

OBSTAKELONGEVALLen

Beschouwingen van onderzoek

R-71-1

Ir. F.C. Flury en Ir. L.T.B. van Kampen

Voorburg, juli 1971

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

INHOUD

1. De kans op een botsing met een obstakel in de wegberm
2. Afscherming van obstakels met bermbeveiligingsconstructies.
Toepassingsmogelijkheden; Criteria voor toepassing van bermbeveiligingsconstructies
3. Obstakels, bermrails en verkeersongevallen
4. Effecten van de aanwezigheid van bomen op het rijgedrag.
Positieve effecten; Negatieve effecten

Literatuur

1. DE KANS OP EEN BOTSING MET EEN OBSTAKEL IN DE WEGBERM

De kans welke een bestuurder/voertuig-combinatie heeft om tegen een obstakel in de wegberm te botsen is te zien als een combinatie van twee deeltkansen:

1. De kans om van de weg te raken.
2. De kans om, eenmaal van de weg, tegen een obstakel te botsen.

Hoewel het voor de hand ligt onderzoek te doen naar de factoren die de kans om van de weg te raken beïnvloeden, blijkt het praktisch onmogelijk aan de hand van de resultaten van dergelijk onderzoek eenduidige uitspraken te doen.

De kans dat een voertuig van de weg raakt, zal ondanks vele preventieve maatregelen aanwezig blijven, zeker op korte termijn en zal daarom verder als gegeven worden beschouwd, ongeacht haar grootte.

Deze overweging heeft er mede toe geleid dat bij de SWOV grote aandacht aan zogenaamde crash-onderzoeken wordt besteed, waarbij op grond van de resultaten op vrij korte termijn maatregelen kunnen worden getroffen die de constructie van voertuigen en ook wel obstakels betreffen, en waardoor bij botsingen zo weinig mogelijk kans op letsel voor de inzittenden optreedt.

Een bekend voorbeeld van een dergelijk onderzoek betreft het in het buitenland gestarte onderzoek naar de werking van stuurkolommen bij botsingen, waaruit nu reeds verschillende typen veiligheidsstuurkolommen zijn geresulteerd.

De kans om een obstakel te raken, nadat een voertuig eenmaal van de weg is geraakt, is uiteraard afhankelijk van de aanwezigheid van obstakels, van de afmetingen en tussenafstanden, maar vooral van de laterale afstand tot de rijbaanrand. Hiernaast spelen natuurlijk de gegevens van het uit de koers geraakte voertuig een rol, met name de inrijhoek en de snelheidscomponenten, terwijl tenslotte ook de vorm en de soort van de berm invloed op de kans van treffen hebben.

De op dit moment bij de SWOV aanwezige kennis omtrent de minimaal vereiste afstand van obstakels (waaronder bomen) tot de rand van de rijbaan is vooralsnog voornamelijk gebaseerd op verschillende Amerikaanse onderzoeken, welke tussen 1960 en 1967 werden uitgevoerd.

Hierbij zijn twee hoofdsoorten te onderscheiden:

1. Onderzoek waarbij op een proefterrein auto's met getrainde bestuurders na een verstoring in een geheel obstakelvrije zijberm terecht kwamen. Hierbij werd hun maximale laterale uitwijking vastgelegd (Stonex (1), (2)).
2. Onderzoek waarbij op grond van een studie van ongevallen waarbij auto's tegen vaste obstakels waren gebotst, de maximale laterale uitwijking werd vastgelegd (Cornell zie (1), Hutchinson zie (1) en (3) en Huelke (4)).

De resultaten van beide soorten onderzoek zijn gepresenteerd in de vorm van een grafiek.

Op de horizontale as is de laterale afstand van het obstakel tot de rijbaanrand uitgezet, langs de verticale as is het percentage voertuigen uitgezet dat na de uitwijking of na de botsing binnen de bijbehorende laterale afstand bleef.

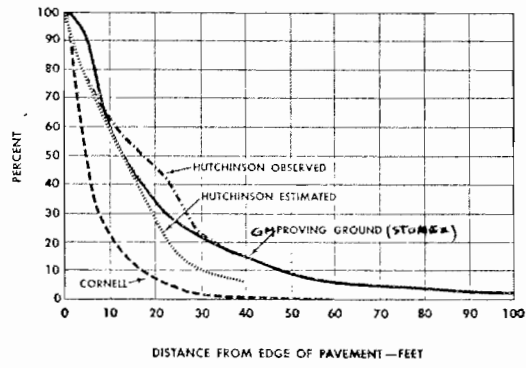
Enkele markante punten uit deze grafiek zijn als volgt weer te geven: Opmerkelijk is dat de resultaten op het proefterrein goed overeenkomen met die van Hutchinson in de praktijk.

Op het proefterrein en bij Hutchinson kwam 50% van het aantal voertuigen niet verder dan 4 meter; 80% bleef binnen 10 meter; 90% bleef binnen 15 meter.

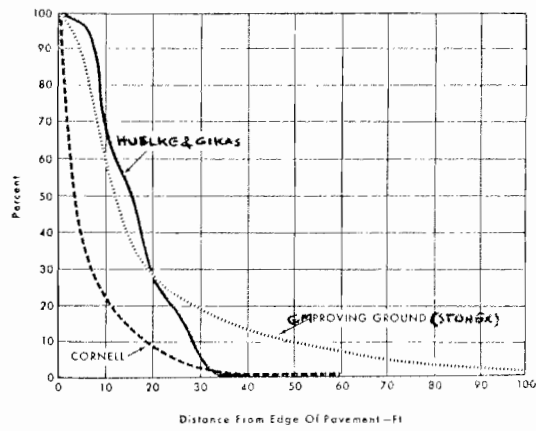
Bij Cornell kwamen lagere waarden voor de overeenkomstige percentages uit de bus; bij Huelke geldt dit alleen voor de hogere percentages. Bij de resultaten van de ongevallenanalyses kan nog worden aangetekend dat de laterale afstanden hoofdzakelijk bepaald werden door de laterale positie van de aanwezige obstakels, zodat bij verandering van plaats van de obstakels de resultaten beïnvloed worden.

Concluderd kan worden gesteld:

- a. het lijkt waarschijnlijk dat een obstakelvrije zone van 10 meter veiligheid betekent voor tenminste 80% van het aantal voertuigen dat van de weg afraakt;
- b. een obstakelvrije zone van 15 meter betekent veiligheid voor tenminste 90% van het aantal voertuigen.



1. Vergelijking ongevallencurven Cornell, G.M. Proving Ground en Hutchinson



2. Vergelijking ongevallencurven Cornell, G.M. Proving Ground en Huelke & Gikas

Gezien de relatief ernstige afloop van botsingen met vaste obstakels, waarvan in Nederland de bomen verreweg het belangrijkste botsingsobject vormen, kan nog worden opgemerkt dat de 10% der voertuigen die bij een obstakelvrije zone van 15 meter verder dan deze 15 meter terecht komen, nog altijd een te groot risico inhouden. Een alternatief waarbij de kans een boom te raken tot vrijwel 0% is gereduceerd, vormt de toepassing van een bermbeveiligingsconstructie.

2. AFSCHERMING VAN OBSTAKELS MET BERMBEVEILIGINGSCONSTRUCTIES

Wanneer een voertuig van de weg afraakt, behoeft dat niet altijd te leiden tot een ongeval, waarbij schade of letsel ontstaat. Het risico van een dergelijk voorval hangt voornamelijk af van de aard van het terrein waar het voertuig terecht komt, na het verlaten van de rijbaan. Indien het voertuig na het passeren van de wegrand terecht komt in een voldoende uitgestrekte vluchtzone - een gebied met een voldoende vlakke en harde bovenlaag, dat vrij is van obstakels en waar zich geen mensen bevinden -, dan krijgt de bestuurder de gelegenheid het voertuig tijdig tot stilstand te brengen of de koersafwijking te corrigeren.

Het uit de koers geraakte voertuig kan echter ook terechtkomen in een gevarezone, dat wil zeggen een terrein dat niet of moeilijk bereikbaar is ten gevolge van oneffenheden en obstakels, of waar zich personen bevinden voor wie het voertuig een bedreiging vormt. Het binnenrijden in een gevarezone behoeft niet steeds een noodlottige afloop te hebben. In veel gevarezones heeft het voertuig statistisch een kans om obstakels of personen te ontwijken, of te missen. Ook is er dan een kans om ongehinderd over oneffenheden heen te komen.

In principe zou aan elke gevarezone een risicofactor toegekend moeten worden, die aangeeft hoeveel procent van de ter plaatse ontsporende voertuigen in een ernstig ongeval betrokken raakt. Deze risicofactor zou als maatstaf gebruikt kunnen worden bij het nemen van veiligheidsmaatregelen.

Een betrouwbare kwantitatieve bepaling van een dergelijke risicofactor is over het algemeen echter niet mogelijk. Wel is het mogelijk, bepaalde typen gevarezones, die een zeer hoge risicofactor hebben, te onderscheiden. Voorbeelden daarvan zijn:

- Rijbanen voor het tegemoetkomende verkeer, in het bijzonder bij wegen met een hoge verkeersintensiteit.
- Steile taluds bij op- en afritten van bruggen en viaducten.
- Waterwegen, spoorwegen en kruisende verkeerswegen, daar waar deze gedeeltelijk onder of langs bruggen en viaducten zijn gelegen.

- Gebieden waarin zich obstakels bevinden, die bij een aanrijding grote krachten kunnen opnemen alvorens te bezwijken.

Er zijn echter ook gevarenzones die slechts een geringe risicofactor hebben, zoals terreinen met betrekkelijk kleine oneffenheden, waar een voertuig bij matige snelheid onder controle gehouden kan worden, en terreinen waar zich slechts weinig of uitsluitend lichte obstakels bevinden. Er is geen scherpe scheiding te trekken tussen dergelijke gevarenzones en een vluchtzone.

De veiligste oplossing is in vele gevallen slechting van de gevarenzone door het verwijderen van obstakels en egalisatie van het terrein. Indien tegen deze oplossing ernstige bezwaren bestaan, is bij gevarenzones met een hoge risicofactor een van de meest geëigende methoden ter beperking van het risico, het aanbrengen van een beveiligingsconstructie tussen de weg en de gevarenzone, ten einde te verhinderen dat uit de koers geraakte voertuigen de gevarenzone binnendringen. Aangezien ook botsingen met beveiligingsconstructies niet vrij van gevaar zijn, is deze methode slechts gerechtvaardigd indien de risicofactor voor botsingen met de beveiligingsconstructie kleiner is dan de risicofactor bij inrijden van de gevarenzone.

Toepassingsmogelijkheden

Indien toepassing van bermbeveiligingsconstructies wordt overwogen ter bestrijding van het risico van botsingen met obstakels, dan is de primaire vraag aan welke voorwaarden voldaan moet zijn voor het hantieren van deze maatregel.

Ten dele wordt deze beantwoord in de voorlopige uitgave van de ontwerprichtlijnen 'Bermbeveiligingen in aarden banen' (5).

Voor de constructies die in deze ontwerprichtlijnen worden behandeld, geldt dat de afstand tussen de kantstreep en het obstakel tenminste 1.40 m moet bedragen. Voorts wordt opgemerkt (Tek.nr. 70.288) dat indien de beschikbare ruimte minder bedraagt dan 1.40 m eventueel een starre of bijna starre constructie gebruikt kan worden.

De richtlijnen verstrekken geen gegevens over dergelijke constructies.

Deze zijn in het buitenland vrij uitvoering onderzocht, o.a. door Amerikaanse, Italiaanse en Franse onderzoekers. Vooral over de betonconstructie van General Motors zijn vrij veel gegevens gepubliceerd.

Criteria voor toepassing van bermbeveiligingsconstructies

Indien in een bepaald geval blijkt dat de ruimte voor toepassing van bermbeveiligingsconstructies aanwezig is, dan komt de vraag aan de orde of deze maatregel verkieselijk is boven andere alternatieven of handhaving van de bestaande situatie.

De beantwoording van deze vraag vereist het vaststellen van een criterium op grond waarvan aan alternatieven een waardecijfer toegekend kan worden. Een dergelijk criterium bestaat niet.

Indien het gaat om maatregelen ter bevordering van de verkeersveiligheid, is het duidelijk dat een aan het beschouwde probleem aangepaste maat voor de verkeersveiligheid of de verkeersrisico's in zo'n criterium moet voorkomen. In het geval van bermbeveiliging zou de risicofactor van de gevarenzone de meest geschikte grootte zijn. Deze risicofactor kan echter over het algemeen niet kwantitatief bepaald worden omdat de daarvoor benodigde gegevens nooit verzameld zijn.

Indien de verschillen tussen risicofactoren voor alternatieve bermcondities groot zijn, is het in bepaalde gevallen mogelijk uit wel beschikbare algemene ongevalgegevens de rangorde van risicofactoren te bepalen. Een poging daartoe is gedaan in het volgende hoofdstuk. De risicofactor van niet-beveiligde bermen blijkt voor het Interstate Highway System gemiddeld tenminste 65% hoger, en is vermoelijk zelfs ruim driemaal zo hoog als de risicofactor voor beveiligde bermen. Deze risicofactoren betreffen uitsluitend botsingen met vaste voorwerpen. Er is geen rekening gehouden met botsingen tegen obstakels, gevolgd (of voorafgegaan) door botsingen met andere weggebruikers. Ook deze kunnen verschillen voor wegen met en wegen zonder beveiligde bermen. Het Interstate Highway System bestaat overwegend uit autosnelwegen. In hoeverre de conclusies met betrekking tot risicofactoren ook voor andere wegtypen gelden is slechts op grond van overeenkomstige gegevens voor die wegtypen op soortgelijke wijze na te gaan.

3. OBSTAKELS, BERMRAILS EN VERKEERSONGEVALLEN

Uit het artikel Verkeersongevallen en obstakels, gepubliceerd in Verkeerstechniek (6) blijkt dat het interpreteren van statistische gegevens vaak een riskante zaak is.

In het betreffende artikel worden conclusies van Amerikaans onderzoek naar Nederland overgebracht zonder dat de geldigheid daarvan voor Nederlandse omstandigheden is geverifieerd. Met name wordt gesuggereerd dat bermbeveiligingsconstructies vaak ten onrechte worden aangebracht, op onjuiste wijze worden toegepast of constructieve tekortkomingen vertonen.

Ongetwijfeld, wie op zoek gaat spoort nog wel een aantal "vergissingen" uit het verleden op, die nog niet gecorrigeerd zijn. Mogelijk worden nog wel nieuwe vergissingen begaan.

Niet alle wegbeheerders zullen de ANWB-leergang 1970 hebben bijgewoond of kennis hebben genomen van de SWOV-rapporten "Bermbeveiliging" (7) en "Discontinuïteiten in beveiligingsconstructies voor berm en kunstwerken" (8).

In zijn algemeenheid geldt dat de daarin aanbevolen bermbeveiligingsconstructie superieur is ten opzichte van die in het buitenland en in het bijzonder in de Verenigde Staten, waar de Engelse versie van het rapport "Bermbeveiliging" dan ook zeer gunstig is ontvangen.

De suggesties die Hosea & McDonald (9) doen ter verbetering van de in Amerika gebruikelijke constructies zijn in Nederland reeds uitvoerig onderzocht en in constructieve richtlijnen verwerkt. Terwijl in de USA nog veel constructies met een enkele rail in middenbermen geplaatst worden, kan men hier reeds op een aantal plaatsen in de zijbermen tweezijdig uitgebouwde constructies zien verschijnen.

Hoewel verzonken eindstukken hier standaard zijn, zal men ook in dit opzicht in sommige gewesten nog wel enig antiek kunnen ontdekken.

Ook de door Hosea & McDonald vermelde ongevallenpatronen duiden erop dat de Amerikaanse constructies niet voldoen aan de voor Nederland geformuleerde functionele eisen (7).

Overschrijding van de constructie is in strijd met de eerste functionele eis.

Terugkaatsing van het voertuig is in strijd met de derde functionele eis, die tijdens de botsing een zodanige mechanische werking van de constructie verlangt, dat het voertuig langs de constructie geleid wordt. Ook indien het voertuig over de kop gaat als direct gevolg van de aanrijding met de constructie is kennelijk niet aan deze eis voldaan.

Is door de bovengegeven argumenten de geldigheid van de Amerikaanse conclusies voor Nederland voldoende twijfelachtig geworden, men kan zelfs stellen dat het cijfermateriaal dat door Hosea & McDonald wordt gegeven, geen conclusie toelaat ten aanzien van het nut van de in Amerika toegepaste constructies en dat men met enkele additionele gegevens gemakkelijk tot tegenstelde resultaten kan komen.

Het is waar dat een aanrijding met een bermbeveiligingsconstructie niet vrij is van risico en dat dit feit door een aantal fatale aflopen onderstreept wordt.

Het essentiële bij elk eenzijdig ongeval is echter dat het een ongevalsrijp voertuig overkomt.

Een voertuig dat door een samenloop van omstandigheden uit de koers raakt, ontspoord en van de weg af raakt wordt met een bepaald risico geconfronteerd, dat vooral sterk bepaald wordt door de ter plaatse aanwezige obstakels.

Uit het aantal malen dat een dergelijk risico een fatale afloop oplevert kan echter niets geconcludeerd worden over de relatieve omvang van het risico. Daarover heeft men ook het totale aantal confrontaties met soortgelijke risico's nodig.

Om te kunnen vaststellen of een beveiligingsconstructie risico verminderend werkt dient men ongevallenquotienten te bepalen voor vergelijkbare wegvakken met en zonder beveiligingsconstructies.

Indien in het onderzoekjaar 1968 alle wegen van het Interstate Highway System in midden- en zijbermen voorzien waren geweest van bermbeveiligingsconstructies die tenminste aan de eis van ondoordring-

baarheid voldeden en alle obstakels van andere typen afschermden, dan zouden de obstakelcategorieën 2 t/m 12 (6) geen eenzijdige ongevallen meer opleveren en evenmin als tweede obstakel voorkomen. De bermbeveiligingsconstructies zouden in 100% van de eenzijdige ongevallen botsingsobjecten zijn.

De meest relevante vraag is of het totale aantal eenzijdige ongevallen groter, gelijk of kleiner zou zijn dan in de huidige situatie. De beste benadering van het onderzoek naar deze vraag is een voor- en na-studie en/of een simultaan onderzoek van onderzoek- en controlegroepen. Uit Boyd et al. (10) kan worden afgeleid dat het overgrote deel van de Interstate Highway voertuigkilometers wordt afgelegd langs wegen met middenbermbeveiliging en een gedeelte langs wegvakken met bovendien zijbermbeveiliging. Onder de aanname dat middenbermontsporingen en zijbermontsporingen even waarschijnlijk zijn, beschikt men nu met de gegevens van Hosea & McDonald over gelijkwaardige onderzoek- en controlegroepen. De onderzoekgroep omvat alle ongevallen met een primaire aanrijding tegen een bermbeveiligingsconstructie.

De meest pessimistische veronderstelling is dat volledige afscherming van alle obstakels geen reductie van het aantal fatale ongevallen bij secundaire botsingen zou opleveren.

Een verdubbeling van de beveiligde berm lengte zou dan in een verdubbeling van het aantal fatale aanrijdingen met bermbeveiligingsconstructies resulteren, terwijl de andere categorieën eenzijdige ongevallen zouden verdwijnen. Men zou bij volledige bermbeveiliging 728 eenzijdige ongevallen overhouden, met andere woorden een reductie met circa 40%.

Aannemelijk is dat volledige bermbeveiliging een nog veel sterkere reductie van het aantal eenzijdige ongevallen zou opleveren. Het feit dat bijna 60% van de primaire botsingen tegen bermbeveiligingsconstructies, althans bij de fatale aflopen, door een tweede botsing werd gevolgd, wordt als argument tegen de constructie gebruikt.

De kans op een tweede botsing neemt echter toe met de afstand die men na de eerste botsing nog aflegt, en deze is kleiner naarmate de vertragingen, dus de risico's bij de eerste botsing, groter zijn.

De functionele eisen, die in Nederland ten aanzien van bermbeveiligingsconstructies gesteld worden (7) luiden, kort samengevat, dat de werking van deze constructie zodanig moet zijn;

- dat het ontspoorde voertuig wordt tegengehouden,
- dat de koersafwijking soepel wordt gecorrigeerd,
- dat het voertuig vervolgens langs de constructie wordt geleid en
- dat de constructie na de botsing nog kan functioneren.

Op constructies die aan deze eisen voldoen is de naam vangrail niet van toepassing. Deze term is dan ook door de SWOV systematisch vermeden, al is begrijpelijk dat de tweelettergrepige term "vangrail" door de spraakmakende gemeente verkozen wordt boven "bermbeveiligingsconstructie".

Bermrail is wellicht een aanvaardbaar alternatief.

Bij constructies die aan de eerste en tweede functionele eis voldoen is de kans op een fatale afloop als direct gevolg van de botsing, zo gering, dat bij nagenoeg 100% van de primaire bermrail-botsingen met een uiteindelijke fatale afloop, zich een tweede botsing zal hebben voorgedaan, waarbij niet de eerste maar de tweede botsing het fatale aspect oplevert.

Bij constructies die bovendien aan de derde functionele eis voldoen zijn slechts secundaire botsingen mogelijk met obstakels waar de bermrail achter in plaats van voor-langs loopt, ofwel zeer lichte secundaire botsingen tegen de bermrail zelf (herhaaldelijk geconstateerd zowel bij proeven als langs de weg).

Bij Hosea (11) blijkt dat van 448 secundaire botsingen 60 (13,4%) een bermrail betroffen. Van de primaire bermrail-botsingen, die door een secundaire botsing werden gevolgd, was slechts 8,5% van de secundaire botsingen tegen een bermrail.

Dit geeft steun aan de aanname dat ook bij de in (9) gerapporteerde eenzijdige ongevallen met als primaire botsing een bermrailaanrijding, het fatale aspect grotendeels in de secundaire botsing heeft gelegen, en dat ca. 80% van de secundaire botsingen niet fataal zou zijn geweest indien alle andere obstakels door bermrails afgeschermd waren ge-

weest. Van alle primaire bermrailbotsingen zou dan nog slechts 50% fataal aflopen.

Met andere woorden: van volledige bermbeveiliging met de in Amerika gebruikelijke constructies mag een reductie van 70% op de fatale eenzijdige ongevallen worden verwacht.

Bij toepassing van bermrails die aan de Nederlandse eisen voldoen mag een nog gunstiger resultaat verwacht worden.

4. EFFECTEN VAN DE AANWEZIGHEID VAN BOMEN OP HET RIJGEDRAG

Naast het duidelijk kwantitatief meetbare effect van een confrontatie tussen een voertuig met inzittenden en bijvoorbeeld een boom in geval van een botsing, hebben bomen nog andere minder gemakkelijk kwantificeerbare effecten, waarbij de verkeersveiligheid in het geding is. Onderscheid kan worden gemaakt tussen positieve (verkeersveiligheid bevorderende) en negatieve effecten, waarvan hier een kwalitatieve opsomming van enkele belangrijke volgt:

Positieve effecten

1. Bomen als referentiekader bij de koersbepaling

2. Bomen als hulpmiddel bij het bepalen van de rijsnelheid

De vrije snelheidsvorming is voor een belangrijk deel gebaseerd op zogenaamde perifere waarnemingen. Voor zo accuraat mogelijke waarnemingen is voor de bestuurder van belang dat hij over een gedifferentieerd perifeer gezichtsveld beschikt, waarbij ondermeer aan bomen gedacht kan worden. Bij nacht zal de informatie echter uit andere bronnen verkregen moeten worden, waarbij met name gedacht kan worden witte, liefst goed bij dimlicht reflecterende objecten, die door deze eis niet te ver van de wegrand mogen staan.

3. Bomen als snelheidsregulator

Een met name in het buitenland onderkend en onderzocht effect van obstakels in het algemeen is het effect dat zij afhankelijk van hun positie t.o.v. de rijbaanrand op de snelheidsvorming ter plaatse hebben. Ook bij onderzoek van de SWOV zijn aanwijzingen gevonden dat bomenrijen en andere obstakels invloed op de snelheid uitoefenen. Dit effect dat over het algemeen een negatieve werking bezit, mede omdat het gepaard gaat met laterale koersafwijkingen, is bruikbaar om in bepaalde wegsituaties kunstmatig snelheidsbeperkingen in te bouwen.

4. Bomen als natuurschoon

Een nog minder gemakkelijk te bepalen doch wel bekend effect leveren bomen als onderdeel van het langs de weg aanwezige of geplaatste natuurschoon. Hierbij kan worden gedacht aan een zodanige werking dat de aandacht van de bestuurder voor het verkeer op de weg niet verslapt door verveling of vermoeidheid.

Bij bovengenoemde effecten blijkt dat bomen in geen enkel geval het enige middel vormen om die effecten te bereiken, terwijl voorts over het algemeen geen dwingende eisen aan de laterale positie t.o.v. de wegrand worden gesteld.

Negatieve effecten

1. Ongelijkmatige zijwindbelasting door open ruimtes tussen dicht en minder dicht bij de wegrand geplaatste groepen bomen.
2. Ongelijkmatige bevroering van weggedeelten door open ruimtes.
3. Vertraagde opdroging van natte weggedeelten, vooral bij eenbaans wegen.
4. Het risico van afwaaiende takken of complete bomen, welke onder invloed van ouderdom en weersgesteldheid plotseling op de rijbaan terecht kunnen komen.

Ook bij bovengenoemde negatieve effecten ten aanzien van de verkeersveiligheid zijn bomen niet de enige veroorzakers van deze effecten.

Samenvattend kan gesteld worden dat tegen de aanwezigheid van bomen uit het oogpunt van verkeersveiligheid geen enkel bezwaar hoeft te bestaan mits aan de plaats ervan, met name de laterale positie t.o.v. de wegrand zorgvuldig aandacht is geschonken.

LITERATUUR

- (1) Stonex, K.A. & Skeels, P.C. (1963). Development of crash research techniques at the General Motor Proving Ground. In: Highway Safety, Highway Research Record No. 4, blz. 32-49. Highway Research Board, Washington, D.C., 1963.
- (2) Stonex, K.A. (1963). Requirements of an obstacle-clear roadside. Presented before the Committee of Geometric Highway Design H.R.B., Jan. 1963.
- (3) Hutchinson, J.W. & Kennedy, T.W. (1967). Safety considerations in medium design. In: Geometric aspects of highways, Highway Research Record No. 162, blz. 1 t/m 29. Highway Research Board, Washington, D.C., 1967.
- (4) Huelke, D.F. & Gikas, P.W. (1967). Non-intersectional automobile fatalities - A problem in roadway design. In: Geometric design, barrier rails and sign supports, Highway Research Record No. 152, blz. 103 t/m 119. Highway Research Board, Washington, D.C., 1967.
- (5) Rijkswaterstaat (1970). Ontwerp-richtlijnen Bermbeveiligingen in aarden banen. Voorlopige uitgave, 30 augustus 1970.
- (6) "Verkeersongevallen en obstakels". Verkeerstechniek 21 (1970) 12: 706-707.
- (7) SWOV (M. Slop) (1970). Bermbeveiliging. SWOV-rapport 1970-1. SWOV, Voorburg, 1970.
- (8) SWOV (F.C. Flury) (1967). Discontinuïteiten in beveiligingsconstructies voor bermen en kunstwerken. SWOV-rapport 1967-2. SWOV, Voorburg, 1967.
- (9) Hosea, H.R. & McDonald, J.N. (1970). Fatal collisions with fixed objects on completed sections of the Interstate Highway System, 1968. Public Roads 36 (1970) 1: 24.

(10) Boyd, A.S., Bridwell, L.K. & Turner, F.C. (z.j.). Highway Statistics 1966. Bureau of Public Roads, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration.

(11) Hosea, H.R. (1969). Fatal accidents on completed sections of the Interstate Highway System, 1968. Public Roads 35 (1969) 10: 217-224.