

ONGEVALLLEN OP NAT WEGDEK (II)

Maatregelen aan de weg

Artikel Verkeerskunde 30 (1979) 11: 552 t/m 555

R-79-28

Ir. A.G. Welleman

Voorburg, 1979

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

## Ongevallen op nat wegdek (II)

### Maatregelen aan de weg

#### Samenvatting

Er blijken vele factoren te zijn die kunnen bijdragen tot het ontstaan van ongevallen op nat wegdek (zie Schlösser & Doornekamp, 1979. SWOV R-79-27). De belangrijkste is echter de beschikbare wrijving tussen band en wegdek. Is die op een bepaald weggedeelte onvoldoende, dan zal het voor de automobilist die er een beroep op doet, moeilijk zijn door remmen en sturen zijn voertuig onder controle te houden.

In dit artikel wordt systematisch nagegaan welke maatregelen de wegbeheerder kan nemen om ongevallen op nat wegdek te bestrijden. Naast maatregelen om een goede ruwheid van het wegdek te garanderen en de dikte van de waterlaag te beperken, komt ook de informatieverschaffing aan de weggebruiker aan de orde.

De beschreven maatregelen betreffen zowel de vormgeving en de verhouding van de weg als ook het onderhoud van de weg. Tot slot is een overzicht opgenomen van de Nederlandstalige publikaties die betrekking hebben op de behandelde maatregelen.

## Wet-weather accidents (II)

### Measures concerning the road

#### Summary

There are many factors that can contribute to the occurrence of wet-weather accidents (see Schlösser & Doornekamp, 1979. SWOV R-79-27). But the principal one is the friction available between tyre and road surface. If this is insufficient on a given road section, it will be difficult for the motorists who makes use of it to keep his vehicle under control by braking and steering. This article examines systematically what measures road authorities can take to counteract wet-weather accidents. Besides measures aimed at guaranteeing good road-surface roughness and at limiting the thickness of the film of water, the provision of information to

road users is also discussed. The measures described relate to both design and paving of roads and also their maintenance. Lastly, a list is included of Dutch-language publications on the measures discussed.

## 1. INLEIDING

In Verkeerskunde van oktober jl. verscheen het eerste artikel van de serie "Ongevallen op nat wegdek". De SWOV-medewerkers ir. L.H.M. Schlösser en ir. J. Doornekamp behandelden daarin de omvang van het probleem en de risicobepalende factoren. Bovendien gaven zij aanknopingspunten voor het beleid van de wegbeheerder ter bestrijding van ongevallen op nat wegdek. Zij hebben met name suggesties gedaan voor het opsporen van plaatsen die bij nat wegdek een verhoogd risico opleveren voor automobilisten.

Er blijken vele factoren te zijn die kunnen bijdragen tot het ontstaan van ongevallen op nat wegdek. De belangrijkste is echter de beschikbare wrijving tussen band en wegdek. Is die op een bepaald weggedeelte onvoldoende, dan zal het voor de automobilist die er een beroep op doet, moeilijk zijn door remmen en sturen zijn voertuig onder controle te houden. In dit artikel zal systematisch worden nagegaan welke maatregelen de wegbeheerder kan nemen om ongevallen op nat wegdek te bestrijden. Naast maatregelen om een goede ruwheid van het wegdek te garanderen en de dikte van de waterlaag te beperken, zal ook de informatieverschaffing aan de weggebruiker aan de orde komen.

De uitwerking van de verschillende maatregelen blijft beperkt tot de hoofdzaken. Uitvoeringsdetails en kosten worden nauwelijks of niet behandeld. Indien men op grond van dit artikel mocht overwegen een bepaalde maatregel uit te voeren, verdient het aanbeveling eerst de bestaande literatuur over de betreffende maatregelen te raadplegen. Daarnaast kan men contact opnemen met ter zake kundige adviesbureaus of, als het om rijkswegen gaat, met het Rijkswegenbouwlaboratorium te Delft.

## 2. CATEGORIEËN VAN VERKEERSVEILIGHEIDSMATREGELEN

De kwaliteit van het verkeerssysteem kan worden beschreven aan de hand van vier hoofdgroepen van kenmerken (Asmussen, 1973):

- operationele aspecten, zoals reissnelheid, oponthoud, comfort, frequentie en regelmaat;
- kosten, bijvoorbeeld voor de weginfrastructuur, politie en justitie, overheidsapparaat;
- milieu, waarbij te denken valt aan geluidshinder, luchtverontreiniging en visuele vervuiling;
- verkeersonveiligheid, bijvoorbeeld uit te drukken in aantallen verkeersslachtoffers.

In dit artikel worden alleen maatregelen behandeld die betrekking hebben op de verkeersonveiligheid. De besproken maatregelen zijn slechts een deel van het geheel van mogelijke maatregelen.

In het geheel van mogelijke maatregelen kan de volgende hiërarchie worden aangebracht (Asmussen, 1976; SWOV, 1973):

1. maatregelen gericht op beperking van de vervoersprestatie (een maat voor de lengte van verplaatsingen van personen en goederen) bij een gegeven aantal inwoners;
2. maatregelen gericht op beperking van de verkeersprestatie (een maat voor de lengte van verplaatsingen van voertuigen) bij een gegeven vervoersprestatie;
3. maatregelen gericht op verlaging van het aantal ongevallen bij een gegeven verkeersprestatie;
4. maatregelen gericht op verlaging van het aantal slachtoffers bij een gegeven aantal ongevallen.

Naarmate maatregelen op een lager niveau worden getroffen, wordt het gevaar groter dat alleen symptomen worden bestreden, waarvan de oorzaken aangepakt zouden kunnen worden bij een goede besluitvorming op een hoger niveau. Aan de andere kant kunnen maatregelen op een hoger niveau een wezenlijke aantasting betekenen van het doel van het verkeerssysteem, namelijk het verplaatsen van goederen en personen. Dit geldt het sterkst wanneer men de vervoersprestatie gaat beperken en daarmee mensen niet meer vrij laat beslissen over

het al dan niet uitvoeren van een verplaatsing. In iets mindere mate geldt dit ook voor maatregelen die de verkeersprestatie beïnvloeden en gericht zijn op de keuze van het vervoermiddel door de verkeersdeelnemer. Beslissingen over maatregelen op het eerste en tweede niveau worden over het algemeen dan ook niet genomen door uitvoerende instanties, maar door politieke organen. De mogelijkheden van de wegbeheerders betreffen met name maatregelen op het derde en vierde niveau. Beslissingen over zulke maatregelen moeten echter wel in overeenstemming zijn met beslissingen die op een hoger niveau genomen zijn.

Maatregelen ter vermindering van de ernst van ongevallen (vierde niveau) zijn niet specifiek van toepassing voor de betreffende korte periode dat het wegdek nat is (gemiddeld slechts 12 tot 15 procent van de tijd). Geleiderailconstructies, obstakelbeveiligers, botsvriendelijke lichtmasten enz. werken ook op droog wegdek, al zal de kans op benutting groter zijn wanneer het wegdek nat is. Een en ander betekent dat de maatregelen die in hoofdzaak zijn gericht op verlaging van het aantal ongevallen (derde niveau), het meest effectief zullen zijn. Dit soort pre-crashmaatregelen beoogt het veiliger maken van het mens-voertuig-weg-systeem. Ze richten zich op het menselijk gedrag, het voertuig, de weg, de omgeving en omstandigheden als lichtgesteldheid en weer.

De mogelijkheden van de wegbeheerder om pre-crashmaatregelen te nemen beperken zich vooral tot de weg. Aangetoond is dat overlast voor de weggebruiker op nat wegdek vooral afhankelijk is van de dikte van de waterfilm die boven de toppen van de oneffenheden van het verhardingsoppervlak aanwezig is. Een dikke waterlaag leidt niet alleen tot een afname van de beschikbare wrijvingskrachten tussen band en wegdek, maar ook tot zichtvermindering door opspattend water, verblinding door weerkaatst licht van de zon of van autokoplampen en tot minder goede zichtbaarheid van de markering. Het is de verantwoordelijkheid van de wegbeheerder een weg zodanig te ontwerpen, te verharden en te onderhouden dat plasvorming voorkomen wordt. Waar plasvorming niet te vermijden is, moeten maatre-

gelen getroffen worden om eventuele negatieve gevolgen ervan zo veel mogelijk te beperken. In de nu volgende hoofdstukken komen maatregelen aan de orde die de wegbeheerder autonoom kan treffen.

### 3. HET ONTWERP VAN DE WEG

De verantwoordelijkheid van de wegontwerper omvat de geometrie van de weg (tracé, langs- en dwarsprofiel), alsook de informatieverschaffing aan de weggebruiker. Om het ontstaan van ongevallen op nat wegdek zoveel mogelijk te voorkomen, zal de wegontwerper op een aantal zaken moeten letten.

#### De geometrie

De wegontwerper moet er naar streven dat de weggebruiker geen onverwachte sturbewegingen hoeft te maken of drastisch snelheid moet minderen.

De plaatsen waar de weggebruiker vaak moet remmen zijn: kruispunten, uitvoegstroken, plaatsen waar regelmatig files optreden. Men dient te vermijden dat deze locaties komen te liggen in bochten of op neerwaartse hellingen, omdat daar grotere wrijvingskrachten nodig zijn om te kunnen remmen, terwijl de beschikbare wrijvingskrachten er juist geringer zijn (Eldik Thieme, 1971).

Met name op plaatsen waar de weggebruiker vaak moet remmen of sturen, moeten gesloten waterlagen op het wegdek vermeden worden. Daarvoor is een goede combinatie van dwars- en langshelling van het wegdek nodig, bijvoorbeeld bij verkantingsovergangen (Brevoord, 1974; Welleman, 1976). Op die plaatsen dient vermeden te worden dat door windopstuwung de waterafvoer wordt belemmerd. Ook thermoplastische markeringen mogen er de waterafvoer niet belemmeren.

In afbeelding 1 wordt geïllustreerd welke ongunstige invloed de waterlaag heeft op de langskrachten die tussen band en wegdek kunnen worden overgebracht. Ook op de dwarskrachten heeft de waterlaag een dergelijk ongunstig effect.

#### De informatieverschaffing

Zichtvermindering en verblinding bemoeilijken de rijtaak van een weggebruiker die op een nat wegdek rijdt soms sterk. Onder die omstandigheden is goede informatie over de vormgeving van de weg,



en in het bijzonder over discontinuïteiten daarin (bochten, gelijkvloerse kruisingen enz.), erg belangrijk. Informatieverschaffing door middel van duidelijke borden, bebakening en markering stelt de weggebruiker in staat de vóór hem gelegen wegsituatie te voorspellen. Daardoor kan onverwacht remmen of sturen in veel gevallen worden voorkomen, zodat dan ook geen beroep hoeft te worden gedaan op de tussen band en wegdek beschikbare wrijvingskrachten.

#### 4. DE VERHARDING VAN DE WEG

Gegeven de geometrie van de weg (tracé, langs- en dwarsprofiel) kunnen ook voor de verhardingsconstructeur een aantal aandachtsgebieden worden aangegeven. Een goede keuze van de te gebruiken materialen en van de samenstelling van het asfaltmengsel kan bewerkstelligen dat geen waterlagen ontstaan, dan wel dat de dikte daarvan beperkt blijft. Daarnaast kan aan het verhardingsoppervlak een zodanige micro- en macroruwheid worden gegeven dat de ongunstige invloed van een toch aanwezige waterlaag op de wrijving tussen band en wegdek minimaal blijft. In afbeelding 2 wordt een schematisch overzicht gegeven van de verschillende soorten textuur. Afbeelding 3 laat zien welke invloed micro- en macroruwheid bij verschillende voertuigsnelheden hebben op de langskrachten die tussen band en wegdek kunnen worden overgebracht (RWS/RWL, 1971; Elsenaar, 1973; Schlösser et al., 1975; Welleman, 1977).

##### Zeer open asfaltbeton

De allerbeste garantie voor een voldoende hoge wrijving is het ontbreken van elke waterlaag, ongeacht de dikte. Dat kan bereikt worden als het water dat op de verharding valt, direct door het oppervlak heen wordt afgevoerd en in de bovenste verhardingslaag wordt geborgen. Dit vereist een toplaag met een zeer hoog 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. Het wordt meestal zeer open asfaltbeton genoemd.

In Nederland is dit materiaal vooral onderzocht op initiatief van de Stichting Studiecentrum Wegenbouw en van het Rijkswegenbouwlaboratorium (SCW, 1976 en 1977; Welleman, 1977). De conclusie kan zijn dat zeer open asfaltbeton een materiaal is dat op grote schaal kan worden toegepast om wateroverlast te bestrijden. Daarbij wordt niet alleen gedacht aan de krachten die tussen band en wegdek kun-

nen worden overgebracht. Vooral ook de drastische reductie van de overlast ten gevolge van spat- en stuifwater en de relatief goede reflectie-eigenschappen bij regenachtig weer verdienen vermelding. 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 wrijvingskrachten tussen band en wegdek worden er echter nauwelijks door beïnvloed. Een ander probleem is de gladheidsbestrijding 's winters. Vooral bij sneeuwval vergt een weggedeelte met een top-laag van zeer open asfaltbeton extra aandacht.

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.

#### Keuze mengselsamenstelling met het oog op rijspoorvorming

Bij toepassing van de gebruikelijke verhardingsmaterialen is het onvermijdelijk dat tijdens of kort na regenval op sommige plaatsen een gesloten waterlaag op het wegdek aanwezig is. De verhardings-constructeur kan de dikte van de waterlaag beperken op het moment dat hij kiest uit de beschikbare materialen. Deze keuze heeft namelijk een belangrijke invloed op het tempo en de mate waarin zich rijsporen zullen vormen. Juist in rijsporen ontstaan vaak waterlagen met een grote dikte. Zo is bij een rijspoordiepte van 17 mm en een dwarshelling van 2,5 procent de dikte van de waterlaag in het rijspoor in theorie 5 à 6 mm! Een dergelijke waterlaag reduceert de wrijvingskrachten tussen band en wegdek in zeer sterke mate. Een rijspoordiepte van 17 mm is momenteel voor rijkswegen nog net toegestaan; een dwarshelling van 2,5 procent is voorgeschreven voor nieuw aan te leggen wegen (RWS, 1975). In afbeelding 4 is aangegeven hoe dik de waterlaag in theorie kan zijn bij verschillende rijspoordiepten en dwarshellingen.

Ter beperking van rijspoorvorming en daarmee van de wateroverlast is het onder andere noodzakelijk om meer stabiele asfaltbetonmengsels toe te passen (SCW, 1969) of zelfs cementbetonmengsels.

### De macroruwheid van het verhardingsoppervlak

In Nederland wordt als maat voor de macroruwheid van een verhardingsoppervlak meestal de textuurdiepte gehanteerd (RWS/RWL, 1971). Dit is de gemiddelde diepte van de ruimtes tussen de oneffenheden van een wegdek. Met het toenemen van deze textuurdiepte zal de waterlaag op het verhardingsoppervlak dunner worden, zij het slechts weinig (Welleman, 1977). Dit is dan ook niet het belangrijkste argument om bij de samenstelling van het mengsel voor de toplaag te streven naar een grote textuurdiepte. Veel belangrijker is dat het kanalenstelsel dat hierdoor ontstaat, kan zorgen voor een snelle waterafvoer uit het contactvlak tussen band en wegdek. Een goede macroruwheid van het wegdek kan daaraan meer bijdragen dan een goede vorm en diepte van het bandprofiel (Dijks, 1975).

Als het grootste deel van het water uit het contactvlak is afgevoerd, zal zich tussen het rubber van de band en de steentjes aan het oppervlak van de verharding een vliesdunne waterfilm bevinden. In dat geval wordt de omvang van wrijvingskrachten tussen band en wegdek hoofdzakelijk bepaald door de energieverliezen die optreden bij het indrukken en weer uitzetten van het rubber van de band, de zgn. hysteresis. Deze hysteresis is groter naarmate de textuurdiepte groter is.

Uit de resultaten van metingen door het Rijkswegenbouwlaboratorium (Welleman, 1977) blijkt dat de wrijvingskrachten tussen een band en een nat wegdek bij alle snelheden en bij nagenoeg elke waterlaagdikte groter zijn naarmate de textuurdiepte toeneemt.

### De microruwheid van het verhardingsoppervlak

De vliesdunne waterfilm die zich ook bij een goede macroruwheid nog op het verhardingsoppervlak kan bevinden, kan doorbroken worden door kleine, scherpe punten in het wegdek. Dit als gevolg van de plaatselijk hoge vlaktedruk. De punten zullen het loopvlakrubber van de band binnendringen, waardoor adhesiekrachten kunnen worden overgebracht tussen band en wegdek. Het effect daarvan is te zien in afbeelding 3.

Bij de keuze van de steenmaterialen voor de toplaag moet ook rekening worden gehouden met de afname van de ruwheid van het verhardingsoppervlak ten gevolge van polijsting door het verkeer (RWS/RWL, 1972 en 1977).

De genoemde aandachtsgebieden voor de verhardingsconstructeur zijn niet locatiegebonden. Het ligt voor de hand dat toepassing van de maatregelen voor nieuw aan te leggen wegen in eerste instantie zal worden overwogen voor locaties waarvan verwacht mag worden dat de weggebruiker er vaak moet remmen en sturen. Voor te reconstrueren weggedeelten moet de aandacht vooral uitgaan naar locaties waar ongevallen op nat wegdek hebben plaatsgevonden.

## 5. HET ONDERHOUD VAN DE WEG

Bij nieuw aan te leggen en te reconstrueren wegen is het mogelijk zowel bij de geometrische vormgeving als bij het ontwerp van de verhardingsconstructie rekening te houden met de meest recente kennis over wegontwerp en verhardingstechnologie.

Het grootste gedeelte van de bestaande wegen in Nederland zal niet met deze kennis in overeenstemming zijn. Wanneer onvolkomenheden in de weggeometrie en in de opbouw en samenstelling van de verhardingsconstructie de veiligheid van de weggebruiker ongunstig beïnvloeden, zullen deze onvolkomenheden door de wegbeheerder opgeheven moeten worden. Bij de bestrijding van wateroverlast op wegdekken staat de wegbeheerder zeker niet met lege handen. Een aantal maatregelen zal nu de revue passeren.

### Het verwijderen van rijsporen

Indien de wateroverlast voornamelijk komt door de aanwezigheid van rijsporen, kunnen de volgende maatregelen worden overwogen.

a. Uitvullen. Een belangrijke eis aan de te gebruiken materialen is, dat een wegdek wordt gerealiseerd dat ook bij hogere rij snelheden stroef is. Materialen die een textuurloos of dicht oppervlak opleveren, voldoen bij nat wegdek niet aan die eis.

b. Vlakkfreen van het verhardingsoppervlak. Deze maatregel, die steeds meer opgang doet, is mogelijk als de verharding voldoende draagvermogen heeft en nog in een goede constructieve staat verkeert (Gerardu & Van der Zwan, 1979). Bedenk echter dat de spoorvorming na het vlakkfreen weer doorzet.

c. Het aanbrengen van een nieuwe toplaag. Indien de verharding naast onvlakheid van het oppervlak ook constructieve gebreken vertoont, wordt in veel gevallen een nieuwe toplaag aangebracht. Omdat de nieuwe laag niet overal even dik zal zijn en de verkeersbelasting niet op elke plaats in het dwarsprofiel even groot is, kan al vrij spoedig na aanleg van de nieuwe laag opnieuw onvlakheid optreden. Dat is afhankelijk van de stabiliteit van het verhardingsmateriaal, zowel van de nieuwe toplaag als van de daaronder gelegen verhardings-

constructie. Als vóór het aanbrengen van de nieuwe toplaag het verhardingsoppervlak wordt vlakgefreesd, zal het opnieuw optreden van onvlakheid langer uitblijven. Ook het uitfrezen van de gehele oude toplaag kan worden overwogen.

#### Het aanbrengen van dwarsgootjes

Als wateroverlast ontstaat ten gevolge van afstroming langs lijnen die ongeveer parallel lopen aan de wegas, dus over grote lengte, kan de aanleg van dwarsgootjes een oplossing bieden. De aanleg van dergelijke gootjes behoeft, mits zorgvuldig uitgevoerd, geen probleem op te leveren. De kosten van deze oplossing zijn zeer acceptabel (Welleman, 1976). Bij een goede constructie van de gootjes is de voelbare hinder voor het verkeer verwaarloosbaar; van een vermeend vergelijkbaar effect als van rij-ijzers bij viaducten is tot nu toe niet gebleken. Voor een goed functioneren van de gootjes is regelmatige reiniging gewenst.

#### Het verbeteren van de macroruwheid

Indien een verhardingsoppervlak geen constructieve gebreken vertoont, maar wel een onvoldoende macroruwheid heeft, kunnen diverse maatregelen worden overwogen.

Frezen van dwarsgroeven is er één van. Behalve dat de wrijvingskrachten tussen band en wegdek toenemen, worden door het aanbrengen van de groeven de reflectie-eigenschappen van het (natte) verhardingsoppervlak verbeterd (Welleman, 1977). De effectieve levensduur van deze groeven is gering wanneer ze worden aangebracht in asfaltbetommengsels. Vooral bij hoge verkeersintensiteiten en als het mengsel weinig grote stenen bevat. De levensduur van de groeven is uiteraard veel groter als ze zijn aangebracht in een cementbetonverharding.

(Ook langsgroeven zullen de wrijving tussen band en wegdek vergroten. Ze zijn goedkoper aan te brengen dan dwarsgroeven. Toch wordt deze oplossing niet aanbevolen vanwege de negatieve invloed op het rijgedrag van motorrijders; zie Blaauw & Godthelp, 1978.)

Zoals al eerder gesteld, verhindert zeer open asfaltbeton dat gesloten waterlagen op het verhardingsoppervlak ontstaan (behalve onder extreme omstandigheden). Daarnaast geeft dit materiaal een goede macroruwheid aan het verhardingsoppervlak. Dit laatste effect kan waarschijnlijk ook bereikt worden met dunnere lagen (2 à 3 cm) zeer open asfaltbeton. Hiermee wordt momenteel geëxperimenteerd.

Een maatregel waarmee meer ervaring is opgedaan dan met de twee hiervoor behandelde, is het uitvoeren van een oppervlaktebehandeling (SCW, 1970; Den Dopper, 1977). Hierbij wordt, vooral uit kostenoverwegingen, meestal eerst gedacht aan een behandeling met een bitumineus bindmiddel. Toepassing ervan vindt op grote schaal plaats. Door een onzorgvuldige uitvoering of plotselinge weersverandering kan zo'n oppervlaktebehandeling echter volkomen mislukken. Direct na de aanleg geven niet of nog niet gebonden steentjes bovendien kans op breuk van autoruiten. Een ander bezwaar is dat de levensduur van een dergelijke oppervlaktebehandeling sterk bekort kan worden door lange perioden met hoge temperaturen.

Kunsthars als bindmiddel ondervangt een deel van deze bezwaren. Met name als een steenmateriaal met hoge polijstwaarde gebruikt wordt, ontstaat een blijvend grove en scherpe textuur. Vanwege de hoge kosten van een oppervlaktebehandeling met kunsthars als bindmiddel zal toepassing vooralsnog beperkt blijven tot zorgvuldig geselecteerde wegsituaties. Kruisingsvlakken van verkeersaders, bijvoorbeeld (SCW, 1965, 1968 en 1974; RWS/RWL, 1972).

### Informatieverschaffing

De informatieverschaffing op en langs de weg vereist voortdurend onderhoud om, met name onder ongunstige weers- en lichtgesteldheid, een goede zichtbaarheid van de borden en de bebakening te garanderen. Herstel- en reinigingswerkzaamheden moeten regelmatig plaats vinden.

Markeringen hebben vooral bij ongunstige licht- en weersomstandigheden een belangrijke verkeersgeleidende functie (Schreuder, 1978). Toepassing van thermoplastische markeringsmaterialen is bedoeld om



de markering ook bij nat wegdek goed zichtbaar te maken. Wel moet er voor gewaakt worden dat deze markering niet de afstroming van regenwater belemmert. Vooral op langshellingen kan zich naast zo'n markering een flinke hoeveelheid water verzamelen die hellingafwaarts stroomt. Op dergelijke plaatsen moet de markering dan ook bestaan uit een verfstreep, tenzij de thermoplast op geregelde afstanden wordt onderbroken. Het opsporen van dergelijke plaatsen vereist regelmatige inspectie van wegen bij regenval en kort daarna. Ook om andere redenen wordt zo'n inspectie aanbevolen. Op die wijze kunnen namelijk plaatsen worden opgespoord waar onnodig water op de verharding blijft staan. Te denken valt aan diepe rijsporen, aan te hoge bermkanten, aan onzorgvuldig uitgevoerde langs- en dwarsnaden enz.

## 6. SLOTPMERKINGEN

Over maatregelen ter bestrijding van ongevallen op nat wegdek is een groot aantal publikaties in diverse talen verschenen. Voor velen die betrokken zijn bij de wegenbouw of het wegonderhoud is het bijna ondoenlijk uit al die publikaties snel de juiste informatie te verkrijgen. De publicitaire activiteiten van met name de Stichting Studiecentrum Wegenbouw en het Rijkswegenbouwlaboratorium van Rijkswaterstaat hebben er echter toe bijgedragen dat veel vakliteratuur beschikbaar is in de Nederlandse taal. Deze literatuur is goed toegankelijk. In de literatuurlijst wordt daarom niet alleen de voor dit artikel geraadpleegde literatuur vermeld, maar zijn ook andere Nederlandstalige publikaties over de behandelde maatregelen opgenomen.

LITERATUUR

Asmussen, E. (1973). Wetenschappelijk onderzoek naar het verkeers- en vervoersysteem, toegespitst op de verkeersveiligheidsaspecten. De Ingenieur 85 (1973) 20 (17 mei): p. 410-413.

Asmussen, E. (1976). Beleid onderbouwd. In: SWOV-congres Toekomst in veiligheid. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, 1976.

Blaauw, G.J. & Godthelp, J. (1978). Het rijgedrag van motorrijders op verschillende wegdekken. Verkeerskunde 29 (1978) 2 (febr.): p. 119-123.

Brevoord, G.A. (1974). De verkanting in bogen en de overgang van de verkanting. Wegen 48 (1974) 9 (sept.): p. 267-273.

Brevoord, G.A. (1975). De toelaatbare minimum boogstraal bij een negatieve verkanting. In: Mexico 1975, 15e Internationale Wegencongres, de Nederlandse bijdrage: p. 118-120. Stichting Studiecentrum Wegenbouw, Arnhem, 1975.

Cate, A.J. ten (1974). Bruikbare stroefheidscijfers voor het ontwerp van bogen. Wegen 48 (1974) 8 (aug.): p. 229-234.

Dijks, A. (1975). Invloedsfactoren op de slipweerstand van autobanden op natte wegdekken. Wegen 49 (1975) 9 (sept.): p. 263-270.

Dopper, R.H.W. den (1977). Actualiteiten en verslagen van buitenlandse congressen. Wegen 51 (1977) 12 (dec.): p. 398-401.

Eldik Thieme, H.C.A. van (1971). Het gedrag van banden op natte wegdekken. I. De wrijvingscoëfficiënt van banden op natte wegdekken. De Ingenieur 83 (1971) 24 (18 juni): p. V15-V25.

Elsenaar, P.M.W. (1970). Stroefheid van wegdekken. In: Voorzieningen voor het wegverkeer op hoofdverkeerswegen. Preadviezen Congresdag 1970: p. 42-111. Vereniging Het Nederlandsche Wegencongres, 's-Gravenhage, 1970.

Elsenaar, P.M.W. (1973). De relatie tussen wegoppervlak en de stroefheid. In: Verslag Verkeerstechnische Leergang 1973: p. 58-75. Koninklijke Nederlandse Toeristenbond ANWB, 's-Gravenhage (z.j.).

Gerardu, J.J.A. & Zwan, J.Th. van der (1979). Het frezen van asfaltbetonverhardingen. OTAR 64 (1979).

Kop, A.R. (1975). Afwerking van het oppervlak van een betonweg. Wegen 49 (1975) 6 (juni): p. 204-208.

Paar, H.G. (1973). De relatie tussen de stroefheid van wegdekken en de ongevallenkans. In: Verslag Verkeerstechnische Leergang 1973: p. 49-56. Koninklijke Nederlandse Toeristenbond ANWB, 's-Gravenhage (z.j.).

RWS (1975). Richtlijnen voor het ontwerpen van autosnelwegen. Rijkswaterstaat, 's-Gravenhage, 1975.

RWS (1978). Eisen 1978 voor bouwstoffen in de wegenbouw. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage, 1978.

RWS (1978). Voorschriften voor uitvoering en controle van wegverhardingen 1978. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage, 1978.

RWS/RWL (H. Schram & J.M. Arnst) (1971). Textuurdieptemetingen op rijkswegen. Rijkswegenbouwlaboratorium, Delft, 1971.

RWS/RWL (1972). Kunsthar sproefvakken op rijksweg 4. Rijkswegenbouwlaboratorium, Delft, 1972.

RWS/RWL (1977). Verslag der werkzaamheden 1976. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage, 1977.

RWS/RWL (1978). Stroef maken van gladde asfaltwegen met overmaat bindmiddel in het oppervlak. Wegwijzer nr. 14. Rijkswegenbouwlaboratorium, Delft, 1978.

RWS/RWL (1978). Stroef maken van door polijsting glad geworden wegen. Wegwijzer nr. 15. Rijkswegenbouwlaboratorium, Delft, 1978.

Schlösser, L.H.M. et al. (1975). Ongevallenonderzoek en onderzoek naar de factoren die de wrijvingscoëfficiënt tussen band en wegdek bepalen. In: Mexico 1975, 15e Internationale Wegcongres, de Nederlandse bijdrage: p. 124-136. Stichting Studiecentrum Wegenbouw, Arnhem, 1975.

Schreuder, D.A. (1978). Zichtbaarheid van wegmarkeringen op natte wegen; een literatuurstudie. Stichting Studiecentrum Wegenbouw/ Studiecentrum Verkeerstechniek, Arnhem, 1978.

SCW (C. van de Fliert) (1965). Kunstharsen in de wegenbouw; een literatuurstudie. Mededeling 16. Stichting Studiecentrum Wegenbouw, Arnhem, 1965.

SCW (A.J. van Neste) (1968). Kunstharsen op stalen en houten brugdekken. Mededeling 18. Stichting Studiecentrum Wegenbouw, Arnhem, 1968.

SCW (1969). Spoor- en ribbelvorming bij bitumineuze constructies. Mededeling 23. Stichting Studiecentrum Wegenbouw, Arnhem, 1969.

SCW (1970). Oppervlaktebehandeling. Mededeling 25. Stichting Studiecentrum Wegenbouw, Arnhem, 1970.

SCW (D. Hogervorst) (1974). Kunstharsslijtlagen op brugdekken. Mededeling 33. Stichting Studiecentrum Wegenbouw, Arnhem, 1974.

SCW (1976). International Symposium on Porous Asphalt. Record 2. Stichting Studiecentrum Wegenbouw, Arnhem, 1976.

SCW (1977). Asfaltdeklagen met gemodificeerde oppervlaktetextuur. Mededeling 42. Stichting Studiecentrum Wegenbouw, Arnhem, 1977.

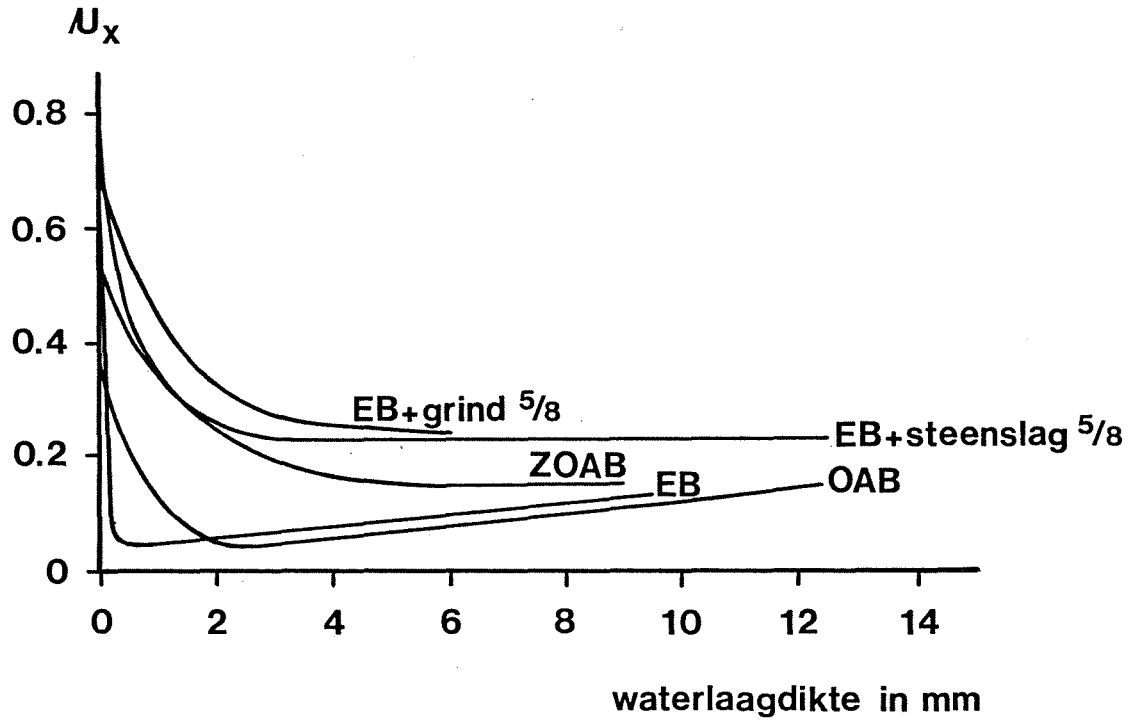
SWOV (1973). Wording en werk. Publikatie 1973-4N. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Voorburg, 1973.

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.

Welleman, A.G. (1976). De verkantingsovergang bij regenval. Wegen 50 (1976) 5 (mei): p. 143-155.


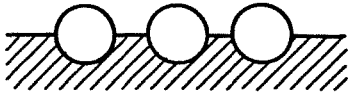


Welleman, A.G. (1977). Water op de weg. Publikatie L. Stichting Studiecentrum Wegenbouw, Arnhem, 1977.

Westerduin, B. (1974). Richtlijnen voor het ontwerpen van wegen buiten de bebouwde kom. In: Wegontwerp en wegverlichting tegen de achtergrond van de verkeersveiligheid. Preadviezen Congresdag 1974: p. 41-110. Vereniging Het Nederlandsche Wegencongres, 's-Gravenhage, 1974.



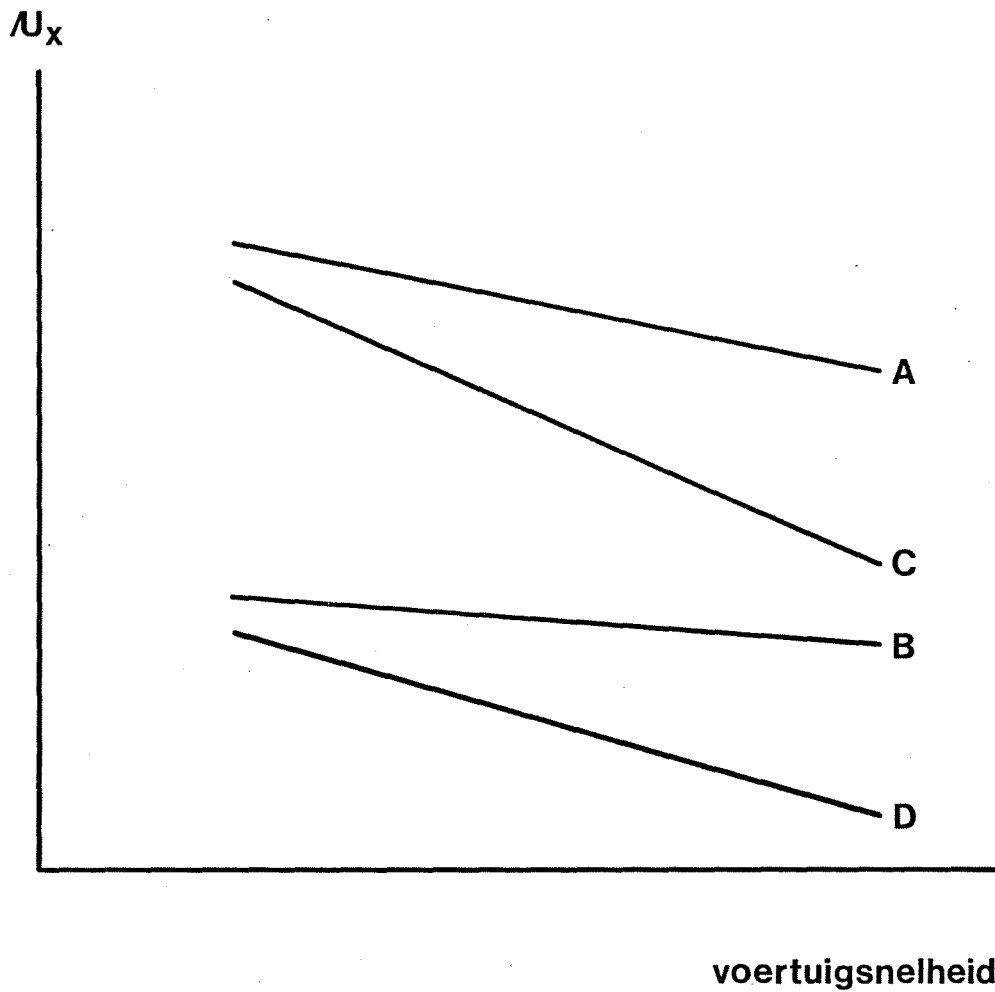
- EB = epoxybitumen
- OAB = open asfaltbeton
- ZOAB = zeer open asfaltbeton

Afbeelding 1. Langskrachtcoëfficiënt  $\mu_x$  als functie van de waterlaagdikte op verschillende verhardingsoppervlakken, bij een voertuigsnelheid van 102 km per uur (bron: Welleman, 1977).

verhardingsoppervlak		textuur	
		macro	micro
A		grof	ruw
B		grof	gepolijst
C		fijn	ruw
D		fijn	gepolijst

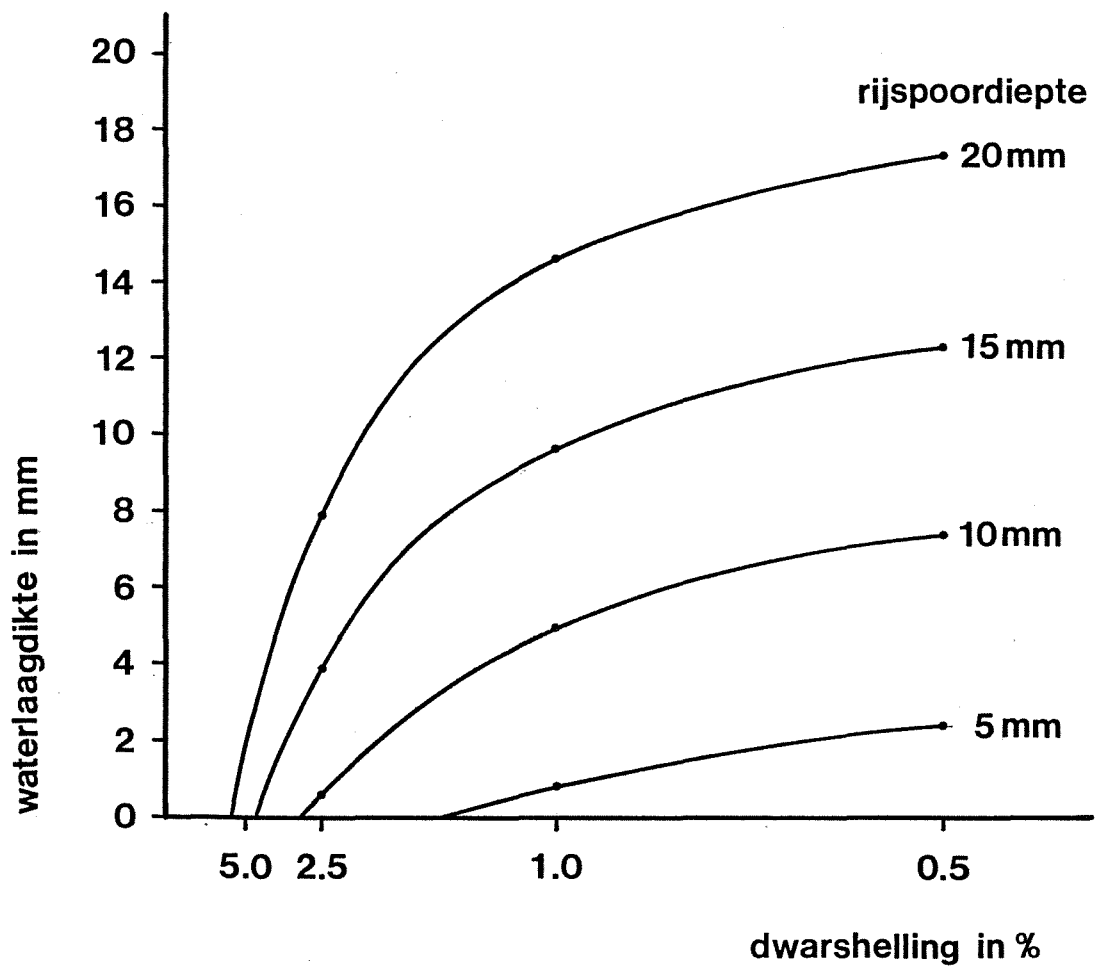
Afbeelding 2. Schematisch overzicht van de texturen van een wegdek  
(bron: Eldik Thieme, 1971).





De letters A t/m D staan voor wegdekken met een verschillende micro- en macroruwheid (zie afbeelding 2)

Afbeelding 3. Schematische weergave van de invloed van micro- en macroruwheid van een wegdek op de langskrachtcoëfficiënt  $\mu_x$  als functie van de voertuigsnelheid.



Afbeelding 4. De dikte van de waterlaag in een tot de rand gevuld rijspoor, als functie van de dwarshelling en de rijspoordiepte (bron: Welleman, 1977).