

SPAT- EN SPROEIWATER BIJ VRACHTWAGENS

Consult ten behoeve van de Dienst Verkeerskunde van de Rijkswaterstaat

R-84-9

J.P.M. Tromp

Leidschendam, 1984

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

## INHOUD

### Voorwoord

1. Inleiding
2. Het probleem spat- en sproeiwater
  - 2.1. Probleembeschrijving
  - 2.2. De omvang van het probleem
    - 2.2.1. Ongevallen
    - 2.2.2. Zichthinder
    - 2.2.3. Snelheid
    - 2.2.4. Voertuigcategorieën
    - 2.2.5. Kritische omstandigheden
3. Spat- en sproeiwater en mogelijke probleemoplossingen
  - 3.1. Het wegdek
    - 3.1.1. Regenwaterafvoer langs het oppervlak
    - 3.1.2. Drainage van het wegdek
  - 3.2. Het voertuig
    - 3.2.1. De band
    - 3.2.2. Aantal assen
    - 3.2.3. Luchtstromingen om het voertuig
    - 3.2.4. Afscherming bij de wielen
4. Discussie
5. Conclusies

### Literatuur

VOORWOORD

Dit consult is ontstaan naar aanleiding van een verzoek van de Dienst Verkeerskunde van Rijkswaterstaat aan de SWOV om een advies uit te brengen over de effecten die toepassing van middelen ter reductie van sproeiwater bij vrachtwagens kunnen hebben op de verkeersveiligheid. In dit consult wordt ingegaan op de aard en omvang van het probleem, niet alleen in termen van ongevallen, maar ook in termen van zichthinder onder kritische omstandigheden, zoals bij regen en wind en tijdens inhalen. De samenhang van het fenomeen 'spat- en sproeiwater' met het wegdek wordt behandeld, evenals geschikte maatregelen aan de weg. Vervolgens wordt het ontstaan van spat- en sproeiwater bij vrachtwagens e.d. behandeld en maatregelen aan deze categorie voertuigen besproken. Een discussie over de gevonden resultaten is toegevoegd, alsmede aanbevelingen voor nader onderzoek.

Leidschendam, 1984

Prof.ir. E. Asmussen, directeur

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

## 1. INLEIDING

Bij regen en nat wegdek spatten voertuigen water op in de vorm van relatief grote druppels, die vrij dicht bij het voertuig blijven: spatwater (Eng.: splash). Daarnaast worden regen en opgespatte druppels uiteengeslagen tot kleine druppeltjes en door wind en luchtstromingen verstoven naast en tot ver achter het voertuig: sproeiwater (Eng.: spray).

Vooraf grote voertuigen met veel banden (vrachtwagens) veroorzaken spat- en sproeiwater; de mate waarin dit gebeurt hangt vooral af van de dikte van de waterlaag op het wegdek, de rijsnelheid en het bandontwerp.

Windsnelheid en -richting zijn van belang voor de verspreiding van de waterdeeltjes.

In termen van ongevallen is het probleem onbekend, mede omdat het probleem als zodanig niet in de statistiek onderkend wordt.

Het fenomeen 'sproeiwater' kan echter ernstige zichtbelemmeringen opleveren onder kritische omstandigheden, zoals regen, nat wegdek, wind en in passeersituaties. Dergelijke omstandigheden komen relatief veel voor.

Juist in passeersituaties, waarin koersafwijkingen als gevolg van wind- en luchtstromingsinvloeden ondervangen dienen te worden, is een snelle en goede detectie van die afwijkingen van groot belang. Hierbij komt nog dat op een nat en dus minder stroef wegdek stuurcorrecties minder effectief kunnen worden uitgevoerd en meer kans op slippen bestaat. Extra stuurcorrecties, nodig als gevolg van zichtbelemmeringen, zijn dan des te meer ongewenst.

Het probleem spat- en sproeiwater zal de laatste decennia vermoedelijk zijn toegenomen door de gestegen intensiteiten en snelheden, en de gemiddeld grotere voertuigen.

## 2. HET PROBLEEM SPAT- EN SPROEIWATER

### 2.1. Probleembeschrijving

Regen valt op het wegdek. Deze regen wordt gedeeltelijk opgeslagen in de macrottextuur van het wegdek en gedeeltelijk afgevoerd via de oppervlakte. Dit laatste resulteert in een bepaalde waterlaagdikte op het wegdek. De band verdringt het water uit het contactvlak met de weg, zowel naar achteren als naar opzij. Een deel van dit verdrongen water spat weg, een ander deel wordt door adhesie meegenomen en op enige hoogte van de band afgeslingerd. Dit weggeslingerde water slaat enerzijds tegen vaste delen van het voertuig of tegen nalopende banden en wordt dan verstoven tot sproeiwater; en wordt anderzijds rechtstreeks verstoven door wind- en luchtstromingen om het voertuig. Deze relatief lichte en kleine druppeltjes vormen een nevel die tot enige meters boven het wegdek kan reiken en relatief langzaam daalt. Deze nevel, die als een 'staart' tot wel 200 m achter het voertuig kan reiken, belemmert het zicht. Een andere vorm van hinder en zichtbelemmering treedt op als deze nevel, die vaak vervuild is door van het wegdek meegenomen deeltjes, tegen de voorruit van andere voertuigen slaat. Als de ruitewissers dit water niet meer kunnen verwerken, of als winters deze nevel op de voorruit bevroest, dan is het zicht bijna geheel verstoord. Voor een gedetailleerde fysische beschrijving en voor modelvorming rond dit fenomeen wordt verwezen naar Weir e.a. (1978). Sandberg (1980) somt de volgende voor de verkeersveiligheid van belang zijnde aspecten van spat- en sproeiwater op:

- het zicht van naderend verkeer wordt door de sproeinevel beperkt;
- het naderende verkeer krijgt plotseling water tegen de voorruit waardoor het uitzicht wordt ontnomen; dit kan resulteren in een schrikreactie, waarbij bijvoorbeeld hevig geremd wordt, terwijl het wegdek nat is;
- voertuigen achter het sproeiwater-veroorzakend voertuig hebben een beperkt zicht door zowel de sproeinevel in de lucht als de waterfilm op de voorruit; dit laatste kan uiteraard bestreden worden door efficiënte ruitewissers;
- vervuilde koplampen beperken 's nachts de zichtafstanden van de bestuurder;
- achterruiten en spiegels vervuilen waardoor het zicht naar achteren wordt beperkt;

- verkeersborden en bermreflectoren vervuilen en zijn minder goed zichtbaar.

Deze factoren vormen niet alleen een potentiële ongevallendreiging, maar betekenen ook een verhoogde inspanning van de bestuurder. Daarnaast treedt in de winter een extra belasting op voor het omringende milieu doordat strooizout via het sproeiwater ver en hoog naast de weg terecht komt.

Het bovenstaande geeft reeds aan op welke niveaus maatregelen genomen kunnen worden:

- het beperken van de hoeveelheid water op het wegdek door geschikte weggeometrie en verhardingseigenschappen;
- het optimaliseren van het bandontwerp;
- het toepassen van luchtgeleiding aan voertuigen (dit zou samen kunnen gaan met maatregelen voor brandstofbesparing en crashvoorzieningen zoals zijafscherming);
- het bij de wielen opvangen, afschermen en afvoeren van spatwater;
- het verbeteren van wissersystemen.

Aangezien de rijsnelheid een grote invloed heeft op het fenomeen spat- en vooral sproeiwater zou ook snelheidsbeperking genoemd moeten worden. Dit wordt onder de huidige omstandigheden echter weinig realistisch geacht.

## 2.2. De omvang van het probleem

De omvang van het probleem kan beschreven worden in termen van ongevallen, van zichthinder, van rijsnelheid, van voertuigcategorieën en in termen van combinaties van kritische omstandigheden.

### 2.2.1. Ongevallen

De omvang van het probleem 'spat- en sproeiwater' in termen van ongevallen is in Nederland onbekend. Wel zijn gegevens bekend over de mate van regen of nat wegdek en wind.

Het regent in Nederland gemiddeld 6% van de tijd en het wegdek is gemiddeld 12% van de tijd nat. Tijdens regen vindt echter ca. 15% van de

ongevallen plaats en op nat wegdek ca. 30%, zodat sprake is van een sterk verhoogd risico (SWOV, 1984).

Harde wind (meer dan 9 m/s) komt in de randstad ca. 11% van de tijd voor en in het binnenland ca. 5% van de tijd. Een verband tussen ongevallen en wind is nog niet aangetoond, maar op theoretische gronden aannemelijk (Wouters, 1983).

Sabey & Taylor (1980) noemen 7000 letselongevallen als gevolg van spat- en sproeiwater op een totaal van ca. 260.000 letselongevallen, zijnde 2,6% (Groot-Britannië, 1977); dit is 28% van de nat-wegdekongevallen in dat jaar. Het is niet duidelijk of hiervoor statistische gegevens zijn gebruikt of dat er schattingen zijn gemaakt.

Casella & Vivari (1971) noemen een onderzoek in Connecticut, V.S. (1965-1970): één op de 6500 ongevallen wordt te wijten geacht aan spat- en sproeiwater = 0,2 °/oo. De basis van deze gegevens zijn ongevallenformulieren.

Maycock (1966) schrijft 4 °/oo van alle ongevallen op autosnelwegen in Groot-Britannië (1959-1963) aan spat- en sproeiwater toe (d.i. 1,3% van de nat-wegdekongevallen). De basis van deze gegevens zijn ook hier ongevallenformulieren.

De cijfers variëren nogal. In de eerste plaats is vrij weinig bekend over de omvang van ongevallen door spat- en sproeiwater, vaak doordat het probleem als zodanig niet in de statistiek onderkend wordt. In de tweede plaats liggen er nogal wat jaren tussen de geciteerde rapporten. Bovendien kunnen lokale verschillen een rol spelen.

Wel wordt duidelijk dat het probleem qua omvang naar ongevallen betrekkelijk klein is, iets wat in het algemeen voor dergelijke specifieke problemen zal gelden.

### 2.2.2. Zichthinder

Zichthinder door spat- en sproeiwater is zeer moeilijk te kwantificeren. De gegenereerde hoeveelheid sproeiwater is ondermeer afhankelijk van waterlaagdikte, macrotextuur van het wegdek, bandprofiel en bandprofiel-diepte, as-opstellingen en voertuigsnelheid. Hierop wordt in par. 3.1. en 3.2. nader ingegaan. De hoeveelheid sproeiwater die voor zichthinder zorgt is ondermeer afhankelijk van de laterale positie van het gehinderde voertuig ten opzichte van het hinderende voertuig, de soort ontmoeting

(passeren, volgen) en de effectiviteit van het ruitewissersysteem. De zichthinder is dan weer ondermeer afhankelijk van de sproeineveldichtheid, de waterlaag op de voorruit, algemene omstandigheden, zoals dag en nacht, en bestuurderseigenschappen.

Er zijn onder andere door Weir e.a. (1978), Chatfield e.a. (1979) en Sandberg (1980) proeven uitgevoerd met vrachtwagens op nat gehouden wegdekken, waarbij de zichtbaarheid van objecten is beoordeeld met behulp van lasers, fotometrische apparatuur en visuele beoordelingen van foto- en filmmateriaal. Deze metingen zijn echter primair bedoeld om vergelijkingen te trekken tussen verscheidene soorten maatregelen aan het voertuig.

Hierop wordt dan ook in par. 3.2. teruggekomen. Padmos & Varkevisser (1977) hebben wel een poging gedaan de zichthinder te meten door in een volgvoertuig een visustest uit te voeren op een voorrijdend doelvoertuig tijdens het passeren van een vrachtwagen met aanhanger in een regenbui. Het onderzoek, dat een verkennend karakter had, is helaas niet voortgezet en de resultaten zijn voor dit consult niet bruikbaar.

### 2.2.3. Snelheid

Maycock (1966) stelt dat bij rijsnelheden beneden 40 km/uur de sproeiwaterdichtheid erg klein is en daarboven snel stijgt volgens de volgende formule: sproeiwaterdichtheid = constante x (snelheid)<sup>2,8</sup>, die geldig is van ca. 70 tot ca. 120 km/uur. Dit betekent dat als vrachtwagens de wettelijk voorgeschreven snelheid van 80 km/uur met 20 km/uur overschrijden, de door hen veroorzaakte sproeiwaterdichtheid met maar liefst 87% toeneemt.

Chatfield e.a. (1979) stellen dat sproeiwater bij een rijsnelheid van minder dan 64 km/uur niet significant optreedt.

### 2.2.4. Voertuigcategorieën

Sproeiwater wordt voornamelijk veroorzaakt door zware voertuigen, met gevolgen voor lichte voertuigen zoals personenauto's, motorfietsen en fietsen. Motorrijders zijn extra in het nadeel doordat zij geen wissersysteem hebben en daar hun hand voor moeten gebruiken. Het stuur wordt dan - op nat wegdek! - nog slechts door één hand vastgehouden, hetgeen

tijdens passeren in regen en wind toch weinig ideaal geacht mag worden. Ook fietsers kunnen ernstig hinder ondervinden door schrik van een plens (vuil) water. Bestuurders van zware voertuigen zitten hoger boven het wegdek en hebben daardoor minder hinder van sproeiwater. Sandberg (1980) vergeleek 'spat- en sproeiwater' van een personenauto bij een snelheid van 90 km/uur met dat van een 3-assige vrachtwagen bij 80 km/uur. De zichtvermindering bij de personenauto bedroeg 1/7 van die van de vrachtwagen.

#### 2.2.5. Kritische omstandigheden

Als kritische omstandigheden tijdens het optreden van spat- en sproeiwater worden aangemerkt: nat wegdek, regen en wind.

Tijdens regen of nat wegdek treden de volgende fenomenen op: de stroefheid van het wegdek is lager, zodat de slipweerstand lager is; het zicht is in het algemeen slechter zodat andere verkeersdeelnemers, wegmarkeringen en verkeersborden minder goed kunnen worden waargenomen. Hoewel het in Nederland gemiddeld 6% van de tijd regent en het wegdek gemiddeld 12% van de tijd nat is, vinden tijdens regen ca. 15% en op nat wegdek ca. 30% van de ongevallen plaats, zodat sprake is van een sterk verhoogd risico (SWOV, 1984).

Harde wind (meer dan 9 m/s) komt in de randstad ca. 11% van de tijd voor en in het binnenland ca. 5% van de tijd. Windhinder zal bij zo'n sterke wind vooral op bepaalde locaties of onder bepaalde omstandigheden optreden en daardoor wellicht "gevoelsmatig" onderschat worden. Het samengaan van wind met regen of nat wegdek zal extra gevaarlijk zijn. Een verband tussen ongevallen en wind is nog niet aangetoond, maar op theoretische gronden aannemelijk (Wouters, 1983).

Het passeren van vrachtwagens, -combinaties en bussen kan, vooral bij wind, een lastige en met vrees gepaarde aangelegenheid zijn. Als het inhalende voertuig zich aan de lijzijde van het in te halen voertuig bevindt, zal het achtereenvolgens een kielzog, een wegvallen van de wind en een boeggolf ontmoeten.

Koershouden vindt plaats door het bepalen van de koershoek door vooruitzien en het bepalen van de laterale positie op de rijbaan door perifere waarneming (Weir e.a., 1978). Bij ernstige zichthinder, bijvoorbeeld als gevolg van spat- en sproeiwater, kan deze taak ernstig bemoeilijkt worden

wat zich uit in bruuskere sturbewegingen, die juist op een nat wegdek ongewenst zijn. Treedt daarbij nog wind op, waarbij dan ook nog extra veel water verstoven wordt, dan kunnen kritieke situaties ontstaan.

### 3. SPAT- EN SPROEIWATER EN MOGELIJKE PROBLEEMOPLOSSINGEN

#### 3.1. Het wegdek

Een noodzakelijke voorwaarde voor het optreden van spat- en sproeiwater is het aanwezig zijn van een waterlaag op het wegdek. Een logische stap is dan het vermijden of beperken van waterlagen hierop. Dit betekent dat op het wegdek vallende regen zo snel mogelijk afgevoerd moet worden. Dit kan op twee manieren: langs de oppervlakte van het wegdek of er doorheen. De afvoer van water langs de oppervlakte van het wegdek wordt ondermeer bepaald door het wegontwerp (de geometrie) en de oppervlakte-eigenschappen van de verharding; de afvoer door het wegdek onder andere door de drainagecapaciteiten van het gebruikte verhardingsmateriaal.

##### 3.1.1. Regenwaterafvoer langs het oppervlak

Voor het vermijden van waterlagen op het wegdek is een geschikte combinatie van langs- en dwarshelling nodig. Daarnaast dient het ontstaan van plassen vermeden te worden.

Plassen komen ondermeer voor in rijsporen en als de wegsituatie een goede afwatering onmogelijk maakt. Dit is bijvoorbeeld het geval op grote kruispunten of als de verkanting (dwarshelling) van de weg zeer klein is. Dat laatste treedt op bij verkantingsovergangen die gelegen zijn tussen opeenvolgende tegengestelde bogen. Behalve de geringe verkanting is daar ook de afvoerweg lang waardoor dikke waterlagen kunnen ontstaan. Deze waterafvoer vindt ongeveer parallel aan de rijrichting plaats en zorgt dan voor grote overlast (Welleman, 1980).

Windopstuwning en thermoplastische markeringen kunnen eveneens de waterafvoer belemmeren. Tenslotte kunnen door de lange afvoerwegen bij zeer brede wegen ook problemen optreden.

Met het toenemen van de textuurdiepte (de macroruwheid) van het wegdek zal de waterlaag op het verhardingsoppervlak dunner worden, zij het slechts weinig. Belangrijker is echter dat bij een grote textuurdiepte een kanalenstelsel ontstaat, waardoor een snelle waterafvoer uit het contactvlak tussen band en wegdek gewaarborgd wordt (Welleman, 1979). Hoe meer water via dit kanalenstelsel wordt weggeperst, hoe minder water door de band kan worden opgespat en weggeslingerd.

Het onderhoud en het bewaken van de kwaliteit van het wegdek is een belangrijke factor in het bestrijden van waterlagen op het wegdek. Als de wateroverlast ontstaat door rijsporen, kunnen deze uitgevuld of vlakgefreesd worden, of kan een nieuwe toplaag aangebracht worden (zie verder Welleman, 1979).

In verkantingsovergangen kan de afvoerlengte drastisch gereduceerd worden door dwars op de rijrichting gootjes aan te brengen. Op een aantal plaatsen in Nederland functioneren deze 4 à 5 cm diepe en brede gootjes naar tevredenheid (Welleman, 1980).

Als de macroruwheid onvoldoende is kan deze verbeterd worden door het frezen van groeven. Dit kan zowel in dwars- als in langsrichting geschieden. Het freezen van dwarsgroeven is bewerkelijker dan langsgroeven. Bij langsgroeven is het mogelijk dat enkelsporige voertuigen, zoals motorfietsen, hinder ondervinden. Hierover is onderzoek gaande (IZF-TNO, THD). De levensduur van deze groeven in asfaltbetonmengsels is echter gering; in cementbeton houden zij langer. Ook kunnen oppervlaktebehandelingen toegepast worden (zie verder Welleman, 1979).

De opgesomde maatregelen zullen niet alleen ten goede komen aan de bestrijding van spat- en sproeiwater, maar zullen door de reductie van de waterlaagdikte op het wegdek ook in het algemeen bijdragen aan de bestrijding van ongevallen op nat wegdek.

### 3.1.2. Drainage van het wegdek

Het fenomeen spat- en sproeiwater zal niet kunnen optreden als het op het wegdek vallende water direct door het oppervlak wordt gevoerd en in de bovenste verhardingslaag wordt geborgen.

Dit vereist een toplaag met een groot percentage holle ruimte. Wil het water door de laag heen naar de berm afgevoerd kunnen worden dan dienen de holle ruimten met elkaar in open verbinding te staan.

Er bestaat een bitumineus verhardingsmateriaal dat aan deze eisen voldoet: zeer open asfaltbeton. Dit materiaal zorgt voor een drastische reductie van de overlast van spat- en sproeiwater en biedt relatief goede reflectie-eigenschappen bij regenachtig weer (Welleman, 1979).

De stroefheid is uiteraard hoger dan van andere materialen door het wegblijven of vermindering van de waterlaag op het wegdek (Wegen, 1984).

Ook het rijgeluid van open asfalt is geringer. Er is een verschil geconstateerd van ca. 3dB (A) tussen zeer open asfalt en begrind asfaltbeton (Wegen, 1984). Brown (1979) komt tot vergelijkbare uitspraken over stroefheid, rijgeluid, spat- en sproeiwateronderdrukking e.d. aan de hand van een tweejarige ervaring met proefvakken in een Engelse autoweg. Ivey e.a. (1984) citeren recente Amerikaanse literatuur die eveneens vergelijkbare uitspraken doet. Tegenover deze gunstige aspecten staan ook enige bedenkingen: zo blijken de holle ruimten geleidelijk dicht te slibben met stof, zand, vuil en olieresten. Daardoor neemt het drainagevermogen af, de stroefheid echter niet. Een ander probleem is de gladheidsbestrijding in de winter. Vooral bij sneeuwval vergt een weggedeelte met een toplaag van zeer open asfaltbeton extra aandacht.

In Wegen (1984) wordt vermeld dat zich op wegen waar intensief gestrooid wordt geen problemen voordoen en dat op de overige wegen iets meer gestrooid moet worden.

In een groot aantal gevallen waarin van wateroverlast sprake is of kan zijn, verdient toepassing van zeer open asfaltbeton desondanks overweging. De aanlegkosten ervan zullen nauwelijks hoger zijn dan die van de gewoonlijk toegepaste mengsels van asfaltbeton (Welleman, 1979).

### 3.2. Het voertuig

Zoals reeds in 2.2.4. en 2.2.5. is opgemerkt wordt het probleem spat- en sproeiwater vooral door vrachtwagens e.d. veroorzaakt. Het hierna volgende handelt dan ook alleen over deze voertuigcategorie.

#### 3.2.1. De band

Een deel van de waterlaag op het wegdek in de baan van de band passeert de profielgroeven. Het overige deel wordt deels opgestuwd tot een boeg-golf en deels naar de zijkanten afgevoerd. Deze boeg- en zijgolven vormen spatwater, bestaande uit relatief grote druppels, die tamelijk laag blijven en zelden een probleem vormen. Het door de profielgroeven passerende water wordt in de lucht geworpen. Een zeer klein deel ervan hecht door adhesie aan de band en wordt door de luchtstroming hiervan verwijderd.

De druppelgrootte van het water uit het profiel varieert van klein tot

tamelijk groot. Een deel hiervan wordt hoog genoeg verstoven om tot zichthinder te leiden. De rest van dit water spat tegen achterliggende wielen of tegen vaste delen van het voertuig, zoals brandstoftanks en spatschermen. De druppels worden hierop uiteen geslagen en op een zodanige hoogte en in zodanige concentratie verstoven dat ook door dit sproeiwater ernstige zichthinder optreedt.

De waterfilm op de band wordt verstoven tot zeer kleine druppels en heeft een grote zichthinder tot gevolg daar zij naar buiten treedt in een onderdrukzone om de vrachtwagen, ongeveer ter hoogte van de voorruit van personenauto's (Weir e.a. 1978). Bij Zweedse proeven (Sandberg, 1980) ontstond de indruk dat een voertuig met enigszins afgesleten banden (minder profieldiepte en wellicht andere adhesie-eigenschappen) meer sproeiwater produceerde dan eenzelfde voertuig met soortgelijke nieuwe banden. Gelet op bovenstaande beschrijving van Weir e.a. (1978) zou dan bij eenzelfde waterlaagdikte minder profiel relatief meer water moeten verwerken, dit onder hogere druk naar achteren afvoeren en dan wellicht omzetten in meer sproeiwater. Onderzoek naar de invloed van het bandontwerp op spat- en sproeiwater zou gewenst zijn om deze hypothese te bevestigen.

Immers, banden worden nu juist ontworpen om zoveel mogelijk water uit het contactvlak te verdringen. De wijze waarop kan wellicht leiden tot deelconflicten met 'spat- en sproeiwater'. Door Weir e.a. (1978) zijn modellen van het ontstaan van spat- en sproeiwater bij de enkele band beschreven alsmede proeven om deze modellen te verifiëren. Deze modellen zouden gebruikt kunnen worden bij optimalisering van het bandontwerp.

### 3.2.2. Aantal assen

Volgens Chatfield e.a. (1979) vormen de voorwielen de grootste bron van sproeiwater. Ook Weir e.a. (1978) merken dit op en constateren dat het ontstaan van spat- en sproeiwater sterk afneemt bij opeenvolgende assen. Dit pleit in ieder geval voor afscherming van de voorwielen. Het opgespatte water kan dan niet meer tegen het voertuigchassis of tegen opvolgende wielen terecht komen en dan verstoven worden.

Uit Zweedse proeven (Sandberg, 1980) bleek dat een 5-assige trekker-oplegger tweemaal zoveel zichthinder opleverde als een 3-assige vrachtwagen. Een mogelijke verklaring voor de kennelijke tegenspraak in de

resultaten van Weir e.a. en van Sandberg kan zijn dat de gegenereerde hoeveelheid sproeiwater geen lineair verband heeft met de zichtbaarheid. Wellicht dat bij langere voertuigen opgespat water voor een groter gedeelte omgezet wordt in sproeiwater, waardoor meer zichthinder ontstaat. Ten dele kunnen echter ook andere factoren een rol spelen, bijvoorbeeld verschillen in spatschermen.

### 3.2.3. Luchtstromingen om het voertuig

Te onderscheiden zijn een aantal soorten luchtstromingen om het vrachtoevoertuig:

- luchtstroming over het voertuig heen, waarbij in sommige zones (bijv. achter de cabine bij trekker-oplegger-combinaties) hevige turbulenties kunnen optreden; hierdoor kunnen sproeiwater van voorgaande voertuigen en regenwater opgewerveld worden;
- luchtstromingen langs het voertuig, waarbij turbulenties kunnen optreden ter plaatse van verstoringen, zoals bij de assen, waardoor het daar gegenereerde spat- en sproeiwater verstoven en opgewerveld kan worden;
- versterking van deze fenomenen door zijwind; zijwind creëert ter plaatse van de assen onderdrukzones, waardoor spat- en sproeiwater als het ware onder het voertuig uit gezogen kan worden.

Verbetering van de omstroming - het voorkomen van ongewenste turbulenties - resulteert wellicht niet alleen in een reductie van sproeiwater, maar ook in vermindering van het brandstofgebruik en van windhinder. Tevens zouden luchtgeleiders aan het voertuig, zoals boegschorten, en zijbeplating geïntegreerd kunnen worden in voorzieningen die ongevallen minder ernstig zullen doen aflopen en ten goede kunnen komen aan de botsvriendelijkheid van vrachtwagens.

In het algemeen is het echter moeilijk regels te geven voor plaats en vorm van luchtgeleiders. Soms blijken bepaalde hulpmiddelen het probleem 'spat- en sproeiwater' zelfs te verergeren (Weir e.a., 1978). Iets dergelijks was al bekend uit brandstofbesparingen bij dakschilden op vrachtwagens.

Een zorgvuldige afstemming van luchtgeleiders en wielafscherming op het voertuig is dan ook zeer belangrijk.

Door Chatfield e.a. (1979) zijn proeven beschreven waarin, behalve af-

scherming bij het wiel (zie 3.2.4.) ook de invloed van luchtgeleiders op de vorming van spat- en sproeiwater is onderzocht.

De op het cabinedak gemonteerde luchtgeleiders gaven onderling nauwelijks verschil in de gegenereerde sproeiwaterpatronen met diverse soorten wielafscherming. Ook het weglaten van deze luchtgeleiders veranderde weinig aan deze patronen.

Een centraal geplaatste vaan op de kap van de container op de oplegger, in combinatie met de op het dak gemonteerde luchtgeleider maakte geen verschil. Dit was waarschijnlijk te wijten aan de tijdens de testen ontbrekende zijwind, waarvoor deze vaan bedoeld was.

Een boegschort onder de voorbumper zou in theorie onder de trekker een zone van onderdruk moeten opleveren, zodat de luchtstromingen uit de wielkasten en tussen de assen beperkt zouden worden en daarmee het sproeiwater.

Er was echter weinig verbetering te constateren als te zamen met deze boegschort alleen standaard spatschermen toegepast waren. Een duidelijke verbetering was wel te constateren als naast het boegschort de voorwielen zijdelings afgeschermd werden en leiplaten achter de voorwielen werden toegepast. Indien de bodemvrijheid van de boegschort vergroot werd, nam de hoeveelheid sproeiwater niet toe, zodat verondersteld werd dat het gunstige effect veroorzaakt is door een gunstigere omstroming van de voorwielen.

Chatfield merkt op dat de omstandigheden tijdens de proeven weinig ideaal zijn geweest: het was droog, heet zomerweer, terwijl zijwind geheel ontbrak.

Weir e.a. (1978) beschreven eveneens proeven waarin de invloed van wielafscherming (zie 3.2.4.) en luchtgeleiding op de vorming van spat- en sproeiwater onderzocht zijn.

Om de luchtweerstand te verminderen zijn luchtgeleiders op het cabinedak, verticale luchtgeleidingplaten onder de trailer en verticale leiplaten tussen trekker en oplegger onderzocht. Daarnaast zijn speciaal voor het effect op sproeiwater nog dwars geplaatste leiplaten tussen trekker en oplegger, schuin geplaatste leiplaten aan de wielen en een luchtgeleider achter op de oplegger onderzocht. De conclusie was dat vooral de luchtgeleider op het cabinedak, in combinatie met afscherming aan de wielen het meeste effect vertoonde. Ook de dwarse windleiplaat tussen trekker en oplegger sorteerden effect.

Vanwege de opmerking van Chatfield over de weinig ideale onderzoekomstandigheden, worden alleen de conclusies van Weir relevant geacht.

Bedacht moet worden dat het toepassen van dit soort maatregelen een zorgvuldige afstemming van geval tot geval kan vereisen. In de praktijk zou onderscheid naar voertuigcategorie gemaakt kunnen worden met een onderverdeling naar veel voorkomende opbouwvarianten.

#### 3.2.4. Afscherming bij de wielen

Chatfield e.a. (1979) onderzochten, behalve de reeds in 3.2.3. genoemde luchtgeleiders, ook spatschermen. Vier aspecten van deze afschermingen zijn onderzocht: de afstand van het spatscherm tot de grond, zowel aan de voor- als aan de achterzijde van het wiel; afvoerkanalen in het scherm; en afscherming aan de zijkant van het wiel.

De volgende ontwerpcriteria voor spatschermen worden opgemaakt uit de proeven:

- De voorzijde van het spatscherm moet onder de wielas beginnen om te voorkomen dat naar voren weggeslingerd sproeiwater om het spatscherm heen slaat.
- De achterzijde moet zover mogelijk naar beneden toe doorlopen. Voor normaal gebruik wordt een bodemvrijheid van 200 mm een goed compromis geacht. Het onderste deel van het spatscherm zal om praktische redenen flexibel moeten zijn.
- Om het uittreden van sproeiwater zo goed mogelijk te verhinderen zal de ruimte tussen spatscherm en band afgedicht moeten worden met een zijdelingse afscherming aan de buitenzijde van het wiel.
- De spatschermbreedte zal groot genoeg moeten zijn om de wielen volledig af te dekken!
- Afvoerkanalen in het spatscherm brengen enige verbetering, maar Chatfield e.a. achtten dit onvoldoende onderzocht. Aangezien de voorwielen een grote bron van spat- en sproeiwater vormen, moet hier extra aandacht aan besteed worden.

Vooraf een flexibele zijafscherming kan hier uitkomst bieden.

Chatfield e.a. (1979) komen tot de conclusie dat de geteste spatschermen in combinatie met luchtgeleiders weinig helpen: De metingen geven een sproeiwater reductie van 30 tot 40%, maar een verbetering van de zichtbaarheid is niet waargenomen. Er wordt echter opgemerkt dat de testcondi-

ties (voornamelijk het hete zomerweer en het vrijwel ontbreken van zijwind) niet al te geschikt waren. Tevens wordt opgemerkt dat verder onderzoek nodig is naar sproeiwaterreductie en ook om de meetmethoden te verbeteren. Er worden geen snelle oplossingen van het probleem verwacht. Sandberg (1979) beschrijft eveneens proeven met afscherming van de wielen. De conclusie wordt getrokken dat het mogelijk is door geschikte afscherming een zodanige vermindering van sproeiwater te verkrijgen, dat een zowel objectief als subjectief waargenomen verbetering van de zichtbaarheid van tegen de 30% optreedt.

Als toevoegingen aan de standaard spatschermen (met rubber spatlappen) zijn te noemen: stroken metaalgaas aan de binnenzijde van de spatschermen met een kleine tussenruimte, zijschortjes voor en achter en een strook gaas tussen de assen van het tandemstel, alsmede vervanging van de spatlappen door stroken polyethyleen, gelijkend op grasmatten, achter alle wielen (ook tussen de assen van het tandemstel) en zijschortjes voor en achter. Het 'gras' is naar de wielen gericht. Beide toepassingen vangen het weggeslingerde water op en voeren het naar de weg terug, terwijl de zijschorten zijwaartse uittrekking verhinderen.

Weir e.a. (1978) beschreven eveneens proeven met afscherming aan de wielen. Het meest effectief was een afscherming met hetzelfde polyethyleen (grasmat) als boven reeds genoemd, bestaande uit stroken van dit materiaal achter elk wiel, en zijschorten, in combinatie met een windgeleider op het cabinedak. Zonder de windgeleider was het systeem iets minder effectief. Daarna kwamen spatschermen die aan de binnenzijde van een soort gaas waren voorzien, zodat het afgeslingerde water tussen gaas en schermen wordt afgevoerd.

Opgemerkt wordt dat afscherming bij de voorwielen belangrijk is en dat zijschorten erg belangrijk zijn.

Als belangrijke aspecten bij het toepassen van wielafscherming verdienen nog aandacht: de extra warmte-ontwikkeling in de remmen door de afscherming van de rijwind, en het gedrag van de afscherming bij het vasthouden van modder en vuil en bevriezing in de winter.

Chatfield e.a. (1979) onderzochten de warmte-ontwikkeling in de remmen bij de in de proeven gebruikte afschermingen. Er bleken geen problemen te zijn, waarschijnlijk dank zij de toch nog relatief grote openingen in de afschermingen.

Ten aanzien van het vasthouden van vuil en modder wordt vermoed dat bij

de gaasconstructies wellicht enige problemen kunnen optreden door dicht-slibben van de tussenruimte. De 'grasmatten' zouden geen problemen opleveren.

Samengevat volgt uit bovenvermelde gegevens dat:

- het voorwiel als grootste bron van sproeiwater als eerste zou moeten worden afgeschermd;
- behalve afscherming aan de achterzijde van elk wiel, vooral zijschorten nodig lijken;
- materialen toegepast zouden moeten worden die het afgeslingerde water opvangen en zo dicht mogelijk bij de grond weer afvoeren;
- (zorgvuldig uitgekozen) luchtgeleiding toepassing verdient.

#### 4. DISCUSSIE

'Spat- en sproeiwater' wordt in de statistiek niet als zodanig onderkend en wellicht wordt een deel van de hierdoor ontstane ongevallen ondergebracht bij 'slippen' of bij 'regen of nat-wegdekongevallen'. Het probleem zou dan ondergewaardeerd zijn.

In het algemeen zal een dergelijk specifiek probleem in termen van ongevallen relatief klein zijn.

Feit blijft echter dat het probleem optreedt tijdens vaak kritische omstandigheden zoals regen, wind en passeren, en voor veel hinder zorgt. Het probleem 'spat- en sproeiwater' wordt voor het leeuwendeel veroorzaakt door grote en zware voertuigen zoals vrachtwagens.

Dit wordt nog eens geïllustreerd door Baughan e.a. (1983) die vermelden dat automobilisten en motorrijders als meest hinderlijke vrachtwagenprobleem 'spat- en sproeiwater' noemen, nog vóór 'te hard rijden' en 'windhinder' van deze voertuigen. Ook fietsers kunnen hinder ondervinden. Dit pleit voor nader onderzoek naar de problemen van motorrijders en fietsers ten aanzien van spat- en sproeiwater.

Maatregelen tegen spat- en sproeiwater zijn te verdelen in die aan de weg en die aan het voertuig en kunnen gekarakteriseerd worden als bestrijding bij de bron en als vermindering van de gevolgen.

De maatregelen aan de weg zijn erop gericht het ontstaan van waterlagen op het wegdek zoveel mogelijk te beperken. Het nemen van deze maatregelen zal in de regel alleen kunnen bij onderhoud van bestaande en bij aanleg van nieuwe wegen. Toepassing van zeer open asfaltbeton zal dan niet duurder zijn dan andere verhardingsmaterialen; de overige maatregelen zullen ten dele niet goedkoop zijn en de invoering ervan kost tijd.

Bedacht moet echter worden dat met deze maatregelen het wegdek minder en korter nat zal zijn, zodat natte wegdekken en het daarmee gepaard gaande verhoogde ongevallenrisico teruggedrongen kunnen worden.

Maatregelen aan het voertuig zijn onder te verdelen in 'banden' 'luchtgeleiding' en 'wielafscherming'.

Eerder is al betoogd dat spat- en sproeiwater-eisen aan banden wellicht tegengesteld kunnen zijn aan het verlangen zoveel mogelijk water uit het contactvlak te verdringen. Nader onderzoek hiernaar zou zeer gewenst zijn.

Luchtgeleiding zou een geschikt middel kunnen zijn om naast brandstofbe-

sparing, het verstuiven van in de lucht zijnde druppels tegen te gaan en om onderdruk zones bij de wielen te vermijden, zodat geen sproeiwater naar buiten wordt gezogen. Er zal echter voor iedere soort voertuig andere typen luchtgeleiding nodig zijn, die zorgvuldig geplaatst en geoptimaliseerd zullen moeten worden. Het is dan zinvol te onderscheiden naar voertuigcategorieën en deze onder te verdelen, bijvoorbeeld in solo-voertuigen en trekker-oplegger-combinaties met of zonder gesloten opbouw. Hiervoor kunnen dan windtunnelmetingen uitgevoerd worden. Dan zou ook onderzocht kunnen worden wat tot nu toe ontbreekt: luchtgeleiding en spat- en sproei-effecten bij achter elkaar rijdende voertuigen. Tot nu toe zijn slechts alléén rijdende voertuigen onderzocht.

Luchtgeleiding onder aan het voertuig, zoals boegschorten en zijbeplating, kan samengaan met crashvoorzieningen aan het voertuig. Dit pleit voor geïntegreerd onderzoek naar brandstofbesparing, luchtgeleiding, spat- en sproei-effecten en crashvoorzieningen aan vrachtvoertuigen. Het toepassen van wielafscherming blijkt redelijke resultaten op te leveren in de bestrijding van sproeiwater, mits in ieder geval de voorwielen en liefst alle wielen van achteren en aan de zijkant worden afgeschermd met materialen die het opgevangen water tot dicht bij de grond terugvoeren. De combinatie van deze afscherming met luchtgeleiding (vooral: dakschild) blijkt goed te voldaan. Aangezien dakschilden reeds veelvuldig worden toegepast vanwege de brandstofbesparing en aangezien verwacht mag worden dat de kosten (en het gewicht!) van wielafscherming gering zijn, zou deze maatregel relatief snel en op een redelijke wijze uit te voeren zijn.

Er zal echter wel aanvullend onderzoek gedaan moeten worden naar de warmte-ontwikkeling in de remmen bij afgeschermd wielen, naar de vervuiling en bevriezing van diverse soorten afschermmaterialen en naar de praktische houdbaarheid ervan.

De relatie tussen hoeveelheid sproeiwater en zichthinder is nog onvoldoende onderzocht. Het verband is zeker niet lineair.

Tenslotte zou onderzoek naar verbetering van wissersystemen zinvol kunnen zijn.

## 5. CONCLUSIES

1. Zichthinder door opgespat en verstoven water is in termen van ongeval-  
len een relatief klein probleem, maar treedt wel op onder kritische om-  
standigheden zoals bij regen en wind en in passeersituaties. Het probleem  
is mogelijkwijze in de statistieken ondergewaardeerd.

Spat- en sproeiwater wordt vooral veroorzaakt door grote en zware voer-  
tuigen zoals vrachtwagens, en levert voornamelijk hinder op voor lage  
voertuigen, zoals personenwagens, motorfietsen en fietsen.

2. Spat- en sproeiwater treedt alleen op bij een waterlaag op het wegdek.  
Deze waterlaag kan door diverse maatregelen aan het wegdek vermeden of  
beperkt worden. Vooral drainage door toepassing van zeer open asfaltbeton  
levert goede resultaten op. Deze maatregelen kunnen echter alleen toege-  
past worden bij onderhoud van bestaande en aanleg van nieuwe wegen,  
waardoor invoering tijd zal kosten. Zij komen echter ook ten goede aan  
het bestrijden van nat-wegdekongevallen.

3. Maatregelen aan het voertuig ter vermindering van hinder door spat- en  
sproeiwater bestaan voornamelijk uit luchtgeleiding om het voertuig en  
afscherming aan de wielen.

Vooraf het combineren van dakschilden met afscherming aan de wielen  
levert redelijke resultaten op. Hierbij dient elk wiel, behalve de stan-  
daard spatschermen, voorzien te worden van afscherming achter het wiel en  
langs de omtrek tussen spatscherm en band. De toe te passen materialen  
moeten het water opvangen en dicht bij de grond weer afvoeren.

Deze materialen dienen geen probleem op te leveren t.a.v. vervuiling,  
bevroezing en slijtage.

4. De kosten van maatregelen aan het voertuig zullen ten dele terug te  
verdienen zijn door brandstofbesparing (bij luchtgeleiding) en ten dele  
gering zijn (bij afscherming).

5. Toepassing van zeer open asfaltbeton bij nieuwbouw of onderhoud van  
wegen is een geschikt middel ter bestrijding van spat- en sproeiwater.  
Door beperking van de waterlaagdikte op het wegdek kan hiermee ook het  
optreden van nat-wegdekongevallen bestreden worden.

6. Het toepassen van wielafscherming bij vrachtwagens ter bestrijding van  
sproeiwater zal een belangrijke reductie van de zichthinder kunnen be-  
werkstelligen, hetgeen vooral onder kritische omstandigheden, zoals bij  
regen en wind, en tijdens passeren, een positieve invloed op de verkeers-  
veiligheid zal kunnen uitoefenen.

De werking van wielafscherming zal nog verbeterd kunnen worden door toepassing van luchtgeleiders aan voertuigen, met name van dakschilden.

LITERATUUR

- Baughan, C.J., Hedges, B. & Field, J. (1983). A national survey of lorry nuisance. TRRL SR-774, 1983.
- Brown, J.K. (1979). Interim report on the performance of surfacings for maintaining bituminous roads. TRRL SR-476, 1979.
- Casella, C.W. & Vivari, J.A. (1971). "Splash and spray" and accident reports. Office of Traffic, Bureau of Highways, 1971.
- Chatfield, A.G.; Reynolds, A.K. & Foot, D.J. (1979). Water spray from heavy goods vehicles: An assessment of some vehicle modifications. Report VSE 513. Department of Transport, London, 1979
- Dahir, S.H. & Henry, J.J. (1978). Alternatives for the optimization of aggregate and pavement properties related to friction and wear resistance. FHWA-RB-78-209, 1978.
- Ivey, D.L. et al. (1984). The influence of roadway surface discontinuities on safety. Nat. Ac. of Sciences, Washington, D.C., 1984.
- Maycock, G. (1966). The problem of water thrown up by vehicles on wet roads. RRL Report 4, 1966.
- Padmos, P. & Varkevisser, J. (1977). De invloed van open bitumineuze wegdekken op het zicht van de automobilist bij regen. IZF-TNO rapport C17, 1977.
- Sabey, B. & Taylor, H. (1980). The known risks we run: The highway. TRRL SR-567, 1980.
- Sandberg, U. (1980). Efficiency of spray protectors. VTI-Report 199A, 1980.
- SWOV (1984). Wegdekstroefheid en verkeersongevallen. SWOV, 1984 (Nog niet gepubliceerd).
- Wegen (1984). VBW-jaarbijeenkomst (Decoene). Wegen 58 (1984) nr. 2
- Weir, D.H.; Strange, J.F. & Heffley, R.K. (1978). Reduction of adverse aerodynamic effects of large trucks; Volume I: Technical Report. FHWA-RD-79-84, 1978.
- Welleman, A.G. (1979). Ongevallen op nat wegdek II. R-79-28. SWOV, 1979.
- Welleman, A.G. (1980). Aquaplaning; Ongevallen op nat wegdek. R-80-6. SWOV, 1980. Artikel Natuur en techniek 48 (1980) 2: 98 t/m 117.
- Wouters, P. (1983). Wind en wegverkeer. Bijdrage KIVI-SVT Verkeerskundige Werkdagen, 1983. R-83-8. SWOV, 1983.

Aanbevolen literatuur

- Allan, J.W. & Lilley, G.M. (1980). Reduction of water spray from road vehicles in wet conditions. University of Southampton, 1980. (IRRD 270443).
- Bryant, J.F.M. (1979). Visibility and wet pavement. Austr. Road Res. Board, 1979. (IRRD 239246.)
- Kamm, I.O., Wray, G.A. & Kolb, R.G. (1970). The formation of truck spray on wet roads. Stevens Inst. for Techn., 1970. (IRRD 263551).
- Miller, R.W. & Brown, R.W. (1978). Performance of open-graded friction courses. New York State Dep. of Transp., 1978. (IRRD 237194).
- Pilkington, G.B. (1982). Reduction of truck-induced splash and spray. Public Roads 1982-06 nr. 1. (IRRD 267656).
- Truck splash and spray. Monsanto, 1978. (IRRD 264741).