

ONGEVALLLEN OP NAT WEGDEK (I)

Risicobepalende factoren en aanbevelingen aan de wegbeheerder

Artikel Verkeerskunde 30 (1979) 10: 500 t/m 504

R-79-27

Ir. L.H.M. Schlösser en Ir. J. Doornekamp

Voorburg, 1979

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

Ongevallen op nat wegdek (I)

Risicobepalende factoren en aanbevelingen aan de wegbeheerder

Samenvatting

Een analyse van ongevallengegevens toont het gevaar aan van het rijden op een nat wegdek. Op een nat wegdek loopt iedere verkeersdeelnemer een hoger risico, vergeleken met de toestand dat het wegdek droog is.

Ter verklaring van het hogere risico wordt een analyse uitgevoerd. Vooral technische factoren betreffende het voertuig en de weg zijn uitvoerig onderzocht. Over menselijke factoren is nog weinig bekend. Uit de analyse blijkt dat voor de korte termijn vooral de wegbeheerder maatregelen kan nemen om ongevallen op nat wegdek te bestrijden.

Voor de korte termijn gaat de voorkeur uit naar het opsporen van locaties met een grote concentratie ongevallen op nat wegdek. Op middellange termijn kan systematisch gewerkt worden aan locaties die potentieel gevaarlijk zijn. Op de lange termijn kunnen normen worden gesteld voor programma's voor wegonderhoud.

Wet-weather accidents (I)

Risk-determining factors and recommendations to road authorities

Summary

An analysis of accident data shows the danger of driving on wet road surfaces. On a wet surface every road user runs a higher risk than when the surface is dry.

An analysis is made to explain this higher risk. Detailed studies have been made especially of technical factors concerning vehicles and roads. Little is known as yet about human factors. The analysis shows that in the short term, it is mainly the road authority that can take steps to counteract wet-weather accidents.

In the short term, it is preferable to trace wet-weather black spots. In the medium term systematic work can be done at potentially dangerous locations. In the long term, norms can be established for road-maintenance programmes.

1. INLEIDING

"Ongevallen op nat wegdek" is een serie van drie artikelen met als uitgangspunt het in 1978 verschenen SWOV-rapport "De verkeersonveiligheid in de provincie Noord-Brabant IV. Het aspect stroefheid in het verkeersveiligheidsonderzoek in Noord-Brabant". Dit rapport is tot stand gekomen met medewerking van de Werkgroep voor de verkeersonveiligheid in de provincie Noord-Brabant, de Provinciale Waterstaat van Noord-Brabant, de Rijkswaterstaat afdeling Noord-Brabant en het Rijkswegenbouwlaboratorium.

Het rapport poogt inzicht te geven in de mechanismen die tot een verhoogd risico op nat wegdek leiden. Daarbij is vooral uitgegaan van de kennis die verzameld is door de werkgroep "Banden, Wegdekken en Slipongevallen" (SWOV, 1975, 1976 en 1978). Voorts worden de wegbeheerder instrumenten aangereikt om maatregelen te kunnen nemen ter bestrijding van ongevallen op nat wegdek.

In dit eerste artikel uit de serie wordt de inhoud van het rapport beknopt weergegeven. In het tweede artikel - van de hand van SWOV-medewerker ir. A.G. Welleman - zullen de maatregelen geïnterviewd worden die de wegbeheerder ter beschikking staan om de veiligheid van natte wegdekken te verhogen. In het derde artikel zal ir. D. Stoelhorst van de Provinciale Waterstaat van Noord-Brabant zoekstrategieën behandelen voor het opsporen van locaties waar bij nat wegdek een verhoogde kans op ongevallen bestaat. Het tweede en derde artikel zullen verschijnen in het november- en decembernummer van Verkeerskunde.

2. DE GEVOLGEN VAN REGEN VOOR DE VERKEERSVEILIGHEID

De invloed van regen op de verkeersveiligheid kan men afmeten aan het aantal gewonde en gedode verkeersdeelnemers. In de jaren 1974 t/m 1976 regende het gemiddeld 5,8% van de tijd. In die betrekkelijk korte periode viel nochtans 10,4% van het totale aantal doden en 12,3% van het totale aantal gewonden (tabel 1). De kans om tijdens regen bij een verkeersongeval betrokken te raken is dus ruim twee maal zo groot als bij droog weer. Vooral inzittenden van personenauto's blijken tijdens regenval een sterk verhoogd risico te hebben.

Voor het berekenen van de risicoverhogingsfactor tijdens regenval is er impliciet van uitgegaan dat het aantal afgelegde kilometers tijdens regenuren gemiddeld hetzelfde is als tijdens de droge uren. Dat dit niet steeds zo hoeft te zijn volgt uit een onderzoek naar de relatie tussen weersomstandigheden en de omvang van recreatieverkeer (Koeman, 1978). De verschillen zullen echter voor motorvoertuigen niet groot zijn. Dit kan worden afgeleid uit cijfers op rijkswegen. In de regenrijke jaren 1965 en 1966 met gemiddeld 8,5% regen vormden de regenongevallen op rijkswegen meer dan 20% van het totale aantal ongevallen, terwijl bijna 8,5% van alle voertuigkilometers tijdens regen werd afgelegd (SWOV, 1975). Voor voetgangers, fietsers en bromfietzers ligt het meer voor de hand dat tijdens regen minder kilometers worden afgelegd. In dat geval is de risicoverhoging voor deze categorieën groter dan de cijfers van tabel 1 suggereren.

Niet alleen tijdens regen is er sprake van een verhoogd risico, maar ook nog daarna, zolang het wegdek nat is. Hoewel precieze gegevens over opdroogtijden ontbreken, kan worden geschat dat het wegdek in de jaren 1974 t/m 1976 ongeveer 15% van de tijd nat is geweest (Laganier, 1978). De ongevallencijfers op nat wegdek zijn voor de genoemde jaren weergegeven in tabel 2. Ook hier valt de grote risicoverhoging voor inzittenden van personenauto's op, met name binnen de bebouwde kom.

De risicoverhoging op nat wegdek (dus zowel tijdens als na regenval) is schematisch weergegeven in afbeelding 1. Deze risicoverhoging lijkt reden genoeg om de factoren die deze verhoging beïnvloeden, aan een nadere analyse te onderwerpen. In eerste instantie zal de analyse beperkt blijven tot één categorie verkeersdeelnemers, namelijk inzittenden van personenauto's. Behalve dat voor deze categorie de risicoverhoging op nat wegdek erg groot is, vallen onder inzittenden van personenauto's absoluut gezien verreweg de meeste verkeersslachtoffers.

3. INVLOEDSFACTOREN

Ongevallen op nat wegdek ontstaan uit een falende wisselwerking tussen de verschillende componenten van het verkeerssysteem: de mens, het voertuig en de weg. Over het gedrag van de bestuurder tijdens en na regenval is aanzienlijk minder bekend dan over het functioneren van het voertuig en de weg.

3.1. De bestuurder

Er is nog niet veel bekend over de manier waarop de bestuurder de door hem waargenomen informatie selecteert en in de beslissingen over zijn rijgedrag verwerkt (Hanscom, 1977). Wel is duidelijk dat neerslag en water op de weg het de bestuurder moeilijker maken alle informatie die hij voor zijn beslissingen nodig heeft, waar te nemen. Daardoor zal hij zich minder goed een beeld kunnen vormen van het wegbeeld en de verkeerssituatie.

De regen zelf kan voor zichtvermindering zorgen. De neervallende druppels verminderen het uitzicht. Overdrag is dat bij grote regenintensiteiten het geval, 's nachts vooral bij kleine druppels (Morris et al., 1977). Opspattend water vermindert het zicht eveneens. Vooral vrachtwagens kunnen nevelgordijnen opwerpen. Zichtvermindering treedt ook op, wanneer autoruiten door de regen afkoelen en als gevolg daarvan beslaan. De belangrijkste oorzaak van zichtvermindering wordt door Morris et al. het water op de autoruiten genoemd. Ruitewissers houden slechts een deel van het ruitoppervlak doorzichtig. Bij grotere regenintensiteiten schieten ze bovendien tekort. Parallel aan elkaar bewegende wisserbladen hebben ook nog een averechts effect: de rechterwisser werpt bij de teruggaande slag water op het ruitgedeelte waar de bestuurder doorheen kijkt.

Wanneer het wegdek nat is, zijn de wegmarkeringen vaak niet of niet goed zichtbaar, vooral 's nachts. Wegmarkeringen hebben een belangrijke verkeersgeleidende functie, met name onder omstandigheden van slecht zicht (regen, duisternis enz.). Als 's nachts het wegdek nat is, is er minder reflectie naar de bestuurder toe van de stralen-

bundels van de eigen koplampen. Openbare verlichting en stralenbundels van andere weggebruikers kunnen spiegelend gereflecteerd worden, waardoor het voor de bestuurder moeilijker wordt de juiste informatie te selecteren uit de totale hoeveelheid aangeboden informatie.

Voor veel van de hier genoemde effecten die het zicht slechter maken, zijn niet of nauwelijks meetmethoden beschikbaar. Het is dan ook moeilijk ze kwantitatief in verband te brengen met de verkeersveiligheid.

3.2. Het voertuig en de weg

Reeds lang wordt het hogere risico op nat wegdek voor een deel verklaard uit het slippen van voertuigen. Wanneer er een laagje water op de weg staat, wordt het contact tussen band en wegdek bemoeilijkt en neemt de wrijving af. Daardoor wordt het voor een bestuurder moeilijker door sturen en remmen zijn voertuig onder controle te houden en zal de kans op een ongeval toenemen. Dit blijkt uit een statistisch onderzoek van Subcommissie V van de werkgroep "Banden, Wegdekken en Slipongevallen" (SWOV, 1975). Het onderzoek is uitgevoerd aan de hand van stroefheids- en ongevallengegevens uit 1965 en 1966 over de rijkswegen. De stroefheid is gehanteerd als maat voor de wrijving, de ongevallen als maat voor de onveiligheid. De stroefheid van een wegdek wordt bepaald met een standaard meetmethode. Een band wordt over een tevoren nat gesproeide weg gesleept. Alle omstandigheden zijn gestandaardiseerd: de snelheid, de bandspanning, de bandbelasting, het percentage wielslip, de band zelf en de dikte van de waterlaag op de weg. De stroefheidsmetingen worden door het Rijkswegenbouwlaboratorium uitgevoerd met een standaard meetwagen.

De algemene conclusie uit het onderzoek is, dat een lagere stroefheid gepaard gaat met een hoger aantal ongevallen per afgelegde afstand (zie afbeelding 2). Er is geen drempelwaarde gevonden die als natuurlijke grens voor maatregelen gebruikt kan worden. Nadere analyses hebben aangetoond dat naast de wrijving ook het type weg, de verkeersintensiteit en het aandeel van de vrachtauto's

in de totale verkeersstroom een rol spelen bij het ontstaan van ongevallen op nat wegdek. Maar de wrijving heeft verreweg de grootste invloed (SWOV, 1977).

3.2.1. Het contact tussen band en wegdek

Uit het onderzoek van Subcommissie V van de werkgroep "Banden, Wegdekken en Slipongevallen" kan geconcludeerd worden dat alle factoren die van invloed zijn op de grootte van de wrijving, ook een rol spelen bij het ontstaan van ongevallen op nat wegdek. Uit onderzoek van Subcommissie I van dezelfde werkgroep is gebleken dat de volgende factoren een significante invloed hebben op de wrijving: de kwaliteit van het wegoppervlak, de gereden snelheid, het bandtype, de profieldiepte en de dikte van de waterlaag op de weg (SWOV, 1976). De eerstgenoemde factor - de kwaliteit van het wegoppervlak - betreft de micro- en macroruwheid van het wegdek. Onder microruwheid worden oneffenheden van 0,1 tot 0,5 mm verstaan, onder macroruwheid oneffenheden van 1 tot 20 mm. Ten aanzien van het bandtype kan opgemerkt worden dat de invloed daarvan weliswaar significant is, maar in absolute zin niet groot.

Wanneer er slechts een dunne waterfilm op de weg aanwezig is, wordt bij lage snelheden de grootte van de wrijving vooral bepaald door de microruwheid. Bij toenemende snelheid zal de wrijving dalen, maar minder naarmate de macroruwheid beter is. Op wegdekken met een minder goede macroruwheid valt met name ook de invloed van de profieldiepte niet te verwaarlozen. De waterafvoer uit het contactvlak tussen band en wegdek geschiedt dan voor een groot deel via het bandprofiel, waardoor de wrijving toch hoog genoeg kan blijven. De invloed van de macroruwheid, de profieldiepte en de snelheid is weergegeven in afbeelding 3.

Bij dikkere waterlagen op de weg neemt de wrijving tussen band en wegdek sterk af. Al bij 2 à 3 mm water op de weg is de beschikbare wrijving drastisch gereduceerd, zeker bij een hoge voertuigsnelheid en een geringe macroruwheid van het wegdek (Welleman, 1977). De

overige factoren spelen dan nauwelijks nog een rol. Daarom is het van het grootste belang te voorkomen dat dergelijke waterlagen kunnen ontstaan.

3.2.2. Het remsysteem

In het remsysteem van een personenauto zitten technische beperkingen, waardoor slechts zelden optimaal gebruik kan worden gemaakt van de beschikbare wrijvingskrachten tussen band en wegdek. Bij het vol in-trappen van de rem kan de remkracht aan de afzonderlijke wielen te hoog of te laag zijn.

In zeer extreme gevallen kan de remkracht te laag zijn, doordat de capaciteit van het remsysteem eenvoudig tekort schiet, hoewel de remmen toch in goede staat zijn. Vaker echter zijn versleten remmen er de oorzaak van dat de remcapaciteit onvoldoende is om optimaal te kunnen remmen. Ook als het frictiemateriaal van de remmen nat is, loopt de remcapaciteit achteruit.

Aan de andere kant kan de remkracht ook weleens te groot zijn. Met een goed werkend remsysteem is het vrijwel altijd mogelijk één of meer wielen te blokkeren. Bij een geblokkeerd wiel is de wrijving op een nat wegdek aanzienlijk kleiner dan bij een wiel dat nog net niet geblokkeerd is. Het verschil kan wel een factor twee bedragen (tabel 3). Bij geblokkeerde wielen kan de remweg dus aanzienlijk langer zijn dan in het gunstigste geval dat de remmen net niet blokkeren. Een zo mogelijk nog groter nadeel is echter dat geblokkeerde wielen tot instabiliteit of zelfs onbestuurbaarheid van het voertuig leiden. Bij een geblokkeerd wiel kunnen er namelijk geen zijdelingse krachten meer worden uitgeoefend tussen band en wegdek. Als de voorwielen geblokkeerd zijn, betekent dit, dat er ook niet meer gestuurd kan worden. De auto zal in principe rechthoek blijven rijden, ongeacht de stand van de voorwielen. Zijn de achterwielen geblokkeerd, dan heeft de auto de neiging te draaien, waarbij hij van de weg kan raken of een obstakel kan treffen.

Het blokkeren van de achterwielen wordt momenteel voorkomen met behulp van remkrachtverdelingsapparatuur. De hiermee gepaard gaande vermindering van de remeffectiviteit kan in sommige gevallen tot

een verlenging van de remweg leiden. Dit wordt echter minder belangrijk geacht, als daardoor het voertuig stabiel blijft.

Een betere oplossing zou het monteren van een antiblokkeerinrichting zijn. Met deze apparatuur kan onder alle omstandigheden vrijwel volledig van de beschikbare wrijving gebruik worden gemaakt zonder dat het voertuig instabiel of onbestuurbaar wordt. Vanwege de prijs en de serviceverlening kan echter niet worden verwacht dat deze voorziening op korte termijn op grote schaal zal worden toegepast. Intussen zijn voor de EEG al wel vergaande voorschriften gemaakt aangaande de remeffectiviteit en de volgorde van het blokkeren van de assen (Publikatieblad van de Europese Gemeenschappen, 1971 en 1975).

3.3. Conclusies

Van de factoren die voor inzittenden van personenauto's bijdragen tot een hoger risico op nat wegdek, zijn vooral technische factoren betreffende het voertuig en de weg uitvoerig onderzocht. Over het gedrag van de mens is nog weinig bekend.

Voor de bestrijding van ongevallen op nat wegdek komt vooral de wegbeheerder in aanmerking. Hij kan direct invloed uitoefenen op de belangrijkste factoren die de wrijving tussen band en wegdek beïnvloeden: de dikte van de waterlaag op de weg en de micro- en macro-ruwheid van het wegoppervlak. Bovendien is de wegbeheerder betrokken bij het verschaffen van informatie aan de weggebruiker over het verloop van de weg (bebording, belijning, bebakening, openbare verlichting). In bepaalde gevallen is hij ook betrokken bij de informatieverschaffing over de verkeerssituatie.

Op het gebied van de voertuigfactoren is nog wel verbetering te verwachten, maar niet op korte termijn. Voor de profieldiepte en de remkrachtverdeling zijn reeds wettelijke eisen van kracht. Toepassing van antiblokkeerapparatuur kan nog wel enkele jaren op zich laten wachten.

4. AANBEVELINGEN VOOR DE WEGBEHEERDER

In de vorige paragraaf is geconcludeerd dat de bestrijding van ongevallen op nat wegdek vooral een taak is voor de wegbeheerder. Voor dat hij hiertoe maatregelen gaat nemen, zal hij echter de kosten en effecten daarvan moeten afwegen tegen de kosten en effecten van andere verkeersveiligheidsmaatregelen. In het verkeersveiligheidsbeleid worden immers, als in zoveel andere beleidssectoren, de beschikbare middelen ver overtroffen door de hoeveelheid middelen die nodig is voor het verwezenlijken van alle beleidsdoelstellingen. Gezien de algemene beleidsdoelstelling om de beschikbare middelen zo doelmatig mogelijk te besteden, gaat de voorkeur uit naar die maatregelen die in verhouding tot de benodigde middelen het gunstigste effect hebben ten aanzien van de beleidsdoelstellingen. Omdat niet alle gegevens die voor de besluitvorming nodig zijn, ook werkelijk voorhanden zijn, zal een beleid gevoerd moeten worden op grond van beperkte gegevens. De eerste vraag die beantwoord moet worden, is, of ongevallen op nat wegdek een aandachtsgebied voor het beleid moeten zijn of niet. Voor de beantwoording van die vraag is het van belang te weten wat het maximale effect van maatregelen ter vermindering van ongevallen op nat wegdek kan zijn. Uitgaande van de veronderstelling dat de ongevallenkans op nat wegdek teruggebracht kan worden tot het niveau van de ongevallenkans op droog wegdek, kan het totale aantal ongevallen maximaal met 12-15% verminderd worden.

4.1. Het stellen van prioriteiten

Wanneer de wegbeheerder tot het besluit komt dat ongevallen op nat wegdek binnen zijn verkeersveiligheidsbeleid een aandachtsgebied vormen, dan zal hij prioriteiten moeten gaan stellen. Om na te gaan welke plaatsen het eerst voor maatregelen in aanmerking komen bestaan er twee manieren:

- a. Het instellen van normen voor een aantal factoren die op nat wegdek de wrijving tussen band en wegdek beïnvloeden.
- b. Het opsporen van plaatsen waar relatief veel ongevallen op nat wegdek plaatsvinden.

Op beide methoden zal nader worden ingegaan.

4.1.1. Het instellen van normen

Voor een aantal factoren die de wrijving tussen band en wegdek beïnvloeden, kan de wegbeheerder normen instellen. Door metingen kan de werkelijke toestand van een wegdek aan de norm getoetst worden, waarna prioriteiten kunnen worden gesteld: de plaatsen die het meest van de norm afwijken, komen het eerst voor maatregelen in aanmerking. De verschillende factoren waarvoor de wegbeheerder normen kan instellen, zijn:

- de stroefheid;
- variaties in de stroefheid naar tijd en plaats;
- de daling van de wrijving bij toenemende snelheid;
- de dikte van de waterlaag op de weg.

Alleen voor de hoogte van de stroefheid bestaat op dit moment een norm, zij het uitsluitend voor rijkswegen. De vastgestelde minimumwaarde voor die wegen is 0,51 bij metingen volgens de methode van het Rijkswegenbouwlaboratorium.

In 1974 bleek meer dan tien procent van de rijkswegen niet aan die minimumwaarde te voldoen. Als dezelfde norm voor de overige wegen zou hebben gegolden, zou dertig tot veertig procent van deze wegen er niet aan hebben voldaan. Zelfs als de norm 0,46 was geweest, had nog twintig tot dertig procent er niet aan voldaan. Het valt dus moeilijk in te zien hoe op korte termijn het gehele Nederlandse wegennet aan één stroefheidsnorm aangepast zou kunnen worden.

Voor de andere factoren bestaan in het geheel geen normen. Wel is door het Rijkswegenbouwlaboratorium uitvoerig onderzoek gedaan naar de invloed van de dikte van de waterlaag op de weg. Daaruit is gebleken dat reeds bij een waterlaag van 2 à 3 mm de wrijving tussen band en wegdek drastisch vermindert. Er wordt dan ook aanbevolen maatregelen te treffen om te voorkomen dat zulke waterlagen kunnen ontstaan.

Bij het instellen van normen zal de wegbeheerder rekening moeten houden met verschillende aspecten van het verkeerssysteem, zoals: veiligheid, doorstroming, comfort, kosten en aantasting van het milieu. Om al die aspecten tegen elkaar af te kunnen wegen wordt

een systeem ontwikkeld: het rationeel wegbeheer. Het rationeel wegbeheer bevindt zich op dit moment in het stadium van theorievorming en de eerste experimenten. Het kan nog wel enige tijd duren voordat het systeem volledig operationeel is.

Bij het stellen van prioriteiten op grond van normen zijn twee benaderingswijzen mogelijk. De eerste benaderingswijze gaat uit van het verwachtingspatroon van de bestuurder. Als die in staat is op een goed wegdek bepaalde rem- en stuurmanoeuvres uit te voeren, zal hij geneigd zijn te denken dat hij dat ook op andere wegdekken kan; temeer omdat kwaliteitsverschillen tussen diverse wegdekken voor hem vaak niet waarneembaar zijn. Om aan zijn verwachtingspatroon tegemoet te komen, zouden in theorie alle wegdekken uniforme kenmerken moeten bezitten. In de praktijk zal een dergelijke aanpak niet eenvoudig te realiseren zijn.

Men kan er echter ook van uitgaan dat de noodzaak tot remmen en sturen niet voor elke wegcategorie en elk weggedeelte hetzelfde is. Op kruispunten, in bochten, op andere discontinuïteiten en op plaatsen met een slecht uitzicht moeten meer en forsere manoeuvres worden uitgevoerd dan op rechte stukken weg met goed uitzicht. Op locaties van de eerste soort moeten de eigenschappen van het wegdek beter zijn dan elders om te vermijden dat er grotere concentraties ongevallen op nat wegdek plaatsvinden. In deze benaderingswijze zouden sommige locaties aan hogere normen moeten voldoen dan andere.

4.1.2. Het opsporen van plaatsen met relatief veel ongevallen op nat wegdek

Een andere manier om na te gaan welke plaatsen het eerst voor maatregelen in aanmerking komen is het opsporen van locaties waar veel ongevallen op nat wegdek gebeuren in verhouding tot het totale aantal ongevallen (Schulze et al., 1976).

Dat op een bepaalde locatie relatief veel ongevallen op nat wegdek gebeuren, kan verschillende oorzaken hebben. Op kruispunten kan de beschikbare wrijving bijvoorbeeld onvoldoende zijn doordat een slecht uitzicht het uitvoeren van forse manoeuvres noodzakelijk maakt. Het kan ook zijn dat zich plaatselijk plassen op de weg vormen, bijvoor-

beeld bij verkantingsovergangen. Om de oorzaken op te sporen zullen de locaties met relatief veel ongevallen nader onderzocht moeten worden. Allereerst zullen er stroefheidsgegevens over verzameld moeten worden. Daarnaast dienen ze visueel geïnspecteerd te worden. Deze inspectie dient voor het vaststellen van uitzichtbelemmerende omstandigheden, onregelmatigheden in het wegverloop, bochten, uitritten, bushaltes, afwezigheid van belijning, bakens of borden etc. Deze omstandigheden kunnen tot forsere manoeuvres leiden. De visuele inspectie dient bij voorkeur tijdens regen te worden gehouden, zodat ook vastgesteld kan worden of er plassen op de weg voorkomen. Aan de hand van de zo verkregen informatie kunnen prioriteiten worden gesteld en kan per locatie of groep van identieke locaties beslist worden of en zo ja welke maatregelen genomen moeten worden.

4.2. Aanbevelingen

Het voorgaande leidt samengevat tot de volgende aanbevelingen voor het beleid van de wegbeheerder:

a. Voor de korte termijn (1 à 2 jaar)

Voor de korte termijn gaat de voorkeur uit naar het opsporen van locaties met een grote concentratie ongevallen op nat wegdek. Als criterium daarvoor kan dienen het aantal ongevallen op nat wegdek in verhouding tot het totale aantal ongevallen. Argument voor deze voorkeur is dat juist die plaatsen waar veel ongevallen op nat wegdek gebeuren, kunnen worden aangepakt. Omdat het een klein deel van het wegennet betreft, zullen de kosten relatief gering zijn.

b. Voor de middellange termijn (3 à 5 jaar)

Op de middellange termijn zou meer systematisch gewerkt kunnen worden aan de preventie van ongevallen op nat wegdek. Er zou gekeken kunnen worden of de informatie die verkregen wordt uit de aanpak op korte termijn zich leent voor het trekken van generaliseerbare conclusies. Op grond daarvan zouden locaties opgespoord kunnen worden waar in de toekomst grotere concentraties ongevallen te verwachten zijn.

Voorts kunnen weggedeelten met een stroefheidskwalificatie "gevaarlijk", "zeer glad" en "glad" in kaart gebracht worden. Er kan hier-

bij gekeken worden naar de stroefheid van aanliggende wegvakken en naar locaties waar de stroefheid in achtereenvolgende jaren sterk daalt. Parallel hieraan kunnen locaties met een grote waterlaagdikte tijdens regen (2 à 3 mm) in kaart gebracht worden. Met behulp van al deze gegevens kan een lijst van prioriteiten worden vastgesteld.

c. Voor de lange termijn (5 à 10 jaar)

Voor de lange termijn kan het wegbeheer gaan profiteren van het rationeel wegbeheer. In een afweging van objectieve criteria voor veiligheid, comfort, doorstroming en milieu kunnen normen worden vastgesteld voor een aantal factoren die de wrijving tussen band en wegdek beïnvloeden. Door toetsing van de werkelijke situatie aan de normen kan nagegaan worden welke plaatsen het eerst voor maatregelen in aanmerking komen.

LITERATUUR

Hanscom, F.R. (1976). Human factors in skidding: Causation and prevention. In: Skidding accidents, wet-weather accident experience, human factors, and legal aspects. Transportation Research Record 623: p. 40-47. Transportation Research Board, Washington, D.C., 1976.

Koeman, T.D. (1978). De relatie tussen weersomstandigheden en verkeersintensiteiten. Recreatievoorzieningen 10 (1978) 5 (mei): 269-272.

Laganier, R. (1978). Temps de mouillage des chaussées. In: Symposium on Road Drainage: p. 119-128. Road Research. OECD, Paris, 1978.

Publikatieblad van de Europese Gemeenschappen (1971). 14e jaargang nr. L202, 6 september 1971 (71/320/EEG).

Publikatieblad van de Europese Gemeenschappen (1975). 18e jaargang nr. L236, 8 september 1975 (75/524/EEG).

Schulze, K.H. et al. (1976). Skidding accidents, friction numbers and the legal aspects involved. Report of the Piarc Technical Committee on Slipperiness and Evenness. Transportation Research Record 623: p. 1-10. National Academy of Sciences, Washington, D.C., 1976.

SWOV (L.H.M. Schlösser) (1975). Verkeersongevallen en wegdekstroefheden; een onderzoek naar de statistische relatie tussen de stroefheid van het wegdek en de relatieve onveiligheid. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Voorburg, 1975.

SWOV (S. Oppe) (1977). Multiplicative models of analysis; a description and use in analysing accident ratios as a function of hourly traffic volume and road surface skidding resistance. SWOV-report. Institute for Road Safety Research SWOV, Voorburg, 1977.

SWOV (1978). Remkrachtverdeling; samenvatting van het onderzoek van Subcommissie II van de Werkgroep "Banden, Wegdekken en Slipongevallen". Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Voorburg, 1978.

Welleman, A.G. (1977). Water op de weg. Publikatie L. Stichting Studiecentrum Wegenbouw, Arnhem, 1977.

Verkeersslachtoffers 1974-1976 binnen de bebouwde kom									Verkeersslachtoffers 1974-1976 buiten de bebouwde kom								
Doden				Gewonden					Doden				Gewonden				
	totaal	tijdens regen	% tijdens regen	risico verhogingsfactor	totaal	tijdens regen	% tijdens regen	risico verhogingsfactor		totaal	tijdens regen	% tijdens regen	risico verhogingsfactor	totaal	tijdens regen	% tijdens regen	risico verhogingsfactor
voetgangers	817	113	13,8	2,6	17361	2204	12,7	2,4	390	28	7,2	1,3	1975	161	8,2	1,5	
fietsers	759	79	10,4	1,9	27276	3447	12,6	2,3	665	52	7,8	1,4	5221	422	8,1	1,4	
bromfietsers	507	68	13,4	2,5	49375	6642	13,4	2,5	595	42	7,1	1,2	12334	1065	8,6	1,5	
pers.auto's	668	74	11,1	2,0	31929	6193	19,4	3,9	2345	259	11,0	2,0	31011	4047	13,1	2,4	
rest	168	16	9,5	1,7	7195	812	11,3	2,1	385	26	6,7	1,2	4810	424	8,8	1,6	
totaal	2919	350	12,0	2,2	133136	17094	12,8	2,4	4380	407	9,3	1,7	55351	6146	11,1	2,0	

N.B. 1. % regen in 1974 t/m 1976: gemiddeld 5,8% van de tijd

2. Risicoverhogingsfactor $p = s(100 - r)/r(100 - s)$; $r = \% \text{ regen}$, $s = \% \text{ ongevallen}$

3. T.g.v. het verwerkingsprogramma op het oorspronkelijke materiaal kunnen er in de aantallen kleine fouten zijn ontstaan. Deze zijn voor de analyse van de tabel verwaarloosbaar.

Tabel 1. Aantal doden en gewonden tijdens regen

Verkeersslachtoffers 1974-1976 binnen de bebouwde kom									Verkeersslachtoffers 1974-1976 buiten de bebouwde kom							
Doden				Gewonden					Doden				Gewonden			
	totaal	op nat wegdek	% op nat wegdek	risico verho- gings- factor	totaal	op nat wegdek	% op nat wegdek	risico verho- gings- factor	totaal	op nat wegdek	% op nat wegdek	risico verho- gings- factor	totaal	op nat wegdek	% op nat wegdek	risico verho- gings- factor
voetgangers	817	239	29,3	2,3	17361	4289	24,7	1,9	390	94	24,1	1,8	1975	454	23,0	1,7
fietsers	759	183	24,1	1,8	27276	6538	24,0	1,8	665	146	22,0	1,6	5221	1024	19,6	1,4
bromfietsers	507	128	25,2	1,9	49375	12125	24,6	1,8	595	133	22,4	1,6	12334	2683	21,8	1,6
pers.auto's	668	217	32,5	2,7	31929	11857	37,0	3,3	2345	731	31,2	2,6	31011	9608	31,0	2,5
rest	168	37	22,0	1,6	7195	1561	21,7	1,6	385	96	24,9	1,9	4810	1068	22,2	1,6
totaal	2919	804	27,5	2,1	133136	36370	27,3	2,1	4380	1200	27,4	2,1	55351	14837	26,8	2,1

N.B. 1. Er is van uitgegaan dat het wegdek 15% van de tijd nat is geweest.
De noten 2 en 3 van tabel 1 zijn ook hier van toepassing.

Tabel 2. Aantallen doden en gewonden op nat wegdek

	Personenautobanden ¹		
	nat wegdek ²		droog wegdek ³
	50 km/h	100 km/h	100 km/h
μ_{xm}^1	0,9-1,1	0,8-1,0	0,8-1,2
μ_{xb}^1	0,5-0,7	0,4-0,6	0,7-1,2
μ_y^1	0,6-0,8	0,6-0,8	0,8-1,2

¹ radiaalbanden, nieuw, ingereden

² autosnelwegen inhaalstrook

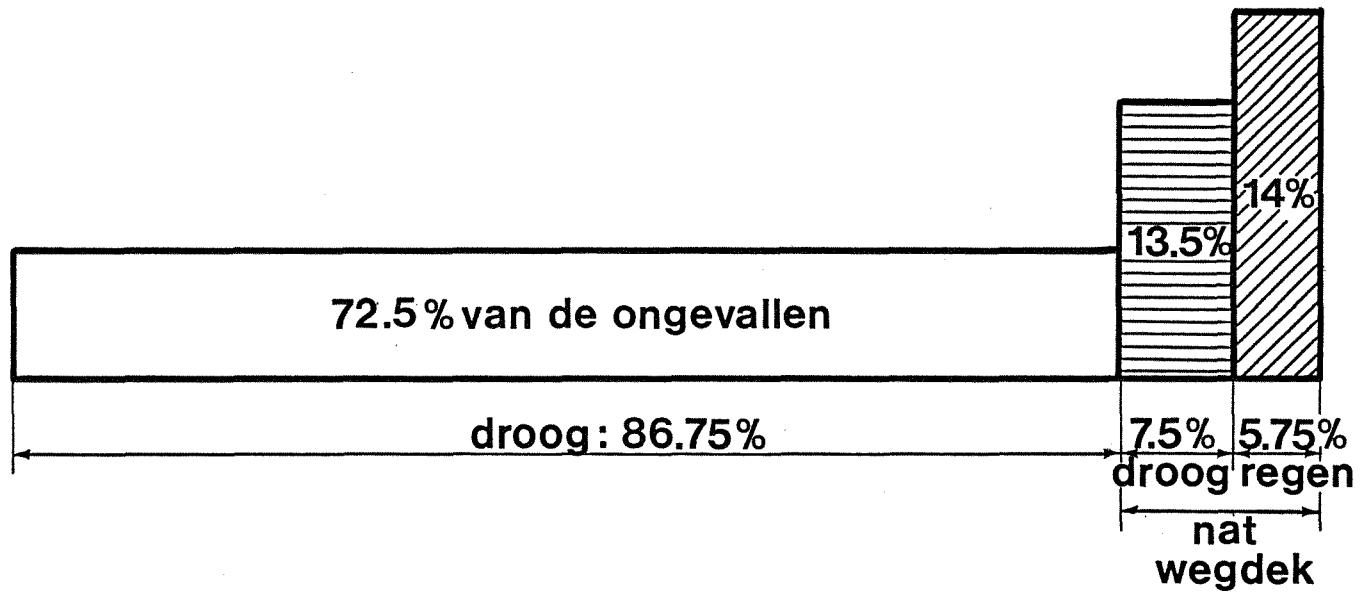
³ schatting

μ_{xm}^1 = maximale wrijvingscoëfficiënt in langsrichting

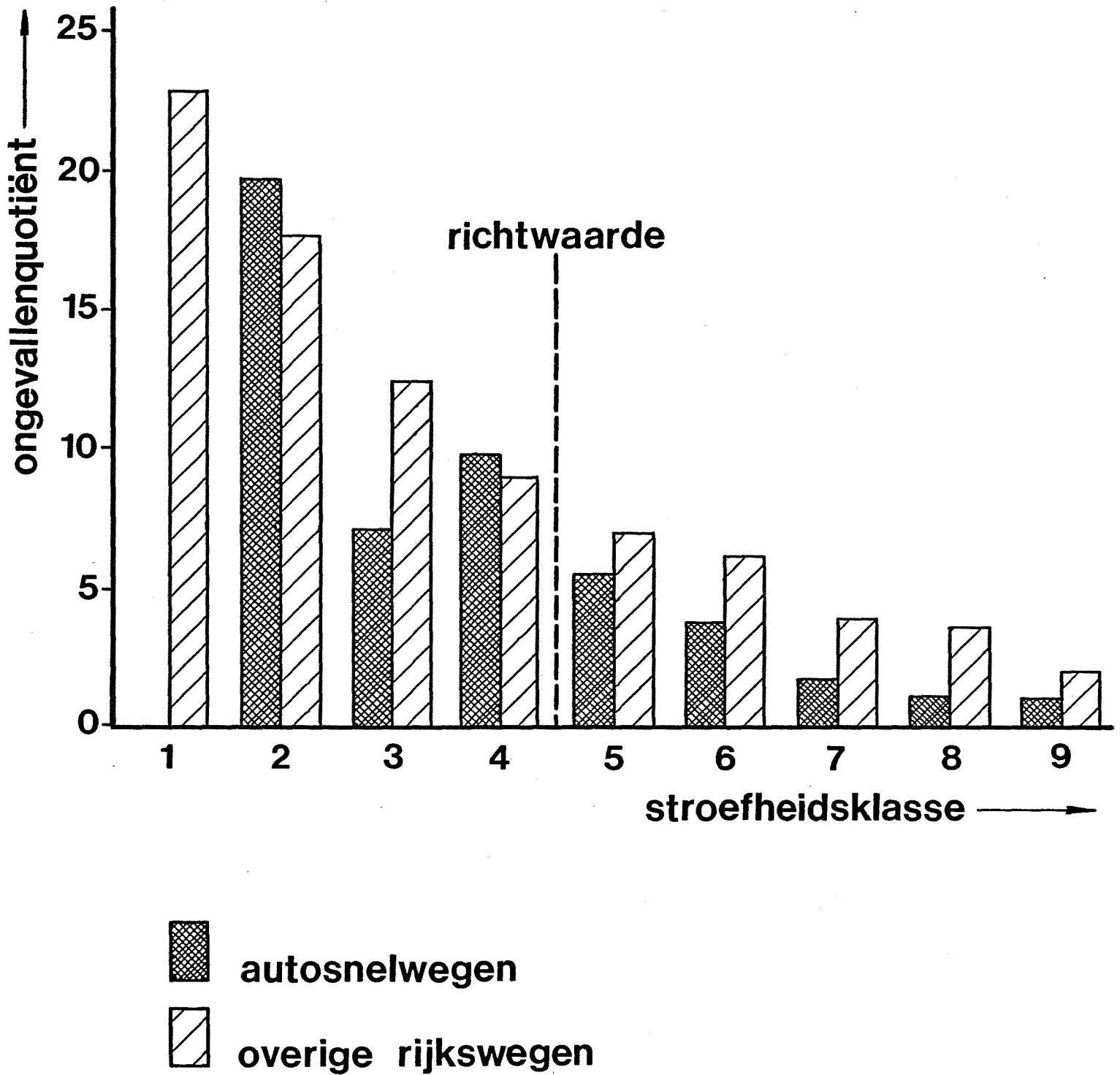
μ_{xb}^1 = wrijvingscoëfficiënt in langsrichting bij geblokkeerde wielen

μ_y^1 = wrijvingscoëfficiënt in dwarsrichting

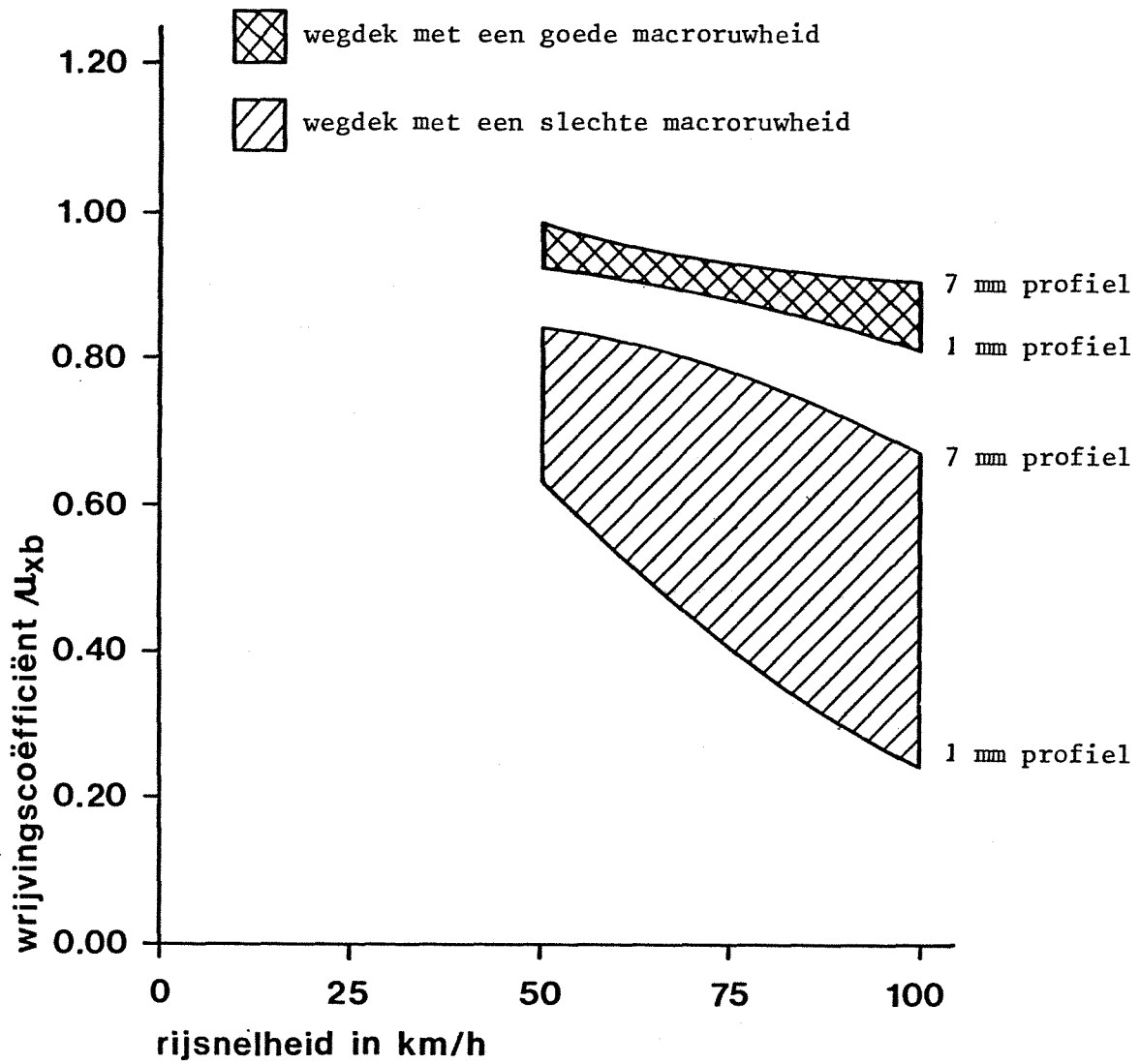
Tabel 3. Wrijvingscoëfficiënten



Afbeelding 1. Tijd-ongevallenschema op droog en nat (tijdens en na regen) wegdek



Afbeelding 2. De relatie tussen stroefheid en ongevallenquotiënt



Afbeelding 3. Wrijvingscoëfficiënt in langsrichting bij geblokkeerde wielen als functie van rijsnelheid, macroruwheid en profieldiepte