

DE ZICHTBAARHEID VAN WEGMARKERINGEN OP NATTE WEGEN

Een aanvullende literatuurstudie ten behoeve van de SCW/SVT-werkgroep E9
"Zichtbaarheid van wegmarkeringen op natte wegdekken"

R-85-23

Dr. ir. D.A. Schreuder

Leidschendam, 1985

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

INHOUD

Inleiding

1. Visuele waarneming in het verkeer
2. Het werk van werkgroep E9
3. Geprofileerde wegmarkeringen
4. Meetmethoden; het werk van de CIE
5. Resistentie tegen sneeuwploegen
6. Veiligheidsaspecten
7. Materialen en toepassingen
8. Overige onderwerpen
 - 8.1. Lawaaioverlast
 - 8.2. Wegdekken
 - 8.3. Tweewielers
9. Conclusies

Literatuur

INLEIDING

Reeds gedurende zeer vele jaren worden wegmarkeringen gebruikt die speciaal bedoeld zijn voor wegen zonder openbare verlichting; wegmarkeringen die 's nachts dus alleen door autokoplantaarns worden verlicht. Dit zijn steeds retroreflecterende markeringen. Vele van deze markeringen blijken echter bij natte of vochtige weg zeer slecht zichtbaar te zijn.

In 1978 is door de Stichting Studiecentrum Wegenbouw SCW en de Stichting Studiecentrum Verkeerstechniek SVT een gezamenlijke werkgroep "Zichtbaarheid van wegmarkeringen op natte wegdekken" opgericht (E9) met het oogmerk deze zaak te onderzoeken en wanneer nodig te komen met oplossingen. Als eerste stap heeft de werkgroep besloten een literatuurstudie te doen uitvoeren (Schreuder, 1978). Mede op basis van de resultaten van deze literatuurstudie heeft de werkgroep haar verdere programma opgesteld; van belang was daarbij vooral de studie van Tooke & Hurst (1975). Daaruit kon worden afgeleid dat er inderdaad van problemen sprake is (iets dat de praktijkervaring ook reeds had geleerd!) en dat er oplossingen te vinden waren. De werkgroep heeft vervolgens onderzocht welke soorten wegmarkeringen in dit opzicht in aanmerking kwamen, wat hun voordelen en nadelen waren en wat de optimale geometrie voor de verschillende typen markeringen is. Deze onderzoeken zijn gereed; de resultaten zijn in het eindrapport opgenomen (Anon, 1985). De werkgroep heeft gemeend dat het wenselijk is dat wordt nagegaan in hoeverre de eerdere literatuurstudie zou kunnen worden aangevuld; meer in het bijzonder of uit andere onderzoeken of publikaties redenen zijn aan te voeren om de conclusies van de werkgroep aan te vullen of wellicht te amenderen.

De eerder uitgevoerde literatuurstudie bestreek het beschikbare materiaal tot ongeveer 1978. Dit rapport gaat vooral over het nieuwere materiaal. Voor het zoeken is dezelfde procedure gevolgd: de documentatiesystemen van IRRD en van de SWOV zijn doorgenomen. De gebruikte trefwoorden waren weer: visibility, wet road, marking, plastic material, road stud, reflecting paint. Het resultaat is aangevuld met datgene wat "toevallig" ter beschikking kwam. De kans dat belangrijke studies niet zijn opgespoord is daarbij gering, vooral ook omdat contact is onderhouden met alle op dit terrein werkende experts. Dit laatste vooral in het kader van de werkgroepen van de Commission Internationale de l'Eclairage CIE, waarover verderop meer.

De voortgang van het onderzoek op het gebied van wegmarkeringen is van nabij gevolgd; vooral het werk in Europa en de Verenigde Staten. Wellicht het belangrijkste daarbij is het werk van de SCW-werkgroep zelf: delen ervan zijn reeds op verschillende plaatsen openbaar gemaakt. Maar ook van belang is de activiteit op dit gebied van de Commission Internationale de l'Eclairage CIE. Deze heeft een werkgroep opgericht (later omgevormd tot een Technische Commissie) onder leiding van Dr. G. Schreiber van de Duitse Bundesanstalt für Strassenwesen, met de expliciete taak harmonisatie te bereiken in de meet- en keuringsmethoden ten dienste van keuringsinstanties en onderzoekinstellingen. Deze werkgroep is haar werk begonnen met het organiseren van een symposium; de resultaten daarvan zijn voor een groot deel terecht gekomen in het (concept) rapport van deze groep. Er is echter nog meer belangrijks gerapporteerd (CIE, 1983). Verder heeft het Deutsche Studiengesellschaft der Hersteller von Markierungsglasperlen (DSGM) in samenwerking met de Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen een studie doen uitvoeren die speciaal gericht was op de voor- en nadelen van geprofileerde wegmarkeringen (Schreuder, 1980). Tenslotte zijn nog de vooral in de VS voortgaande ontwikkelingen te vermelden op het gebied van "snowplowable" wegmarkeringen en van het toepassen van plakstroken. Deze laatste worden reeds op aanzienlijke schaal gebruikt, maar dan vooral voor tijdelijke markeringen. Men is doende plakstrookmaterialen te ontwikkelen met lange levensduur.

Deze ontwikkelingen kunnen worden gezien tegen de achtergrond van een andere ontwikkeling; die namelijk van het nader onderzoeken van de visuele aspecten van het rijden, van de rijtaak. Ook op dit gebied hebben zich de laatste tijd nieuwe ontwikkelingen voorgedaan. Deze hebben deels te maken met de nadere specificatie van de zichttaak (het visueel kritische object) en deels met de verbreding van de inzichten in de rijtaak. Deze rijtaak wordt daarbij vooral gezien als een opeenvolging van beslissingen die worden genomen door de verkeersdeelnemer die daarbij gebruik maakt van de (visuele) informatie uit de omgeving en rekening houdt met onzekerheden daarin (risico). Dit alles heeft geleid tot een dieper inzicht in de functie die wegmarkeringen hebben in het wegverkeer. Een overzicht van de resultaten die zijn verkregen tot ca. 1983 is te vinden in het reeds genoemde CIE-rapport. Verwezen kan ook worden naar het in 1984 door de CIE in samenwerking met de Transportation Research Board TRB gehouden symposium (TRB, 1984, Schreuder, 1984b).

Naast de reeds geciteerde studie van Schreuder (1978, 1981) zijn er nog meer overzichtsrapporten verschenen. We noemen hier Forsberg (1978), Kenton (1979, 1980) en OECD (1976, 1979); zie ook Van Norren (1981). Andere overzichtsrapporten komen verderop nog aan de orde.

1. VISUELE WAARNEMING IN HET VERKEER

Met het beschikbaar komen van de gezichtspunten uit de cognitieve psychologie en de toepassing ervan in het verkeer (Michon (1979), Vlek & Wagenaar, 1979, Schreuder, 1983) is vooral in Nederland een aanzienlijke voortgang geboekt bij het fundamentele onderzoek op het gebied van de visuele waarneming in het verkeer (Blaauw, 1984; Godthelp, 1984).

Theoretisch werk aan het koershouden is beschreven door Riemersma (1979, 1979a, 1983). Toepassingen op de praktijk van het verkeer zijn beschreven door Blaauw (1983), Padmos (1984), Schreuder (1983a, 1984) en Walraven (1980) (zie ook Schreuder (1984a). Ook elders is op dit gebied onderzoek gedaan. Theoretische studies zijn te vermelden uit Australië (Triggs, 1982; Triggs et al., 1979, 1983; Triggs & Wisdom, 1978, 1979) (zie ook Jenkins & Lay, 1983; Jenkins et al., 1983).

Ook uit de Verenigde Staten is onderzoek gerapporteerd (Allen et al., 1977; Allen & O'Hanlon, 1979; Mallowney, 1982) (zie ook Domhan, 1982; Baxter, 1983). Specifieke punten van wegmarkeringen zijn beschreven door McGee & Knapp (1978) en door Godthelp & Riemersma (1982, 1982a) waar is nagegaan aan welke eisen de markeringen bij werk in uitvoering moeten voldoen. Het bleek dat de markeringen (retroreflectoren bijvoorbeeld) zo laag mogelijk moesten worden geplaatst; dit pleit voor de toepassing van wegdekreflectoren. Tenslotte kan worden vermeld dat wegmarkeringen een speciale hulp kunnen zijn voor automobilisten onder invloed van alcohol (Anon, 1983d; Macy & Nedas, z.j.) Deze hulp komt niet in de plaats van het pogen het probleem van alcohol in het verkeer te bestrijden; hier is eerder sprake van een extra maatregel ter verhoging van de verkeersveiligheid.

2. HET WERK VAN WERKGROEP E9

Het werk van de werkgroep E9 "Zichtbaarheid van wegmarkeringen op natte wegdekken" is begonnen met het opzetten van een literatuurstudie (Schreuder, 1978, 1981). Zoals reeds aangegeven was deze voor een aanzienlijk deel ingegeven door het baanbrekende werk van Tooke & Hurst (1975). Uit de literatuurstudie kwam een aantal leemten in de kennis naar voren; allereerst bleek dat er een methode moest worden ontwikkeld om, ook in natte toestand van de markering, de zichtbaarheidsafstand uit de fotometrische kenmerken van de markeringen te kunnen afleiden. Deze methode is ontwikkeld door Blaauw & Padmos (1979). Voorts heeft de werkgroep in 1982 een interimrapport doen verschijnen (Anon, 1982a). Daarin is de zichtbaarheid van een aantal markeringen en materialen beschreven. Het blijkt dat verf en in mindere mate ook thermoplastische markering bij regen en met dauw 's nachts slecht zichtbaar zijn; geprofileerde markeringen en wegdekreflectoren daarentegen waren ook bij natte weg goed zichtbaar. De reflectoren bleken vaak een lange levensduur te hebben. De betreffende metingen zijn beschreven door Blaauw & Padmos (1981, 1982); aanvullingen omtrent de gewenste geometrie zijn gegeven door Blaauw et al. (1983, 1984). Dit laatste vormt het belangrijkste deel van de nieuwe SCW-mededeling dienaangaande (Anon, 1985). Het resultaat is, in zeer algemene termen, dat (geprofileerde) markeringen en wegdekreflectoren ieder hun eigen voor- en nadelen hebben, en dat ze elkaar vaak goed kunnen aanvullen (zie Formaux, 1981; Schreuder en Hoofdstuk 4 van het onderhavige rapport). Algemene overzichten van het werk van de werkgroep zijn verder nog gegeven in Anon (1982d), Clee (1983) en Van Gorkum (1982, 1983, 1984, 1984a).

3. GEPROFILEERDE WEGMARKERINGEN

Het Deutsche Studiengesellschaft der Hersteller von Markierungsglasperlen (DSGM) heeft in 1979 een verzoek aan de SWOV gericht om een studie te wijden aan geprofileerde wegmarkeringen (Schreuder, 1980; Anon 1980d). Er was een zekere aansluiting aan het werk van de werkgroep E9 omdat een aantal varianten van geprofileerde markeringen ook in het E9-onderzoek aan de orde kwamen. Meer in het bijzonder was dat de door Heymans b.v. onder de naam "Ribbelreflex" in de handel gebrachte markering. Deze uitvoeringsvorm heeft zowel nationaal als internationaal de aandacht getrokken Anon (1982b, 1982c) (zie ook Anon, 1973, 1976). Het rapport van Schreuder geeft een gedetailleerd overzicht van de verschillende aspecten die bij het ontwerp en de toepassing van geprofileerde wegmarkeringen aan de orde komen. Verder kan gewezen worden op de studie van Hofmann (1979) waarbij een profiel analoog aan dat van een autoband wordt voorgesteld. Ook voorgevormde elementen kunnen worden toegepast. Bekend zijn de reeds zeer lang in gebruik zijnde geprofileerde betontegels (Schreuder, 1980) (zie ook Kummer, 1983). Tenslotte kan worden gewezen op een interessante studie in Frankrijk waarbij verschillende soorten geprofileerde markeringen zijn vergeleken met andere markeringen (Krauze, 1984). Deze studie vertoont een zekere analogie met het bekende onderzoek van Tooke & Hurst (1975). Ook de resultaten zijn analoog: wat betreft de nachtzichtbaarheid op natte wegen voldoen grote knikkers (een diameter 4 mm) en geprofileerde markeringen het beste; ter plaatse gevormde markeringen en wit steenslag (bijvoorbeeld Luxovite [R]) zijn ook redelijk, maar minder goed. Ter vergelijking is normale wegverf in de proef betrokken; naar men mag verwachten is de zichtbaarheid in natte toestand slecht. Wegdekreflectoren zijn het duidelijkst te zien; nadere opgaven ontbreken dienaangaande omdat de eigenlijke studie beperkt is tot markeringen. Ook hier is geconstateerd dat drainage de belangrijkste factor is van de nachtzichtbaarheid van markeringen op natte wegen (zie ook Robnett & Burrows, 1979; Bryant, 1979 en Krause, 1979). Het gaat daarbij over de afvoer van grotere hoeveelheden water, bijvoorbeeld tijdens of vlak na hevige regens. Wanneer de weg vochtig is (een dunne waterlaag) speelt ook de reflectie van de materialen zelf een rol.

4. MEETMETHODEN; HET WERK VAN DE CIE

Het meten van de reflectie-eigenschappen van wegmarkeringen is zeer moeilijk. Ten eerste gaat het om retroreflectoren; deze zijn op zich al berucht in fotometrische laboratoria (Moerman, 1979; Anon, 1980e; Anon, 1974). Ten tweede gaat het vaak om zeer kleine elementen (bijv. bij "katte-ogen") zodat de aperturen van invallende en gereflecteerde bundel zeer klein zijn, en zodat de totale hoeveelheid teruggekaatst licht gering is. Er moeten dus zeer hoge eisen worden gesteld aan de "signaal-ruis-verhouding" van de meetapparatuur (Stephenson, 1983; Field & Knox, 1974; Klinke & Zorll, 1980). Ten derde zijn zowel invallend als gereflecteerd licht bijna horizontaal. Dit alles leidt tot grote problemen (Morrén, 1980, 1980a, 1982). Vanuit de praktijk echter bestaat er behoefte aan eenvoudige metingen ten behoeve van testen en kwaliteitscontrole. Tenslotte zijn er verschillen van opvatting over de toe te passen geometrie. Kort gezegd komt het daarbij neer op de vraag of een wegmarkering een "retroreflecting device" is, of een onderdeel van het wegdek (CIE, 1982). Ten behoeve van de internationale harmonisatie heeft de CIE de knoop doorgehakt en voor de tweede mogelijkheid gekozen: wegmarkeringen worden dus op dezelfde wijze beschreven als wegdekken (zie hierover Schreuder, 1983 en Lundkvist et al., 1983). Om deze vragen aan te pakken is binnen de CIE, zoals reeds is gezegd, een werkgroep opgericht die tot taak heeft een algemeen aanvaardbaar standpunt voor te bereiden. De werkgroep is begonnen met het verzamelen van materiaal; een onder auspiciën van de CIE (en van de PIARC) gehouden symposium heeft daarbij een belangrijke rol gespeeld (CIE, 1983). De eerste concepten voor een technisch rapport zijn intussen gereed gekomen (CIE, 1984).

Ten behoeve van testen en typekeuringen is een aantal instrumenten beschikbaar (CIE, 1983). Een oud instrument is beschreven door Harrington & Johnson (1961). De principes zijn echter nog steeds geldig. Dit geldt ook voor de eenvoudige meting zoals die wordt beschreven door Lycett (1980) en door Richardson (1980). Er zijn een aantal meer "professioneel" gebouwde apparaten in de handel, die worden vervaardigd in Bondsrepubliek Duitsland (Fleischer, 1978, 1983), Frankrijk (Bry & Maillard, 1976; Paumier, 1983; Serres, 1976, 1978), Italië (Peroni & Pallotta, z.j.), Scandinavië (Dørum & Augdal, 1981; Gudum, 1983). Het gaat daarbij steeds om fotometers met ingebouwde lichtbron waarbij de geometrie zoals die in

het wegverkeer voorkomt, wordt benaderd. Wegens de genoemde strijkende lichtinvals- en waarnemingsrichting is een exacte weergave van die geometrie moeilijk uitvoerbaar, en blijft het derhalve beperkt tot een meer of minder nauwkeurige benadering ervan. In het kader van Frans-Duitse samenwerking zijn deze instrumenten onderling vergeleken (Meseberg, 1983, 1984; Moukhwas & Bry, 1982) (zie ook Hoffman, 1981).

De resultaten bleken onderling goed vergelijkbaar te zijn; ze vertonen echter alle hetzelfde gebrek, namelijk het feit dat de hoeken van lichtinval en van meting een te grote hoek maken met het wegoppervlak (meestal $1,5^{\circ}$ en $3,5^{\circ}$ respectievelijk). Dit correspondeert met een afstand tussen auto en markering van ca. 15 meter; de gemeten reflectiewaarden blijken niet representatief te zijn voor de grotere zichtafstanden die in het wegverkeer van belang zijn. Een andere geometrie bij het meten is dus gewenst; de voorkeur gaat daarbij uit tot het vaststellen van niet een enkele, maar een aantal standaardgeometrieën, zodat bij testen en keuren ook informatie kan worden verkregen over het gedrag van de markeringen bij andere afstanden. Van verscheidene kanten is aangedrongen op het vastleggen van een traject (zie CIE, 1983 en Schreuder, 1983).

Een ander onderwerp is het uitvoeren van testen op de weg. Versnelde testen blijken geen goede resultaten op te leveren, zodat men zich moet beperken tot het aanbrengen van proefstrepen op wegen die voor het normale verkeer zijn opengesteld (OECD, 1975). Daarbij is de vraag of strepen dwars op de rijrichting dezelfde resultaten opleveren als "echte" strepen nog niet opgelost (OECD, 1975). Volgens opgaven van de Wegbouwkundige Dienst is de praktische "levensduur" van dwarsstrepen vaak slechts circa één-vierde van kantstrepen. Overzichten van de methoden van aanbrengen en testen zijn gegeven (Lothe, 1983; Magnusson & Andersson 1981; Stimpson et al., 1977; Vincent, 1978; Clee & Hogervorst, 1981 en Anon, 1981).

Hiersche & Tenzinger (1984) tenslotte beschrijven systemen van fotologging die in verscheidene Europese landen worden gebruikt bij de beoordelingen van wegmarkeringen in de praktijk.

5. RESISTENTIE TEGEN SNEEUWPLOEGEN

Eerder is gesteld (Schreuder, 1978) dat het probleem van de sneeuwploegen leek te zijn opgelost. Dit blijkt zeker te gelden voor de sneeuw die in Nederland gewoon is. Sneeuwploegen met rubber bladen blijken weinig schade aan wegmarkeringen op te leveren, ook niet aan wegdekreflectoren (Hogervorst & Clee, 1977; Anon, 1978a). Overigens is gebleken dat bij extreem lage temperatuur (ca. 20°C) tijdens sneeuwploegen schade kan optreden. Eerder aan de sneeuwploegbladen overigens. Het zij opgemerkt dat in Nederland de combinatie van zeer strenge vorst met sneeuw zeer zelden voorkomt, zodat er niet al te veel rekening mee behoeft te worden gehouden.

In andere landen echter - met name in de V.S. - komt vaak zeer zware, vastvriezende sneeuw voor, die alleen met zware, stalen sneeuwruimers kan worden verwijderd. Graf & Roberts (1979) geven aan dat zelfs dan bepaalde soorten wegdekreflectoren kunnen worden gebruikt; ze zijn echter tamelijk duur (\$ 20 à 26 per stuk geïnstalleerd). Geheel vlakke markeringen zijn goed bestand tegen sneeuwploegen, maar de nacht-natzichtbaarheid is vaak onvoldoende (Anon, 1978; Anderson, 1981) (zie ook Moore et al., 1975). Tenslotte is het uiteraard mogelijk om de reflectoren in de weg te verzinken. Ze zijn dan goed tegen sneeuwploegen bestand (Wright, 1982; Wright & Zador, 1982, 1983). In vele gevallen echter is de reflectie in natte toestand - maar zonder sneeuw - niet erg bevredigend. Er is niet precies na te gaan of water of vuil hiervan de oorzaak is. Water wordt overigens volgens Pigman & Agent (1983) vrij snel door het verkeer uit de groeven verdreven. In andere opzichten bevestigde deze studie de eerdere conclusies zoals gegeven in Schreuder (1978, 1980). Enige nadere veiligheidsaspecten zijn beschreven in Hoofdstuk 6.

6. VEILIGHEIDSASPECTEN

In het algemeen wordt de verkeersveiligheid door wegmarkering bevorderd (Anon, 1981b). Dit volgt uit theoretische overwegingen betreffende de visuele waarneming. We hebben in Hoofdstuk 1 een aantal studies dienaangaande besproken. Het volgt ook uit ongevallenstudies. Men moet daarbij een zeker voorbehoud maken, omdat het meestal moeilijk is om zeer gedetailleerde uitspraken te doen over veiligheidsaspecten van zeer gespecialiseerde maatregelen, zoals bijvoorbeeld wegmarkeringen. De opgaven die men tegenkomt in de literatuur moeten dan ook met enige voorzichtigheid worden gehanteerd. Meer in het bijzonder kan het voorkomen dat het aanbrengen van wegmarkeringen plaatsvindt in een veel ruimere verbetering van het betreffende weggedeelte. Het is dan wellicht ook niet correct de gehele eventuele geconstateerde vermindering in ongevallen uitsluitend aan de wegmarkeringen toe te schrijven. Met deze waarschuwing in gedachten zullen we een aantal studies beschrijven.

In Duitsland (Heinz, 1981) is geconstateerd dat op autosnelwegen zowel overdag als 's nachts meer ongevallen optreden bij natte dan bij droge weg, maar dat bij natte weg relatief meer "Fahrurfälle" voorkomen en bij droge weg meer "Auffahrurfälle". Een samenhang met de waarneembaarheid van wegmarkeringen wordt niet aangegeven, maar zou de verklaring hiervoor kunnen zijn.

In Zweden is, op 13 000 km hoofdweg, het aantal ongevallen na het plaatsen van retroreflecterende bermplanken met 29% afgenomen, zowel overdag als bij duisternis (Anon, 1980a). Het is dus niet erg waarschijnlijk dat dit geheel het gevolg is van de retroreflecterende markering.

In Engeland heeft een aantal studies een duidelijke suggestie geleverd dat wegmarkeringen, en dan speciaal kantstrepen als aanvulling op asmarkeringen, bijdragen tot de verkeersveiligheid. Er zou sprake zijn van een reductie van 42% in de nachtelijke ongevallen (Anon, 1979). Vooral bij "black spots" zouden retroreflecterende wegmarkeringen kunnen helpen (Anon, 1980c) (zie verder Anon, 1979b, 1979c, 1980; Jackson, 1981, 1983). In Frankrijk is een vermindering van 30% van de ongevallen tijdens slecht weer toegeschreven aan wegmarkeringen. Het gaat daarbij om reflecterende bermplanken en wegdekreflectoren (Anon, 1983e; Bry & Moukhwass, 1981; Lafont, 1984). Tevens is aangegeven dat witte wegdekreflectoren beter

opvallen dan groene, en dat het opvoeren van de reflectie boven de 100 mcd/lux geen extra opvallendheid meer oplevert (Bry & Moukhwass, 1981). In de V.S. zijn verschillende studies uitgevoerd; de opgegeven effecten zijn niet steeds even groot. Anon (1980b) vermeldt dat kantstrepen een extra besparing (ten opzichte van andere verkeersveiligheidsmaatregelen) opleveren van ca. 10%; de baten/kostenverhouding ligt zeer hoog, bij 6:1. Schwab & Capelle (1979) geven een globale reductie van 30 - 50% aan ten gevolge van markeringen. Het gaat daarbij waarschijnlijk om wegmarkeringen en bermplanken. Wright et al. (1982) vinden dat in 700 bochten in Georgia de ongevallen met 20% zijn afgenomen na installatie van markering. Het bleek vooral om eenzijdige ongevallen te gaan; dit maakt het plausibel dat de waarneembaarheid (en dus de markering) een rol heeft gespeeld. Tenslotte is er een studie die gaat over retroreflecterende wegmarkeringen in bebouwde gebieden. Gesteld wordt dat openbare verlichting niet te vervangen is, maar dat ook binnen bebouwde gebieden retroreflectie daar kan helpen waar de openbare verlichting onvoldoende is. Ongevalgegevens worden echter niet gegeven (Anon, 1977). Een overzicht over deze materie is tenslotte gegeven door Bali et al. (1978). Geprofileerde wegmarkeringen zijn oorspronkelijk als "rumble strips" ingevoerd; het belang van de drainerende eigenschappen is pas later naar voren gekomen. In ongevallenstudies moet men met beide effecten rekening houden (Anon, 1984c). Voorts kunnen nog de dwarsstrepen worden vermeld. Die worden toegepast als waarschuwing bij het naderen van gevaarlijke locaties (kruisingen bijvoorbeeld). In Nederland is de toepassing beperkt tot enkele proefobjecten. Het "rumble effect" lijkt daarbij niet veel bij te dragen tot de veiligheid: Carstens (1983) vindt geen vermindering in ongevallen. Als optisch hulpmiddel helpen ze de snelheid te reduceren (Agent, 1980; Anon, 1984b). Niet bekend is hoe groot het effect hiervan is op de verkeersveiligheid.

Tenslotte nog iets over de reeds vermelde aspecten van sneeuw en sneeuw-ploegen. (Zie Hoofdstuk 5). Uit globale opgaven blijkt dat ook in gebieden met aanzienlijke sneeuwval wegmarkeringen kunnen bijdragen tot de verkeersveiligheid. In Ohio is een reductie van 38% geconstateerd, in Californië 61% (Anon, 1978a). De opgaven zijn echter niet volledig, zodat niet kan worden aangegeven wat dit precies betekent.

Vermeld kan worden de mogelijkheid dat betere markeringen het rijden gemakkelijker maken en dus - indirect - tot sneller rijden uitlokken. Dit zou dan weer een extra gevaar in kunnen houden. In Schreuder (1978) is hierop ingegaan; uit de ongevallenstudies blijkt dit effect niet zeer groot te zijn omdat - ondanks een toename in de snelheid - het netto veiligheidseffect positief blijkt te zijn.

Bij de bespreking van de veiligheidsaspecten is niet nader ingegaan op de configuratie. Het is te verwachten dat de configuratie een belangrijke invloed heeft op de veiligheid (opvallendheid, herkenbaarheid). Er is ook wel onderzoek gedaan op dit gebied, maar dit belangrijke aspect is hier buiten beschouwing gelaten omdat de onderhavige studie tot de waarneembaarheid van de markering zelf is beperkt.

7. MATERIALEN EN TOEPASSINGEN

Er is een gestadige ontwikkeling naar betere materialen voor wegmarkeringen. Dit geldt zowel de glasparels als de bindmiddelen. Ook worden er nieuwe toepassingen gepresenteerd, hetzij als proef of als gereed produkt.

Overzichten - meer of minder recent - zijn gegeven in Anon (1981), Bernhard (1984), Brevoord (1975), Bridle (1980), Dutruit (1980), Habl & Huber (1983), Serres (1981) en Schönborn (ed.) (1980). Voor de glasparels kan nog worden verwezen naar het goede overzicht van Pocock & Rhodes (1952). De optische eigenschappen van glasparels voor wegmarkeringen zijn in detail bestudeerd door Stoudt & Vedam (1978, 1979) en Vedam & Stoudt (1978). Als meest interessante gegevens voor de praktijk volgen uit deze theoretische overwegingen dat voor een maximale lichtreflectie de brekingsindex van het gebruikte glas zo dicht mogelijk bij 2 moet liggen (niet lager, maar ook niet hoger) en dat de optimale retroreflectie optreedt wanneer de glasparels voor 50-90% van hun diameter in het bindmiddel zijn ondergedompeld. Een ander punt is dat glas met hoge brekingsindex gemakkelijker beschadigd wordt dan glas met lage brekingsindex (Bry, 1983). Fournier (1983) beschrijft glasparels met een oppervlaktebehandeling. In Anon (1979d) is de standaard gegeven voor de afmetingen zoals die in een aantal landen wordt gehanteerd. Er blijkt nog wel ruimte te zijn voor meer harmonisatie! Anon (1978c) en Bry (1983) beschrijven keuringsmethoden voor glasparels.

Over de bindmiddelen zijn blijkbaar de meningen verdeeld. In Nederland bevallen thermoplasten goed (Clee & Hogervorst, 1981), mits ze maar op de goede wijze worden aangebracht (Anon, 1982). Bryden & Lorini (1981) geven echter aan dat thermoplasten niet geschikt zijn. Gillis (1978) bevestigt dat tot op zekere hoogte: thermoplasten zouden niet bestand zijn tegen (stalen) sneeuwplougen. Het gaat daar blijkbaar meer om verschillen in gebruiksomstandigheden dan om verschillen in materiaaleigenschappen.

In de V.S. ziet men blijkbaar meer in andere bindmiddelen, zoals bijvoorbeeld epoxyharsen (Dale, 1979; Gillis, 1978; Niessner, 1982). Het is niet zonder meer na te gaan hoe deze voorkeur tot stand is gekomen; eveneens is het moeilijk te zeggen wat dit voor de Nederlandse situatie betekent. Reidt (1979) beschrijft de "Kaltplastik-markierungen" op acrylaatbasis; Luthi (1980) geeft aan dat goede resultaten kunnen worden bereikt met het

spuiten van een dunne laag plastisch bindmiddel en een afstrooi met glasparels.

Over de ter plaatse gevormde markeringen is minder te melden. Op tentoonstellingen wordt documentatiemateriaal uitgedeeld, maar publikaties komen nauwelijks voor (Whitefield, 1976).

Anders is het bij de wegdekreflectoren. Niet in de laatste plaats door het werk van de werkgroep E9 zijn ze zowel in Nederland als daarbuiten weer wat meer in de belangstelling gekomen (Anon, 1978b; Brown, 1982; Feldhutter, 1980; Freeman & Vincent, 1978). De rapportage van werkgroep E9 zelf geeft echter het meest complete inzicht in deze materie.

Voor speciale situaties (bijvoorbeeld wegen met veel mist) komen zelflichtgevende markeringen in aanmerking. Deze zijn meestal afgeleid van de markeringslichten voor landingsbanen op vliegvelden (Anon, 1981a). Dergelijke markeringen zijn sporadisch toegepast, maar dan wel met succes (Creech, 1976; Finch, 1961; Shepard, 1979). Zoals reeds door Schreuder (1978) is aangegeven, kunnen naast elektrische lampen hierbij ook chemische of nucleaire lichtbronnen worden gebruikt (Moore et al., 1975).

Toepassingen daarvan zijn echter niet bekend.

Een variant op de wegdekreflector is de reflector in de stoeprand (Anon, 1984). Interessant is de toepassing van retroreflecterende middelen in panelen die op de weg kunnen worden aangebracht met het doel om (tijdelijk) naast een visuele ook een fysische grens tussen weggedeelten (bijv. tussen een fietspad en de rijbaan) aan te brengen (Anon, 1984a) (zie ook Mallowney, 1978 en Anon, 1979a).

Voor tijdelijke markeringen komen o.a. plakstroken in aanmerking (Davis, 1982), vooral ook wegens het grote voordeel van plakstroken dat voor het aanbrengen het verkeer nauwelijks hoeft te worden onderbroken. Ook het verwijderen gaat gemakkelijker dan bij vele andere materialen (Niessner, 1979). Er is nog verschil van mening of dergelijke plakstroken ook voor permanente markering in aanmerking komen. Fabrikanten claimen een levensduur van 8 à 12 jaar; dit is in dezelfde orde als de levensduur van wegdekken, maar de vraag blijft of het genoeg is. Deze levensduur betreft in eerste instantie de slijtvastheid; of ook aan de functionele vereisten (stroefheid, lichtreflectie) over een lange periode voldaan wordt, is nog een open vraag. Er zijn aanwijzingen dat dergelijke retroreflecterende plakstroken juist bij vochtig (dus niet nat) wegdek beter zijn dan de alternatieve materialen. Nader onderzoek hiernaar is gewenst. Dergelijk

onderzoek dient dan in de eerste plaats het karakter van produktontwikkeling te hebben.

De applicatie en het verwijderen van markeringsen is een uitgebreid, apart onderwerp. (o.a. Anon, 1983; Hofmann, 1980 ; Niessner, 1979). Ook over het onderhoud zullen we niet te veel zeggen (zie hiervoor bijvoorbeeld: Anon, 1983a, 1983c; Schönborn, 1980).

8. OVERIGE ONDERWERPEN

We zullen dit literatuuroverzicht besluiten met een paar onderwerpen die een meer zijdelings verband vertonen met de nachtzichtbaarheid van wegmarkeringen op natte wegen.

8.1. Lawaaioverlast

Vele wegmarkeringen beïnvloeden het geluid dat afkomstig is van over de weg rijdende voertuigen. Meer in het bijzonder wordt deze toename van het geluid vaak als een bezwaar genoemd van geprofileerde markeringen. Onderzoek in het kader van het werk van de werkgroep E9 uitgevoerd, gaf aan dat er inderdaad van een stijging van het geluidsniveau sprake kan zijn. Een verslag van de door de Wegbouwkundige Dienst uitgevoerde metingen zal t.z.t. apart worden gepubliceerd (zie Anon, 1985a).

Voorts zijn bezwaren binnengekomen van de kant van mensen die dicht bij wegen wonen waar geprofileerde markeringen (als proef) waren toegepast. Systematische metingen dienaangaande zijn echter nog niet uitgevoerd. Het blijkt echter dat geprofileerde markeringen dicht bij woningen niet moeten worden aangebracht.

Aan de andere kant lijkt het bepaald te ver gaan om geprofileerde markeringen als een voor de praktijk nauwelijks bruikbaar materiaal van de hand te wijzen. Het lijkt te ver te gaan om op grond van zeer aan plaats gebonden, en op beperkte locaties optredende hinder, een materiaal niet toe te passen waarvan uit onderzoek - ook onderzoek van de werkgroep E9 - bekend is dat het een zeer goede nat-nacht-zichtbaarheid heeft en als zodanig een nuttige bijdrage kan leveren tot de verkeersveiligheid. Nadere studie lijkt gewenst; ook hier valt daarbij in de eerste plaats te denken aan produktontwikkeling (onderlinge afstand, hoogte en vorm van het profiel).

8.2. Wegdekken

Wegmarkeringen worden - zoals het woord al zegt - op de weg aangebracht. Om goed zichtbaar te zijn, moet er een voldoende groot contrast bestaan tussen de markering (het voorwerp) en de weg (de achtergrond). Hoe groot dit contrast precies moet zijn, is niet bekend, maar men neemt meestal

aan dat het zo groot mogelijk moet zijn. Zo gezien heeft het dus een zeker voordeel wanneer het wegdek donker is. Een donker wegdek heeft echter een groot bezwaar voor de wegverlichting (zowel openbare verlichting als de verlichting met autolantaarns). Schreuder (1978, 1980) is daarop in detail ingegaan (zie ook de studies van de SCW-werkgroep E2 "Wegverlichting en oppervlaktetextuur"; Anon, 1974a, 1984) en de relevante studies van CIE en OECD (Kebschull, 1983). We zullen verder volstaan met twee moderne studies te vermelden: Bassett & Jung (1984) en Sørensen (1984). Ook kan nog worden verwezen naar Bryant (1979), waar, net als in het rapport van de hierboven genoemde werkgroep E2, wordt gewezen op het belang van drainerende wegen (zie ook Hoofdstuk 3 van dit rapport).

Bij de beschouwingen over het wegdek moet rekening worden gehouden met het feit dat de meest kritische situatie meestal die is waarbij de weg alleen door middel van autolantaarns wordt verlicht. Vooral in Scandinavië wordt veel aandacht aan deze materie besteed: Helmers (1984), Lundkvist & Sørensen (1980). Voor wat oudere, maar vollediger overzichten wordt verwezen naar Schreuder (1975, 1976) (zie ook Schreuder, 1985).

8.3. Tweewielers

Tweewielers, met name motorfietsen hebben vaak last van oneffenheden in het wegdek. Uiteraard zijn vooral (min of meer) in de lengte liggende oneffenheden storend, en soms gevaarlijk. Theoretisch onderzoek dienaangaande wordt vermeld door Kokoschinski (1978); Vermeulen (1982); Ruys (1982); Blaauw & Godthelp (1977) en Wildervanck (1979).

Overigens worden volgens Kokoschinski (1978) problemen die het gevolg zijn van onoordeelkundig sturen ("stuurfouten") ten onrechte toegeschreven aan oneffenheden in het wegdek.

Wegmarkeringen worden vaak als "boosdoeners" aangemerkt, en dan meer speciaal geprofileerde wegmarkeringen en wegdekreflectoren (Van der Snoek, 1982; Wildervanck, 1981). Werd er eerst vaak van "gevaarlijke" situaties gesproken, de discussies in (en met) de werkgroep E9 hebben ertoe geleid dat ook in de kring van motorrijders momenteel alleen nog maar wordt gesproken van "hinderlijk" (Wildervanck, 1981, 1982). Daarmee is het probleem natuurlijk niet opgelost, maar wel is het tot de juiste proporties teruggebracht.

9. CONCLUSIES

Uit het voorgaande kan worden geconcludeerd dat de belangrijkste voor- en nadelen op het gebied van de kennis omtrent de zichtbaarheid van wegmarkeringen op natte wegen afkomstig is van het werk van de werkgroep E9. Als belangrijkste resultaat is daaruit naar voren gekomen dat goede wegdekreflectoren en tot zekere hoogte ook geprofileerde wegmarkeringen een afdoende oplossing vormen voor het probleem van de slechte waarneembaarheid van markeringen. Deze conclusie is in een aantal andere studies bevestigd.

Geprofileerde markeringen en wegdekreflectoren hebben ieder hun eigen voor- en nadelen. Denkelijk kunnen ze ieder een goed omgrensd toepassingsgebied hebben. Het bezwaar van de geluidsoverlast dient nader te worden bestudeerd; in bepaalde situaties blijkt deze overlast niet geaccepteerd te kunnen worden. Mogelijk kunnen de profielen worden aangepast. Het gevaar dat dergelijke markeringen voor motorrijders opleveren blijkt gering of afwezig te zijn, ofschoon hinder voor motorrijders zeer wel aanwezig blijkt te zijn.

Voor Nederland kan het probleem van het sneeuwploegen als opgelost worden beschouwd; de in Nederland gebruikte sneeuwploegen laten de toepassing van gewone wegdekreflectoren toe. In sommige andere landen kan echter de situatie anders zijn.

De kwestie van de meetmethode ten behoeve van testen en kwaliteitscontrole is nog niet naar bevrediging opgelost. Weliswaar leveren de verschillende apparaten uitkomsten op die onderling niet veel verschillen, maar er is ernstige twijfel over de mate waarin dergelijke metingen de realiteit representeren.

Nieuwe materialen komen steeds naar voren; de indruk bestaat echter dat er geen schokkende veranderingen of verbeteringen te verwachten zijn. Hierbij moet een voorbehoud worden gemaakt aangaande plakstroken voor permanent gebruik; er zijn aanwijzingen dat de levensduur ervan voldoende groot is ofschoon er twijfel bestaat over de mate waarin blijvend aan eisen betreffende stroefheid en lichtreflectie wordt voldaan. Nader onderzoek betreffende deze materialen lijkt gewenst.

Ongevallenstudies geven vaak een grote invloed van wegmarkeringen op de verkeersveiligheid aan. Het moet echter in sommige gevallen worden betwijfeld of de gevonden verbeteringen ook inderdaad volledig op rekening

van de wegmarkering moeten worden geschreven; in vele gevallen zijn andere maatregelen tegelijk met verbetering in de wegmarkeringen ingevoerd. Het effect van de wegmarkering is dus niet steeds te isoleren; dit geldt meer in het bijzonder wat betreft de invloed van de nachtzichtbaarheid van wegmarkeringen op natte wegen.

LITERATUUR

Agent, K.R. (1980). Transverse pavement markings for speed control and accident reduction. Transportation Research Record 773, p. 11-13. TRB, Washington, D.C., 1980.

Allen, R.W. & O'Hanlon, J.F. (1979). Driver steering performance effects of roadway delineation and visibility conditions. Paper No. 229. Systems Technology, Inc., Hawthorne, Cal., (1979) (jaartal geschat).

Allen, R.W. et al. (1979). Driver's visibility requirements for roadway delineation; Vol. I: Effects of contrast and configuration on driver performance and behavior. Final Report FHWA-RD-77-165. Systems Technology, Inc., Hawthorne, Cal., 1979.

Anderson, K.W. (1981). Permanent lane marking (recessed lane edge stripe). Report No. 82204. Federal Highway Administration, Washington, D.C., 1981.

Anon (1973). Geprofileerde markering. In: Verslag der werkzaamheden, 1973, par. 7.4. Rijkswegenbouwlaboratorium, Delft, 1973.

Anon (1974). Photometry of retroreflectors. Report to CIE TC 1.6 (not published). CIE, Paris, 1974.

Anon (1974a). Wegverlichting en oppervlaktetextuur. Mededeling no. 34. Stichting Studiecentrum Wegenbouw SCW, Arnhem, 1974.

Anon (1976). Geprofileerde markering. In: Verslag der werkzaamheden, 1976, par. 8.3. Rijkswegenbouwlaboratorium, Delft, 1976.

Anon (1977). Night-time reflectivity in towns. Night Driving Safety News 2 (1979) 2: 1-2.

Anon (1978). Low profile markers for wet/night visibility. No. 79205. Federal Highway Administration, Denver, Col., 1978.

Anon (1978a). Snowplow-proof reflective markers cut accident rates in snowbelt states. Transportation Research News (1978) no. 79: 20-21.

Anon (1978b). Kwaliteit van wegdekreflectoren. Verkeerskunde 29 (1978) 12: 570.

Anon (1978c). Glass beads for highway paint stripes. Report No. FHWA-TS-78-213. Federal Highway Administration, Washington, D.C. (1978) (jaartal geschat).

Anon (1978d). Verslag der werkzaamheden, 1977. Rijkswegenbouwlaboratorium, Delft, 1978.

Anon (1979). New edgeline study in Northamptonshire achieved substantial results. Night Driving Safety News 4 (1979) 2: 1.

- Anon (1979a). Verhoogde, terugkaatsende bekleding met een laag profiel. Aanvraag nr. 7807451. Octrooiraad (1979).
- Anon (1979b). The case for edgelineing. Road Marking Industry Group, 1979.
- Anon (1979c). Traffic guidance and road safety; The role of carriageway markings. Highways and Public Works 47 (1979) (Dec.).
- Anon (1979d). Körnungstabelle Markierungsglasperlen ausgewählte Länder. Deutsche Studiengesellschaft der Hersteller von Markierungsglasperlen DSGM, Essen, 1979.
- Anon (1980). Road markings at high hazard locations. Potters-Ballotini Ltd. (1980) (jaartal geschat).
- Anon (1980a). Sweden's roadside reflectors reduce accident rates. World Highways 31 (1980) 10: 7.
- Anon (1980b). The pavement marking demonstration programme in Arizona. Night Driving Safety News 5 (1980) No. 1.
- Anon (1980c). Accident savings in Nottinghamshire; Achievements appraised since 1973. Night Driving Safety News 5 (1980) No. 1.
- Anon (1980d). Geprofileerde wegmarkeringen en markeerknopen lijken voordelen te hebben. SWOV-schrift (1980) (december) 6: 4-5.
- Anon (1980e). Calcul de la portée des rétrorélecteurs. Etude 18 Ph. Centre National d'Etudes des Telecommunications. Ministère des Transport, (Paris), 1980.
- Anon (1981). Wegmarkeringen; Keuring en toepassing in Nederland. Publicatie 36. Rijkswaterstaat, 's Gravenhage, 1981.
- Anon (1981a). A light device, especially for airports and roads. Publication No. 0 022 106. European Patent Application, European Patent Office, 1981.
- Anon (1981b). Veiligheid verkeer gediend met goede wegmarking. Over wegen (1981) 1 (maart): 1-2.
- Anon (1982). Thermoplastisch markeringsmateriaal niet aanbrengen tussen 1 november en 1 april. Wegen 56 (1982): 272.
- Anon (1982a). Zichtbaarheid 's nachts van wegmarkeringen op droge en natte wegdekken. SCW-mededeling 52/SVT-mededeling 17. Stichting Studiecentrum Wegenbouw SCW, Arnhem, 1982.
- Anon (1982b). New reflecting road marker lines promote road safety. ITE Journal 53 (1982) (May): 51.
- Anon (1982c). Ribbelreflex in de prijzen. Wegen 56 (1982): 194.
- Anon (1982d). Wegmarkeringen. Spectator (1982) (maart): 9.
- Anon (1983). Installing reflective markers without damaging road pavement. ITE Journal 53 (1982) 3: 23-25.

- Anon (1983a). Maintenance of road signs, markings and other safety equipment. International Road Federation, Geneva, 1983.
- Anon (1983b). Symposium "Visual aspects of road markings", Parijs, 2 en 3 mei 1983. *Wegen* 57 (1983): 212-220.
- Anon (1983c). Entretien des équipements de signalisations et de sécurité routière. *TEC* (1983) 61: 11-19.
- Anon (1983d). Road markings help impaired drivers, says new film. *World Highways* 34 (1983) 4: 3.
- Anon (1983e). Les délineateurs; Conditions d'emploi, maintien en état. SETRA, Bagneux, (1983) (jaartal geschat).
- Anon (1984). Reflexit Kerb. *Traffic Engineering & Control* 25 (1984): 409.
- Anon (1984a). Die Trenn- und Hemm-Schwelle. *Reflex*, December 1984.
- Anon (1984b). Minder ongevallen en een merkbare rust in het verkeer. *Algemeen Politieblad* (1984) 24: 544.
- Anon (1984c). "Rumble strips" cut road accident rate. *World Highways* (1984) 3: 3.
- Anon (1984d). Lichtreflectie van wegdekken. Mededeling 53. Stichting Studiecentrum Wegenbouw, SCW, Arnhem, 1984.
- Anon (1985). Zichtbaarheid 's nachts van wegmarkeringen op droge en natte wegdekken (ontwerp Eindmededeling; in voorbereiding). Stichting Studiecentrum Wegenbouw SCW, Arnhem, 1985.
- Bali, S.; Potts, R.; Fee, J.A.; Taylor, J.I. & Glennon, J. (1978). Cost-effectiveness and safety of alternative roadway delineation treatments for rural two-lane highways (6 volumes). FHWA-RD-78-50....55. Federal Highway Administration, Washington, D.C., 1978.
- Bassett, M. & Jung, F.W. (1984). Pavement reflection studies. In: TRB (1984).
- Baxter, G.A. (1983). Evaluation of short-range delineation; Summary (niet gepubliceerd).
- Bernhard, M. (1984). Trends in road signing in Europe. In: TRB (1984).
- Blaauw, G.J. (1983). Requirements for markings and raised pavement markers. In: CIE (1983).
- Blaauw, G.J. (1984). Car driving as a supervisory control task, Dissertatie. Technische Hogeschool, Delft, 1984.
- Blaauw, G.J.; Buist, M.; Burrij, S. & Hoogeweg, F. (1984). De geleidingsfunctie van markeringsgeometrieën bij nacht. IZF 1984 C4 (concept). Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg, 1984.

- Blaauw, G.J. & Godthelp, J. (1977). De invloed van het type wegdek op het rijgedrag van motorrijders. IZF 1977 C-9. Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg, 1977.
- Blaauw, G.J. & Padmos, P. (1979). Zichtbaarheid van wegmarkeringen op natte wegen bij nacht; Evaluatie van een meetmethode. Memo 1979-M7. Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg, 1979.
- Blaauw, G.J. & Padmos, P. (1981). De zichtbaarheid 's nachts van wegmarkeringen op droge en natte wegen. IZF 1981 C-20. Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg, 1981.
- Blaauw, G.J. & Padmos, P. (1982). Nighttime visibility of various types of road markings; A study on durability, including conditions of rain, fog and dew. SAE paper 820412. SAE, Detroit, Mich, 1982.
- Blaauw, G.J.; Padmos, P.; Alferdinck, J.W.A.M. & Hoogeweg, F. (1983). De zichtbaarheid 's nachts van negen verticaal geprofileerde wegmarkeringen op droge en natte wegen. IZF 1983 C-24. Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg, 1983.
- Brevoord, G.A. (1975). Bebakening en markering van wegen. Symposium Wegmarkingen Delft, 14 mei, 1975. Nota nr. 75-08.
- Bridle, R.J. (1980). Road safety signals, lighting, signs and markings. In: IRF (1980).
- Brown, G.S. (1982). Evaluation of retroreflective pavement markers for precision and nonprecision runways. AD-A125 933/2. Federal Aviation Administration Technical Center, Atlantic City, NJ, 1982.
- Bry, M. (1983). The influence of the application and the types of beads and materials on the visibility at night; The role of in field controls. In: CIE (1983).
- Bry, M. & Maillard, J.C. (1976). La visibilité de nuit des marques routières et sa mesure; Un nouvel appareil de chantier l'Ecolux. Bull. Liaison Labo. P. et Ch. (1976) 86: 9-14.
- Bry, M. & Moukhwas, D. (1981). La visibilité de nuit des plots rétrofléchissants. Cahier d'Etude No. 53. ONSER, 1981.
- Bryden, J.E. & Lorini, R.A. (1981). Experimental pavement delineation treatments. Intern Rapport FHWA/NY/RR-81/87. Federal Highway Administration, Washington, D.C., 1981.
- Bryant, J.F.M. (1979). Visibility and wet pavements, Symposium 2-3 May 1979. ARRB, Vermont South, Vic., 1979.
- Carstens, R.L. (1983). Safety effects of rumble strips on secondary roads. Transportation Research Record 926, p. 12-15.
- CIE (1982). Retroreflection; Definition and measurement. Publication no. 54. CIE, Paris, 1982.
- CIE (1983). International symposium Visual aspects of road markings, Paris, 2-3 May 1983, Reports and papers. CIE, Paris, 1983.

CIE (1984). Visual aspects of road markings (Draft Technical Report). CIE, Paris, 1984.

Clee, H. (1983). Ergebnisse der Niederländischen Versuche mit Markierungsknöpfe und profilierten Markierungen (Kurzfassung). Strassenverkehrstechnik 27 (1983): 64-66.

Clee, H. & Hogervorst, D. (1981). Road markings: Testing and application in the Netherlands. Publication 36. Rijkswaterstaat, 1981. (Zie ook Anon, 1981).

Creech, M.F. (1976). Installation of fog guidance lights on Afton Mountain. VHTRC 77-R12. Virginia Highway & Transportation Research Council, Charlottesville, Vir., 1976.

Dale, J.M. (1979). Equipment for applying epoxy thermoplastic paving marking material. FHWA-RD-79-130. Southwest Research Institute, San Antonio, Tex, 1979.

Davis, T.D. (1982). Construction zone safety and delineation study. FHWA/NJ-83/005. New Jersey Department of Transportation, Trenton, NJ, 1982.

Domhan, M. (1982). Probleme der optischen Führung bei Nacht und Nässe. Strassenverkehrstechnik 26 (1982): 153-158.

Dørnum, S. & Augdal, A. (1981). Instrument de mesure portatif pour la luminance spécifique des revêtements routiers (Franse vertaling van Noors origineel; niet gepubliceerd). Intern Rapport nr. 978. Laboratoire des Ponts et Chaussées EFI/NTH (1981).

Dutruit, M. (1980). Up-to-date road signing and traffic safety. In: IRF (1980).

Feldhutter, R. (1980). Glass reflectors for safer roads at nighttime. In: IRF (1980).

Fields, R.N. & Knox, G.W. (1974). Photometric testing of retroreflective materials used for highway signing and delineation. Paper No. A50 (preprint), 7th ARRB Conference. ARRB, Adelaide, 1974.

Finch, D.M. (1961). Surface-mounted lights on roadways-fog studies. In: Highway Research Bulletin No. 298. Cit.: Creech, 1976.

Fleischer, J. (1978). Digital-Retrometer (Rapport 19 mei 1978, niet gepubliceerd). Optronik GmbH, Berlin, 1978.

Fleischer, J. (1983). A portable retroreflexionmeter for measuring road marking reflectivity. In: CIE (1983).

Formaux, M. (1981). Le balisage routier: Délinéateurs et plots. SETRA (1981) (jaartal geschat).

Forsberg, A. (1978). Optical guidance in darkness on roads without public lighting (in Swedish). Nr. 152-1978. National Road & Traffic Research Institute VTI, Linköping, 1978.

- Fournier, J. (1983). Surface treatment and night-time visibility. In: CIE (1983).
- Freeman, K.D. & Vincent, E.N. (1978). Raised reflective pavement markers; Installation, performance and specification. ARRB Proceedings 9 (1978): 19-31.
- Gillis, H.J. (1978). Durable pavement marking materials study. Minnesota Department of Transportation, (1978) (jaartal geschat).
- Graf, C.R. & Roberts, A.W. (1979). Snowplowable raised reflective pavement markers at hazardous location in New Jersey. FHWA/NJ-80-011. New Jersey Dept. of Transportation, Trenton, 1979.
- Godthelp, J. (1984). Studies on human vehicle control. Dissertatie. Technische Hogeschool, Delft, 1984.
- Godthelp, J. & Riemersma, J.B.J. (1982). Vehicle guidance in road-work zones. Ergonomics 25 (1982): 909-916.
- Godthelp, J. & Riemersma, J.B.J. (1982a). Perception of delineation devices in road work zones during nighttime. SAE Paper 820413. SAE, Detroit, 1982.
- Gorkum, F. van (1982). De zichtbaarheid van zeven wegmarkeringsmaterialen onderzocht bij nacht en ontij. Wegen 56 (1982): 255-262.
- Gorkum, F. van (1983). Untersuchung von Markierungsstoffen hinsichtlich ihrer Nacht-Nass-Sichtbarkeit. Strassenverkehrstechnik 27 (1983): 78-83.
- Gorkum, F. van (1984). Night-time visibility of seven road-marking materials. Traffic Engng & Control 25 (1984): 176-184.
- Gorkum, F. van (1984a). La visibilité de nuit de sept produits de marquage routiers. Rev. Gén. Routes Aérodr. (1984) 607: 7-14.
- Gudum, J. (1983). Measuring box for estimation of the reflection properties of road markings in headlight and daylight illumination. In: CIE (1983).
- Habl, H. & Huber, F. (1983). Erhöhung der Nachtsichtbarkeit nasser Fahrbahnen. 703032. IRRD Research 83R08295.
- Harrington, T.L. & Johnson, M.D. (1961). An improved instrument for measurement of pavement marking reflective performance. Minesota Mining and Manufacturing Company, (1961) (jaartal geschat).
- Heinz, G. (1981). Erhöhtes Unfallrisiko bei Nässe; Versuch einer Quantifizierung. Strassenverkehrstechnik 25 (1981): 188-194.
- Helmers, G. (1984). A proposal for a system's approach to the optimization of visual conditions in low beam illumination. In: TRB (1984).
- Hiersche, E.-V. & Tenzinger, B. (1984). Inventarisierung und Beurteilung von Fahrbahnmarkierungen im Ausland. Strassenverkehrstechnik 28 (1984): 88-89.

- Hoffman, A.G. (1981). Evaluation of retroreflective measurement devices. Final Report FHWA-TS-81-213. Federal Highway Administration, Washington, D.C., 1981.
- Hofmann, F. (1980). Applikation von Markierungsstoffen mit automatische Konstanthaltung den Schichtdicke. Strassenverkehrstechnik 24 (1980): 182-186.
- Hofmann, F. (1979). Verbesserung der Nacht- Nass-Sichtbarkeit von Strassenmarkierungen. Strassenverkehrstechnik 23 (1979): 161-163.
- Hogervorst, D. & Clee, H. (1977). Wegdekreflectoren voor (tijdelijke) wegomleggingen; Deel I: Proefvak Rijksweg A12. Rapport KBW 77-09. Rijks-wegenboulaboratorium, Delft, 1977.
- IRF (1980). Fourth African Highway Conference, Nairobi, January 20-25, 1980.
- Jackson, J. (1981). Safety measures; The contribution of carriageway markings. The Highway Engineer (1981) (Febr.): 2-5.
- Jackson, J. (1983). Reflectorized road markings: Their contribution to traffic safety. In: CIE (1983).
- Jenkins, S.E.; Johnston, I.R. & Lay, M.G. (1983). An overview of ARRB research on delineation. DN 1049 (niet gepubliceerd). ARRB, (1983) (jaartal geschat).
- Jenkins, S.E. & Lay, M.G. (1983). Overview of ARRB research on delineation. In: CIE (1983).
- Kebschull, W. (1983). Photometric properties of road surfaces. In: CIE (1983).
- Kenton, E. (1979). Highway markings; A bibliography with abstracts. PS-79/0425/3SL. National Technical Information Service, Springfield, VA (1979).
- Kenton, E. (1980). Highway markings (Updated report). PB80-807943. National Technical Information Service, Springfield, VA, 1980.
- Klinke, E. & Zorll, U. (1980). Bedeutung der spektralen Augenempfindlichkeit bei der Retroreflexionsmessung am Strassenmarkierungen. Strassenverkehrstechnik 24 (1980): 211-213.
- Kokoschinski, H. (1978). Shimmy-Effekt bei äusserer Energiezufuhr. Motorrad (1978) No. 23.
- Krauze, D. (1979). Visibilité de nuit des marquages routiers par temps de pluie. PV 79.568. Laboratoire Regional de Saint-Quentin, 1979.
- 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. Laboratoire Regional de Saint-Quentin, 1984.

- Kummer, E. (1983). Dröhnstreifen als Fahrbahnrandlinie. WO 83/04275. Europese Patentaanvraag. PCT, 1983.
- Lafont, R. (1984). La sécurité sur autoroute. Rev. Général Routes Aérodr. 58 (1984) 604: 63-71.
- Lothe, M. (1983). The retroreflection level of road markings in France. In: CIE (1983).
- Lundkvist, S.O.; Øbro, P. & Sørensen, K. (1983). Measured data for the reflection properties of road surfaces and road markings in headlight illumination. In: CIE (1983).
- Lundkvist, S.O. & Sørensen, K. (1980). Reflection properties of road markings in vehicle headlight illumination. Rapport No. 189A. VTI, Linköping, 1980.
- Luthi, E. (1980). La marquage horizontal efficace et permanent pour la sécurité routière. In: IRF (1980).
- Lycett, C.J. (1980). Evaluation of road markings under traffic. Irish Journal of Environmental Science 1 (1980): 72-74.
- Macy, P.R. & Nedas, N.D. (z.j.). A study of the use of wide edgelines as an alcohol countermeasure on two-lane rural roads; Summary. Seguridad No. 11 (z.j.).
- Magnusson, R. & Andersson, P.A. (1981). Carriageway reflectors; Field test (in Swedish). Monograph TU 1981-4. National Swedish Road Administration, 1981.
- McGee, H.W. & Knapp, B.G. (1978). Visibility requirements of work zone traffic control devices. FHWA-RD-78-143. Federal Highway Administration, Washington, D.C., 1978.
- Meseberg, H.-H. (1983). Comparison of the measuring results of retro-meters of different type and make. In: CIE (1983).
- Meseberg, H.-H. (1984). Retrometer zur Messung der Retroreflexion (Nacht-sichtbarkeit) von Fahrbahnmarkierungen. Strassenverkehrstechnik 28 (1984): 65-69.
- Michon, J.A. (1979). Dealing with danger. VK 79-01. Rijksuniversiteit Groningen, Verkeerskundig Studiecentrum, Haren, 1979.
- Michon, J.A.; Eijkman, E.G.J. & De Klerk, L.F.W. (eds.) (1979). Handbook of psychonomics (2 volumes). North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 1979.
- Moerman, J.J.B. (1979). Accuracy of photometry of retroreflectors and retroreflective materials. Electrotechniek 57 (1979): 101-107.
- Moore, W.M.; Swift, G.; Poehl, R. & Turman, G.W. (1975). Development of pavement marking systems for snowfall areas. Project 5-5 B, Final report. Transportation Research Board, Washington, D.C., 1975.

- Morren, L. (1980). Peculiarities of the photometry of retroreflective road markings. CIE Bulletin (1980) (May): 28-30.
- Morren, L. (1980a). Photométrie des marquages routiers rétroréfléchissants. Lux (1980) No. 109: 6-10.
- Morren, L. (1982). The photometry of retroreflective surfaces at large angles of incidence. CIE Journal 1 (1982) 4.
- Moukhwas, D. & Bry, M. (1982). La visibilité de nuit des plots rétroréfléchissants. Rev. Gén. Routes Aérodr. 56 (1982) 589: 20-24.
- Mullockney, W.L. (1978). Evaluation of delineation systems for the New Jersey barrier. Transportation Research Record 681, p. 1-6. TRB, Washington, D.C., 1978.
- Mullockney, W.L. (1982). The effect of raised pavement markers on traffic performance. Final report FHWA/NS-83/001. New Jersey Department of Transportation, 1982.
- Niessner, C.W. (1979). Raised pavement markers for construction zone delineation. Public Roads 43 (1979) 2: 69-75.
- Niessner, C.W. (1982). Epoxy thermoplastic marking material. FHWA-IP-82-14. Federal Highway Administration, Washington, D.C., 1982.
- Norren, D. van (1981). Informatiedragers langs de weg. IZF 1981 C-25. Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg, 1981.
- OECD (1975). Road marking and delineation. Organisation for Economic Co-operation and Development OECD, Paris, 1975.
- OECD (1976). Adverse weather, reduced visibility and road safety. Organisation for Economic Co-operation and Development OECD, Paris, 1976.
- OECD (1979). Improving road safety at night. Organisation for Economic Co-operation and Development OECD, Paris, 1979.
- Padmos, P. (1984). Visually critical elements in night driving in relation to public lighting. In: TRB (1984).
- Paumier, J.-L. (1983). Objectives and quality of field retroreflectometers. In: CIE (1983).
- Peroni, G. & Pallotta, S. (z.j.). Il retroriflettometro a la lettura diretta perfezionato dalla Soc. Autostrada di fini della visibilità nella guida notturna.
- Pigman, J.G. & Agent, K.R. (1983). Field evaluation of snowplowable pavement markers. Transportation Research Record 933, p. 18-24. TRB, Washington, D.C., 1983.
- Pocock, B.W. & Rhodes, C.C. (1952). Principles of glass-bead reflectorization. HRB Bull. 57 (1952) 32-47. (Cit.: Anon, 1978c).

- Reidt, W. (1979). Kaltplastikmarkierungen, ihre Eigenschaften und Vorzüge im Betrieb unter den Berücksichtigung der Verlegetechnik, des Demarkierens und der lokalen Reparatur. *Strassenverkehrstechnik* 23 (1979): 104-106.
- Richardson, W. (1980). Traffic paint reflectometer. Columbus, Ohio, 1980.
- Riemersma, J.B.J. (1979). The perception of deviation from a straight course. IZF 1979 C-6. Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg, 1979.
- Riemersma, J.B.J. (1979a). The perception of course and speed driving locomotion; A review of some theoretical formulations. IZF 1979 C-4. Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg, 1979.
- Riemersma, J.B.J. (1983). Visual processes in vehicle guidance. In: CIE (1983).
- Robnett, O.L. & Burrows, W.H. (1977). Development of a porous lane marking system. Georgia Institute of Technology, Atlanta, 1977.
- Ruijs, P.A.J. (1982). Bandkrachtmetingen aan een motorfietsband rollend over een plaat met langsgroeven, Deel I. Rapport VT-P 228. Technische Hogeschool Delft, 1982.
- Schönborn, H.D. (ed.) (1980). Handbuch für die Markierung von Strassen. Otto Elsner Verlagsgesellschaft, Darmstadt, 1980.
- Schreuder, D.A. (1975). Wit of geel licht voor autokoplantaarns? Publicatie 1975-3N. SWOV, Voorburg, 1975.
- Schreuder, D.A. (1976). Vehicle lighting within built-up areas. R-76-43. SWOV, Voorburg, 1976.
- 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). Visibility of road markings on wet road surfaces. Stichting Studiecentrum Wegenbouw SCW, Arnhem, 1981.
- Schreuder, D.A. (1983). Principles of information transfer by road markings (Draft). In: CIE (1984).
- Schreuder, D.A. (1983a). The signalling functions of road markings. In: CIE (1983).
- Schreuder, D.A. (1984). Visibility aspects of road lighting. In: TRB (1984).
- Schreuder, D.A. (1984a). Visuele aspecten van wegmarkeringen. *Verkeerskunde* 35 (1984): 26-27.
- Schreuder, D.A. (1984b). Zichtbaarheid en visuele geleiding voor weggebruikers. *Verkeerskunde* 35 (1984) 567.

- Schreuder, D.A. (1985). De theorie van de verkeersverlichting gezien vanuit de verkeerskunde. Cursus "Weg- en straatverlichting". PA0-VV, Delft, 1985.
- Schwab, R.N. & Capelle, D.G. (1979). Is delineation needed? Public Roads 43 (1979): 89-96.
- Serres, A.M. (1976). Visibilité de nuit de divers dispositifs de signalisation routière. Lux (1976) No. 88: 165-171.
- Serres, A.M. (1978). Signalisation horizontale. Revue Gén. Routes Aérodr. 52 (1978) 538: 91-95.
- Serres, A.M. (1981). La visibilité des marques routières. Bull. Liaison Labo. P. et Ch. (1981) 114: 27-48.
- Shepard, F.D. (1979). Pavement inset lights for use during fog. Transportation Research Record 737, p. 93-95. TRB, Washington, D.C., 1979.
- Snoek, B. van der (1982). De (on)zichtbaarheid van wegmarkeringen. Auto-kampioen 74 (1982) 9: 461-464.
- Sørensen, K. (1983). Model considerations on the reflection properties of road surfaces and road markings in headlight illumination. In: CIE (1983).
- Stephenson, H.F. (1983). The photometry of retroreflective surfaces at large angles of incidence, such as road markings. In: CIE (1983).
- Stimpson, W.A.; McGee, H.W.; Kittelson, W.K. & Ruddy, R.H. (1977). Field evaluation of selected delineation treatments on two-lane rural highways. FHWA-RD-77-118. Federal Highway Administration, Washington, D.C., 1977.
- Stoudt, M.D. & Vedam, K. (1978). Retroreflection from spherical glass beads in highway pavement markings; 1: Specular reflection. Applied Optics 17 (1978): 1855-1958.
- Stoudt, M.D. & Vedam, K. (1979). Retroreflection characteristics of spherical lenses, Part. 3 (to be published) (jaartal geschat).
- Tooke, W.R. & Hurst, D.R. (1975). Wet night visibility study. G. Dot Res. Proj. No. 6701. 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.
- Triggs, T.J. (1982). Rural road delineation at night (Abstract). Ergonomics 25 (1982): 532.
- Triggs, T.J.; Harris, W.G. & Fildes, B.N. (1979). Delineation as road signing; A study of visual cues on rural roads at night. Paper 23rd Annual meeting Oct. 29 - Nov. 1, 1979. Human Factors Society, Boston, Mass., 1979.

- Triggs, T.J.; Meehan, J.W. & Harris, W.G. (1983). A laboratory-based study of the effect of road-side post frequency and location on curve direction estimation. ARRB Internal Report AIR 355-1. Australian Road Research Board, Vermont South, Vic., 1983.
- Triggs, T.J. & Wisdom, P.H. (1978). Observations of vehicle lateral position-keeping and the effects of pavement delineation marking. ARRB Proceedings 9 (1978) Session 38, p. 31-51.
- Triggs, T.J. & Wisdom, P.H. (1979). The effect of pavement delineation on marking on vehicle lateral position-keeping. HFR-10. Monash University, Melbourne, 1979.
- Vedam, K. & Stoudt, M.D. (1978). Retroreflection from spherical glass beads in highway pavement markings; 2: Diffuse reflection (A first approximation calculation). Applied Optics 17 (1978): 1859-1869.
- Vermeulen, J.A. (1982). Bandkrachtmetingen bij het rijden over een kattenog. Rapport VT-P 225. Technische Hogeschool Delft, 1982.
- Vincent, E.N. (1978). A trial installation of corner-cube delineators. Australian Road Research 8 (1978) 3: 38-40.
- Vlek, C. & Wagenaar, W.A. Judgement and decision under uncertainty. In: Michon et al. (eds.) (1979), Chapter 6, Vol. 2, p. 253-346.
- Walraven, J. (1980). Visueel-critische elementen bij het nachtrijden; Een verkennend onderzoek. IZF 1980 C-22. Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg, 1980.
- Whitefield, F.N. (1976). A development in road marking materials: Formed in situ plastic raised pavement markers. Paper 8th ARRB Conference, Perth, 1976.
- Wildervanck, C. (1979). De motorrijder, buitenbeentje in het verkeer. Verkeerskunde (1979): 212-217.
- Wildervanck, C. (1981). Verhoogde wegmarkering en motorrijders. Nota ten behoeve van de SCW/SVT werkgroep E9. Verkeerscommissie KNMV, Ten Post, 1981.
- Wildervanck, C. (1982). Met de motor overweg. In: Verkeerstechnische Leergang 1982. ANWB, Den Haag, 1982.
- Wright, P.H. & Zador, P.L. (1982). Survivability of reflectorized pavement markers. HS-033-700. Insurance Institute for Highway Safety, 1982.
- Wright, P.H. & Zador, P.L. (1983). Survivability of reflectorized pavement markers. ITE Journal 53 (1983) 3: 21-22.
- Wright, P.H.; Zador, P.L.; Park, C.Y. & Karpf, R.S. (1982). Effect of pavement markers on nighttime crashes in Georgia. HS-033-690. Insurance Institute for Highway Safety, 1982.