

PRAATPALEN

Een nadere beschouwing van een aantal oriënterende botsproeven die in opdracht van de Rijkswaterstaatwerkgroep "Bermbeveiligingen" in 1971 gehouden zijn op "De Vlasakkers" te Amersfoort

R-77-7

(Herziene versie)

Voorburg, 1977

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

INHOUD

VOORWOORD

1. INLEIDING
2. TESTCRITERIA
 - 2.1. Algemeen
 - 2.2. Nadere beschouwing van de testcriteria
 - 2.2.1. De weerstand die het voertuig ondervindt
 - 2.2.2. Breuk van de voorruit en indeuking passagierscompartment
 - 2.2.3. De ligging van de paal(delen) na de botsing
3. UITVOERING PROEVENPROGRAMMA
 - 3.1. Proefterrein
 - 3.2. Proefvoertuigen
 - 3.3. Beproefde praatpalen
 - 3.4. Plaatsing van de praatpalen
 - 3.5. Beproevingssnelheden en inrijhoek
 - 3.6. Registratie
4. HET VERLOOP VAN DE PROEVEN
 - 4.1. Algemeen verloop
 - 4.2. Bijzonderheden in de afloop van de proeven
 - 4.2.1. Praatpaal P1 (zware binnenbuis, prototype)
 - 4.2.2. Praatpaal P3 (zware binnenbuis in verbeterde uitvoering)
 - 4.2.3. Praatpaal P2 (lichte binnenbuis in verbeterde uitvoering)
5. NABESCHOUWING VAN DE VERKREGEN PROEFRESULTATEN
 - 5.1. Algemeen
 - 5.2. Toepassing van een dunne binnenbuis ter verlaging van de voertuigvertraging
 - 5.3. Wijzigingen in de lassen, de bevestigingsbouten en de centrering
 - 5.4. Samenvatting van de proefresultaten
 - 5.5. Conclusie



TABELLEN EN AFBEELDINGEN

LITERATUUR

VERWANTE SWOV-PUBLIKATIES

VOORWOORD

De in dit rapport beschreven proeven met drie praatpalen werden in 1971 verricht in opdracht van de Rijkswaterstaatwerkgroep "Bermbeveiligingen". Doel was op korte termijn te kunnen bepalen welke uitvoering van de praatpaal bij een aanrijding de meest veilige zou zijn.

Gezien het geringe aantal proeven kan hier slechts van een oriënterend onderzoek gesproken worden. Dit rapport zal dan ook alleen maar indicaties bevatten op basis waarvan een keus gemaakt kan worden.

De proeven zijn uitgevoerd op het terrein "De Vlasakkers" te Amersfoort, dat ter beschikking werd gesteld door het Ministerie van Defensie.

Adjudant-Onderofficier-Instructeur J.M. Haazen (Cavalerie) verleende hierbij organisatorische medewerking.

Het filmwerk ter registratie van de proeven werd verzorgd door een filmploeg van de Stichting Film en Wetenschap te Utrecht onder leiding van de heer W. van den Berg.

De analyse van de high-speedfilm met betrekking tot de optredende snelheden en vertragingen werd verzorgd door het Centraal Technisch Instituut TNO te Delft.

Het ingraven van de praatpalen, de grondverdichtingswerkzaamheden en de overige terreinwerkzaamheden werden verricht door de Fa. Gebr. Kramer te Elst (Utrecht).

Van de beproefde praatpalen werd er één, een prototype, ter beschikking gesteld door de ANWB te Den Haag. De overige twee palen zijn geleverd door NV Philips' Telecommunicatie Industrie te Hilversum.

Een concept-rapport over deze botsproeven is samengesteld door D.J.R. Jordaan in samenwerking met ing. W.H.M. van de Pol en ing. C.C. Schoon, allen werkzaam op de SWOV-afdeling Crash en Post-crash onderzoek. Dit concept-rapport is in 1973 aangeboden aan de Rijkswaterstaatwerkgroep "Bermbeveiligingen".

Een nadere beschouwing van deze kleine serie botsproeven is noodzakelijk gevonden doordat nieuwe beoordelingscriteria ter beschikking zijn gekomen.

Het verloop van de botsproeven is gedeeltelijk vastgelegd in de film "Botsingen op enkele obstakels", zwart/wit, optisch of magnetisch, duur 15 minuten, die op aanvraag verkrijgbaar is bij de Stichting Film en Wetenschap te Utrecht.

De problemen die werden gesignaleerd met betrekking tot obstakels in wegbermen in het algemeen, zijn er voorts aanleiding toe geweest dat door de Minister van Verkeer en Waterstaat een Begeleidende Overheids-werkgroep is ingesteld, opdat deze BOWG op basis van het onderzoek Obstakels in wegbermen dat door de SWOV wordt uitgevoerd, 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. 37 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. Gevaren 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).

Ir. E. Asmussen

Directeur Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

1. INLEIDING

In de voorlopige uitgave van de richtlijnen "Bermbeveiligingen in aardebanen" van 30 augustus 1970 werd gesteld, dat starre obstakels binnen een afstand van 10 m vanuit de binnenkant van de kantstreep van de rijbanen van autosnelwegen dienen te worden afgeschermd door een geleiderailconstructie. Het motief hiervoor was dat de optredende vertragingskrachten op het voertuig bij botsing tegen starre obstakels dermate hoog waren, dat zeer zware beschadiging van het voertuig en ernstig letsel voor de inzittenden zouden kunnen optreden.

Het ontwerp van het prototype van de praatpaal met een zware binnenbuis deed vermoeden dat deze praatpaal zich bij een aanrijding zou gaan gedragen als een starre obstakel. Als een dergelijk alleenstaand obstakel om deze reden met een geleiderailconstructie afgeschermd zou moeten worden, zou dat een lengte van deze constructie vergen van ca. 100 m. Hierbij komt nog dat een dergelijke oplossing de bereikbaarheid van de praatpaal vanaf de weg niet ten goede komt. Obstakels die bij aanrijdingen geen grote voertuigvertragingen veroorzaken, behoeven bij plaatsing binnen de zone van 10 m echter geen afscherming. Het leek daarom zinvol te trachten de constructie van de praatpaal minder agressief te maken.

Teneinde de Rijkswaterstaatwerkgroep "Bermbeveiligingen" op zeer korte termijn een indruk te geven van de gevolgen van aanrijdingen met praatpalen, is een kleine serie proeven uitgevoerd. Bij deze proeven is getracht door het aanbrengen van constructieve wijzigingen de agressiviteit van de praatpalen te verminderen.

In de definitieve uitgave van de richtlijnen "Bermbeveiligingen in aardebanen" van november 1974, staat dat solitaire obstakels niet meer zullen worden afgeschermd. De kans dat deze solitaire obstakels zullen worden aangereden wordt zo klein geacht, dat de afscherming ervan achterwege wordt gelaten. Dit neemt niet weg dat, wanneer de extra kosten gering blijven, het plaatsen van weinig-agressieve obstakels verre de voorkeur verdient. Overigens behoeft een geringe agressiviteit niet altijd kostenverhogend te werken.

2. TESTCRITERIA

2.1. Algemeen

Met betrekking tot het gedrag van de beproefde praatpalen zijn uit de resultaten van de proeven de volgende punten beoordeeld (zie ook SWOV, 1973).

1. De grootte van de weerstand die het proefvoertuig ten gevolge van de aanrijding ondervindt. Deze weerstand kan worden uitgedrukt in de voertuigvertraging en/of het verschil in snelheid van het voertuig voor en na de botsing en/of het impulsverschil ten gevolge van de botsing.

2. Het binnendringen van de praatpaal of delen ervan door de voorruit. Verder de verkleining van het passagierscompartiment ten gevolge van de eerste botsing met de praatpaal of indeuking van het dak door een vallende praatpaal of delen ervan.

Dwarsbotsingen zijn bij deze serie oriënterende botsproeven buiten beschouwing gelaten.

3. De ligging van de praatpaal of delen ervan na de botsing. Hierbij is het van belang vast te stellen of de praatpaal of delen ervan op de rijbaan terecht zouden zijn gekomen.

2.2. Nadere beschouwing van de testcriteria

2.2.1. De weerstand die het proefvoertuig ondervindt

A. Voertuigvertraging

Gebleken is, dat de bij botsingen optredende voertuigvertragingen een belangrijke maatstaf zijn bij de beoordeling van de kans op letsel voor de inzittenden. Bij een aanrijding zal de vertraging nooit exact in één richting werken. Het is daarom gewenst een norm te hebben waaraan de samengestelde vertraging moet voldoen. Deze norm is de Acceleration Severity Index (ASI), die werd opgesteld door Ross & Post (1972).

De formule, afgeleid in Ross & Post (1971), luidt:

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

long = longitudinaal
 lat = lateraal
 vert = verticaal
 index a = acceptabel

Omdat bij de botsproeven van de SWOV de laterale vertraging niet is gemeten, komt in de formule de daarbij behorende term $\frac{g_{lat}}{g_{lat_a}}$ te vervallen.

De in dit rapport vermelde waarden voor ASI zullen daarom in de meeste gevallen iets lager uitvallen dan wanneer de volledige formule van Ross & Post gehanteerd zou zijn.

In de tellers van de formule worden de geregistreerde voertuigvertragingen ingevuld. Als waarden voor deze vertragingen worden uit de vertragingcurven (zie Afbeeldingen 1 t/m 3) de gemiddelde vertragingen over een periode van 50 ms bepaald. Deze periode dient zo gekozen te worden, dat de waarde voor de gemiddelde vertraging daarmee zo groot mogelijk wordt. (De SWOV heeft hier als extra voorwaarde voor deze serie proeven aan toegevoegd, dat de maxima van de beide perioden - nl. voor de longitudinale en de verticale vertraging - binnen een tijdsinterval van 50 ms moesten liggen. Bij het opstellen van deze voorwaarde is er van uitgegaan, dat dan de optredende vertragingen nog als "samenwerkend" kunnen worden beschouwd en dus een gezamenlijke uitwerking op de inzittenden van het voertuig zullen hebben.)

In de noemers komen de voor de mens "acceptabele" voertuigvertragingen te staan. Voor inzittenden zonder autogordel zijn deze in longitudinale, laterale en verticale richting op resp. 7, 5 en 6 g gesteld. Als de waarde voor ASI dan niet groter wordt dan één, duidt dit erop, dat de inzittenden van het voertuig niet ernstig gewond zullen raken. Bij het gebruiken van deze formule dient echter wel het nodige voorbehoud gemaakt te worden. In de eerste plaats omdat een juiste relatie tussen de kans op letsel van de inzittenden en voertuigvertraging niet eenvoudig te vinden is, zolang dummies nog niet representatief zijn voor de mens en zolang op grote schaal nog geen voertuigvertragingen bij werkelijke ongevallen vastgesteld kunnen worden. In de tweede plaats kunnen door verschillen in voertuigeigenschappen de voor de mens acceptabele voertuigvertragingen per voertuig aanzienlijk variëren. Zolang er

echter nog geen normen zijn die op een wetenschappelijk meer verantwoorde manier zijn vastgesteld, zal de beschikbare norm met de nodige voorzichtigheid gehanteerd moeten worden.

B. Snelheidsverlies

Een andere methode om de ernst van een botsing te bepalen is het snelheidsverlies van de auto tijdens de botsing als maatstaf te nemen. Dit verlies van snelheid (Δv) wordt bepaald uit het verschil tussen de snelheid vóór de botsing en die na de botsing. Daarom kan deze methode alleen gebruikt worden bij botsproeven met palen en masten (korte stoot of impuls). De snelheid na de botsing werd bepaald op het moment waarop de vertraging van het voertuig in de vertragingcurve voor de eerste keer de nulwaarde bereikte (Afbeeldingen 1 t/m 3). Bij het vaststellen van een "acceptabele" waarde van Δv kan ondermeer naar een onderzoek van Patrick (1967) verwezen worden. Zijn studie en die van anderen wees uit dat, bij botsingen van personenauto's tegen starre voorwerpen, inzittenden zonder autogordels geen letsel opliepen, als het snelheidsverlies tijdens de botsing niet meer bedroeg dan 18 km/h. Deze waarde zal dan ook verder in dit rapport gehanteerd worden bij het bepalen van het maximaal toegestane snelheidsverlies van de proefvoertuigen tijdens de botsing.

C. Impulsverschil

Een derde methode om de ernst van een botsing te bepalen is, volgens Rowan & Edwards (1969), het berekenen van de verandering van de hoeveelheid beweging, het impulsverschil (Δp), ten gevolge van de botsing. Deze Δp is gelijk aan de impuls die de mast gedurende de botsing op het voertuig uitoefent en deze is weer de kracht tijdens de duur van de botsing ($\Delta p = \sum F \cdot \Delta t$).

Volgens Edwards (1970) geeft het impulsverschil Δp - dit is het product van de voertuigmassa m en het snelheidsverlies Δv gedurende de botsing ($\Delta p = m \cdot \Delta v$) - een indicatie ten aanzien van de kracht die de paal op het voertuig uitoefent, en daarmee van de ernst van de botsing (Δp is volgens Edwards - bij botsingen van gelijke voertuigen tegen gelijke masten - min of meer een constante bij verschillende botssnelheden). De in de formule voorkomende Δv is, evenals bij de

methode die onder B. beschreven is, het verschil tussen de snelheden vóór en na de botsing. Hieruit volgt, dat ook de methode van Rowan & Edwards alleen geschikt is voor proeven met palen en masten.

Edwards (1970) beveelt als maximale "acceptabele" waarde voor $\Delta p = 4900 \text{ Ns}$ (Amerikaans: 1100 lb-sec) aan, wanneer de inzittenden van het voertuig geen autogordel dragen.

Slotopmerkingen

Alle bovengenoemde normen dienen met de nodige omzichtigheid gehanteerd te worden, omdat nog geen enkele norm op een wetenschappelijk verantwoorde wijze vastgesteld kon worden. De SWOV is het meest geporteerd voor de ASI-norm, aangezien deze bij de meeste botsproeven hanteerbaar is. Δv en Δp zijn bij botsingen van langere duur moeilijk, respectievelijk niet toepasbaar, doordat de remweg van het voertuig dan te groot wordt. De uitkomsten voor ASI, Δv en Δp zijn ter onderlinge vergelijking naast elkaar gesteld in Tabel 1.

Bij deze serie proeven zijn de snelheden en vertragingen bepaald door middel van analyse van de high-speedfilm (400 beelden per seconde). De film is hiertoe per beeld afgelezen, waarna over drie aflezingen is gemiddeld. Aan de hand van deze gemiddelde waarden zijn de snelheden en de vertragingen berekend, met behulp waarvan de vertragingcurven zijn opgezet (zie Afbeeldingen 1 t/m 3). Bij de vertraginggrafieken zijn naast de botssnelheden ook de snelheden vermeld op het punt dat de vertraging voor de eerste maal nul was. Deze laatste snelheden worden beschouwd als de uitrijnsnelheden na de botsing.

2.2.2. Breuk van de voorruit en indeuking passagierscompartiment

Ten gevolge van de botsing kan de praatpaal of delen ervan door de voorruit van de auto komen. Zowel het rondvliegende glas als (delen van) de praatpaal kunnen letsel bij de inzittenden veroorzaken. Een eis is dan ook dat een botsing met de praatpaal geen ernstige breuk van de voorruit mag veroorzaken.

Een ander gevolg van de botsing kan zijn dat de praatpaal of delen ervan op het dak van de auto terecht komen en daar een indeuking veroorzaken. Deze indeuking mag niet te diep zijn, omdat anders de inzitten-

den er letsel door kunnen oplopen. Een door Slechter (1971) ten behoeve van het Experimental Safety Vehicle Project opgestelde eis zegt, dat de indeuking van het dak niet meer mag bedragen dan ca. 8 cm (3 inches). Deze eis lijkt ook in de Nederlandse situatie bruikbaar. Voorzover de voorruit is vernield en indeuking van het dak plaatsvond, is dit vermeld in Tabel 1.

2.2.3. De ligging van de paal(delen) na de botsing

Een praatpaal of delen ervan kunnen ten gevolge van de botsing op de rijbaan terecht komen en daar gevaar opleveren voor andere weggebruikers. Na elke proef werd de ligging ervan bepaald. Voorzover ligging op de denkbeeldige rijbaan werd geconstateerd, is dit in Tabel 1 vermeld.

3. UITVOERING PROEVENPROGRAMMA

3.1. Proefterrein

De proeven werden gehouden op het proefterrein "De Vlasakkers" te Amersfoort, waar gebruik werd gemaakt van de reeds aanwezige faciliteiten voor het beproeven van de beveiligingsconstructies in wegbermen en op kunstwerken (zie Afbeelding 4).

3.2. Proefvoertuigen

Ten aanzien van de proefvoertuigen viel de keuze op gebruikte Opels Rekord 1700, bouwjaar 1960/1962. Deze auto's hebben een lege massa van ca. 900 kg en vallen daarmee in de klasse van 800 - 1000 kg, die ca. 25% van het totale personenwagenbestand uitmaakte. Doordat alle proeven met dit type auto hebben plaatsgevonden, behoefde bij het onderling vergelijken van de proefresultaten geen rekening gehouden te worden met de eventuele verschillende invloeden van de proefvoertuigen.

3.3. Beproefde praatpalen

Wat het uiterlijk betreft zijn er geen verschillen tussen de drie beproefde praatpalen op te merken. De verschillen zitten in de dikte van de binnenbuis en de wijze van bevestigen van de diverse onderdelen. Beproefd zijn drie typen praatpalen. P1 (het prototype) is een paal met zware binnenbuis \emptyset 152,4 x 144 mm (Afbeelding 5), P2 een paal met lichte binnenbuis \emptyset 76 x 66 mm (Afbeelding 6) en P3 een paal met zware binnenbuis \emptyset 159 x 153 mm (Afbeelding 5).

Dat bij P3 ten opzichte van het prototype P1 een iets andere buismaat werd toegepast, was een zuiver praktische en financiële kwestie. De maat \emptyset 152,4 x 143 bleek niet tijdig leverbaar. \emptyset 159 x 153 is couranter en goedkoper.

Uit de proefresultaten van de aanrijding met het prototype P1 bleek, dat door losrakende delen van de paal gevaar ontstond voor de verkeersveiligheid in het algemeen en/of voor de inzittenden van het voertuig in het bijzonder. Daarom zijn, in overleg met de werkgroep, door de

fabrikant bij de palen P2 en P3 enkele verbeteringen in de constructie aangebracht.

Vergeleken met het prototype P1 zijn bij de palen van P2 en P3 in het lichaam - op de scheidingsnaad van beide helften - extra lassen toegevoegd en zijn alle lassen verzaamd uitgevoerd. Ook aan de binnenzijde van het frame is op de scheidingsnaad een extra lasrups gelegd om dit frame stijver te maken. De bevestiging van de embleemplaten op te koppelen is zodanig verbeterd, dat deze niet zo makkelijk meer los konden slaan en na de botsing gevaar opleveren.

Normaal zijn de vier bouten, waarmee het lichaam op de bovenflens van de buis wordt bevestigd, vervaardigd van St K 18-8-2 met hoge treksterkte. Dit was ook het geval bij de palen P2 en P3.

Bij het prototype P1 kon hier niet tijdig in worden voorzien en waren bouten van handelskwaliteit toegepast, die mogelijk het proefverloop ongunstig hebben beïnvloed.

Het is van belang, dat bij een aanrijding de optredende vertragingen op de botsende auto zo klein mogelijk zijn. Met dit doel is bij P2 een buis van kleinere diameter toegepast, waarvan verwacht mocht worden dat deze de grond gemakkelijker zou doorsnijden of dat deze gemakkelijker zou omknikken.

Vanwege de kleinere diameter van de binnenbuis was het nodig bij paal P2 constructief enkele extra voorzieningen te treffen. Op de bovenflens van de binnenbuis werd een centreerrand aangebracht, waaromheen een kraag van het lichaam paste. Met hetzelfde doel werd op de buis, ter hoogte van het maaiveld, een ring gelast.

3.4. Plaatsing van de praatpalen

De praatpalen werden steeds op dezelfde plek geplaatst. Hoewel zodoende geen natuurlijke verdichting van de grond verkregen kon worden, is wel getracht de grond door middel van mechanische handstampers zo goed mogelijk te verdichten. Bij al de drie proeven werden de condities wat de grondvastheid betreft zo goed mogelijk gelijk gemaakt.

De praatpaal werd zo opgesteld als ook in de praktijk gebruikelijk is, namelijk met de twee oorflappen van de weg afgekeerd.

Bij de verdere beschouwingen is er van uitgegaan dat de praatpaal op 1 m van een denkbeeldige kantstreep van een rijbaan was geplaatst.

3.5. Beproevingssnelheden en inrijhoek

De - arbitraire - streefsnelheid bij alle drie proeven was 80 km/h. De werkelijke botsnelheden (herleid uit analyse high-speed film) weken hier niet veel van af: de snelheden bij de proeven P1, P2 en P3 waren resp. 82, 85 en 81 km/h. Het maximale verschil van 4 km/h zal van niet veel invloed zijn op de resultaten.

De hoek van de aanloopbaan ten opzichte van de as van de denkbeeldige weg bedroeg bij alle proeven 10° (zie Afbeelding 1). De keuze van deze hoek was eveneens arbitrair.

Ten tijde van de proeven kwamen nadere gegevens ten aanzien van botsnelheden en botshoeken ter beschikking. Deze gegevens gaven geen reden om de gekozen snelheid en hoek te veranderen (SWOV, 1973).

3.6. Registratie

Het verloop van de proeven werd op film vastgelegd door drie camera's, waarvan er één high-speedopnamen maakte (400 beelden per seconde). Zoals reeds gezegd in de slotopmerkingen van paragraaf 2.2.1. kunnen door analyse van deze high-speedopnamen de voertuigsnelheden en de voertuigvertragingen bepaald worden.

De eindtoestand werd gefotografeerd, opgemeten en schriftelijk vastgelegd.

4. HET VERLOOP VAN DE PROEVEN

4.1. Algemeen verloop

In de nu volgende omschrijving van de proeven en in de tabellen zijn de aanduidingen "links" en "rechts" gezien vanuit de rijrichting. Als moment van de botsing wordt aangemerkt het moment van het eerste contact van het proefvoertuig met de praatpaal.

Door de situatie van het proefterrein en door de gebruikte beproevingsmethode werden de proefvoertuigen vaak door een aarden wal opgevangen; hiermee werd eveneens de uitloop van het proefvoertuig in sterke mate beïnvloed.

In het algemeen was het verloop van de proeven vanaf het moment van het eerste contact van het proefvoertuig met de praatpaal tot het moment waarop knik in de buis en/of breuk bij de kop en het lichaam optrad, vrijwel hetzelfde. Dit verloop kan in het kort als volgt worden samengevat.

Na het eerste contact van het proefvoertuig met de praatpaal vervormden eerst de bumper en de grille, met daarachter de radiator en de motor-kap; dus die delen van de auto die weinig weerstand geven. De optredende vertraging was toen nog zeer gering.

Wanneer de paal zover in de wagen was gedrongen, dat de genoemde delen tegen het motorblok gedrukt werden, nam de weerstand sterk toe en daardoor de vertraging van het voertuig.

Dit was het moment waarop merkbare vervorming optrad in de paal en knik werd ingeleid.

Het verdere verloop na de botsingen vertoonde tussen de verschillende proeven onderling dusdanige afwijkingen dat dit voor elke proef afzonderlijk wordt beschreven. De uitkomsten van de proeven zijn weergegeven in Tabel 1. In Tabel 2 is aangegeven wat zich in chronologische volgorde tijdens de proeven afspeelde. Een overzicht van alle schade aan de proefvoertuigen is in Tabel 3 te vinden.

Het verloop van de vertraging van het proefvoertuig in de tijd is grafisch weergegeven in de Afbeeldingen 1 t/m 3.

Een fotografisch overzicht van de afloop van de proeven geven de Afbeeldingen 7 t/m 9.

4.2. Bijzonderheden in de afloop van de proeven

4.2.1. Praatpaal P1 (zware binnenbuis, prototype)

Vrijwel onmiddellijk na het eerste contact knikte de stalen buis op maaiveldhoogte, de lassen begaven het, de kop brak van het lichaam en het frame spleet. De embleemplaats op de kop, aan de zijde van de botsing, liet los en bleef enige tijd boven de oorspronkelijke standplaats hangen. Het proefvoertuig reed vervolgens tegen deze plaat, die tegen de bovenlijst van de voorruit kwam, rechts van de bestuurdersplaats; de plaat sloeg kort daarna op het dak en kaatste weg. De kophelft aan de zijde van de botsing bleef zich aanvankelijk in de rijrichting voortbewegen met een snelheid kleiner dan die van het proefvoertuig en werd dan ook ingehaald. Vervolgens sloeg hij midden op de motorkap en "vloog" daarna in rijrichting weg. Het deel van de kop aan de van de botsing afgekeerde zijde werd direct in rijrichting weggeslingerd.

De auto liep tegen de omgeknikte binnenbuis op en stroopte als het ware het gietaluminium hier van af. Ongeveer op het moment dat het lichaam van de buis afgleed, de buis wat omhoog veerde en het ondereinde van het lichaam hierdoor eveneens omhoog werd gewipt, ging de achteras van de auto over de kop van de buis. De kop van de buis drukte het voertuig aan de achterzijde iets omhoog. Het lichaam, dat zich in rijrichting bleef verplaatsen, boorde zich met de kop in de grond; het omhoogspringende ondereinde werd door het proefvoertuig gegrepen en zette zich vast vóór de vooras. De achterzijde van de auto was op dat moment vrij van de kop van de buis. De auto werd nu aan de voorzijde omhooggedrukt door het lichaam, de achterzijde van het voertuig werd over de volle breedte op de grond gedrukt. De wagen maakte een hoek van ongeveer 40° met het maaiveld, gleed vervolgens van het ondereinde van het lichaam af en kantelde op de linkerzijde, tegelijkertijd een vrijwel volledige slag om makend. Het voertuig kwam daarna even voorbij het afgestroopte lichaam tot stilstand in een richting die vrijwel tegengesteld was aan aan de oorspronkelijke rijrichting. De onderdelen van de praatpaal lagen over

een flinke afstand verspreid. De zwaardere delen lagen in de baan van het voertuig. Diverse lichtere delen kwamen op de denkbeeldige rijbaan te liggen.

De statische deformatie van de auto - de inkorting na de botsing - bedroeg 52 cm; de motor was 11 cm naar achteren gedrukt.

De voorzijde van de auto was volledig vernield. De chassisbalken aan de voorzijde waren ontzet, de dwarsbalk van de voorwielophanging en de stabilisatiestang waren zwaar beschadigd. Het voertuig was hierdoor niet meer bestuurbaar. Door het kantelen was ook het plaatwerk van de carosserie aan de linkerzijde over de volle lengte ingedrukt. De losse onderdelen hebben verder bij deze proef geen schade aan het proefvoertuig veroorzaakt.

De waarde voor de voertuigvertraging (ASI) bedroeg 1,3, de waarde voor het snelheidsverschil (Δv) 24 km/h en de waarde voor impulsverschil (Δp) 6000 Ns. Deze drie waarden liggen alle boven de limietwaarde (zie Tabel 1).

4.2.2. Praatpaal P3 (zware binnenbuis in verbeterde uitvoering)

Vrijwel onmiddellijk na het eerste contact knikte de buis enigszins op het maaiveld. Het bovendeel van de paal met het lichaam draaide iets rechtsom en het borstluik liet los. Dit laatste bewoog zich al rond-draaiend in rijrichting voort met een lagere snelheid dan die van het proefvoertuig. Het werd dan ook ingehaald en kwam uiteindelijk rechts van de auto, zonder deze te raken, op de grond terecht. Inmiddels was de paal geheel uit de grond getrokken en door de auto meegenomen. De kop en het lichaam vormden daarbij nog steeds een geheel.

Pas toen de kop de grond raakte, brak de oorflap aan de zijde van de botsing af. Op het moment dat de paal geheel vlak lag dompte de auto iets voorover en drukte hij de kop wat in de grond, waardoor de onderzijde van de paal iets omhoog kwam. De achterzijde van de auto was de onderzijde van de paal al voorbij en het proefvoertuig passeerde verder ongehinderd, de afgebroken oorflap meevoerend. De paal en de daarvan afgebroken onderdelen lagen op enige afstand van de oorspronkelijke

standplaats over een vrij lange strook in de rijrichting verspreid. Er zijn geen delen op de denkbeeldige rijbaan terecht gekomen.

De statische deformatie ten gevolge van de botsing bedroeg in dit geval 35 cm, waarbij alleen het front van het voertuig zwaar beschadigd was. Na afloop van de botsing was het voertuig nog bestuurbaar.

De waarden voor ASI, Δv en Δp bedroegen respectievelijk 1,2, 21 km/h en 5250 Ns. Ze liggen hiermee alle drie boven de limietwaarde (Tabel 1).

4.2.3. Praatpaal P2 (lichte binnenbuis in verbeterde uitvoering)

Vrijwel onmiddellijk na het eerste contact knikte de stalen buis in de grond ter hoogte van de kabelinvoer, het bovendee van de paal met het lichaam draaide iets rechtsom, de kop brak van het lichaam en het borstluik liet los.

Zeer kort daarop volgde de doos met elektronika. De kop en de doos werden met grote kracht in de rijrichting weggeslingerd. De paal werd in zijn geheel uit de grond getrokken en vlak bij de oorspronkelijke plaats in rijrichting plat op de grond gedrukt. De auto reed er verder ongehinderd overheen. Het borstluik bleef zich echter al ronddraaiend in rijrichting voortbewegen met een snelheid kleiner dan die van het proefvoertuig en werd dan ook ingehaald.

Op een gegeven moment kleefde het als het ware tegen de rechterzijde van de voorruit, maar het kaatste hiervan in de rijrichting weg zonder schade te veroorzaken.

Het proefvoertuig liep uit en kwam op grote afstand van de oorspronkelijke standplaats tegen de zandwal tot stilstand.

Alle onderdelen kwamen verspreid te liggen over een betrekkelijk klein oppervlak, op enige afstand van de oorspronkelijke standplaats. Er zijn geen onderdelen op de denkbeeldige rijbaan terecht gekomen.

De statische deformatie van het proefvoertuig bedroeg bij deze proef 32 cm. Ook hier was het front vrij zwaar beschadigd, maar in tegenstelling tot de andere twee proeven waren de spatborden hier alleen aan de voorzijde iets vervormd. Het treffen van het voertuig met een los onder-

deel heeft, door de geringe massa hiervan, geen schade veroorzaakt. Het proefvoertuig was na afloop nog bestuurbaar.

De waarden voor ASI, Δv en Δp bedroegen respectievelijk 0,7, 12 km/h en 3000 Ns. Deze waarden liggen alle onder de limietwaarde (Tabel 1).

5. NABESCHOUWING VAN DE VERKREGEN PROEFRESULTATEN

5.1. Algemeen

Hieronder worden de resultaten vergeleken die uit deze beperkte proeven-serie zijn verkregen. Deze resultaten kunnen door de beperkte opzet van de proeven slechts een indicatie geven van de invloed die de diameter van de binnenbuis en de constructieve opbouw in onderling verband hebben. De proeven betroffen twee praatpalen met een binnenbuis met grote doorsnede, waarvan het prototype constructieve tekortkomingen vertoonde, en een praatpaal met een binnenbuis met een kleinere doorsnede. Bij de palen P2 en P3 waren de constructieve verbeteringen aangebracht die in paragraaf 3.3. zijn omschreven. De invloed van deze verbeteringen komt in de volgende paragrafen ter sprake.

5.2. Toepassing van een dunne binnenbuis ter verlaging van de voertuigvertraging

Na de proef met het prototype is getracht door middel van het aanbrengen van een dunne buis de weerstand te verminderen die het voertuig van de paal ondervindt.

Gebleken is, dat door het toepassen van een dergelijke dunne binnenbuis de grond makkelijker wordt doorsneden en/of dat de paal makkelijker knikt. Hierbij zijn de optredende vertragingwaarden relatief laag gebleven. De gronddoorsnijding van de zware binnenbuis ging aanmerkelijk moeilijker. Dit resulteerde in hogere waarden voor de voertuigvertraging.

5.3. Wijzigingen in de lassen, de bevestigingsbouten en de centrering

Bij het bezien van de proefresultaten komt tot uiting dat de aangebrachte wijzigingen in de constructie van de palen P2 en P3 ten opzichte van het basisontwerp van het prototype P1 vrijwel alle verbeteringen zijn geweest. Door het geringe aantal lassen waarmee de beide helften van het lichaam verbonden waren, was de stijfheid van dit lichaam bij het prototype P1 gering en de centrering om de binnenbuis slecht. Hierdoor had het lichaam een vrij grote beweeglijkheid ten opzichte van de binnenbuis. Dit had

tot gevolg dat de bij deze proef toegepaste bouten van standaardkwaliteit (zie paragraaf 3.3.) waarmee het lichaam op de bovenflens van de binnenbuis was bevestigd, te zwaar belast werden, zodat ze uit de bovenflens werden getrokken. De verbetering van de centrering en het toepassen van bouten met een hogere treksterkte hebben er voor gezorgd dat bij de proeven P2 en P3 het lichaam aan de binnenbuis bevestigd is gebleven. Bij proef P1 is de kop van het lichaam gebroken en tevens gespleten. Bij proef P2 is de kop nog wel van het lichaam gebroken, maar hij is niet gespleten. Bij proef P3 is de kop niet van het lichaam gebroken en ook niet gespleten. Gebleken is, dat de nieuwe bevestigingswijze van de embleemplaten bij de palen P2 en P3 geheel voldoet. Dit kan niet worden gezegd van de bevestiging van het borstluik. In beide gevallen is dit luik losgeslagen. Bij P2 is het daarna in contact gekomen met de voorruit, echter zonder schade te veroorzaken.

5.4. Samenvatting van de proefresultaten

De grootte van de weerstand die de proefvoertuigen ten gevolge van de botsingen ondervonden was bij de praatpalen met de dikke binnenbuis (P1 en P3) het grootst. Zowel de waarde voor de voertuigvertraging (ASI) als voor Δv en Δp waren niet acceptabel.

De resultaten van de praatpaal met de dunne binnenbuis (P2) waren aanmerkelijk beter. Zowel de waarde voor de ASI als die voor Δv en Δp lagen beneden de limietwaarden.

De verbeteringen die na de proef met het prototype zijn aangebracht, hebben er toe geleid dat het lichaam niet meer van de binnenbuis is afgebroken. Wel is bij de praatpaal met de dunne binnenbuis (P2) de kop op de lassen van het lichaam afgebroken. Dat dit bij deze proef wel gebeurde en bij P3 niet, kan gelegen zijn in het feit dat de dunnere binnenbuis gemakkelijk knikte. Hierdoor kreeg de kop van de praatpaal een dermate grote versnelling dat in verband met de massatraagheid van de kop deze van het lichaam afbrak. Het kan echter ook een exemplarische afwijking in de lassen geweest zijn. Op basis van het geringe aantal proeven kan geen nadere uitspraak gedaan worden.

In geen van de gevallen is breuk van de voorruit geconstateerd. Ook is het passagierscompartiment niet door de vallende praatpaal of delen er-

van verkleind. Met een betere bevestiging van het borstluik aan het lichaam zal voorkomen worden dat dit losschiet en breuk van de voorruit kan veroorzaken.

Doordat bij P3 de lassen en de bevestigingen het beste gehouden hebben, zijn bij deze proef de brokstukken het minst ver verspreid. Bij deze proef zijn de praatpaal of delen ervan niet op de rijbaan terecht gekomen, evenmin als bij proef P2. Door het losraken van de kop zijn bij proef P2 de diverse onderdelen wel over een grotere lengte verspreid dan bij P3.

5.5. Conclusie

Ondanks het geringe aantal proeven kan toch geconcludeerd worden dat het zeer aannemelijk is dat de praatpaal met de dunne binnenbuis veel minder agressief is ten opzichte van personenauto's dan die met een dikke binnenbuis.

TABELLEN EN AFBEELDINGEN

Tabel 1. Vergelijking van de uitkomsten van de proeven aan de hand van de testcriteria.

Tabel 2. Chronologisch overzicht van het verloop van de botsproeven (tijden in ms).

Tabel 3. Overzicht van alle schade aan de proefvoertuigen t.g.v. de botsproeven.

Afbeelding 1. Vertragingcurven praatpaal P1.

Afbeelding 2. Vertragingcurven praatpaal P2.

Afbeelding 3. Vertragingcurven praatpaal P3.

Afbeelding 4. Situatie proefterrein.

Afbeelding 5. Praatpalen P1 en P3.

Afbeelding 6. Praatpaal P2.

Afbeelding 7. Botsproef met praatpaal P1.

Afbeelding 8. Botsproef met praatpaal P3.

Afbeelding 9. Botsproef met praatpaal P2.

Proef	Afmeting binnenbuis	Inrij- snelheid km/h	Uitrij- snelheid km/h	Weerstand t.g.v. botsing				Voortuig vermield/ Indeuking dak	Ligging paal en delen ervan na de botsing
				Voertuig- vertraging ASI ¹⁾	Snelheids- verschil Δv km/h	Impuls- verschil Δp Ns	Voortuig- vertraging ASI ¹⁾		
Limietwaarde				1	18	4900			
P1	Ø 152,4 x 144	82	58	1,3	24	6000	nee/nee	gedeeltelijk op rijbaan ²⁾	
P2	Ø 76 x 66	81	69	0,7	12	3000	nee/nee	in berm	
P3	Ø 159 x 153	85	64	1,2	21	5250	nee/nee	in berm	

1) geen dwarsvertragingen gemeten

2) alleen diverse lichtere delen zijn over de denkbeeldige kantstreep van de rijbaan terecht gekomen

Tabel 1. Vergelijking van de uitkomsten van de proeven aan de hand van de testcriteria.

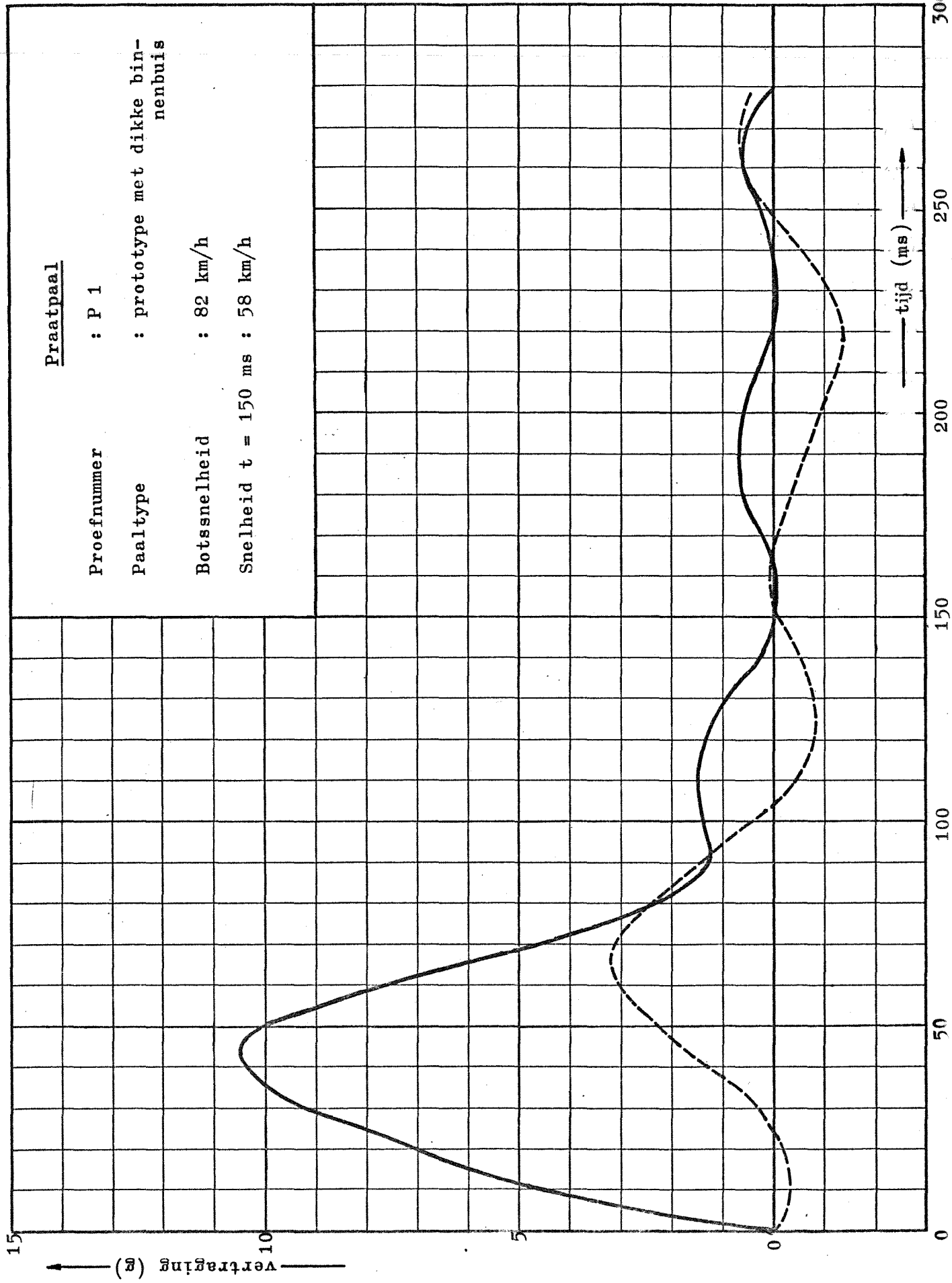
Proefnummers	P1	P2	P3
Afmetingen binnenbuis mm x mm	Ø 152,4 x 144	Ø 76 x 66	Ø 159 x 153
Botsing	ms	ms	ms
Beweging in paal na	0	0	0
Begin breken kop van paal en splijten (P1) na	5	5	5
Loslaten embleemplaats (P1) c.q. luik (P2 en P3) na	5	10	-
Kop geheel los van lichaam na	13	5	10
Deel van kop op moterkap na	60	40	-
Embleemplaats (P1) of luik (P2) tegen voorruit na	90	-	-
Buis met lichaam geheel omver na	90	180	-
Lichaam geheel van binnenbuis afgestroopt na	140	100	150
Achteras over bovineinde buis, auto wordt aan achterzijde omhooggedrukt, ondereind lichaam tegen vooras na	150	-	-
Achterzijde auto vrij van bovineinde buis, bovineinde lichaam boort zich in de grond, auto wordt aan de voorzijde omhooggedrukt na	310	-	-
Achterbumper wordt op de grond gedrukt na	370	-	-
Maximale stand t.o.v. grond (ca. 40°) na	540	-	-
Auto geheel vrij van paal na	590	-	-
	x	400	740

x niet uit de film af te lezen

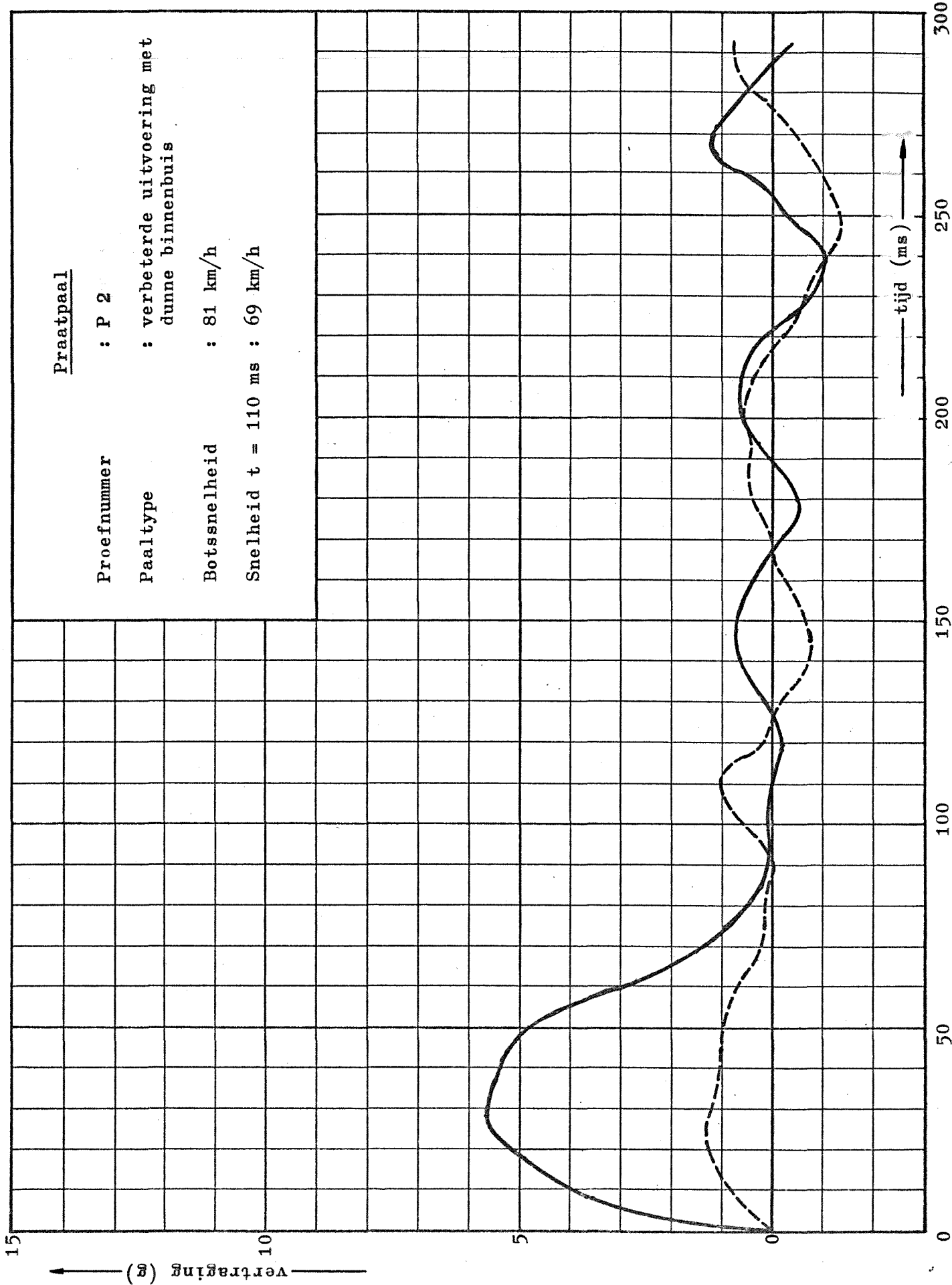
Tabel 2. Chronologisch overzicht van het verloop van de botsproeven (rijden in ms)

Nummer proef	Praatpaal diameter binnenbuis in mm	bumper en grille	radiator naar achter	motorkap vervormd	spatborden vervormd	chassis ontzet aan de voorzijde	voorruit gebroken	achterruit gebroken	deuk in dak aan de voorzijde	proefvoertuig t.g.v. aanrijding gekanteld	plaatwerk carrosserie t.g.v. het kantelen ingedrukt links	dwardsbalk wielophan- ging beschadigd	auto niet bestuurbaar	deformatie auto inkorting in cm	motor naar achteren in cm ca.
P1	Ø 152,4 x 144	x	x	x	x	x				x	x	x	x	52	11
P2	Ø 76 x 66	x	x	x	x	x								32	
P3	Ø 159 x 153	x	x	x	x	x								35	

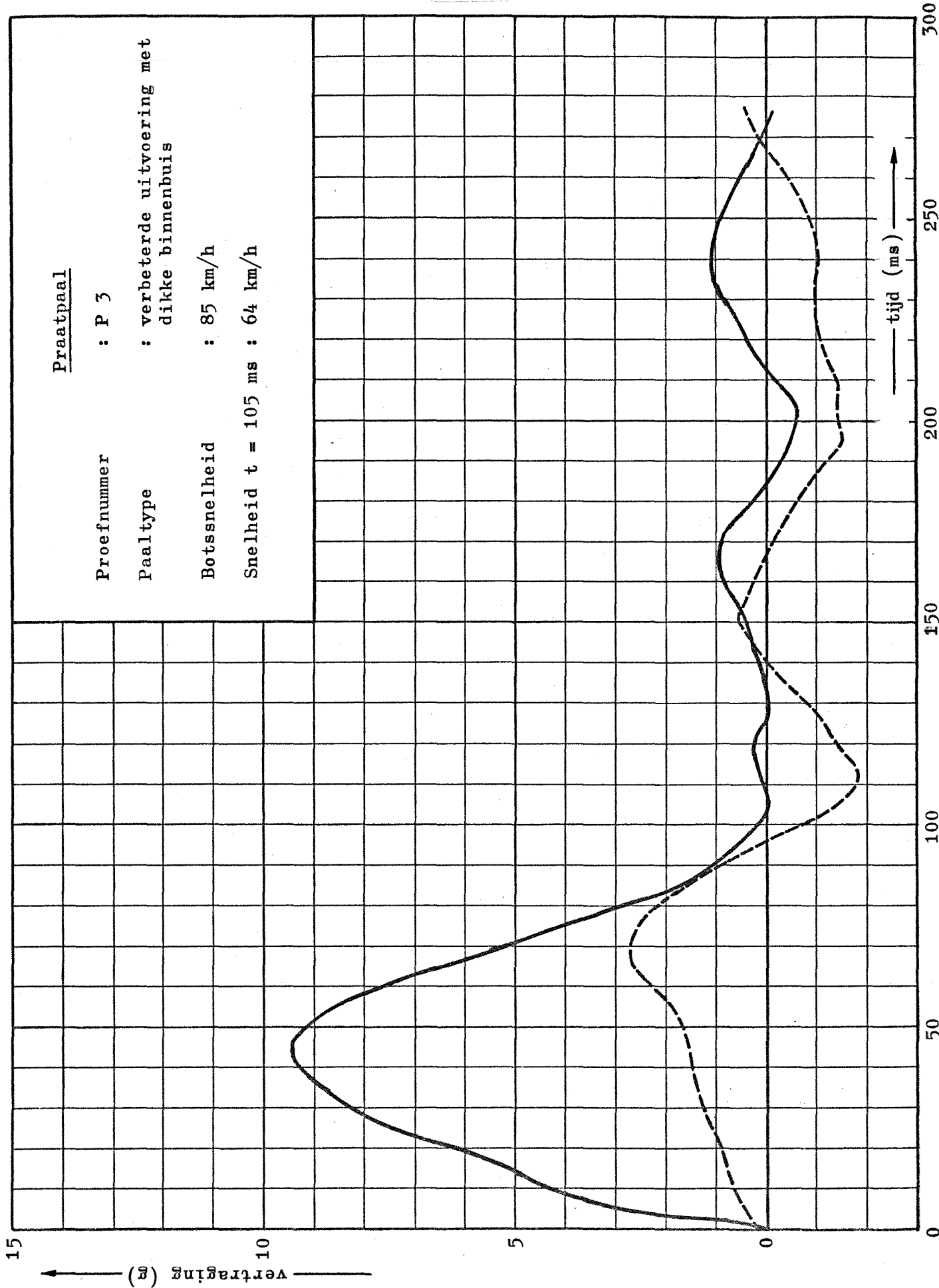
Tabel 3. Overzicht van alle schade aan de proefvoertuigen t.g.v. de botsproeven



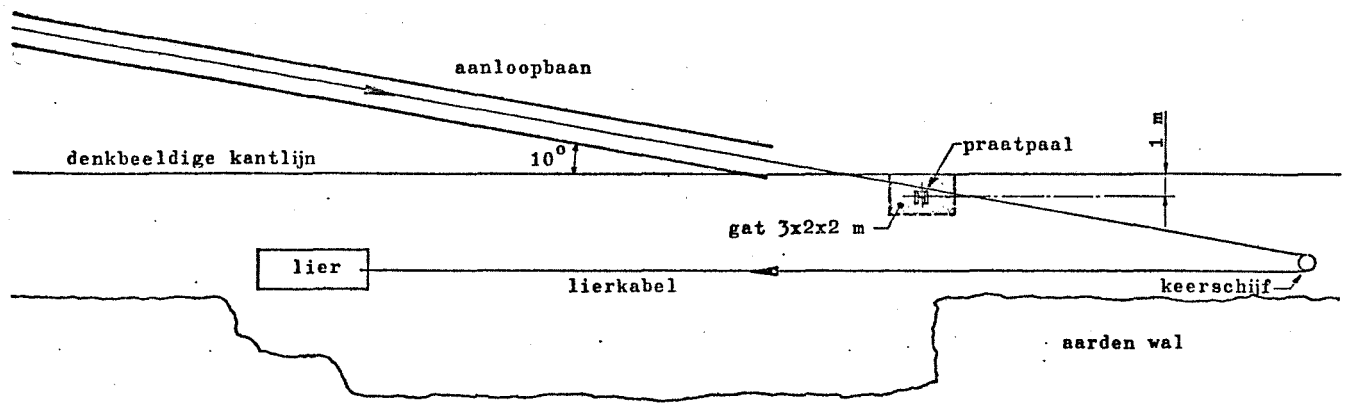
Afbeelding 1. Vertragingcurven praatpaal P1.



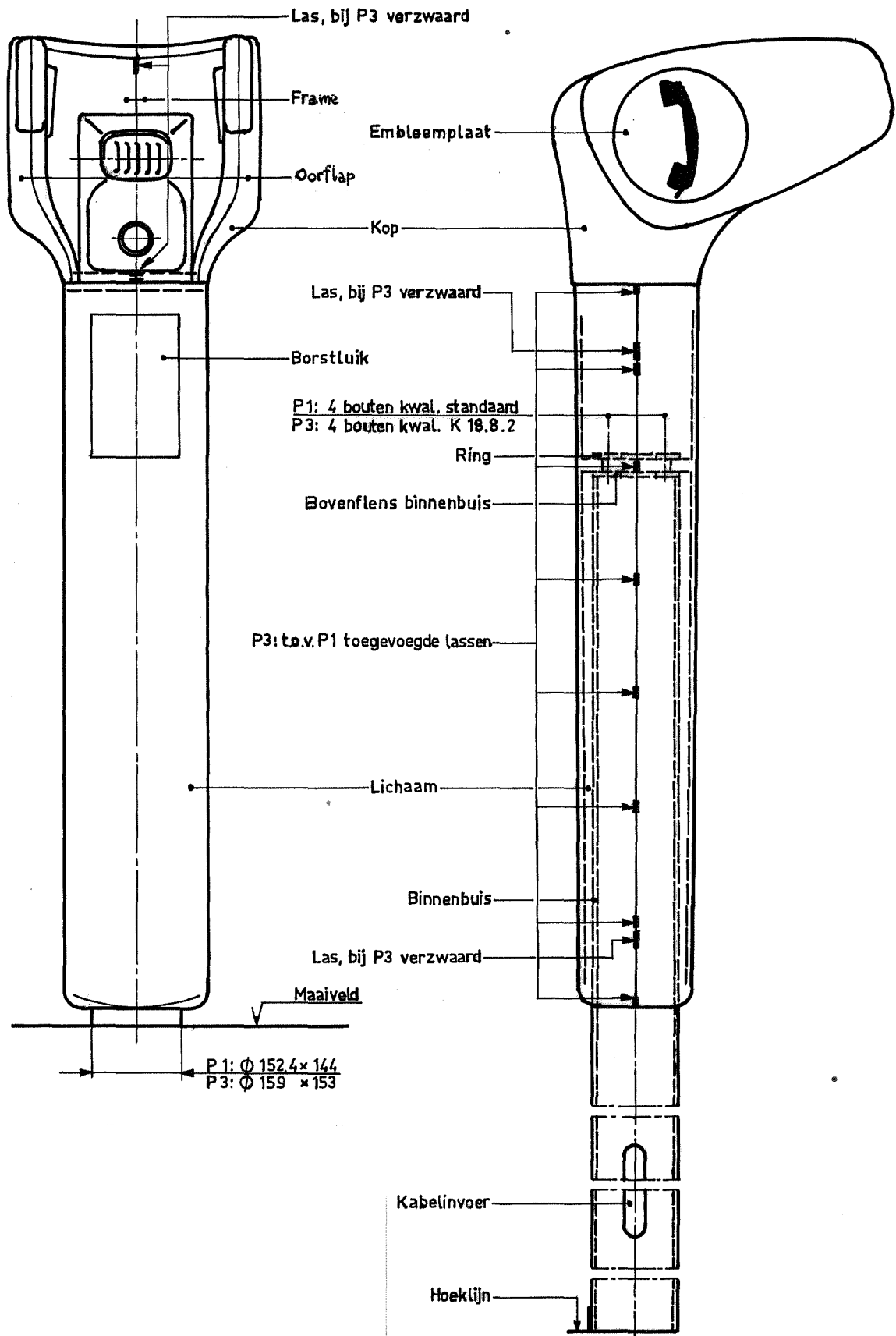
Afbeelding 2. Verzettingscurven praatpaal P2.



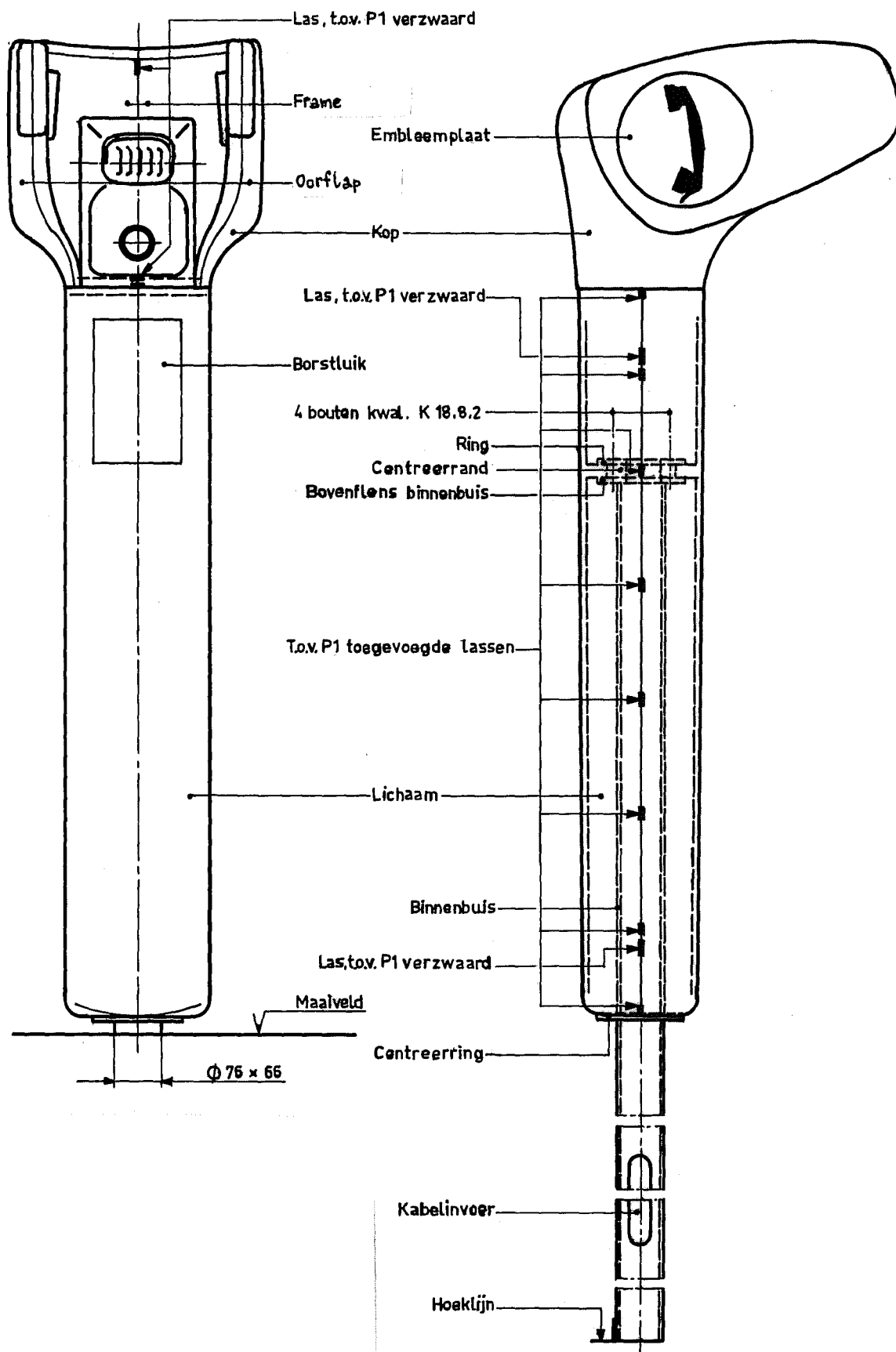
Afbeelding 3. Vertragingcurven praatpaal P3.



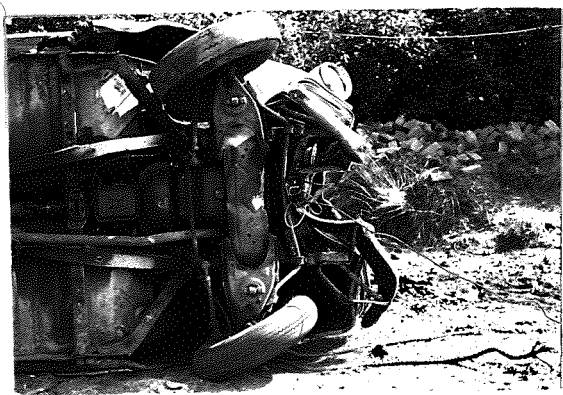
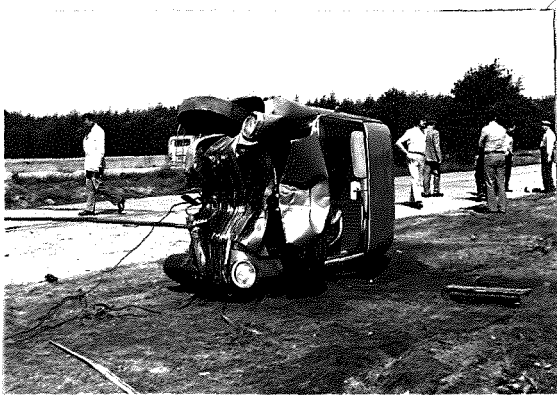
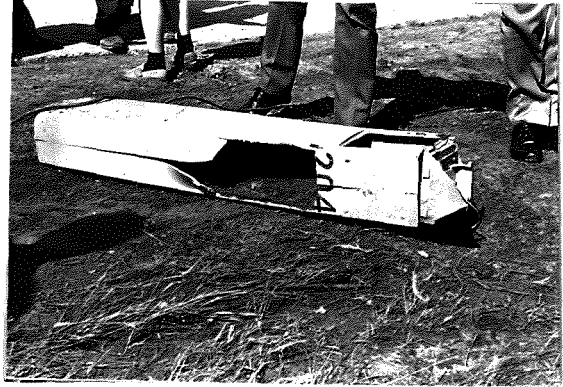
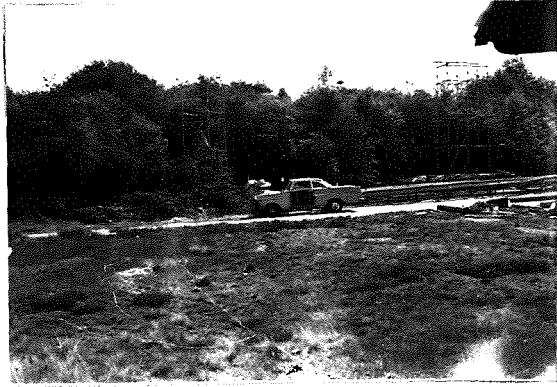
Afbeelding 4. Situatie proefterrein.



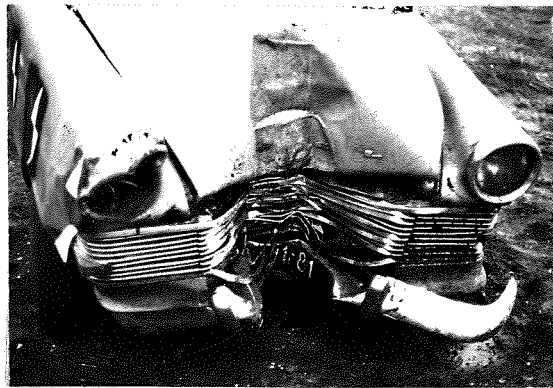
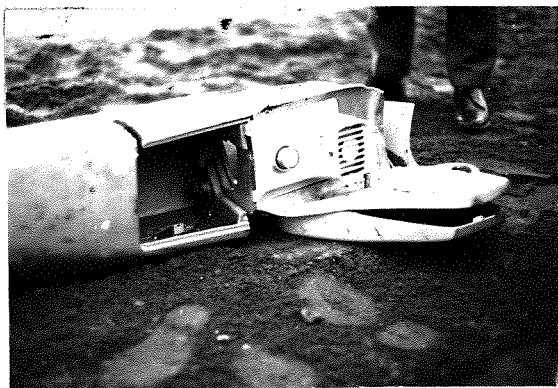
Afbeelding 5. Praatpalen P1 en P3.



Afbeelding 6. Praatpaal P2.



Afbeelding 7. Botsproef met praatpaal P1.



Afbeelding 8. Botsproef met praatpaal P3.



afbeelding 9. botsproef met praatpaal P2.

Afbeelding 9. Botsproef met praatpaal P2.

LITERATUUR

Edwards, T.C. The design and performance of safer luminaire supports. In: Highway Safety; Proceedings of the Second Western Summer Meeting, 1969. HRB Special Report 107. Highway Research Board, 1970.

Patrick, L.M. Knee, chest and head impact loads. Proceedings 11th Stapp. Car Crash Conference, Anaheim, California, 1967.

Ross, H.E. & Post, E.R. Criteria for guardrail need and location on embankments. Volume I: Development of criteria. Texas Transportation Institute, 1971.

Ross, H.E. & Post, E.R. Tentative criteria for the design of safe sloping culvert grates. Texas Transportation Institute, 1972.

Rowan, N.J. & Edwards, T.C. Impact behaviour of luminaire supports. In: Highway Research Record 222. Highway Research Board, 1969.

Slechter, A. The United States 4000 lb. experimental safety vehicle-performance specification. In: Report on the First International Technical Conference on Experimental Safety Vehicles 1971, pp. 24-45. National Highway Traffic Safety Administration, Department of Transportation, 1971.

SWOV (C.C. Schoon). 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. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1973.

VERWANTE SWOV-PUBLIKATIES

Obstakels in wegbermen

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

Blokpoel, A. Botsingen tegen obstakels; Een analyse van beschikbare verkeersongevallencijfers. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1971.

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

Flury, F.C. & Kampen, L.T.B. van. Obstakelongevallen; Beschouwingen van onderzoek. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1971.

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

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

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

SWOV (C.C. Schoon). 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. 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). 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. (Herziene versie.) SWOV-rapport. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1976.

Schoon, C.C. 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.

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

SWOV (C.C. Schoon). 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 van botsingen van vaste voorwerpen die voorkomen in zones langs de rijbaan. Publikatie 1977-1N. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1977.

SWOV (F.C. Flury). Lichtmasten en openbare verlichting: Kosten in relatie tot verkeersveiligheid; Een beslissingsmodel. SWOV-rapport. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1977.

SWOV (C.C. Schoon, D.J.R. Jordaan & W.H.M. van de Pol). Praatpalen; Een nadere beschouwing van een aantal oriënterende botsproeven die in opdracht van de Rijkswaterstaatswerkgroep "Bermbeveiligingen" in 1971 zijn gehouden op "De Vlasakkers" te Amersfoort. (Herziene versie.) SWOV-rapport. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1977.

SWOV (C.C. Schoon, D.J.R. Jordaan & W.H.M. van de Pol). Obstakelbeveiligers; Een nadere beschrijving van een aantal oriënterende botsproeven met personenauto's die in opdracht van de Rijkswaterstaatswerkgroep "Bermbeveiligingen", in 1971/1972 zijn gehouden op "De Vlasakkers" te Amersfoort. (Herziene versie.) SWOV-rapport. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1977.

Bermbeveiligingen

Ek, J.C.P. van. Metingen en registratie van voertuigen bij beproeving van middenbermbeveiligingsconstructies. Intern memorandum. SWOV, 1964.

Asmussen, E. & Flury, F.C. Middenbermbeveiliging. Wegen 39 (1965) (okt.) 599: 250 t/m 260.

SWOV (F.C. Flury). Discontinuïteiten in beveiligingsconstructies voor bermen en kunstwerken. Rapport 67-2. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1967.

Thoënes, E. & Slop, M. SWOV-onderzoek leidde tot flexibele en snel te repareren geleiderailconstructies. Wegen 43 (1969) okt. 647: 296 t/m 304.

SWOV (M. Slop). Bermbeveiliging; Een beschrijving van de ontwikkelde geleiderailconstructies. Rapport 1970-1. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1970.

Asmussen, E. Bermbeveiliging(sconstructies). Verkeerstechniek 21 (1970) 6: 301 t/m 305.

Asmussen, E. Bermbeveiligingsconstructies. In: Verkeerstechnische leer-gang ANWB, 1970, blz. 12 t/m 18. Koninklijke Nederlandsche Toeristenbond ANWB, 1970.

Beukers, B. & Asmussen, E. Roadside safety structures; Research and Applications. Report Question IV: The road in relation to traffic requirements. XIVth World Congress, Prague, 1971. Association Internationale Permanente des Congrès de la Route, Paris, 1972.

Paar, H.G. Crash-barrier research and application in the Netherlands. In: Traffic safety barriers and lighting supports. Highway Research Record No. 460, pp. 40-48. Highway Research Board, 1973.

Flury, F.C. & Paar, H.G. Crash barrier research in the Netherlands. Accid. Anal. & Prev. 5 (1973) 3 (September): 215-222.