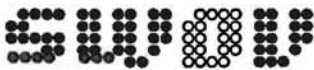


## OBSTAKELS LANGS DE WEG



# obstakels langs de weg

*Een verkorte weergave van de belangrijkste punten uit Obstakels in wegbermen. Een overzicht en beschrijving van in de literatuur beschreven onderzoek omtrent het gedrag bij botsingen van vaste voorwerpen die voorkomen in zones langs de rijbaan*



STICHTING WETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK VERKEERSVEILIGHEID SWOV

POSTBUS 71 DEERNSSTRAAT 1 VOORBURG 2119

De Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV is in 1962 opgericht. Zij heeft tot taak, op grond van wetenschappelijk onderzoek, aan de overheid gegevens te leveren voor maatregelen die tot doel hebben de verkeersveiligheid te bevorderen. De uit dit wetenschappelijk onderzoek verkregen kennis wordt door de SWOV verspreid, hetzij in de vorm van afzonderlijke publikaties, hetzij in de vorm van artikelen in tijdschriften of door middel van andere communicatiemediën.

Het bestuur van de SWOV wordt gevormd door vertegenwoordigers van verscheidene ministeries, van het bedrijfsleven en van belangrijke maatschappelijke instellingen.

Het bureau van de SWOV wordt geleid door Ir.E. Asmussen, directeur. Het bestaat o.a. uit de afdelingen: Wetenschapsbeleid, Onderzoekcoördinatie, Projectvoorbereiding en -begeleiding, Theorievormend onderzoek Pre-crash projecten, Praktijkonderzoek Pre-crash projecten, Crash- en Post-crash onderzoek en Voorlichting.

# Inhoud

<b>Ten geleide</b>	7
<b>Inleiding</b>	8
<b>2. Testcriteria</b>	10
2.1. Algemeen	10
2.2. Vertraging	10
2.3. Verandering van snelheid	11
2.4. Impuls	11
<b>3. Onderzoek aan lichtmasten</b>	12
3.1. Inleiding	12
3.2. Resultaten van botsproeven	12
<b>4. Onderzoek aan bewegwijzeringsborden</b>	16
4.1. Inleiding	16
4.2. Portaalconstructies	16
4.3. Bermborden	16
<b>5. Onderzoek aan overige obstakels</b>	20
5.1. Praatpalen	20
5.2. Geleiderailconstructie versus obstakels	20
<b>6. Onderzoek aan obstakelbeveiligers</b>	22
6.1. Algemeen	22
6.2. Testcriteria	22
6.3. Omschrijving van de types	22
6.4. Resultaten van de botsproeven	24
<b>Verwante SWOV-publicaties en rapporten</b>	27



# Ten geleide

Het onderzoek **Obstakels in wegbermen** is uitgevoerd opdat op basis daarvan de gelijknamige Begeleidende Overheidswerkgroep, die door de Minister van Verkeer en Waterstaat is ingesteld, aanbevelingen kan formuleren met als doel de zone naast de rijbaan zo veilig mogelijk en daardoor de kans op ongevallen of ernstige gevolgen daarvan, zo klein mogelijk te maken.

Over het onderwerp **Obstakels in wegbermen** zijn, naast de reeks eerder gepubliceerde rapporten en artikelen (zie blz. 27 e.v.), de volgende SWOV-rapporten verschenen of zullen verschijnen:

1. **Obstakels in wegbermen: Literatuurstudie** betreffende onderzoek omtrent het gedrag van obstakels bij botsingen.
2. **Lichtmasten: Onderzoek** naar het gedrag van lichtmasten bij zijdelingse en frontale botsproeven met personenauto's.
3. **Gevaaren bij het omvallen van lichtmasten: Overwegingen** bij het plaatsen van voor personenauto's weinig agressieve lichtmasten.
4. **Obstakelvrije zone: Onderzoek** naar de relatie tussen aanrijdingen tegen obstakels langs diverse typen wegen en de laterale afstand van deze obstakels tot de wegrand.

Projectleider van het onderzoek **Obstakels in wegbermen**, dat wordt begeleid door de gelijknamige Begeleidende Overheidswerkgroep, is ing. C.C. Schoon (Afdeling Crash en Post-crash onderzoek).

Voor geïnteresseerden is de uitgebreide literatuurstudie '**Obstakels in wegbermen**', met beschrijvingen en figuren van de beproefde constructies en de proefresultaten en voorzien van de lijst van de bestudeerde literatuur, verkrijgbaar bij: Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Postbus 71, Voorburg 2119.

# 1. Inleiding

Als het begrip obstakel ruim gehanteerd zou worden dan is elk object dat zich in de baan van een voertuig bevindt, een obstakel te noemen. Alle (andere) weggebruikers zouden volgens deze interpretatie ook als obstakels te beschouwen zijn.

In de literatuurstudie zijn echter onder obstakels uitsluitend verstaan de vaste voorwerpen, die in zones langs de rijbaan voorkomen. Tot deze groep kunnen gerekend worden o.a. lichtmasten, bewegwijzeringsborden, bomen, praatpalen, pijlers van viaducten. Deze hebben alle weliswaar een nuttige functie, maar kunnen door plaats of vormgeving gevaar opleveren voor de weggebruikers.

Geconstateerd moet worden dat bij obstakelongevallen de aantallen en ernst ten opzichte van die bij andere categorieën ongevallen in de laatste jaren relatief het sterkst gestegen zijn. Om aan te geven op welke wijze het gevaar verminderd kan worden, zijn de beschikbare rapporten omtrent onderzoek in binnen- en buitenland bestudeerd, waarbij de onderzoekers zich tot taak gesteld hebben het obstakelongeval zo gunstig mogelijk te doen verlopen.

Uitgangspunt bij het creëren van een zo veilig mogelijke berm is dat het voertuig van de weg afraakt en in de berm terecht komt. Getracht moet worden de berm zodanig in te richten dat in dergelijke gevallen de kans op een letselongeval zo gering mogelijk is. Gevaarlijke objecten zoals palen en bomen, maar ook (steile) taluds, dienen op een zodanige wijze in de berm te worden ingepast dat de aanwezigheid ervan zo weinig mogelijk risico oplevert voor van de weg afgeraakte weggebruikers. Dit kan op de volgende wijzen worden bereikt:

1. Er wordt voor zorg gedragen dat zich in de berm geen gevarenczones of obstakels bevinden. Een dergelijke berm dient dan wel voldoende draagkracht te hebben en voldoende breed zijn.
2. De noodzakelijke obstakels dienen, o.a. door middel van breek- en schuifconstructies, zo te worden geconstrueerd dat ze bij een aanrijding door een personenauto of een zwaarder voertuig geen gevaar voor de inzittenden opleveren. Het lijkt dan dat alleen de inzittenden van personenauto's en vrachtauto's een redelijke mate van veiligheid geboden wordt. Maar ook de veiligheid van bestuurders van tweewielers (vooral motorrijders en bromfietser(s)) is hiermee gediend. De genoemde noodzakelijke obstakels kunnen namelijk als ze weinig gevaar voor auto's inhouden, zonder meer in de berm geplaatst worden, dus zonder dat ze bijvoorbeeld met een geleiderailconstructie afgeschermd behoeven te worden. Hierdoor wordt de kans met een object in de berm in aanraking te komen veel geringer. Juist voor bestuurders van tweewielige voertuigen is dit een belangrijk aspect, daar voor deze groep relatief kwetsbare verkeersdeelnemers een aanrijding met een geleiderailconstructie zeer ernstige gevolgen kan hebben.
3. Indien zich te dicht bij de rijbaan een gevarenczone bevindt, zoals een sloot of een steil talud, of bijvoorbeeld starre obstakels aanwezig zijn, zoals pijlers van viaducten, portalen, of een rij starre lichtmasten, dan zal de berm toch afge-



geschermd moeten worden met een bepaalde lengte geleiderailconstructie. Voor inzittenden van een personenauto is een dergelijke constructie voldoende veilig. Voor bestuurders van tweewielers is echter het risico van zwaar, zo niet dodelijk letsel groot.

Obstakels kunnen ook worden afgeschermd met een obstakelbeveiliger.

De hier te bespreken mogelijkheden tot oplossingen hebben alleen betrekking op punt 2 en op punt 3 voor zover het de obstakelbeveiliger betreft.

De onder punt 3 genoemde geleiderailconstructie is reeds beschreven in het in 1970 door de SWOV uitgebrachte rapport 'Bermbeveiliging'.

Diverse onderzoeken zijn uitgevoerd om obstakels zo te kunnen construeren dat ze bij een aanrijding door een personenauto geen gevaar voor de inzittenden daarvan opleveren.

Bij deze onderzoeken bleken diverse criteria te worden gebruikt op basis waarvan geconcludeerd zou mogen worden dat bij een botsing met een obstakel de inzittenden van het botsende voertuig er goed van af komen. Bij alle beschreven proeven die op ware schaal zijn uitgevoerd zijn personenauto's gebruikt. Het ligt dan ook voor de hand te concluderen dat de mogelijkheden voor oplossingen die besproken worden, op dit type voertuig zijn afgestemd.

## 2. Testcriteria

### 2.1. Algemeen

Er dienen bij botsproeven testcriteria opgesteld te worden voor het vaststellen van de botscondities en voor de beoordeling van de proefresultaten. Botsproeven worden uitgevoerd om een beter inzicht te verkrijgen in hetgeen bij een botsing plaatsvindt. Daarbij zijn drie fasen te onderscheiden:

1. de primaire botsing: dit betreft de botsing van het voertuig met het obstakel;
2. de secundaire botsing: dit betreft de botsing van de voertuiginzittende met het interieur van het voertuig of, indien de betreffende inzittende uit het voertuig wordt geslingerd, met het obstakel en/of de grond;
3. de inwerking van het inwendige van het voertuig op het weefsel van de lichaamsdelen; hierbij speelt het incasseringsvermogen van de mens (human tolerance) een belangrijke rol.

Bij botsproeven wordt de ernst van de primaire botsing bepaald aan de hand van de grootte van de vertraging die het voertuig ten gevolge van de botsing ondervindt en/of aan de hand van de snelheidsreductie van het botsende voertuig. Zowel voor de voertuigvertraging als voor de snelheidsreductie zijn zodanige grenswaarden te geven dat bij lagere waarden de kans klein is dat inzittenden ernstig gewond zullen raken. Bij de beoordeling van het in de literatuur beschreven gedrag van diverse obstakels tijdens een botsproef zijn deze uitgangspunten en grenswaarden gehanteerd. Het blijkt overigens dat nog geen norm op een wetenschappelijk verantwoorde manier vastgesteld kon worden. Maar zolang betere ontbreken zullen ze, weliswaar met de nodige omzichtigheid, gebruikt moeten worden.

### 2.2. Vertraging

De voertuigvertraging kan op twee manieren worden bepaald, nl. als de hoogst bereikte waarde (maximum vertraging) of als de gemiddelde waarde over de gehele duur van de botsing (gemiddelde vertraging).

Door de verschillen in voertuigeigenschappen kunnen de voor de mens acceptabele voertuigvertragingen aanzienlijk variëren. Dit komt vooral tot uiting bij de constructieve verschillen van het voertuiginterieur van Amerikaanse auto's enerzijds en Europese anderzijds. Acceptabele waarden die in Amerika op grond van waarnemingen met Amerikaanse voertuigen bepaald zijn en daar met de nodige omzichtigheid gehanteerd worden, zullen in Nederland nog voorzichtiger gebruikt moeten worden.

Van grote invloed is het al-dan niet dragen van autogordels: bij gebruik van autogordels kan de acceptabele vertraging die een voertuig ten gevolge van een botsing ondervindt aanzienlijk groter zijn.

In Amerika wordt de grootte van de acceptabele voertuigvertraging in langsrichting met inzittenden zonder autogordel op 5 g gesteld en met autogordels op 10 à 12 g; dit zijn waarden van de maximum vertraging. Ten aanzien van de gemiddelde vertraging gedurende de gehele botsing wordt gesteld dat bij 2 g al 20% van de niet-omgorde inzittenden gewond zal raken.

Aangezien bij een botsing de vertraging niet in één richting werkt, wordt de voertuigvertraging de laatste tijd hoe langer hoe meer in drie onderling loodrechte richtingen geregistreerd. Als acceptabele maximale waarden voor inzittenden zonder autogordel worden deze voor de longitudinale, laterale en verticale richting resp. op 7, 5 en 6 g gesteld. Deze waarden worden in de noemers van de Acceleration Severity Index (ASI) gebruikt.

$$ASI = \sqrt{\left(\frac{g_{long}}{g_{long_a}}\right)^2 + \left(\frac{g_{lat}}{g_{lat_a}}\right)^2 + \left(\frac{g_{vert}}{g_{vert_a}}\right)^2}$$

long = longitudinaal

lat = lateraal

vert = verticaal

index a = acceptabel

In de tellers komen de geregistreerde voertuigvertragingen te staan die gedurende 50 ms werken. De (Amerikaanse) norm is dat deze ASI maximaal één mag bedragen; aangenomen wordt dat beneden deze waarde inzittenden zonder autogordel geen ernstig letsel zullen oplopen.

### 2.3. Verandering van snelheid

De bepaling van het snelheidsverlies van de auto tijdens de botsing is ook een maatstaf om de ernst van een botsing vast te stellen. Deze verandering van snelheid ( $\Delta v$ ) wordt berekend uit het verschil van de snelheid direct voor en na de botsing en kan daarom alleen bij de botsproeven gehanteerd worden die gekenmerkt worden door een korte stoot (bijv. bij palen en masten). Onderzoek in Amerika wees uit dat inzittenden zonder gordel in een personenauto onder bepaalde omstandigheden nog geen ernstig letsel opliepen als de snelheidsvermindering, die deze auto ten gevolge van de botsing ondervond, niet hoger was dan 18 km/h.

### 2.4. Impuls

Nog een methode om de ernst van een botsing te bepalen is de berekening van de verandering van de hoeveelheid beweging ( $\Delta p$ ) ten gevolge van de botsing. Deze  $\Delta p$  is gelijk aan de impuls die het obstakel op het voertuig uitoefent. Als acceptabele waarde van  $\Delta p$  wordt 4900 Ns aangehouden. Waarschijnlijk zegt deze norm meer over het al-dan-niet star zijn van de beproefde constructie dan over het eventuele risico voor de inzittenden van het voertuig.

## 3. Onderzoek aan lichtmasten

### 3.1. Inleiding

De functie van lichtmasten brengt met zich mee dat ze dicht langs de rijbaan geplaatst moeten worden. De kans op een aanrijding neemt hierdoor toe. Uit ongevalgegevens is bekend dat starre lichtmasten een ernstig gevaar voor weggebruikers opleveren. Getracht is dit gevaar voor personenauto's te verminderen door de lichtmast zo te ontwerpen dat bij een aanrijding met een personenauto de mast ter hoogte van het maaiveld afbreekt of wordt afgeschoven.

Botsproeven en mathematische studies hebben aangetoond dat het mogelijk is lichtmasten te ontwerpen met een geringe weerstand tijdens een aanrijding. Hieronder volgt een overzicht van de resultaten van experimenteel onderzoek, vericht in binnen- en buitenland.

### 3.2. Resultaten van botsproeven

Uit de literatuur blijkt duidelijk dat de snelheid en massa van het botsvoertuig van grote invloed zijn op de weerstand van de mast. Naarmate deze twee factoren groter zijn, is de weerstand van de mast kleiner. De Amerikaanse resultaten van de botsproeven zijn daarom voor de Europese (Nederlandse) situatie moeilijk te interpreteren, aangezien in Amerika in bijna alle gevallen Amerikaanse auto's voor de botsproeven gebruikt zijn. Bij een vergelijkbare proef waarbij in het ene geval een Amerikaanse auto gebruikt werd en in het andere geval een Europese auto, bleek de waarde voor het snelheidsverlies van een Europese auto tweemaal zo groot als die van de Amerikaanse auto.

Het volgende overzicht kan gegeven worden van de door middel van botsproeven geteste lichtmasten. Het blijkt dat betonnen en stalen masten zonder breekvoorzieningen bijzonder star zijn. Een proef met een ingegraven betonnen mast met veiligheidsconstructie geeft bij een vrij hoge snelheid met een zwaar botsvoertuig redelijke resultaten. De stalen mast met schuifconstructie bleek zowel bij hoge en lage snelheden als bij lichte en zware botsvoertuigen goede resultaten te geven. Hoewel er bij stalen masten met andere typen constructies bij een bepaalde snelheid en met een zwaar botsvoertuig wel eens goede resultaten behaald zijn, kan toch niet algemeen gesteld worden dat zo'n constructie voldoet. Of de mast ingegraven is of op een fundering bevestigd wordt, maakt wat de botseigenschappen betreft weinig uit. Wel zullen ingegraven masten die niet van een breek- of schuifconstructie voorzien zijn, bij een aanrijding enigszins door de grondvervorming meegeven, maar in feite zullen het starre masten blijven.

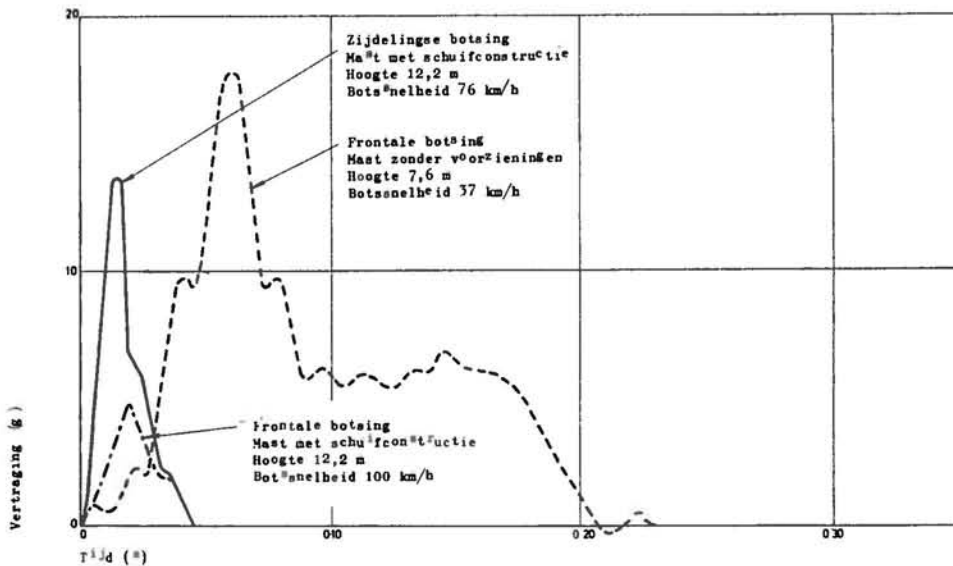
Van de in Canada beproefde ingegraven aluminium masten hadden de negen meter lange masten zonder veiligheidsconstructie een grote botsweerstand, terwijl masten met veiligheidsconstructies een lage botsweerstand te zien gaven.



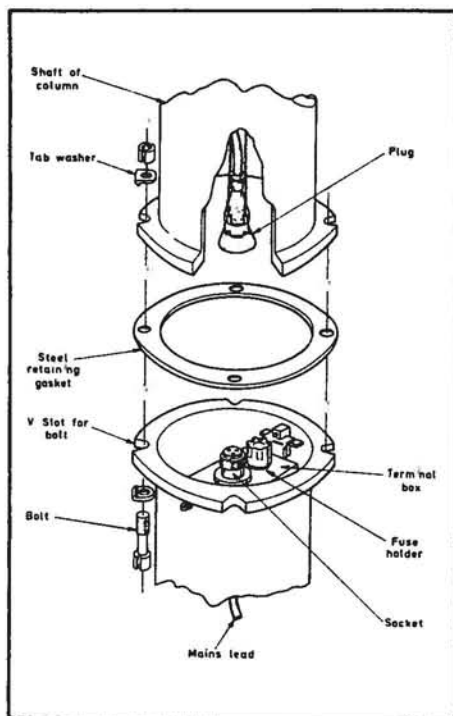
Afbeelding 1. Botsing tegen een 10 m staal lichtmast met 82 km/h, beproefd door de SWOV, 1971



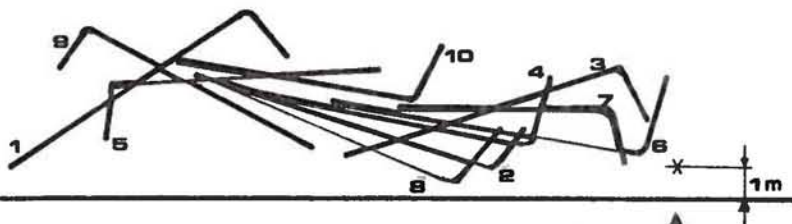
Afbeelding 2. Botsing tegen een 12 m aluminium lichtmast met 70 km/h, beproefd door de SWOV, 1971



Afbeelding 3. Voertuigvertraging bij frontale en zijdelingse botsingen met stalen masten met schuifconstructie en mast zonder voorzieningen, beproefd door het Road Research Laboratory, Engeland, 1968



Afbeelding 4. Mast met schuifconstructie. De bovenflens die met bouten op de onderflens wordt bevestigd, kan bij een aanrijding t.g.v. de gleuven gemakkelijk van de onderflens loskomen. In de mast is in de elektriciteitskabel een beveiliging toegepast (RRL).



▲ Denkbeeldige kantstrook

▲ Oorspronkelijke standplaats mast

Afbeelding 5. Ligging van masten na frontale botsproeven, uitgevoerd door SWOV, 1971

Mast	Type mast	Lengte mast	Botssnelheid	Bijzonderheden
1	ijzer	10 m	93 km/h	Alle palen ingegraven zonder schuifconstructie met uitzondering van 4 die van een schuifconstructie voorzien was
2	aluminium	10 m	66 km/h	
3	aluminium	12 m	100 km/h	
4	ijzer	10 m	78 km/h	
5	ijzer	10 m	105 km/h	
6	aluminium	12 m	70 km/h	
7	aluminium	10 m	93 km/h	
8	ijzer	10 m	82 km/h	
9	aluminium	10 m	35 km/h	
10	aluminium	10 m	60 km/h	

Van de eerste serie in Nederland beproefde aluminium masten zonder veiligheidsconstructies bleken bij frontaal uitgevoerde botsproeven met Europese auto's de tien meter masten een lage botsweerstand te veroorzaken, terwijl de twaalf meter masten onder dezelfde condities een weerstand opleverden die op de grens van het toelaatbare was (zie Afbeeldingen 1 en 2).

Uit laboratoriumproeven is gebleken dat de licht mast met schuifconstructie een bepaalde botshoek heeft die de minste weerstand oplevert. Het opstellen van deze mast langs de rijbaan dient bij voorkeur zo te geschieden, dat deze hoek overeenkomt met de meest voorkomende hoek van aanrijden. Bij het toepassen van lichtmasten met schuingeplaatste schuifconstructie (ter verkrijging van een extra lift, om te voorkomen dat de mast niet op de auto valt) dient men te bedenken dat de constructie alleen goed werkt als de mast van één bepaalde zijde aangereden wordt. Dat maakt de mast niet geschikt om in een brede middenberm of in een zijberm van een enkelbaansweg geplaatst te worden.

Resultaten van ongevalanalyses en van een zijdelingse botsproef hebben aangetoond dat de afloop van een flankbotsing ernstiger kan zijn dan van een frontale (zie Afbeelding 3).

Om te voorkomen dat na een aanrijding met een mast voorzien van een breek- of schuifconstructie spanning op de blootgeraakte kabel of op het voertuig blijft staan, kan een beveiliging in de kabel toegepast worden (zie Afbeelding 4).

Bij de in Nederland in 1971 beproefde masten bleek de ligging van de masten na de aanrijding (zie Afbeelding 5) gunstiger te zijn dan bij de Amerikaanse.

Wel blijkt uit de Amerikaanse proeven dat alleen de masten die met lage snelheid beproefd zijn, het verst op de rijbaan terecht kwamen. Bij hogere snelheden zal de paal zich in dezelfde richting bewegen als de auto na de botsing en zal de top van de mast ongeveer op de oorspronkelijke plaats van de mast terecht komen. Bij lage botssnelheden is de kans ook groter dat de mast op het dak van de auto terecht komt. Proeven wezen uit dat de indeuking veroorzaakt door de lichte masten gering was.

Wat de consequenties voor de overige weggebruikers kunnen zijn als een aangereden lichtmast valt en mogelijk daarna op de rijbaan komt te liggen, is een onderwerp van studie in het SWOV-onderzoek 'Obstakels in wegbermen'. Deze studie zal uitmonden in aanbevelingen van de betreffende overheidswerkgroep, waarin wordt aangegeven langs welke wegen het verantwoord is lichtmasten met een geringe weerstand te plaatsen.

Uit Amerikaans onderzoek is gebleken dat de resultaten van laboratoriumproeven onderling wel goed te vergelijken zijn, maar slecht met de resultaten van botsproeven. Door gebruik te maken van mathematische modellen kan het aantal proefbotsingen gereduceerd worden.

## 4. Onderzoek aan bewegwijzeringsborden

### 4.1. Inleiding

Omdat de kolommen van portalen en de palen van bewegwijzeringsborden gevaar opleveren als ze worden aangereden, is onderzoek verricht naar de wijze waarop dat gevaar gereduceerd kan worden. Wat de kolommen betreft bleek het technisch (en economisch) mogelijk te zijn de overspanning dermate groot te maken, dat de kolommen ver naast de rijbaan komen te staan. Daarnaast zijn botsproeven verricht om de mogelijkheid te onderzoeken de kolommen minder star te maken terwijl de gehele constructie na de aanrijding toch overeind zou blijven staan. Van bewegwijzeringsborden die gezien hun functie niet te ver buiten de rijbaan geplaatst kunnen worden, werd onderzocht of de palen bij een botsing geen te grote weerstand zouden opleveren.

### 4.2. Portaalconstructies

Uit Amerikaanse proeven is gebleken dat Europese auto's bij aanrijding tegen kolommen van portalen die van veiligheidsconstructies voorzien waren, een te grote vertraging opliepen. De botsproeven met Amerikaanse auto's waren nog wel van dien aard dat inzittenden met autogordels de vertraging goed doorstaan zouden hebben. Tevens bleek dat bij het aanrijden van één van de vier kolommen de constructie nog overeind bleef staan, en dus niet op de rijbaan terecht kwam (zie Afbeelding 6).

Een Canadese constructie bleek nog niet te voldoen, mede door het feit dat de middelste palen zo dicht bij elkaar stonden dat ze tegelijk geraakt konden worden. Een mathematisch model dat in Amerika is ontwikkeld lijkt bevredigende resultaten op te leveren.

### 4.3. Bermborden

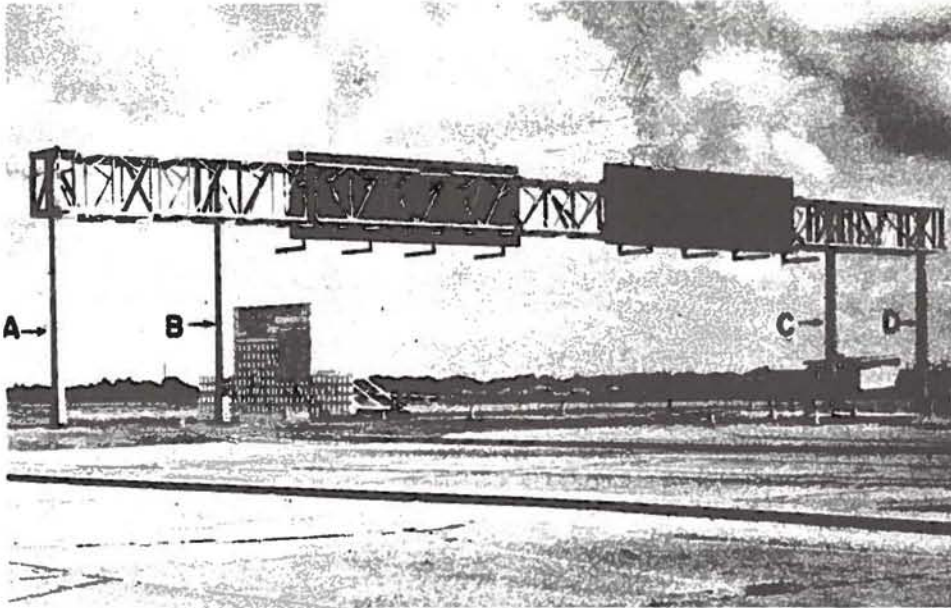
#### A. Algemeen

Bij de proeven bleek dat paal en bord bij lage snelheden vaker voor de tweede keer in aanraking met de auto kwamen dan bij hoge snelheid. Ook bleek dat de kans kleiner werd dat het bord of de paal voor de tweede keer de auto raakte naarmate het bord hoger geplaatst was. Bij een flexibele verbinding tussen paal en bord zal de botsweerstand kleiner zijn dan bij een starre. Ook werd geconstateerd dat de weerstand zal afnemen als het tekstpaneel in het midden zou kunnen scharnieren.

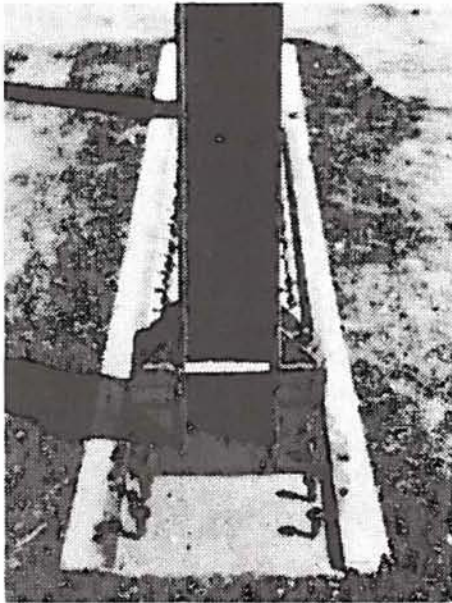
#### B. Bermborden op meerdere palen

De opstelling met I-profiel op geringe onderlinge afstand, en voorzien van een

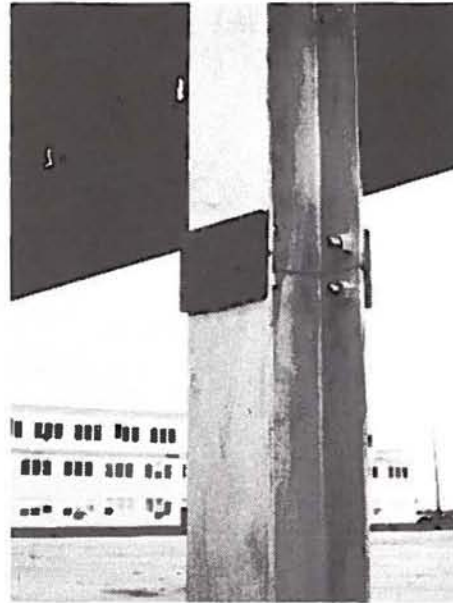




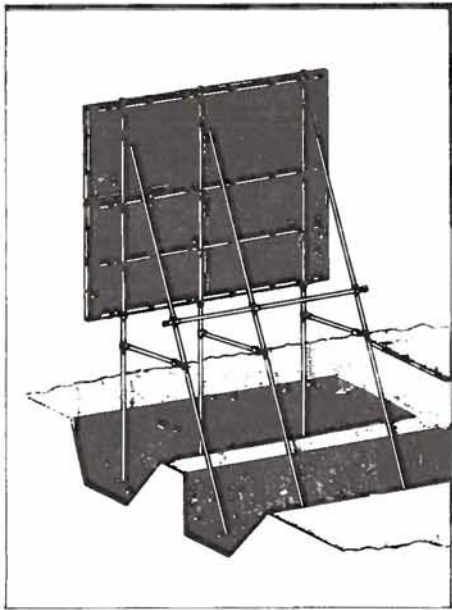
Afbeelding 6. Amerikaanse portaalconstructie met vier kolommen, alle aan de onderzijde voorzien van een schuifconstructie, terwijl ze aan de bovenzijde draaibaar zijn opgehangen



Afbeelding 7. Bermbord met schuifconstructie aan de voet



Afbeelding 8. Bermbord met scharnier onder tekstpaneel



Afbeelding 9. Bermbord met A-frame (ANWB)



Afbeelding 10. Onder- en bovenflens van de schuifconstructie (onder hoek van 10°)



Afbeelding 11. Inwendig verlicht bewegwijzeringsbord door de SWOV beproefd

schuingeplaatste schuifconstructie en een boven in de paal aangebracht scharnier (zie Afbeeldingen 7 en 8) voldeed goed bij aanrijdingen (goede lift). Indien met 15% afgeweken werd van de optimale inrijhoek kwamen bord en paal wel minder hoog de lucht in, maar toch voldoende hoog voor een personenauto om er geheel onderdoor te kunnen rijden. Als één paal aangereden werd, werkte het scharnier wel; bij aanrijding van beide palen niet. Bij proeven met lage snelheid werd het dak door het bord geraakt. Bermborden met houten palen die plaatselijk verzwakt waren, voldeden goed ten aanzien van de crash-aspecten.

Met een A-frame (zie Afbeelding 9) behoeft de constructie minder star te zijn. Ondanks gunstige botsresultaten zag men in Amerika in verband met 'ontwerp, constructie en onderhoud' van verdere proefnemingen af; deze drie motieven verschaffen echter niet veel duidelijkheid.

Met bermborden met een grote afstand tussen de palen en uitgevoerd met schuifconstructie en scharnier, is niet veel geëxperimenteerd. De schade die Amerikaanse auto's tijdens de proef opliepen was gering.

#### *C. Bermborden op enkele paal (verkeersborden)*

Gegalvaniseerde stalen palen (Ø7,5 en 10 cm) voorzien van een vlakke schuifconstructie werden minder hoog opgeworpen dan de palen met een schuingeplaatste schuifconstructie (hoek 20°). Bij geen van de proeven heeft het scharnier in de bovenzijde van de paal gewerkt.

Bij de zwaarder uitgevoerde palen van U-profiel zonder verdere veiligheidsconstructies, werd een tamelijk hoge vertraging gemeten; bij de lichtere versie een acceptabele vertraging.

De paal die een inwendig verlicht tekstpaneel ondersteunde en voorzien was van een schuingeplaatste schuifconstructie (zie Afbeeldingen 10 en 11) werkte bij hoge snelheid goed, bij lagere snelheid werd het dak van de auto door de vallende paal met bord geraakt. Eenzelfde bermbord, maar voorzien van een vlakke schuifconstructie raakte bij proeven in Engeland ondanks de iets hogere voertuigsnelheid in beide gevallen nog de auto. De maximale vertraging was niet hoog (5,1 g). Wat reeds bij de lichtmasten aan de orde gesteld is, geldt ook hier, n.l. dat schuingeplaatste schuifconstructies goed werken indien ze van één bepaalde zijde aangereden worden.

#### *D. Mathematische studie*

Een modelstudie van het Texas Transportation Institute wees uit dat het mogelijk was het model, dat ontwikkeld was voor de lichtmast, voor de bermborden geschikt te maken.

## 5. Onderzoek aan overige obstakels

Hoewel er nog veel overige obstakels langs de rijbaan voorkomen, zoals bomen, pijlers van viaducten, brugleuningen, huizen, trottoirbanden, zullen ze hier niet behandeld worden aangezien het gevaar dat ze inhouden alleen verminderd kan worden door ze af te schermen of ze buiten de obstakelvrije zone te plaatsen. In deze paragraaf zullen nog wel de door de SWOV uitgevoerde botsproeven met praatpalen en de proeven ter bestudering van de interactie obstakel-geleiderailconstructie aan de orde komen.

### 5.1. Praatpalen

Botsproeven hebben uitgewezen dat de praatpalen die momenteel langs de Nederlandse autowegen worden geplaatst weinig weerstand bij een botsing opleveren. De proeven (zie Afbeeldingen 12 en 13) hebben wel aangetoond dat een vast voorwerp van slechts enkele meters hoog bij een aanrijding in zijn geheel in de botsrichting op maaiveldhoogte dient mee te buigen. Indien het aan de voet afbreekt of afschuift, bestaat namelijk het gevaar dat het door de voorruit van het botsende voertuig komt. Bij praatpalen bestond bovendien nog het bijkomende gevaar dat de relatief zware kop van de paal los zou raken en door de voorruit zou komen. Door extra zorg aan de kop-paal verbinding te besteden, kon dat worden voorkomen.

### 5.2. Geleiderailconstructie versus obstakels

Met enkele door de SWOV uitgevoerde botsproeven\* werd aangetoond dat de werking van een flexibele geleiderailconstructie (grote uitbuiging) nadelig werd beïnvloed door een in, of vlak achter de constructie geplaatste lichtmast; het resultaat van een botsproef met een grote snelheid was dat het botsvoertuig de lichtmast raakte en daarna ten gevolge van de grote uitrijhoek, over de kop sloeg.

---

\*W.H.M.v.d. Pol en Ir.M. Slop, 'Flexibele geleiderailconstructies en lichtmasten in middenbermen', *Wegen* 43 (1969) 12: 358 t/m 361.

Zie ook: Dr. ir. D.A. Schreuder, 'Bermbeveiliging en lichtmasten', *Verkeers-techniek* 23 (1972) 1: 22 t/m 25.



Afbeelding 12. Moment voor de botsing met een praatpaal, beproefd door de SWOV



Afbeelding 13. Praatpaal wordt door het voertuig overreden

## 6. Onderzoek aan obstakelbeveiligers

### 6.1. Algemeen

De obstakelbeveiligers zijn voorzieningen die ontworpen zijn om alleenstaande starre obstakels langs autowegen af te schermen. Deze obstakels kunnen constructies zijn die niet te verplaatsen of niet zo te construeren zijn dat ze weinig weerstand opleveren, zoals portalen, pijlers van viaducten of puntstukken. (Een puntstuk wordt gevormd door het begin van twee bermbeveiligingsconstructies, die op splitsingen en samenvoegingen van wegen bij elkaar komen.) Juist dit puntstuk kan een zeer gevaarlijk obstakel zijn, daar, zoals uit Amerikaans onderzoek is gebleken, bij afsplitsingen van wegen veel (late) manoeuvres worden uitgevoerd. Het onderzoek naar obstakelbeveiligers heeft zich in hoofdzaak toegepast op de beveiliging van dergelijke puntstukken.

### 6.2. Testcriteria

De obstakelbeveiligers kunnen op twee manieren werken. Ten eerste: bij aanrijding op de punt ervan wordt de auto tot stilstand vertraagd doordat de beveiligers energie opneemt. Ten tweede: bij aanrijding tegen de zijkant kan de obstakelbeveiligers het voertuig van richting doen veranderen, zodat het langs de beveiligers en het obstakel geleid wordt. De werking wordt bevredigend geacht, als het vertragen dan wel geleiden met een vertraging plaatsvindt die niet boven de waarde komt zoals genoemd in hoofdstuk 2.

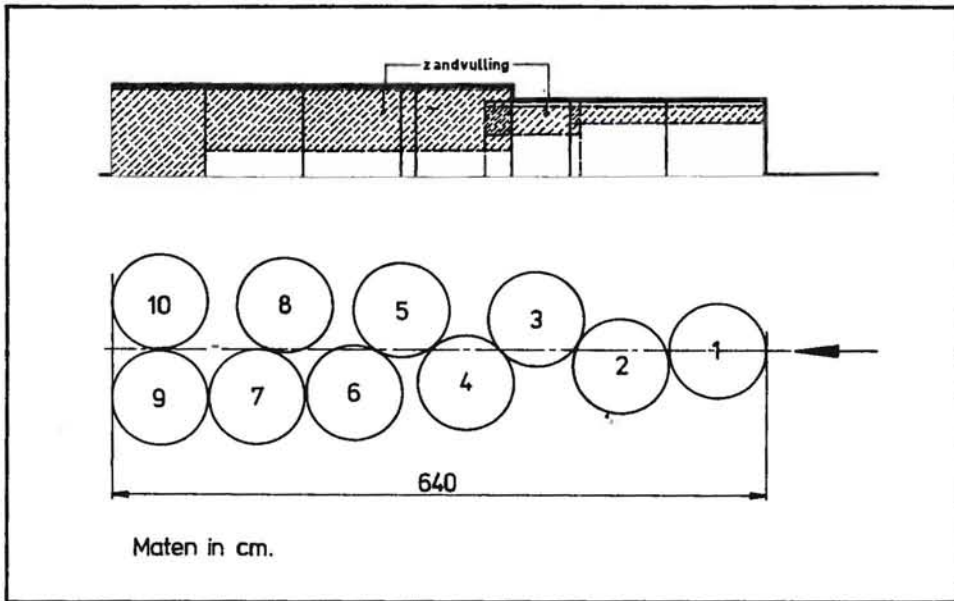
### 6.3. Omschrijving van de typen

Van drie typen waarvan de resultaten van de botsproeven hoopgevend waren, volgt een enigszins uitgebreide beschrijving. De overige typen zullen slechts genoemd worden.

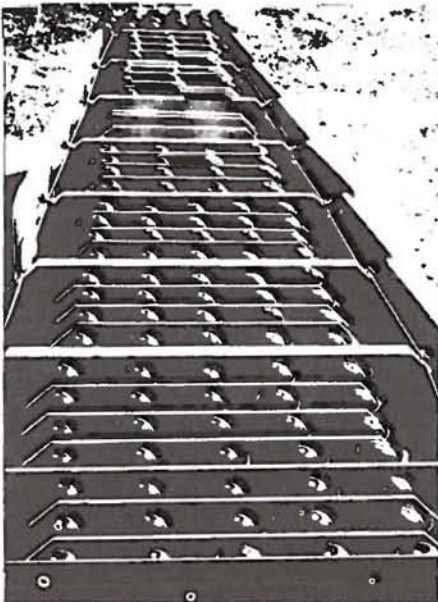
De obstakelbeveiligers van metalen vaten bestaat uit diverse rangschikkingen van ca. 40 vaten van 200 l; de lengte van de totale constructie bedraagt ca. 7 m.

De botsingsenergie wordt vernietigd doordat de vaten in elkaar gedrukt worden. Om bij flankaanrijdingen voldoende zijdelingse stabiliteit te verkrijgen, zijn kabels in lengterichting aangebracht. Met het oog op eventuele inrijdingen onder een hoek is de constructie later aan de zijkanten voorzien van geleidingsplaten.

De obstakelbeveiligers van met zand gevulde kunststof vaten bestaat uit een rangschikking van ca. 10 niet-verankerde vaten waarin het zand door vrijwel massalozel afstandhouders op zwaartepunthoogte van een personenauto wordt gehouden (zie Afbeelding 14). Door de hoeveelheid zand in de diverse vaten te variëren kan doordat de vaten bij een aanrijding successievelijk kapot springen, een gelijkmatige voertuigvertraging verkregen worden.



Afbeelding 14. Opstelling van de obstakelbeveiliger, beproefd door de SWOV



Afbeelding 15. Obstakelbeveiliger van met water gevulde cilinders



Afbeelding 16. Obstakelbeveiliger van buigzame buizen beproefd door het Cornell Aeronautical Laboratory

De obstakelbeveiliger van blokken poreus beton bestaat uit een opstelling van een serie open blokken beton, dat de eigenschap heeft dat het bij een aanrijding gemakkelijk verpulvert. De blokken worden door middel van kabels en verbindingen bij elkaar gehouden waardoor een zijdelingse stabiliteit wordt verkregen.

Naast bovengenoemde constructies kunnen nog opstellingen van met water gevulde cilinders (zie Afbeelding 15), van autobanden, van verticale palen en van blokken schuim genoemd worden. Ook zijn er constructies ontworpen die gelijk zijn op het puntstuk van een geleiderail en waarbij de botsingsenergie vernietigd wordt door het vervormen van de buis en/of door het opnemen van energie door schokdempers (zie Afbeelding 16).

Een afwijkend beveiligingssysteem is het beveiligingsnet. Dit net dat tussen twee betonnen palen wordt gespannen dient bij het inrijden het voertuig met een acceptabele vertraging tot stilstand te brengen. Als toepassingsmogelijkheden wordt het eind van doodlopende wegen genoemd en pijlers van viaducten in de middenberm. Deze laatste toepassing is als aanvulling op het afschermen van deze pijlers door middel van geleiderailconstructies.

#### 6.4. Resultaten van botsproeven

##### A. Algemeen

Het zwaartepunt van de obstakelbeveiliger moet ongeveer op de hoogte liggen van het zwaartepunt van een personenauto. Ligt het zwaartepunt lager, dan bestaat de kans dat het voertuig over de constructie heen schiet; ligt het hoger dan kan de auto onder de obstakelbeveiliger schieten en wordt mogelijk het passagierscompartiment geraakt.

De obstakelbeveiliger dient te worden geïntegreerd in de gehele puntstukconstructie om te voorkomen dat een nieuw obstakel gecreëerd wordt.

##### B. Resultaten

Uit frontale proeven bleek dat alleen de obstakelbeveiliger van met zand gevulde kunststof vaten bevredigende resultaten heeft opgeleverd. Bij SWOV-proeven met Europese auto's uit de middenklasse (zie Afbeeldingen 17 en 18), is geconstateerd dat ook bij hoge snelheden (ca. 80 km/h) na de aanrijding nog diverse zandvaten achter in de opstelling waren blijven staan: de opstelling had nog een zekere overcapaciteit. Bij aanrijdingen in de flank onder een bepaalde inrijhoek bleken alleen de obstakelbeveiligers van metalen vaten en die van blokken poreus beton goede resultaten op te leveren: het proefvoertuig werd nl. door de beveiliging met een acceptabele vertraging gekeerd en langs het obstakel geleid. Bij een proef met een inrijhoek van 15° tegen de obstakelbeveiliger van niet-verankerde kunststof vaten gevuld met zand, is geconstateerd dat de auto door de gehele opstelling heen reed (botssnelheid 95 km/h).

Verder bleek deze laatst genoemde constructie het nadeel te hebben dat de brokstukken ten gevolge van een aanrijding ver weggeslingerd werden. Gunstige resultaten werden bereikt met het aan elkaar binden van de deksels zodat kan worden voorkomen dat deze bij een aanrijding op de rijbaan terecht komen.

Uit de resultaten van de botsproeven van de overige obstakelbeveiligers, bleek dat de werking niet bevredigend was.





Afbeelding 17: Begin van de botsing met een obstakelbeveliger van met zand gevulde pertinax vaten, beproefd door de SWOV



Afbeelding 18: Tegen het einde van botsing

Hoewel bij een opstelling van bijvoorbeeld een lange rij autobanden of blokken schuim bij een frontale botsing de voertuigvertraging wel een gunstig beeld te zien zal geven, zal de zijdelingse stabiliteit een moeilijk punt zijn. Botsproeven met het beveiligingsnet hebben uitgewezen dat het net in staat is voertuigen met een acceptabele vertraging tot stilstand te brengen.

# Verwante SWOV-publikaties en rapporten

## Obstakels en wegbermen

SWOV (1968). Proeven 'uit'-borden. Intern memorandum. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1968. (Niet gepubliceerd).

Pol, W. H. M. van de & Slop, ir. M. (1969). Flexibele geleiderailconstructies en lichtmasten in middenbermen. *Wegen* 43 (1969) (dec.) 649: 358 t/m 361.

Blokpoel, A. (1971). Verkeersongevallen tegen vaste voorwerpen; Een analyse van beschikbare verkeersongevallencijfers. Intern memorandum. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1971. (Niet gepubliceerd).

Blokpoel, A. & Klei, H. van der (1971). Moet boom langs de weg verdwijnen; Botsingen tegen obstakels, een analyse van beschikbare ongevallencijfers. *Wegen* 45 (1971) (okt.) 671: 279 t/m 284.

Flury, ir. F. C. & Kampen, ir. L. T. B. van (1971). Eenzijdige ongevallen; Beschouwingen van onderzoek. Intern Memorandum. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1971. (Niet gepubliceerd).

Flury, ir. F. C. (1971). Verkeersongevallen en obstakels. *Verkeerstechniek* 22 (1971) 1: 34 t/m 35.

Paar, ir. H. G. (1972). Beveiligingsconstructies op kunstwerken en obstakelbeveiliging; 1. Wetenschappelijk Onderzoek. In: Verslag Verkeerstechnische leergang ANWB, 1972, blz. 48 t/m 59. Koninklijke Nederlandsche Toeristenbond ANWB, 1973.

Schreuder, dr. ir. D. A. (1972). Bermbeveiligingen en lichtmasten. *Verkeerstechniek* 23 (1972) 1: 22 t/m 25.

Jordaan, D. J. R.; Pol, W. H. M. van de & Schoon, C. C. (1973). Praatpalen; Een beschrijving van een aantal ad-hoc proeven in opdracht de Rijkswaterstaatswerkgroep 'Bermbeveiligingen', gehouden in 1971 op De Vlasakkers te Amersfoort. Intern Memorandum. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1973. (Niet gepubliceerd).

Jordaan, D. J. R.; Pol, W. H. M. van de & Schoon, C. C. (1973). Obstakelbeveiligers bij beveiligingsconstructies in aardebanen en ter voorkoming van enkelvoudig voorkomende obstakels; Een beschrijving van een aantal proeven in opdracht van de Rijkswaterstaatswerkgroep 'Bermbeveiligingen' gehouden in 1971/1972 op De

Vlasakkers te Amersfoort · Intern Memorandum. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1973. (Niet gepubliceerd).

SWOV (C. C. Schoon) (1973). Obstakels in wegbermen; Een overzicht en beschrijving van in de literatuur beschreven onderzoek omtrent het gedrag bij botsingen met vaste voorwerpen die voorkomen in zones langs de rijbaan + Tabellen en afbeeldingen. SWOV-rapport. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1973.

Schoon, C. C. (1975). Obstakels in wegbermen; Een overzicht en beschrijving van in de literatuur beschreven onderzoek omtrent het gedrag bij botsingen met vaste voorwerpen die voorkomen in zones langs de rijbaan. *Wegen* 49 (1975) (april) 713: 124 t/m 130.

SWOV (C.C. Schoon; D. J. R. Jordaan & W. H. M. van de Pol) (1976). Stalen en aluminium lichtmasten; Een nadere beschouwing van een aantal oriënterende botsproeven met personenauto's die, in opdracht van de Rijkswaterstaatswerkgroep Lichtmasten, gehouden zijn op De Vlasakkers te Amersfoort. Herzien versie. SWOV-rapport. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1976.

Schoon, C.C. (1976). Het gedrag van lichtmasten bij aanrijdingen van personenauto's en de consequenties daarvan. In: SWOV-congres Toekomst in veiligheid: Programma en teksten van de bijdragen voor het SWOV-congres Toekomst in veiligheid, gehouden op 18 mei 1976 in het Internationaal Congrescentrum RAI te Amsterdam. Publikatie 1976-4N. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1976.

Flury, ir. F. C. (1976). Veiligheidseconomische beschouwing van verkeersobstakels. Intern memorandum. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1976. (Niet gepubliceerd).

SWOV (ing. C. C. Schoon & ir. A. Edelman) (1976). Lichtmasten: Onderzoek naar het gedrag van lichtmasten bij zijdelingse en frontale botsproeven met personenauto's. Publikatie 1976-6N. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1976.

SWOV (ing. C. C. Schoon & ir. A. Edelman) (1976). Gevaren bij het omvallen van lichtmasten: Overwegingen bij het plaatsen van voor personenauto's weinig agressieve lichtmasten. Publikatie 1976-7N. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1976.