelaten meer bedraagt dan 0,3 m/s. Door de TÜV wordt verder niet aangegeven wat de relatie is tussen deze pedaalsnelheid en de snelheid van de voet bij bijvoorbeeld 'normaal' remmen.

6.4.4. *Remdruk-alarm systeem*

De werking van het remdruk-alarmsysteem is als volgt. Als bij een noodremmanoeuvre de remdruk in het remleidingcircuit een bepaalde in te stellen waarde overschrijdt, wordt automatisch de standaard aanwezige alarmknipperlicht-installatie ingeschakeld. Hiervan krijgt de bestuurder een akoestisch en optisch signaal. Na het wegvallen van de remdruk blijft de knipperlicht-installatie en de signalering voor de bestuurder geactiveerd. De bestuurder kan de werking van het alarmeringssysteem ongedaan maken door op een knop te drukken.

6.4.5. *Automatic Rear Fog Flashlight (ARFF)*

Het ARFF-systeem (Automatic Rear Fog Flashlight) is een elektronische schakeling die de mistachterlichten laat knipperen ingeval wordt geremd bij ingeschakelde mistachterlichten. Na activering blijven gedurende acht seconden de mistachterlichten knipperen. Met dit systeem wordt beoogd bestuurders van achteropkomende voertuigen te alarmeren voor remmende voorliggers ingeval de zichtomstandigheden slecht zijn. In een notitie voor het Verbond van Verzekeraars heeft de SWOV het volgende over dit systeem opgemerkt (Schoon, 1996).

Het knipperen van de mistachterlichten via het ARFF-systeem wordt al geactiveerd bij zeer licht remmen. Dit kan aanleiding zijn tot onnodige krachtige remmanoeuvres van achteropkomend verkeer met een verhoogde kans op aanrijdingen. Het knipperen van (achter)lichten moet als signaal-functie blijven fungeren. Als het knippersignaal te vaak onnodig wordt afgegeven, ontstaat een devaluatie van de signalerende functie ervan. Bestuurders hebben geen uniform gedrag bij slechtere weersomstandigheden; ondanks dat de wet voorschrijft alleen mistachterlichten te voeren als het zicht minder dan 50 m is, ontsteken sommige automobilisten hun mistachterlichten al bij een geringe afname van het zicht, anderen doen ze in het geheel niet aan. Als de mistachterlichten reeds bij minder slechte zichtomstandigheden worden aangedaan, mag worden aangenomen dat knipperende mistachterlichten bij remmanoeuvres onnodige verwarring en/of irritaties kunnen veroorzaken. Dit laatste is ook op wegen binnen de bebouwde kom te verwachten, aangezien juist daar veel wordt geremd. In de notitie worden ter verbetering van de werking van het ARFF-systeem enkele suggesties geven:

1. Alleen signaleren als (in een volgsituatie) krachtig wordt geremd.
2. Op automatische wijze signaleren ingeval van stilstaande voertuigen op de rijbaan.

6.4.6. *Overige systemen*

Tijdens het symposium PAL '97 te Darmstad werden door twee inleidende sprekers andere typen lichtbronnen aan de orde gesteld. We noemen ze hier kort.

Door Hella (Schulz, 1997) wordt de toepassing van LED-lampen genoemd, die qua lichtintensiteit zowel recht van achteren als wel onder een hoek een

betere lichtverdeling te zien geven. Als voornaamste reden voor de toepassing van LED's wordt de homogeniteit in verlichtingssterkte genoemd.

Door Philips wordt de toepassing van neon behandeld voor rode en amberkleurige signaalverlichting (Geboers & Ligthart, 1997). Voor het eerst kwam neon in 1994 aan de orde bij toepassing in het derde remlicht voor de 'after market'. Sinds 1994 zijn er diverse toepassingen. De operationele spanning ligt tussen de 9 en 12 V. Naar verluidt, heeft dit type neonbuis een kortere oplichttijd in vergelijking met de conventionele gloeilamp.

7. Samenvatting en conclusies

7.1. Waarneembaarheid

Diverse aspecten spelen bij de achterlichtconfiguratie een rol, zoals:

- het scheiden dan wel groeperen van functies;
- de codering met kleuren;
- absolute / relatieve lichtintensiteitswaarden;
- lichtintensiteit en lampoppervlakte;
- continu brandend of met een interval, dan wel knipperend;
- lay-out.

Het afstemmen van de lichtintensiteit van de diverse lichten (met name de remlichten) op de omgevingsverlichting (dag versus nacht; goed zicht versus slecht zicht) is door verschillende onderzoekers als een belangrijk item genoemd. Behalve variatie in de lichtintensiteit biedt ook variatie in het lampoppervlak (bijvoorbeeld de toepassing van een lichtbalk) mogelijkheden om de visuele attentie te verbeteren.

Aandacht is nodig voor het voeren van MVO (al dan niet verplicht) met de daaraan gekoppelde brandende achterlichten. Dit is nodig voor voldoende onderscheid overdag tussen rem- en achterlichten.

7.2. Signalering bij remmen

Er is al veel onderzoek verricht naar remlichten. Een goede signalering draagt voor een belangrijk deel bij aan het voorkomen van achteraanrijdingen. Extra aandacht voor dit onderdeel van de achterlichtconfiguratie is zeker gerechtvaardigd, gelet op de toename van het aantal achteraanrijdingen in Nederland: een verdubbeling over een periode van tien jaar. Ook in andere Europese landen is sprake van een zelfde negatieve ontwikkeling.

Op termijn mag een reductie van enkele procenten van het aantal achteraanrijdingen verwacht worden, met het oog op de verplichte invoering van het derde remlicht op nieuwe, type-goedgekeurde personenauto's. Dit percentage lijkt niet voldoende om de toename van het aantal achteraanrijdingen een halt toe te roepen. Daarom is een aantal technische ontwikkelingen het nader bestuderen waard. Ten aanzien van remlichten kunnen genoemd worden:

- extra signalering bij krachtig remmen (diverse bronnen);
- verschil in lichtintensiteit tussen dag en nacht (Fowkes & Storey, 1991);
- adaptieve lichtsterkte-regelingen (een luminantie-sensor regelt overdag de lichtintensiteit van de lampen of het aantal lampen);
- het Red Alert-systeem (vroegtijdige activering van de remlichten bij het snel loslaten van het gaspedaal);
- de invoering van een lichtbalk (TNO-TM, 1993; Schmidt-Clausen, 1993);
- het sneller bereiken van de maximale lichtintensiteit (voorverwarming; een hogere aanvangsspanning; de toepassing van een neonbuis of mogelijk LED's);
- verkrijging van meer homogeniteit in de verlichtingssterkte door de toepassing van LED's.

Wat onder 'krachtig remmen' verstaan moet te worden, dient nog onderzocht te worden.

Tevens kan worden nagegaan of het derde remlicht (dat binnenkort verplicht wordt) beter kan worden benut, bijvoorbeeld door het alleen te activeren bij krachtig remmen. Een andere mogelijkheid is bij slechte weersomstandigheden of bij geactiveerde mistachterlichten de lichtintensiteit van dit derde remlicht verhogen.

7.3. **Signalering bij mist**

Behalve de studie van TNO-TM van 1993, zijn geen onderzoeksresultaten bekend van het verband tussen mistachterlichten en overige verlichting aan de achterzijde. Geconcludeerd kan worden dat bij mist en ingeschakelde mistachterlampen extra signalering bij (krachtig) remmen gewenst is ten opzichte van de situatie bij normale lichtomstandigheden (zie ook vorige paragraaf).

Zeker bij slechte weersomstandigheden als mist, lijkt een uniforme achterlichtconfiguratie gewenst. Op grond hiervan kan worden geconcludeerd dat een standaardisatie van het aantal mistachterlampen (één of twee) aangepakt dient te worden.

In de literatuur is niets gevonden over onderzoek naar het verlengen van de brandtijd van de remlichten (of anderszins de toevoeging van extra signalering) als het voertuig bij mist komt stil te staan op de rijbaan.

7.4. **Veroudering**

Een punt van zorg is de afname van de lichtintensiteit bij veroudering van het voertuig (gemiddeld gesproken een halvering van de lichtsterkte na tien jaar).

8. Aanbevelingen

In verband met de toename van het aantal achteraanrijdingen (in Nederland), zowel absoluut als procentueel, is aan te bevelen de aandacht voor de achterlichtconfiguratie te concentreren op de relatie tussen het remsignaal en de overige verlichting, in combinatie met de omgevingsverlichting (dag/nacht, mist) en de toepassing van MVO. Hierbij dienen de mogelijkheden van extra signalering betrokken te worden, ingeval er krachtig wordt geremd.

Het volgen van ontwikkelingen op het gebied van adaptieve lichtsterkte-regelingen ligt daarom voor de hand.

In de conclusies (hoofdstuk 7) worden verscheidene items genoemd die op het eerste gezicht nadere bestudering waard zijn. Het wordt daarom aanbevolen de keuze van nieuwe onderwerpen op een gefundeerde wijze vast te stellen. Dit kan aan de hand van een probleemanalyse, waarbij onder meer de volgende aspecten aan de orde worden gesteld:

- de specificatie van het probleem, waarbij onderscheid wordt gemaakt in het sneller/beter opvallen en/of de verstrekking van extra informatie;
- de omvang van de (deel)problemen;
- de vaststelling van de speelruimte die de Europese regelgeving biedt om de reglementen aan te passen.

Voor zo'n probleemanalyse biedt het voorliggende rapport het basismateriaal.

Voor de langere termijn zal rekening gehouden dienen te worden met toekomstige ontwikkelingen op het gebied van de informatie-technologie (afstand houden, volgsystemen, enzovoort).

Literatuur

- Akerboom, S.P., Kruijse, H.W. & La Heij, W. (1990). *Achterverlichting nader bekeken*. R- 90/36. Rijksuniversiteit Leiden, Werkgroep Veiligheid, Faculteit der Sociale Wetenschappen, Vakgroep Functieleer & Theoretische Psychologie, Werkgroep Veiligheid, Leiden.
- Cobb, J. (1990). *Roadside survey of vehicle lighting 1989*. Research Report 290. Transport and Road Research Laboratory TRRL.
- Farmer, C.H. (1996). *Effectiveness estimates for center high mounted stop lamps: a six-year study*. In: Accident Analyses & Prevention, Vol. 28, 1996.
- Fenk, J. (1997). *Efficiency of a braking intensity indicator*. Symposium PAL 1997 'Progress in Automobile Lighting'. Darmstad University of Technology, September 23/24, 1997.
- Flannagan, M. & Sivak, M. (1989). *An improved braking indicator*. International Congress Exposition, Detroit, Michigan, February 27-March 3, 1989. SAE Paper No. 890189. Society of Automotive Engineers, Warrendale, Pa.
- Fowkes, M. & Storey, H.S. (1991). *An evaluation of rear lighting equipment for vehicles*. In: Vision in Vehicles - IV. Proceedings of the Fourth International Conference on Vision in Vehicles, University of Leiden, the Netherlands, 27-29 August 1991, p. 119.
- Geboers, J. & Ligthart, F. (1997). *Neon lighting system for red and amber automotive signals*. Symposium PAL 1997 'Progress in Automobile Lighting'. Darmstad University of Technology, September 23/24, 1997.
- Kahane, C.J. (1989). *An evaluation of center high mounted stoplamps based on 1987 data*. Report DOT HS 807 442. NHTSA.
- Kahane, C.J. & Hertz, E. (1998). *The long-term effectiveness of center high mounted stop lamps in passenger cars and light trucks*. Report DOT HS 808 696. NHTSA.
- Kampen, L.T.B. van (1998). *Whiplash: ontwikkeling en preventie; De ontwikkeling van achteraanrijdingen, de technische preventiemogelijkheden van whiplash-letsel en de rollen van de diverse actoren*. A-98-7. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.
- Koornstra, M.J. (1992). *Verkeersonveiligheid bij mist; Een beknopt overzicht van omvang, aard en preventie. Bijdrage aan het Symposium 'Zicht op mist', georganiseerd door het Regionaal Orgaan Verkeersveiligheid Brabant, Congrescentrum Het Turfschip, Breda, 29 oktober 1992*. R-92-62. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheids SWOV, Leidschendam.

- Koter, R. (1994). *Advanced indication of braking; A practical safety measure for avoidance of rear-end collisions*. In: Proceedings of the Third International Conference on Safety and the Environment in the 21st Century: Lessons from the past, shaping the future, Tel Aviv, Israel, November 7-10, 1994.
- Liger, M., Cavallo, V. & Peruch, P. (1989). *Comparison of different brake light systems*. In: Vision in vehicles III. Proceedings of the 3rd International Conference on Vision in Vehicles, Aachen, FRG, 11- 15 September 1989.
- Meatyrd, A.G. & Fowkes, M. (1987). *An investigation into rear lighting arrangements for cars*. In: Vision in vehicles II. Proceedings of the Second International Conference on Vision in Vehicles, Nottingham, U.K., 14- 17 September, 1987, p. 177 - 187.
- Meatyrd, A.G. (1988). *A study of the effectiveness of rear lighting arrangements for cars*. The Motor Industry Research Association. Contractor Report 92, Transport and Road Research Laboratory.
- Olson, P.L. (1988). *An evaluation of the advance braking light device; Final report*. UMTRI- 88- 21. The University of Michigan, Transportation Research Institute, Ann Arbor.
- Oppe, S. (1991). *Fog lamp regulation as a measure to reduce risk in fog conditions*. R-91-87. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.
- Paria, P. (1993). *Motor vehicle deceleration indicators*. In: Driver impairment, fatigue and driving simulation. Proceedings of the conference at the Esplanade Hotel, Fremantle, Western Australia, 16-17 September 1993. Murdoch University, Institute for Research into Safety and Transport, ISBN 1-86308-014-7.
- Riley, A.B. (1964). *Vehicle deceleration indicator*. Patent No US 3157854, U.S. Patent Office.
- Rutley, K.S. & Mace, D.G.W. (1969). *An evaluation of a brakelight display which indicates the severity of braking*. Report No. LR 287. Road Research Laboratory RRL.
- Schmidt-Clausen, H.J. (1985). *Optimum luminances and areas of rear-position lamps and stop lamps*. In: 10th International Technical Conference Experimental Safety Vehicles, Oxford, England, July 1-4, 1985.
- Schmidt-Clausen, H.J. & Kurth, K.M. (1987). *Rückwärtiges Signalbild von LKW*. 1987. Heft 303. Deutsche Kraftfahrtforschung und Strassenverkehrstechnik. VDI Verlag GmbH, Düsseldorf.
- Schulz, J. (1997). *Performance and homogeneity of LED lamps*. Symposium PAL 1997 'Progress in Automobile Lighting'. Darmstad University of Technology, September 23/24, 1997.
- Schoon, C.C. (1993). *Effecten van hooggeplaatste remlichten; Een vervolgstudie van de literatuur verschenen na 1984*. R-93-8. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.

Schoon, C.C. (1996). *Beoordeling van het ARFF-systeem (knipperende mistachterlichten)*. Een notitie t.b.v. het Verbond van Verzekeraars. D-96-1. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.

Schoon, C.C. & Varkevisser, G.A. (1996). *Aanwezigheid derde remlicht; Een meting onder een steekproef van rijdende personenauto's, verricht begin 1996*. R-96-38. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.

Shinar, D. (1996). *Fleet study evaluation of the redalert advance brake warning system*. Final Report, July 16, 1996. Ben-Gurion University of the Negev, Faculty of Engineering Science.

Sivak, M., Flannagan, M.J., Traube, E.C. & Kjima, S. (1997). *Effects of realistic levels of dirt on light output of rear indicator lamp*. University of Michigan.

Theeuwes, J. (1991). *Center high-mounted stop light; An evaluation*. IZF 1991 C-3. Institute for Perception IZF, Soesterberg.

Theeuwes, J. & Alferdinck, J.W.A.M. (1993). *Rear light arrangements for cars equipped with a center stop lamp*. On behalf of the Dutch Ministry of Transport, Department of Road Transport. IZF 1993C-29. TNO Institute for Perception IZF, Soesterberg.

TÜV (1993). *Bremsvorwarnsystem Typ Red Alert, Model 2003-A*. Februar 1993.