

EFFICIËNTER VERKEERSVEILIGHEIDSONDERZOEK MET BOTSINGSSIMULATOR
IW-TNO

Artikel Verkeerskunde 30 (1979) 7: 323 t/m 325

R-79-14

Ir. E. Asmussen

Voorburg, mei 1979

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

VOORWOORD

Op 21 maart van dit jaar werd door het Instituut voor Wegtransportmiddelen TNO te Delft een 120 m lange testbaan voor botsproeven met personenauto's in gebruik genomen, de zgn. Grote Botsingssimulator. Op deze baan kunnen botsproeven op ware schaal uitgevoerd worden, waarbij men auto's met een snelheid van maximaal 100 km per uur tegen een betonblok van 400 ton kan laten botsen. Het verloop van de botsing wordt vastgelegd via 42 elektronische meetkanalen en 4 high speed camera's. Een vergelijkbare botsingssimulator is in heel West-Europa niet te vinden. Ter gelegenheid van de opening van de Grote Botsingssimulator hield ir. E. Asmussen, directeur van de Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, op 22 maart een inleiding over de betekenis van de botsingssimulator voor het verkeersveiligheidsonderzoek.

INLEIDING

Wat is het belang van de zojuist in gebruik genomen Grote Botsings-simulator voor een instituut als de Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV? Om dat aan te kunnen geven is het nodig eerst iets te vertellen over de problematiek waarmee de SWOV zich bezighoudt. Globaal kan de doelstelling van de SWOV worden weergegeven als: door inschakeling van wetenschappelijk onderzoek de overheid in staat te stellen de meest efficiënte maatregelen te treffen om de verkeersonveiligheid te beheersen.

Men dient zich daarbij te realiseren dat de verkeersonveiligheid een nietbedoeld (en ongewenst) "bijprodukt" is van het vervoerssysteem. Zolang menselijk handelen in het vervoerssysteem een belangrijke rol speelt, zal dit bijprodukt nooit helemaal geëlimineerd kunnen worden, m.a.w. absolute veiligheid bestaat niet. In dit licht gezien zal de maatschappij dan ook moeten vaststellen welke mate van verkeersonveiligheid nog acceptabel is. In deze tijd, waarin de discussie over welzijn zo'n belangrijke plaats inneemt, is het niet meer mogelijk uitsluitend het oorspronkelijke doel van het vervoerssysteem na te jagen, namelijk het (snel en comfortabel) uitvoeren van verplaatsingen, zonder er rekening mee te houden dat de bijprodukten, zoals de verkeersonveiligheid, binnen aanvaardbare grenzen moeten blijven.

Het omgekeerde, waarbij het bijprodukt verkeersonveiligheid vermindert wordt ten koste van een groot deel van het oorspronkelijke doel van het vervoerssysteem, betekent echter "het kind met het badwater weggooien". Een drastische beperking van het aantal verplaatsingen of een belangrijke vermindering van comfort en snelheid van verplaatsen is, ook vanuit welzijn gezien, geen goede zaak. Het gaat dus steeds weer om het afwegen van de effecten van maatregelen op zowel het doel als op de bijprodukten van het vervoerssysteem, met andere woorden, het is een optimaliseringsproces.

RISICO

Om de effecten van maatregelen goed te kunnen afwegen, is een begrip nodig dat informatie geeft over de onveiligheid van het vervoers-

systeem, maar ook van wegsituaties, voertuigcategorieën, groepen gebruikers, etc. Een dergelijk begrip is het risico. Risico-analyse en -waardering is al op vele gebieden aangevat teneinde negatieve verschijnselen, en vooral die tengevolge van menselijk handelen, inzichtelijk en hanteerbaar te maken.

Risico is de (geschatte) kans op een ongewenste samenloop van gebeurtenissen maal het (gewaardeerde) gevolg. Elke activiteit van mensen brengt risico met zich mee. Dit geldt zeker in het verkeer, maar ook bij activiteiten in en om de woning en in het werk. Er aan deelnemen betekent in meer of mindere mate bewust risico's nemen.

Het begrip risico omvat de volgende elementen:

- de grootte van de kans op een bepaalde ongewenste samenloop van gebeurtenissen;
- de aard van de ongewenste samenloop van gebeurtenissen;
- het (gewaardeerde) gevolg van deze ongewenste samenloop.

Bij het beantwoorden van de vraag: "Is het risico in het verkeer acceptabel?", moet men dit risico kunnen uitdrukken in cijfers. Het aangeven van bijv. het totale aantal slachtoffers en/of ongevallen is daarvoor niet voldoende, maar dit gegeven zal aangevuld moeten worden met verdelingen naar leeftijdsgroepen, type vervoermiddelen, wegcategorieën, etc. Pas dan is het mogelijk met behulp van vergelijkingen prioriteiten te stellen binnen het vervoerssysteem, maar ook tussen de verkeersonveiligheid en andere bedreigingen van leven en welzijn.

Voorbeeld: de kans om per jaar aan hart- en vaatziekten te sterven, is voor de totale Nederlandse bevolking ongeveer 20 maal zo hoog als de kans om in het verkeer gedood te worden. Dit geeft geen voldoende beeld van de bedreiging die van beide verschijnselen uitgaat, onder andere omdat zij zo verschillend ingrijpen in de verschillende leeftijdsgroepen. Bij beschouwing van bijvoorbeeld de leeftijdsgroep 15-24 jaar, blijkt dat van de totale sterfte in deze groep ruim 40% verkeersslachtoffers betreft. Verkeer is in deze leeftijdsgroep de belangrijkste doodsoorzaak, terwijl hart- en vaatziekten er nauwelijks in voorkomen.

Bekijken we de verschillende vervoermiddelen, dan zien we dat ruim 40% van alle verkeersdoden uit inzittenden van personenauto's bestaat. Hierbij moeten wij ons uiteraard realiseren dat met de personenauto's ca. 60% van alle reizigerskilometers wordt afgelegd. Het op enigerlei wijze verlagen van het risico voor inzittenden van personenauto's kan dus een belangrijk doel zijn van het verkeersveiligheidsbeleid.

De vraag is nu hoe vermindering van risico zo efficiënt mogelijk bereikt kan worden. Daartoe moeten we te weten zien te komen welke maatregelen, of combinaties van maatregelen, de gunstigste verhouding tussen kosten en baten hebben.

BEHEERSING VAN DE VERKEERSONVEILIGHEID

Wanneer we uitgaan van het gegeven dat het zogenaamde agens (de noodzakelijke maar niet voldoende voorwaarde) van het risico in het verkeer de opgebouwde energie is, dan kunnen we de zoekstrategie voor en de ordening van alle mogelijke maatregelen baseren op de volgende reeks.

Omdat er activiteiten/handelingen moeten worden uitgevoerd in het vervoerssysteem (fase 1) wordt er energie opgebouwd (snelheid, hoogte op viaducten, etc.) (fase 2). Deze opgebouwde energie kan (op een ongewenste wijze) vrijkomen (fase 3). We spreken dan van een incident of een conflict. Deze energie kan (op een ongewenste wijze) in aanraking komen met dode of levende structuur (materiaal, respectievelijk mensen) (fase 4). We spreken dan van een ongeval. Deze aanraking kan schade aanbrengen (materiële schade, respectievelijk letsel) (fase 5). Deze schade kan (zich) uitbreiden (fase 6).

Schematisch weergegeven kunnen de beheersingsstrategieën gericht zijn op:

Fase 1: beperken van activiteiten.

Fase 2: beperken van opbouw van energie.

Fase 3: beperken van (ongewenst) vrijkomen van energie.

Fase 4: beperken van (ongewenste) aanraking van vrijgekomen energie met dode of levende structuur.

Fase 5: beperken van schade aan dode of levende structuur bij aanraking met vrijgekomen energie.

Fase 6: beperken van uitbreiding van de schade aan dode of levende structuur.

Maatregelen ter beheersing van de verkeersonveiligheid zijn in eerste instantie niet bedoeld om het doel van het vervoerssysteem aan te tasten. Naarmate deze maatregelen het doel van het vervoerssysteem meer aantasten, zal de afweging op basis waarvan beslist wordt, moeilijker zijn. Het is duidelijk dat deze aantasting het grootst is in fase 1 en het geringst in de fasen 5 en 6. De meest efficiënte zoekstrategie is dan ook om de genoemde reeks in omgekeerde volgorde te behandelen.

Fase 6. Beperken van uitbreiding van de schade aan levende of dode structuur.

Hierbij spelen een aantal factoren een rol, zoals hulpverlening, vervoer van slachtoffers, maar ook waarschuwen van en voor naderend verkeer, afvoeren van wrakken, etc.

Fase 5. Beperken van schade aan levende of dode structuur bij aanraking met vrijgekomen energie.

In het algemeen wordt hierbij schade aan levende structuur (mensen) zoveel zwaarder gewogen dan schade aan materiaal, dat deelstrategieën erop gericht kunnen zijn materiaal op te offeren teneinde mensen te behoeden voor letsel. Er wordt uiteindelijk naar gestreefd om de krachten die als gevolg van de aanraking met vrijgekomen energie op de mens aangrijpen, waar mogelijk binnen het incasseringsvermogen van de mens te houden.

Als consequenties voor de verkeersvoorzieningen kunnen in dit verband o.a. worden genoemd:

- kreukelzones, autogordels en kooiconstructies in voertuigen;
- breek- of schuifconstructies in obstakels als lichtmasten, verkeerslichtinstallaties en palen van verkeersborden;
- bermbeveiligingsconstructies die voertuigen geleiden met acceptabele vertragingen.

Fase 4. Beperken van (ongewenste) aanraking van vrijgekomen energie met levende of dode structuur.

Wanneer het niet mogelijk is letsel en materiële schade te voorkomen of in voldoende mate te beperken bij aanraking met vrijgekomen energie, dan moet men proberen te verhinderen dat de vrijgekomen energie in aanraking kan komen met levende of dode structuur. Het komt er dan op neer om zogenaamde scheidingsprincipes toe te passen, zoals scheiding naar plaats (met of een ruimte of een fysieke barrière ertussen) en scheiding naar tijd.

Naast het toepassen van de scheidingsprincipes zal ook het creëren van zgn. emergency-ruimten overwogen moeten worden, dat wil zeggen dat bij het inrichten van verkeersvoorzieningen ruimte beschikbaar zou moeten komen voor nood-manoevres, zoals uitwijken om een botsing te voorkomen.

Als consequentie voor de verkeersvoorzieningen kunnen in dit verband o.a. worden genoemd:

- scheiding van verkeerssoorten door middel van aparte paden of banen voor voetgangers, fietsers, auto's en vrachtauto's;
- scheiding van tegengestelde rijrichtingen door middel van brede middenbermen en/of middenbermbeveiligingsconstructies;
- scheiding van kruisende rijrichtingen door middel van ongelijkvloerse kruisingen of verkeerslichten.

Naarmate er meer energie is opgebouwd, bijvoorbeeld door hogere snelheden, zijn deze scheidingsprincipes meer noodzakelijk. In deze strategie hoort ook thuis de afscherming van gevarenczones door middel van fysieke barrières als zijbermbeveiligingsconstructies. Deze zijn niet alleen nodig ter afscherming van starre obstakels, maar ook bij steile taluds, bij viaducten etc.

Fase 3. Beperken van (ongewenst) vrijkomen van energie.

Wanneer bovenstaande strategieën niet toereikend zijn, dan moet getracht worden het verkeersgedrag (het manoeuvregedrag) zodanig te beïnvloeden dat de opgebouwde energie niet op een ongewenste wijze vrij kan komen. Deze fase is ongetwijfeld één van de moeilijkste bij het beheersen van de verkeersonveiligheid. Speelde in de fasen 6, 5 en 4 het menselijk incasseringsvermogen een rol, in deze fase

spelen de mogelijkheden en beperkingen van de mens met betrekking tot waarnemen, beslissen en handelen een belangrijke rol. De verkeersvoorzieningen zullen zodanig moeten worden ontworpen en gebouwd dat de verkeersdeelnemer enerzijds geen taken behoeft uit te voeren die zijn mogelijkheden te boven gaan, en anderzijds niet in de verleiding gebracht wordt tot "ongewenst" handelen over te gaan. We moeten ons dan ook realiseren dat maatregelen die gebaseerd zijn op de gedachte dat de veranderbare externe omstandigheden (de "omgeving") los van de eigenschappen en taken van de verkeersdeelnemer kunnen worden beschouwd, gedoemd zijn te falen.

Zolang de verkeersdeelnemers zoveel vrijheid hebben met betrekking tot handelen, zal voorkómen van ongewenst vrijkomen van energie niet mogelijk zijn. Dan zou volledige automatisering nodig zijn. Wanneer echter bij het ontwerpen en bouwen van verkeersvoorzieningen zoveel mogelijk rekening wordt gehouden met de eigenschappen van de verkeersdeelnemers, kan het ongewenst vrijkomen van energie wel beperkt worden.

Fase 2. Beperken van opbouw van energie.

Wanneer ook bovenstaande strategie niet toereikend is, dan zullen we ons bezig moeten gaan houden met de vraag: op welke wijze is het opbouwen van energie te beperken? Uitgangspunt zal daarbij moeten blijven dat we het doel van het vervoerssysteem zo weinig mogelijk aantasten.

Het gaat hier om maatregelen als: snelheid verminderen, afstanden tussen reisdoelen verkleinen, minder voertuigen gebruiken voor hetzelfde aantal verplaatsingen (hoge bezetting) of voertuigen gebruiken die minder energie opbouwen, bijvoorbeeld de fiets.

Fase 1. Beperken van activiteiten.

Uiteindelijk is het natuurlijk ook mogelijk het aantal activiteiten (verplaatsingen) te beperken. Hiermee tasten we helemaal het doel van het vervoerssysteem aan. Dit zal altijd een moeilijke politieke keuze zijn.

Bij de huidige stand van zaken zal het belangrijkste uitgangspunt voor maatregelen het aanpassen van de omgeving aan de mogelijkheden en beperkingen van de mens moeten zijn.

Het gaat hierbij enerzijds om het vermogen van de mens tot waarnemen, beslissen en handelen bij het uitvoeren van de verkeerstaken en anderzijds om zijn incasseringsvermogen (fase 5 en 6).

In dit laatste geval spreken we doorgaans van letselpreventie, c.q. van crash-onderzoek en -maatregelen.

CRASH-ONDERZOEK

Onderzoek gericht op de crashfase omvat een beschrijving en een verklaring van alle gebeurtenissen vanaf het moment waarop een ongeval onvermijdelijk is geworden.

Bij de crashfase zijn de volgende elementen te onderscheiden die zowel afzonderlijk als gecombineerd aandacht verdienen: mens, voertuig, weg en omgeving. De mens vanwege het beroep op zijn lichamelijk incasseringsvermogen (t.a.v. krachtinwerkingen), het voertuig vanwege het geheel aan mechanische kenmerken, zowel ten aanzien van het interieur als ten aanzien van uitwendige kenmerken; en de weg en de omgeving vanwege de gevarenezones en verschillende objecten waartegen een botsing kan plaatsvinden.

Ten behoeve van specifieke maatregelen op crashgebied staan twee soorten onderzoek ter beschikking, nl. ongevalenonderzoek en simulatie-onderzoek.

De eerste soort, ongevalenonderzoek, houdt zich bezig met het verzamelen, verwerken en analyseren van gegevens over ongevallen die uitsluitend betrekking hebben op factoren die tot het ontstaan van letsel (en schade) hebben geleid, of daartoe hebben bijgedragen. In het organisatiemodel voor het crashonderzoek (zie afbeelding) wordt het ongevalenonderzoek gepresenteerd door de keten P (in depth-studies). Deze gegevens vormen een middel om te bepalen of en waar noodzakelijke verbeteringen aan de omgeving van een verkeersdeelnemer kunnen worden aangebracht. Tevens is het ongevalenonderzoek een middel om de effectiviteit (verandering van kans op letsel per ongeval) van maatregelen op crashgebied te bepalen.

Het ongevalleonderzoek kan aangevuld worden met simulatie-onderzoek (onderzoek naar deelfasen van botsingen op een proefterrein, in een laboratorium, al of niet met behulp van mathematische modellen).

In de crashfase van een ongeval zijn daartoe twee deelfasen van botsingen te onderscheiden:

1. De primaire botsing; deze betreft de botsing van het voertuig met andere voorwerpen (andere verkeersdeelnemers, wegmeubilair, etc.). De begincondities van de primaire botsing worden beschreven in termen van voertuigsnelheid, inrijhoek, e.d.
2. De secundaire botsing; deze betreft de botsing van de verkeersdeelnemer met het interieur van het voertuig, respectievelijk met voorwerpen buiten het voertuig. Hierbij is het menselijk lichaam, zowel uitwendig als inwendig, direct aan krachtingwerkingen onderhevig.

Bij de primaire botsing zijn de mechanische eigenschappen (krachten bij vervormingen e.d.) van voertuigen en bijvoorbeeld wegmeubilair, bepalend voor de eindcondities, die samengevat kunnen worden als vertragingen van het voertuigcasco. Deze vormen het complex begincondities voor de secundaire botsing, waar de mechanische eigenschappen van voertuiginterieur en ondersteuning (autogordel, stoel, etc.) en de mechanische eigenschappen van het menselijk lichaam (weefseleigenschappen) het uiteindelijk opgelopen letsel bepalen. Het simulatie-onderzoek betreffende de primaire botsing omvat enerzijds full scale botsproeven op een proefterrein of met de botsingsimulator en anderzijds mathematische modellen betreffende de relatie tussen botssnelheid, inrijhoek, etc. en vertragingen op het voertuigcasco, gegeven de bepaalde mechanische eigenschappen van het voertuig en het obstakel.

De combinatie van ongevalleonderzoek P en simulatie-onderzoek Q geeft inzicht in de relatie tussen de vertragingen op het casco en de kans op letsel(patronen) (R-onderzoek). Dit R-onderzoek is weer onder te verdelen in S- en T-onderzoek. Ook het S-onderzoek is simulatie-onderzoek, maar betreft de secundaire botsing. Experimenteel onderzoek vindt plaats met de botsingssimulator en dummies;

het mathematisch model betreft hier de relatie tussen de vertragingen op het casco en de krachten op lichaam(sdelen), gegeven de mechanische eigenschappen van het voertuiginterieur, de ondersteuning en het menselijk lichaam. Het T-onderzoek is puur biomechanica-onderzoek met het doel de kans op letsel(patronen) te kunnen voorspellen op basis van de op lichaamsdelen uitoefende krachten, gegeven de eigenschappen van het weefsel van de diverse lichaamsdelen. Samen met P-onderzoek, aangevuld met overig experimenteel onderzoek dat door Q, R en S kan worden voorgesteld en waarvan bijvoorbeeld (mathematische) simulaties een onderdeel vormen, kan het T-onderzoek de elementaire criteria opleveren van waaruit crashveiligheidsvoorzieningen moeten worden opgebouwd.

De onderzoeksresultaten leren ons aan welke eisen de karakteristieken van het voertuig, van de obstakels en het interieur van het voertuig moeten voldoen teneinde de letselkans zo laag mogelijk te maken. Het onderzoek geeft ook aan waar de praktische en economische grenzen liggen voor crashmaatregelen. Enerzijds biedt deze kennis de mogelijkheid een keuze te doen uit verschillende crashmaatregelen, bijvoorbeeld een obstakel afschermen of botsveilig maken met een breekconstructie, etc. Anderzijds ontstaat daardoor de mogelijkheid crashmaatregelen (fase 5) af te wegen tegen maatregelen in hogere fasen (fase 4, 3, etc.). Het is duidelijk dat dit alleen kan wanneer ook de effectiviteit van maatregelen in de andere fasen bekend is.

EFFECTIEF ONDERZOEK IN MULTIDISCIPLINAIRE SAMENWERKING

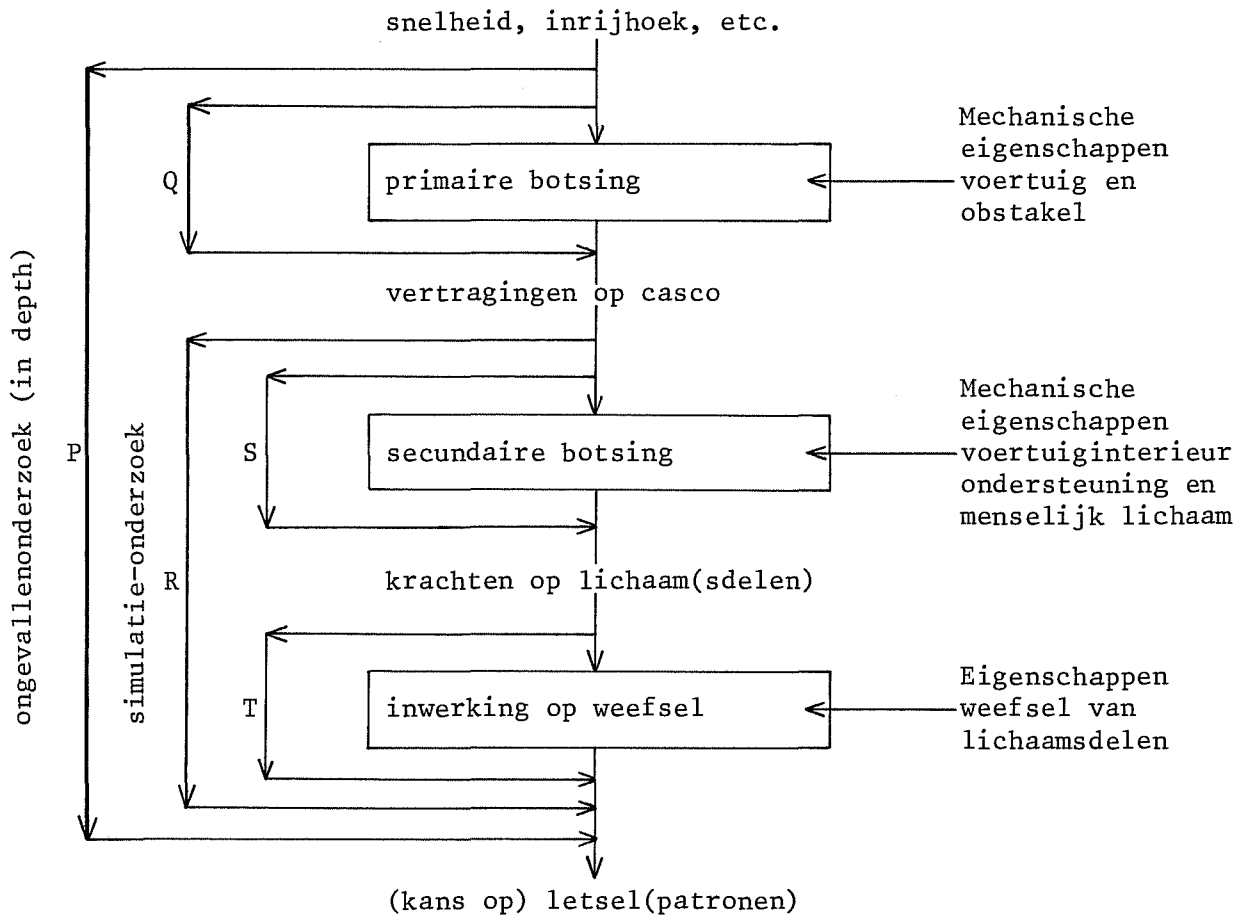
Tot slot kunnen we stellen dat het maatschappelijk doel van iedere vorm van verkeersveiligheidsonderzoek is: meer inzicht te geven in de effecten van maatregelen en combinaties van maatregelen om een betere keuze te kunnen maken uit alle mogelijke maatregelen.

Een onterechte voorkeur voor bepaalde maatregelen, waardoor de afweging van maatregelen niet meer gebaseerd is op de effectiviteit ervan, staat een goed verkeersveiligheidsbeleid in de weg.

Het rendement van crashmaatregelen is vrij hoog. Toch bestaan er helaas nog bepaalde weerstanden tegen crashmaatregelen, omdat deze

gekenschetst worden als symptoombestrijding. Ook de opvatting "Het is beter een ongeval te voorkomen dan de gevolgen ervan te verminderen" duidt op een beperkte visie op de effectiviteit van crashmaatregelen. Het bij verkeersongevallen zodanig doen verminderen van de schade aan levende structuur (letsel) en zelfs van die aan dode structuur, dat de gevolgen binnen de grenzen van het aanvaardbare komen, lijkt gegeven de huidige stand van de kennis eerder binnen bereik te zijn dan het voorkomen van incidenten of zelfs van ongevallen. Het is bovendien de vraag of het vanuit leeroverwegingen wel wenselijk is om op dit laatste de nadruk te leggen als de gevolgen als aanvaardbaar zijn te beschouwen.

De botsingssimulator is een belangrijk middel voor crash-onderzoek en kan zeker bijdragen tot het verminderen van de verkeersonveiligheid. De kennisvermeerdering op het gebied van crash-onderzoek is echter niet alleen met behulp van een dergelijke botsfaciliteit efficiënter te realiseren. Daarvoor is ook samenwerking tussen verschillende takken van wetenschap nodig. Kennis over de effecten van maatregelen ter vermindering van de verkeersonveiligheid is, gegeven de complexe aard van de problematiek, zelden of nooit binnen één discipline te verkrijgen. Het is verheugend te kunnen constateren dat de multidisciplinaire samenwerking tussen de Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV en het Instituut voor Wegtransportmiddelen-TNO al geleid heeft tot een aantal resultaten, zoals de mathematische modellen voor het crashonderzoek. Hopelijk zal deze samenwerking voortgezet en uitgebreid worden ten dienste van de verkeersveiligheid.



Afbeelding. Organisatiemodel voor crash-onderzoek