

TOEPASSING EN GEBRUIKSMOGELIJKHEDEN VAN RETROREFLECTERENDE MATERIALEN
IN HET WEGVERKEER

Een overzicht van de stand van zaken

Een bijdrage voor het Nationaal Plan voor de Verkeersveiligheid,
Maatregel 32-2

R-85-62

Dr. ir. D.A. Schreuder

Leidschendam, 1985

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

INHOUD

Voorwoord

1. Inleiding

2. Functionele aspecten

2.1. De rijtaak

2.2. Waarneembaarheid; opvallendheid en herkenbaarheid

2.3. Selectie van visuele elementen

2.4. Signalering in het verkeer

2.5. Voorwerpen die moeten worden waargenomen

3. Retroreflecterende materialen

3.1. Lichtreflectie

3.2. Retroreflectie

3.3. Voertuigverlichting

3.4. Retroreflecterende foliematerialen

3.5. Normalisatie, testen, keuren

3.6. Conclusies

4. Toepassingsgebieden I: Verkeerstekens en bewegwijzering

4.1. Inleiding

4.2. Leesbaarheid

4.3. Uitvoering van verkeerstekens en bewegwijzering

4.4. Conclusies

4.5. Nawoord

5. Toepassingsgebied II: Retroreflectie aan de weg

5.1. Inleiding

5.2. Wegmarkeringen

5.3. Bermmarkeringen

5.4. Werk in uitvoering

5.5. Conclusies

6. Toepassingsgebied III: Weggebruikers

- 6.1. Inleiding
- 6.2. Voetgangers
- 6.3. Fietsen
- 6.4. Motoren en bromfietsen
- 6.5. Personenauto's
- 6.6. Vrachtauto's en landbouwvoertuigen
- 6.7. Gevarendriehoeken
- 6.8. Conclusies

7. Conclusies

- 7.1. Retroreflecterende materialen
- 7.2. Verkeerstekens en bewegwijzering
- 7.3. Retroreflectie aan de weg
- 7.4. Weggebruikers

8. Suggesties voor nadere studie

Afbeeldingen en Tabellen

Bibliografie

VOORWOORD

In het in december 1983 uitgebrachte Nationaal Plan voor de Verkeersveiligheid is onder meer opgenomen de Maatregel 32-2: Onderzoek naar de toepassing en gebruiksmogelijkheden van reflecterende materialen. Deze maatregel is opgenomen omdat "er onvoldoende kennis (is) over de vraag in welke situaties gebruik van reflecterende materialen wel en niet is aan te bevelen. Zo zijn er situaties waarin het beste gebruik kan worden gemaakt van een of meer lichtpunten, in andere situaties zijn (grote) reflecterende vlakken weer aan te bevelen".

In het kader van deze maatregel is door de Directie Verkeersveiligheid een verzoek gericht aan de SWOV tot het opstellen van een "state of the art"-rapport betreffende de toepassing en de gebruiksmogelijkheden van retroreflecterende materialen. Daarbij zijn de niet-signaalfuncties van deze materialen buiten beschouwing gelaten.

Het doel van dit rapport is dan ook een overzicht te geven van de stand van zaken over de technische mogelijkheden en de toepassingsgebieden van retroreflecterende materialen.

Dit overzichtsrapport sluit aan bij eerdere SWOV-studies over de toepassing van retroreflecterende materialen (fietsreflectoren, reflecterende kentekenplaten, gevarendriehoeken, zijreflectie voor fietsen).

De studie is uitgevoerd door dr. ir. D.A. Schreuder (Afdeling Pre-crash Onderzoek).

Prof. ir. E. Asmussen, directeur

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

1. INLEIDING

Het doel van deze studie is het verschaffen van informatie over de toepassing en de gebruiksmogelijkheden van retroreflecterende materialen in het wegverkeer. De studie vormt een bijdrage tot het Nationaal plan voor de verkeersveiligheid, meer in het bijzonder voor maatregel 32-2.

De studie is gebaseerd op de kennis die momenteel beschikbaar is en uit de gepubliceerde literatuur kan worden bijeengebracht. Het materiaal is verzameld aan de hand van het IRRD-documentatiesysteem van de OECD. Daarbij zijn de volgende trefwoorden gebruikt: reflectorized material; traffic sign; reflector (vehicle); reflectivity; vehicle; motorcyclist; cyclist; pedestrian. Dit materiaal is aangevuld met de literatuur die is verzameld op basis van een langdurige ervaring op dit gebied; deze laatste verzameling is uiteraard minder systematisch dan de eerste. Men mag echter verwachten dat op deze wijze een zeer volledig beeld is gevormd van het beschikbare materiaal.

In deze studie is gebruik gemaakt van een aantal recente overzichtsstudies. Als dergelijke overzichtsstudies beschikbaar waren, is daarnaar verwezen; het lijkt niet zinvol dergelijke studies (voor het grootste deel) weer opnieuw te herhalen. Hierbij is vooral te denken aan de studies van IWACC op het gebied van fietsvoorzieningen, van IZF-TNO op het gebied van de waarneembaarheid van verkeerstekens, en van de SWOV op het gebied van veiligheidsmaatregelen van voertuigen en van wegmarkeringen.

Uiteraard is slechts een klein gedeelte van het op deze wijze opgespoorde materiaal uiteindelijk expliciet in het rapport opgenomen; anders zou het resultaat te onoverzichtelijk zijn geworden. Gekozen is voor het opnemen van die publikaties die een overzicht geven van een bepaald gebied, of een duidelijke samenvatting geven van een stel overwegingen, argumenten of toepassingsgebieden, of juist een afwijkend standpunt vertegenwoordigen. Een zekere persoonlijke voorkeur heeft daarbij een rol gespeeld; verwacht mag echter worden dat alle overwegingen en opvattingen van belang wel in het rapport aan de orde komen.

2. FUNCTIONELE ASPECTEN

2.1. De rijtaak

Het moderne wegverkeer wordt gekenmerkt door het optreden van grote aantallen ongevallen, die naast grote materiële schade zeer veel leed van mensen (slachtoffers en nabestaanden) veroorzaken. In de allergrootste meerderheid van de gevallen gaat het daarbij om botsingen waarbij motorvoertuigen zijn betrokken, botsingen die door motorvoertuigen zijn "veroorzaakt". Zonder op eventuele schuldvragen in te gaan is het duidelijk dat motorvoertuigen en hun bestuurders of berijders in vrijwel alle gevallen een doorslaggevende rol hebben gespeeld. Het lijkt daarom voor de hand te liggen de evaluatie van bepaalde veiligheidsvoorzieningen (en daar gaat het om in dit rapport, dat gaat over toepassing van retroreflecterende materialen) te behandelen vanuit het gezichtspunt van de bestuurder of berijder van motorvoertuigen. Andere weggebruikers worden dus meer als "slachtoffers" dan als "verkeersdeelnemers" gekenschetst - meestal niet ver bezijden de waarheid! Korthedshalve zullen verder spreken van "bestuurder" of "automobilist" en van "auto".

Het besturen van een auto in het moderne verkeer kan worden beschreven als een systeem van beslissingsprocessen, die in een hiërarchie kunnen worden ondergebracht. Op het "hoogste" niveau van deze hiërarchie staan beslissingen die te maken hebben met de keuze van het reisdoel, het reis-motief, het vervoermiddel en tot zekere hoogte de route. Deze beslissingen worden genomen voor de eigenlijke tocht begint. "Onderaan" bevinden zich beslissingen die te maken hebben met de eigenlijke besturing van de auto: het hanteren van de bedieningsorganen. Daartussen bevinden zich de niveaus waar de beslissingen worden genomen omtrent de uit te voeren manoeuvres. Elders is in detail beschreven hoe men zich een dergelijk systeem kan voorstellen (Schreuder, 1985, 1985a en 1985b).

Beslissingen worden genomen wanneer een of andere actie (handeling) moet worden uitgevoerd. En deze beslissingen worden genomen aan de hand van "inputgegevens". Hiervoor komen in het verkeer in hoofdzaak twee bronnen in aanmerking: de uit de omgeving ("on line") afgeleide - afgetapte - informatie, en de uit het geheugen ontleende kennis. We zullen het hier

verder vrijwel uitsluitend hebben over de "on line" uit de omgeving afgetapte informatie. Deze informatie blijkt voor het allergrootste deel via het visuele systeem te worden opgenomen; visuele informatie. Het komt dus neer op het volgende: Uit de omgeving wordt visuele informatie afgetapt; op grond daarvan (deels tenminste) worden beslissingen genomen, die tot bepaalde acties leiden. Hieruit volgt dat het de acties zijn die in laatste instantie bepalen welke informatie uit de omgeving noodzakelijk is. Informatie is in dit geval steeds informatie omtrent iets, omtrent voorwerpen, situaties, enz. We zullen al deze zaken omtrent welke informatie noodzakelijk is om tot de juiste acties te kunnen komen, objecten noemen - meer in het bijzonder relevante objecten. Volledigheidshalve: object omvat dus veel meer dan "ding" (zie hiervoor bijvoorbeeld Padmos, 1984).

Het gaat hierbij steeds om beslissingen die genomen worden in het kader van het bereiken van het doel van de tocht. Beslissingen die meestal weloverwogen worden genomen; die gebaseerd zijn op voldoende informatie, en waarvoor meestal voldoende tijd ter beschikking staat. Tenslotte is ook meestal wel voldoende bekend over de alternatieven; immers, een beslissing is steeds een keuze tussen alternatieven. We zullen deze beslissingen rekenen tot het eerste taakaspect (Taak I) van het besturen van een voertuig; dit taakaspect heeft dus te maken met bereiken van het einddoel; het kiezen en handhaven van de route, het handhaven van de koers, enz.

Maar in het verkeer komen ook onverwachte gebeurtenissen voor, die een verandering vereisen van de gemaakte plannen. De beslissingen die hierbij horen, zullen we tot het tweede taakaspect rekenen (Taak II). Dit taakaspect is erdoor gekenmerkt dat de beslissingen meestal plotseling, zonder voldoende tijd of informatie, moeten worden genomen, terwijl ook meestal de alternatieven slechts gedeeltelijk bekend zijn. Elders is in detail aangegeven wat de consequenties hiervan voor het verkeer zijn (Schreuder, 1985a, 1985b; zie ook Schreuder, 1984a, 1985c). Het komt er op neer dat objecten die relevant zijn voor Taak II veel opvallender en veel beter herkenbaar moeten zijn dan objecten die horen bij Taak I. Als voorbeeld hiervoor kan dienen dat markering van voetgangers en voertuigen hoort bij Taak II: het vermijden van botsingen, en dat bewegwijzering hoort bij Taak I: het bereiken van het eindpunt van de tocht. Verkeers tekens zijn in twee hoofdgroepen in te delen: sommige (bijv. stopborden

of voorrangsborden) horen in eerste instantie bij Taak II, maar wachtverbodborden, waarschuwborden enz. horen eigenlijk meer bij Taak I. Uiteraard heeft dit zijn terugslag op de eisen te stellen aan de borden, meer in het bijzonder wat betreft de optische (retroreflecterende) eigenschappen.

Aangezien zowel van Taak I als van Taak II visuele informatie een belangrijke bron van inputgegevens vertegenwoordigt, is het van belang meer in detail te weten hoe deze verwerking van visuele informatie in zijn werk gaat. Op dit gebied is zeer veel gepubliceerd.

We zullen daar niet op ingaan, maar alleen aangeven dat de hoofdzaken op het volgende neerkomen: de buitenwereld wordt door de oogoptiek (lens, hoornvlies, enz.) op het netvlies geprojecteerd. De lichtgevoelige elementen in het netvlies zetten het licht om in zenuwimpulsen die, na allerlei bewerkingen, uiteindelijk een bewustzijnsinhoud teweegbrengen. Deze bewustzijnsinhoud wordt beschouwd als een "afbeelding" van de visuele scene in de buitenwereld. Deze afbeelding (die dus meer omvat dan alleen de optische afbeelding) is nauwkeuriger ("scherper") voor die delen van de scene die op het netvliesmidden (de fovea) worden afgebeeld. De nauwkeurigheid van de afbeelding hangt verder nog in hogere mate af van het algemene lichtniveau (de adaptatietoestand) (Fortuin, 1951; Schreuder, 1975). Bij het licht van sterren of halve maan is er van een afbeelding nauwelijks sprake. Bij een goede straatverlichting is de afbeelding al bijna optimaal: verdere verhoging van het lichtniveau tot bijvoorbeeld het dagniveau voegt niet veel meer toe. Dit geldt in grote lijnen ook voor delen van de scene, en dus voor delen van het netvlies. Voor de praktijk houdt dit in dat bijvoorbeeld de waarneembaarheid van de boodschap op een verkeersbord in eerste instantie wordt bepaald door de helderheid (de luminantie) van het bord en in mindere mate door het algemene lichtniveau.

Het opnemen van informatie betekent het detecteren van signalen. Ook op dit gebied is veel gepubliceerd; een overzicht van een aantal punten die speciaal het wegverkeer betreffen, is gegeven door Schreuder (1973). Daarbij kwamen zaken als coderen, decoderen en redundantie aan de orde (zie ook Mattie, 1975; Mashour, 1977). Het detectieproces kan worden verstoord, hetzij door andere taakdelen, zoals het besturen van het voertuig (Craigh, 1981; Noble & Sanders, 1980), hetzij door storingen (Mace et al., 1984). Voor een overzicht over vele aan de orde komende factoren

wordt verwezen naar Michon (1979). We komen op deze materie terug bij de bespreking van de leesbaarheid van verkeerstekens.

Zoals hiervoor is aangegeven, is de informatie die bij de in het wegverkeer aan de orde komende beslissingsprocessen nodig is, vrijwel uitsluitend van visuele aard; dat wil zeggen dat de opname aan die informatie door te waarnemen via het visuele (zintuig-)kanaal gaat. Wanneer we, zoals in het onderhavige rapport, de waarneembaarheid van voorwerpen bespreken, en de hulpmiddelen om die waarneembaarheid te waarborgen of te verbeteren, speelt de waarnemer voor wie dit allemaal bedoeld is, uiteraard een essentiële rol. Nu is de "waarnemer" een abstractie. In werkelijkheid gaat het om een grote populatie van waarnemers: het gaat om alle verkeersdeelnemers. Nu is het gebruikelijk om daarbij, ter vereenvoudiging te denken aan een "standaardwaarnemer", een hypothetische figuur wiens waarnemingsvermogen gelijk is aan de norm die voor waarneming is gekozen. Dus niet de "gemiddelde" waarnemer, maar de nominale waarnemer, dus een waarnemer met 100% gezichtsscherpte, geen overmatige verblindingsgevoeligheid, geen kleurzwakte of visuele onbalans enz. Dit betekent dat de meeste reële waarnemers minder goed presteren. Daar moet aan worden toegevoegd dat bovendien meestal - zij het impliciet - wordt gedacht aan nominale omstandigheden: geen vermoeidheid, geen alcoholinvloed enz. En tenslotte wordt bij het opstellen van normen ten behoeve van de waarneembaarheid van voorwerpen, en ten behoeve van kwaliteitseisen voor hulpmiddelen bij die waarneming, ook nog gedacht aan nominale omstandigheden van licht, weer en zicht. Dus overdag, geen regen of sneeuw, geen nevel of mist. En wanneer er met andere omstandigheden soms rekening wordt gehouden, is het in de vorm van uitzonderingen ten opzichte van die nominale situaties. Uiteraard komen die nominale situaties nauwelijks voor, zodat we in de praktijk vrijwel steeds met dergelijke "uitzonderingen" te maken hebben!

2.2. Waarneembaarheid, opvallendheid en herkenbaarheid

Het is gebruikelijk bij visuele waarneming de volgende terminologie te gebruiken (zie ook Schreuder 1985b):

- Waarneming; waarnemen; waarneembaarheid. Deze termen worden gebruikt voor het algemene begrip van opnemen (en vaak ook van het verwerken) van de informatie.

- Zichtbaar zijn; zichtbaarheid. Deze termen worden gebruikt als er sprake is van een waarnemer die bekend is met de visuele opgaven, en die voorts niet afgeleid wordt door andere zaken, zowel uit de omgeving afkomstig als afkomstig uit andere deeltaken. De zichtbaarheid wordt gewoonlijk uitgedrukt in drempelwaarden zoals die onder ideale - of tenminste geïdealiseerde - laboratoriumomstandigheden kunnen worden bepaald.

- Opvallen, opvallendheid. Dit wordt als een verzamelterm gebruikt waarbij sprake is van andere factoren en niet alleen van de visuele taak, of het voorwerp dat moet worden waargenomen. Die andere factoren kunnen van alles omvatten; wanneer men zich bezighoudt met visuele waarneming, en dan meer in het bijzonder met de praktische aspecten ervan, denkt men bij "die andere factoren" meestal in de eerste plaats aan andere voorwerpen in de visuele ruimte die in meerdere of mindere mate met het bedoelde waar te nemen voorwerp "concurreren". Maar uit onderzoekingen betreffende de verrichting van algemene, en vooral van langdurige en eentonige taken, is gebleken dat die andere factoren vaak meer te maken hebben met kwestie van waakzaamheid, aandacht en motivatie. We moeten hierbij opmerken dat het niet gebruikelijk is de visuele aspecten van het wegverkeer zo te beschouwen; gewoonlijk beperkt men zich bij vragen omtrent de opvallendheid van visuele signalen of tekens tot een eventuele verstoring door andere visuele zaken in de directe omgeving en dan bovendien meestal alleen maar tot zaken die gelijktijdig te zien zijn.

- Herkennen; herkenbaarheid. Deze termen worden meestal in een ruime betekenis gebruikt: het kunnen plaatsen van het waar te nemen voorwerp in de juiste categorie van voorwerpen. Omdat het begrip "herkennen" op deze wijze omschreven zeer vaag is, werd het nauwelijks in theoretische beschouwingen opgenomen: de meeste onderzoekingen, (en derhalve ook de eruit volgende maatregelen) zijn beperkt tot de zichtbaarheid, soms aangevuld met wat algemene opmerkingen aangaande de opvallendheid - maar dan wel beperkt geïnterpreteerd zoals hierboven aangegeven. Maar bij de pogingen vragen te beantwoorden die vooral meer recentelijk naar voren zijn gekomen, bijvoorbeeld omtrent de waarneembaarheid van langzaam verkeer onder ongunstige (waarnemings)omstandigheden bleek dat zo'n algemene aanduiding van herkennen niet voldeed. Een nadere uitwerking leidde tot het inzicht dat er bij herkennen sprake is van een poging tot vergelijken van het waargenomene met bepaalde, reeds aanwezige bewustzijnsinhouden. Dit houdt in dat de processen die bepalen welke bewust-

zijnsinhouden uit de "algemene voorraad" van het geheugen worden geselecteerd om bij de vergelijking te zullen worden betrokken, van grote betekenis zijn. Het gaat daarbij dus over de selectie van geheugenelementen; dit is de functionele tegenhanger van de selectie van relevante visuele elementen. De tegenhanger, want de visuele elementen van de geheugenelementen zijn complementair.

De hier gebruikte omschrijvingen van de begrippen "opvallendheid" en "herkenbaarheid" zijn in laatste instantie aan de spreektaal ontleend. Deze begrippen zijn, naast vele andere zaken, onderwerp van onderzoek in de experimentele psychologische functieleer. Daar worden de begrippen - die overigens meestal niet in deze termen worden uitgedrukt - beschouwd als behorend tot het bredere begrip "selectieve aandacht", ofwel aandacht die in een bepaald opzicht "gericht" is (op een voorwerp bijvoorbeeld). Op deze wijze beschouwd hebben opvallendheid en herkenbaarheid een gemeenschappelijke basis, waarbij opvallendheid meer betrekking heeft op de voorwerpen in de omgeving, en de herkenbaarheid meer op processen die zich binnen de waarnemer afspelen, meer specifiek: informatieverwerkende processen. Pas toen de behavioristische opvattingen in de psychologie op de achtergrond raakten ten gunste van de cognitieve opvattingen, is onderzoek op dit terrein op grotere schaal uitgevoerd. Veel van dit onderzoek is samengevat door Norman (1976); veel is echter nog onbekend, en dient nog nader te worden onderzocht. Het lijkt wenselijk een dergelijk onderzoek te laten aansluiten aan de ideeën die zich omtrent "artificiële intelligentie" beginnen af te tekenen.

2.3. Selectie van visuele elementen

De mate waarin de visuele waarneming in het verkeer succesvol verloopt, zodanig dat de meest adequate beslissingen worden genomen, kan worden gekarakteriseerd door de mate aan te geven waarin de juiste visuele elementen daadwerkelijk worden waargenomen. Het betreft hier derhalve een selectieproces: er zijn zeer vele elementen die zouden kunnen worden waargenomen; slechts een klein gedeelte ervan wordt echter daadwerkelijk waargenomen. Van belang is of de waargenomen elementen ook diegene zijn die moeten worden waargenomen.

In par. 2.2 hebben we gezien dat de herkenbaarheid als een facet van de waarneembaarheid kan worden aangeduid. Zowel de theorie als de praktijk leert dat deze herkenbaarheid van groot belang is.

Dit betekent dat vooral de mate waarin de waarnemer bekend is met de betreffende waar te nemen zaken, van groot belang is. En daarmee zijn opleiding en training van belang. Maar ook zijn van belang de mate waarin het voorwerp onder de gegeven omstandigheden te verwachten is, en wat de consequentie voor de waarnemer zijn van het waarnemen (of het niet-waarnemen!) van het betreffende voorwerp. En tenslotte is het selectieproces zelf waarmee de informatie uit het geheugen naar voren wordt gehaald, van belang. Het blijkt dat dit proces niet alleen door de motivatie van de waarneming maar ook door het waar te nemen voorwerp wordt beïnvloed. Het lijkt wat tegenstrijdig dat het al-dan-niet worden waargenomen van een voorwerp mede wordt bepaald door de instelling die de waarnemer heeft ten aanzien van dat voorwerp. In traditionele termen zoals die in het gebied van de visuele waarneming gebruikelijk zijn, is dit zelfs een onmogelijkheid: het voorwerp moet eerst waargenomen zijn voordat de beslissing of het interessant genoeg is om waar te nemen kan worden genomen! Modernere inzichten hebben doen weten dat het al-dan-niet waarnemen van voorwerpen niet uitsluitend kan worden beschreven in termen van passieve filters - filters dus die alleen maar informatie tegenhouden. Naast de reeds bij de opvallendheid genoemde aspecten van waakzaamheid, aandacht en motivatie spelen ook aspecten van cognitieve aard een rol, aspecten die te maken hebben met de consequenties van het al-dan-niet correct waarnemen van het voorwerp. In dit opzicht is het van belang te constateren dat de moderne opvattingen meer gaan in de richting van een simultaan plaatsvinden van een aantal processen, en niet meer in een sequentiël proces. Vroeger stelde men vaak, in termen van passieve filters, dat een voorwerp alleen gedetecteerd kan worden wanneer het voldoende opvallend is; vervolgens wordt uit de gedetecteerde voorwerpen een aantal geselecteerd op basis van de mate waarin ze herkenbaar zijn - een soort afvalcompetitie dus. Daarvoor in de plaats wordt vaak een model geplaatst dat de opvallendheid en de herkenbaarheid als nevenschikte aspecten hanteert. Een voorwerp dat naast een voldoende opvallendheid ook een voldoende herkenbaarheid vertegenwoordigt, heeft een optimale "kans" om uiteindelijk te worden geselecteerd, dat wil zeggen uiteindelijk bewust te worden waargenomen. Men kan stellen dat de waarnemingsprocessen die met opvallendheid en herkenbaarheid te maken hebben, zich min of meer "onbewust" afspelen. Ook kan men stellen dat bij de herkenning informatie afkomstig uit het geheugen aan het feitelijke zintuigelijke waarnemingsproces wordt toegevoegd.

In de theoretische studies over de psychologie van de waarneming staan deze opvattingen reeds geruimte tijd ter discussie. Een overzicht is te vinden in Norman (1976). In de meer praktisch georiënteerde studies over waarneming in het verkeer werd echter gewoonlijk het simpelere model van de passieve filters gebruikt. Voor de problemen die tot voor kort aan de orde kwamen, bleek dit model redelijk bruikbare antwoorden te geven. Meer recent dienden zich een aantal vragen aan die het theoretisch beter gefundeerde model van de parallel verlopende processen noodzakelijk maakten; vooral waren dit vragen die te maken hebben met de voorrangsregeling voor langzaam verkeer en de consequenties van een eventuele verandering in die regeling (Ebell et al., 1984; Ebell-Vonk et al., 1983; IWACC, 1983, 1983a, 1984). Deze vragen hebben de stoot gegeven tot een nadere bezinning over de waarneembaarheid in het verkeer - een bezinning die leidt tot een aanbeveling voor specifiek hierop gericht onderzoek, zie Hoofdstuk 8 - en ook tot een nadere bezinning over de optimale vorm van de reflecterende elementen voor de zijkant van fietsen (vergelijk Blokpoel et al., 1982 en par. 6.3).

Een van de consequenties van deze nieuwere gezichtspunten is dat de mate van herkenbaarheid en opvallendheid niet zonder meer uit de mate van zichtbaarheid zijn af te leiden door een eenvoudige, proportionele transformatie. Anders gezegd, de begrippen "bovendrempeligheid" en "veldfactor" die veel worden gebruikt om de factor te vinden waarmee bijvoorbeeld signaallichten (en ook retroreflectoren) moeten worden versterkt om behalve zichtbaar ook opvallend en herkenbaar te zijn, verliezen hun algemene betekenis. Ze kunnen alleen worden gebruikt in speciale, welomschreven en begrensde gevallen.

Waakzaamheid is in het voorafgaande als algemene term gebruikt. Het gaat om een algemene instelling van de waarnemer, een instelling die mede door hormonen wordt beheerst - en dus door onbewuste processen en door activiteiten van het vegetatieve zenuwstelsel. Waakzaam staat daarbij tegenover suf. Een hoge graad van waakzaamheid verschaft een grote marge in het gebied van aandacht; bij meer waakzaamheid is er meer aandacht beschikbaar. Het is natuurlijk een geheel andere zaak waarop die beschikbare aandacht is gericht. Ook het verdelen en richten van de aandacht hangt af van de instelling van de waarnemer, de mate waarin hij is gemotiveerd, en de mate waarin hij met de situatie - en met de eventuele mogelijke conse-

quenties van de situatie - bekend is. Van belang is voorts de mate waarin de waarnemer bekend is met de gevolgen van zijn beslissingen en van eventuele fouten daarin; daarmee blijken zelfs aspecten van risico en risico-acceptatie van belang te zijn. Tenslotte blijkt de mate van waakzaamheid en de mate waarin aandacht beschikbaar is, in sterke mate af te hangen van de mate waarin het organisme wordt geprikkeld - zowel algemene als zaakrelevante prikkels. De relatie is echter verre van lineair: zoals vaak bij levende organismen is ook hier sprake van een optimum. Lage (te lage) prikkeling geeft een lage (te lage) waakzaamheid; maar aan de andere kant levert een hoge (te hoge) graad van prikkeling een situatie op die wel met "stress" wordt aangeduid; een situatie waarin de waakzaamheid weliswaar hoog kan zijn, maar de aandacht niet effectief kan worden gehanteerd, hetgeen kan resulteren in suboptimaal gedrag. (Zie voor nadere details over deze begrippen en hun toepassingen Michon et al. (eds) 1979).

2.4. Signalering in het verkeer

Schreuder (1985a, 1985b) heeft een gedetailleerde analyse gegeven van de voorwerpen die dienen te worden waargenomen in het verkeer. De keuze van de voorwerpen (de objecten) die als karakteristiek kunnen worden beschouwd voor bepaalde aspecten van de visuele taak wordt allereerst bepaald door de manoeuvre die moet worden uitgevoerd. In Tabel 1 is een overzicht van deze analyse gegeven; het blijkt dat er informatie over een aantal uiteenlopende objecten moet worden verschaft, en dat op verschillende afstanden.

In de meeste gevallen betreft het voorwerpen die in aanmerking komen om van signaleringsmiddelen te worden voorzien. Welke voorzieningen in aanmerking komen, hangt af van het soort object, en de afstand, maar veel meer nog van de lichtomstandigheden: daglicht, schemer, duisternis, maar ook: helder weer, mist, regen, e.d.

Signaleringsmiddelen die opzettelijk aan voorwerpen worden gehecht (om daarmee dus de functie van relevant karakteristiek object te waarborgen) kunnen in vier hoofdgroepen worden onderverdeeld:

- oppervlaktekleuren;
- fluorescerende materialen;
- retroreflectoren;
- signaallichten.

Alle vier hebben ze hun specifieke kenmerken, die ze voor bepaalde toepassingsgebieden geschikt maken of juist ongeschikt. Zelf lichtgevende dingen (signaallichten) kunnen steeds worden toegepast, maar de andere drie zijn zonder uitwendige verlichting onbruikbaar; dit betekent: extra (kunst)verlichting bij duisternis.

Dit rapport zal verder uitsluitend gaan over retroreflectoren. Over de andere drie groepen zijn overzichtspublikaties beschikbaar, die hier niet verder aan de orde zullen komen. Ter eerste oriëntatie: zie voor oppervlaktekleuren: CIE (1983), voor fluorescerende materialen: SWOV (1968) en voor signaallichten: Schreuder (1983a en 1985f).

Het is gebruikelijk beschouwingen over de signalering in het verkeer te beginnen met wegen zonder verkeer te bekijken, of met alleen gemotoriseerd verkeer, en vervolgens deze beschouwingen uit te breiden naar andere wegtypen. Deze werkwijze heeft een groot bezwaar: de indruk zou gemakkelijk kunnen worden gewekt dat wegen met meer gecompliceerde verkeerssituaties kunnen worden "opgebouwd" uit eenvoudiger elementen - alsof het geheel gelijk was aan de som van de delen. Maar wanneer men wegen met meer gecompliceerde situaties, meer speciaal wegen met mengverkeer, beschouwt, dan blijken er extra problemen naar voren te komen. Deze extra problemen liggen voor een deel op de wijze waarop de verkeersdeelnemers (en dan weer in het bijzonder de autobestuurders) hun prioriteiten stellen aangaande de uit te voeren manoeuvres; en dit slaat terug op de prioriteiten van waarneming. Over deze materie is zeer weinig bekend, mede omdat het een gebied is dat moeilijk toegankelijk is voor de meer traditionele experimentele (gedragswetenschappelijke) onderzoekmethoden. Recentelijk zijn echter voorstellen tot onderzoek gedaan (Ebell et al., 1984), voorstellen die voor een groot deel zijn gebaseerd op de theoretische overwegingen die bij het IWACC zijn ondernomen (Ebell-Vonk et al., 1983; IWACC, 1983, 1983a, 1984). In deze rapporten zijn voorts zeer uitgebreide bibliografieën opgenomen.

2.5. Voorwerpen die moeten worden waargenomen

Retroreflectoren hebben alleen een functie bij duisternis, zodat de voorwerpen die voor het aanbrengen van retroreflectoren in aanmerking komen, alleen die voorwerpen zijn die bij duisternis moeten worden waargenomen.

Deze beperking heeft echter wezenlijk niet zo veel betekenis, omdat namelijk alle categorieën voorwerpen die bij duisternis van belang zijn, dit ook overdag zijn. Dit onverminderd het feit dat het verkeer bij duisternis in zeer vele opzichten radicaal verschilt van het verkeer bij dag (zie bijvoorbeeld Schreuder, 1985c).

Deze voorwerpen betreffen - zoals ook uit de aan Schreuder (1985b) ontleende Tabel 1 kan worden afgeleid - in hoofdzaak twee groepen: vaste voorwerpen en bewegende voorwerpen (mede-weggebruikers). Daarbij moet worden gedacht aan de eerder genoemde twee taakaspecten: de beslissingen die te maken hebben met het bereiken van het eindpunt van de tocht, en beslissingen die te maken hebben met het vermijden van botsingen. Nu zijn in alle gevallen de eisen te stellen aan de signalering uit te drukken in de waarneembaarheid. Zoals in par. 2.2 is vermeld werd daarbij oorspronkelijk vooral gedacht aan de zichtbaarheid (detecteerbaarheid). Zie bijvoorbeeld De Boer (1951 en 1957); Rumar (1970, 1972); OECD (1971). Dit is een te beperkt gezichtspunt. Een stap in de goede richting was het invoeren van de opvallendheid (conspicuity; zie Schreuder, 1977). Wat in deze vier gevallen verschilt is de mate waarin de voorwerpen opvallend zijn; men kan de eisen (de "vraag") dus uitdrukken in een schaal van opvallendheid. Aan de andere kant staat dan het "aanbod": wat kunnen de signalen (hier dus de retroreflectoren) bieden. Zoals in par. 2.3 is aangegeven dient men veeleer uit te gaan van de herkenbaarheid. Nadere studie in dit opzicht is gewenst, meer in het bijzonder aangaande de wijze waarop het "vraag-en-aanbod"-model kan worden toegepast op de herkenbaarheid.

In dit rapport zullen we een aantal gebieden beschrijven die overeenkomen met de vier groepen van eisen zoals ze hierboven zijn aangegeven. We zullen echter kiezen voor een indeling van de stof volgens het toepassingsgebied. Dit betreft dan: reflectoren aan de weg (wegmarkeringen, bermplanken, verkeerstekens, bewegwijzering) en reflectoren aan weggebruikers (voetgangers, fietsen, motor- en bromfietsen, auto's, enz.). De reden is ten eerste dat er momenteel nog niet voldoende wetenschappelijke kennis ter beschikking staat om in alle gevallen precies aan te geven aan welke eisen de signalisatie bij alle afzonderlijke "objecten" moet voldoen. De tweede, wellicht nog gewichtiger, reden is dat in alle gevallen waar het gaat om visuele waarneming in het verkeer, men rekening moet houden met zeer grote spreidingen in het waarnemingsvermogen van de weggebruikers. Naast voor de hand liggende zaken als leeftijd en oogafwijkingen spelen

vooral ervaring en verwachting een rol, en mogelijk nog meer de invloed van de toestand van de waarnemer op het betreffende moment. Daarbij wordt dan nader gedacht aan de invloed van alcoholgebruik, vermoeidheid, stress, motivatie en activatie. Al deze factoren zijn van groot belang; vele ervan zijn in detail onderzocht, maar het is totaal onbekend wat het effect is van een gezamenlijk voorkomen; en ook is onbekend hoeveel deze factoren in de praktijk voorkomen, waar en wanneer, en bij wie. Er blijft dus niet anders over dan al deze invloedsfactoren bij elkaar te vegen en ze op een hoop te gooien met statistische spreidingen die resulteren uit experimenten dienaangaande. Nader onderzoek op dit gebied is dringend gewenst; de eerste aanzetten zijn gegeven, zoals onder meer blijkt uit het werkprogramma van de SWOV.

De behandeling van toepassingsgebieden zal worden voorafgegaan door een kort overzicht van de fysische kenmerken van retroreflectoren, over de voor de praktijk in aanmerking komende uitvoeringsvormen en hun kenmerken, over de meet- en testmethoden, en over de normalisatie op dit gebied.

3. RETROREFLECTERENDE MATERIALEN

3.1. Lichtreflectie

Het is gebruikelijk om bij de lichtreflectie een aantal onderverdelingen te maken, namelijk spiegelende of reguliere reflectie, diffuse reflectie en retroreflectie - en dit eventueel aan te vullen met allerlei tussenvormen zoals gerichte reflectie, enz. Theoretisch is deze indeling niet te verdedigen, en ook in de praktijk blijkt zij tot veel misverstand aanleiding te geven.

De mate waarin licht dat een grensvlak tussen twee media treft, wordt teruggekaatst hangt allereerst af van het verschil in brekingsindex tussen die twee media. Naar mate het verschil groter is, wordt de weerkaatste fractie ook groter. Bij metalen waar de brekingsindex zeer hoge waarden aanneemt wordt vrijwel al het licht weerkaatst. Vrijwel geen licht dringt het metaal binnen, zodat het gebruik van de term "brekingsindex" om de richtingsveranderingen van het licht te beschrijven, ongebruikelijk, echter theoretisch geheel gerechtvaardigd is. Wanneer het verschil in brekingsindex gering is, zoals bijvoorbeeld bij grensvlakken tussen lucht, glas, water, (doorzichtig) plastic e.d., wordt in de regel slechts een gering gedeelte van het licht weerkaatst. De rest wordt doorgelaten en, in geval van ondoorzichtige materialen, geabsorbeerd.

Een speciaal geval is de zogenaamde totale reflectie. Wanneer bij een grensvlak tussen media met verschillende brekingsindex het licht gaat van het medium met de hoge naar dat met de lage brekingsindex, kan het licht het grensvlak alleen passeren wanneer het een voldoende grote hoek maakt met het grensvlak. Is de hoek tussen de richting van het licht en dit grensvlak kleiner dan een bepaalde hoek die uitsluitend door de verhouding tussen de brekingsindex wordt bepaald (de zogenaamde grenshoek) dan wordt al het licht door het grensvlak weerkaatst en blijft dus binnen het medium met de hoge brekingsindex. Dit noemt men om begrijpelijke redenen de totale reflectie.

De hoofdrichting van het licht na de weerkaatsing wordt weergegeven door de bekende wet van Snellius: de hoek na weerkaatsing is gelijk in grootte

aan de hoek van inval. De twee richtingen liggen symmetrisch ten opzichte van de normaal op het grensvlak (ter plaatse van de lichtinval). Verder hangt het af van de structuur van het grensvlak in hoeverre het weerkaatste licht van deze hoofdinrichting afwijkt. Wanneer het grensvlak bestaat uit elementen die hetzij zeer groot, of juist zeer klein zijn ten opzichte van de golflengte van het opvallende licht, is de afwijking van de hoofdrichting gering; wanneer de elementen van het grensvlak in de buurt liggen van de golflengte van het licht treedt buiging (diffractie) op waardoor een aanzienlijk deel van het opvallende licht in andere richtingen (afwijkend van de hoofdrichting) wordt weerkaatst. (Wanneer de elementen zeer klein zijn ten opzichte van de golflengte kan men ze verwaarlozen; men komt dan weer terecht bij het eerste geval van relatief zeer grote elementen). De wet van Snellius geeft een grensgeval aan dat feitelijk overeenkomt met de aanname dat de golflengte van het licht oneindig klein is - het golfkarakter van het licht wordt buiten beschouwing gelaten. Deze aanname is gebruikelijk - en grotendeels gerechtvaardigd - in de zogenaamde geometrische optica. Wanneer echter het golfkarakter van het licht niet buiten beschouwing wordt gelaten heeft men altijd met buiging te maken; buiging heeft alleen een te verwaarlozen invloed als de elementen van het grensvlak een factor 1000 à 10.000 groter of even zoveel kleiner zijn dan de golflengte van het gebruikte licht.

De reguliere reflectie is nu die lichtweerkaatsing waarbij de effecten met voldoende nauwkeurigheid door de wet van Snellius kunnen worden beschreven; voor zichtbaar licht dus wanneer de elementen van het grensvlak tenminste één millimeter groot zijn. Opgemerkt dient te worden dat deze elementen niet vlak behoeven te zijn; de bedoelde uitspraak geldt evenzeer voor gekromde elementen.

Anderzijds is de diffuse reflectie die lichtweerkaatsing waarbij de buigingsverschijnselen allesoverheersend zijn - waar van enige voorkeursrichting niets meer te bespeuren is. Dit is te vinden bij alle fijne poeders en polykristallijne stoffen waarbij de afmetingen van de elementen in de orde liggen van één micron. Dit is zeer eenvoudig te zien: alle poeders zijn wit-difffuus, onafhankelijk van het uitgangsmateriaal.

Gerichte en gemengde reflectie zijn meestal gerelateerd aan grensvlakken

waar de elementen afmetingen hebben die van dezelfde orde van grootte zijn als die van de golflengte van het licht. Ook komen mengvormen voor: zo hebben wegdekken een reflectie die uit spiegelende en diffuse delen bestaat en waar bovendien de spiegelende elementen niet vlak zijn en wat betreft hun normaal tamelijk willekeurig zijn verdeeld.

Uit dit alles blijkt dat er van retroreflectie als aparte reflectievorm eigenlijk geen sprake is. Een nadere beschouwing van de retroreflecterende materialen bevestigt dit: er is sprake van een drietal hoofdvormen van reflectiematerialen die hieronder zullen worden toegelicht. Voor nadere details zij verwezen naar CIE (1982, 1983a, 1984).

3.2. Retroreflectie

1. Hoekspiegels. De eerste categorie van retroreflectoren zijn de zogenaamde hoekspiegels. Bij deze materialen wordt gebruik gemaakt van het kenmerk dat licht dat driemaal weerkaatst wordt aan de drie vlakken van een "hoek" (van een kubus bijvoorbeeld) weer wordt teruggekaatst in de richting waar het vandaan kwam. Wanneer men zich tot een plat vlak beperkt, zijn twee reflecties voldoende (zie Afbeelding 1). Steeds wordt het licht teruggekaatst in de richting waar het vandaan kwam, dit onafhankelijk van de oriëntatie van de retroreflector. Men noemt dergelijke reflectoren dan ook wel spiegelreflectoren of (minder correct) prismareflectoren. De Engelse term "corner cubes" is niet correct, maar wel illustratief. De werking van hoekspiegels berust op de reguliere spiegeling. De helderheid van de reflector is dus in beginsel gelijk aan die van de bestralende lichtbron - afgezien van de gebruikelijke lichtverliezen in de verschillende media, en natuurlijk afgezien van de lichtabsorptie in de reflector zelf wanneer er van gekleurde (bijvoorbeeld rode) reflectoren sprake is. De helderheid van de reflector is dus in beginsel onafhankelijk van de afstand tussen lichtbron en reflector. Aangezien er steeds sprake is van drie reflecties die samen een lichtomkering teweeg brengen, komen steeds scherpe hoeken en stompe hoeken voor; dit betekent dat voor alle in de praktijk in aanmerking komende materialen (glas, polycarbonaat, metylacrylaat e.d.) de grensvlakken waaraan het licht wordt weerkaatst van een spiegelende (metaal)laag moeten zijn voorzien. En deze metaallaag moet op zijn beurt tegen weersinvloeden en mechanische beschadigingen zijn beschermd. Op dergelijke wijze zijn de gangbare hoekspie-

gels geconstrueerd. Voor details wordt verwezen naar Chandler (1954), Moerman (1978, 1982) en CIE (1984).

2. Lensreflectoren. Een tweede principe voor retroreflectie is het volgende: wanneer in het brandpunt (brandvlak) van een lens een vlakke spiegel wordt aangebracht, wordt het evenwijdig invallend licht, na door de lens te zijn gebundeld en door de spiegel te zijn weerkaatst, door de lens weer tot een evenwijdige bundel gevormd die in de richting wordt gezonden waar het licht vandaan kwam. Een concentrisch stelsel heeft deze eigenschap ook voor andere oriëntaties, zodat een retroreflector ontstaat. Ook hier is in feite sprake van spiegelende reflectie, zodat ook hier de helderheid van de reflector in beginsel die is van de lichtbron. Maar ook hier is sprake van scherpe hoeken bij de reflectie - vaak zelfs zeer kleine hoeken, zodat een (metaal)spiegel nodig is. Wat dit alles betreft lijken hoekspiegels en lensreflectoren dus veel op elkaar. In de praktijk worden lensreflectoren hetzij als aparte lenzen of als "pakketjes" uitgevoerd. Het is daarbij om mechanische redenen gebruikelijk lens en spiegel uit een enkel stuk glas (of plastic) te vervaardigen. Dit stuk heeft dan de vorm van een dikke lens waarbij voor- en achterkant bolvormig zijn en wel zodanig dat de kromtemiddelpunten van die twee bollen samenvallen - een zogenaamde concentrisch systeem (zie Afbeelding 2). Een speciaal geval doet zich voor wanneer de brekingsindex van de lens precies 2 bedraagt: de twee boloppervlakken hebben dezelfde straal, zodat de lens in feite uit een enkele bol kan bestaan, waardoor de mate van onafhankelijkheid van de oriëntatie van de lens nog weer groter is. Zie voor nadere details Chandler (1954a), Schreuder (1978) en CIE (1984).

Zowel hoekspiegels als lensreflectoren worden in verschillende afmetingen gemaakt. Zo lang de elementen maar groter zijn dan ca. 1 mm blijft de spiegeling gehandhaafd, en behoeft men geen rekening te houden met de buigingsverschijnselen.

3. Glasparels. Deze vormen een derde groep reflectoren die gewoonlijk tot de retroreflectoren worden gerekend. Ook hier worden glazen bollen gebruikt die als lens werken. De achterzijde is echter niet verspiegeld, maar achter de lens wordt een diffuus reflecterend oppervlak aangebracht. De lichtbron wordt dus door iedere lens in het brandpunt afgebeeld als

een intense lichtplek. Dit licht wordt door de diffuse reflectie verstrooid; de lichtplek gaat dus als een (secundaire) lichtbron werken. Een deel van het licht van deze secundaire lichtbron wordt door de lens opgevangen en na bundeling, weer uitgestraald - min of meer in de richting waar het licht oorspronkelijk vandaan kwam. Wat de uiteindelijke werking betreft heeft een dergelijke constructie dus inderdaad veel weg van een retroreflector; in feite is het echter een autocollimator met een diffuus reflecterend karakter. Aangezien hier de diffuse reflectie een essentiële rol speelt, moet men verwachten dat de helderheid van de "secundaire" lichtbron evenredig is met de verlichtingssterkte op het diffuse materiaal. Omdat er een lens tussen zit is deze verlichtingssterkte niet, zoals bij een open oppervlak, omgekeerd evenredig met het kwadraat van de afstand; evenmin is de verlichtingssterkte echter onafhankelijk van de afstand. Er bestaat nog een vrij grote onzekerheid over de afstandafhankelijkheid van de werking van dergelijke reflectoren. Nader onderzoek is gewenst, juist omdat bij het beantwoorden van vragen uit de praktijk de gegevens over de afstandafhankelijkheid niet kunnen worden gemist. Over het algemeen zijn ze echter veel minder effectief dan hoekspiegels en lensreflectoren. Zie weer CIE (1984), Blaise (1976), Anon (1980b), Schreuder (1978, 1980).

3.3. Voertuigverlichting

Retroreflectoren worden op grote schaal toegepast. Hun werking is echter tot een aantal zeer speciale gevallen beperkt. Immers, een retroreflector heeft de eigenschap het opvallende licht terug te kaatsen naar de plaats waar het vandaan kwam; deze wijze van reflecteren heeft dus alleen maar enig effect wanneer een sterke lichtbron zich zeer dicht bij de "waarnemer" bevindt. Onder waarnemer wordt hier dan verstaan diegene die iets doet met de informatie die door het weerkaatste licht wordt overgebracht. Voor het wegverkeer betekent dit dat retroreflectoren dus alleen enige zin hebben voor bestuurders van voertuigen die een intense verlichting met zich voeren: motorvoertuigen dus. Voetgangers en fietsers hebben dus niets aan retroreflectoren, en bromfietsers nauwelijks. Een tweede beperking is dat retroreflectoren alleen een zinvolle bijdrage kunnen leveren als de omgeving duister is: bij nacht dus, en eigenlijk dan nog nauwelijks wanneer er een behoorlijke openbare verlichting aanwezig is. Op de vraag

wat "behoorlijk" hier precies wil zeggen is elders ingegaan (Schreuder, 1985b, 1985c). Ten derde moeten de intense lichten ook inderdaad worden gevoerd: alleen wanneer het mogelijk is met het (ongedimde) hoofdlicht te rijden zijn retroreflectoren werkelijk goed zichtbaar. Wanneer dimlicht wordt gebruikt is de zichtbaarheid veel minder, hoewel voor vele gevallen - mits de rijnsnelheid niet te hoog is en mits de dimlichten niet te vuil zijn - nog voldoende (Rumar, 1973). Een punt van belang wanneer de resultaten van de toepassing van retroreflectoren als bewegwijzering in de V.S. worden vergeleken met die in Europa. Wanneer met stadslicht wordt gereden is de werking van retroreflectoren verwaarloosbaar. Dit laatste geldt overigens bepaald niet voor de soort stadslicht dat als "town beam" of als "verbeterd stadslicht" is aanbevolen (SWOV, 1969a). En tenslotte wordt de werking van retroreflectoren in sterke mate beïnvloed door de atmosferische toestand. Bij regen, mist en sneeuw wordt het licht in meerder of mindere mate door de atmosfeer verstrooid, waardoor de zichtbaarheid wordt verminderd of zelfs wel onmogelijk wordt gemaakt. Bij retroreflectoren moet het licht tweemaal door de atmosfeer, zodat retroreflectoren nog meer worden beïnvloed door mist dan signaallichten.

Tenminste dimlicht moet dus worden gevoerd. Dit leidt tot verblinding aan tegenliggers, hetwelk een negatieve invloed heeft op de waarneembaarheid van reflectoren (Schreuder, 1983). In dit verband dient de hernieuwde belangstelling te worden vermeld voor "verbeterd stadslicht" of "town beams": een door motorvoertuigen te voeren lichtbundel die het midden houdt tussen het traditionele dimlicht en stadslicht. Zie SWOV (1969a); Schreuder (1976); Fisher & Hall (1979); Attwood (1976) en vooral ook Anon (1983k). Dit punt wordt nader besproken bij de waarneming van verkeersstekens. Dimlichten zijn bovendien vaak niet goed afgesteld, zodat de verblinding toeneemt zonder dat de verlichting naar de richting van retroreflectoren beter wordt (Schreuder, 1976; Yerrell, 1971; OECD, 1971; Sivak, 1979; Godthelp et al., 1978). De problemen die zich voordoen bij de verlichting door voertuigen zijn in detail beschreven door Schreuder, 1985f. Recentelijk wordt ernaar gestreefd om de lichtverdeling van dimlichten zodanig te wijzigen dat de bezwaren minder worden. Men kiest daarbij vaak voor andere optische principes (elliptische spiegels). Over het resultaat in de praktijk is nog niet veel te zeggen maar het vermoeden bestaat dat de scherpere coupure eerder meer dan minder verblinding zal opleveren,

zelfs wanneer de auto's van een automatische uitrichtinstallatie zijn voorzien. Zie Schreuder (1976) en Anon (1985c).

Gesteld is dat de retroreflectoren slechts werken wanneer er zich een intense lichtbron dichtbij de waarnemer bevindt. Eigenlijk zouden waarnemer en lichtbron moeten samenvallen. Dit doen ze meestal niet, ofschoon het optisch na te bootsen valt. Dit betekent dat retroreflecterende materialen moeten voldoen aan tegenstrijdige eisen: ze moeten zoveel mogelijk reflecteren bij een kleine hoek tussen lichtbron en waarnemer (gezien vanuit de positie van de reflector), een smalle bundel dus. Maar ze moeten ook redelijk veel reflecteren bij een grote hoek tussen lichtbron en waarnemer, een brede bundel dus. De totale hoeveelheid terug te kaatsen licht (lichtstroom) is uiteraard beperkt. Moerman (1978, 1982) is ingegaan op de consequenties hiervan voor de gewenste vorm van de bundel van het gereflecterende licht. Het lijkt zeer gewenst de daar ontvouwde gedachtegang - resulterend in een "long tail distribution" - op te pakken en nader uit te werken. We komen op dit punt terug bij het bespreken van de meet- en keuringsmethoden. Zie ook par. 4.5.

3.4. Retroreflecterende foliematerialen

Spiegelreflectoren en lensreflectoren met grote elementen (in de orde van 1 à 10 mm) worden op vrij grote schaal toegepast in reflectoren van voertuigen, voetgangers, obstakels, bermplanken en in wegdekreflectoren. Van groter belang zijn echter de foliematerialen voorzien van retroreflectoren, omdat deze een veel breder toepassingsgebied hebben. Het meeste onderzoek over deze reflecterende materialen is gedaan aan de hand van de toepassing van verkeerstekens en bewegwijzering; de toepassingen zijn echter veel breder, mede ook omdat ook weefsels en banden met deze materialen kunnen worden voorzien.

Retroreflecterende folies bevatten steeds glasparels van geringe afmetingen. Kunststof komt niet of nauwelijks voor, dit in tegenstelling tot de grotere "knikkers" die in sommige typen wegmarkeringen (als proef) zijn toegepast. Zoals reeds is aangegeven, wordt een optimum aan reflectie bereikt wanneer glas met een brekingsindex van ca. 2 wordt gekozen (Ismatov et al., 1981; Stoudt & Vedam, 1978, 1979; Vedam & Stoudt, 1978).

De glasparels kunnen rechtstreeks in een diffuus witte achterlaag worden

ingebod. Dit is de gebruikelijke constructie bij wegmarkeringsmaterialen (zie par. 5.2). Zoals reeds is aangeduid, treedt er op deze wijze eigenlijk geen echte retroreflectie op; de intensiteit van het teruggekaatste licht is dan ook lager dan bij andere constructies.

Folies met glasparels worden op twee wijzen uitgevoerd. De oudere, eenvoudiger methode is die waarbij de glasparels ingesloten zijn in de drager, en wel zodanig dat achter iedere parel een spiegel is aangebracht, eventueel ook nog een afstandlaag om de spiegel in het brandpunt te krijgen (zie CIE, 1984). Aan de voorkant zijn de glasparels afgedekt door een vlakke, transparante laag ("top coat"), zie Afbeelding 3. Deze constructie wordt aangeduid als "sheeting with enclosed glass beads"; in de internationale normalisatie wordt dit aangeduid als type I; vaak gebruikt men de oorspronkelijk van de eerste fabrikant 3 M afkomstige aanduiding "Engineer Grade" (EG).

De tweede belangrijke vorm is meer geavanceerd; moeilijker te maken, maar met betere prestaties, zowel wat betreft de lichtreflectie als wat betreft de levensduur. Dit is de zogenaamde "sheeting with encapsulated glass spheres"; ook wel type II en (volgens de 3 M-terminologie) "High Intensity" (HI) genoemd. Hier blijven de glasparels aan de voorzijde vrij; er is echter een folie vóór de glasparels aangebracht die een luchtkamer insluit. De ondersteuning van deze afdekfolie geeft vaak de voor dit type karakteristieke zeshoeken ("honingraat") te zien (zie weer CIE, 1984). Wanneer glasparels met een brekingsindex van ca. 2 worden gebruikt is een afstandlaag tussen parel en spiegel niet nodig (zie Afbeelding 4).

Er is een aantal onderzoeken uitgevoerd waarbij de prestaties van type I en type II-materialen zijn vergeleken. Omdat het bij type II tot voor kort om materiaal van een enkele fabrikant ging vonden velen het nodig de metingen te herhalen. Inmiddels is dit probleem opgelost: er zijn ook voor type II een aantal fabrikanten in verschillende landen. De metingen hebben vrijwel zonder uitzondering gewezen op een superioriteit van type II ten opzichte van type I (zie bijvoorbeeld Anon, 1984; Jainski, 1979; Hahn et al., 1977; Heimsath et al., 1982; Hutchinson & Pullen, 1978; Poage & Hopkins, 1983; Rizenbergs, 1972, 1973, 1973a; Robertson, 1974; Van Norren, 1977; Woltman, 1979, 1980; Youngblood & Woltman, 1971). Woltman (1979) vermeldt nog een interessant punt: de invloed van het aantal auto's dat gelijktijdig de reflector aanstraalt.

Er is nog een derde type materiaal te vermelden: het zogenaamde Diamond Grade (weer de 3 M-term). De constructie ervan lijkt op die van de "encapsulated glass spheres sheeting", maar dan met kleine hoekspiegels in plaats van glasparels. Dit materiaal levert een aanzienlijk hogere lichtreflectie op; het is echter nog niet op grote schaal in de handel.

In Tabel 2 zijn de door de CIE (1983) als minimum geldende waarden opgenomen van type I en type II, voor verschillende kleuren en verschillende meetgeometrieën. We komen verderop nog op deze materie terug, maar hier geldt ook dat er in feite voor een enkele verkeerssituatie wordt getest. Het zou ook van dergelijke folies nuttig zijn wanneer er, net als voor de hoekspiegels, een "long tail" verdeling zou bestaan. Zoals we in par. 3.3 reeds hebben aangeduid, is hier nog meer onderzoek gewenst.

Retroreflecterende materialen gaan tijdens het gebruik in hun prestaties achteruit. Kenyon et al. (1982, 1983) beschrijven een uitgebreide studie waaruit blijkt dat wassen van verkeerstekens nauwelijks helpt: het vuil regent eraf. Een extra doorzichtige deklaag helpt niet. Maar de levensduur is nauwelijks een probleem: type I-borden gaan meer dan 15 jaar mee, en aangenomen wordt dat de levensduur van type II eerder langer dan korter is. Heimsath et al. (1972) vinden dat er wel een verschil in vervuiling is. Type II is minder gevoelig dan type I. Alferdinck (1984) vindt iets dergelijks voor tijdelijke markeringen die voor werk-in-uitvoering worden gebruikt: na 100-130 maal gebruik is het reflecterend vermogen ongeveer gehalveerd. Poage & Hopkins (1983) geven aan dat beide typen in ongeveer gelijke mate achteruitgaan en dat wassen wel zin heeft. Het gaat daarbij echter om reflectoren die aan de zijkant van treinwagons zijn aangebracht. Het is bij al deze studies niet steeds duidelijk in hoeverre het gaat om vervuiling (d.w.z. omkeerbare achteruitgang) of om beschadiging (d.w.z. niet-omkeerbare achteruitgang). Hutchinson & Pullen (1978) geven, net als bovenstaande studies, aan dat type II beter blijft voldoen dan type I. Toegevoegd is dat type II ook beter blijft voldoen dan spiegelreflectoren (button-type); voorts is erop gewezen dat dauw en rijp een grote invloed hebben op de richtreflectie (dauw nog meer dan rijp). Ten slotte geven Anon (1985) en Terstiege (1985) nog enige algemene informatie over het belang van goed onderhoud.

3.5. Normalisatie, testen, keuren

Uiteraard is het voor een goede kwaliteitsbeheersing van de voorzieningen vereist dat materiaal (en dus ook retroreflecterende materiaal) aan de te stellen eisen voldoet. Normalisatie en keuring zijn dus vereist. De normalisatie volgt meestal de produkten. Zo zijn er dus normen voor hoekspiegels, voor lenstypen, voor folies en voor markeringen.

Lozano (1980) heeft een aantal beginselen aangegeven waaraan de normalisatie zou moeten voldoen. In de meeste gevallen wordt daar ook inderdaad aan voldaan. Voor zover het gaat om foliemateriaal gaat men meestal voor de moderne normen uit van de nieuwe CIE-aanbevelingen (CIE, 1983) met name wat betreft het onderscheid tussen type I- en type II-materiaal (Anon, 1983h). In een aantal normen wordt de nadruk gelegd op vormen en kleuren, en wordt voor de fotometrische eisen hetzij naar de CIE verwezen, dan wel naar keuringseisen, of er wordt over gezwegen (Anon, 1970, 1971, 1978, 1979b, 1981, 1981e, 1981f; 1982c, 1982e, 1983e).

De opzet van goede keuringsmethoden is belemmerd door verschil van opvatting over de te meten grootheden, definities en nomenclatuur tussen betrokken instanties en laboratoria. De CIE heeft een belangrijke rol gespeeld bij de harmonisatie; het lijkt erop alsof de grootste problemen opgelost zijn (zie CIE, 1974, 1983a, 1985; De Boer, 1976; Moerman, 1981). Gedetailleerde meetmethoden zijn gegeven door Smith (1977) omtrent de brekingsindex van glasparels, Jainski (1976), Hubert (1981), Rennilson (1981) en Terstiege (1981) over colorimetrie, en Anon (1983j) over hoekspiegelreflectoren. Omtrent dat laatste ligt veel vast in moeilijk toegankelijk ECE-documenten (Genève) (o.a. Anon, 1985a). Field & Knox (1974) geven een vergelijking tussen verschillende meetapparaten; Kullik (1983) beschrijft een apparaat dat op gemakkelijke wijze in het veld kan worden gebruikt (maar waarvan de nauwkeurigheid aan twijfel onderhevig is). Johnson (1981) beschrijft tenslotte een laboratoriumopstelling. Overigens bestaan er vele reglementen voor het meten en keuren van retroreflectoren, met name voor de reflectoren die aan voertuigen of aan gevarendriehoeken zijn gemonteerd.

Dit alles betreft in de eerste plaats testen en metingen in het laboratorium. Men kan natuurlijk ook de metingen buiten uitvoeren. Volgens Dietrich & Markowitz (1972) maakt dat niet veel uit. André et al. (1981) komen tot andere conclusies bij een vergelijking van de meting van de

zichtbaarheid in laboratoriummetingen, op een proefstraat of op de weg. Proeven op de weg zijn tenslotte nog beschreven door Havens & Peed (1951); Nettleton (1984); Titishov & Jung (1982).

3.6. Conclusies

Uit het voorgaande kunnen de volgende conclusies worden afgeleid.

- Het toepassingsgebied voor retroreflecterende middelen is beperkt tot die omstandigheden waar het gaat om informatie die aan bestuurders van motorvoertuigen moet worden overgebracht.
- De verschillende soorten reflecterende materialen hebben ieder hun eigen voor- en nadelen en hun eigen optimale toepassingsgebied.
- Binnen de foliematerialen gaat de voorkeur uit naar type II (sheets with encapsulated glass spheres), ofschoon voor gevallen waarbij op korte afstand wordt waargenomen type I meestal ook voldoet.
- De huidige normering, met name van de meetgeometrie, werkt uitspraken als de vorige in de hand. Het is echter de vraag of dat terecht is. Meer onderzoek naar retroreflecterende materialen met brede verdeling ("long tail") is gewenst.

4. TOEPASSINGSGEBIEDEN I: VERKEERSTEKENS EN BEWEGWIJZERING

4.1. Inleiding

De Engelse term "signs" omvat datgene wat in het Nederlands wordt begrepen onder verkeerstekens en bewegwijzering. In Nederland wordt dit onderscheid allereerst op formele gronden gemaakt: verkeerstekens zijn die tekens welke zijn omschreven in de norm Verkeerstekens. Functioneel is er ook onderscheid te maken: de verkeerstekens betreffen meestal geboden en verboden, en hebben dus een rechtstreekse invloed op het rijgedrag.

Wegwijzers daarentegen geven informatie over de route; ze hebben dus geen verbods- of gebodskracht, en ze betreffen vooral de beslissingen op het niveau van de routekeuze en handhaving. Beide echter hebben te maken met wat we eerder Taak I hebben genoemd: het bereiken van het eindpunt van de tocht.

Zoals reeds eerder in par. 2.1 is aangegeven, kunnen verkeerstekens in twee hoofdgroepen worden ingedeeld. Sommige borden (bijv. stopborden of voorrangsborden) horen in eerste instantie bij Taak II. Hiermee wordt bedoeld dat het negëren van de aanwijzingen die de borden bevatten, rechtstreeks gevaar voor het verkeer kan opleveren: niet stoppen of geen voorrang verlenen betreft handelingen (of nalaten van handelingen) die rechtstreeks tot botsingen kunnen leiden. Andere borden echter (bijv. wachtverbodsborden en waarschuwingsborden) hebben een andere functie in het verkeerssysteem: ze dienen er allereerst voor om het verkeer op een vlotte en ordelijke wijze te laten verlopen. Zo gezien horen ze meer bij Taak I. Er zij op gewezen dat het tot nu toe niet gebruikelijk is om een dergelijk onderscheid te maken. Zo'n onderscheid is echter van belang, meer in het bijzonder voor de onderhavige studie, omdat te verwachten is dat - gezien het verschil in functionele vereisten - ook de geometrische en fotometrische eisen te stellen aan borden behorende tot deze twee groepen, verschillend zouden kunnen blijken te zijn. Meer in het bijzonder is te verwachten dat de eisen te stellen aan het reflecterend vermogen voor verkeerstekens binnen bebouwde kommen voor die twee groepen zullen blijken te verschillen; in het nawoord bij dit hoofdstuk (in par. 4.5) komen we terug op de mogelijke consequenties van deze constatering voor de optimale retroreflecterende eigenschappen voor verkeerstekens binnen de bebouwde kom.

Verkeerstekens bevatten vrijwel steeds gecodeerde informatie. Deze gecodeerde informatie is in symbolen neergelegd, hetzij pictogrammen of letters en/of cijfers. Wat betreft de waarneembaarheid zijn al deze symbolen goed vergelijkbaar; men spreekt meestal in alle gevallen van leesbaarheid.

4.2. Leesbaarheid

1. Een overzicht van de verschillende aspecten die bij de leesbaarheid aan de orde komen is gegeven door van Van Norren (1974, 1981); een theoretische beschouwing dienaangaande door Godthelp (1977). De meeste punten zijn reeds in het welhaast in het klasieke werk van Forbes (1969) te vinden (zie ook Forbes & Holmes, 1939).

Het blijkt dat de leesbaarheid in hoofdzaak wordt bepaald door:

- de waarneming (leeftijd van de waarnemer, de waarnemingsomstandigheden en de visuele omgeving);
- de luminantie van het bord;
- het contrast tussen symbool en achtergrond (luminantiecontrast, maar ook kleurcontrast);
- kleur;
- vorm en afmeting van de symbolen.

We zullen deze punten één voor één behandelen, ons ook hier weer beperkend tot de hoofdzaken.

2. De leeftijd van de waarnemer heeft een grote invloed op de mogelijkheden voor waarneming van verkeerstekens. Sivak et al. (1979) geven enige informatie hierover (zie ook Sivak & Olson, 1982). Het is niet gemakkelijk om een vaste omrekeningsfactor te geven. Bovendien is de teruggang in leesbaarheidsafstand vaak zeer aanzienlijk. Dit is overigens te begrijpen omdat bij het lezen van verkeerstekens verschillende aspecten tegelijk een rol spelen die ieder te lijden hebben van een teruggang bij toenemende leeftijd. Daarom wordt geadviseerd om bij het opstellen van normen en richtlijnen niet uit te gaan van jonge waarnemers - hetgeen meestal gebeurt.

3. De wijze waarop de waarneming plaatsvindt speelt een rol. Dit komt aan de orde bij het zoeken naar en het herkennen van verkeerstekens. Het

meeste onderzoek betreffende visueel zoekgedrag is niet speciaal op verkeerstekens toegespitst; we laten dat hier onbesproken en vermelden alleen dat Karttunen & Hakkinen (1981) uit de bevestiging van het bekende feit dat periferie van het waarnemingsveld vooral van belang is voor globale richtingsinformatie, suggereren dat retroreflecterende middelen vooral voor grote objecten in aanmerking komen omdat kleine objecten toch niet kunnen worden waargenomen. Dit lijkt een wat beperkende aanbeveling; in alle gevallen - en dat zijn er veel - waar de plaats van het signaal in het gezichtsveld bij benadering bekend is, hoeft niet te worden gezocht, en kan dus de retroreflectie wel degelijk nuttig zijn ook voor kleine voorwerpen (of kleine reflectoren). Men kan daarbij denken aan reflectoren op fietsen, bermplanken, enz. Zie echter Anon (1980a) waar wordt betoogd dat verkeerstekens ook opvallend moeten zijn.

4. De leesbaarheid van verkeerstekens wordt mede (meestal nadelig) beïnvloed door de structuur van de achtergrond (Jenkins, 1982; Jenkins & Cole, 1982, 1984; Olson, 1980). Gallagher & Lerner (1984) hebben een op de theorieën van patroonherkenning en "artificial intelligence" gebaseerde methode ontwikkeld waarmee het in beginsel mogelijk is de complexiteit van de visuele scene te kwantificeren. De methode moet echter nog wel verder worden uitgewerkt. Overigens is het te verwachten dat de leesbaarheid in veel mindere mate negatief wordt beïnvloed door een onrustige visuele achtergrond ("visual clutter"), dan door de opvallendheid van objecten. Voor zover het om signaallichten gaat is daarover in het verleden veel onderzoek uitgevoerd; veel ervan is samengevat door Schreuder (1973). Voor zover het om niet-zelf-lichtgevende objecten gaat - vooral om fietsers - is veel onderzoek beschreven door IWACC (1983a, 1984).

5. De luminantie die een verkeersteken moet hebben voor optimale leesbaarheid (maximale leesafstand) is onderwerp geweest van veel onderzoek. Samenvattingen zijn gegeven door Van Norren (1981) en CIE (1984). Meestal komt men uit op een luminantie van de achtergrond van enige cd/m^2 en een luminantie van de symbolen (letters of figuren) in de orde van 50-100 cd/m^2 . Zie verder bijvoorbeeld Allen (1958); Anderton & Cole (1982); Cole (1980); Cole & Jenkins (1978, 1979); Dahlstedt & Svenson (1977); Gordon (1982); Olson & Bernstein (1977); Jainski & Gerdes (1983); Hills (1972).

Sivak & Olson (1983) geven aan dat voor witte of gele letters op een achtergrond (met minder dan $0,4 \text{ cd/m}^2$) de optimale leesbaarheid wordt bereikt bij 75 cd/m^2 . De 85-percentielwaarde lag bij $16,8 \text{ cd/m}^2$, de 75-percentielwaarde bij $7,2 \text{ cd/m}^2$ en de 50-percentielwaarde bij $2,4 \text{ cd/m}^2$. Ze vonden ook dat deze waarden blijven gelden voor het "omgekeerde" geval: zwarte letters op een witte of gele achtergrond, waar de genoemde luminanties op de achtergrond slaan. Youngblood & Woltman (1978) geven aan hoe de luminantie afhangt van het reflecterend vermogen van het teken. Ze geven de volgende vuistregel: voor 600 ft (183 m) afstand en één auto geldt: $L = 0,04 R - 0,25$ waarin L de luminantie van het schild (cd/m^2) is en R het reflecterend vermogen (in cd/m^2 per lux). Niet duidelijk is of de auto dimlicht of hoofdlicht voert. Het contrast tussen symbool en achtergrond wordt meestal niet apart gevariëerd. De reden is dat, bij vastliggende kleuren en bij een keuze van retroreflecterend materiaal, het contrast ook vast ligt (zie Sator, 1981; Woltman, 1979a; Forbes, 1969). Volgens Olson et al. (1983) moet het contrast ca. 30 : 1 à 50 : 1 bedragen (zie ook Olson et al., 1979 en Schmidt-Clausen, 1984).

6. De vorm van symbolen kan meestal niet in belangrijke mate worden gevarieerd. Toch blijkt de invloed daarvan op de leesbaarheid groot te zijn. Zo zijn er aanzienlijke verschillen gevonden bij dezelfde woorden in verschillende "alfabetten" uitgevoerd (SWOV, 1970). Het recente theoretische onderzoek gaat terug op de gegevens van Engel (1969, 1971, 1974, 1977) (zie ook Jenkins & Cole, 1982; Bouma & Van Nes, 1978; Anderton & Cole, 1982). Wat betreft de afmetingen zijn de onderzoeken samengevat in CIE (1984). Smith (1979) vermeldt dat een lettergrootte van 7 boogminuten overeenkomt met de grens van leesbaarheid; 10 boogminuten komt overeen met een leesbaarheid van 90% en 24' met 100%. Deze getallen komen overeen met de in de V.S. geldende richtlijnen. Opvallend is de sterke toename in lettergrootte die nodig is om de leesbaarheid van 90% naar 100% te brengen. Dit zijn de resultaten van een meting op de weg. Ook Gordon (1982) geeft informatie over de lettergrootte; echter niet over de verlichting. Tenslotte kan worden verwezen naar Jones (1972) die constateert dat het publiek een voorkeur heeft voor informatie die zowel als symbool alsook als letters worden overgebracht. Dit is slecht te rijmen met het in Europa bestaande streven (o.a. in de Weense conventie) om juist alle letters en woorden te vermijden.

4.3. Uitvoering van verkeerstekens en bewegwijzering

Ook op dit gebied is veel onderzoek uitgevoerd. We beperken ons tot een aantal aspecten die specifiek met de retroreflectie te maken hebben. Het gaat daarbij vooral over de vraag of verkeerstekens (meer in het bijzonder bewegwijzering aan portalen) een eigen verlichting moeten hebben of dat retroreflectie beter is; en zo ja, of dan retroreflecterend materiaal van type I of van type II de voorkeur verdient.

Eerst echter nog een paar opmerkingen vooraf over studies van de verkeerstekens, en van het STOP-teken. Op basis van ongevallenstudies zijn conclusies getrokken, meer in het bijzonder dat STOP-borden beter werken dan YIELD-borden (Rosenbaum, 1983) en dat STOP-borden binnen bebouwde kommen beter zijn dan verkeerslichten (Holahan et al., 1980). Hierbij is geen rekening gehouden met de nachtelijke situatie: alle onderzoeken zijn bij dag uitgevoerd. Dezelfde tekortkoming kan worden toegekend aan een overigens interessant onderzoek: de stadsbewegwijzering in Amsterdam (SVT, 1980; Janssen, 1980; Van Heiningen, 1980). Overigens lijkt het systeem ook overdag nog niet geheel te voldoen, gezien de afwachtende houding van Wilmink (1980) in dezen. Ook Dean (1979) gaat bij een op zichzelf belangwekkend overzicht geheel aan de nachtsituatie voorbij. We hebben in par. 2.1 er al op gewezen dat vaak (en niet steeds terecht!) de dagsituatie als maatgevend wordt beschouwd (zie ook SWOV, 1970). Daarentegen wordt in vele moderne studies wel degelijk aandacht besteed aan de nachtelijke situatie (bijvoorbeeld Godthelp, 1980, 1981, alwaar een overzicht wordt gegeven van het onderzoek van IZF-TNO op dit gebied). Dit belang van de nachtsituatie bij het beoordelen van de waarneembaarheid van verkeerstekens en wegwijzers wordt onderstreept in de overzichten van Bernhard (1984), CIE (1984), Pulling (1980), Serres (1976) en Van Norren (1981). Vooral dit laatste rapport is van belang, met name in combinatie met een eerdere studie (Van Norren, 1978).

Zoals gezegd is een belangrijke vraag of verkeerstekens, meer in het bijzonder wegwijzers op portalen boven de weg, een eigen verlichting moeten hebben. In de behandeling van de leesbaarheid van verkeerstekens (par. 4.2) is reeds een en ander hierover gezegd. De meningen zijn verdeeld: volgens Schreiber & Meseberg (1982) blijkt dat de zichtbaarheid bij eigen verlichting steeds beter is dan bij retroreflecterende uitvoering. Wel geven ze toe dat er kostenvoordelen met een retroreflecterende uitvoering

gemoeid kunnen zijn. Maghsoudi & Jung (1980) gaan ervan uit dat eigen verlichting beter is; ze vinden dat hogedruk-natriumlampen voordeliger zijn dan hogedruk-kwiklampen. Niet erg opzienbarend overigens. Anon (1976), CIE (1974) en Gaudel (1976) gaan allen ervan uit dat verkeers-tekens hun eigen verlichting hebben. Opgemerkt moet worden dat dit allemaal tamelijk oude studies zijn. Emde et al. (1981) komen tot een heel andere slotsom op basis van de berekening van de totale kosten. Per jaar kost een bord van 4 m^2 in totaal bij een transparante (dus interne) verlichting 995,90 DM, uitgerust met retroreflecterend materiaal type I 378,50 DM en met type II 285,-- DM. Hierbij is geen rekening gehouden met een eventueel verschil in waarneembaarheid. Volgens Jainski & Gerdes (1980) is dat ook niet nodig: eigen verlichting en reflectie zijn wat dat betreft gelijkwaardig. Tenslotte wijst Giesa (1981) nog op de geringe gevoeligheid voor storingen bij retroreflecterende uitvoering (zie ook Stein & Allen, 1984 en Anon, 1982d).

De volgende vraag is aan welk type retroreflecterend materiaal de voorkeur moet worden gegeven. We vermeldden reeds de kostenvergelijking van Emde et al. (1981) die duidelijk in het voordeel van type II uitviel. Een dergelijke voorkeur blijkt ook uit het onderzoek van Dahlstedt & Svenson (1977) die een optimale reflectie vinden van $40-100 \text{ cd/m}^2$ per lux, waarden die met type I niet zijn te bereiken (zie Tabel 2). Dit vinden ook Huigen (1981), Krochmann & Terstiege (1980) en Schmidt-Clausen (1983), ofschoon de laatste wel opmerkt dat in vele gevallen (alle gevallen die bij zijn onderzoek waren betrokken) ook met type I aan de te stellen eisen kon worden voldaan.

Recentelijk worden steeds meer verkeerstekens gebruikt waarbij de boodschap kan worden gewijzigd. Er zijn hierbij twee hoofdsoorten: zelf lichtende (matrix)signalen en tekens die moeten worden aangestraald (Anon, 1979a; Briquet, 1983; Hodge & Rutley, 1978; Schreuder, 1984b). Er is geen onderzoek bekend waarbij is nagegaan of variabele tekens ook retroreflecterend kunnen worden uitgevoerd.

Tenslotte nog een paar woorden over het onderhoud. Er is al een en ander over gezegd in par. 3.4. Overzichten van optredende vervuiling en van de consequenties daarvan zijn gegeven door Rumar & Ost (1974) en Giesa (1980), waaruit blijkt dat de vervuiling zeer ernstig kan zijn. Rumar &

Ost (1974) geven aan dat op wegen met gering verkeer (1000 vtg per etmaal!) bij slecht weer en gebruik van spijkerbanden de reflectie binnen één week tot op 30% kan zijn teruggelopen. Giesa (1980) geeft analoge cijfers. In Anon (1983f, 1983g) en Nelson & Woltman (1984) worden suggesties gegeven over mogelijkheden voor onderhoud van verkeerstekens.

4.4. Conclusies

Uit het bovenstaande kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De leesbaarheid van verkeerstekens wordt door een aantal parameters bepaald, waarbij vooral luminantie en contrast van belang zijn.
- De luminantie moet optimaal ca. 40-100 cd/m² bedragen.
- Het contrast tussen symbolen en achtergrond moet optimaal ca. 30:1 à 40:1 zijn.
- Bij het opstellen van normen moet met name met oudere waarnemers rekening worden gehouden.
- Wegwijzers aan portalen kunnen beter retroreflecterend dan met eigen verlichting worden uitgevoerd.
- In dat geval verdient toepassing van retroreflecterend materiaal van type II de voorkeur.
- Onderhoud en reinigen van verkeerstekens is van belang.

4.5. Nawoord

In het voorgaande is niet gerept over een belangrijk onderdeel van de toepassing van verkeerstekens: de verkeerstekens op wegen binnen de bebouwde kom. Veelal gaat men ervan uit dat verkeerstekens binnen de bebouwde kom niet retroreflecterend behoeven te worden uitgevoerd. Ze kunnen dus gemoffeld worden uitgevoerd. Deze mening is gebaseerd op de aanwijzing dat binnen de bebouwde kom steeds openbare verlichting van voldoende kwaliteit aanwezig is, en dat vele auto's niet dimlicht maar stadslicht gebruiken. Beide aannamen berusten op reeds zeer lang achterhaalde zaken: de openbare verlichting wordt binnen de bebouwde kom overal sterk verminderd en plaatselijk zelfs gedoofd met het oogmerk de bedrijfskosten te drukken, en sinds 1974 zijn alle bestuurders van motorvoertuigen verplicht bij duisternis dimlicht te voeren; ook binnen de bebouwde kom is stadslicht niet meer toegestaan.

Dit betekent dat het urgent nodig is te onderzoeken of verkeerstekens binnen de bebouwde kom in gemoffelde dus niet-reflecterende uitvoering gehandhaafd kunnen blijven, of dat retroreflecterende uitvoering vereist is. Daarbij moet dan tevens worden onderzocht welke reflectieverdeling optimaal is voor het gebruik binnen bebouwde kommen, waar immers de waarnemingsafstanden vaak vrij gering zijn en de hoek tussen oog en lamp (gezien vanuit de reflector) dienovereenkomstig groot. Meer in het bijzonder is het twijfelachtig of ook binnen bebouwde kommen de voorkeur uitgaat naar retroreflecterend materialen van type II. Wellicht is de reeds genoemde "long tail"-verdeling beter (Moerman, 1978, 1982).

Bij dit onderzoek moet zeer terdege rekening worden gehouden met de reeds eerder genoemde indeling in groepen van verkeerstekens. Het is zeker niet vanzelfsprekend dat deze twee groepen op dezelfde wijze waarneembaar moeten zijn of dat ze van hetzelfde retroreflecterende materiaal voorzien moeten zijn. Het hier bedoelde onderzoek zal uit moeten gaan van de boodschap die de tekens van de twee groepen bevatten, de wijze van waarneming (de afstand, de dwarspositie enz., maar ook de waarnemingstijd enz.) die aan de orde kan komen, de vereiste manoeuvres, en de consequenties die het gevolg zijn van foutieve of te late waarneming van het teken - of van het geheel niet waarnemen. Onderzoek op dit gebied is dringend geboden, enerzijds gezien het evidente belang van verkeerstekens binnen bebouwde kommen en hun waarneembaarheid, en anderzijds gezien de grote lacunes in direct toepasbare kennis op dit gebied.

5. TOEPASSINGSGEBIED II: RETROREFLECTIE AAN DE WEG

5.1. Inleiding

Een belangrijk toepassingsgebied van retroreflecterende materialen vormen de voorzieningen aan de weg. Deze dienen in hoofdzaak ter ondersteuning van het koershouden op de weg binnen de rijstrook. Dit betreft de wegmarkering; daarbij wordt meestal een onderscheid gemaakt tussen horizontale en verticale markering: de eigenlijke wegmarkering en de bermmarkering. Voorts heeft men te maken met het markeren van discontinuïteiten en gevarenplaatsen. Aan dit laatste is heel weinig aandacht besteed. Meestal volstaat men er mee om reflectoren die voor voertuigen zijn ontwikkeld aan de betreffende voorwerpen te bevestigen, zonder na te gaan of dit een optimale oplossing oplevert. Nader onderzoek in dezen zou geen overbodige luxe zijn. Een uitzondering kan worden gemaakt voor de markering van werk in uitvoering, en voor de markering van verkeersgeleiders en vluchtheuvels.

5.2. Wegmarkeringen

Aan wegmarkeringen, en meer speciaal aan retroreflecterende wegmarkeringen is veel aandacht besteed. De tot aan ca. 1978 gepubliceerde literatuur is samengevat en geëvalueerd door Schreuder (1978); de meer recente tot 1985 door Schreuder (1985d). Beide literatuuroverzichten zijn uitgevoerd in het kader van de SCW/SVT-werkgroep E9 "Zichtbaarheid van wegmarkeringen op natte wegen". Deze werkgroep is opgericht met het doel om de zichtbaarheid van wegmarkeringen te bestuderen, vooral in die gevallen waar op overigens onverlichte wegen uitsluitend de autokoplantaarns als lichtbron fungeren. Wanneer retroreflecterende wegmarkeringen nat worden, blijven ze niet langer zichtbaar. Zelfs een dunne waterhuid is voldoende om te beletten dat het licht de markering (de glasparels) in kan dringen. Drainage van de markering is belangrijk, maar niet genoeg; een oplossing kan alleen worden gevonden door in de wegmarkering vlakken op te nemen die (bijna) verticaal zijn.

Alleen dan kan het licht in de glasparels komen en zodoende worden gerefecteerd. De studie van de werkgroep leverde twee aparte technieken op: geprofileerde markeringen en retroreflecterende markeerknoppen. Alle ande-

re oplossingen bleken niet te voldoen. De bevindingen zijn neergelegd in twee rapporten (SCW, 1982, 1985).

Het eerste rapport behandelde de materialen, het tweede de optimale geometrie. De werkgroep heeft een zekere voorkeur uitgedrukt voor de markeerknoppen; één van de argumenten daarbij was dat bij geprofileerde markeringen onder bepaalde omstandigheden een zekere hinder kunnen opleveren. Een overzicht van de door de Wegbouwkundige Dienst te Delft uitgevoerde metingen zal t.z.t. worden gepubliceerd (zie Padmos, 1985; SCW, 1985). Volgens Schreuder (1985d) is dat echter niet voldoende om een in vele gevallen nuttige verkeersveiligheidsmaatregel te negeren. De problemen van sneeuwplougen, tenminste voor zover het de Nederlandse omstandigheden betreft, en de beweerde gevaren voor motorrijders, zijn afdoende ontzenuwd (Schreuder, 1978).

Voor geprofileerde wegmarkeringen bestaat ook in andere landen veel belangstelling. Vermeld worden de studies van Tooke & Hurst (1975) in de V.S., Krause (1984) in Frankrijk en die van Schreuder (1980) ten behoeve van een Duitse onderzoekinstelling, alsmede Schoenborn (1980).

Vermeld kan worden een toepassing van wegmarkeringen die in Nederland zeer zeldzaam is, maar in andere landen (Engeland, België, Spanje) op brede schaal wordt toegepast: we bedoelen dwarse strepen op afnemende onderlinge afstand. Deze hebben tot doel het verkeer, bij het naderen van een gevaarlijk punt, te doen vertragen. Dit lijkt te werken (Pijper, 1983). Desondanks is men in Nederland nog erg voorzichtig (Brevoord, 1983; zie ook Schreuder, 1985d).

Net als bij de verkeerstekens (zie par. 4.5) is ook wat betreft de wegmarkeringen het onderzoek en de systematische registratie van de ervaring vrijwel geheel beperkt tot wegen buiten de bebouwde kom - en daar dan nog voor het grootste deel tot autosnelwegen. Maar het is nog een geheel open vraag of wegmarkeringen binnen de bebouwde kom retroreflecterend moeten worden uitgevoerd of niet. In Engeland, Amerika en Spanje - en nog wel meer landen - is het gebruikelijk, in Nederland niet. Daarbij is het van belang op te merken dat zelfs de functie van wegmarkeringen op wegen binnen bebouwde kom nooit serieus is onderzocht. Een veelbelovende mogelijkheid lijkt te zijn gelegen in de plakstroken. Deze worden vrij vaak gebruikt voor tijdelijke markeringen, maar ze lijken ook zeer goed te kunnen voldoen als permanente markeringen met name binnen bebouwde kommen, alwaar de soms wat lage stroefheid geen bezwaar oplevert (Anon, 1984a; zie ook Davis, 1981).

5.3. Bermmarkeringen

In het CIE-rapport (CIE, 1975) is een overzicht opgenomen van bermmarkeringen (post delineators). Deze komen in de plaats van de bekende witte bermplanken, zoals ze in het verleden langs de Nederlandse wegen te zien waren. Meer recent worden ze voorzien van retroreflectoren; het witte stuk kan dan verdwijnen. Er kan een code worden vastgelegd waarmee de rechter- en linkerzijde van de weg kunnen worden onderscheiden. De code verschilt nogal van land tot land (Anon, 1981g). Uit verscheidene studies is gebleken dat bermmarkeringen een nuttige bijdrage kunnen leveren tot de verkeersveiligheid (Brenning, 1973; Godthelp, 1979; Niessner, 1983; zie ook OECD, 1975, 1979).

Een variant van de bermmarkering is de markering van verkeersgeleiders en vluchtheuvels. In het verleden werden deze veelal gemarkeerd door verkeerszuilen met binnenverlichting. Uit kostenoverwegingen werden deze vervangen door retroreflecterende pijlen op blauwe achtergrond. Om de localiseerbaarheid bij nacht te verhogen worden gele retroreflecterende zuilen toegepast (Janssen et al., 1984; Anon, 1984d). De nachtzichtbaarheid is daarmee gewaarborgd; de dagzichtbaarheid is echter niet steeds geheel bevredigend.

5.4. Werk in uitvoering

In Nederland is een uitgebreid onderzoek uitgevoerd naar de bebakening zoals die nodig is bij werk in uitvoering. Een overzicht daarvan is gegeven door Van Norren (1981) en Brevoord (1984) (zie ook Alferdinck, 1984 en Godthelp & Riemersma, 1978). De belangrijke conclusie is dat de markeringen, vooral bij de rijbaanverleggingen zoals ze bij werk in uitvoering vaak voorkomen, aanzienlijk onder of juist boven ooghoogte moeten worden aangebracht, zodat het wegverloop duidelijk te zien is. In de praktijk worden reflectoren en flitslampen echter juist op ongeveer de ooghoogte van bestuurders van personenauto's aangebracht. Dit levert een ongewenste situatie op. Davis (1981) wijst op het nut van wegdekreflectoren en plakstroken - onder ooghoogte dus!

5.5. Conclusies

Uit het voorgaande kan het volgende worden geconcludeerd.

- De nat-nachtzichtbaarheid van wegmarkeringen kan als een opgelost probleem worden beschouwd. Zowel met retroreflecterende markeerknoppen als met geprofileerde wegmarkeringen kan de zichtbaarheid ook bij nacht op natte wegen worden gewaarborgd.
- De mate waarin de geluidproductie van geprofileerde wegmarkeringen hinder oplevert, dient nader te worden onderzocht.
- De functie en de uitvoeringsvormen van wegmarkeringen op wegen binnen de bebouwde kom dient te worden onderzocht. Daarbij dient aandacht te worden besteed aan de mogelijke toepassing van (permanente) plakstroken.
- Bij werk in uitvoering dient de markering onder of juist boven ooghoogte te worden aangebracht.

6. TOEPASSINGSGEBIED III: WEGGEBRUIKERS

6.1. Inleiding

Retroreflecterende middelen worden op grote schaal toegepast voor het markeren en signaleren van weggebruikers. Voor een aantal categorieën weggebruikers (voertuigen) bestaan uitgebreide voorschriften over het gebruik van reflectoren. Deze voorschriften zijn meestal internationaal vastgelegd; de bijbehorende normen en keuringsvoorschriften zijn meestal bovendien landelijk vastgesteld. We zullen daar niet op ingaan, maar ons beperken tot een aantal aspecten die meer direct met de waarneembaarheid te maken hebben.

6.2. Voetgangers

In vele landen (o.a. in Scandinavië) zijn voetgangers verplicht bij duisternis retroreflecterende voorzieningen te dragen. Het meeste onderzoek dienaangaande komt dan ook uit Scandinavië, maar ook in andere landen wordt er aandacht aan besteed. Algemene overwegingen zijn gegeven in Anon (1982, 1982a, 1983, 1984a), Arnberg et al. (1983), Gerdes (1984), Hantula (1983) en Helmers (1982). Ongevallenstudies zijn niet bekend, maar men neemt aan dat het hier om een goede maatregel gaat. Het percentage van de voetgangers dat ook daadwerkelijk reflectoren draagt is tamelijk hoog, zeker gezien het feit dat voetgangers over het algemeen niet erg geneigd zijn om zich aan voorschriften te houden. Zo beschrijft Rydgren (1982) dat in 1979 37% van de voetgangers altijd een reflector droeg. Dit percentage neemt overigens af: in 1980 was het 29% en in 1981 slechts 28%. Vrouwen, ouderen en dorpsbewoners blijken relatief vaker reflectoren te dragen dan mannen, jongeren en stadsbewoners. Dit laatste is bevestigd door Oranen (1980), die vond dat buiten bebouwde kommen 60% van de voetgangers een reflector droeg, en erbinen slechts 50%. Ook valt een verschil op tussen Zweden (Rydgren) en Finland (Oranen). Het is niet bekend of al deze verschillen systematisch, consistent en statistisch significant zijn. Tenslotte kan een Zweedse enquête worden vermeld waaruit blijkt dat 1/4 van de mensen geen reflector bezaten; en dat vele mensen dachten dat reflectie niet helpt op verlichte wegen (Pettersson & Olavsson, 1983). Dit kan worden vergeleken met de studie van Shinar

(1984) waaruit bleek dat in vrijwel alle gevallen de zichtbaarheid van een reflector meer was dan minimaal nodig om te stoppen bij 90 km/uur. Daarbij moet de waarschuwing van Blomberg et al. (1981) in gedachten worden gehouden: laboratoriumproeven blijken niet steeds resultaten op te leveren die overeenstemmen met veldexperimenten. Wat betreft de retroreflecterende middelen merken Blomberg et al. (1981) op dat de luminantie belangrijker is dan de afmeting, en dat een mensvorm te verkiezen is boven abstracte vormen. Dit stemt overeen met de door Padmos (1984a) gegeven overwegingen.

Brekke (1982) heeft de eisen die in de Scandinavische landen gelden samengevat. Bij een observatiehoek van 20' en een intreehoek van 0° moet het reflecterend vermogen tenminste 400 mcd/lux bedragen, en bij 20°: 250 mcd/lux. Voor folies en weefsels geldt dat na éénmaal wassen de reflectie nog niet mag zijn afgenomen; na tienmaal wassen moet nog 50% over zijn van het reflectievermogen.

Een ietwat apart geval zijn de joggers die soms in conflict komen met auto's. Williams (1980) suggereert het dragen van retroreflecterende materialen, maar geeft aan dat links lopen duidelijk meer effect zal hebben. Dit is in overeenstemming met de aanbeveling die de OECD voor alle voetgangers heeft gegeven (OECD, 1979). Visueel gehandicapten vormen een aparte groep, voor wie dergelijke aanbevelingen weinig zin hebben. Zij kunnen niet (goed) zien, en hun veiligheid hangt dus geheel af van gezien worden. Walraven (1982) geeft aan dan het nuttig is hiertoe de "blindenstok" met retroreflecterend materiaal te voorzien. Meer aandacht voor de waarneembaarheid van visueel gehandicapten lijkt echter wel op zijn plaats. Tenslotte kunnen pechvogels en wegwerkers gevaar lopen op de weg. Ulmer et al. (1982) bevelen voor de eersten voorzichtigheid en een gevarendriehoek aan, en voor de tweede groep werkkleding met retroreflecterende materialen.

Een aparte plaats wordt ingenomen door ruiters. Het zijn vooral, maar zeker niet alleen, de ruiters van de bereden politie die te kampen hebben met het feit dat ze bij duisternis slecht zichtbaar zijn en ook slecht als ruiter herkenbaar zijn. Onder auspiciën van o.a. de Nederlandse Hippische Sportbond, de politie en het ministerie van Landbouw en Visserij zijn waarnemingsproeven uitgevoerd, waaruit bleek dat de zichtbaarheid en de herkenbaarheid voldoende wordt gewaarborgd door het dragen van een ruiterslantaarn (aan de linkerarm) en (voor het paard) een reflecte-

rende pijpkous aan iedere poot. Een nauwkeurige opgave ontbreekt, maar verwacht kan worden dat Type I (EG) materiaal voldoende is. Van speciale gevallen (bijvoorbeeld voor bereden politie) kan dit alles worden aangevuld met een retroreflecterend ruitervest. De proefnemingen zijn beschreven in Anon (1985b).

6.3. Fietsen

1. Fietsers staan recentelijk in het centrum van de belangstelling. Enerzijds wordt fietsen geacht een gezonde en milieuvriendelijke wijze van vervoer te zijn, en ook een sport op zichzelf, en anderzijds wordt geconstateerd dat fietsers veel bij ongevallen betrokken zijn. En omdat een niet onaanzienlijk deel van de ongevallen bij duisternis plaatsvindt (Blokpoel et al., 1982; SWOV, 1973), is de laatste jaren vooral aandacht besteed aan de nachtzichtbaarheid van fietsers. Daarbij is een belangrijke rol toebedacht aan de verlichting (Driever, 1983; Schreuder, 1981, 1981a). Anderzijds is bekend dat fietsers niet zorgvuldig zijn in het voeren van verlichting wanneer dat voorgeschreven en/of nodig is, zodat ook aan retroreflectoren aandacht wordt besteed - veelal dus als back-up systeem. Dit laatste is niet juist; retroreflectoren hebben bij fietsers, net als bij vele andere toepassingsgebieden, voordelen en nadelen bij vergelijking met verlichting (De Regt, 1981). Een vraag die zijdelings met de retroreflectoren te maken heeft is de volgende: heeft het nut of fietsers een sterke naar voren gerichte lichtbundel met zich voeren? Doel van een dergelijke bundel is om het pad voor de fiets uit duidelijk te verlichten. Schreuder (1981, 1981a) heeft aangegeven dat het belang van een dergelijke bundel in de meeste omstandigheden zeer gering of zelfs verwaarloosbaar is. Te eisen dat een dergelijk bundellicht wordt gebruikt, betekent dat er van het toch al zeer geringe elektrische vermogen maar zeer weinig over blijft voor de verlichting (de signaalverlichting dus) naar opzij en naar achteren (Schreuder, 1981a, 1985e). Dit betekent weer dat de lichtsignalen slechts zwak zijn en dus dat voor een groot deel de signaalfunctie naar opzij en naar achteren door retroreflectoren moet worden verzorgd. Zou men ervoor kiezen dat van het normale gebruik ook naar voren slechts een signaalbundel wordt uitgestraald dan kan het beschikbare elektrische vermogen (en dus de beschikbare lichtstroom) veel meer rondom worden benut.

De internationale (ISO)normering gaat waarschijnlijk in de richting van een sterke bundel naar voren, zodat de kansen van een behoorlijke signaalverlichting rondom maar beperkt lijken. Details zijn gegeven in Schreuder (1985e, 1985f), zie ook Ansinger et al. (1981).

2. Wanneer we mogen veronderstellen dat naar voren de fiets zichtbaar is door een heldere bundel van de koplamp, blijft voor de reflectoren vooral de zijkant en de achterkant over. In beide gevallen is er veel onderzoek gedaan. Eerst zullen we de achterzijde bespreken. In een oudere SWOV-publicatie is de toenmalige stand van kennis en van techniek samengevat (SWOV, 1973). Dit rapport heeft een belangrijke rol gespeeld bij de aanbevelingen en voorschriften aangaande het aanbrengen van retroreflecterende materialen aan de achterzijde van fietsen, zowel in Nederland als ook in andere landen. Zo is de in Nederland reeds enige jaren verplichte rode achterreflector gebaseerd op deze studie. Aanvankelijk is alleen aandacht besteed aan de achterreflector, en niet aan pedaalreflectoren. Als argument is aangevoerd dat pedaalreflectoren toch niet zichtbaar zijn omdat ze verborgen blijven zitten achter de hak van de fietser. Dit is zonder meer een misvatting. Ook is gesteld dat pedaalreflectoren vaak defect of vuil zijn.

Nieuwere studies geven aan dat de pedaalreflectoren wel degelijk nuttig zijn (Anon, 1982b; Arnoldus & Harris, 1981; Van Minnen, 1982). Deze ervaringen liggen in de lijn van hetgeen hiervoor (bijv. in par. 2.3) is gezegd over herkenbaarheid en opvallendheid: pedaalreflectoren zijn bij uitstek geschikt om de herkenbaarheid van fietsen te bevorderen juist omdat ze de trapbeweging zichtbaar maken. De geringe belangstelling die men aanvankelijk had voor de pedaalreflectoren kan een rol hebben gespeeld bij het geconstateerde feit dat pedaalreflectoren vaak niet deugen (Anon, 1979; Wynne-Jones, 1982). Het lijkt dan ook noodzakelijk dat voor pedaalreflectoren betere voorschriften voor wat betreft de optische eigenschappen worden opgesteld, en dat keuringseisen wat betreft deze optische eigenschappen en wat betreft bevestiging, levensduur enz. worden uitgebracht.

Anderzijds is de noodzaak voor het aanbrengen van retroreflecterende voorzieningen aan fietsen niet betwist, mede door de vaak slechte toestand van de fietsverlichting (SWOV, 1973; Anon, 1980; Schreuder, 1985e). Onderzoek heeft ertoe bijgedragen om behoorlijke eisen op te stellen

waaraan de reflectoren moeten voldoen. Naast de reeds genoemde SWOV-studie kunnen we noemen: Bryant (1981); Matthews & Boothby (1980); Watts (1984, 1984a); Zwahlen (1981). Veel van deze metingen zijn gebruikt voor het opstellen van normen en richtlijnen (zie bijvoorbeeld Anon, 1981, 1981b, 1981c) en ook het recente rapport van de EVC (Anon, 1984c). Watts (1984, 1984a) wijst erop dat in vele gevallen de achterreflector kan worden ondersteund door het dragen van retroreflecterende kleding. En ook pedaalreflectoren helpen (Watts, 1984). Matthews & Boothby (1980) en Zwahlen (1981) geven bovendien aan dat de configuratie van de achterlichten en/of de achterreflectoren een ondersteuning kan vormen bij het herkennen van de fiets. Dit sluit aan bij eerdere aanwijzingen om de configuratie van lichten en retroreflectoren te gebruiken voor het verhogen van de herkenbaarheid, meer in het bijzonder van de herkenbaarheid van de categorie van weggebruikers waartoe de betreffende behoort (Roszbach, 1972, 1974; Schreuder, 1976). Overigens moeten we constateren dat hier niet veel van terecht is gekomen.

3. Na het besteden van aandacht aan de voor- en de achterzijde van fietsen is het voor de hand liggend ook aandacht aan de zijkant van fietsen te besteden, meer in het bijzonder omdat er bij fietsen relatief veel flankbotsingen optreden (SWOV, 1973). Een nadere analyse bevestigt dit (Blokpoel et al., 1982). Ofschoon slechts een vrij gering deel van alle flankbotsingen in verband kunnen worden gebracht met omstandigheden waarbij men een positieve invloed van verhoging van de waarneembaarheid van de zijkant van fietsen mag verwachten zal, omdat het in absolute maat om aanzienlijke aantal gevallen gaat, ook in Nederland (in navolging van de meeste buurlanden, met name van België en Duitsland) zijreflectie binnenkort verplicht worden gesteld. Gestreefd wordt naar een invoeringsdatum van 1 januari 1987.

Een complicatie in de situatie kan optreden wanneer hetzij de voorrangregeling voor langzaam verkeer of de categorie-indeling voor tweewielers wordt gewijzigd, of beide. Beide veranderingen worden overwogen ofschoon zekerheid nog niet bestaat. Met name het eerste - de verplichting om alle verkeer, ook langzaam verkeer, van rechts voorrang te verlenen - kan van invloed zijn; de mogelijkheid bestaat dat daardoor strengere eisen zullen worden gesteld aan de zijreflectie (Ebell et al., 1984; IWACC, 1983, 1983a, 1984).

Voor de zijkant van fietsen worden in hoofdzaak twee systemen toegepast: kleine reflectoren met hoekspiegels die aan of tussen de spaken worden bevestigd, en stroken glasparelfolie of hoekspiegels die op de banden, de velgen of op velgkoorden wordt aangebracht, korthedshalve aangeduid met resp. reflectoren en wielcirkels. De reflectoren zijn dus min of meer puntvormig, terwijl de wielcirkels geheel of grotendeels de buitenomtrek van het wiel volgen of benaderen. De studie van Blokpoel et al. (1982) geeft aan dat gezien de toenmalige geringe frequentie van voorkomen op basis van ongevallengegevens geen uitspraak kan worden gegeven over de voorkeur voor één van de twee (zie ook Anon, 1983a, 1983c). In Nederland wordt echter uit praktijkoverwegingen een zekere voorkeur toegekend (Anon, 1983b; De Regt, 1981; Stoovelaar & Groot, 1976).

In het hierboven genoemde consult (Blokpoel et al., 1982) is geen voorkeur voor een van de twee systemen aangegeven. De reden was dat op dat moment de beschikbare kennis niet toeliet een dergelijke voorkeur uit te spreken, een voorkeur die algemeen geldig is en die op wetenschappelijk onderzoek is gebaseerd. Wel is een aantal voor- en nadelen (sterke en zwakke kanten) van de twee systemen weergegeven. Door de specifieke beweging van spaakreflectoren in draaiende wielen dragen deze reflectoren bij tot het karakteriseren van de beweging van de fiets, door hun specifieke cirkelgedaante dragen wielcirkels bij tot het karakteriseren van de tweewieligheid van de fiets. Globaal kan men dit aanduiden met verbetering van resp. de opvallendheid en de herkenbaarheid; ofschoon er in de karakteristieke bewegingskenmerken van spaakreflectoren ook elementen van herkenbaarheid zijn aan te wijzen. Zoals reeds in par. 2.2 is aangegeven, blijken deze twee begrippen bij nader onderzoek veel gemeen te hebben. Voorts kunnen de spaakreflectoren dan de gemakkelijk realiseerbare grote waarde van het retroreflecterend vermogen, veel bijdragen tot de opvallendheid, meer dan de wat kleinere en wat minder reflecterende wielcirkels. Nieuwere tussenvormen kunnen ook een hoge reflectie vertonen. Meer specifiek is het mogelijk het retroreflecterend vermogen van spaakreflectoren zo ver op te voeren dat de waarneembaarheid van andere aspecten van het visuele tafereel (andere verkeersdeelnemers bijvoorbeeld) negatief wordt beïnvloed. Dit mogelijke bezwaar kan door een goed gekozen keuringseis worden vermeden. Concluderend kunnen we dus stellen dat het in aanzienlijke mate van de omstandigheden afhangt welke van de twee systemen voor zijreflectie van fietsen het beste zal functioneren.

Juist op het gebied van de invloed van de omgevingsfactoren en van de waarnemingsomstandigheden blijkt er een zekere lacune in de kennis te zijn. Het bestaan van deze lacune bleek vooral bij het beoordelen van visueel complexe situaties, dat wil zeggen situaties waarbij de visuele informatie uit een veelheid van elementen moet worden geselecteerd; meer in het bijzonder bij situaties die wat betreft de te nemen beslissing gecompliceerd zijn. Het lijkt aannemelijk dat in dit soort situaties de herkenbaarheid een grote rol speelt, en dat in die gevallen de wielcirkels beter kunnen worden waargenomen dan spaakreflectoren. Verder onderzoek is echter gewenst om dit vermoeden nader te onderbouwen.

Het is te verwachten dat meer de visueel gecompliceerde situaties vooral binnen de bebouwde kommen op de belangrijke kruisingen e.d. zal tegenkomen. Dit zijn nu juist de situaties waar volgens de studie van Blokpoel et al. (1982) de meeste kans bestaat dat zijreflectie de verkeersveiligheid kan bevorderen.

Sinds het uitbrengen van dat consult is er soms een zekere voorkeur voor wielcirkels uitgesproken. Deze voorkeur is ingegeven door praktische overwegingen, maar voor een wetenschappelijke ondersteuning van deze voorkeur ontbreken nog de gegevens. Onderzoek is gewenst, zoals in Hoofdstuk 8 van dit rapport nader is aangegeven. In dit opzicht is hetgeen in het SWOV-consult is gesteld, nog steeds van kracht.

Wel zijn er veranderingen in de situatie aan te wijzen sinds het opstellen van het consult, die hebben geleid tot de wens van de beleidsinstanties om meer speciaal het gebruik van wielcirkels te bevorderen. Dit is deels het gevolg van technische ontwikkelingen wat betreft retroreflecterende materialen, en deels van het groeiende inzicht dat, vooral bij gecompliceerde situaties, de nadruk meer lijkt te liggen op de herkenbaarheid (van de fiets in deze situatie) en minder op de opvallendheid, die bij visueel eenvoudiger situaties vaak het zwaarste weegt. Aanvullende wetenschappelijke gegevens over de processen van visuele waarneming hebben bijgedragen tot dit inzicht. Gezien het belang van deze nieuwere gezichtspunten is nader onderzoek aan te bevelen, meer in het bijzonder betreffende de consequenties ervan voor de inrichting en uitmonstering van hulpmiddelen ten behoeve van een verbetering van de visuele waarneming.

Een onderdeel van de maatregel betreft de regelgeving. Wanneer de verplichting tot het voeren van zijreflectie wordt ingevoerd, moeten goed-gekeurde middelen beschikbaar zijn; er moeten dus keuringseisen, keuringvoorschriften en keurmerken worden ingevoerd. Daarbij moet worden bedacht dat er recentelijk allerlei vormen van reflectoren (bijvoorbeeld "banaanvormige" reflectoren) in de handel zijn. Tenslotte dient men ermee rekening te houden of de bedoelde middelen ook in voldoende aantallen leverbaar zijn.

Het valt buiten de opzet van deze studie om aan te geven wat de beste wijze is om de regelgeving en de keuring in te richten. Maar wel kan worden opgemerkt dat het door elkaar voorkomen van verschillende typen zijreflectie bijdraagt tot een mogelijk verdere verwarring in het verkeersbeeld; zo mogelijk dient dit te worden vermeden. Opgemerkt kan worden dat de regelgeving grotendeels gereed is.

Een factor waarmee men, in het bijzonder bij fietsen, moet rekenen is de vaak slechte staat van onderhoud. Ofschoon er geen kwantitatieve gegevens beschikbaar zijn, bestaat de indruk dat fietsen aanzienlijk slechter worden onderhouden dan bijvoorbeeld auto's of motoren. Race- en trimfietsen zijn daarop een uitzondering. We hebben hierboven reeds gewezen op het feit dat veel fietsen slechte verlichting en ook vaak slechte reflectoren voeren. Dit is ook gevonden in een Finse studie: bij een onderzoek van 2841 fietsen bleek ca. 1/5 geen of een defecte reflector te hebben; bij een steekproef in het donker van 526 fietsen bleek dat 61% geen koplamp gebruikte, en slechts 10% de in Finland aanbevolen reflectorarm (Oranen & Koivurova, 1982). Overigens moet erop worden gewezen dat het gebruik van fietsverlichting sterk blijkt af te hangen van de verlichting in de omgeving (Arnoldus, 1985).

Gebaseerd op dergelijke gegevens en overwegingen pleit Schreuder (1985e) er voor om allereerst pogingen in het werk te stellen om ervoor te zorgen dat de fiets (weer) als een volwaardig vervoermiddel wordt beschouwd.

6.4. Motoren en bromfietsen

Op verkeerskundige en juridische gronden is het gebruikelijk om bromfietsen bij de fietsen te rekenen. Aangezien bromfietsen ook een motor hebben - zij het vaak een kleine - is het wat de verlichting betreft meer ge-

ëigend ze bij de motorfietsen te behandelen - en dus ook wat betreft de toepassing van retroreflectoren.

Het meeste onderzoek aangaande gemotoriseerde tweewielers is in het buitenland uitgevoerd en betreft motoren. Vreemd, omdat met name in Nederland de bromfiets een zeer populair voertuig is. Nog steeds is dat zo, ook al is het aantal bromfietsen de laatste jaren sterk teruggelopen. De introductie van de motorfiets heeft daar niets aan veranderd; wellicht dat bij invoeren van nog meer klassen gemotoriseerde tweewielers naar analogie van wat in de Bondsrepubliek Duitsland aanwezig is, hier verandering in zal aanbrengen. Toevoegen van meer klassen en categorieën tweewielers kan echter betekenen dat nog hogere eisen zullen worden gesteld aan de mogelijkheden om al die categorieën voor de weggebruikers ook onderscheidbaar te maken. Bij duisternis zal dat van een groot deel met behulp van retroreflectoren moeten gebeuren. Gezien de nu reeds gecompliceerde situatie moet met de mogelijkheid rekening worden gehouden dat de verkeersonveiligheid zal toenemen wanneer nog meer aparte categorieën tweewielers worden ingevoerd, met name natuurlijk wanneer die verschillende categorieën ook daadwerkelijk verschillen in verkeersgedrag en/of in juridische verkeersstatus. Met andere woorden: nieuwe categorieën tweewielers zijn uit overwegingen van verkeersveiligheid niet aan te bevelen, ook al is het een economisch aantrekkelijk voorstel.

Bij het onderzoek naar motorfietsen is allereerst aandacht besteed aan de hier niet aan de orde zijnde vraag of motoren overdag licht moeten voeren. Het onderzoek is samengevat in Schreuder (1985f). Over het algemeen wordt een positief effect daarvan op de verkeersveiligheid verwacht (Olson et al., 1981). In vele landen is het gebruik van koplampen door motorfietsen ook overdag verplicht. Daarbij bestaat het gevaar dat er concurrentie en een "opvallendheidsspiraal" gaat ontstaan. Voorts wordt fluorescerende kleding aanbevolen, hetwelk de herkenbaarheid kan bevorderen.

Wat de nacht betreft wordt naast de normale verlichting ook het gebruik van retroreflecterende middelen aanbevolen. Wat de waarneembaarheid van de achterkant betreft, zijn er aanwijzingen dat vooral de retroreflectoren aan de kleding nuttig zijn; die aan de motor zelf veel minder (Olson & Sivak, 1981; Olson et al., 1981). Een bevredigend antwoord van deze op zich onverwachte uitspraak is niet gegeven. Het is niet bekend of een dergelijk effect ook door andere onderzoekers is gevonden. Ook worden,

naar analogie van wat reeds eerder is vermeld, bepaalde configuraties van achterlichten aanbevelen (Freedman & Davit, 1982).

Voor de zijkant worden reflectoren aanbevelen (Freedman, 1982). Bij bromfietsen, en zeker voor motorfietsen is in de wielen weinig plaats, ofschoon er auto- en motorbanden met reflecterende stroken in de handel schijnen te zijn. Het is niet bekend of het daarbij om een serieuze verkeersveiligheidsmaatregel gaat of om een versiersel.

6.5. Personenauto's

Auto's zijn traditioneel de plaats waar retroreflectoren het eerste op grote schaal zijn toegepast. In de meeste gevallen zijn voorschriften omtrent retroreflectoren ondergebracht bij voorschriften omtrent delen en uitrusting van auto's (zo bijvoorbeeld de reglementen van de Europese Commissie van de Verenigde Naties te Genève) en ook de gestandaardiseerde meetmethoden zijn toegespitst op het gebruik op motorvoertuigen (zie OECD, 1972). Wellicht is daaruit ook te ontleen de voorkeur van retroreflectie in smalle bundels met hoge piekintensiteiten.

Meer recente studies omtrent de retroreflecterende materialen aan auto's betreffen vrijwel uitsluitend de nummerplaten. Het is eigenlijk helemaal niet duidelijk wat de functie van retroreflecterende nummerplaten is. Voor de waarneembaarheid van auto's zijn betere alternatieven te bedenken (SWOV, 1969) en die zijn dan ook voor auto's verplicht. Voor het registreren van auto's door belasting en politie is het retroreflecterende uitvoeren van nummerplaten niet steeds een voordeel (zie Anon, 1978a; SWOV, 1969; Van Dijnen, 1981). Studies dienaangaande zijn, naast het reeds genoemde SWOV-rapport, gegevens door Olson & Sivak (1983).

Wat betreft de waarneembaarheid van de auto's zelf kan worden verwezen naar een interessante Duitse studie (Anon, 1981d) waar gevonden is dat de opvallendheid van auto's veel meer van de glans dan van de kleuren afhangt. Bovendien is geconstateerd dat vuile auto's sterk hun glans verliezen: bij schonere auto's is de glansfactor meestal 87-93%, terwijl de glansfactor bij vele auto's vaak niet meer dan 15% bedraagt (overigens is niet aangegeven wat deze glansfactor precies is). Deze opmerkingen gelden voor de opvallendheid overdag; er zijn redenen aan te geven dat 's nachts - zeker op wegen met openbare verlichting - de glans wellicht een nog grotere rol speelt wegens de spiegelingen van de lichtpunten van de open-

bare verlichting. Nader onderzoek zou wel eens interessante resultaten kunnen opleveren; wellicht is glans meer effectief dan retroreflectie! Tenslotte kan nog worden gewezen op een studie van Schreuder (1984) waaruit blijkt dat onder sommige omstandigheden de opvallendheid van auto's (hier van politieauto's) wel eens te groot kan zijn. Iets dat men ook in gedachten moet houden bij voorstellen om de toepassing van retroreflecterende materialen (en van fluorescerende materialen voor de dagsituatie) verder uit te breiden.

6.6. Vrachtauto's en landbouwvoertuigen

Vrachtauto's verschillen van personenauto's wat betreft hun afmetingen en wat betreft hun bewegingskenmerken. Voor landbouwvoertuigen is dat laatste in nog sterkere mate het geval. Daarom is het noodzakelijk een zodanige categorie-aanduiding te creëren dat ook bij duisternis vrachtauto's en landbouwvoertuigen als zodanig herkend kunnen worden en wel op voldoende grote afstand. In dit verband wordt hetgeen in par. 2.1 over de twee taakaspecten (Taak I en Taak II) is gezegd, weer in herinnering gebracht.

De grondslagen voor een systeem voor de aanduiding van de categorie van (motor)voertuigen is gegeven door Roszbach (1972, 1974). In dit verband zijn een groot aantal eerdere studies op dit gebied samengevat (zie ook Schreuder, 1976). En nieuwere, zeer volledige studie is uitgevoerd in de V.S. (Burger et al., 1981; Zeidman et al., 1981), waarbij naast de categorie-aanduiding ook veel aandacht is besteed aan de contourmarkering van vrachtauto's en aan de plaats en het aantal van de richtingsaanwijzers. Het gaat bij deze studies in de eerste plaats over de achterzijde van de vrachtauto's, en in de tweede plaats (daaraan duidelijk ondergeschikt) over de voorzijde. Er is hier en daar enige aandacht besteed aan de zijkant van de vrachtauto's, maar dit lijkt bepaald te weinig gezien het gevaar voor flankbotsingen met vrachtauto's. Meer in het bijzonder zouden contourmarkeringen veel meer dan de gebruikelijke (punt)reflectoren kunnen bijdragen tot de herkenbaarheid van de zijkant van vrachtauto's. Aan de landbouwvoertuigen wordt weinig aandacht besteed. Wellicht wordt dit gegeven door het feit dat dergelijke voertuigen slechts zelden op de openbare weg kwamen. Er zijn geen aanwijzingen dat er grote aantallen ongevallen voorkomen waarbij de eventuele slechte waarneembaarheid van

landbouwvoertuigen een doorslaggevende rol heeft gespeeld; aan de andere kant dient men te bedenken dat het uitrusten met retroreflecterende middelen een eenvoudige en goedkope maatregel is die de verkeersveiligheid kan dienen (Anon, 1983d). Het is daarom verheugend te constateren dat de provincie Drenthe het initiatief heeft genomen om een verzameling van aanbevelingen en richtlijnen over het gebruik (daarbij inbegrepen de markering) van landbouwvoertuigen uit te geven, en, wat bovendien nog belangrijker is, vergezeld van een toelichting, op grote schaal te verspreiden (Anon, 1984b).

6.7. Gevarendriehoeken

Een belangrijk, zij het niet frequent gebruikt, hulpmiddel bij het ondersteunen van de waarneembaarheid is de gevarendriehoek. In het verleden zijn uitgebreide studies ondernomen over de functionele vereisten en de daaruit af te leiden fotometrische eisen van gevarendriehoeken en evenzeer van andere eisen zoals de stabiliteit (zie bijvoorbeeld SWOV, 1969b). Sinds het meevoeren en - wanneer nodig - gebruiken van gevarendriehoeken in vrijwel alle landen verplicht is, is daar niet zo veel meer aan toegevoegd - en aan toe te voegen (zie ook Anon, 1985a). In een paar recente studies wordt aangegeven dat naast gevarendriehoeken ook andere hulpmiddelen van belang kunnen zijn, zoals (retroreflecterende en fluorescerende) kleding en fakkels (Ulmer et al., 1982; Levy, 1983). Voorzichtig mag men hieruit wellicht de conclusie trekken dat de gevarendriehoek niet onder alle omstandigheden afdoende is. Het is echter de vraag of dit nadere studie rechtvaardigt.

6.8. Conclusies

Met het bovenstaande kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Naast het voorschrift dat voetgangers, wanneer ze op de rijbaan lopen, links moeten lopen, is het nodig om retroreflecterende middelen met klem aan te bevelen, zo niet verplicht voor te schrijven.
- Wat betreft de zijreflectie van fietsen resulteren wielcirkels in een betere herkenbaarheid dan de (puntvormige) spaakreflectoren. In visueel gecompliceerde situaties kunnen wielcirkels beter worden waargenomen. Er zijn momenteel niet voldoende gegevens beschikbaar om met zekerheid te

kunnen stellen dat in het algemeen aan wielcirkels de voorkeur moet worden gegeven boven spaakreflectoren. Nadere studie over het relatieve belang van opvallendheid en herkenbaarheid is gewenst.

- Het verdient geen aanbeveling - zoals in de ISO-norm gebeurt - de waarneembaarheid van de zijkant en de achterkant van fietsen op te offeren aan het verschaffen van een intense, gerichte lichtbundel recht naar voren, met name niet omdat daarmee de eisen te stellen aan de retroreflecterende middelen aan de zijkant en de achterkant van de fiets extra (en bovendien onnodig) worden verzwaard.

- Het verdient aanbeveling te bevorderen dat de fiets meer als een volwaardig vervoermiddel wordt beschouwd.

- Bij het overwegen nieuwe categorieën gemotoriseerde tweewielers in te voeren moet aandacht worden besteed aan de extra problemen die het herkenbaar maken van die categorie - meer in het bijzonder bij duisternis - oplevert.

- Het verdient aanbeveling de categorie-indeling van personenauto's en vrachtauto's opnieuw te bestuderen, daarbij rekening houdend met het verschil in afmetingen en bewegingskenmerken, en met de noodzaak om die categorie ook bij duisternis herkenbaar te maken, vooral wat betreft de zijkant.

- Nadere studie over de markering en signalering van landbouwvoertuigen lijkt niet nodig te zijn; wel is een betere voorlichting wellicht van belang.

7. CONCLUSIES

7.1. Retroreflecterende materialen

- Het toepassingsgebied voor retroreflecterende middelen is beperkt tot die omstandigheden waar het gaat om informatie die aan bestuurders van motorvoertuigen moet worden overgebracht.
- De verschillende soorten reflecterende materialen hebben ieder hun eigen voor- en nadelen en hun eigen optimale toepassingsgebied.
- Binnen de foliematerialen gaat de voorkeur uit naar type II (sheets with encapsulated glass spheres), ofschoon voor gevallen waarbij op korte afstand wordt waargenomen type I meestal ook voldoet.
- De huidige normering, met name van de meetgeometrie, werkt uitspraken als de vorige in de hand. Het is echter de vraag of dat terecht is. Meer onderzoek naar retroreflecterende materialen met brede verdelingen ("long tail") is gewenst.

7.2. Verkeerstekens en bewegwijzering

- De leesbaarheid van verkeerstekens wordt door een aantal parameters bepaald, waarbij vooral luminantie en contrast van belang zijn.
- De luminantie moet optimaal ca. 40-100 cd/m² bedragen.
- Het contrast tussen symbolen en achtergrond moet optimaal ca. 30:1 à 40:1 zijn.
- Bij het opstellen van normen moet met name met oudere waarnemers rekening worden gehouden.
- Wegwijzers aan portalen kunnen beter retroreflecterend dan met eigen verlichting worden uitgevoerd.
- In dat geval verdient toepassing van retroreflecterend materiaal van type II de voorkeur.
- Onderhoud en reinigen van verkeerstekens is van belang.

7.3. Retroreflectie aan de weg

- De nat-nachtzichtbaarheid van wegmarkeringen kan als een opgelost probleem worden beschouwd. Zowel met retroreflecterende markeerknoppen als met geprofileerde wegmarkeringen kan de zichtbaarheid ook bij nacht op natte wegen worden gewaarborgd.

- De mate waarin de geluidproductie van geprofileerde wegmarkeringen hinder oplevert, dient nader te worden onderzocht.
- De functie en de uitvoeringsvormen van wegmarkeringen op wegen binnen de bebouwde kom dient te worden onderzocht. Daarbij dient aandacht te worden besteed aan de mogelijke toepassing van (permanente) plakstroken.
- Bij werk in uitvoering dient de markering onder of juist boven ooghoogte te worden aangebracht.

7.4. Weggebruikers

- Naast het voorschrift dat voetgangers, wanneer ze op de rijbaan lopen, links moeten lopen, is het nodig om retroreflecterende middelen met klem aan te bevelen, zo niet verplicht voor te schrijven.
- Wat betreft de zijreflectie van fietsen resulteren wielercirkels in een betere herkenbaarheid dan de (puntvormige) spaakreflectoren. In visueel gecompliceerde situaties kunnen wielcirkels beter worden waargenomen. Er zijn momenteel niet voldoende gegevens beschikbaar om met zekerheid te kunnen stellen dat in het algemeen aan wielcirkels de voorkeur moet worden gegeven boven spaakreflectoren. Nadere studie over het relatieve belang van opvallendheid en herkenbaarheid is gewenst.
- Het verdient geen aanbeveling - zoals in de ISO-norm gebeurt - de waarneembaarheid van de zijkant en de achterkant van fietsen op te offeren aan het verschaffen van een intense, gerichte lichtbundel recht naar voren, met name niet omdat daarmee de eigen te stellen aan de retroreflecterende middelen aan de zijkant en de achterkant van de fiets extra (en bovendien onnodig) worden verzwaard.
- Het verdient aanbeveling te bevorderen dat de fiets meer als een volwaardig vervoermiddel wordt beschouwd.
- Bij het overwegen nieuwe categorieën gemotoriseerde tweewielers in te voeren moet aandacht worden besteed aan de extra problemen die het herkenbaar maken van die categorie - meer in het bijzonder bij duisternis - oplevert.
- Het verdient aanbeveling de categorie-indeling van personenauto's en vrachtauto's opnieuw te bestuderen, daarbij rekening houdend met het verschil in afmetingen en bewegingskenmerken, en met de noodzaak om die categorie ook bij duisternis herkenbaar te maken, vooral wat betreft de zijkant.

- Nadere studie over de markering en signalering van landbouwvoertuigen lijkt niet nodig te zijn; wel is een betere voorlichting wellicht van belang.

8. SUGGESTIES VOOR NADERE STUDIE

Gezien de opzet van deze studie als een overzicht van de stand van zaken is een gedetailleerde opgave van voorstellen voor nader onderzoek niet op zijn plaats. Wel kunnen enige suggesties voor verdere studie worden gegeven, suggesties die noch compleet noch nader uitgewerkt zijn. Deze nadere uitwerking past in een vervolgactiviteit; de eerste stappen voor het realiseren van een dergelijke vervolgactiviteit zijn reeds ondernomen. Het is voorbarig om nader in te gaan op de inhoudelijke of organisatorische aspecten van deze vervolgactiviteit; we volstaan met het vermelden van de indruk dat het om een breed opgezette en multidisciplinair uitgevoerde studie zal gaan, die zowel de theorievorming als de praktische toepassing zal omvatten en die in een aantal gevallen de aanzet zal dienen te geven tot het ontwikkelen en/of optimaliseren van bepaalde producten. Tot de suggesties voor onderdelen voor deze verdere studie behoren:

- Een studie, zowel theoretisch als praktisch opgezet, over de fundamenteën van visuele waarneming. Wellicht kan aansluiting worden gezocht bij het door Norman (1976) beschreven model over visuele waarneming (par. 2.3). Hierbij sluit aan een studie betreffende de voor het verkeer relevante visuele elementen en de mate waarin het "vraag-en-aanbod"-model op de herkenbaarheid kan worden toegepast (par. 2.5).
- Praktische studies over de invloed van nieuwe ontwikkelingen op het gebied van dimbundels en van "verbeterd stadslicht" op de eisen te stellen aan retroreflecterende materialen (par. 3.3). Aansluitende studies over de relatie tussen retroreflecterend vermogen en waarnemingsafstand, met name bij foliematerialen (par. 3.2).
- Een studie van vooral praktische aard, maar gebaseerd op theoretische overwegingen, betreffende het in groepen indelen van verkeerstekens (par. 2.1; 4.1; 4.5). Aansluitend een studie naar de functionele vereisten en de fotometrische eisen wat betreft verkeerstekens binnen bebouwde kommen (par. 4.5) en verder een nadere studie over de mogelijkheden van "long tail"-verdelingen voor reflecterende materialen (par. 3.2).
- Een studie over de mogelijke verbetering van de uitrusting en onderhoudsbestand van fietsen, uitgaande van een verbetering van de opvatting over fietsen als vervoermiddel (par. 6.3).
- o Het formuleren van antwoorden op een aantal praktijkvragen betreffende

het gebied bij geprofileerde wegmarkeringen (par. 5.2); toepassing van wegmarkeringen binnen bebouwde gebieden (par. 5.2); keuringsvoorschriften voor pedaalreflectoren van fietsen (par. 6.3) en de zijmarkering van vrachtauto's en landbouwvoertuigen (par. 6.6).

AFBEELDINGEN EN TABELLEN

Afbeelding 1. Retroreflectie door middel van hoekspiegels

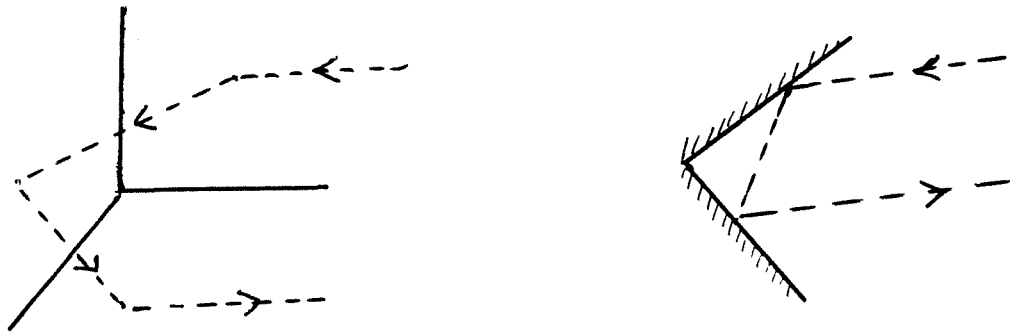
Afbeelding 2. Retroreflectie door middel van lensreflectoren

Afbeelding 3. Retroreflectie door middel van folie met ingebedde glasparels (= Type I)

Afbeelding 4. Retroreflectie door middel van folie met ingekapselde glasparels (= Type II)

Tabel 1. Karakteristieke objecten bij verschillende taakaspecten

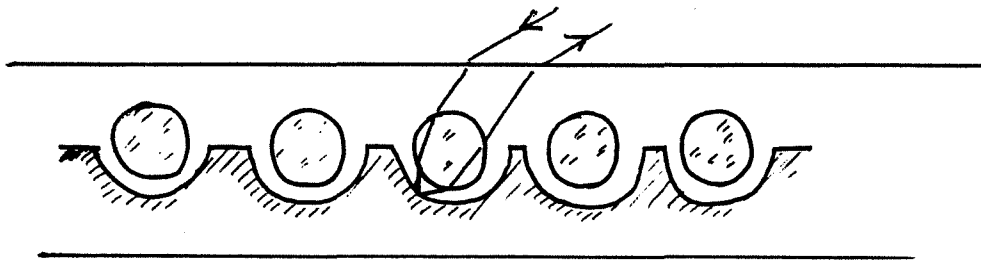
Tabel 2. Overzicht retroreflecterende materialen



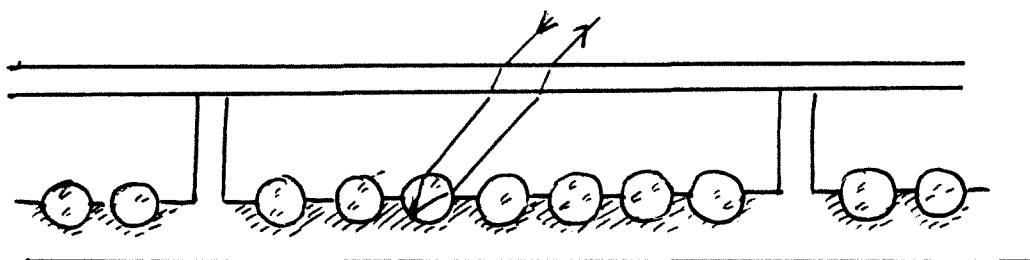
Afbeelding 1. Retroreflectie door middel van hoekspiegels



Afbeelding 2. Retroreflectie door middel van lensreflectoren



Afbeelding 3. Retroreflectie door middel van folie met ingebedde
glasparels (= Type I)



Afbeelding 4. Retroreflectie door middel van folie met ingekapselde
glasparels (= Type II)

Taakaspect/manoeuvrē	Karakteristiek object
Routehandhaving	Verkeerstekens, wegmarkeringen, bebouwing, enz.
Samengestelde manoeuvre	Wegmarkeringen, verkeerstekens, wegbegrenzing
Elementaire manoeuvre	Voorwerp zelf: contrast
Manoeuvredelen	Grensverharding: contrast
Ander verkeer	Voorwerp zelf: contrast Signalen en tekens: opvallendheid
Taak II	Als Taak I: minder signalen en tekens; meer opvallendheid

Tabel 1. Karakteristieke objecten bij verschillende taakaspecten

(from CIE Publication No. 39-2 (TC 1.6) 1983, Recommendations for surface colours for visual signalling, and ISO Standard 3864 (1984) Safety Colours and Signs)

CHROMATICITY COORDINATES OF THE CORNERS OF THE RECOMMENDED REGIONS FOR THE COLOUR OF RETROREFLECTING MATERIALS

Measurements with 45/0 geometry - Standard Illuminant D65

Colours	Chromaticity coordinates					Luminance factor	
		1	2	3	4	Class I	Class II
Red	x	0.690	0.595	0.569	0.655	≥ 0.05	≥ 0.03
	y	0.310	0.315	0.341	0.345		
Orange	x	0.610	0.535	0.506	0.570	0.17	0.14
	y	0.390	0.375	0.404	0.429		
Yellow	x	0.545	0.487	0.427	0.465	0.27	0.16
	y	0.454	0.423	0.483	0.534		
Green	x	0.007	0.248	0.177	0.026	0.04	0.03
	y	0.703	0.409	0.362	0.399		
Blue	x	0.078	0.150	0.210	0.137	0.01	0.01
	y	0.171	0.220	0.160	0.038		
Purple	x	0.302	0.307	0.374	0.457	0.03	0.02
	y	0.064	0.203	0.247	0.136		
White	x	0.355*	0.305*	0.285	0.335	0.35	0.27
	y	0.355*	0.305*	0.325	0.375		
* In ISO 3864, these values are	x	0.350	0.300				
	y	0.360	0.310				

DEFINITION OF CLASS I AND CLASS II RETROREFLECTING MATERIALS (co-planar geometry)

Class	Observation angle	Entrance angle	Minimum values of the coefficient of retro-reflection R' in $\text{cd.lx}^{-1}.\text{m}^2$ for the materials specified in Table 1, measured with Standard Illuminant A						
			Red	Orange	Yellow	Green	Blue	Purple	White
I	20' 2°	5°	10	20	35	7	2	2	50
		30°	0.4	0.8	1.5	0.3	0.1	0.1	2.5
II	20' 2°	5°	25	65	122	21	14	14	180
		30°	0.4	0.8	1.5	0.3	0.1	0.1	2.5

Tabel 2. Overzicht retroreflecterende materialen

BIBLIOGRAFIE

- Alferdinck, J.W.A.M. (1984). Achteruitgang van de retroreflecterende eigenschappen van borden en pilonen bij gebruik voor werk in uitvoering. Rapport no. IZF 1984 C-2. IZF-TNO, Soesterberg, 1984.
- Allen, T.N. (1958). Night legibility distance of highway signs. Highway Research Board Bulletin 191 (1958) 33-40. (Cit.: Dahlstedt & Svenson, 1977).
- Anderton, P.J. & Cole, B.L. (1982). Contour separation and sign legibility. Honeywell Computer Journal 12 (1982) 103-109.
- André, D.; Hubert, R.; Serres, A.M. (1981). Les panneaux de signalisation sur portiques, leur visibilité les diverses technologies. Lux (1981) no. 112: 4-12.
- Anon (1970). Reflexstoffe zur Verkehrssicherung. DIN 67520, 1969. Lichttechnik 22 (1970) 23-24.
- Anon (1971). Manual on uniform traffic control devices for streets and highways. Federal Highway Administration, Washington, D.C., 1971.
- Anon (1976). Illumination of road signs. Memorandum 1976-11. National Road Administration (Sweden), 1976.
- Anon (1978). Manual on uniform traffic control devices for streets and highways. Federal Highway Administration, Washington, D.C., 1978.
- Anon (1978a). Police identification at night of retro-reflective vehicle registration plates with different levels of reflectivity. International Federation of Senior Police Officers IFSPO, Münster, 1978.
- Anon (1979). Reflectoren op pedalen zijn slecht. NRC-Handelsblad, 25 augustus 1979, blz. 3.
- Anon (1979a). Changeable message signs. NCHRP 61. Transportation Research Board, Washington, D.C., 1979.
- Anon (1979b). Aufsichtfarben für Verkehrszeichen. DIN 6171, Teil 1. Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, 1971.
- Anon (1980). Improved visibility of bicycles: cyclists, moped riders, motorcyclists. Rapport 29 (in Swedish). Nordisk Trafiksikkerhetsrådet, Stockholm, 1980.
- Anon (1980a). Moderne bewegwijzering en verkeersveiligheid. Intertraffic '80 Special, blz. 1-7. 3 M Nederland B.V., Leiden, 1980.
- Anon (1980b). Calcul de la portée des rétroreflecteurs. Etude 18 Ph. Centre National d'Etudes des Télécommunications. Ministère des Transports, 1980.
- Anon (1981). Retroreflective materials and devices for road traffic control purposes, Part 2: Retroreflective devices (non-pavement applications). AS 1906. Standards Association of Australia, Sydney, 1981.

- Anon (1981a). International conference on Optical radiation measurement of fluorescent and retroreflective materials, June 17-19, 1981. Council for Optical Radiation Measurements, Bloomington, Minn., 1981.
- Anon (1981b). Specification for safety requirements for bicycles. BS 6102, Part 1. British Standards Institution, London, 1981.
- Anon (1981c). Bicycles products, brakes, lights and helmets. State Bicycle Committee, Melbourne, 1981.
- Anon (1981d). Verschmutzte Autos sieht man später. Neuer Merkur 25 (1981) 9: 14-16.
- Anon (1981e). Reflectorisation of traffic signs. Advice note TA/19/81. Department of Transport, London, 1981.
- Anon (1981f). Methods of sampling and testing retroreflective materials and devices for road traffic control purposes, Part 2: Retroreflective devices (non-pavement application). AS 2445-2. Standards Association of Australia, Sydney, 1981.
- Anon (1981g). Meer zekerheid in het donker; Licht, verkeerstekens en retroreflectie. 3 M Nederland B.V., Leiden, (1981) (jaartal geschat).
- Anon (1982). Pedestrian retroreflectors; Functional and technical requirements. Report No. 5. Nordic Research Cooperation for Night Traffic, Trondheim, 1982.
- Anon (1982a). Making safety highly visible. Journal Am. Insur. 58 (1982) 3: 27-29.
- Anon (1982b). Gebruik fietsreflector en reflecterende pedalen lijkt aantal doden en gewonden te verminderen. SWOV-schrift 13 (september 1982).
- Anon (1982c). Cycles, Part 2: Specifications for photometric and physical requirements of reflective devices. BS 6102. British Standards Institution, London, 1982.
- Anon (1982d). Traffic signs manual, Chapter I: Introduction. Second Edition. HMSO, London, 1982.
- Anon (1982e). Methods of sampling and testing retroreflective materials and devices for road traffic control purposes, Part 3: Raised pavement markers. AS 2445-3. Standards Association of Australia, Sydney, 1982.
- Anon (1983). Zichtbaarheid is persoonlijke veiligheid. Reflex (1983) 3: 8-9.
- Anon (1983a). Weinig verschil tussen effecten van spaakreflectoren en reflecterende banden. SWOV-schrift 15 (maart 1983) blz. 5.
- Anon (1983b). Een fiets met reflecterende wielcirkels goed te zien. Tweewieler info. ANWB, Den Haag, 1983 (jaartal geschat).
- Anon (1983c). De fietshokken lopen weer vol. Reflex (1983) 3: 6-7.

- Anon (1983d). Herkenbaarheid en zichtbaarheid van landbouwverkeer. Reflex (1983) 3: 15-16.
- Anon (1983e). Road traffic signs and internally illuminated bollards. BS 873, Part. 6. British Standards Institution, London, 1983.
- Anon (1983f). Wegris, voor efficiënt beheer en onderhoud groen- en verkeersvoorzieningen. Reflex (1983) 3: 12-13.
- Anon (1983g). Maintenance of road signs, markings and other safety equipment. IRF, Genève, (1983) (jaartal geschat).
- Anon (1983h). Verkeerstekens; Algemene voorschriften voor borden. Concept NEN 3381. Nederlands Normalisatie Instituut NNI, 1983.
- Anon (1983j). Keuringseisen voor reflectoren voor motorvoertuigen en lengtedriehoeken voor aanhangwagens en opleggers, 17 april 1967, no. R 22864, gewijzigd februari 1983. Uitvoeringsvoorschriften no. 2. (C III-S), Wegenverkeerswet (1983).
- Anon (1983k). Second Special Report from the Transport Committee. House of Commons Session 1982-83. HMSO, London, 1983.
- Anon (1984). Sign visibility experts symposium, August 2-3, 1984. 3 M, St. Paul, Minn., 1984.
- Anon (1984a). Retro-reflective safety products produced for pedestrians. 3M Topics 7 (1984) 1 (March) p. 2.
- Anon (1984b). Verkeersveiligheidsvoorschriften in en voor de landbouw. Regionaal Orgaan voor de Verkeersveiligheid in Drenthe, Assen, 1984.
- Anon (1984c). Cycle and light-powered two-wheeler accidents. European Experimental Vehicles Committee Working Group 8. EEVC/CEVE, 1984.
- Anon (1984d). Alternatieven voor de verkeerszuil. Mededeling: 28. Studiecentrum Verkeerstechniek SVT, Driebergen-Rijsenburg, 1984.
- Anon (1985). Onderhoud, kostenbesparend en ter vergroting verkeersveiligheid. Reflex (1985) 4 (januari): 4-6.
- Anon (1985a). Uniform provisions for the approval of advance-warning triangles. Addendum 26 Amendament 3. Agreement concerning the adoption of uniform conditions of approval and reciprocal recognition of approval for motorvehicle equipment and parts done at Geneva on 20 March 1958. United Nations/ECE, Geneve, 1985.
- Anon (1985b). Zichtbaarheid en herkenbaarheid van paard en ruiter in het verkeer. Ned. Hippische Bond/Philips, Eindhoven (1985) (jaartal geschat).
- Anon (1985c). Elliptische autokoplamp. Carrosserie 52 (1985) 6: 401.
- Ansinger, A.L.H.L.; Lubbers, B.D.; Van de Grift, W.A.G.; Schreuder, D.A.; Kweekel, J.; Stoovelaar, F. (1981). Achtergrondinformatie ten behoeve van de actie "Fietser laat je zien". VVN, Hilversum, 1981.

- Arnberg, P.W.; Arnberg, L.; Tollabeck, A.; Frank, K.; Holm, B. (1983). Traffic training of young children (In Swedish). Socialstyrelsen, Stockholm, 1983.
- Arnoldus, J.G. (1985). Fietsverlichting en aanwezigheid reflectie. Intern rapport. SWOV, Leidschendam, 1985 (Niet gepubliceerd).
- Arnoldus, J.G.; Harris, S. (1981). Weinig fietsen zonder rode reflector. Verkeerskunde 32 (1981): 297-298.
- Attwood, D.A. (1976). Effects of headlight intensity and ambient illumination of two-lane passing behaviour. Int. Ergonomics Association, Human Factors Society, Santa Monica, 1976.
- Bernhard, M. (1984). Trends in road signing in Europe. In: TRB, 1984.
- Blaise, P. (1976). Signalisation visuelle. Lux (1976) No. 88: 156-164.
- Blokpoel, A.; Schreuder, D.A.; Wegman, F.C.M. (1982). De waarneembaarheid bij duisternis van de zijkant van fietsen. R-82-36. SWOV, Leidschendam, 1982.
- Blomberg, R.D.; Leaf, W.A.; Jacobs, H.H. (1981). Detection and recognition of pedestrians at night. Transp. Research Circular No. 219 (1981): 17-21.
- Bouma, H.; Van Nes, F.L. (1978). De leesbaarheid van lijnsegmenten op displays. Ned. T. Psychologie 33 (1978): 289-303.
- Brekke, B. (1982). Technical specifications for pedestrians retroreflectors. CIE-Journal 1 (1982): 40-47.
- Brenning, E.D. (1973). Evaluation of reflectorized traffic sign materials under controlled rainfall conditions. Research Report 7. Highway Traffic Safety Center, Univ. of Illinois, 1973. (Cit.: Hutchinson & Pullen, 1978).
- Brevoord, G.A. (1983). Dwarsstrepen; Een reactie. Verkeerskunde 34 (1983): 208.
- Brevoord, G.A. (1984). Preadvies. Het Nederlandse Wegencongres, Den Haag, 1984.
- Briquet, P. (1983). Panneaux à messages variables, technologie et homologation. Bull. Liaison Labo. P. et Ch. (1983) no. 124: 17-23.
- Bryant, J.F.M. (1980). Workshop on traffic through signing. Conference report. Australian Road Research, Vermont South, Vic, 1980.
- Bryant, J.F.M. (1981). Cyclists visibility. State Bicycle Committee, Melbourne, 1981.
- Burger, W.J.; Smith, R.L.; Zeidman, K.; Mulholland, M.U.; Bardales, M.C.; Sharkey, T.J. (1980). Improved commercial vehicle conspicuity and signalling system; Accident analysis and functional requirements, Task I. Vector Enterprises, Inc., Santa Monica, Cal., 1981.

- Chandler, K.N. (1954). The theory of corner-cube reflectors. Research Note No. RN/2267/KNC. Road Research Laboratory, 1954.
- Chandler, K.N. (1954a). The theory of a lens-type reflector. Research Note No. RN/2266/KNC. Road Research Laboratory, 1954.
- CIE (1974). Lighting of traffic signs (Draft Recommendation). Commission Internationale de l'Eclairage CIE, Paris, 1974.
- CIE (1982). Retroreflection; Definition and measurement. Publication No. 54. Commission Internationale de l'Eclairage CIE, Paris, 1982.
- CIE (1983). Recommendations for surface colours for visual signalling. Publication No. 39-2. Commission Internationale de l'Eclairage CIE, Paris, 1983.
- CIE (1984). Properties and uses of retroreflectors at night. (Draft Technical report). Commission Internationale de l'Eclairage CIE, Paris, 1984.
- CIE (1984a). Signs. (Draft Technical report). Commission Internationale de l'Eclairage CIE, Paris, 1984.
- Cole, B.L. (1980). Conspicuity of road traffic signs. In: Bryant, 1980.
- Cole, B.L.; Jenkins, S.E. (1978). Visual conspicuity of road traffic devices. Internal Report AIR 218-1. Australian Road Research Board, 1978 (Cit.: Jenkins & Cole, 1982).
- Cole, B.L.; Jenkins, S.E. (1979). The effect of size and luminance on visual conspicuity in the road traffic environment. Internal Report AIR 218-3. Australian Road Research Board, 1979.
- Craig, A. (1981). Monitoring for one kind of signal in the presence of another: The effects of signal mix on detectability. *Human Factors* 23 (1981): 191-197.
- Dahlstedt, S.; Svenson, O. (1977). Detection and reading distances of retroreflective road signs during night driving. *Applied Ergonomics* 8 (1977) (March): 7-14.
- Davis, T.D. (1981). Construction-zone delineation. In: *Transp. Research Record No. 811* (1981) : 15-19.
- Dean, J.P. (1979). Highway guide signs: A framework for design and evaluation. In: *Transp. Research Record No. 737* (1979) : 72-81.
- De Boer, J.B. (1951). Fundamental experiments of visibility and admissible glare in road lighting. CIE, Stockholm, 1951.
- De Boer, J.B. (1957). Blendung bei nachtlichen Strassenverkehr. *Zbl. Verkehrs-Medizin* 3 (1957) 185.
- De Boer, J.B. (1976). Result of the activity of the Harmonizing Group as to names and units. *Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde NSVV*, Arnhem, 1976 (Niet gepubliceerd).

De Regt, G.R. (1981). Visibility and safety of two-wheeled vehicles. ANWB, Den Haag, 1981.

Dietrich, C.W.; Markowitz, J. (1972). Investigation of new traffic signs, markings and signals, Vol. I: Laboratory experiments and road tests. DOT FH 11-7960. Federal Highway Administration, Washington, D.C., 1972.

Driever, J.P.M. (1983). Fietsverlichting; Langzaam maar zeker volwassen. TNO-Project 11 (1983) 6: 195-198.

Ebell, R.J.E.V.; Groot, R.E.; Schreuder, D.A.; Theewis, S.R. (1984). Problemanalyse visuele waarneembaarheid van kruisende fietsers en bromfietzers bij duisternis in relatie tot een RVLV-maatregel. IWACC 1984-1. IWACC, Oudendijk, 1984.

Ebell-Vonk, E.M. et al. (1983). Inventarisatie: Visuele waarneembaarheid van tweewielers. IWACC 1983-1. IWACC, Oudendijk, 1983.

Emde, W.; Everts, K.; Kunze, W. (1981). Wirtschaftliche Aspekte bei der Wahl zwischen innenbeleuchteten und reflektierenden Verkehrsschildern. Strassen- und Tiefbau (1981) 12.

Engel, F.L. (1969). In search of conspicuity. Annual Progress Report 4: 89. IPO, Eindhoven, 1969. (Cit: Jenkins & Cole, 1982).

Engel, F.L. (1971). Visual conspicuity; Directed attention and retinal locus. Vision Research 11 (1971): 563. (Cit.: Jenkins & Cole, 1982).

Engel, F.L. (1974). Visual conspicuity and selective background interference in eccentric vision. Vision Research 14 (1974): 459-471. (Cit.: Jenkins & Cole, 1982).

Engel, F.L. (1977). Visual conspicuity, visual search and fixation tendencies of the eye. Vision Research 17 (1977) 95-108. (Cit.: Jenkins & Cole, 1982).

Field, R.N.; Knox, G.W. (1974). Photometric testing of retro-reflective materials used for highway signing and delineation. Preprint 7th ARRB Conference. Australian Road Research Board, Adelaide, 1974.

Fisher, A.J.; Hall, R.R. (1970). Road user reaction on the town driving headlight beam. Proc. no. 5, pt 3, p. 252-263. Australian Road Research Board, Melbourne, 1970.

Forbes, T.W. (1969). Factors in highway sign visibility. Traffic Engineering (1969) (September). (Cit.: Woltman, 1979a).

Forbes, T.W.; Holmes, R.S. (1939). Legibility distances of highway destination signs in relation to letter height, letter width, and reflectorization. Proc. Highway Research Board 19 (1939). (Cit.: Havens & Peed, 1951).

Fortuin, G.J. (1951). Visual power and visibility. Thesis Rijksuniversiteit Groningen, 1951. (Cit.: Schreiber & Meseberg, 1982).

- Freedman, M. (1982). Effectiveness of techniques to improve side and rear conspicuity of motorcycles and mopeds. Paper 26 Annual conference American Association for Automotive Medicine AAAM, Arlington Heights, Ill., 1982.
- Freedman, M.; Davit, P.S. (1982). Improved conspicuity to the sides and rear of motorcycles and mopeds. Ketron Inc., Wayne, Penn., 1982.
- Gallagher, V.P.; Lerner, N.D. (1984). Measuring the visual complexity of nighttime roadways. In: TRB (1984).
- Gaudel, J.V. (1976). Eclairage des panneaux de signalisation. Lux (1976) No. 88: 154-155.
- Gerdes, A. (1984). Mehr Sicherheit durch Warnkleidung. Z.f. Verkehrssicherheit 30 (1984): 71-73.
- Giesa, S. (1980). Hinweise für das Anbringen von Verkehrszeichen und Verkehrseinrichtungen. 6. Auflage. Kirschbaum Verlag, Bonn-Bad Godesberg, 1980.
- Giesa, S. (1981). More quality for signs and markings. 9th IRF World Meeting. IRF, Stockholm, 1981.
- Godthelp, J. (1977). De waarneembaarheid van verkeersborden bij nacht; Een theoretische beschouwing. Rapport IZF 1977-C4. IZF-TNO, Soesterberg, 1977.
- Godthelp, J. (1979). The perceptibility of traffic control signs at night; A field study on the effect of a new type of retroreflective material. Report IZF 1979-C1. IZF-TNO, Soesterberg, 1979.
- Godthelp, J. (1980). Het zien van verkeersborden bij nacht. Rapport IZF 1980-C21. IZF-TNO, Soesterberg, 1980.
- Godthelp, J. (1981). Het zien van verkeersborden bij nacht. Verkeerskunde 32 (1981): 12-16.
- Godthelp, J.; Hoogeweg, F.; Van de Lagemaat, C. (1978). De waarneembaarheid van verkeersborden bij nacht; Praktijkmetingen van de lichtsterkte van autokoplampen. Rapport IZF 1978-C21. IZF-TNO, Soesterberg, 1978.
- Godthelp, J.; Riemersma, J.P.J. (1978). Werk in uitvoering op niet-auto-snelwegen I: Het effect van verlichting bij nadering van het werk. Rapport IZF 1978-C24. IZF-TNO, Soesterberg, 1978.
- Gordon, D.A. (1982). Legibility of highway guide signs. In: Transp. Research Record 855 (1982): 1-6.
- Hahn, K.C.; McNaught, E.D.; Bryden, J.E. (1977). Nighttime legibility of guide signs. Research Report 50. New York State Department of Transportation, Albany, N.Y., 1977. (Cit.: Kenyon et al., 1982).
- Hantula, L. (1983). Road safety work in Nordic Year of Traffic Safety 1983. (In Finnish). TIE Ja Liikene (1983) No. 4, pp. 151-155.

- Havens, J.H.; Peed, A.C. (1951). Field and laboratory evaluation of road-side sign surfacing materials. In: Studies in Night Visibility Bulletin No. 43, p. 32-44. Highway Research Board, Washington, D.C., 1951.
- Heimsath, W.; Herzberg, K.; Noth, J.P. (1982). Anwendungen von Reflexstoffen zur Verkehrssicherheit. Industrieverband Verkehrszeichen e.V. (1982) (jaartal geschat).
- Helmers, G. (1982). Detection of obstacles and optical guidance by vehicle headlights. (In Swedish). VTI Report No. 66. VTI, Linköping, 1982.
- Hills, B.L. (1972). Measurements of the night-time visibility of signs and delineators on an Australian rural road. Journ. ARRB 4 (1972): 38-57. (Cit.: Dahlstedt & Svenson, 1977).
- Hodge, A.R.; Rutley, K.S. (1978). A comparison of changeable message signals for motorways. SR 380. TRRL, Crowthorne, 1978.
- Holahan, C.J.; Campbell, M.D.; Culler, R.E.; Veselka, C. (1980). Relation between roadside signs and traffic accidents: Field investigation. In: Transp. Research Record 683 (1980): 1-4.
- Hubert, R. (1981). Amélioration de la visibilité de la signalisation routière de jour et de nuit. Rapp. Tech. LPC No. 102. Lab. Central Ponts et Chaussées, Paris, 1981.
- Huigen, A. (1981). Opvallendheid van militaire richtingsborden bij nacht. Report 1981-19. IZF-TNO, Soesterberg, 1981.
- Hutchinson, J.W.; Pullen, T.A. (1978). Performance of signs under dew and frost conditions (Abridgement). In: Transp. Research Record No. 681 (1978): 16-20.
- Ismatov, A.A.; Yunusov, M.Y.U.; Ismatova, M.Y.U. (1981). Microbilles en verre au plomb pour panneaux routiers (In Russian). Automob Dorogi (1981) no. 11, p. 17-18.
- IWACC (1983). Fietsverlichting en fietsreflectoren (overige). IWACC 1983-IV. Bijlage bij Ebell-Vonk et al. (1983). IWACC, Oudendijk, 1983.
- IWACC (1983a). Mengverkeer, visuele waarneming en beleid. IWACC 1983-V. Bijlage bij Ebell-Vonk et al. (1983). IWACC, Oudendijk, 1983.
- IWACC (1984). Middelen voor het visueel waarnemen van bij duisternis van rechts kruisende fietsers en bromfietsers. Cumulatief verslag, deel I. IWACC 1984-III. IWACC, Oudendijk, 1984.
- Jainski, P. (1976). Das Wahrnehmen von Aufsichtfarben für nicht selbstleuchtende Verkehrszeichen. Lichttechnik (1976) (Okt./Nov.).
- Jainski, P. (1979). Der Einfluss von Blendung auf das Wahrnehmen, Erkennen und Lesen von nicht selbstleuchtende Verkehrszeichen. Archiv für das Strassenwesen, Heft 1. Forschungsgesellschaft für das Strassenwesen, Köln, 1979 (jaartal geschat).

- Jainski, P.; Gerdes, H.R. (1980). Über die Beleuchtung der Verkehrszeichen. *Strassenverkehrstechnik* 24 (1980): 191-197.
- Jainski, P.; Gerdes, H.R. (1983). Über das Verhalten der Leuchtdichte auf retroreflektierende Verkehrszeichen in Abhängigkeit vom Zustand der Fahrbahnoberfläche. *Strassenverkehrstechnik* 27 (1983): 11-17.
- Janssen, W.H. (1980). Quo vadis met de lokale bewegwijzering? In: SVT (1980) p. 14-18.
- Janssen, W.H.; Blaauw, G.J.; Buist, M. (1984). Onderzoek van alternatieven voor de verkeerszuil. Rapport IZF 1984-C8. IZF-TNO, Soesterberg, 1984.
- Jenkins, S.E. (1982). Consideration of the effects of background on sign conspicuity. *Proceedings Part. 5*, p. 182-205. ARRB, Vermont South, Vic, 1982.
- Jenkins, S.E.; Cole, B.L. (1982). The effect of the density of background elements on the conspicuity of objects. *Vision Research* 22 (1984): 1241-1252.
- Jenkins, S.E.; Cole, B.L. (1984). Daytime conspicuity of road traffic control devices. In: TRB (1984).
- Johnson, N.L. (1981). The photometry of retroreflectors using a computer-controlled four-axis goniometer. In: Anon (1981a).
- Jones, G. (1972). Investigation of new traffic signs, markings and signals, Vol II: Driver questionnaire. DOT FH 11-7960. Federal Highway Administration, Washington, D.C., 1972.
- Karttunen, R.; Hakkinen, S. (1981). The observability of traffic signs in the peripheral field of vision. (In Finnish). Monograph No. 55. University of Technology, Helsinki, 1981.
- Kenyon, W.D.; Gurney, G.F.; Bryden, J.E. (1982). Maintenance of reflective signs. Research Report 101. FHWA/NY/RR-82/101. New York State Department of Transportation, Albany, N.Y., 1982.
- Kenyon, W.D.; Gurney, G.F.; Bryden, J.E. (1982). Maintenance of reflective signs. *Transp. Research Record No. 933* (1983): 1-8.
- Krauze, D. (1984). Etude de la signalisation horizontale; Visibilité de nuit par temps de pluie de marquages expérimentaux appliqués en rive sur chaussée circulée. PV 84-194. Lab. Regional de Saint Quentin, 1984.
- Krochmann, J.; Terstiege, H. (1980). Retroreflektierende Verkehrszeichen. *Reflexe* (1980) 1: 7-10.
- Kullik, W. (1983). Retro-reflektormeter; Ein neues Gerät für die Verkehrssicherheit. *Polizei-Verkehr-Technik* 28 (1983): 396-399.
- Levy, M.M. (1983). Protecting drivers of disabled vehicles. NHTSA, Washington, D.C., 1983.

- LITG (1977). Measures of road lighting effectiveness. Symposium Karlsruhe, 5-6 July 1977. LITG, Berlin, 1977.
- Lozano, R.D. (1980). The visibility, colour and measuring requirements of road signs. *Lighting Res. Technol.* 12 (1980): 206-212.
- Mace, D.; King, R.; Dauber, G. (1984). Sign luminance requirements for various background complexities. In: TRB (1984).
- Maghsoudi, A.; Jung, F.W. (1980). Luminaire performance on illuminated overhead signs. In: Transport. Research Record No. 773 (1980): 17-20.
- Mashour, M. (1977). On designing signals and their meanings. *Ergonomics* 20 (1977) 659-664.
- Matthews, M.L.; Boothby, R.D. (1980). Visibility of cyclists at night: Laboratory evaluation of three rear warning devices. Proc. 24th Annual Meeting, p. 129-133. Human Factors Society, Santa Monica, Cal., 1980.
- Mattie, P.C. (1975). Waarnemingsaspecten van verkeerstekens; Een literatuurstudie. (Concept). Verkeersbureau, Amsterdam, 1975.
- Michon, J.A. (1979). Dealing with danger. VK 79-01. Verkeerskundig Studiecentrum, Groningen, 1979.
- Michon, J.A.; Eijkman, E.G.J.; De Klerk, J.F.W. (eds.) (1979). Handbook of psychonomics (2 vol). North-Holland Publishing Co., Amsterdam, 1979.
- Moerman, J.J.B. (1978). Philosophies about the signalling effect of corner-cube retroreflectors (Niet gepubliceerd, jaartal geschat).
- Moerman, J.J.B. (1981). CIE-activities in the measurement of retro-reflection. In: Anon (1981a).
- Moerman, J.J.B. (1982). Design and application of red cube-corner retro-reflectors. *Elektrotechniek* 60 (1982): 182-186.
- Nelson, L.E.; Woltman, H.L. (1984). Determining maintenance needs for traffic signs. In: TRB (1984).
- Nettleton, T.J. (1984). Outdoor testing of reflective sign materials. Forest Service, Missoula, Mont., 1984.
- Niessner, C.W. (1983). Post mounted delineators. Rep. No. 83208. Federal Highway Administration. McLean, Virg., 1983.
- Noble, M.; Sanders, A.F. (1980). Searching for traffic signals while engaged in compensatory tracking. *Human Factors* 22 (1980): 89-102.
- Norman, D.A. (ed.) (1976). Memory and attention. Second edition. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1976.
- OECD (1971). Lighting, visibility and accidents. OECD, Paris, 1971.
- OECD (1972). Road user perception and decision making. Symp., Rome, 15-17 November 1972. OECD, Rome, 1972.

- OECD (1975). Road marking and delineation. OECD, Paris, 1975.
- OECD (1976). Adverse weather, reduced visibility and road safety. OECD, Paris, 1976.
- OECD (1979). Improving road safety at night. OECD, Paris, 1979.
- Olson, P.L. (1980). Night-time legibility of highway signs. In: Bryant (1980).
- Olson, P.L.; Bernstein, A. (1979). The nighttime legibility of highway signs as a function of their luminance characteristics. *Human Factors* 21 (1979): 145-161.
- Olson, P.L.; Halstead-Nussloch, R.; Sivak, M. (1981). Effects of motorcycle and motorcyclists conspicuity on driver behaviour. *Transp. Research Circular No. 229* (1981): 22-25.
- Olson, P.L.; Sivak, M. (1983). Nighttime legibility of licence plates. Final report UMTRI-83-35. UMTRI, Ann. Arbor, Mich., 1983.
- Olson, P.L.; Sivak, M.; Egan, J. (1979). Variables affecting the night-time legibility of traffic signs. ARRB, 1979.
- Olson, P.L.; Sivak, M.; Egan, J. (1983). Laboratory study of variables affecting the nighttime legibility of highway signs. University of Michigan, 1983.
- Oranen, L. (1980). Pedestrian reflector; Use and opinion. Report No. 21. Central Organization for Traffic Safety, Helsinki, 1980.
- Oranen, L.; Koivurova, M. (1982). Bicycle use and condition and cyclists attitudes to reflector arms and rear lights. Report No. 23. Central Organization for Traffic Safety, Helsinki, 1982.
- OTA (1970). Tenth International Study Week in traffic and safety engineering. OTA, Rotterdam, 1970.
- Padmos, P. (1984). Visually critical elements in night driving, in relation to public lighting. In: TRB (1984).
- Padmos, P. (1984a). Zichtbaarheid van retroreflecterende armbanden. Voor- dracht 23 november 1984. IZF-TNO, Soesterberg, 1984.
- Pettersson, H.E.; Olausson, M. (1983). Why do not pedestrians use retro- reflexes when walking in the dark? An interview study. (In Swedish). VTI Report 374. VTI, Linköping, 1983.
- Poage, J.L.; Hopkins, J.B. (1983). Measurements and analysis of degra- dation of freight car reflectors in revenue practice. *Transp. Research Record No. 904* (1983): 67-74.
- Pulling, N.H. (1980). Highway visibility research needs. *Transp. Research News No. 89* (1980): 11-13.
- Pijper, B.A.J. (1983). Het experiment met een dwarsstreepmarkering op kruispunt nabij Balk. *Verkeerskunde* 34 (1983): 202-205.

- Rennilson, J.J. (1981). Definition, measurements and use of the spectral coefficient of retroreflection. In: Anon (1981a).
- Rizenbergs, R.L. (1972). High-intensity reflective materials for signs I. Research Report 330. Kentucky Department of Transportation, 1972. (Cit.: Hutchinson & Pullen, 1978).
- Rizenbergs, R.L. (1973). A survey on reflective sheeting for highway signs. Research Report 364. Kentucky Department of Transportation, 1973. (Cit.: Hutchinson & Pullen, 1978).
- Rizenbergs, R.L. (1973a). High-intensity reflective materials for signs II. Research Report 368. Kentucky Department of Transportation, 1973. (Cit.: Hutchinson & Pullen, 1978).
- Robertson, R.N. (1974). Evaluation of high intensity sheeting for overhead highway signs. VHTRC 75-R24. Virginia Highway & Transportation Research Council, Charlottesville, V, 1974.
- Rosenbaum, M.J. (1983). A review of research related to the safety of STOP versus YIELD sign traffic control. Public Roads 47 (1983) 3: 77-83.
- Roszbach, R. (1972). Improving vehicle rear lighting and signalling. In: OECD (1972).
- Roszbach, R. (1974). Verlichting en signalering aan de achterzijde van voertuigen. R-74-11. SWOV, Voorburg, 1974.
- Rumar, K. (1970). Effectiveness of old, new and future motor-car lighting. In: OTA (1970).
- Rumar, K. (1972). Obstacle visibility with European Halogen H4 and American sealed-beam headlights. In: OECD (1972).
- Rumar, K. (1973). Dirty headlights; Frequency and visibility effects. Report No. 136. Dept. of Psychology, University Uppsala, 1973.
- Rumar, K.; Ost, A. (1974). The night driving legibility effects of dirt on road signs. Ergonomics 17 (1974): 529-533. (Cit.: Dahlstedt & Svenson, 1977).
- Rydgren, H. (1982). The use of reflective tags; Results from three surveys during 1979-1981 (In Swedish). Statens Trafiksaerkerhetsverk, Borlaenge, 1982.
- Sator, W.H.J. (1981). The evaluation of road traffic signs. NITRR Tech. Rep. RV/2/81. National Institute for Transport and Road Research, Pretoria, 1981.
- Schmidt-Clausen H.J. (1983). Leuchtdichten von Verkehrszeichen und Schilderbrucken bei Beleuchtung durch Kraftfahrzeug-Scheinwerfer. Strassenverkehrstechnik 27 (1983): 117-123.
- Schmidt-Clausen, H.J. (1984). Luminance of traffic signs at night. In: TRB (1984).

Schoenborn, H.D. (1980). Anwendung der RMS in den Praxis. Strassenverkehrstechnik 24 (1980): 65-73.

Schreiber, G.; Meseberg, H.H. (1982). Lichttechnischer und verkehrstechnischer Vergleich zwischen innenbeleuchteten und retroreflektierenden Verkehrszeichen an Schilderbrücken. Strassenverkehrstechnik 26 (1982): 147-153.

Schreuder, D.A. (1973). De codering en overdracht van informatie met behulp van wegverlichting. Electrotechniek 51 (1973): 633-637.

Schreuder, D.A. (1975). Wit of geel licht voor autokoplantaarns? Publikatie 1975-3N. SWOV, Voorburg, 1975.

Schreuder, D.A. (1976). Voertuigverlichting binnen de bebouwde kom. (Herziene versie). R-76-6. SWOV, Voorburg, 1976.

Schreuder, D.A. (1977). The relation between lighting parameters and transportation performance. In: LITG (1977).

Schreuder, D.A. (1978). Zichtbaarheid van wegmarkeringen op natte wegen. Stichting Studiecentrum Wegenbouw SCW, Arnhem, 1978.

Schreuder, D.A. (1980). Geprofileerde wegmarkeringen. R-80-51. SWOV, Voorburg, 1980.

Schreuder, D.A. (1981). De signaalfunctie van fietsverlichting. R-81-22. SWOV, Leidschendam, 1981.

Schreuder, D.A. (1981a). Enige overwegingen omtrent de verlichting van fietsen. Verkeerskunde 32 (1981): 244-246.

Schreuder, D.A. (1983). Glare in road lighting. CIE Journal 2 (1983): 53-57.

Schreuder, D.A. (1983a). Bibliography visual signalling, The Netherlands, 1979-1982. R-83-28. SWOV, Leidschendam, 1983.

Schreuder, D.A. (1984). Flitslichten en zwaailichten voor politievoertuigen. R-84-40. SWOV, Leidschendam, 1984.

Schreuder, D.A. (1984a). Visibility aspects of road lighting. In: TRB (1984).

Schreuder, D.A. (1984b). Photometric and geometric requirements; testing (2nd draft Chapter 4. CIE Report on variable message signs). (In preparation).

Schreuder, D.A. (1985). Visuele en verlichtingskundige aspecten van de verkeersveiligheid. Notitie ten behoeve van de BVO. SWOV, Leidschendam, 1985.

Schreuder, D.A. (1985a). Regelen, beheersen en sturen bijvoorbeeld in het wegverkeer! Wegen 59 (1985) 6: 217 t/m 220.

Schreuder, D.A. (1985b). Visuele en verlichtingskundige aspecten van de verkeersveiligheid; Een conceptionele studie. SWOV, Leidschendam, 1985.

Schreuder, D.A. (1985c). De theorie van de verkeersverlichting gezien vanuit de verkeerskunde. Cursus "Weg- en Straatverlichting" PAO-VV, Delft, 1985.

Schreuder, D.A. (1985d). De zichtbaarheid van wegmarkeringen op natte wegen; Een aanvullende literatuurstudie. R-85-23. SWOV, Leidschendam, 1985.

Schreuder, D.A. (1985e). Kwaliteitsverbetering aan de verlichting van fietsen. R-85-6. SWOV, Leidschendam, 1985.

Schreuder, D.A. (1985f). Verlichting en markering van motorvoertuigen. SWOV, Leidschendam, 1985 (In voorbereiding).

SCW (1982). Zichtbaarheid 's nachts van wegmarkeringen op droge en natte wegen. SCW-mededeling 52/SVT-mededeling 17. Stichting Studiecencentrum Wegenbouw SCW, Arnhem, 1982.

SCW (1985). Zichtbaarheid 's nachts van wegmarkeringen op droge en natte wegdekken. (Ontwerp eindmededeling; in voorbereiding). Stichting Studiecencentrum Wegenbouw SCW, Arnhem, 1985.

Serres, A.M. (1976). Visibilité de nuit de divers dispositifs de signalisation routière. Lux (1976) No. 88: 165-171.

Shinar, D. (1984). Actual versus estimated nighttime pedestrian visibility. Ergonomics 27 (1984): 863-871.

Sivak, M. (1979). A review of literature on nighttime conspicuity and effects of retroreflectorization. HSRI Research Review 10 (1979) 9-17. (Cit.: Kenyon et al., 1982).

Sivak, M.; Olson, P.L. (1982). Nighttime legibility of traffic signs: Conditions eliminating the effects of driver age and disability glare. Accid. Anal. & Prev. 14 (1982): 87-94.

Sivak, M.; Olson, P.L. (1983). Optimal and replacement luminances of traffic signs; A review of applied legibility research. UMTRI-83-43. UMTRI, Ann Arbor, Mich., 1983. (Cit.: Nelson & Woltman, 1984).

Sivak, M.; Olson, P.L.; Pastalan, L.A. (1979). Effect driver's age on nighttime legibility of highway signs. UM-HSRI-79-52. Highway Safety Research Institute, University of Michigan, 1979.

Smith, G. (1977). The rainbow method for the measurement of the refractive index of glass beads. Traffic Eng. & Control 18 (1977): 480-485.

Smith, S.L. (1979). Letter size and legibility. Human Factors 21 (1979); 661-670.

Stein, A.C.; Allen, R.W. (1984). Visibility requirements for overhead guide signs. In: TRB (1984).

Stoovelaar, F.; Groot, R.E. (1976). Een zichtbare fiets. Verkeerskunde 27 (1976): 115-119; 169-174.

- Stoudt, M.D.; Vedam, K. (1978). Retroreflection from spherical glass beads in highway pavement markings I: Specular reflection. *Applied Optics* 17 (1978): 1855-1958.
- Stoudt, M.D.; Vedam, K. (1979). Retroreflection characteristics of spherical lenses, Part. 3. (Year estimated)..
- SVT (1980). Stadsbewegwijzering. SVT, Driebergen, 1980.
- SWOV (1968). Veiligheidskleding voor het werk op de weg. Rapport 68-1. SWOV, 1968.
- SWOV (1969). Retroflecterende kentekenplaten en alternatieve middelen. Rapport 1969-5. SWOV, Voorburg, 1969.
- SWOV (1969a). Stads- en dimlichten binnen de bebouwde kom. Rapport 1969-6. SWOV, Voorburg, 1969.
- SWOV (1969b). Gevarendriehoeken. Rapport 1969-8. Voorburg, 1969.
- SWOV (1970). Verkeerstekens op borden. Rapport 1970-7. SWOV, Voorburg, 1970.
- SWOV (1973). Fietsen bij schemer/duisternis. Publikatie 1973-3N. SWOV, Voorburg, 1969.
- Terstiege, H. (1981). Daytime colorimetry of retroreflective materials. In: Anon (1981a).
- Terstiege, H. (1985). Onderzoek naar de levensduur van verkeersborden. *Reflex* (1985) 4 (januari): 14-16.
- Titishov, A.; Jung, F.W. (1982). Reflectorized sheeting material for overhead signs; Performance and state of the art review. Ontario Ministry of Transportation and Communication, 1982.
- Tooke, W.R.; Hurst, D.R. (1975). Wet night visibility study. Dept. of Transportation of Georgia, 1975.
- TRB (1984). Providing visibility and visual guidance to the road user. Symposium, July 30-August 1, 1984. Transportation Research Board, Washington, D.C., 1984.
- Ulmer, R.G.; Leaf, W.A.; Blomberg, R.D. (1982). Analysis of the dismounted motorist and road worker model pedestrian safety regulation. Report no. 817. Dunlap and Ass., Inc., Darien, Conn, 1982.
- Van Dijnen, J.T.F. (1981). Tip voor het fotograferen van retroreflecterende kentekenplaten. *Algemeen politieblad* (1981) nr. 26: 602.
- Van Heiningen, P. (1980). Waarom lokale bewegwijzering en koppeling aan landelijke systemen? In: SVT (1980).
- Van Minnen, J. (1982). Het effect van achterreflector en reflecterende pedalen op de veiligheid van fietsers. R-82-29. SWOV, Leidschendam, 1982.

- Van Norren, D. (1974). Leesbaarheid van bewegwijzering langs autosnelwegen; een literatuur-evaluatie. Rapport IZF 1974-C15. IZF-TNO, Soesterberg, 1974.
- Van Norren, D. (1977). Invloed van het type van retroreflecterend materiaal op de leesbaarheid van bermborden. Rapport IZF 1977-C3. IZF-TNO, Soesterberg, 1977.
- Van Norren, D. (1978). Overhead signs without external illumination? Part I: Literature review and calculations. Report IZF 1978-C20. IZF-TNO, Soesterberg, 1978.
- Van Norren, D. (1981). Informatiedragers langs de weg: Een overzicht van zichtbaarheidsproblemen. Rapport IZF 1981-C25. IZF-TNO, Soesterberg, 1981.
- Vedam, K.; Stoudt, M.D. (1978). Retroreflection from spherical glass beads in highway pavement marking 2: Diffuse reflection (A first approximation calculation). *Applied Optics* 17 (1978): 1859-1869.
- Walraven, J. (1982). Tast- en steunstokken voor visueel gehandicapten. Rapport 1982-C15. IZF-TNO, Soesterberg, 1982.
- Watts, G.R. (1984). Pedal cycle lamps and reflectors; Some visibility tests and surveys. LR 1108. TRRL, Crowthorne, 1984.
- Watts, G.R. (1984a). Evaluation of conspicuity aids for pedal cyclists. LR-1103. TRRL, Crowthorne, 1984.
- Williams, A.F. (1980). When motor vehicles hit joggers: Analysis of 60 cases. Insurance Institute for Highway Safety, Washington, D.C., 1980.
- Wilmlink, A. (1980). Evaluatie van het lokale bewegwijzeringssysteem in Amsterdam. In: SVT (1980).
- Woltman, H.L. (1979). Some performance characteristics of retroreflective signing materials. 3 M Company, 1979.
- Woltman, H.L. (1979a). Improving conspicuity at night. 3 M Company, 1979.
- Woltman, H.L. (1980). Improving conspicuity at night: Performance characteristics of retroreflective signing material. In: Bryant (1980).
- Wynne-Jones, J.D. (1982). Bicycle tail lights and reflectors. Traffic Research Circular No. 20. Ministry of Transport, Wellington, 1982.
- Yerrell, J.S. (1971). Headlights intensities in Europe and Britain. Report No. LR 380. TRRL, Crowthorne, 1971.
- Youngblood, W.P.; Woltman, H.L. (1971). A brightness inventory of contemporary signing materials for guide signs. In: Highway Research Record No. 377 (1971): 69-91.
- Youngblood, W.P.; Woltman, H.L. (1978). Relation between sign luminance and specific intensity of reflective materials. In: Transp. Research Record No. 681 (1978): 20-24.

Zeidman, K.; Burger, W.J.; Smith, R.L.; Mulholland, M.U.; Sharkey, T.J. (1981). Improved commercial vehicle conspicuity and signalling systems. Analysis experiments and design recommendations. Task II. Vector Enterprises Inc., Santa Monica, Cal., 1981.

Zwahlen, H.T. (1981). Nighttime detection of bicycles. Transp. Research Circular No. 229 (1981): 38-49.