

GEPROFILEERDE WEGMARKERINGEN

Een literatuurstudie in opdracht van de Deutsche Studiengesellschaft der Hersteller von Markierungsglasperlen (DSGM), Essen, voor de Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen e.V., Köln.

R-80-51

Dr.ir. D.A. Schreuder

Voorburg, 1980

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

## 1. INLEIDING

Het doel van deze studie is na te gaan welke specifieke eigenschappen kunnen worden toegeschreven aan geprofileerde wegmarkeringen en op welke wijze ze kunnen worden toegepast. De studie is mogelijk gemaakt door een bijdrage van de Deutsche Studiengesellschaft der Hersteller von Markierungsglasperlen DSGM.

Uitgangspunt voor dit rapport was een studie van de vakliteratuur, een studie die weer was gebaseerd op een eerdere studie die meer in het algemeen betrekking had op de zichtbaarheid van wegmarkeringen op natte wegen (Schreuder, 1978c). Omdat over het specifieke onderwerp van geprofileerde markeringen niet erg veel is gepubliceerd, is de literatuurstudie aangevuld met een aantal gegevens die zijn ontleend aan gesprekken met deskundigen. Wat dit betreft is speciale dank verschuldigd aan de heer Clee van het Rijkswegbouwlaboratorium te Delft en aan de heer De Groot van de Firma Heijmans te Rosmalen.

## 2. DE FUNCTIE VAN WEGMARKERINGEN

In de meeste geïndustrialiseerde landen worden wegmarkeringen op grote schaal toegepast. Hun voornaamste functie is om de begrenzing van de weg, en meestal ook de begrenzing van de rijstroken duidelijk aan te geven ten behoeve van het gemotoriseerde verkeer (Allen & O'Hanlon, 1979; Allen et al., 1977; Anon, 1971b, 1975, 1980; Bali et al., 1976; Blaauw & Padmos, 1980a; Blaauw et al., 1977; Böcher, 1975; Flanikin, 1975; Gramberg-Danielsen, 1967; Griep, 1972a; Hassan, 1971; OECD, 1971, 1975; O'Flaherty, 1972; Rumar & Öst, 1974; Taylor et al., 1972).

Deze soort wegmarkering vindt men in hoofdzaak, maar niet uitsluitend, op wegen buiten de bebouwde kom. Slechts op wegen die een geringere verkeersfunctie hebben, mankeren ze (Bali et al., 1978; Frybourg, 1972; Jonker, 1972; Walton et al., 1977).

De vormgeving van dit soort wegmarkering is in de meeste landen aan strenge reglementering onderworpen. Ook bestaan er internationale regelingen. Deze komen er meestal op neer dat langs de kant van de meer belangrijke wegen kantstrepen zijn aangebracht die steeds ononderbroken zijn. De scheiding van rijstroken vertoont meestal onderbrekingen, met uitzondering van die plaatsen waar een inhaalverbod geldt (OECD, 1975).

De breedte van de streep is meestal 10 of 15 cm, de lengte van de strepen bij een onderbroken lijn kan zeer uiteenlopen, niet alleen van land tot land, maar ook binnen een enkel land. Griep (1972b) heeft een aantal voorbeelden gegeven. Ook de kleur is vastgesteld: permanente wegmarkeringen moeten wit zijn (Brevoord, 1977; CIE, 1978; Hiersche, 1970, 1972; O'Flaherty, 1972; Schreuder, 1978a).

In een aantal landen werd, bijvoorbeeld voor het markeren van wegen met éénrichtingsverkeer ook wel van gele wegmarkeringen gebruik gemaakt. Deze kleur is echter tegenwoordig gereserveerd voor het aangeven van parkeerbeperkingen, zodat gele wegmarkeringen geleidelijk zullen verdwijnen (Capelle, 1978; Fisher, 1974; Korte, 1963; Roth, 1974; Stieg, 1962).

In sommige landen worden voor tijdelijke wegmarkeringen (bijvoor-

beeld bij de uitvoering van werkzaamheden aan de weg) oranje wegmarkeringen gebruikt.

Behalve deze wegmarkeringen buiten de bebouwingen komen ook binnen de bebouwde kom zeer veel wegmarkeringen voor, en wel zelfs in een veel grotere variëteit (stopstrepen, zebrapaden enz.). We zullen hier echter niet op in gaan; dit rapport gaat alleen over rijbaan- en rijstrookmarkeringen (Baerwald, 1965; Davies (ed.), 1968; Korte, 1963).

Afmetingen en kleur van wegmarkeringen zijn sterk gestandaardiseerd - niet alleen binnen de landen, maar ook op internationale schaal. Wat niet is genormaliseerd is het materiaal van de markering. Hiervan bestaat een zeer grote variëteit. Er zijn echter wel vier hoofdgroepen te onderscheiden, en wel wegenverf, thermoplasten, voorgevormde markeringen en markeerknopen.

Wegenverf is een variëteit van de gewone verf, die in een tamelijk dunne laag op het wegdek wordt aangebracht. De textuur van de top-laag van de verf is dan ook vrijwel gelijk aan die van het wegdek zelf - een belangrijk gegeven voor de zichtbaarheid van de markering bij nat wegdek (Anon, 1969; Frédéric, 1972; McCaskill & Crumpton, 1969; McNaught & Hahn, 1975; OECD, 1975; Schram, 1968). Thermoplasten worden meestal in warme toestand, in plastische toestand dus, op de weg aangebracht. De meest voorkomende laagdikte is 3 tot 6 mm. Dit houdt in dat deze wegmarkeringen een lange levensduur hebben. Wanneer glasparels worden toegevoegd, kunnen wegmarkeringen worden gerealiseerd die in de meeste omstandigheden goed zichtbaar blijven (Anon, 1973; Azar & Lacinak, 1975; Bryden, 1977; Frédéric, 1972; Graves, 1973; Hiersche, 1970, 1972; OECD, 1972; Schram, 1968).

Voorgevormde markeringen worden in de vorm van platen op de weg aangebracht. Ze kunnen met verschillende textuur worden voorzien (Frédéric, 1972; OECD, 1975; Wendt, 1969).

Markeerknopen zijn afzonderlijke elementen die meestal als aanvulling van gewone strepen op de weg worden aangebracht (Anon, 1979; Beede & Shelley, 1975; Dale, 1970; Moore et al., 1975; OECD, 1975; Shepard, 1976).

Al deze markeringsmaterialen hebben hun specifieke voor- en nadelen. Heel globaal komt het er op neer dat wegenverf goedkoop is maar een korte levensduur heeft, eenvoudig is aan te brengen, maar niet steeds even goed zichtbaar is. Thermoplasten zijn geschikt voor zeer uiteenlopende toepassingen. Ze zijn duurder, maar hebben een veel langere levensduur dan verf. De zichtbaarheid overdag en met openbare verlichting is, in droge toestand, meestal zeer goed. Voorgevormde markeringen hebben analoge eigenschappen; de hechting is echter vaak een probleem. Deze twee typen zijn meestal vrij dik, zodat, wanneer geen speciale maatregelen worden genomen, bij regenval zich waterplassen achter (boven) de markering kunnen vormen, hetgeen in sommige gevallen tot de zeer gevaarlijke aquaplaning kan leiden. Ook is de stroefheid van deze dikke markeringen nogal eens onvoldoende. De markeerknoppen tenslotte zijn een geval apart omdat daarmee geen ononderbroken lijnen kunnen worden gemaakt. Er zijn in de vakliteratuur een aantal vergelijkingen tussen deze markeringsmaterialen beschreven (Adams, 1975; Anon, 1972, 1977; Blaauw & Godthelp, 1978; Capelle, 1978; Chaiken, 1969; Duff, 1970; Hiersche, 1970; Kemp, 1965; Kenton, 1978; OECD, 1975; O'Flaherty, 1972; Schram & Clee, 1971; Serres, 1975, 1976; Tooke & Hurst, 1975).

Hierboven is uitsluitend gesproken over de optische functies van wegmarkeringen. Dit is natuurlijk ook logisch omdat wegmarkeringen in de eerste plaats dergelijke functies hebben. Maar het blijkt dat een deel van die optische functie kan worden overgenomen, of tenminste kan worden aangevuld, door een andere functie. Die andere functie heeft te maken met de trillingen die een auto ondergaat, en met het daarmee vaak verbonden geluid, wanneer over een niet geheel vlakke markering wordt gereden. Dit zogenaamde akoestische effect treedt vooral naar voren bij de in dit rapport te bespreken geprofileerde wegmarkeringen, maar het kan ook bij andere markeringen wel een zekere invloed hebben. De gedachte is dan dat bij het berijden van deze markering de automobilist door de specifieke toon wordt gewaarschuwd. Door een andere dimensionering van het profiel van de markering is het eerder een trilling die wordt opgewekt; men spreekt dan over de kinestetische werking. In het Engels

worden dergelijke markeringen aangeduid als "rumble stripes". Over dergelijke markeringen bestaat een vrij uitgebreide literatuur, die overigens voor een groot deel uit algemeenheden bestaat.

Men kan echter wel zeggen dat het akoestisch effect een belangrijk hulpmiddel bij het koershouden zijn kan. Overigens kan ook wel geluidhinder voor omwonenden ontstaan (Cahoon & Cruz, 1970; Capelli, 1973; Christie et al., 1963; Farrimond, 1968; Saville, 1969; Sumner & Shippey, 1975; Visser, 1977).

### 3. WEGMARKERINGEN MET PROFIEL

Uit het voorgaande blijkt dat aan alle vier traditionele soorten markeringen bepaalde bezwaren kleven. Op verschillende plaatsen wordt onderzoek uitgevoerd om deze bezwaren te vermijden. Eén van de mogelijkheden die bestaan is het aanbrengen van een profiel in het oppervlak van de markering. Het is daarmee mogelijk om een doorgetrokken streep - die dus ook in juridische zin "ononderbroken" blijft - zodanig te modificeren dat geen waterophoping er achter kan ontstaan (drainering) en dat de zichtbaarheid ook bij nacht en bij natte toestand redelijk gewaarborgd blijft. Om de drainage mogelijk te maken moet het profiel in dwarsrichting gleuven vertonen waarlangs het water kan weglopen. Immers, wegen hebben bijna steeds een dwarshelling (dwarsverkanting). Alleen in overgangsbogen kunnen problemen ontstaan (zie Welleman, 1977, 1978).

De zichtbaarheid bij nacht vereist een nadere toelichting.

's Nachts op onverlichte wegen kunnen wegmarkeringen alleen zichtbaar worden wanneer ze worden beschenen door de koplampen van de voertuigen. Het gaat daarbij uiteraard meestal om auto's. De markering moet, wanneer met normale snelheden wordt gereden, op tenminste enige tientallen meters afstand zichtbaar zijn (Blaauw & Padmos, 1980a, 1980b; Schreuder, 1978b). Deze constatering heeft een aantal consequenties.

Ten eerste betekent het dat wanneer met dimlicht gereden wordt (zoals bij het huidige drukke verkeer vrijwel steeds het geval is) er maar weinig licht de markering treft. De lichtbundel is zodanig afgeschermd - om verblinding van tegenliggers te voorkomen - dat het licht uit de eigenlijke lichtbundel alleen maar de weg op korte afstand kan treffen. Weggedeelten op afstanden van meer dan ca. 50 m worden alleen door strooilicht verlicht (De Boer, 1955; De Boer & Schreuder, 1969; Krochmann & Terstiege, 1980; Rijnders, 1965, 1973; Schreuder, 1971, 1976).

Een tweede consequentie is het feit dat, bij een waarnemingsafstand van enige tientallen meters, het licht uit de koplantaarn met een

zeer kleine hoek ten opzichte van het oppervlak het wegdek treft. Zie Afbeelding 1. Bij een dergelijke lichtinval gedragen vrijwel alle oppervlakken zich als een spiegel; verreweg het meeste licht wordt door het wegoppervlak van de auto vandaan weggespiegeld (Lundkvist & Sørensen, 1980; O'Flaherty, 1972; Schreuder, 1967a, 1967b).

Wanneer het oppervlak nat is, is dit effect nog veel sterker: een dunne laag water is een vrijwel ideale spiegel. Zie Afbeelding 2. (Rumar & Öst, 1975; Schreuder, 1964b).

De enige remedie is gelegen in het aanbrengen van een aanzienlijke oppervlakteruwheid. Alleen dan is te bereiken dat, tenminste voor een aanzienlijk gedeelte van het oppervlak, de lichtinvalsrichting een behoorlijk grote hoek maakt met het oppervlak (beter gezegd: met de raaklijn aan het oppervlak) daar ter plaatse. Zie Afbeelding 3. Zo'n ruw oppervlak heeft dus twee effecten: ten eerste kan het water gemakkelijk afvloeien, zodat niet zo gemakkelijk plassen kunnen ontstaan, en ten tweede is de toch nog overblijvende waterfilm niet meer steeds horizontaal, zodat de hinder door de spiegelingen aan die laag sterk verminderd is. Dit voordeel van een zgn. grove textuur geldt voor alle vormen van verlichting, dat wil zeggen bij alle lichtinvalsrichtingen (Anon, 1974, 1976; Burghout, 1971, 1977; Keschull, 1968; Schreuder, 1964a, 1967a, 1967b; Sørensen & Nielsen, 1974).

Een derde gevolg van de grote waarnemingsafstand is dat de hoek tussen de lijnen die het waar te nemen punt op de weg verbinden met de verlichtende autokoplantaarn enerzijds en het oog van de waarnemer anderzijds, zeer klein is. Zie Afbeelding 1. Met andere woorden: het licht moet door de wegmarkering worden teruggekaatst vrijwel in de richting waar het vandaan kwam. De wegmarkering moet dus retroreflecterend zijn (Fisher, 1974; Fosberg & Lavemark, 1970; Meseberg, 1977; Morren, 1980; Pocock & Rhodes, 1952; Rizenbergs, 1970; Robertson, 1973; Schreiber, 1971; Vandange, 1952).

Er zijn drie methoden bekend om retroreflectoren te maken.

De eerste maakt gebruik van het feit dat, wanneer men drie spiegels



opstelt zodanig dat ze onderling loodrecht staan (zoals de hoek van een kubus), het licht na drie spiegelingen steeds wordt teruggekaatst precies in de richting waar het vandaan kwam, onafhankelijk van de positie van de reflector ten opzichte van de invallende lichtbundel. Zie Afbeelding 4. Dit systeem wordt veel toegepast bij de zgn. prismareflectoren. Bij wegmarkeringen komen ze veel voor in markeerknoppen. Voor toepassing in markeerstrepen komen ze echter niet in aanmerking (Chandler, 1954b; Chandler & Reid, 1958; Eckhardt, 1971; Grieser et al., 1972, 1973).

De tweede methode maakt gebruik van het feit dat licht, dat wordt weerkaatst aan een holle spiegel met de juiste kromming, die geplaatst is in het brandpunt van een lens, door die lens weer wordt teruggekaatst in de richting waar het vandaan kwam, ook weer onafhankelijk van de positie van het lenzenstelsel ten opzichte van het invallend licht. Zie Afbeelding 5. Wanneer de brekingsindex van het gebruikte glas precies 2,0 is, dan ligt het brandpunt van een bolvormige lens precies op de achterwand van de bol; deze behoeft slechts verspiegeld te worden om een retroreflector te krijgen. Zie Afbeelding 6. Gebruikt men normaal glas met een brekingsindex van ongeveer 1,6 (dat goedkoper en veel sterker is) dan moet de lens "langer" zijn dan een bol. Zie Afbeelding 7. Ook deze lensreflectoren worden veel toegepast, maar ook zij kunnen niet worden gebruikt in wegbelijning (Bryden, 1977; Chandler, 1954a; Walther, 1959).

Glas met een brekingsindex van 2,0 is ongeschikt voor wegmarkeringen, het aanbrengen van spiegels is moeilijk, en het in de juiste positie brengen en houden van de "verlengde" bollen al evenzeer. Voor toepassing in wegmarkeringen blijft daarom alleen de derde methode over, een methode die veel minder effectief is. Daarbij worden bollen van normaal glas ingebed in een witte, diffuus reflecterende ondergrond. Het licht wordt door de bollen geconcentreerd op de door de witte ondergrond bedekte achterkant van de bol. Daar wordt het licht min of meer diffuus verstrooid; een gedeelte van dit verstrooid licht wordt tenslotte door de lens weer gebundeld en teruggezonden. Zie Afbeelding 8. De mindere

effectiviteit van dit systeem is erin gelegen dat het hier gaat om een lichtverstrooiing en niet om een optische afbeelding, zoals bij de andere twee systemen. Men realiseert dat als regel door glasbollen met een diameter van 1 mm of nog minder in een thermoplastisch materiaal aan te brengen en dit als een streep op de weg te plaatsen. De bollen moeten voor een groot deel boven de binder uitsteken, anders kan het licht niet de bol binnen treden. Daartoe moet immers het licht het voorvlak van de bol onder een niet te kleine hoek met de raaklijn aan het oppervlak treffen. Zie Afbeelding 9. Maar anderzijds moeten de bollen niet te ver naar boven uitsteken, want anders worden ze door het verkeer eruitgereden (Anon, 1970; Crumpton & McCaskill, 1972; Dale, 1970; Dray, 1977; Dutruit, 1974; Fiorentini, 1972). Wanneer zich nu een dunne waterlaag vormt aan een dergelijke wegmarkering, dan verdwijnt de retro(re)flecterende werking, die in droge toestand vrij groot kan zijn, vrijwel geheel. Immers, de hoekjes tussen de bol en het oppervlak van de binder worden door het water opgevuld, zodat het licht niet meer de bollen binnen kan dringen, en dan uiteraard ook niet meer kan worden gereflecteerd in de richting waar het vandaan kwam. Zie Afbeelding 10. (OECD, 1975, 1976).

De oplossing voor dit probleem ligt voor de hand: zorg voor een grove textuur, zodat ook het oppervlak van de waterlaag een vrij grote hoek vormt met het invallende licht. Zie Afbeelding 11. (Fiorentini, 1972).

Nu kan men er op twee manieren voor zorgen dat de wegmarkering een grove textuur heeft. Het feit of de rest van het wegoppervlak ook een grove textuur heeft staat hier los van, omdat dat de waarneembaarheid van de wegmarkering zelf niet beïnvloedt. De eerste manier is het profileren van de wegmarkering zelf, de tweede manier is het aanbrengen op de plaats waar de markering moet komen van een materiaal dat een grove textuur heeft. Beide methoden komen in de praktijk voor. Deze worden in het volgende hoofdstuk besproken.

#### 4. UITVOERINGSVORMEN

##### 4.1. Geprofileerde wegmarkeringen

Onder geprofileerde wegmarkeringen wordt hier verstaan dat type wegmarkeringen waarbij in het eigenlijke wegmarkeringsmateriaal het profiel wordt aangebracht. Hierbij zijn weer een aantal varianten aan te geven. Deze varianten onderscheiden zich van elkaar door het tijdstip waarop de profilering wordt aangebracht, of tijdens het aanbrengen van de wegmarkering, vlak erna of enige tijd erna.

##### A. Ingedrukt profiel

Dit is de meest voorkomende soort. Het beginsel is dat eerst een normale thermoplastische markeerstreep op de weg wordt aangebracht. Direct na het aanbrengen wordt in de nog warme en dus nog plastisch vervormbare streep een profiel ingedrukt, bijvoorbeeld door een kooivormig wiel bestaande uit stangen of strippen dat, wanneer het wiel over de streep wordt getrokken, door af te wikkelen een opeenvolging van indeukingen teweeg brengt die het bedoelde profiel vormen. Dit systeem heeft het voordeel dat het eenvoudig is uit te voeren. Het heeft echter ook een aantal nadelen, vooral ten gevolge van het feit dat de stangen van het kooivormige wiel in het markeringsmateriaal gedrukt moeten worden. In feite betekent dit dat een gedeelte van het materiaal moet worden weggedrukt. Dit kan extra walletjes opleveren die de waterafvoer belemmeren, zodat de drainage veel minder wordt bevorderd dan bedoeld was. Ook zijn er vaak problemen met de hechting en met de verdeling van de glasparels in het plastische mengsel.

Geprofileerde wegmarkeringen van deze soort zijn op verschillende plaatsen in de literatuur beschreven (Allison & Gurney, 1975; Moore et al., 1975; Tooke & Hurst, 1975).

Ook zijn in verschillende landen proefnemingen uitgevoerd die in het algemeen tot een zeer bevredigend resultaat hebben geleid.

### B. Uitgeschept profiel

Een variant op het ingedrukt profiel is het uitgeschepte profiel, waarbij nadat de streep op de normale manier is gelegd, op regelmatige afstand een gedeelte van het markeringsmateriaal wordt verwijderd en eventueel weer op de streep zelf - naast het weggeschraapte gedeelte - wordt gelegd. Op deze wijze ontstaat een streep met korte onderbrekingen. Over deze proefnemingen is nog niet veel gepubliceerd, maar het lijkt erop dat op deze manier een goede drainage bereikt kan worden. Anderzijds bestaat de indruk dat de zichtbaarheid bij nacht nauwelijks beter is dan die van een gewone, vlakke, ononderbroken streep (Wendt, 1969).

### C. Ter plaatse gevormd profiel

Bij dit systeem wordt het wegmarkeringsmateriaal op een zodanige wijze op de weg aangebracht dat direct het gewenste profiel ontstaat. Dit systeem is door de Firma J. Heijmans B.V. verbeterd en toegepast onder het gedeponeerde handelsmerk "ribbelreflexlijn". Het beginsel is dat het markeringsmateriaal intermitterend op de weg wordt gespoten tijdens het vooruitgaan van de wegmarkeringsmachine. Door de frequentie en de aan/uitperiode van het spuiten te kiezen kan men een zeer grote variëteit in profielen realiseren (Anon, z.j.; De Groot, 1974; Visser, 1977).

Proefnemingen met dit type geprofileerde markeringen zijn uitgevoerd in Nederland, en ook op kleinere schaal in België, Duitsland en Ierland. In het algemeen bleken deze markeringen goed te voldoen, maar omdat deze niet steeds systematisch uitgevoerde en bestudeerde proefnemingen niet tot een duidelijke uitspraak konden leiden, is bij de experimenten die momenteel in Nederland onder auspiciën van het Studiecentrum Wegenbouw SCW worden uitgevoerd, speciale aandacht besteed aan dit type markeringen (Blaauw & Padmos, 1980a). Het is te verwachten dat in de loop van 1981 de definitieve resultaten van deze experimenten ter beschikking komen. Een interessante variant is voorgesteld door Hofmann (1979). Deze variant - vele kleine markeerknoopjes - verdient nadere studie. Zie ook Dale (1970).

#### D. Gegroefde markeringen

Tenslotte kan men proberen de drainage te verbeteren door in of vlakbij de voltooide markeringen groeven aan te brengen. Hiermee zijn proeven gedaan in de USA, maar de resultaten zijn niet erg bevredigend (Allison & Gurney, 1975; Anon, 1971a; Seymour, 1971; Shelly et al., 1972).

Hieraan dient te worden toegevoegd dat men dergelijke proefnemingen in de eerste plaats heeft opgezet om te komen tot wegmarkeringen die niet door sneeuwplougen worden beschadigd. Men kan echter gerust stellen dat het probleem van door sneeuwplougen beschadigde wegmarkeringen intussen door verbetering aan het systeem van sneeuwruimen is opgelost (Anderson, 1971; Jagannath & Roberts, 1976; McNaught, 1977; Stackhouse, 1967).

#### 4.2. Profielmarkeringen

Hieronder kan men verstaan die wegmarkeringen die reeds van zich zelf een profiel vertonen, een profiel dus dat niet tijdens of kort na het aanbrengen van de markering erin wordt aangebracht. Ook hierbij zijn weer enige varianten te noemen.

##### A. Voorgevormde markeringen

Dit type markeringen wordt op grote schaal toegepast. In de meeste gevallen bestaan ze uit platen of stroken, die op de weg worden geplakt. Het profiel dat wordt aangebracht heeft meestal als eerste functie het verhogen van de stroefheid, en pas in de tweede plaats het verbeteren van de nachtzichtbaarheid bij natte weg. En het zal duidelijk zijn dat het plakken van dergelijke stroken op de weg wat betreft de drainage zeker niet gunstiger is dan het aanbrengen van normale thermoplastische dikke lagen. Omdat dit type nogal gangbaar is, bestaat er een aanzienlijke literatuur (Frédéric, 1972; OECD, 1975, 1980; Taylor et al., 1972).

In vele gevallen, zoals bijvoorbeeld bij zebrapaden en voorsorteerpijlen worden deze voorgevormde markeringen gebruikt zowel voor de markering zelf (die dan wit of desnoods geel is) als voor

de achtergrond (die dan zwart is). Wanneer dit gebeurt moet de keuze van de textuur van de markeringen goed worden overwogen. Wanneer de textuur van het witte en zwarte gedeelte zeer sterk verschillen, kan het gebeuren dat de markering bij bepaalde lichtinvalsrichtingen geheel onzichtbaar wordt (Schreuder, 1965). Anderzijds, wanneer de texturen van het witte en het zwarte gedeelte geheel aan elkaar gelijk zijn dan is de markering bij natte weg meestal onzichtbaar (Schreuder, 1965).

#### B. Wegdekmengsels

De markering kan worden uitgevoerd in een, van het overige wegdek afwijkend, maar voorts normaal wegdek materiaal. Wanneer men een gleuf in een normaal asfaltbetonwegdek opvult met een asfaltmengsel waarin een groot percentage van een kunstmatig ophelderend materiaal zoals bijvoorbeeld Luxovit<sup>R</sup> met grote korrels, voorkomt, dan kan men op die manier een redelijk tot goed zichtbare wegmarkering verkrijgen. Een proefneming met een dergelijk systeem is beschreven door Tooke & Hurst (1975). In Denemarken wordt het op ruime schaal toegepast. Maar het heeft er de schijn van dat de meer gangbare vormen van geprofileerde markeringen toch beter voldoen (O'Flaherty, 1972; Pigman & Agent, 1976; Reid, 1964; Robnett, 1979).

#### C. Geprofileerde stenen

Stenen, in het bijzonder betonblokken, met een bepaald profiel worden nogal vaak gebruikt, en wel vooral voor speciale toepassingsgebieden. Men heeft een grote vrijheid in de keuze van het profiel, maar in de meeste gevallen lijkt dit toch een dure oplossing te zijn (Christie et al., 1963; O'Flaherty, 1972; Reid & Tyler, 1969).

## 5. TOEPASSINGEN

Behalve de voorgevormde markeringen (die eigenlijk niet tot de geprofileerde markeringen behoren) zijn de meeste markeringen van deze soort nog in het experimentele stadium of worden ze ten hoogste op kleine schaal toegepast. Dit is eigenlijk zeer te verwonderen omdat enerzijds genoegzaam bekend is dat de slechte zichtbaarheid 's nachts op natte wegen bij de conventionele markeringen een probleem oplevert (OECD, 1971, 1975, 1976, 1980; Serres, 1975, 1976), en er aanwijzingen zijn dat deze problemen ook de verkeersveiligheid negatief beïnvloeden (OECD, 1975, 1976, 1980; Anon, 1979, 1980), en omdat anderzijds ook wel bekend is op welke wijze de problemen kunnen worden opgelost. Hierboven is aangegeven hoe dat dan moet gebeuren: men moet ervoor zorgen dat de markering voldoende hoogte heeft om tenminste gedeeltelijk boven een eventuele waterlaag te blijven uitsteken, en men moet ervoor zorgen dat dit uitstekende gedeelte voorvlakken heeft die zodanig zijn geplaatst dat het licht afkomstig van de autolantaarns deze oppervlakken kan treffen met een steile (niet te strijkende) hoek. En praktische uitvoeringsvormen zijn ook al beschikbaar: men kan een goede zichtbaarheid bij zowel droge als natte toestand bereiken door

- a. een combinatie van retroreflecterende markeerknoppen en een verf of thermoplastische streep, of:
- b. geprofileerde wegmarkeringen.

Er is voor beide systemen voldoende onderzoek uitgevoerd om in theorie te kunnen zeggen dat ze zeer zeker zullen en kunnen voldoen. Het is echter wenselijk om (voor beide systemen overigens) nog meer praktisch georiënteerde proefvakken op te zetten met het doel een nader inzicht te krijgen in een aantal praktische aspecten die bij het meer theoretische onderzoek, zoals dat tot nu toe heeft plaatsgevonden, in mindere mate aan de orde zijn gekomen. Men kan daarbij denken aan effecten van vervuiling, en aan eventuele maatregelen te nemen om de markeringen te reinigen; ook praktische levensduur en eventuele speciale voorzorgen bij het aanbrengen op vochtige of sterk vervuilde wegoppervlakken zouden

dan kunnen worden bekeken. Tenslotte zouden proefvakken nuttig kunnen zijn om nader ervaring op te doen met de daartoe geschikte sneeuwruimsystemen.

Wanneer men speciaal denkt aan de geprofileerde wegmarkeringen dan lijkt het nuttig om nog eens de verschillende systemen zoals er hierboven zijn genoemd onder praktische omstandigheden te vergelijken. Ook heeft het er de schijn van dat niet voor al de genoemde systemen in gelijke mate is onderzocht wat de beste uitvoeringsvorm zou kunnen zijn. Nadere produktontwikkeling lijkt derhalve gewenst. Tenslotte lijkt het gewenst om nog eens nader te bestuderen op welke wegen, en ten behoeve van welke verkeerssituaties, geprofileerde markeringen het meeste in aanmerking komen. Zo mogelijk zou men dat moeten baseren op goed uitgewerkte kosten-baten overwegingen (James & Reid, 1969; OECD, 1980; O'Flaherty, 1972; Schreuder, 1978c; Taylor, 1974).



## 6. CONCLUSIES

1. Er zijn een drietal gronden waarom het wenselijk is een zeker profiel aan te brengen in de wegmarkeringen:

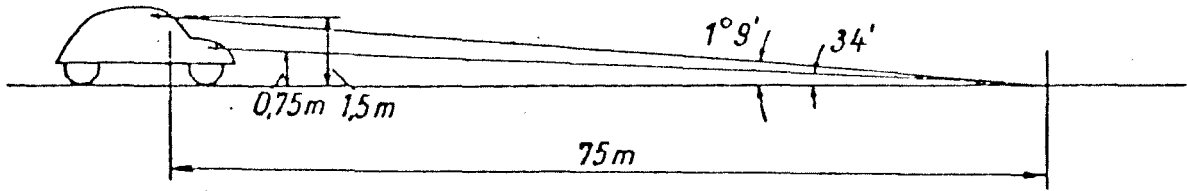
- betere zichtbaarheid bij nacht vooral op natte wegen
- betere drainage
- ondersteuning van de visuele functie door geluid.

2. Er zijn verschillende mogelijkheden om op een effectieve wijze een dergelijk profiel aan te brengen. Op grond van theoretische overwegingen lijken de meest geschikte voor ruimere toepassing te zijn:

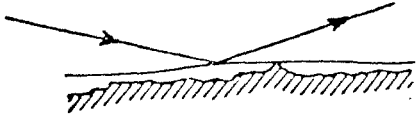
- markeerknoppen in combinatie met gewone strepen
- geprofileerde markeringen; daarbij lijkt er een voorkeur te bestaan voor die systemen waarbij het profiel tijdens het aanbrengen van de markering wordt aangebracht, en niet na het aanbrengen wordt ingedrukt.

3. Er bestaat weinig ter zake doende vakliteratuur. Een definitief oordeel kan niet worden gegeven op basis van deze literatuur.

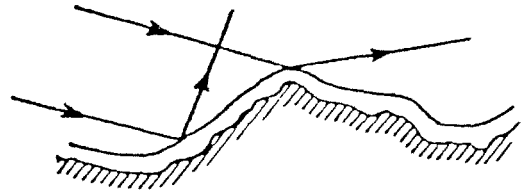
4. Verder onderzoek, vooral in de vorm van proefvakken lijkt gewenst. Het is dan wel van belang dat dergelijke proefnemingen behoorlijk worden uitgewerkt en geëvalueerd.



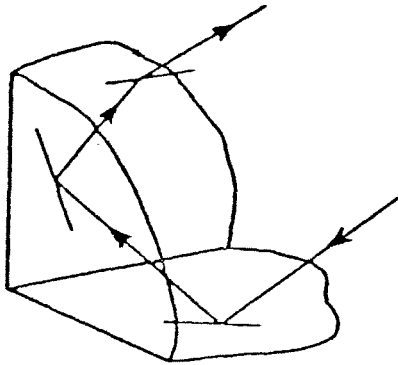
Afbeelding 1.



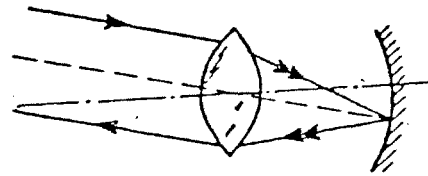
Afbeelding 2.



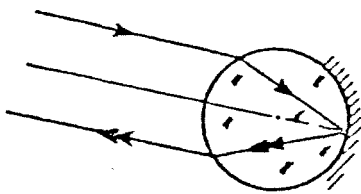
Afbeelding 3.



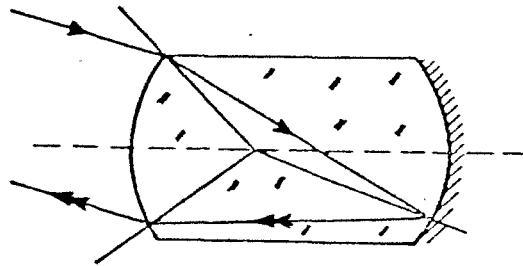
Afbeelding 4.



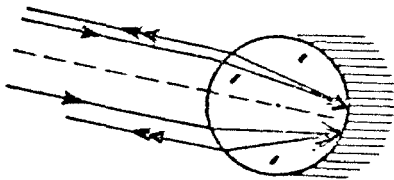
Afbeelding 5.



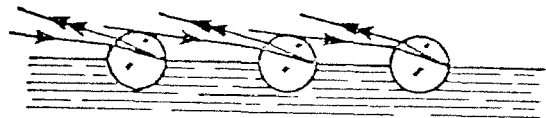
Afbeelding 6.



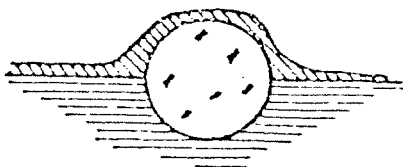
Afbeelding 7.



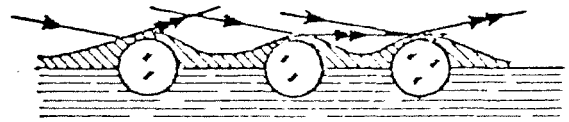
Afbeelding 8.



Afbeelding 9.



Afbeelding 11.



Afbeelding 10.

LITERATUUR

Adams, G.H. (1975). Highway markings; A bibliography with abstracts. Springfield, Va. (1975). National Technical Information Service.

Allen, R.W.; J.H. O'Hanlon (1979). Effects of roadway delineation and visibility conditions on driver steering performance. TR Record 739, p. 5-8. Washington, D.C. (1979). Transportation Research Board.

Allen, R.W. et al. (1977). Driver's visibility requirements for roadway delineation. Vol. I. Report No. FHWA-RD-77-165. Hawthorne, Cal. (1977). Systems Technology Inc.

Allison, J.R.; G.F. Gurney (1975). Grooved stripes for plow-resistant wet-night lane delineation. Phase I: Evaluation of systems. Report No. FHWA-RD-75-93. Washington, D.C. (1975). Federal Highway Administration.

Anderson, D.R. (1971). Rubber snow plow blades and lightweight snow plows used for the protection of raised lane markers. Washington, D.C. (1971). HRB Annual Meeting.

Anon (z.j.). De ribbelreflexlijn. Rosmalen (z.j.). Wegenbouwmaatschappij J. Heijmans B.V.

Anon (1969). Traffic paint. (English translation). Japanese Industrial Standard JIS.K.5491. Tokyo (1969). Japanese Standards Association.

Anon (1970). Reflective traffic bead study. Final report. Colorado (1970). Dept. of Highways.

Anon (1971a). Grooved traffic stripes. NEEP Project No. 1. FHWA Notice. Washington, D.C. (1971). U.S. Dept. of Transportation.

Anon (1971b). Manual on uniform traffic control devices for streets and highways. Washington, D.C. (1971). Federal Highway Administration.

Anon (1972). Technische Bestimmung für die Prüfung von Markierungsstoffen für Bundesstrassen. Köln (1972). Bundesanstalt für Strassenwesen.

Anon (1973). Proefstrepen van duurzame markeringsmaterialen. Delft (1973). Rijkswegenbouwlaboratorium.

Anon (1974). Wegverlichting en oppervlaktetextuur. Mededeling No. 34. Arnhem (1974). Stichting Studiecentrum Wegenbouw.

Anon (1975). Symposium Wegmarkeringen. Wegen 48 (1975): 215-218.

Anon (1976). Proceedings International Symposium on Porous Asphalts. SCW-Record 2. Arnhem (1976). Stichting Studiecentrum Wegenbouw.

Anon (1977). Merkblatt für die Auswahl Beschaffung und Ausführung von Fahrbahnmarkierungen. Ausgabe 1977. Köln (1977). Forschungsgesellschaft für das Strassenwesen.

Anon (1979). User guidelines for reduced visibility system design. Implementation Package 79-2. Washington, D.C. (1979). U.S. Dept. of Transportation.

Anon (1980). Verkehrssicherheit nachts. Arbeitsgruppe Verkehrssicherheit. Bern (1980). Eidg. Justiz- und Polizeidepartement.

Azar, D.G.; H.W. Lacinak (1975). Evaluation of thermoplastic materials. Baton Rouge (1975). Louisiana Dept. of Highways.

Baerwald, J.E. (1965). Traffic engineering handbook. 3rd edition. Washington, D.C. (1965). ITE.

Bali, S.G.; H.W. McGee; J.I. Taylor (1976). State-of-the-art on roadway delineation systems. Report No. FHWA-RD-76-73. Washington, D.C. (1976). Federal Highway Administration.

Bali, S., et al. (1978). Cost-effectiveness and safety of alternative roadway delineation treatments for rural two-lane highways. Vol. II Final Report. Report No. FHWA-RD-78-51. La Jolla (1978). Science Applications Inc.

Beede, B.K.; T.L. Shelley (1975). Development and evaluation of raised traffic markers 1971-1974. Sacramento (1975). California State Dept. of Transportation.

Blaauw, G.J.; J. Godthelp (1978). Riding behaviour of motor cyclists as influenced by pavement characteristics. Detroit (1978). SAE.

Blaauw, G.J.; P. Padmos (1980a). Night time visibility of roadway delineation on wet roads. Paris (1980). 2nd International Congress on vision and road safety.

Blaauw, G.J.; P. Padmos (1980b). De nachtzichtbaarheid van wegmarkeringen op droge en natte wegdekken. Soesterberg (1980). IZF-TNO (in druk).

Blaauw, G.J., et al. (1977). Driver's lateral control strategy as affected by task demands and driving experience. Paper 770876. Detroit (1977). SAE.

Böcher, W. (1975). Vorsicht-Hinsicht-Rücksicht. Bonn (1975). Kirschbaum Verlag.

Brevoord, G.A. (1977). Richtlijnen voor de bebakening en markering van wegen. Verkeerskunde 28 (1977): 404-409.

Bryden, J.E. (1977). Pavement marking materials; A summary of New York State research. Albany (1977). New York State Dept. of Transportation.

Burghout, F. (1971). Reflection properties of road surfaces for motorcar lighting. Barcelona (1971). Commission Internationale de l'Eclairage.

Burghout, F. (1977). Kenngrößen der Reflexionseigenschaften von trockenen Fahrbahndecken. Lichttechnik 29 (1977): 23-27.

Cahoon, R.L.; B.E. Cruz (1970). Use of a rumble strip to reduce maintenance and increase driving safety. Final Report 1969. Utah (1970). State Dept. of Highways.

Capelle, D.G. (1978). An overview of roadway delineation research. Report No. FHWA-RD-78-111. Washington, D.C. (1978). Federal Highway Administration.

Capelli, J.T. (1973). Audible roadway delineators. Albany (1973). New York State Dept. of Transportation.

Chaiken, B. (1969). Comparison of the performance and economy of hot-extruded thermoplastic highway striping materials and conventional paint striping. Public Roads 35 (1969) 150.

Chandler, K.N. (1954a). The theory of a lens-type reflector. Research Note No. RN/2266/KNC. (1954). Road Research Laboratory.

Chandler, K.N. (1954b). The theory of corner-cube reflectors. Research Note No. RN/2267/KNC. (1954). Road Research Laboratory.

Chandler, K.N.; J.A. Reid (1958). Reflex reflectors. Road Research Technical Paper No. 42. London (1958). H.M. Stationery Office.

Christie, A.W., et al. (1963). Edge markings for roads with flush shoulders. Traffic Engineering and Control 4 (1963) No. 9.

CIE (1978). Surface colours for visual signalling. Publ. No. 39.  
Paris (1978). Commission Internationale de l'Eclairage.

Crumpton, C.F.; G.A. McCaskill (1972). Glass beads in paint. H.R.  
Record No. 412: 52-63. Washington, D.C. (1972). Highway Research  
Board.

Dale, J.M. (1970). Development of formed-in-place wet reflective  
pavement markers. NCHRP Report 85. Washington, D.C. (1970).

Davies, E. (ed.) (1968). Traffic engineering practice. London  
(1968). Spon.

De Boer, J.B. (1955). A "duplo" headlight with asymmetric passing  
beam. *Light and Lighting* 48 (1955) No. 4.

De Boer, J.B.; D.A. Schreuder (1969). Betrachtungen über die Anwendung  
von Halogenscheinwerfer für die Kraftfahrzeugbeleuchtung. *Lichttechnik*  
21 (1969): 88A-92A.

De Boer, J.B. (ed.) (1967). Public lighting. Eindhoven (1967).  
Centrex.

De Groot, P. (1974). De ribbelreflexlijn, een nieuw wegmarkerings-  
systeem. *Wegen* 48 (1974): 182-183.

Dray, F.L. (1977). Glass beads for safer driving. *Traffic Engineering*  
47 (1977) (March): 36-40.

Duff, J.T. (1970). Focus on road markings and materials. *Traffic*  
*Engineering and Control* 11 (1970): 537-549.

Dutruit, M. (1974). Die Retro-reflexion. Budapest (1974). Regionale  
Strassen Konferenz IRF.

Eckhardt, H.D. (1971). Simple model of corner reflector phenomena.  
*Applied Optics* 10 (1971): 1564-1565.

Farrimond, K.D. (1968). Use of a rumble stripe to reduce maintenance and increase driving safety. Research Rep. 500-901. Utah (1968). State Dept. of Highways.

Florentini, A. (1972). How we have solved the problem of road-marking visibility at night in the rain. Washington, D.C. (1972). HRB Annual Meeting.

Fisher, S. (1974). Improving nighttime brightness of yellow lines. Public Works (1974) (March): 64-65, 108.

Flanakin, H.A.M. (1975). Traffic markings; A procedure for putting to use findings of research. Washington, D.C. (1975). District of Columbia Dept. of Highways and Traffic.

Fosberg, A.; A. Lavemark (1970). The night driving retroflective power of road markings on roads without stationary illumination. (In Swedish). Stockholm (1970). Royal Technical High School. Cit: Rumar & Öst.

Frédéric, C. (1972). Le marquage des chaussées. Rapport CRI/72. Bruxelles (1972). Centre des Recherches Routière.

Frybourg, M. (1972). L'aide à la conduite et le marquage des chaussées. Proc. Intertraffic '72. Amsterdam (1972). RAI.

Gramberg-Danielsen, B. (1967). Sehen und Verkehr. Berlin (1967). Springer Verlag.

Graves, R.K. (1973). Traffic stripes and formed-in-place delineators. Utah (1973). State Dept. of Highways.

Griep, D.J. (1972a). Markeringen op de weg. Wegen 46 (1972): 295-301.

Griep, D.J. (1972b). The display of information by means of road markings. In: OECD (1972).



Grieser, D.R.; M.M. Epstein; R.W. King (1972). Development of a new low-profile highway striping for wet-night visibility. Columbus, Ohio (1972). Batelle.

Grieser, D.R.; M.M. Epstein; J. Preston (1973). Development of a new low-profile highway striping for wet-night visibility. Phase 2. Road tests. Columbus, Ohio (1973). Batelle.

Hassan, Z.Y. (1971). Effect of edge marking on narrow rural roads. Washington, D.C. (1971). Consortium of Universities.

Hiersche, E.-U. (1970). Zur Griffigkeit von Dickschichtmarkierungen. Strassen und Tiefbau 7 (1970): 590-596.

Hiersche, E.-U. (1972). Erfahrungen bei der Prüfung von Markierungsstoffen. Strassenverkehrstechnik 16 (1972): 193-202.

Hofmann, F. (1979). Verbesserung der Nacht-Nass-Sichtbarkeit von Strassenmarkierungen. Strassenverkehrstechnik 23 (1979): 161-163.

Jagannath, M.V.; A.W. Roberts (1976). Evaluation of snowplowable raised reflective pavement markers in New Jersey. Trenton (1976). New Jersey Dept. of Transportation.

James, J.G.; J.A. Reid (1969). Notes on the costs, lives and effectiveness of various road markings. LR 285. Crowthorne (1969). Road Research Laboratory.

Jonker, C. (1972). Wegmarkierungen. Traverse 2 (1972): 135-138.

Kebshull, W. (1968). Die Reflexion trockner und feuchter Strassenbeläge. Berlin (1968). T.U. Diss.

Kemp, E. (1965). Skid resistance characteristics of thermoplastic stripes. California (1965). State Div. of Highways.

Kenton, E. (1978). Highway markings; A bibliography with abstracts. NTIS/PS-78/0393. Springfield, Va. (1978). U.S. Dept. of Commerce.

Korte, J. (1963). Grundlagen der Strassenverkehrsplanung in Stadt und Land. Berlin (1963).

Krochmann, J.; H. Terstiege (1980). Retroreflektierende Verkehrszeichen. 3M Reflexe (1980) No. 1: 7-10.

Lundkvist, S.O.; K. Sørensen (1980). Reflection properties of road markings in vehicle headlight illumination. Report 189A. Linköping (1980) VTI.

McCaskill, G.A.; C.F. Crumpton (1969). Paint stripe and glass bead study. Report 1: Field test section. Kansas (1969). State Highway Commission.

McNaught, E.D. (1977). Field testing of a snowplowable raised marker. Albany (1977). New York State Dept. of Transportation.

McNaught, E.D.; K.C. Hahn (1975). Field testing of two fast-drying traffic paints. Albany (1975). New York State Dept. of Transportation.

Morren, L. (1980). Peculiarities of the photometry of retroreflective road markings. CIE Bulletin (1980) No. 38: 28-30.

Meseberg, H. (1977). Lichttechnische Untersuchungen über den Kontrast zwischen Fahrbahnmarkierungen und hellen Zementbeton. Strasse und Autobahn 28 (1977) 200-201.

Moore, W.M.; G. Swift; R. Poehl; G.W. Turman (1975). Development of pavement marking systems for snowfall areas. Final Report. Washington, D.C. (1975). Transportation Research Board.

OECD (1971). Lighting, visibility and accidents. Paris (1971). Organisation for Economic Co-operation and Development.

OECD (1972). Symposium on road user perception and decision making. Rome (1972). Organisation for Economic Co-operation and Development.

OECD (1975). Road marking and delineation. Paris (1975). Organisation for Economic Co-operation and Development.

OECD (1976). Adverse weather, reduced visibility and road safety. Paris (1976). Organisation for Economic Co-operation and Development.

OECD (1980). Road safety at night. Paris (1980). Organisation for Economic Co-operation and Development.

O'Flaherty, C.A. (1972). Delineating the edge of the carriageway in rural areas. London (1972). Printerhall.

Pigman, J.G.; K.R. Agent (1976). Raised-aggregate, lane-delineation stripe. Lexington (1976). Kentucky Bureau of Highways.

Pocock, B.W.; C.C. Rhodes (1952). Principles of glass-bead reflectorization. Highway Research Board Bull. 57 (1952): 32-48.

Reid, J.A. (1964). A full-scale road experiment to investigate the effect of ballotini in road markings. LN 582. Crowthorne (1964). Road Research Laboratory.

Reid, J.A.; J.W. Tyler (1969). Reflective devices as aids to night driving. Highway and Traffic Engineering 37 (1969) No. 1715.

Rijnders, J. (1965). Het gebruik van halogeenlampen bij autoverlichting. De Ingenieur 77 (1965) E7.

Rijnders, J. (1973). Eisen waaraan een goede autoverlichting moet beantwoorden. De Ingenieur 85 (1973) 64-65.

Rizenbergs, R.L. (1970). Development of specification for reflex-reflective materials. Lexington (1970). Kentucky Dept. of Highways.

Robertson, R.N. (1973). Use of high intensity reflective materials in highway signing; A literature review. Charlottesville (1973). Virginia Highway Research Council.

Robnett, Q.L. (1979). Development of a porous lane-marking system. TR Record No. 713. Washington, D.C. (1979). Transportation Research Board.

Roth, W.J. (1974). Colour coding study for freeway markings. Median delineation phase. Michigan (1974). Dept. of State Highways and Transportation.

Rumar, K.; A. Öst (1974). The night driving legibility effects of dirt on road signs. Rep. 164. Uppsala (1974). Dept. of Psychology.

Rumar, K.; A. Öst (1975). The existence and visibility effects of dirt on road markings. Rep. 170. Uppsala (1975). Dept. of Psychology.

Saville, K.M. (1969). Experimental installation of rumble strips in Indiana. Purdue University Road School Proceedings 55 (1969): 62-78.

Schram, H. (1968). Proefstrepen van reflecterende wegenverf. Wegen 42 (1968) 190-195.

Schram, H.; H. Clee (1971). Proefstrepen van duurzame markeringsmaterialen. Delft (1971). Rijkswegenbouwlaboratorium.

Schreiber, G. (1971). Über die Berechnung von photometrischen Daten von Signalgebern in Abhängigkeit der verschiedenen Parameter. Barcelona (1971). Commission Internationale de l'Eclairage.

Schreuder, D.A. (1964a). Marking and lighting of pedestrian crossings. International Lighting Review 15 (1964): 75-77.

- Schreuder, D.A. (1964b). Lighting in adverse weather. *Traffic Engineering & Control* 5 (1964): 720-723.
- Schreuder, D.A. (1965). Reflectie-eigenschappen van wegmarkeringsmaterialen. *Wegen* 39 (1965): 186-191.
- Schreuder, D.A. (1967a). Theoretical basis of road-lighting design. Chapter III in: De Boer (ed.), 1967.
- Schreuder, D.A. (1967b). Measurements. Chapter VIII in: De Boer (ed.), 1967.
- Schreuder, D.A. (1971). Autoverlichting binnen de bebouwde kom. *Verkeerstechniek* 22 (1971): 583-591.
- Schreuder, D.A. (1976). Vehicle lighting within built-up areas. Report R-76-43. Voorburg (1976). Institute for Road Safety Research SWOV.
- Schreuder, D.A. (1978a). The use of yellow longitudinal markings on roads with two-directional traffic. R-78-38. Voorburg (1978). Institute for Road Safety Research SWOV.
- Schreuder, D.A. (1978b). Verlichting en energiegebruik; Eisen te stellen aan de verkeersverlichting. *Electrotechniek* 56 (1978): 897-903.
- Schreuder, D.A. (1978c). Zichtbaarheid van wegmarkeringen op natte wegen; Een literatuurstudie. Arnhem (1978). Stichting Studiecentrum Wegenbouw.
- Serres, A.M. (1975). La signalisation dans la conduite de nuit. *Rev. Gén. des Routes et des Aérodrômes* (1975) No. 511: 39-54.
- Serres, A.M. (1976). La visibilité de nuit des marques routières et sa mesure. *Bull. Liaison Labo P et Ch.* 86 (1976): 9-14.

Seymour, W.M. (1971). Grooving pavement centerlines for lane demarcation. Res. Rep. 314. Div. of Research. Kentucky (1971). Dept. of Highways.

Shelly, T.L.; H.A. Rooney; D.R. Chatto (1972). Evaluation of grooved traffic stripes on Portland cement concrete highways. California (1972). Div. of Highways.

Shepard, F.D. (1976). Evaluation of raised pavement markers of roadway delineation. Report No. FHWA-VA-77-R21. Charlottesville (1976). Virginia Highway and Transportation Research Council.

Sørensen, K.; B. Nielsen (1974). Road surfaces in traffic lighting. Report No. 9. Lyngby (1974). Danish Illuminating Engineering Lab.

Stackhouse, J.L. (1967). Protection of raised traffic markers in connection with snow and ice removal. State of Washington (1967). Dept. of Highways.

Stieg, F.B. (1962). White is better; White vs. yellow center lines. *Traffic Engineer* 42 (1972): 26-30, 66.

Sumner, R.L.; J. Shippey (1975). The effect of rumble strips at the Dartford Tunnel. Report 169 UC. Crowthorne (1975). Transportation and Road Research Laboratory.

Taylor, J.I. (1974). Cost and effectiveness assessments for highway edge delineation treatments. Belgrado (1974). OTA.

Taylor, J.I. et al. (1972). Roadway delineation systems. NCHRP Report 130. Washington, D.C. (1972). Highway Research Board.

Tooke, W.R.; D.R. Hurst (1975). Wet-night visibility study. GDOT Research Project No. 6701. Georgia (1975). Dept. of Transportation.

Vandange, R. (1952). La réflectorisation des signaux routiers. *Rev. Gén. des Routes et des Aérodrômes* (1952) No. 244: 65-72.

Visser, K. (1977). Markering met rammeleffect. Autokampioen (1977) 22: 1478-1479.

Walther, A. (1959). Optical applications of solid glass spheres. Delft (1959). Avanti.

Walton, N.E.; J.M. Mounce; W.R. Stockton (1977). Signs and markings for low volume rural roads. College Station (1977). Texas Transportation Institute.

Welleman, A.G. (1977). Water op de weg. Publikatie L. Arnhem (1977). Stichting Studiecentrum Wegenbouw.

Welleman, A.G. (1978). Water nuisance and road safety. Paper OECD Symposium on Road Drainage, Berne, May 1978. Report R-78-5. Voorburg (1978). Institute for Road Safety Research SWOV.

Wendt, J. (1969). Erfahrungen und Gedanken über dauerhafte Fahrbahnmarkierungen auf den Stadtstrassen Hamburgs. Strassen- und Tiefbau 23 (1969) 721-725.