

EXPERIMENTEEL MULTIFACTORONDERZOEK NAAR FACTOREN DIE DE
BESCHIKBARE WRIJVINGSKRACHTEN TUSSEN BANDEN EN NATTE
WEGDEKKEN BEINVLOEDEN

Tweede fase: Functionele eisen aan wegdekken

R-78-34

Werkgroep Banden, Wegdekken en Slipongevallen, Subcommissie I
Voorburg, 1978

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

1. <u>INHOUD</u>	blz.
1. <u>Inhoud</u>	
2. <u>Samenvatting</u>	4
3. <u>Definities, begrippen en symbolen</u>	5
4. <u>Inleiding</u>	6
5. <u>Doel van het onderzoek</u>	8
6. <u>Samenvatting van de resultaten van de eerste fase</u>	9
7. <u>Uitgangspunten voor de tweede onderzoekfase</u>	10
7.1. Proefopzet van de tweede fase	10
7.2. Factoren die op verschillende niveaus ingesteld worden	11
7.3. Factoren die op een constant niveau ingesteld worden	14
7.4. Factoren die niet ingesteld kunnen worden	16
8. <u>Verwachte invloed van de factoren op de rem- en spoorkrachtcoëfficiënten</u>	17
8.1. Wegdektype	17
8.2. Bandtype	18
8.3. Snelheid	18
8.4. Profieldiepte	18
9. <u>Verwachte invloed van het onderzoek op beleidsbeslissingen</u>	19
10. <u>Presentatie van de meetresultaten</u>	21
10.1. Verslag van de experimenten en de voorbereidingen	21

10.2. Resultaat van de metingen	22
10.3. Beschrijving van de meetresultaten	24
11. <u>Interpretatie van de meetresultaten</u>	26
11.1. Opstellen mathematische relatie	26
11.2. Toepassingen in het praktijkgebied	29
12. <u>Conclusies en aanbevelingen</u>	31
12.1. Eerste-orde factoren van belang voor de slipweerstand	31
12.2. Aanbevelingen voor overheidsmaatregelen	32
13. <u>Literatuurverwijzingen</u>	34
Bijlage 1. Samenstelling Subcommissie I van de Werkgroep "Banden, Wegdekken en Slipongevallen"	
Bijlage 2. Rapport slipongevallen Weg-band fase 2 IWIS-TNO	
Bijlage 3. Wegdekkenmerken	
Aanhangsel 1 Memorandum SV 73-46 van het Rijkswegenbouwlaboratorium	
Aanhangsel 2 Rapport Ruwheidsmeting 4e kwartaal 1969 TPD-TNO-TH Delft	
Aanhangsel 3 Memorandum van het Rijkswegenbouwlaboratorium over verwerking van replika's	
Bijlage 4. Bandkenmerken	
Aanhangsel 1 Overzicht van de voor de selectie gebruikte bandtypen en hun kenmerken	
Aanhangsel 2 Multivariate analyse van 18 banden op 6 kenmerken	
Aanhangsel 3 Multivariate analyse van 12 banden op 8 kenmerken	
Aanhangsel 4 Rapport no 360/'73 KRI-TNO	
Bijlage 5. Metingen voor de 2e fase van het SWOV-onderzoek "Slippen I". Rapport no P162 van het Laboratorium voor Voertuigtechniek van de Technische Hogeschool Delft	

- Bijlage 6. Slipweerstandsmetingen op enkele proefvakken op RW12 bij Bunnik. Rapport no P169 van het Laboratorium voor Voertuigtechniek van de Technische Hogeschool Delft
- Bijlage 7. Opstellen van de mathematische relatie tussen de remkracht- en spoorkrachtcoëfficiënten enerzijds en de wegdekkenmerken en snelheid anderzijds
- Aanhangsel 1 Toelichting op het programma "Stepwise multiple regression"
- Aanhangsel 2 Resultaten model 1
- Aanhangsel 3 Resultaten van analyse van stroefheidsgegevens
- Bijlage 8. Numerieke en procentuele invloed van de wegdekkenmerken en snelheid in het praktijkgebied

2. SAMENVATTING

Subcommissie I van de Werkgroep "Banden, Wegdekken en Slipongevallen" heeft ondermeer tot taak de wegdek- en bandkenmerken alsmede de overige factoren te bepalen, die van invloed zijn op de wrijvingskrachten tussen een nat wegdek en een band. Hiertoe is onderzoek uitgevoerd in drie fasen. In de eerste twee fasen, kwalificatie van de factoren en functionele eisen aan wegdekken, is gebruik gemaakt van personenauto-banden; in de derde fase met vrachtautobanden.

In dit rapport, dat handelt over de tweede fase, heeft de nadruk gelegen op de wegdekkenmerken. De resultaten zouden bruikbaar moeten zijn voor overheidsmaatregelen. De overheid kan als wegbeheerder immers direct maatregelen nemen om de wegdekeigenschappen te verbeteren.

Het onderzoek is uitgevoerd op speciaal aangelegde wegdekken met een grote variatie in de kenmerken macro- en microruwheid. Op deze wegdekken zijn metingen verricht met gebruikmaking van vier bandtypen, twee profieldieptes en drie snelheden.

De resultaten waren van dien aard dat het mogelijk bleek de wrijvingscoëfficiënten te beschrijven in een mathematische relatie afhankelijk van de wegdekkenmerken macro- en microruwheid alsmede de snelheid. Deze relatie laat zien dat de microruwheid onder alle omstandigheden een belangrijke invloed heeft op de wrijvingscoëfficiënten. De macroruwheid gaat pas bij hogere snelheden een belangrijke rol spelen. Er wordt dan ook aanbevolen een minimum niveau voor de microruwheid in te stellen voor alle wegen alsmede een zeker niveau voor de macroruwheid afhankelijk van het wegtype.

3. DEFINITIES, BEGRIPPEN EN SYMBOLEN

Hieronder volgen enkele speciaal in dit onderzoek gebruikte definities. Enkele andere grootheden, begrippen en symbolen zijn gedefinieerd in:

- "Slipongevallen", Eerste interimrapport van de Werkgroep "Banden, Wegdekken en Slipongevallen", SWOV, 1969.
- Janssen, S.T.M.C. "Experimenteel multifactoronderzoek naar factoren die de beschikbare wrijving tussen personenwagenbanden en natte wegdekken beïnvloeden. Eerste fase: Kwalificatie van de factoren. SWOV, 1973.

Slipongevallen: Ongevallen waarbij de beschikbare wrijving kleiner was dan de door de bestuurder voor het uitvoeren van een manoeuvre gewenste wrijving.

Waterlaagdikte: De totale hoeveelheid gespreeid water, gedeeld door het bevochtigde oppervlak. De gemiddelde dikte van de waterlaag op een bepaald oppervlak.

Waarneming: De bepaling van μ_x en μ_y bij ingestelde niveaus van alle factoren.

Meting, meetresultaat: De bepaling van de gemiddelde remkrachten en spoorkrachtcoëfficiënten μ_x en μ_y bij ingestelde niveaus van alle factoren. Gemiddeld resultaat van drie of vier waarnemingen.

μ_x : remkrachtcoëfficiënt

μ_{xm} : maximale remkrachtcoëfficiënt

μ_{xb} : remkrachtcoëfficiënt bij blokkeren van de band

μ_y : spoorkrachtcoëfficiënt

Voor deze coëfficiënten worden ook de benamingen wrijvingscoëfficiënt in langs- en dwarsrichting gebruikt.

4. INLEIDING

De Werkgroep "Banden, Wegdekken en Slipongevallen" heeft, teneinde de eerste orde factoren te bepalen die voor het verschijnsel slippen van belang zijn, aan een aantal subcommissies onderzoekopdrachten toegewezen. De Subcommissie I van deze Werkgroep kreeg ondermeer tot taak de wegdek- en bandkenmerken alsmede de overige factoren te bepalen, die van invloed zijn op de wrijvingskrachten tussen een nat wegdek en een band.

De Subcommissie I heeft in eerste instantie kwalitatief de factoren bepaald, die de rem- en spoorkrachtcoëfficiënten beïnvloeden. Hierbij is gebruik gemaakt van personenautobanden.

In een volgend stadium zou, in eerste instantie wederom met gebruikmaking van personenautobanden, het accent meer op kwantificatie van de factoren moeten liggen. Bovendien werd de betekenis, die de resultaten van het onderzoek zou kunnen hebben voor het geven van beleidsadviezen, als steeds belangrijker gezien.

Hierbij werd ervan uitgegaan dat slipongevallen ontstaan als gevolg van onjuiste (te hoge) verwachtingen van de bestuurder ten aanzien van de beschikbare wrijvingskrachten. De belangrijkste factoren, die hierbij een rol spelen zijn de remkracht- en spoorkrachtcoëfficiënten, die plaatselijk en/of tijdelijk onder een minimumgrens kunnen dalen.

Gevoegd bij de resultaten van de eerste fase, hebben deze overwegingen bij de Subcommissie duidelijk de behoefte doen gevoelen aan een tweede onderzoekfase. Hierin moeten dan voor een aantal factoren, met name de wegdekken, kwantitatieve gegevens ter beschikking komen, op grond waarvan men uitvoerende overheidsinstanties (wegbeheerders) van advies kan dienen.

Dit verslag geeft een overzicht van de onderzoekactiviteiten in de periode van mei 1972 tot september 1973. Aan het totstandkomen van het onderzoek hebben naast de leden van de Subcommissie I (zie bijlage 1) de volgende instanties een bijdrage geleverd.

Instituut TNO voor Wiskunde, Informatieverwerking en Statistiek, den Haag;

Laboratorium voor Voertuigtechniek van de Technische Hogeschool Delft;

Rijkswegbouwlaboratorium Delft;

Kunststoffen en Rubberinstituut TNO, Delft;

Stichting Film en Wetenschap, Utrecht;

Koninklijke Luchtmacht, Luchtmachtstaf, Den Haag;

Koninklijke Luchtmacht, Vliegbasis Woensdrecht;

Directoraat Gebouwen, Werken en Terreinen, Bureau Aanleg, Beheer en Onderhoud van Vliegvelden, Babov Arrondissement Zuid, Breda;

Inspectie der Domeinen, Zuidwest Nederland, Goes.

Dit rapport is samengesteld door de secretaris van de Subcommissie, ir. L.H.M. Schlösser.

Het onderzoek is in beeld gebracht door de Stichting Film en Wetenschap te Utrecht. De 20 minuten durende kleurenfilm "Banden en Wegdekken" kan aldaar besteld worden. De film ligt bovendien ter inzage bij de Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV te Voorburg.

5. DOEL VAN HET ONDERZOEK

De Subcommissie I van de Werkgroep "Banden, Wegdekken en Slipongevallen" heeft tot taak een experimenteel multifactoronderzoek in te stellen naar de relatie tussen de beschikbare wrijvingskrachten, de wegdek- en bandeigenschappen, de snelheid, de profieldiepte en eventueel andere, van belang geachte factoren.

Volgend uit de taak van de Subcommissie en de resultaten van de eerste fase zijn specifiek voor de tweede fase een aantal doelstellingen te formuleren:

1. Uitbreiding van de bestaande kennis over de beschikbare wrijvingskrachten tussen een nat wegdek en een personenautoband.
2. Het kwantitatief bepalen van de invloed van de kenmerken van wegdekken en banden, alsmede snelheid en profieldiepte op de rem- en spoorkrachtcoëfficiënten. Hierbij zal de nadruk liggen op de wegdekkenmerken.
3. Keuze van de eerste-orde-factoren, die in een eventueel statistisch multifactoronderzoek met als criterium ongevallen naar het verschijnsel slippen zullen worden opgenomen.
4. Het geven van adviezen aan beleidsinstanties, inzake functionele eisen die voor wat betreft de rem- en spoorkrachtcoëfficiënten aan de geometrie van wegdekken te stellen zijn.

6. SAMENVATTING VAN DE RESULTATEN VAN DE EERSTE FASE

Een aantal van de conclusies uit de eerste fase zijn te hanteren als uitgangspunten voor de tweede fase. Zij worden hier dan ook nog eens kort weergegeven. [1]

De factoren wegdektype, bandtype, snelheid, profieldiepte, waterlaagdikte, bandspanning en bandbelasting zijn in een experimenteel multifactoronderzoek betrokken. Elk van deze factoren bleek een significante invloed (overschrijdingskans 0,01) te hebben op de rem- en spoorkrachtcoëfficiënten. Uitzonderingen vormden bandbelasting, die voor $\sqrt{u_{xm}}$ en bandspanning, die voor $\sqrt{u_{xb}}$ en $\sqrt{u_y}$ niet significant aanwezig bleken. De absolute waarde van de wel aanwezige invloed van bandbelasting en bandspanning bleek zeer klein te zijn. De niveaus van de factoren lagen hierbij duidelijk binnen de praktische grenzen. Binnen deze grenzen is het daarom gerechtvaardigd deze factoren in een volgende fase een constante waarde te geven.

Wegdektype en snelheid bleken als hoofdeffect de grootste invloed te hebben. De factor wegdektype had bovendien belangrijke twee-factor-interacties met bandtype, snelheid en profieldiepte. Ook hier zij weer vermeld, dat de keuze van de niveaus van de onderzochte factoren binnen de praktische grenzen heeft gelegen. De keuze van wegvakken en snelheden kon niet ideaal zijn, daar aan een aantal praktische en meettechnische eisen voldaan moest worden. Niettemin lagen de niveaus voldoende ver uit elkaar om de kwalitatieve invloed te kunnen vastleggen.

Uit in het onderzoek uitgevoerde herhalingsmetingen is niet gebleken dat er andere dan de meegenomen factoren een rol van betekenis hebben gespeeld. Verder was het op grond van de bestaande kennis nog niet mogelijk verantwoorde adviezen aan beleidsinstanties te geven.

7. UITGANGSPUNTEN VOOR DE TWEDE ONDERZOEKFASE

In het kader van het hier behandelde onderwerp hebben voor het nemen van beleidsbeslissingen in principe alleen kwantitatieve resultaten betekenis. Voor elk van de invloedsgrootheden wegdektype, bandtype, snelheid en profieldiepte is het daarom van belang na te gaan, welke kennis nog nodig is om tot efficiënte maatregelen over te kunnen gaan.

De niveaus van de factoren dienen daarom zodanig gekozen te worden dat de invloed van elk kenmerk op μ voldoende tot uiting komt. Om dit doel te bereiken zullen dus misschien ook niveaus gekozen moeten worden, die in de praktijk niet of zelden voorkomen.

De verschillende factoren en de keuze van de niveaus zullen achtereenvolgens aan een nadere beschouwing onderworpen worden.

7.1. Proefopzet voor de tweede fase

Bij de opzet van de tweede fase is ervan uitgegaan, dat alle hoofdeffecten, twee- en driefactorinteracties bepaald moesten kunnen worden. Dat was mogelijk wanneer metingen zouden worden uitgevoerd voor alle mogelijke combinaties van factoren.

De keuze van het aantal niveaus is enerzijds begrensd door het aantal uit te voeren metingen. Anderzijds dient men voldoende niveaus te kiezen om de invloed van elk kenmerk na te kunnen gaan. De keuze moet dus zeer zorgvuldig geschieden.

Door nog nader te beschrijven overwegingen is gekozen voor 6 wegdektypen, 4 bandtypen, 3 snelheden en 2 profieldiepten. Alle metingen worden tweemaal uitgevoerd in twee blokken, in totaal 288 metingen.

Voor de totale verantwoording van de proefopzet zij verwezen naar het rapport van IWIS-TNO, bijlage 2.

7.2. Factoren die op verschillende niveaus ingesteld worden

Wegdektype

De beleidsrelevantie van de factor wegdektype is groot. De overheid kan als wegbeheerder immers middels richtlijnen invloed uitoefenen op de gewenste wegdekkenmerken. Verder is van alle factoren de invloed van het wegdektype op de rem- en spoorkrachtcoëfficiënten het grootst.

Het is van belang ook van wegdekken met extreme kenmerken voldoende kwantitatieve gegevens te verkrijgen. Het zijn dikwijls juist extreme toestanden (plaatselijke en/of tijdelijke daling van de rem- en spoorkrachtcoëfficiënten) die aanleiding kunnen geven tot onveilige situaties.

Bovenstaande overwegingen hebben ertoe geleid om wegdektypen te onderscheiden, die voldoende differentiatie bezitten in de kenmerken macro- en microruwheid (zie bijlage 3). Het werd zeer moeilijk of onmogelijk geacht bestaande wegvakken te vinden, die konden voldoen aan eisen betreffende de kenmerken alsmede aan de meettechnische eisen. Er is daarom besloten over te gaan tot aanleg van een aantal proefstroken op een afgesloten baan.

Doordat de proefvakken op min of meer kunstmatige wijze werden aangelegd, is enigszins sprake van een theoretische, niet op de praktijk gerichte wegdektypen. Niettemin kan toch bepaald worden welke combinatie van macro-microruwheid ideaal is voor de praktijk. Hierdoor kunnen een aantal functionele eisen aan de geometrie van wegdekken opgesteld worden.

Wat de invloed is van gebruik van de wegdekken door normaal verkeer en frequentie van onderhoud, uitmondend in een aantal constructieve eisen, wordt in dit onderzoek buiten beschouwing gelaten.

Bandtype

Anders dan bij de wegdektypen hebben bij de keuze van de bandtypen meer praktische overwegingen een rol gespeeld. Het meten van de invloed van elk afzonderlijk bandkenmerk op de rem- en spoorkrachtcoëfficiënten is praktisch en ook theoretisch onhaalbaar. Dit heeft ook nauwelijks relevantie voor het overheidsbeleid. Het ontwerpen en vervaardigen van banden met voldoende slipweerstand wordt daarom overgelaten aan de bandenfabrikanten.

Bovendien is de invloed van de Nederlandse overheid op de internationaal georiënteerde bandenfabrikanten waarschijnlijk gering. Niettemin bestaat er bij de overheid (Rijksdienst voor het Wegverkeer) toch wel behoefte aan inzicht omtrent de bandkenmerken die de slipweerstand beïnvloeden. Wil men kennis omtrent de kenmerken, die de rem- en spoorkrachtcoëfficiënten bepalen, omzetten in een aantal eisen aan banden, dan is het noodzakelijk ook de keuringsmethode aan te geven. Hoe dit ook zij, de beleidsrelevantie, zeker op korte termijn, is voor de factor bandtype gering.

Om tot een keuze te komen is een twaalftal banden uitgezocht op grond van relatieve frequentie van gebruik in Nederland. Van deze banden zijn een aantal kenmerken bepaald. Tenslotte zijn door middel van een multivariate analyse een viertal bandtypen geselecteerd, die qua kenmerken representatief geacht mogen worden voor de gehele groep (zie bijlage 4).

Alle banden (afgeslepen zowel als nieuw) zijn over een afstand van 500 km ingereden, gemonteerd op een normale auto - Chrysler France 180 - over een aantal van tevoren bepaalde weggedeelten.

Snelheid

In principe is de snelheid, door invoering van bijvoorbeeld

snelheidslimieten, een grootheid, die te beïnvloeden is door beleidsmaatregelen.

Bij de factor snelheid spelen de menselijke factoren een grote rol. Hoewel de menselijke factoren niet tot het onderzoeksterrein van Subcommissie I behoren, betekent dit niet dat er met deze factoren geen rekening wordt gehouden.

Aan conclusies uit het onderzoek in termen van algemene snelheidslimieten moet weinig waarde worden toegekend. Het is namelijk niet redelijk te veronderstellen dat op grond van de stroefheid van het wegennet algemene snelheidslimieten zullen worden ingesteld. Mogelijk kunnen wel plaatselijke of tijdelijke snelheidslimieten overwogen worden.

In het algemeen echter is vanuit het totale verkeersgebeuren bezien (dus inclusief de menselijke factoren) de snelheid te beschouwen als een gegeven. In die zin is het dus nuttig om ook in kwantitatieve zin uitspraken te kunnen doen over het effect van hoge snelheden (boven 100 km/h) op μ .

Speciaal de interactie wegdektype - snelheid verdient daarom aandacht.

Bij de keuze van de niveaus is de hoogste snelheid om praktische redenen gesteld op 100 km/h. De bandenmeetwagen en de lengte van de aanloopstrook laten een hogere snelheid niet toe. Om de invloed van niet-lineaire snelheidsafhankelijkheid na te gaan dienen er minstens 3 niveaus gekozen te worden. Voor het laagste niveau is gekozen voor 50 km/h. Dit is ondermeer gedaan om een vergelijking met de stroefheidsmeting van het Rijkswegenbouwlaboratorium mogelijk te maken die een standaardmeetsnelheid heeft van 50 km/h. Voor het derde niveau is de tussenliggende waarde van 75 km/h gekozen.

Profieldiepte

Op grond van andere onderzoekingen is er al een goed inzicht omtrent de invloed van de profieldiepte op de rem- en spoor-

krachtcoëfficiënten. [2]

De overheid overweegt dan ook een minimum profieldiepte wettelijk voor te schrijven. Rekening houdende met de uitgebrachte adviezen mocht worden aangenomen dat deze waarde niet minder dan 1 mm zou bedragen. Deze profieldiepte is dan ook in het onderzoek gebruikt.

Bij het instellen van een wettelijk voorgeschreven minimum profieldiepte vervalt de beleidsrelevantie van deze factor voor het onderzoek. Niettemin heeft het zin om ook de profieldiepte van nieuwe banden nog in het multifactoronderzoek te betrekken. Het is bijvoorbeeld nuttig om na te gaan welke bandtypen het meest ongevoelig zijn voor variaties in de profieldiepte. Vanwege de belangrijke interacties van de profieldiepte is het voor een goede proefopzet van belang de profieldiepte op minstens twee niveaus in te stellen.

7.3. Factoren die op een constant niveau ingesteld worden

Bandspanning, bandbelasting en bandenmaat

Uit de eerste onderzoekfase is gebleken dat de absolute grootte van het effect van bandspanning en bandbelasting zeer klein was. De niveaus lagen daarbij binnen het in de praktijk voorkomende gebied. Het is daarom verantwoord, deze factoren in de tweede fase een constante waarde te geven. De bandspanning wordt ingesteld op 1,8 bar en de bandbelasting op 3300 N. De bandenmaat bedraagt 165 SR 13 c.q. 165 HR 13.

Waterlaagdikte

De waterlaagdikte op een wegdek wordt bepaald door de hoeveelheid regen per tijdseenheid, de textuur en de waterafvoercapaciteit van het wegdek. Ook de windsnelheid, windrichting, luchttemperatuur en de intensiteit van het verkeer kunnen nog van invloed zijn. Hoewel deze laatste invloedsgrootheden in

de praktijk van belang zijn, vallen zij niet in het kader van dit onderzoek dat alleen betrekking heeft op het contact bandwegdek.

"De waterlaagdikte is een functie van zowel de hoeveelheid neerslag per tijdseenheid als van verschillende wegdekeigenschappen. Dit impliceert dat voor een gegeven wegdek de waterlaagdikte essentieel nog slechts een functie is van de hoeveelheid neerslag per tijdseenheid.

In overeenstemming hiermede is in het onderzoek de waterlaagdikte ingesteld door het opsproeien van een hoeveelheid water die tot een theoretisch berekende waterlaagdikte leidt".

De waterlaagdikte moet worden ingesteld op een kritische waarde, die volgens bovenstaande gedachtengang bepaald wordt door de drainage van het wegdek. Voor een vlakke, normaal verkante (1:50) weg is bij een zware regenbui een waterlaagdikte van 1 mm al extreem. Vanwege een ook in de praktijk goed in te stellen waarde is gekozen voor een waterlaagdikte van 0,6 mm.

Speciaal ten aanzien van deze factor is steeds gekozen voor een vlakke normaal verkante weg. Onder invloed van de toenemende verkeersbelasting ontstaan meer en meer rijsporen in de wegen. Ook komen op verschillende plaatsen plassen op de weg voor als gevolg van verzakkingen, verkantingsovergangen etc. Dit is voor het Rijkswegenbouwlaboratorium aanleiding geweest hier onderzoek naar te verrichten. [3]

7.4. Factoren die niet ingesteld kunnen worden

Temperatuur en overige weersomstandigheden

Op de temperatuur van de buitenlucht, wegdek, band en het opgesproeide water kan geen invloed worden uitgeoefend. Uit de literatuur en de resultaten van de eerste fase is gebleken,

dat het verband tussen de wrijvingscoëfficiënten en de buitenluchttemperatuur globaal is: 0,03 à 0,04 verhoging van de wrijvingscoëfficiënten bij 10⁰C temperatuurdaling. De waarde van de buitenluchttemperatuur zal bij iedere meting genoteerd worden.

De invloed van deze en de overige weersomstandigheden zal worden beschouwd als toevallige fluctuaties. Evenals de temperatuur zullen de weersomstandigheden bij iedere meting worden vastgelegd.

8. VERWACHTE INVLOED VAN DE FACTOREN OP DE REM- EN SPOOR- KRACHTCOËFFICIËNTEN

In het algemeen kunnen vanwege de vrij grote niveauverschillen van de factoren grote effecten verwacht worden. Hierdoor moet het mogelijk zijn de specifieke invloed van elk kenmerk op de rem- en spoorkrachtcoëfficiënten kwantitatief na te gaan.

De verwachtingen, zoals die in het volgende zullen worden uitgesproken zijn gebaseerd op literatuurgegevens en de resultaten van de eerste fase.

8.1. Wegdektype

De proefstroken zullen waarschijnlijk homogeen van samenstelling zijn. Verschillen ten gevolge van wegdekinhomogeniteiten zijn daarom niet te verwachten.

De belangrijkste wegdekkerkenmerken zijn macro- en microruwheid. Een grote microruwheid is gunstig voor μ_x en μ_y . Verwacht wordt dat ongeacht de macrottextuur wegdekkeren met grote microtextuur steeds hogere waarden voor μ zullen opleveren dan wegen met kleine of geen microtextuur. Op wegdekkeren met microtextuur zal bij toenemende macrottextuur een relatief positief effect optreden met de snelheid.

Op microruwe wegdekkeren zal het verschil in bandtypen waarschijnlijk slechts gering zijn.

Bij wegdekkeren zonder microtextuur zullen de profiel- en bandkenmerken naar verwachting pas een rol van betekenis gaan spelen bij kleine macrottextuur. Het water in het contactvlak zal dan hoofdzakelijk door het profiel verdrongen c.q. opgenomen moeten worden. Mogelijk is op wegen met grote macrottextuur een effect van een hoge hysteresiswaarde waar te nemen.

8.2. Bandtype

Blokprofielen en profielen met open schouder zijn in de eerste fase gebleken gunstig te zijn voor $\sqrt{u_x}$ en $\sqrt{u_y}$. Wat het effect is van asymmetrische profielen is niet bekend.

Een gunstige invloed wordt ook verwacht van banden met een hoge hysteresis. Op wegen zonder microtextuur worden gunstige interacties verwacht met grote profieldiepte en bandtype met een hoge A-waarde, oevergetal en luchtgetal. Mogelijk is nu op het wegdek zonder macro- en microtextuur een gunstig effect te verkrijgen van profielen met veel slots. Staalgordelbanden, die een hoge driftstijfheid bezitten leveren mogelijk relatief hoge waarden op voor $\sqrt{u_y}$.

8.3. Snelheid

Voor alle wegdekken zal een toenemende snelheid ongunstig zijn. Een grotere drainagecapaciteit van wegdek en band zal de snelheidsafhankelijkheid minder doen zijn. Dit geldt dus voor toenemende macrottextuur van wegdekken en banden met grote A-waarde.

Een grotere profieldiepte moet met toenemende snelheid eveneens gunstiger zijn voor $\sqrt{u_x}$.

8.4. Profieldiepte

Op grond van de bestaande kennis is een groot verschil te verwachten van de profieldiepte als hoofdeffect voor $\sqrt{u_x}$ bij de niveaus 1 en 7 mm. Ongunstige interacties zullen optreden bij 1 mm profieldiepte met hoge snelheden en wegen zonder macrottextuur. Vanwege het stijvere loopvlak t.g.v. de lagere profieldiepte bij 1 mm zijn hier hogere waarden te verwachten voor $\sqrt{u_y}$ dan bij 7 mm bij lage snelheden en macroruwe wegdekken.

9. VERWACHTE INVLOED VAN HET ONDERZOEK OP BELEIDSBESLISSINGEN

Het criterium, dat gehanteerd wordt om overheidsinstanties van advies te dienen is het bereiken van zo hoog mogelijke rem- en spoorkrachtcoëfficiënten. Indien dit criterium vertaald wordt in minimum eisen aan $\sqrt{u_x}$ en $\sqrt{u_y}$ dan dient aangegeven te worden welke combinaties van niveaus van de factoren nog toelaatbaar zijn.

Zoals in hoofdstuk 7 al is uiteengezet bezitten profieldiepte en bandtype geen of slechts geringe beleidsrelevantie. Bij eisen aan wegdekken en eventueel snelheden kan afhankelijk van de resultaten nagegaan worden welke combinaties van profieldiepte en bandtype bij het stellen van de eis betrokken moeten worden.

Bij het opstellen van eisen aan wegdekken kan met de snelheid in ieder geval rekening gehouden worden bij wegen, waar om andere redenen dan slipgevaar reeds snelheidslimieten gelden (stadsweg, uitvalsweg, wegen met hoge intensiteiten). Bij bestaande wegvakken kunnen, in afwachting van reconstructie, tijdelijke of plaatselijke snelheidsbeperkingen overwogen worden.

In het algemeen echter zullen de macro/microruwheid van wegdekken aan voorwaarden moeten voldoen die overal gelden. Bij wegtypen waar hoge snelheden (boven 100 km/h) te verwachten zijn kunnen bovendien nog extra eisen aan de snelheidsafhankelijkheid gesteld worden.

De eisen aan het wegdek worden op deze wijze afhankelijk gesteld van de in de praktijk aanwezige niveaus van de overige factoren.

Een van de doelstellingen van het onderzoek is dan ook de kennis omtrent de samenhang van de verschillende factoren met betrekking tot de rem- en spoorkrachtcoëfficiënten te vermeer-

deren.

Om de mogelijkheden die ter beschikking staan na te gaan kunnen μ_{xm} , μ_{xb} , μ_y in tabelvorm worden weergegeven, zowel in absolute waarden als in afwijkingen van de gemiddelde waarden.

Het effect van maatregelen op μ is wellicht te voorspellen door ófwel in tabelvorm ófwel in grafieken na te gaan hoe de gemiddelde waarden en de afwijkingen van het gemiddelde veranderen door het nemen van die maatregel.

10. PRESENTATIE VAN DE MEETRESULTATEN

10.1. Verslag van de experimenten en de voorbereidingen

De meetmethode

Deze tweede reeks metingen is wederom uitgevoerd met de meetcombinatie van het Laboratorium voor Voertuigtechniek van de Technische Hogeschool Delft. Een beschrijving van deze combinatie is opgenomen in het rapport van de eerste fase [1] en in de rapporten van Dijks [2, 4].

De proefvakken

Op de aangelegde proefvakken zijn door het Rijkswegenbouwlaboratorium de volgende kenmerken gemeten:

De gemiddelde textuurdiepte \overline{TD} met behulp van de sandpatchmethode.

De SRT-waarde met het slingerapparaat ontwikkeld door het TRRL. De vlakheid met de schokmeter en de viagraaf.

De stroefheid volgens de standaardmethode Rijkswegenbouwlaboratorium bij 30, 50, 70 en 90 km/h. De stroefheidsdalingen in procenten tussen de verschillende snelheidsintervallen is afgeleid uit de gemeten waarden van de stroefheid.

De wegdekkenmerken zijn zowel voor als na het uitvoeren van beide blokken metingen bepaald. Van elk proefvak zijn voor en na de proefnemingen acht replika's gemaakt.

Alle gegevens betreffende de wegdekkenmerken zijn opgenomen in bijlage 3.

Uitvoering van de metingen

De metingen hebben plaatsgevonden in de periode van 23 mei tot 7 juli 1973 (zie bijlage 5).

De volgorde waarop de variabelen bij de metingen moesten worden ingesteld om aan de eisen van de proefopzet te voldoen is

op statistische gronden door IWIS-TNO bepaald. Deze volgorde is vastgelegd in een meetprogramma (zie bijlage 2).

Er is hierbij ook rekening gehouden met de voorwaarde dat de banden op de vakken A en B slechts éénmaal en op de overige vakken drie à viermaal gebruikt konden worden. In totaal waren er daarbij per bandtype 40 stuks nodig, 20 nieuwe en 20 in afgesleten toestand.

Een storende factor voor het houden van de metingen was steenverlies van voornamelijk de vakken B en C. De steentjes werden zowel afgebroken als uit het bindmiddel gerukt. Hierdoor kon lichte spoorvorming worden waargenomen. De metingen van het Rijkswegenbouwlaboratorium wijzen evenwel uit dat de eigenschappen van de proefvakken in de tijd slechts weinig veranderd zijn (zie bijlage 3 Aanhangsel 1).

Ernstiger was het echter dat de steentjes over alle stroken verspreid werden, zodat de metingen hierdoor beïnvloed konden worden. Door de baan elke dag dat op de vakken B en C gemeten is te vegen, is getracht dit storende effect te minimaliseren.

In verband met een verwachte invloed van de temperatuur op de meetresultaten was oorspronkelijk voorgesteld geen metingen te verrichten bij buitenluchttemperaturen hoger dan 25°C. Vanwege een langdurige periode met warm weer zijn er ook metingen gedaan bij temperaturen tot 30°C. De laagste temperatuur waarbij gemeten is, bedroeg 12°C.

Bandenslijtage

Banden die op het zeer ruwe wegdek B gemeten waren, vertoonden plaatselijk op het loopvlak zeer sterke slijtageverschijnselen. Enkele foto's hiervan zijn opgenomen in bijlage 5.

10.2. Resultaat van de metingen

De meetresultaten zijn op verschillende wijzen in de bijlagen

opgenomen. In absolute grootte als gemiddelde van vier waarnemingen zijn de meetresultaten weergegeven in bijlage 5. Door IWIS-TNO zijn de hoofdeffecten en twee- en drie factorinteracties berekend. Deze zijn weergegeven in bijlage 2. Tenslotte zijn de hoofdeffecten en interacties nog weergegeven in afwijkingen t.o.v. de gemiddelde waarden. Zie hiervoor ook bijlage 2.

Betrouwbaarheid

Hoofdeffecten en interacties zijn getoetst bij een onbetrouwbaarheid van 5%.

Alle hoofdeffecten bleken significant aanwezig. Van de interacties bleken de volgende niet significant:

- $\sqrt{u_{xm}}$: bandtype - snelheid
wegdektype - bandtype - snelheid
bandtype - snelheid - profieldiepte
- $\sqrt{u_{xb}}$: bandtype - snelheid
bandtype - snelheid - profieldiepte
- $\sqrt{u_y}$: bandtype - snelheid
bandtype - profieldiepte

In grafieken in bijlage 5 is het verband weergegeven tussen de buitenluchttemperatuur en de coëfficiënten. Hierbij kon geen invloed van de temperatuur op de resultaten worden vastgesteld.

Bij het eerste en tweede blok treedt er voor enkele metingen een verwisseling op van de bandtypen Pirelli en Vredestein. Daar hier misschien de temperatuur een rol gespeeld heeft (in het eerste blok laag; in het tweede blok hoog) is getracht dit na te gaan en eventueel een correctie toe te passen. Een temperatuurinvloed bleek ook hier niet vast te stellen.

Indien er met één band drie of viermaal gemeten is, nam

de restterm bij de verschillende metingen niet toe. Dit betekent, dat hierdoor geen systematische afwijkingen zijn ontstaan.

De banden die bij de metingen gebruikt zijn, wijken in de kenmerken hardheid en driftstijfheid af van de banden die bij de selectie zijn gebruikt. Bij de hardheid verandert hierdoor de volgorde van Michelin en Vredestein.

10.3. Beschrijving van de meetresultaten

Wegdektype

Zoals verwacht werd, worden op de wegdektypen B en C bijzonder hoge waarden bereikt, die zelfs ver boven de waarde 1 (voor $\sqrt{u_{xm}}$) uit kunnen gaan. De hoge waarden op vak C kunnen worden toegeschreven aan de toch nog in vrij grote mate aanwezige microruwheid ($SRT_B = 92$; $SRT_C = 72$). Vak F geeft onder alle omstandigheden zeer lage waarden te zien.

Bij wegdektypen die dezelfde macrottextuur bezitten, blijkt het wegdek met de grootste microtextuur steeds de hoogste waarden voor alle coëfficiënten op te leveren. Zo is B beter dan C, A beter dan D en E beter dan F.

Bandtype

De verschillen tussen de bandtypen onderling als hoofdeffect zijn slechts gering in vergelijking met de andere hoofdeffekten.

$\sqrt{u_{xm}}$: Bandtype Pirelli vertoont op de wegdekken E en F (zonder macroruwheid) aanzienlijk hogere waarden dan de andere bandtypen. Op de wegdekken met middelmatige en grote macroruwheid geeft Uniroyal de beste resultaten. Bij de driefactorinteractie wegdektype - profieldiepte - bandtype levert Pirelli bij 1 mm weer aanzienlijk hogere waarden op op de vakken E en F dan de overige banden.

$\sqrt{u_{xb}}$: Michelin levert op wegdek F (zonder enige textuur) en Pirelli op de overige wegdekken de beste resultaten op. Uniroyal wordt hier bij toenemende macrotextuur relatief niet beter.

$\sqrt{u_y}$: Ook hier Pirelli goed op E en F. Uniroyal daarentegen weer veel beter op de andere wegdektypen.

Het lijkt alsof de langsprofilering met open schouder erg effectief is op wegen met geringe textuurdiepte.

Snelheid

Afnemende coëfficiënten bij toenemende snelheid manifesteren zich vrijwel linear op alle wegdekken. Naarmate de macrotextuur toeneemt, neemt de snelheidsinvloed af. Dit geldt voor zowel $\sqrt{u_{xm}}$, $\sqrt{u_{xb}}$ als $\sqrt{u_y}$.

Een grote interactie wordt gevonden van snelheid met wegdektype E. Wegvak F geeft bij alle snelheden relatief lage waarden.

Profiel diepte

De hoogste waarden voor $\sqrt{u_{xm}}$ en $\sqrt{u_{xb}}$, worden gevonden bij nieuwe banden. Dit blijkt ook te gelden voor $\sqrt{u_y}$. In tegenstelling tot de verwachting blijken banden met 1 mm profiel diepte hier nergens hogere waarden op te leveren dan nieuwe banden, behalve op wegdek E voor $\sqrt{u_y}$.

De snelheidsafhankelijkheid is voor banden met 7 mm profiel diepte minder dan voor afgesleten banden.

11. INTERPRETATIE VAN DE MEETRESULTATEN

De keuze van de variabelen en hun niveaus is zodanig geweest, dat het mogelijk moest zijn een kwantitatieve relatie te verkrijgen tussen de rem- en spoorkrachtcoëfficiënten enerzijds en de wegdek- en bandkenmerken, de snelheid en de profieldiepte anderzijds.

Daarvoor is getracht in formulevorm een model op te stellen dat deze relatie weergeeft. Met behulp van de meetresultaten zouden de coëfficiënten van de termen in de formule kunnen worden uitgerekend.

11.1. Opstellen mathematische relatie

De volgende overwegingen lagen aan het opstellen van het model ten grondslag:

- de SRT- en \overline{TD} -waarden zijn een redelijke indicatie voor de micro- en macroruwheid van het wegdek. Zij kunnen als zodanig dienen om deze belangrijkste wegdekkenmerken in het model te vertegenwoordigen (zie bijlage 2).

- de textuurdiepte kan een verklaring geven voor de tweefactorinteractie wegdektype - snelheid.

- het is aannemelijk dat de textuurdiepte niet alleen een lineair, maar ook een kwadratisch verband heeft met \sqrt{u} als de stroming van water in kanaaltjes in beschouwing wordt genomen.

- het in formulevorm opnemen van bandkenmerken is vooralsnog bezwaarlijk. Om na te gaan welke bandkenmerken in welke mate invloed uitoefenen op \sqrt{u} zijn er meer dan de vier gebruikte bandtypen nodig. Temeer daar er acht kenmerken gebruikt zijn waarvan het nog onvoldoende duidelijk is of alle bandkenmerken adequaat beschreven zijn. Met name geldt dit voor de profielbeschrijving en de loopvlakrubbercompound.

Hierdoor is het mogelijk dat de andere kenmerken een te zwaar accent krijgen.

Om althans aan een van de bezwaren tegemoet te komen is er een voorstel geweest om als nieuw bandkenmerk de glastempe-

ratuur op te nemen. De glastemperatuur (ook wel glaspunt genoemd) is gedefinieerd als de temperatuur waarbij de soortelijke warmte verandert en het rubber in een glasachtige toestand overgaat. Dit kenmerk geeft een indicatie voor de samenstelling van het rubber.

De bandkenmerken zijn wegens bovenstaande bezwaren niet in het model opgenomen. De geldigheid van de formule zal zich uitstrekken over de (radiaal) banden gemiddeld. De keuze van de banden is er op gericht geweest representatief te zijn voor de situatie op de Nederlandse wegen.

Tenslotte zij nog opgemerkt, dat de banden voor deze fase secundair waren.

Een onderzoek waarin meerdere banden zijn opgenomen en bovengenoemde bezwaren veel minder heeft, is uitgevoerd door het Laboratorium voor Voertuigtechniek van de Technische Hogeschool Delft [4]. Hieruit is gebleken dat de kenmerken luchtgetal en glastemperatuur van belang zijn voor $\sqrt{u_{xm}}$; de kenmerken luchtgetal en resilience voor $\sqrt{u_{xb}}$ en de kenmerken glastemperatuur en driftstijfheid voor $\sqrt{u_y}$.

~~- Het opnemen van de profieldiepte in het model is eveneens op moeilijkheden gestuit. Voor een goed inzicht zou de profieldiepte op meer dan de hier gekozen twee niveaus moeten worden gevarieerd. Dit onderzoek is eveneens uitgevoerd door het Laboratorium voor Voertuigtechniek van de Technische Hogeschool Delft [4]. Zie hiervoor ook bijlage 7.~~

~~- De formules zijn eigenlijk alleen geldig binnen het gebied dat door de variabelen wordt bestreken. Voor de wegdekken werd als bezwaar gezien dat geen normaal in de praktijk gebruikte wegdekken vertegenwoordigd waren. Om dit bezwaar ten dele op te heffen zijn een serie extra metingen verricht op door normaal verkeer bereden wegvakken. Dit vond plaats op proefvakken van Rijkswaterstaat op rijksweg 12. Deze proefvakken vertonen enige diversiteit en de eigenschappen waren gedurende een reeks van jaren bekend. De wegkenmerken en de meetresultaten staan vermeld in bijlage 6. De resultaten zijn alleen gebruikt voor het ontwikkelen van de termen in het model.~~

Bij het model is ervan uitgegaan dat de rem- en spoorkracht-coëfficiënten kunnen worden verklaard uit een adhesieterm en een hydrodynamische term. De adhesieterm is gerelateerd aan de SRT-waarde. De hydrodynamische term aan snelheid en textuurdiepte. De relatie zal derhalve de volgende vorm vertonen:

$$\mu = 1 - f\left(\frac{v}{TD}, v\right) - f(SRT)$$

Deze vorm leverde de beste resultaten op nadat een aantal alternatieve benaderingswijzen waren geprobeerd (zie bijlage 7). Als er lineaire verbanden worden verondersteld dan ontstaat de volgende formule:

$$\mu = a_1 + a_2 \frac{v}{TD} + a_3 v + a_4 SRT + a_5 v * SRT + a_6 \frac{v}{TD} * SRT$$

De coëfficiënten a_1 , a_2 etc. dienen te worden bepaald uit de meetresultaten. Termen met twee of meer variabelen vertonen interactie-effecten.

Met behulp van een voorwaartse stapsgewijze multiële regressie-analyse zijn de coëfficiënten berekend. Dit gaf de volgende formules, gebaseerd op alle metingen die op Woensdrecht zijn uitgevoerd:

$$\mu_{xm} = 0.397 + 0.94 \frac{SRT}{100} - \frac{v}{100} \left(0.0017 \frac{SRT}{TD} - \frac{0.028}{TD}\right)$$

$$R = 0.990 \quad s = 0.038$$

$$\mu_{xb} = 0.133 + 0.95 \frac{SRT}{100} - \frac{v}{100} \left(0.0017 \frac{SRT}{TD} - \frac{0.035}{TD} + 0.0010 * SRT\right)$$

$$R = 0.985 \quad s = 0.038$$

$$\mu_y = 0.520 + 0.58 \frac{SRT}{100} - \frac{v}{100} \left(0.0010 \frac{SRT}{TD}\right)$$

$$R = 0.985 \quad s = 0.034$$

v in km/h

SRT dimensieloos

TD in mm

R is de multiële correlatiecoëfficiënt en s de standaarddevia-

tie. De multipele correlatiecoëfficiënt is erg hoog. Dit betekent dat de opbouw van de \sqrt{u} -waarde door de formules goed worden beschreven. De standaarddeviatie is ca. 0.04, een waarde die in de orde van grootte ligt van de spreiding van de metingen.

11.2. Toepassing in het praktijkgebied

Aan de hand van de ontwikkelde formules kan voor de praktijk-situatie berekend worden welke variabelen het meeste effect hebben. Hierbij worden beschouwd de wegdekkenmerken microruwheid met als criterium de SRT-waarde, de macroruwheid met als criterium de gemiddelde textuurdiepte \overline{TD} ; en de snelheid v . De SRT-waarden variëren op de huidige rijkswegen tussen 50 en 80, de \overline{TD} varieert in een gebied van 0,4 tot 1,0. Voor de grenzen van de snelheid kunnen de waarden 50 en 100 km/h redelijkerwijze dienen als afperking van het snelheidsinterval voor de praktijksituatie.

De numerieke invloeden van de variabelen zijn voor het praktijkgebied aan de hand van de formules berekend. Dit is weergegeven in bijlage 8.

Invloed \overline{TD}

Uit de tabellen blijkt dat de invloed van \overline{TD} vrij belangrijk kan zijn. De invloed van \overline{TD} is het grootst voor $\sqrt{u_{xm}}$, dan voor $\sqrt{u_{xb}}$ en daarna voor $\sqrt{u_y}$. Zoals te verwachten was is de invloed van \overline{TD} bij hogere snelheden groter dan bij lagere snelheid.

Invloed SRT

De SRT heeft overwegend een grote invloed. De invloed is het grootst voor $\sqrt{u_{xm}}$, dan voor $\sqrt{u_{xb}}$ en dan voor $\sqrt{u_y}$. Een hoge SRT-waarde in combinatie met een hoge \overline{TD} -waarde is extra gunstig (interactie).

Invloed snelheid

De snelheid kan een vrij behoorlijke invloed hebben. De snelheidsinvloed is het grootst voor $\sqrt{u_{xb}}$, dan voor $\sqrt{u_{xm}}$ en daarna voor $\sqrt{u_y}$.

Samenvattend kan nu bij de gekozen randvoorwaarden gezegd worden dat de microruwheid van het wegdek een zeer grote invloed heeft op de slipweerstand. Dit geldt bij elk type band, bij elke snelheid en bij elk niveau van macroruwheid. De macroruwheid van het wegdek heeft vrijwel alleen een grote invloed bij hogere snelheden. Omgekeerd is de snelheidsinvloed alleen groot op wegen met een geringe textuurdiepte.

12. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Conclusies ten aanzien van de gevolgde methodiek

Uit het onderzoek is veel kennisvermeerdering opgedaan voor wat betreft de factoren die van invloed zijn op de rem- en spoorkrachten die werken in het contactvlak tussen band en wegdek. De opzet als multi-factoronderzoek heeft ertoe bijgedragen dat niet alleen de factoren afzonderlijk maar ook in hun onderlinge samenhang op hun invloed op de slipweerstand konden worden bestudeerd.

Hiertoe moesten veel metingen worden verricht. Volgens het tevoren gemaakte meetschema moest een bepaald aantal metingen binnen een dag worden uitgevoerd. Aangezien dit op de openbare wegen moeilijk uitvoerbaar is, dient een proefbaan ter beschikking te staan. Hierbij kan als nadeel gelden dat daar geen wegen ter beschikking staan die door normaal verkeer worden bereden.

12.1. Eerste-orde-factoren van belang voor de slipweerstand

Voor de grootte van de rem- en spoorkrachten tussen personenautobanden en een nat wegdek zijn de volgende factoren van belang: het wegdektype, het bandtype, de voertuigsnelheid, de profieldiepte van de band en de waterlaagdikte op de weg. Het wegdektype en de snelheid hebben een grote invloed, de profieldiepte en de waterlaagdikte (extremen als gevolg van rijgoten e.d. daargelaten) hebben een matige invloed en het bandtype heeft een geringe invloed.

De factoren bandbelasting en bandspanning kunnen worden beschouwd als tweede-orde-factoren voor de slipweerstand. Hun invloed is zo gering dat deze voor een verdere beschouwing verwaarloosd kan worden.

Andere dan de genoemde factoren hadden geen aantoonbare invloed op de slipweerstand. Met name is er geen verband gevonden tussen temperatuur en slipweerstand.

Kenmerken van belang voor het verkrijgen van zo groot mogelijke rem- en spoorkrachten

Om zo groot mogelijke rem- en spoorkrachten te verkrijgen luidt de conclusie voor de onderzochte kenmerken als volgt: Voor alle wegen is een grote SRT-waarde gunstig. Op wegen waar met hoge snelheden (100 km/h en meer) wordt gereden, levert een vergroting van de gemiddelde textuurdiepte een hogere slipweerstand op. Matiging van de snelheid levert steeds een percentuele verhoging van de slipweerstand op, het minst op wegen met grote micro- en macroruwheid, het meest op wegen zonder micro- en macroruwheid. Een grote profieldiepte is gunstig, ook bij matige snelheid en op ruwe wegen. Normale handelsbanden leveren onderling slechts weinig verschillen op.

12.2. Aanbevelingen voor overheidsmaatregelen

Teneinde een zo groot mogelijk slipweerstand te verkrijgen door het nemen van overheidsmaatregelen kan het volgende worden aanbevolen:

Voor wegdekken kan een zo hoog mogelijke minimumeis worden aanbevolen voor de microruwheid uitgedrukt in een SRT-waarde. Afhankelijk van het type weg kan in verband met voorkomende rijnsnelheden deze eis nog worden aangevuld met een minimumeis voor de gemiddelde textuurdiepte \overline{TD} , dus speciaal op wegen buiten de bebouwde kom. Aangaande de hoogte van de minima kan mede worden geoordeeld aan de hand van sociaal-economische motieven (geldmiddelen) en uit milieutechnisch oogpunt (geluidhinder), het onderzoek voert niet anders dan tot de aanbeveling van zo hoog mogelijke minima.

Teneinde een tijdelijke en/of plaatselijke daling van de beschikbare rem- en spoorkrachten tegen te gaan kunnen snelheidslimieten overwogen worden. Daar het niet realistisch is

algemene snelheidslimieten in te voeren op grond van de stroefheid van het wegdek alleen, dienen deze limieten beperkt te blijven tot de situatie waarbij het wegdek nat is. Daartoe is dan een koppeling met vochtigheidsindicatoren wenselijk.

Gezien het grote belang van snelheid en textuurdiepte verdient het aanbeveling naast de stroefheidsmeting bij 50 km/h een tweede meetwaarde in te voeren. Dit kan zijn een stroefheidsmeting bij een hogere snelheid of een textuurdieptemeting.

Hoewel een waarde niet rechtstreeks uit dit onderzoek kan worden afgeleid, verdient het aanbeveling te komen tot het voorschrijven van een minimum profieldiepte.

De kennis op het gebied van bandkenmerken die in dit onderzoek is opgedaan is nog niet zodanig dat concrete beleidsmaatregelen voor banden kunnen worden aanbevolen.

Tenslotte kan worden aanbevolen om eenzelfde onderzoek als hier is beschreven uit te voeren met vrachtautobanden. Een van de redenen hiervoor is, dat nagegaan moet worden of de aanbevelingen voor de wegdekken consistent zijn wanneer vrachtautobanden worden gebruikt.

13. LITERATUURVERWIJZINGEN

1. Janssen, S.T.M.C. Experimenteel multifactoronderzoek naar factoren die de beschikbare wrijvingskrachten tussen personenwagenbanden en natte wegdekken beïnvloeden. Eerste fase: Kwalificatie van de factoren. SWOV, 1973.
2. Dijks, A. Versuche über die Kleinstzulässige Profieltiefe von Personenwagenreifen. ATZ 75 (1973) 1.
3. Welleman, A.G. Water op de weg, SCW publicatie L, 1977.
4. Dijks, A. A multifactor Examination of Wet Skid Resistance of Car Tyres. SAE-paper 741106.

Bijlagen 1 t/m 3

bij

EXPERIMENTEEL MULTIFACTORONDERZOEK NAAR FACTOREN DIE DE
BESCHIKBARE WRIJVINGSKRACHTEN TUSSEN BANDEN EN NATTE
WEGDEKKEN BEINVLOEDEN

Tweede fase: Functionele eisen aan wegdekken

R-78-34II

Werkgroep Banden, Wegdekken en Slipongevallen, Subcommissie I
Voorburg, 1978

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

Bijlage 1

Samenstelling Subcommissie I van de Werkgroep "Banden, Wegdekken en Slipongevallen" in de hier beschreven fase van het onderzoek.

drs. J. de Bree (vanaf 9 augustus 1974)
Instituut voor Wiskunde, Informatieverwerking en Statistiek
TNO

J.C. de Bree (vanaf 17 december 1968)
Rijkswegenbouwlaboratorium

J.C.A. Carlquist, voorzitter (vanaf 29 oktober 1969)
Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

ir. A. Dijks (vanaf 15 oktober 1969)
Laboratorium voor Voertuigtechniek van de Technische Hogeschool Delft

ir. P.M.W. Elsenaar (vanaf 28 februari 1968)
Rijkswegenbouwlaboratorium

ir. J.T. Groennou (van 24 maart 1972 tot 9 augustus 1974)
Instituut voor Wiskunde, Informatieverwerking en Statistiek
TNO

ir. B.T. Han (vanaf 28 februari 1968)
Laboratorium voor wegen en spoorwegen van de Technische Hogeschool Delft

ir. S.T.M.C. Janssen (van 24 maart 1972 tot 15 mei 1973)
Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

ir. H.G. Paar (secretaris van 28 februari 1968
tot 9 augustus 1974)
Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

[1969-1973]

ir. L.H.M. Schlösser, secretaris (vanaf 1 januari 1973)
Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

ir. F.X.M. Verhulst (vanaf 25 juni 1969)
Vredestein Enschede

Bijlage 2

Rapport Slipongevallen band-weg fase 2 IWIS-TNO.

Slipongevallen weg-band fase 2

Onderzoek naar de invloed van een aantal factoren
op de verschillende remkrachtcoëfficiënten.

Ir. J.T. Groennou

IWIS-TNO
Den Haag
april 1974

Rapport Slipweg - fase 2

I. Doelstelling

Het bepalen of de invloed van de factoren "wegdektype" en "bandtype" en de belangrijkste wisselwerkingen daarvan onderling en met de factoren "snelheid" en "profiel diepte" op respectievelijk:

- de maximale remkrachtcoëfficiënt in langsrichting;
- de remkrachtcoëfficiënt in langsrichting bij blokkering van de band;
- de remkrachtcoëfficiënt in dwarsrichting

kan worden verklaard in termen van een aantal, van te voren vastgestelde, band- en wegdekkenmerken.

Deze remkrachtcoëfficiënten zullen in het vervolg respectievelijk met eigenschap 1, eigenschap 2 en eigenschap 3 worden aangeduid.

II. Aantal factoren en hun niveaus

a) Keuze van de factoren

Het onderzoek in de eerste fase moet worden gezien als een oriënterend onderzoek, waarbij vooral is nagegaan welke factoren een rol spelen bij het slippen. Uitgaande van de analyse van de eerste fase is de volgende keuze gedaan voor wat betreft het aantal factoren en hun niveaus.

- De factoren "bandbelasting" en "bandspanning" bleken een geringe invloed te hebben op het slippen. Ook de interacties tussen deze factoren met de andere significante factoren waren gering. Op grond hiervan is besloten deze factoren bij de tweede fase, gedurende alle proeven, op een constant niveau te stellen.
- Het hoofdeffect van de factor "waterlaagdikte" was wel significant, maar de interacties met de andere factoren niet. Op grond hiervan en mede uit beleidsoverweging is

besloten ook deze factor gedurende de tweede fase op een constant niveau te stellen.

- De invloed van de andere factoren en hun interacties bij de reeds eerder genoemde eigenschappen was duidelijk aanwezig. De factoren "wegdektype", "bandtype" en "snelheid" zullen uit beleidsoverwegingen in de tweede fase verder worden onderzocht. De factor "profiel diepte" zal ook worden onderzocht omdat bij de interacties met de andere factoren niet altijd bleek dat een nieuwe band betere resultaten gaf dan een tot 2 mm afgeslepen band.

b) Keuze van het aantal niveaus van de factoren

- Wegdektypen

Het aantal niveaus van de factor "wegdektype" wordt bepaald door het aantal mogelijke combinaties van de twee belangrijkste instelbare wegdekkenmerken: de macro- en microruwheid. Zowel voor de macro- als de microruwheid kan de indeling groot, klein of geen worden gemaakt. Op grond van praktische problemen kunnen een drietal combinaties niet voorkomen. Hierdoor wordt het aantal niveaus voor de factor "wegdektype" zes.

- Bandtypen

Het aantal niveaus van de factor "bandtype" is vastgesteld op vier. De banden, waaruit kon worden gekozen, zijn samengesteld op grond van verkoopstatistieken en verwacht gebruik in de toekomst wat betreft de kenmerken staalgordel - textielgordel en radiaalband-diagonaalband. De keuze van de vier bandtypen is geschied op grond van een achttal kenmerken, gemeten aan nieuwe banden.

- Snelheid

Voor de factor "snelheid" zijn drie equidistante niveaus gekozen, te weten 50 km/uur, 75 km/uur en 100 km/uur.

- Profiel diepte

Voor de profiel diepte zijn twee niveaus gekozen, te weten nieuwe banden en banden met een profiel diepte van 1 mm.

III Mogelijke proefopzetten met overwegingen

a) Volledig gewarde proef

Hierbij worden de 144 ($6 \times 4 \times 3 \times 2$) metingen, die ontstaan uit de combinaties van de verschillende niveaus van de factoren in aselecte volgorde, verricht. De gegevens kunnen worden geanalyseerd met behulp van:

- Permutatie-toets

Hierbij wordt per gewenst hoofdeffect of interactie de uitkomst vergeleken met alle mogelijk uitkomsten, zoals die zouden zijn geweest indien de verdeling van de metingen anders zouden zijn uitgevallen.

Het nadeel van deze methode is dat het niet mogelijk is goede schattingen en betrouwbaarheidsintervallen van significant gevonden hoofdeffecten en interacties te geven.

- Variantie-analyse

Deze techniek vereist de aannamen van normaliteit en homoscedasticiteit.

Indien mag worden aangenomen dat de vier-factor-interactie WBSP (wegdektype \times bandtype \times snelheid \times profiel diepte) niet bestaat, kan worden volstaan met de verschillende combinaties één maal te meten. Het raamwerk voor de variantie-analyse wordt:

<u>oorzaak van variatie</u>	<u>vrijheidsgraden</u>
Niveau	1
Hoofdeffecten	11
Twee-factor interacties	41
Drie-factor interacties	61
Rest	30
Totaal	144

Het nadeel van deze proef is dat de metingen niet op één dag kunnen worden verricht, hetgeen van invloed is op de schatting van de nauwkeurigheid (restvariantie).

Verschillen tussen de meeteenheden (inhomogeniteit) geven aanleiding tot een relatief grote restvariantie, waardoor de toetsen minder onderscheidend en de betrouwbaarheidsintervallen groter worden.

b) Blokkenproef

Een mogelijkheid om de restvariantie te verkleinen is het indelen van het materiaal in blokken. De indeling geschiedt zodanig dat de eenheden binnen de blokken zo homogeen mogelijk zijn. Aan de hand van de resultaten van de eerste fase is het niet onaannemelijk dat de eenheid "dag" een goede keuze is om een indeling in blokken te maken. De beste situatie wordt verkregen als alle metingen binnen één dag worden verricht. Daar dit praktisch niet uitvoerbaar is moet worden overgegaan tot strengelen.

Indien de proef beperkt blijft tot één meetserie dan zullen, onder de aanname dat de vier-factor interactie niet bestaat, de gestrengelde effecten (hoofdeffecten of interacties) niet geschat en getoetst kunnen worden. Daar niet zonder meer kan worden gesteld dat de drie-factor interacties niet bestaan dienen twee meetseries, elk bestaande uit 144 metingen, te worden verricht. Een tweetal proefopzetten, waarbij partieel (d.w.z. per meetserie anders) hoofdeffecten of hoofdeffecten met bijbehorende interacties gestrengeld worden, zijn:

1. — in meetserie 1 het hoofdeffect "wegdektype" (W) met blokken;
- in meetserie 2 de hoofdeffecten "snelheid" (S), "profiel-diepte" (P) en hun interactie profiel-diepte \times snelheid (P \times S) met blokken.

Het aantal waarnemingen per blok is gelijk aan 24. Daar de factor "wegdektype" in meetserie 1 gestrengeld is met blokken, kan het effect van deze factor alléén in meetserie 2 worden geschat. Om dezelfde reden kunnen de effecten van de

factoren "snelheid", "profiel diepte" en hun interactie alléén in meetserie 1 worden geschat. Het raamwerk voor de variantie-analyse wordt gegeven door de volgende tabel.

De index geeft aan dat het effect van de onderhavige factor in die bepaalde meetserie wordt geschat.

oorzaak van variatie	graden van vrijheid
Niveau	1
Meetseries	1
W ₁	5
S ₂	2
P ₂	1
(PS) ₂	2
Rest 1	0
TOTAAL tussen blokken	11
W ₂	5
B	3
S ₁	2
P ₁	1
WB	15
WS	10
WP	5
BS	6
BP	3
(SP) ₁	2
WBS	30
WBP	15
WSP	10
BSP	6
Rest binnen blokken	163
TOTAAL binnen blokken	276
TOTAAL	288

2. - in meetserie 1 de hoofdeffecten "wegdektype" (W), "profiel­diepte" (P) en hun interactie wegdektype \times profiel­diepte (W \times P) met blokken;
- in meetserie 2 de hoofdeffecten "bandtype" (B), "snelheid" (S) en hun interactie bandtype \times snelheid (B \times S) met blokken.

Het aantal waarnemingen per blok wordt nu 12. Door de manier van strengelen kunnen de effecten van de factoren "wegdektype", "profiel­diepte" en hun interactie alleen in meetserie 2 worden geschat. De effecten van de factoren "bandtype", "snelheid" en hun interactie kunnen alléén in meetserie 1 worden geschat. Het raamwerk van de variantie-analyse wordt gegeven door:

oorzaak van variatie	graden van vrijheid
Niveau	1
Meetseries	1
W ₁	5
P ₁	1
(WP) ₁	5
B ₂	3
S ₂	2
(BS) ₂	6
Rest tussen blokken	0
Totaal tussen blokken	23
W ₂	5
B ₁	3
S ₁	2
P ₂	1
WB	15
WS	10
(WP) ₂	5
(BS) ₁	6
BP	3
SP	2
WBS	30
WBP	15
WSP	10
BSP	6
Rest binnen blokken	151
Totaal binnen blokken	264

Het nadeel van bovengenoemde opzetten is dat de hoofdeffecten en sommige twee-factor interacties slechts in één van de meetseries kunnen worden geschat.

c. Lattice design

Beschouw elk van de 144 combinaties van de verschillende niveaus van de factoren als een "behandeling". Daar dit aantal een kwadraat is behoort de lattice design ook tot de analysemogelijkheden. De grootte van de blokken en het aantal blokken per herhaling is hierbij gelijk aan de wortel van het aantal "behandelingen". Daar kan worden volstaan met twee herhalingen (dit levert voldoende vrijheidsgraden voor de rest op) is hier sprake van een "partially balanced lattice". In deze opzet treden niet alle paren behandelingen ooit in hetzelfde - onvolledige - blok op. De effecten van de te onderzoeken factoren en hun interacties worden gevormd door lineaire combinaties van de "behandelingen". Het raamwerk voor de variantie-analyse wordt gegeven door:

oorzaak van variatie	graden van vrijheid
Niveau	1
Herhalingen	1
Blokken binnen herhalingen	22
Behandelingen (gecorrigeerd voor blokken)	113
Rest	151
TOTAAL	288

Het nadeel van dit schema is dat afhankelijk van de verdeling per herhaling van de behandelingen over de blokken per hoofdeffect en per interactie de relevante standaardafwijkingen moeten worden berekend. Bij nadere bestudering blijkt dit vooral voor de interacties te gelden. Een tweede nadeel is dat niet alle kwadrantsommen van interacties onafhankelijk van elkaar zijn. Dit heeft tot gevolg dat de toetsen voor deze interacties niet statistisch verantwoord kunnen worden uitgevoerd.

IV Gekozen proefopzet

In nader overleg met de SWOV naar aanleiding van bezwaren tegen sommige opzetten en het aantal waarnemingen per blok is gekozen voor de opzet b2.

Het basisschema voor de proefopzet is weergegeven in bijlage A1. De aanwezigheid van een index bij een kleine letter geeft aan dat voor de onderhavige meting de factor, welke wordt voorgesteld door de corresponderende hoofdletter, op een daarvoor gekozen niveau is ingesteld.

In bijlage A2 is het schema weergegeven zoals dit tijdens het experiment moet worden uitgevoerd. De verschillende instellingen van de niveaus van de factoren, zowel over de blokken heen als binnen de blokken, zijn op aselechte wijze bepaald.

V Statistische analyse van de waarnemingsresultaten

Daar bij het onderzoek naar de effecten alleen de binnen blokken-analyse van belang is, wordt dat deel van het statistisch model gegeven dat hiervoor relevant is.

$$\begin{aligned} \underline{y}_{ijklm} = & \delta_{i1} (w_j + p_m + (wp)_{jm}) + \delta_{i2} (b_k + s_l + bs)_{kl} \\ & + (wb)_{jk} + (ws)_{jl} + (bp)_{km} + (sp)_{lm} + (wbs)_{jkl} \\ & + (wbp)_{jkm} + (wsp)_{jlm} + (bsp)_{klm} + e_{ijklm} \end{aligned}$$

Hierbij is:

\underline{y}_{ijklm} de bij de meetserie i, wegdektype j, bandtype k, snelheid l en profieldiepte m gemeten eigenschap;

w_j een constante, behorende bij wegdektype j;

b_k een constante, behorende bij bandtype k,

s_l een constante, behorende bij snelheid l;

p_m een constante, behorende bij profieldiepte m;

- $(ws)_{jl}$ een constante, behorende bij wegdektype j en snelheid l;
- $(wp)_{jm}$ een constante, behorende bij wegdektype j en profieldiepte m;
- $(bs)_{kl}$ een constante, behorende bij bandtype k en snelheid l;
- $(bp)_{km}$ een constante, behorende bij bandtype k en profieldiepte m;
- $(sp)_{lm}$ een constante, behorende bij snelheid l en profieldiepte m;
- $(wbs)_{jkl}$ een constante, behorende bij wegdektype j, bandtype k en snelheid l;
- $(wbp)_{jkm}$ een constante, behorende bij wegdektype j, bandtype k en profieldiepte m;
- $(wsp)_{jlm}$ een constante, behorende bij wegdektype j, snelheid l en profieldiepte m;
- $(wsp)_{klm}$ een constante, behorende bij bandtype k, snelheid l en profieldiepte m;
- e_{ijklm} een stochastische grootte ter beschrijving van de variabiliteit van metingen binnen blokken binnen meetseries;
- δ_{ip} Kronecker symbool, gelijk aan 1 als $i = p$ en gelijk aan 0 als $i \neq p$. Geeft aan welke hoofd-effecten en interacties in welke van de meetseries kunnen worden geschat.

Naast de veronderstellingen die tot de gekozen proefopzet hebben geleid, wordt voor de variantie-analyse tevens verondersteld dat:

- alle e 's onderling onafhankelijk en normaal verdeeld zijn met verwachtingswaarde nul en variantie σ_e^2 ;

- de nevenvoorwaarden zijn:

$$\sum_j w_j = \sum_k b_k = \sum_l s_l = \sum_m p_m = \sum_j (wb)_{jk} = \sum_k (wb)_{jk} =$$

$$= \sum_l (sp)_{lm} = \sum_m (sp)_{lm} = \sum_j (wbs)_{jkl} =$$

$$= \sum_m (bsp)_{klm} = 0$$

VI Resultaten van de statistische analyse

In bijlage B1, B2 en B3 zijn, respectievelijk voor eigenschap 1, 2 en 3, de resultaten van de variantie-analyses en ook tabellen van gemiddelden en effecten gegeven voor de significant bevonden hoofdeffecten en interacties. Onder een effect wordt hier verstaan de schatting voor de contrasten, gedefinieerd in het statistisch model (zie V).

Uit de resultaten van de variantie-analyse blijkt dat de interactie bandtype \times snelheid bij geen van de eigenschappen significant is bevonden. Bij de eigenschappen 1 en 2 is de drie-factor interactie wegdektype \times bandtype \times snelheid wél respectievelijk niet significant aanwezig. De interpretatie van de resultaten kan het best geschieden aan de hand van de tabellen van effecten. Als voorbeeld moge dienen de twee-factor interactie wegdektype \times bandtype bij eigenschap 2. Hierbij vallen de grote bijdragen van Pirelli en Michelin bij wegdektype E en in mindere mate, bij wegdektype F op, benevens de bijdrage van Uni-Royal bij wegdektype E. Bij de interpretatie van deze interactie moet dus vooral hiermee rekening worden gehouden.

MEETSERIE 1

Hierbij vallen de hoofdeffecten wegdektype (W), profieldiepte (P) en hun interactie wegdektype x profieldiepte (WxP) met de blokken samen

W ₁ b ₁ S ₁ P ₁	W ₁ b ₁ S ₁ P ₂	W ₂ b ₁ S ₁ P ₁	W ₂ b ₁ S ₁ P ₂	W ₃ b ₁ S ₁ P ₁	W ₃ b ₁ S ₁ P ₂	W ₄ b ₁ S ₁ P ₁	W ₄ b ₁ S ₁ P ₂	W ₅ b ₁ S ₁ P ₁	W ₅ b ₁ S ₁ P ₂	W ₆ b ₁ S ₁ P ₁	W ₆ b ₁ S ₁ P ₂
W ₁ b ₁ S ₂ P ₁	W ₁ b ₁ S ₂ P ₂	W ₂ b ₁ S ₂ P ₁	W ₂ b ₁ S ₂ P ₂	W ₃ b ₁ S ₂ P ₁	W ₃ b ₁ S ₂ P ₂	W ₄ b ₁ S ₂ P ₁	W ₄ b ₁ S ₂ P ₂	W ₅ b ₁ S ₂ P ₁	W ₅ b ₁ S ₂ P ₂	W ₆ b ₁ S ₂ P ₁	W ₆ b ₁ S ₂ P ₂
W ₁ b ₁ S ₃ P ₁	W ₁ b ₁ S ₃ P ₂	W ₂ b ₁ S ₃ P ₁	W ₂ b ₁ S ₃ P ₂	W ₃ b ₁ S ₃ P ₁	W ₃ b ₁ S ₃ P ₂	W ₄ b ₁ S ₃ P ₁	W ₄ b ₁ S ₃ P ₂	W ₅ b ₁ S ₃ P ₁	W ₅ b ₁ S ₃ P ₂	W ₆ b ₁ S ₃ P ₁	W ₆ b ₁ S ₃ P ₂
W ₁ b ₂ S ₁ P ₁	W ₁ b ₂ S ₁ P ₂	W ₂ b ₂ S ₁ P ₁	W ₂ b ₂ S ₁ P ₂	W ₃ b ₂ S ₁ P ₁	W ₃ b ₂ S ₁ P ₂	W ₄ b ₂ S ₁ P ₁	W ₄ b ₂ S ₁ P ₂	W ₅ b ₂ S ₁ P ₁	W ₅ b ₂ S ₁ P ₂	W ₆ b ₂ S ₁ P ₁	W ₆ b ₂ S ₁ P ₂
W ₁ b ₂ S ₂ P ₁	W ₁ b ₂ S ₂ P ₂	W ₂ b ₂ S ₂ P ₁	W ₂ b ₂ S ₂ P ₂	W ₃ b ₂ S ₂ P ₁	W ₃ b ₂ S ₂ P ₂	W ₄ b ₂ S ₂ P ₁	W ₄ b ₂ S ₂ P ₂	W ₅ b ₂ S ₂ P ₁	W ₅ b ₂ S ₂ P ₂	W ₆ b ₂ S ₂ P ₁	W ₆ b ₂ S ₂ P ₂
W ₁ b ₂ S ₃ P ₁	W ₁ b ₂ S ₃ P ₂	W ₂ b ₂ S ₃ P ₁	W ₂ b ₂ S ₃ P ₂	W ₃ b ₂ S ₃ P ₁	W ₃ b ₂ S ₃ P ₂	W ₄ b ₂ S ₃ P ₁	W ₄ b ₂ S ₃ P ₂	W ₅ b ₂ S ₃ P ₁	W ₅ b ₂ S ₃ P ₂	W ₆ b ₂ S ₃ P ₁	W ₆ b ₂ S ₃ P ₂
W ₁ b ₃ S ₁ P ₁	W ₁ b ₃ S ₁ P ₂	W ₂ b ₃ S ₁ P ₁	W ₂ b ₃ S ₁ P ₂	W ₃ b ₃ S ₁ P ₁	W ₃ b ₃ S ₁ P ₂	W ₄ b ₃ S ₁ P ₁	W ₄ b ₃ S ₁ P ₂	W ₅ b ₃ S ₁ P ₁	W ₅ b ₃ S ₁ P ₂	W ₆ b ₃ S ₁ P ₁	W ₆ b ₃ S ₁ P ₂
W ₁ b ₃ S ₂ P ₁	W ₁ b ₃ S ₂ P ₂	W ₂ b ₃ S ₂ P ₁	W ₂ b ₃ S ₂ P ₂	W ₃ b ₃ S ₂ P ₁	W ₃ b ₃ S ₂ P ₂	W ₄ b ₃ S ₂ P ₁	W ₄ b ₃ S ₂ P ₂	W ₅ b ₃ S ₂ P ₁	W ₅ b ₃ S ₂ P ₂	W ₆ b ₃ S ₂ P ₁	W ₆ b ₃ S ₂ P ₂
W ₁ b ₃ S ₃ P ₁	W ₁ b ₃ S ₃ P ₂	W ₂ b ₃ S ₃ P ₁	W ₂ b ₃ S ₃ P ₂	W ₃ b ₃ S ₃ P ₁	W ₃ b ₃ S ₃ P ₂	W ₄ b ₃ S ₃ P ₁	W ₄ b ₃ S ₃ P ₂	W ₅ b ₃ S ₃ P ₁	W ₅ b ₃ S ₃ P ₂	W ₆ b ₃ S ₃ P ₁	W ₆ b ₃ S ₃ P ₂
W ₁ b ₄ S ₁ P ₁	W ₁ b ₄ S ₁ P ₂	W ₂ b ₄ S ₁ P ₁	W ₂ b ₄ S ₁ P ₂	W ₃ b ₄ S ₁ P ₁	W ₃ b ₄ S ₁ P ₂	W ₄ b ₄ S ₁ P ₁	W ₄ b ₄ S ₁ P ₂	W ₅ b ₄ S ₁ P ₁	W ₅ b ₄ S ₁ P ₂	W ₆ b ₄ S ₁ P ₁	W ₆ b ₄ S ₁ P ₂
W ₁ b ₄ S ₂ P ₁	W ₁ b ₄ S ₂ P ₂	W ₂ b ₄ S ₂ P ₁	W ₂ b ₄ S ₂ P ₂	W ₃ b ₄ S ₂ P ₁	W ₃ b ₄ S ₂ P ₂	W ₄ b ₄ S ₂ P ₁	W ₄ b ₄ S ₂ P ₂	W ₅ b ₄ S ₂ P ₁	W ₅ b ₄ S ₂ P ₂	W ₆ b ₄ S ₂ P ₁	W ₆ b ₄ S ₂ P ₂
W ₁ b ₄ S ₃ P ₁	W ₁ b ₄ S ₃ P ₂	W ₂ b ₄ S ₃ P ₁	W ₂ b ₄ S ₃ P ₂	W ₃ b ₄ S ₃ P ₁	W ₃ b ₄ S ₃ P ₂	W ₄ b ₄ S ₃ P ₁	W ₄ b ₄ S ₃ P ₂	W ₅ b ₄ S ₃ P ₁	W ₅ b ₄ S ₃ P ₂	W ₆ b ₄ S ₃ P ₁	W ₆ b ₄ S ₃ P ₂

Bijlage A 1

Basisschema van het experiment in Woensdrecht

MEETSERIE 2

Hierbij vallen de hoofdeffecten bandtype (B), snelheid (S) en hun interactie bandtype x snelheid (B x S)
met de blokken samen

W ₁₁₁ S ₁ P ₁	W ₁₁₁ S ₂ P ₁	W ₁₁₁ S ₃ P ₁	W ₁₂₁ S ₁ P ₁	W ₁₂₂ S ₁ P ₁	W ₁₂₃ S ₁ P ₁	W ₁₃₁ S ₁ P ₁	W ₁₃₂ S ₁ P ₁	W ₁₃₃ S ₁ P ₁	W ₁₄₁ S ₁ P ₁	W ₁₄₂ S ₁ P ₁	W ₁₄₃ S ₁ P ₁
W ₂₁₁ S ₁ P ₁	W ₂₁₂ S ₁ P ₁	W ₂₁₃ S ₁ P ₁	W ₂₂₁ S ₁ P ₁	W ₂₂₂ S ₁ P ₁	W ₂₂₃ S ₁ P ₁	W ₂₃₁ S ₁ P ₁	W ₂₃₂ S ₁ P ₁	W ₂₃₃ S ₁ P ₁	W ₂₄₁ S ₁ P ₁	W ₂₄₂ S ₁ P ₁	W ₂₄₃ S ₁ P ₁
W ₃₁₁ S ₁ P ₁	W ₃₁₂ S ₁ P ₁	W ₃₁₃ S ₁ P ₁	W ₃₂₁ S ₁ P ₁	W ₃₂₂ S ₁ P ₁	W ₃₂₃ S ₁ P ₁	W ₃₃₁ S ₁ P ₁	W ₃₃₂ S ₁ P ₁	W ₃₃₃ S ₁ P ₁	W ₃₄₁ S ₁ P ₁	W ₃₄₂ S ₁ P ₁	W ₃₄₃ S ₁ P ₁
W ₄₁₁ S ₁ P ₁	W ₄₁₂ S ₁ P ₁	W ₄₁₃ S ₁ P ₁	W ₄₂₁ S ₁ P ₁	W ₄₂₂ S ₁ P ₁	W ₄₂₃ S ₁ P ₁	W ₄₃₁ S ₁ P ₁	W ₄₃₂ S ₁ P ₁	W ₄₃₃ S ₁ P ₁	W ₄₄₁ S ₁ P ₁	W ₄₄₂ S ₁ P ₁	W ₄₄₃ S ₁ P ₁
W ₅₁₁ S ₁ P ₁	W ₅₁₂ S ₁ P ₁	W ₅₁₃ S ₁ P ₁	W ₅₂₁ S ₁ P ₁	W ₅₂₂ S ₁ P ₁	W ₅₂₃ S ₁ P ₁	W ₅₃₁ S ₁ P ₁	W ₅₃₂ S ₁ P ₁	W ₅₃₃ S ₁ P ₁	W ₅₄₁ S ₁ P ₁	W ₅₄₂ S ₁ P ₁	W ₅₄₃ S ₁ P ₁
W ₆₁₁ S ₁ P ₁	W ₆₁₂ S ₁ P ₁	W ₆₁₃ S ₁ P ₁	W ₆₂₁ S ₁ P ₁	W ₆₂₂ S ₁ P ₁	W ₆₂₃ S ₁ P ₁	W ₆₃₁ S ₁ P ₁	W ₆₃₂ S ₁ P ₁	W ₆₃₃ S ₁ P ₁	W ₆₄₁ S ₁ P ₁	W ₆₄₂ S ₁ P ₁	W ₆₄₃ S ₁ P ₁
W ₁₁₁ S ₁ P ₂	W ₁₁₂ S ₁ P ₂	W ₁₁₃ S ₁ P ₂	W ₁₂₁ S ₁ P ₂	W ₁₂₂ S ₁ P ₂	W ₁₂₃ S ₁ P ₂	W ₁₃₁ S ₁ P ₂	W ₁₃₂ S ₁ P ₂	W ₁₃₃ S ₁ P ₂	W ₁₄₁ S ₁ P ₂	W ₁₄₂ S ₁ P ₂	W ₁₄₃ S ₁ P ₂
W ₂₁₁ S ₁ P ₂	W ₂₁₂ S ₁ P ₂	W ₂₁₃ S ₁ P ₂	W ₂₂₁ S ₁ P ₂	W ₂₂₂ S ₁ P ₂	W ₂₂₃ S ₁ P ₂	W ₂₃₁ S ₁ P ₂	W ₂₃₂ S ₁ P ₂	W ₂₃₃ S ₁ P ₂	W ₂₄₁ S ₁ P ₂	W ₂₄₂ S ₁ P ₂	W ₂₄₃ S ₁ P ₂
W ₃₁₁ S ₁ P ₂	W ₃₁₂ S ₁ P ₂	W ₃₁₃ S ₁ P ₂	W ₃₂₁ S ₁ P ₂	W ₃₂₂ S ₁ P ₂	W ₃₂₃ S ₁ P ₂	W ₃₃₁ S ₁ P ₂	W ₃₃₂ S ₁ P ₂	W ₃₃₃ S ₁ P ₂	W ₃₄₁ S ₁ P ₂	W ₃₄₂ S ₁ P ₂	W ₃₄₃ S ₁ P ₂
W ₄₁₁ S ₁ P ₂	W ₄₁₂ S ₁ P ₂	W ₄₁₃ S ₁ P ₂	W ₄₂₁ S ₁ P ₂	W ₄₂₂ S ₁ P ₂	W ₄₂₃ S ₁ P ₂	W ₄₃₁ S ₁ P ₂	W ₄₃₂ S ₁ P ₂	W ₄₃₃ S ₁ P ₂	W ₄₄₁ S ₁ P ₂	W ₄₄₂ S ₁ P ₂	W ₄₄₃ S ₁ P ₂
W ₅₁₁ S ₁ P ₂	W ₅₁₂ S ₁ P ₂	W ₅₁₃ S ₁ P ₂	W ₅₂₁ S ₁ P ₂	W ₅₂₂ S ₁ P ₂	W ₅₂₃ S ₁ P ₂	W ₅₃₁ S ₁ P ₂	W ₅₃₂ S ₁ P ₂	W ₅₃₃ S ₁ P ₂	W ₅₄₁ S ₁ P ₂	W ₅₄₂ S ₁ P ₂	W ₅₄₃ S ₁ P ₂
W ₆₁₁ S ₁ P ₂	W ₆₁₂ S ₁ P ₂	W ₆₁₃ S ₁ P ₂	W ₆₂₁ S ₁ P ₂	W ₆₂₂ S ₁ P ₂	W ₆₂₃ S ₁ P ₂	W ₆₃₁ S ₁ P ₂	W ₆₃₂ S ₁ P ₂	W ₆₃₃ S ₁ P ₂	W ₆₄₁ S ₁ P ₂	W ₆₄₂ S ₁ P ₂	W ₆₄₃ S ₁ P ₂

Bijlage A 2

Meetprogramma van het experiment in Woensdrecht

Slipwegfase 2

lijstnr. 3041706

MEETPROGRAMMA

DATUM :

BLOK 1

METING NUMMER	CODE	BANDNR.	WEGTYPE	BANDTYPE	SNELHEID (KM/UUR)	PROFIEL DIEPTE
1	6211	59	B	MICH	50	NIEUW
2	6212	70	B	MICH	50	1 MM
3	5212	64	A	MICH	50	1 MM
4	3212	72	F	MICH	50	1 MM
5	4212	72	C	MICH	50	1 MM
6	3211	58	F	MICH	50	NIEUW
7	2212	72	D	MICH	50	1 MM
8	4211	58	C	MICH	50	NIEUW
9	2211	58	D	MICH	50	NIEUW
10	5211	58	A	MICH	50	NIEUW
11	1211	43	E	MICH	50	NIEUW
12	1212	72	E	MICH	50	1 MM

WEGTYPE

SNELHEID
(KM/UUR)

PROFIEL
DIEPTE

E	MACRO GEEN	MICRO GROOT	1	50	1	NIEUW
D	MACRO KLEIN	MICRO KLEIN	2	75	2	1 MM
F	MACRO GEEN	MICRO GEEN	3	100		
C	MACRO GROOT	MICRO KLEIN				
A	MACRO KLEIN	MICRO GROOT				
B	MACRO GROOT	MICRO GROOT				

BANDTYPE

- 1 PIRELLI
- 2 MICHELIN
- 3 VREDESTEIN
- 4 UNIROYAL

MEETPROGRAMMA

DATUM :

BLOK 2

METING NUMMER	CODE	BANDNR.	WEGTYPE	BANDTYPE	SNELHEID (KM/UUR)	PROFIEL DIEPTE
13	6421	121	B	UNIR	75	NIEUW
14	3421	123	F	UNIR	75	NIEUW
15	5421	123	A	UNIR	75	NIEUW
16	3422	143	F	UNIR	75	1 MM
17	1422	143	E	UNIR	75	1 MM
18	1421	134	E	UNIR	75	NIEUW
19	4422	143	C	UNIR	75	1 MM
20	6422	158	B	UNIR	75	1 MM
21	2421	134	D	UNIR	75	NIEUW
22	2422	160	D	UNIR	75	1 MM
23	5422	160	A	UNIR	75	1 MM
24	4421	134	C	UNIR	75	NIEUW

WEGTYPE

SNELHEID
(KM/UUR)

PROFIEL
DIEPTE

E	MACRO GEEN ; MICRO GROOT	1 50	1 NIEUW
D	MACRO KLEIN ; MICRO KLEIN	2 75	2 1 MM
F	MACRO GEEN ; MICRO GEEN	3 100	
C	MACRO GROOT ; MICRO KLEIN		
A	MACRO KLEIN ; MICRO GROOT		
B	MACRO GROOT ; MICRO GROOT		

BANDTYPE

- 1 PIRELLI
- 2 MICHELIN
- 3 VREDESTEIN
- 4 UNIROYAL

MEETPROGRAMMA

DATUM :

BLOK 3

METING NUMMER	CODE	BANDNR.	WEGTYPE	BANDTYPE	SNELHEID (KM/UUR)	PROFIEL DIEPTE
25	2431	127	D	UNIR	100	NIEUW
26	4431	127	C	UNIR	100	NIEUW
27	5431	127	A	UNIR	100	NIEUW
28	3432	150	F	UNIR	100	1 MM
29	4432	150	C	UNIR	100	1 MM
30	1432	150	E	UNIR	100	1 MM
31	2432	151	D	UNIR	100	1 MM
32	5432	151	A	UNIR	100	1 MM
33	1431	128	E	UNIR	100	NIEUW
34	6432	147	B	UNIR	100	1 MM
35	6431	128	B	UNIR	100	NIEUW
36	3431	135	F	UNIR	100	NIEUW

WEGTYPE

SNELHEID
(KM/UUR)

PROFIEL
DIEPTE

E	MACRO GEEN	•	MICRO GROOT	1	50	1	NIEUW
D	MACRO KLEIN	•	MICRO KLEIN	2	75	2	1 MM
F	MACRO GEEN	•	MICRO GEEN	3	100		
C	MACRO GROOT	•	MICRO KLEIN				
A	MACRO KLEIN	•	MICRO GROOT				
B	MACRO GROOT	•	MICRO GROOT				

BANDTYPE

- 1 PIRELLI
- 2 MICHELIN
- 3 VREDESTEIN
- 4 UNIROYAL

MEETPROGRAMMA

DATUM :

BLOK 4

METING NUMMER	CODE	BANDNR.	WEGTYPE	BANDTYPE	SNELHEID (KM/UUR)	PROFIEL DIEPTE
37	5111	22	A	PIRE	50	NIEUW
38	3112	37	F	PIRE	50	1 MM
39	3111	7	F	PIRE	50	NIEUW
40	4111	7	C	PIRE	50	NIEUW
41	2112	37	D	PIRE	50	1 MM
42	6112	37	B	PIRE	50	1 MM
43	2111	7	D	PIRE	50	NIEUW
44	6111	7	B	PIRE	50	NIEUW
45	5112	34	A	PIRE	50	1 MM
46	1111	19	E	PIRE	50	NIEUW
47	4112	39	C	PIRE	50	1 MM
48	1112	39	E	PIRE	50	1 MM

WEGTYPE

SNELHEID
(KM/UUR)

PROFIEL
DIEPTE

E	MACRO GEEN , MICRO GROOT	1	50	1	NIEUW
D	MACRO KLEIN , MICRO KLEIN	2	75	2	1 MM
F	MACRO GEEN , MICRO GEEN	3	100		
C	MACRO GROOT , MICRO KLEIN				
A	MACRO KLEIN , MICRO GROOT				
B	MACRO GROOT , MICRO GROOT				

BANDTYPE

- 1 PIRELLI
- 2 MICHELIN
- 3 VREDESTEIN
- 4 UNIROYAL

MEETPROGRAMMA

DATUM :

BLOK 5

METING NUMMER	CODE	BANDNR.	WEGTYPE	BANDTYPE	SNELHEID (KM/UUR)	PROFIEL DIEPTE
49	4331	97	C	VRED	100	NIEUW
50	3331	97	F	VRED	100	NIEUW
51	3332	114	F	VRED	100	1 MM
52	6332	114	B	VRED	100	1 MM
53	1331	97	E	VRED	100	NIEUW
54	5331	83	A	VRED	100	NIEUW
55	2332	107	D	VRED	100	1 MM
56	1332	107	E	VRED	100	1 MM
57	2331	85	D	VRED	100	NIEUW
58	6331	85	B	VRED	100	NIEUW
59	4332	107	C	VRED	100	1 MM
60	5332	119	A	VRED	100	1 MM

WEGTYPE

SNELHEID
(KM/UUR)

PROFIEL
DIEPTE

E	MACRO GEEN , MICRO GROOT	1	50	1	NIEUW
D	MACRO KLEIN , MICRO KLEIN	2	75	2	1 MM
F	MACRO GEEN , MICRO GEEN	3	100		
C	MACRO GROOT , MICRO KLEIN				
A	MACRO KLEIN , MICRO GROOT				
B	MACRO GROOT , MICRO GROOT				

BANDTYPE

- 1 PIRELLI
- 2 MICHELIN
- 3 VREDESTEIN
- 4 UNIROYAL

MEETPROGRAMMA

DATUM :

BLOK 6

METING NUMMER	CODE	BANDNR.	WEGTYPE	BANDTYPE	SNELHEID (KM/UUR)	PROFIEL DIEPTE
61	6122	39	B	PIRE	75	1 MM
62	6121	19	B	PIRE	75	NIEUW
63	3122	35	F	PIRE	75	1 MM
64	4122	35	C	PIRE	75	1 MM
65	1122	35	E	PIRE	75	1 MM
66	3121	1	F	PIRE	75	NIEUW
67	5122	30	A	PIRE	75	1 MM
68	4121	1	C	PIRE	75	NIEUW
69	2122	27	D	PIRE	75	1 MM
70	5121	1	A	PIRE	75	NIEUW
71	2121	2	D	PIRE	75	NIEUW
72	1121	2	E	PIRE	75	NIEUW

WEGTYPE

SNELHEID
(KM/UUR)

PROFIEL
DIEPTE

E	MACRO GEEN	•	MICRO GROOT	1	50	1	NIEUW
D	MACRO KLEIN	•	MICRO KLEIN	2	75	2	1 MM
F	MACRO GEEN	•	MICRO GEEN	3	100		
C	MACRO GROOT	•	MICRO KLEIN				
A	MACRO KLEIN	•	MICRO GROOT				
B	MACRO GROOT	•	MICRO GROOT				

BANDTYPE

- 1 PIRELLI
- 2 MICHELIN
- 3 VREDESTEIN
- 4 UNIROYAL

MEETPROGRAMMA

DATUM :

BLOK 7

METING NUMMER	CODE	BANDNR.	WEGTYPE	BANDTYPE	SNELHEID (KM/UUR)	PROFIEL DIEPTE
73	1131	2	E	PIRE	100	NIEUW
74	3131	18	F	PIRE	100	NIEUW
75	5131	18	A	PIRE	100	NIEUW
76	3132	27	F	PIRE	100	1 MM
77	4131	10	C	PIRE	100	NIEUW
78	2132	27	D	PIRE	100	1 MM
79	4132	27	C	PIRE	100	1 MM
80	6131	10	B	PIRE	100	NIEUW
81	1132	29	E	PIRE	100	1 MM
82	5132	29	A	PIRE	100	1 MM
83	6132	32	B	PIRE	100	1 MM
84	2131	4	D	PIRE	100	NIEUW

WEGTYPE

SNELHEID
(KM/UUR)

PROFIEL
DIEPTE

E	MACRO GEEN ; MICRO GROOT	1 50	1 NIEUW
D	MACRO KLEIN ; MICRO KLEIN	2 75	2 1 MM
F	MACRO GEEN ; MICRO GEEN	3 100	
C	MACRO GROOT ; MICRO KLEIN		
A	MACRO KLEIN ; MICRO GROOT		
B	MACRO GROOT ; MICRO GROOT		

BANDTYPE

- 1 PIRELLI
- 2 MICHELIN
- 3 VREDESTEIN
- 4 UNIROYAL

MEETPROGRAMMA

DATUM :

BLOK 8

METING NUMMER	CODE	BANDNR.	WEGTYPE	BANDTYPE	SNELHEID (KM/UUR)	PROFIEL DIEPTE
85	5312	118	A	VRED	50	1 MM
86	1312	113	E	VRED	50	1 MM
87	4312	113	C	VRED	50	1 MM
88	6312	113	B	VRED	50	1 MM
89	2311	86	D	VRED	50	NIEUW
90	4311	86	C	VRED	50	NIEUW
91	5311	86	A	VRED	50	NIEUW
92	3312	111	F	VRED	50	1 MM
93	1311	100	E	VRED	50	NIEUW
94	3311	100	F	VRED	50	NIEUW
95	2312	111	D	VRED	50	1 MM
96	6311	100	B	VRED	50	NIEUW

WEGTYPE

SNELHEID
(KM/UUR)

PROFIEL
DIEPTE

E	MACRO GEEN ; MICRO GROOT	1 50	1 NIEUW
D	MACRO KLEIN ; MICRO KLEIN	2 75	2 1 MM
F	MACRO GEEN ; MICRO GEEN	3 100	
C	MACRO GROOT ; MICRO KLEIN		
A	MACRO KLEIN ; MICRO GROOT		
B	MACRO GROOT ; MICRO GROOT		

BANDTYPE

- 1 PIRELLI
- 2 MICHELIN
- 3 VREDESTEIN
- 4 UNIROYAL

MEETPROGRAMMA

DATUM :

BLOK 9

METING NUMMER	CODE	BANDNR.	WEGTYPE	BANDTYPE	SNELHEID (KM/UUR)	PROFIEL DIEPTE
97	1222	68	E	MICH	75	1 MM
98	4221	43	C	MICH	75	NIEUW
99	3221	43	F	MICH	75	NIEUW
100	2221	45	D	MICH	75	NIEUW
101	5222	68	A	MICH	75	1 MM
102	5221	45	A	MICH	75	NIEUW
103	3222	71	F	MICH	75	1 MM
104	1221	54	E	MICH	75	NIEUW
105	2222	71	D	MICH	75	1 MM
106	6222	71	B	MICH	75	1 MM
107	6221	54	B	MICH	75	NIEUW
108	4222	74	C	MICH	75	1 MM

WEGTYPE

SNELHEID
(KM/UUR)

PROFIEL
DIEPTE

E	MACRO GEEN	MICRO GROOT	1	50	1	NIEUW
D	MACRO KLEIN	MICRO KLEIN	2	75	2	1 MM
F	MACRO GEEN	MICRO GEEN	3	100		
C	MACRO GROOT	MICRO KLEIN				
A	MACRO KLEIN	MICRO GROOT				
B	MACRO GROOT	MICRO GROOT				

BANDTYPE

- 1 PIRELLI
- 2 MICHELIN
- 3 VREDESTEIN
- 4 UNIROYAL

MEETPROGRAMMA

DATUM :

BLOK 10

METING NUMMER	CODE	BANDNR.	WEGTYPE	BANDTYPE	SNELHEID (KM/UUR)	PROFIEL DIEPTE
109	4321	90	C	VRED	75	NIEUW
110	1321	90	E	VRED	75	NIEUW
111	4322	111	C	VRED	75	1 MM
112	3322	111	F	VRED	75	1 MM
113	5321	90	A	VRED	75	NIEUW
114	3321	92	F	VRED	75	NIEUW
115	2321	92	D	VRED	75	NIEUW
116	1322	110	E	VRED	75	1 MM
117	6322	110	B	VRED	75	1 MM
118	5322	116	A	VRED	75	1 MM
119	6321	92	B	VRED	75	NIEUW
120	2322	112	D	VRED	75	1 MM

WEGTYPE

SNELHEID
(KM/UUR)

PROFIEL
DIEPTE

E	MACRO GEEN	•	MICRO GROOT	1	50	1	NIEUW
D	MACRO KLEIN	•	MICRO KLEIN	2	75	2	1 MM
F	MACRO GEEN	•	MICRO GEEN	3	100		
C	MACRO GROOT	•	MICRO KLEIN				
A	MACRO KLEIN	•	MICRO GROOT				
B	MACRO GROOT	•	MICRO GROOT				

BANDTYPE

- 1 PIRELLI
- 2 MICHELIN
- 3 VREDESTEIN
- 4 UNIROYAL

MEETPROGRAMMA

DATUM :

BLOK 11

METING NUMMER	CODE	BANDNR.	WEGTYPE	BANDTYPE	SNELHEID (KM/UUR)	PROFIEL DIEPTE
121	3232	74	F	MICH	100	1 MM
122	6231	48	B	MICH	100	NIEUW
123	1232	74	E	MICH	100	1 MM
124	4232	76	C	MICH	100	1 MM
125	3231	42	F	MICH	100	NIEUW
126	5232	76	A	MICH	100	1 MM
127	1231	42	E	MICH	100	NIEUW
128	2231	42	D	MICH	100	NIEUW
129	5231	60	A	MICH	100	NIEUW
130	6232	73	B	MICH	100	1 MM
131	2232	67	D	MICH	100	1 MM
132	4231	57	C	MICH	100	NIEUW

WEGTYPE

SNELHEID
(KM/UUR)

PROFIEL
DIEPTE

E	MACRO GEEN	;	MICRO GROOT	1	50	1	NIEUW
D	MACRO KLEIN	;	MICRO KLEIN	2	75	2	1 MM
F	MACRO GEEN	;	MICRO GEEN	3	100		
C	MACRO GROOT	;	MICRO KLEIN				
A	MACRO KLEIN	;	MICRO GROOT				
B	MACRO GROOT	;	MICRO GROOT				

BANDTYPE

- 1 PIRELLI
- 2 MICHELIN
- 3 VREDESTEIN
- 4 UNIROYAL

MEETPROGRAMMA

DATUM :

BLOK 12

METING NUMMER	CODE	BANDNR.	WEGTYPE	BANDTYPE	SNELHEID (KM/UUR)	PROFIEL DIEPTE
133	5412	157	A	UNIR	50	1 MM
134	5411	135	A	UNIR	50	NIEUW
135	2411	126	D	UNIR	50	NIEUW
136	6411	126	B	UNIR	50	NIEUW
137	3412	148	F	UNIR	50	1 MM
138	1411	139	E	UNIR	50	NIEUW
139	4412	148	C	UNIR	50	1 MM
140	1412	148	E	UNIR	50	1 MM
141	2412	155	D	UNIR	50	1 MM
142	4411	139	C	UNIR	50	NIEUW
143	3411	139	F	UNIR	50	NIEUW
144	6412	155	B	UNIR	50	1 MM

	WEGTYPE	SNELHEID (KM/UUR)	PROFIEL DIEPTE
E	MACRO GEEN , MICRO GROOT	1 50	1 NIEUW
D	MACRO KLEIN , MICRO KLEIN	2 75	2 1 MM
F	MACRO GEEN , MICRO GEEN	3 100	
C	MACRO GROOT , MICRO KLEIN		
A	MACRO KLEIN , MICRO GROOT		
B	MACRO GROOT , MICRO GROOT		

BANDTYPE

- 1 PIRELLI
- 2 MICHELIN
- 3 VREDESTEIN
- 4 UNIROYAL

MEETPROGRAMMA

DATUM :

BLOK 13

METING NUMMER	CODE	BANDNR.	WEGTYPE	BANDTYPE	SNELHEID (KM/UUR)	PROFIEL DIEPTE
145	1421	140	E	UNIR	75	NIEUW
146	1311	84	E	VRED	50	NIEUW
147	1111	4	E	PIRE	50	NIEUW
148	1331	84	E	VRED	100	NIEUW
149	1131	4	E	PIRE	100	NIEUW
150	1121	3	E	PIRE	75	NIEUW
151	1431	140	E	UNIR	100	NIEUW
152	1221	57	E	MICH	75	NIEUW
153	1411	122	E	UNIR	50	NIEUW
154	1231	57	E	MICH	100	NIEUW
155	1321	81	E	VRED	75	NIEUW
156	1211	52	E	MICH	50	NIEUW

WEGTYPE

SNELHEID
(KM/UUR)

PROFIEL
DIEPTE

E	MACRO GEEN	MICRO GROOT	1	50	1	NIEUW
D	MACRO KLEIN	MICRO KLEIN	2	75	2	1 MM
F	MACRO GEEN	MICRO GEEN	3	100		
C	MACRO GROOT	MICRO KLEIN				
A	MACRO KLEIN	MICRO GROOT				
B	MACRO GROOT	MICRO GROOT				

BANDTYPE

- 1 PIRELLI
- 2 MICHELIN
- 3 VREDESTEIN
- 4 UNIROYAL

MEETPROGRAMMA

DATUM :

BLOK 14

METING NUMMER	CODE	BANDNR.	WEGTYPE	BANDTYPE	SNELHEID (KM/UUR)	PROFIEL DIEPTE
157	3412	145	F	UNIR	50	1 MM
158	3112	26	F	PIRE	50	1 MM
159	3122	26	F	PIRE	75	1 MM
160	3312	112	F	VRED	50	1 MM
161	3422	145	F	UNIR	75	1 MM
162	3232	67	F	MICH	100	1 MM
163	3322	112	F	VRED	75	1 MM
164	3132	26	F	PIRE	100	1 MM
165	3222	67	F	MICH	75	1 MM
166	3332	112	F	VRED	100	1 MM
167	3432	145	F	UNIR	100	1 MM
168	3212	67	F	MICH	50	1 MM

WEGTYPE

SNELHEID
(KM/UUR)

PROFIEL
DIEPTE

E	MACRO GEEN	,	MICRO GROOT	1	50	1	NIEUW
D	MACRO KLEIN	,	MICRO KLEIN	2	75	2	1 MM
F	MACRO GEEN	,	MICRO GEEN	3	100		
C	MACRO GROOT	,	MICRO KLEIN				
A	MACRO KLEIN	,	MICRO GROOT				
B	MACRO GROOT	,	MICRO GROOT				

BANDTYPE

- 1 PIRELLI
- 2 MICHELIN
- 3 VREDESTEIN
- 4 UNIROYAL

MEETPROGRAMMA

DATUM :

BLOK 15

METING NUMMER	CODE	BANDNR.	WEGTYPE	BANDTYPE	SNELHEID (KM/UUR)	PROFIEL DIEPTE
169	4121	3	C	PIRE	75	NIEUW
170	4321	81	C	VRED	75	NIEUW
171	4331	81	C	VRED	100	NIEUW
172	4311	101	C	VRED	50	NIEUW
173	4421	122	C	UNIR	75	NIEUW
174	4231	52	C	MICH	100	NIEUW
175	4411	122	C	UNIR	50	NIEUW
176	4131	3	C	PIRE	100	NIEUW
177	4211	52	C	MICH	50	NIEUW
178	4111	5	C	PIRE	50	NIEUW
179	4431	142	C	UNIR	100	NIEUW
180	4221	46	C	MICH	75	NIEUW

WEGTYPE

SNELHEID
(KM/UUR)

PROFIEL
DIEPTE

E	MACRO GEEN	•	MICRO GROOT	1	50	1	NIEUW
D	MACRO KLEIN	•	MICRO KLEIN	2	75	2	1 MM
F	MACRO GEEN	•	MICRO GEEN	3	100		
C	MACRO GROOT	•	MICRO KLEIN				
A	MACRO KLEIN	•	MICRO GROOT				
B	MACRO GROOT	•	MICRO GROOT				

BANDTYPE

- 1 PIRELLI
- 2 MICHELIN
- 3 VREDESTEIN
- 4 UNIROYAL

MEETPROGRAMMA

DATUM :

BLOK 16

METING NUMMER	CODE	BANDNR.	WEGTYPE	BANDTYPE	SNELHEID (KM/UUR)	PROFIEL DIEPTE
181	6331	101	B	VRED	100	NIEUW
182	6321	98	B	VRED	75	NIEUW
183	6131	5	B	PIRE	100	NIEUW
184	6431	142	B	UNIR	100	NIEUW
185	6231	46	B	MICH	100	NIEUW
186	6411	141	B	UNIR	50	NIEUW
187	6221	47	B	MICH	75	NIEUW
188	6421	124	B	UNIR	75	NIEUW
189	6211	61	B	MICH	50	NIEUW
190	6311	95	B	VRED	50	NIEUW
191	6121	6	B	PIRE	75	NIEUW
192	6111	13	B	PIRE	50	NIEUW

WEGTYPE

SNELHEID
(KM/UUR)

PROFIEL
DIEPTE

E	MACRO GEEN , MICRO GROOT	1 50	1 NIEUW
D	MACRO KLEIN , MICRO KLEIN	2 75	2 1 MM
F	MACRO GEEN , MICRO GEEN	3 100	
C	MACRO GROOT , MICRO KLEIN		
A	MACRO KLEIN , MICRO GROOT		
B	MACRO GROOT , MICRO GROOT		

BANDTYPE

- 1 PIRELLI
- 2 MICHELIN
- 3 VREDESTEIN
- 4 UNIROYAL

MEETPROGRAMMA

DATUM :

BLOK 17

METING NUMMER	CODE	BANDNR.	WEGTYPE	BANDTYPE	SNELHEID (KM/UUR)	PROFIEL DIEPTE
193	4232	65	C	MICH	100	1 MM
194	4212	65	C	MICH	50	1 MM
195	4422	154	C	UNIR	75	1 MM
196	4332	115	C	VRED	100	1 MM
197	4112	26	C	PIRE	50	1 MM
198	4132	28	C	PIRE	100	1 MM
199	4432	154	C	UNIR	100	1 MM
200	4412	154	C	UNIR	50	1 MM
201	4322	115	C	VRED	75	1 MM
202	4222	65	C	MICH	75	1 MM
203	4122	28	C	PIRE	75	1 MM
204	4312	115	C	VRED	50	1 MM

WEGTYPE

SNELHEID
(KM/UUR)

PROFIEL
DIEPTE

E	MACRO GEEN	, MICRO GROOT	1	50	1	NIEUW
D	MACRO KLEIN	, MICRO KLEIN	2	75	2	1 MM
F	MACRO GEEN	, MICRO GEEN	3	100		
C	MACRO GROOT	, MICRO KLEIN				
A	MACRO KLEIN	, MICRO GROOT				
B	MACRO GROOT	, MICRO GROOT				

BANDTYPE

- 1 PIRELLI
- 2 MICHELIN
- 3 VREDESTEIN
- 4 UNIROYAL

MEETPROGRAMMA

DATUM :

BLOK 18

METING NUMMER	CODE	BANDNR.	WEGTYPE	BANDTYPE	SNELHEID (KM/UUR)	PROFIEL DIEPTE
205	3321	99	F	VRED	75	NIEUW
206	3211	49	F	MICH	50	NIEUW
207	3311	99	F	VRED	50	NIEUW
208	3121	15	F	PIRE	75	NIEUW
209	3221	49	F	MICH	75	NIEUW
210	3411	137	F	UNIR	50	NIEUW
211	3331	99	F	VRED	100	NIEUW
212	3231	49	F	MICH	100	NIEUW
213	3421	137	F	UNIR	75	NIEUW
214	3111	15	F	PIRE	50	NIEUW
215	3431	137	F	UNIR	100	NIEUW
206	3131	15	F	PIRE	100	NIEUW

WEGTYPE

SNELHEID
(KM/UUR)

PROFIEL
DIEPTE

E	MACRO GEEN	, MICRO GROOT	1	50	1	NIEUW
D	MACRO KLEIN	, MICRO KLEIN	2	75	2	1 MM
F	MACRO GEEN	, MICRO GEEN	3	100		
C	MACRO GROOT	, MICRO KLEIN				
A	MACRO KLEIN	, MICRO GROOT				
B	MACRO GROOT	, MICRO GROOT				

BANDTYPE

- 1 PIRELLI
- 2 MICHELIN
- 3 VREDESTEIN
- 4 UNIROYAL

MEETPROGRAMMA

DATUM :

BLOK 19

METING NUMMER	CODE	BANDNR.	WEGTYPE	BANDTYPE	SNELHEID (KM/UUR)	PROFIEL DIEPTE
217	6432	145	B	UNIR	100	1 MM
218	6422	154	B	UNIR	75	1 MM
219	6212	65	B	MICH	50	1 MM
220	6412	144	B	UNIR	50	1 MM
221	6232	75	B	MICH	100	1 MM
222	6132	28	B	PIRE	100	1 MM
223	6122	38	B	PIRE	75	1 MM
224	6222	63	B	MICH	75	1 MM
225	6312	115	B	VRED	50	1 MM
226	6322	103	B	VRED	75	1 MM
227	6112	40	B	PIRE	50	1 MM
228	6332	106	B	VRED	100	1 MM

WEGTYPE

SNELHEID
(KM/UUR)

PROFIEL
DIEPTE

E	MACRO GEEN	•	MICRO GROOT	1	50	1	NILUW
D	MACRO KLEIN	•	MICRO KLEIN	2	75	2	1 MM
F	MACRO GEEN	,	MICRO GEEN	3	100		
C	MACRO GROOT	•	MICRO KLEIN				
A	MACRO KLEIN	•	MICRO GROOT				
B	MACRO GROOT	•	MICRO GROOT				

BANDTYPE

- 1 PIRELLI
- 2 MICHELIN
- 3 VREDESTEIN
- 4 UNIROYAL

MEETPROGRAMMA

DATUM :

BLOK 20

METING NUMMER	CODE	BANDNR.	WEGTYPE	BANDTYPE	SNELHEID (KM/UUR)	PROFIEL DIEPTE
229	1212	66	E	MICH	50	1 MM
230	1322	109	E	VRED	75	1 MM
231	1332	117	E	VRED	100	1 MM
232	1122	23	E	PIRE	75	1 MM
233	1432	156	E	UNIR	100	1 MM
234	1312	120	E	VRED	50	1 MM
235	1222	80	E	MICH	75	1 MM
236	1232	69	E	MICH	100	1 MM
237	1412	149	E	UNIR	50	1 MM
238	1132	33	E	PIRE	100	1 MM
239	1112	25	E	PIRE	50	1 MM
240	1422	153	E	UNIR	75	1 MM

WEGTYPE

SNELHEID
(KM/UUR)

PROFIEL
DIEPTE

E	MACRO GEEN	;	MICRO GROOT	1	50	1	NIEUW
D	MACRO KLEIN	;	MICRO KLEIN	2	75	2	1 MM
F	MACRO GEEN	;	MICRO GEEN	3	100		
C	MACRO GROOT	;	MICRO KLEIN				
A	MACRO KLLIN	;	MICRO GROOT				
B	MACRO GROOT	;	MICRO GROOT				

BANDTYPE

- 1 PIRELLI
- 2 MICHELIN
- 3 VREDESTEIN
- 4 UNIROYAL

MEETPROGRAMMA

DATUM :

BLOK 21

METING NUMMER	CODE	BANDNR.	WEGTYPE	BANDTYPE	SNELHEID (KM/UUR)	PROFIEL DIEPTE
241	5322	109	A	VRED	75	1 MM
242	5232	66	A	MICH	100	1 MM
243	5422	156	A	UNIR	75	1 MM
244	5332	117	A	VRED	100	1 MM
245	5312	120	A	VRED	50	1 MM
246	5122	23	A	PIRE	75	1 MM
247	5132	33	A	PIRE	100	1 MM
248	5222	80	A	MICH	75	1 MM
249	5432	149	A	UNIR	100	1 MM
250	5412	153	A	UNIR	50	1 MM
251	5212	69	A	MICH	50	1 MM
252	5112	25	A	PIRE	50	1 MM

WEGTYPE

SNELHEID
(KM/UUR)

PROFIEL
DIEPTE

E	MACRO GEEN	MICRO GROOT	1	50	1	NIEUW
D	MACRO KLEIN	MICRO KLEIN	2	75	2	1 MM
F	MACRO GEEN	MICRO GEEN	3	100		
C	MACRO GROOT	MICRO KLEIN				
A	MACRO KLEIN	MICRO GROOT				
B	MACRO GROOT	MICRO GROOT				

BANDTYPE

- 1 PIRELLI
- 2 MICHELIN
- 3 VREDESTEIN
- 4 UNIROYAL

MEETPROGRAMMA

DATUM :

BLOK 22

METING NUMMER	CODE	BANDNR.	WEGTYPE	BANDTYPE	SNELHEID (KM/UUR)	PROFIEL DIEPTE
253	5331	99	A	VRED	100	NIEUW
254	5221	49	A	MICH	75	NIEUW
255	5111	15	A	PIRE	50	NIEUW
256	5231	62	A	MICH	100	NIEUW
257	5131	9	A	PIRE	100	NIEUW
258	5421	137	A	UNIR	75	NIEUW
259	5121	20	A	PIRE	75	NIEUW
260	5431	125	A	UNIR	100	NIEUW
261	5211	51	A	MICH	50	NIEUW
262	5311	82	A	VRED	50	NIEUW
263	5411	133	A	UNIR	50	NIEUW
264	5321	93	A	VRED	75	NIEUW

WEGTYPE

SNELHEID
(KM/UUR)

PROFIEL
DIEPTE

E	MACRO GEEN	, MICRO GROOT	1	50	1	NIEUW
D	MACRO KLEIN	, MICRO KLEIN	2	75	2	1 MM
F	MACRO GEEN	, MICRO GEEN	3	100		
C	MACRO GROOT	, MICRO KLEIN				
A	MACRO KLEIN	, MICRO GROOT				
B	MACRO GROOT	, MICRO GROOT				

BANDTYPE

- 1 PIRELLI
- 2 MICHELIN
- 3 VREDESTEIN
- 4 UNIROYAL

MEETPROGRAMMA

DATUM :

BLOK 23

METING NUMMER	CODE	BANDNR.	WEGTYPE	BANDTYPE	SNELHEID (KM/UUR)	PROFIEL DIEPTE
265	2331	102	D	VRED	100	NIEUW
266	2221	41	D	MICH	75	NIEUW
267	2111	21	D	PIRE	50	NIEUW
268	2231	41	D	MICH	100	NIEUW
269	2131	21	D	PIRE	100	NIEUW
270	2421	129	D	UNIR	75	NIEUW
271	2121	21	D	PIRE	75	NIEUW
272	2431	129	D	UNIR	100	NIEUW
273	2211	41	D	MICH	50	NIEUW
274	2311	102	D	VRED	50	NIEUW
275	2411	129	D	UNIR	50	NIEUW
276	2321	102	D	VRED	75	NIEUW

WEGTYPE

SNELHEID
(KM/UUR)

PROFIEL
DIEPTE

E	MACRO GEEN	,	MICRO GROOT	1	50	1	NIEUW
D	MACRO KLEIN	,	MICRO KLEIN	2	75	2	1 MM
F	MACRO GEEN	,	MICRO GEEN	3	100		
C	MACRO GROOT	,	MICRO KLEIN				
A	MACRO KLEIN	,	MICRO GROOT				
B	MACRO GROOT	,	MICRO GROOT				

BANDTYPE

- 1 PIRELLI
- 2 MICHELIN
- 3 VREDESTEIN
- 4 UNIROYAL

MEETPROGRAMMA

DATUM :

BLOK 24

METING NUMMER	CODE	BANDNR.	WEGTYPE	BANDTYPE	SNELHEID (KM/UUR)	PROFIEL DIEPTE
277	2122	24	D	PIRE	75	1 MM
278	2132	24	D	PIRE	100	1 MM
279	2232	78	D	MICH	100	1 MM
280	2112	24	D	PIRE	50	1 MM
281	2222	78	D	MICH	75	1 MM
282	2332	105	D	VRED	100	1 MM
283	2212	78	D	MICH	50	1 MM
284	2322	105	D	VRED	75	1 MM
285	2422	159	D	UNIR	75	1 MM
286	2312	105	D	VRED	50	1 MM
287	2412	159	D	UNIR	50	1 MM
288	2432	159	D	UNIR	100	1 MM

WEGTYPE

SNELHEID
(KM/UUR)

PROFIEL
DIEPTE

E	MACRO GEEN	:	MICRO GROOT	1	50	1	NIEUW
D	MACRO KLEIN	:	MICRO KLEIN	2	75	2	1 MM
F	MACRO GEEN	:	MICRO GEEN	3	100		
C	MACRO GROOT	:	MICRO KLEIN				
A	MACRO KLEIN	:	MICRO GROOT				
B	MACRO GROOT	:	MICRO GROOT				

HANDTYPE

- 1 PIRELLI
- 2 MICHELIN
- 3 VREDESTEIN
- 4 UNIROYAL

Bijlage B 1

Resultaten van de variantie-analyse, tabellen van object-
gemiddelden en tabellen van effecten van de significant bevonden
hoofdeffecten en interacties van eigenschap 1.

Variantie-analyse tabel

Bron van variatie	Vg	Kwadraten-som	Gemiddelde kwadratensom	F
Niveau	1	2475428.6075		
Meetseries	1	5.0649		-
Bandtype ₁ (B ₁)	3	396.4755		-
Snelheid ₁ (S ₁)	2	1730.4125		-
(B ₁ × S ₁)	6	696.5685		-
Wegdektype ₂ (W ₂)	5	90031.5835		-
Profieldiepte ₂ (P ₂)	1	6504.1985		-
(W × P) ₂	5	4762.2316		-
Rest tussen blokken	0	-		-
Totaal tussen blokken	23	104126.5350		
B ₂	3	417.8771	139.2924	6.24***
S ₂	2	4354.2736	2177.1368	97.46***
(B × S) ₂	6	52.5961	8.7660	0.39
W ₁	5	101178.5674	20235.7135	905.84***
P ₁	1	6450.8944	6450.8944	288.77***
(W × P) ₁	5	4646.9568	929.3914	41.60***
WB	15	5073.5422	338.2361	15.14***
WS	12	6251.0037	625.1004	27.98***
BP	3	532.1841	177.3947	7.94***
SP	2	1784.8790	892.4395	39.95***
WBS	30	586.0708	19.5357	0.87
WBP	15	2920.5535	194.7036	8.72***
WSP	12	2143.5987	214.3599	9.60***
BSP	6	162.9208	27.1535	1.22
Rest binnen blokken	151	3373.2185	22.3392	
Totaal binnen blokken	264	139929.1367		
TOTAAL	288	2719484.2792		

waarbij

* wil zeggen dat $0.025 < P < 0.050$ ** wil zeggen dat $0.010 < P < 0.025$ en*** wil zeggen dat $P < 0.010$

TABELLEN VOOR OBJECTGEMIDDELDEN

WEGDEKTYPE						
E	D	F	C	A	B	GEM
87.6	103.6	37.9	96.3	112.3	118.7	92.7

BANDTYPE				
PI	MI	VR	UN	GEM
94.9	90.4	91.9	93.6	92.7

SNELHEID KM/U			
50	75	100	GEM
99.4	92.8	85.9	92.7

PROFIELDIEPTE		
NIEUW	LEM	GEM
99.4	86.0	92.7

		SNELHEID KM/U			
		50	75	100	GEM
PROFIEL- DIEPTE	NIEUW	102.7	100.4	95.2	99.4
	LEM	96.1	85.2	76.7	86.0
GEM		99.4	92.8	85.9	92.7

		WEGDEKTYPE						GEM
		E	D	F	C	A	B	
BAND- TYPE	PI	102.4	101.7	41.9	95.1	111.6	117.1	94.9
	MI	79.0	101.5	38.8	94.4	112.1	116.9	90.4
	VR	88.7	101.8	37.4	95.4	110.2	118.0	91.9
	UN	80.2	109.3	33.6	100.5	115.3	123.0	93.6
GEM		87.6	103.6	37.9	96.3	112.3	118.7	92.7

		WEGDEKTYPE						GEM
		E	D	F	C	A	B	
SNEL- HEID	50	103.3	106.5	50.6	95.6	121.2	119.1	99.4
	75	86.4	105.5	36.2	98.0	111.4	119.6	92.8
	100	73.0	98.7	26.8	95.4	104.2	117.4	85.9
GEM		87.6	103.6	37.9	96.3	112.3	118.7	92.7

		WEGDEKTYPE						GEM
		E	D	F	C	A	B	
PROFIEL	NIEUW	106.0	106.9	46.4	101.2	113.8	122.4	99.4
DIEPTE	IMM	69.2	100.3	29.4	91.4	110.8	115.0	86.0
GEM		87.6	103.6	37.9	96.3	112.3	118.7	92.7

		BANDTYPE				
		PI	MI	VR	UN	GEM
SNEL- HEID	50					
	75					
	100					
GEM						

N.S.

		BANDTYPE				
		PI	MI	VR	UN	GEM
PROFIEL	NIEUW	99.3	97.7	99.4	101.2	99.4
	IMM	90.5	83.1	84.4	86.0	86.0
GEM		94.9	90.4	91.9	93.6	92.7

Snelheid 50 km/uur

		WEGDEKTYPE						
		E	D	F	C	A	B	GEM
BAND- TYPE	PI							
	MI							
	VR							
	UN							
GEM								

N.S.

Snelheid 75 km/uur

		WEGDEKTYPE						
		E	D	F	C	A	B	GEM
BAND- TYPE	PI							
	MI							
	VR							
	UN							
GEM								

N.S.

Snelheid 100 km/uur

		WEGDEKTYPE						
		E	D	F	C	A	B	GEM
BAND- TYPE	PI							
	MI							
	VR							
	UN							
GEM								

N.S.

Profieldiepte: NIEUW

		WEGDEKTYPE						GEM
		E	D	F	C	A	B	
BAND- TYPE	PI	106.6	105.1	51.0	101.1	112.5	119.7	99.3
	MI	102.1	106.0	46.0	99.3	112.9	120.4	97.7
	VR	110.8	104.8	45.5	101.2	112.1	122.2	99.4
	UN	104.4	111.7	43.2	103.3	117.6	127.3	101.2
GEM		106.0	106.9	46.4	101.2	113.8	122.4	99.4

Profieldiepte: IMM

		WEGDEKTYPE						GEM
		E	D	F	C	A	B	
BAND- TYPE	PI	98.2	98.3	32.8	88.9	110.6	114.2	90.5
	MI	56.0	97.0	31.7	89.5	111.3	113.3	83.1
	VR	66.7	99.0	29.3	89.5	108.3	113.7	84.4
	UN	55.9	107.0	23.9	97.5	113.0	118.5	86.0
GEM		69.2	100.3	29.4	91.4	110.8	115.0	86.0

Profieldiepte: NIEUW

		WEGDEKTYPE						GEM
		E	D	F	C	A	B	
SNEL- HEID	50	110.9	108.4	55.7	99.7	119.2	122.3	102.7
	75	106.6	108.8	45.4	102.7	114.2	124.9	100.4
	100	100.4	103.6	38.2	101.2	107.9	120.0	95.2
GEM		106.0	106.9	46.4	101.2	113.8	122.4	99.4

Profieldiepte: IMM

		WEGDEKTYPE						GEM
		E	D	F	C	A	B	
SNEL- HEID	50	95.7	104.8	45.6	91.4	123.4	116.0	96.1
	75	66.2	102.3	27.1	93.2	108.5	114.2	85.2
	100	45.8	94.0	15.6	89.5	100.5	114.7	76.7
GEM		69.2	100.3	29.4	91.4	110.8	115.0	86.0

Profiel diepte: NIEUW

		BANDTYPE				
		PI	MI	VR	UN	GEM
SNEL- HEID	50					
	75					
	100					
GEM						

N.S.

Profiel diepte: IMM

		BANDTYPE				
		PI	MI	VR	UN	GEM
SNEL- HEID	50					
	75					
	100					
GEM						

N.S.

Tabellen van effecten

WEGDEKTYPE						
E	D	F	C	A	B	GEM
- 5.1	10.9	- 54.8	3.6	19.6	26.0	-

BANDTYPE				
PI	MI	VR	UN	GEM
2.2	- 2.3	- 0.8	0.9	-

SNELHEID			
50	75	100	GEM
6.7	0.1	- 6.8	-

Profiel diepte		
NIEUW	IMM	GEM
6.7	- 6.7	-

SNELHEID					
	50	75	100	GEM	
Profiel- diepte	NIEUW	- 3.4	0.9	2.6	-
	IMM	3.4	- 0.9	- 2.5	-
GEM	-	-	-	-	

		WEGDEKTYPE						GEM.
		E	D	F	C	A	B	
BAND- TYPE	PI	12.6	- 4.1	1.8	- 3.4	- 2.9	- 3.8	-
	MI	- 6.3	0.2	3.2	0.4	2.1	0.5	-
	VR	1.9	- 1.0	0.3	- 0.1	- 1.3	0.1	-
	UN	- 8.3	4.8	- 5.2	3.3	2.1	3.4	-
GEM.		-	-	-	-	-	-	-

		WEGDEKTYPE						GEM.
		E	D	F	C	A	B	
SNEL- HEID	50	9.0	- 3.8	6.0	- 7.4	2.2	- 6.3	-
	75	- 1.3	1.8	- 1.8	1.6	- 1.0	0.8	-
	100	- 7.8	1.9	- 4.3	5.9	- 1.3	5.5	-
GEM.		-	-	-	-	-	-	-

		WEGDEKTYPE						GEM.
		E	D	F	C	A	B	
PROFIEL- DIEPTE	NIEUW	11.7	- 3.4	1.8	- 1.8	- 5.2	- 3.0	-
	IMM	- 11.7	3.4	- 1.8	1.8	5.2	3.0	-
GEM		-	-	-	-	-	-	-

		BANDTYPE				
		PI	MI	VR	UN	GEM
SNEL- HEID	50					
	75					
	100					
GEM.						

N.S.

		BANDTYPE				
		PI	MI	VR	UN	GEM.
PROFIEL-	NIEUW	- 2.3	0.6	0.8	0.9	-
DIEPTE	IMM	2.3	- 0.6	- 0.8	- 0.9	-
GEM.		-	-	-	-	-

Snelheid: 50 km/uur

		WEGDEKTYPE						
		E	D	F	C	A	B	GEM.
BAND- TYPE	PI							
	MI							
	VR							
	UN							
GEM.								

N.S.

Snelheid: 75 km/uur

		WEGDEKTYPE						
		E	D	F	C	A	B	GEM.
BAND- TYPE	PI							
	MI							
	VR							
	UN							
GEM.								

N.S.

Snelheid: 100 km/uur

		WEGDEKTYPE						
		E	D	F	C	A	B	GEM.
BAND- TYPE	PI							
	MI							
	VR							
	UN							
GEM.								

N.S.

Profieldiepte: NIEUW

		WEGEDEKTYPE						GEM.
		E	D	F	C	A	B	
BAND- TYPE	PI	- 11.9	2.4	2.9	3.4	1.7	1.2	-
	MI	4.0	0.6	- 1.9	- 0.6	- 1.3	- 0.8	-
	VR	2.9	- 1.1	- 1.2	0.1	- 0.4	- 0.3	-
	UN	4.9	- 1.8	0.2	- 3.0	- 0.1	- 0.3	-
GEM.		-	-	-	-	-	-	-

Profieldiepte: IMM

		WEGDEKTYPE						GEM.
		E	D	F	C	A	B	
BAND- TYPE	PI	11.9	- 2.4	- 2.9	- 3.6	- 1.8	1.2	-
	MI	- 4.0	- 0.6	2.0	0.6	1.3	- 0.8	-
	VR	- 2.8	1.3	1.2	- 0.2	0.4	- 0.3	-
	UN	- 5.0	1.9	- 0.3	2.9	0.1	- 0.3	-
GEM.		-	-	-	-	-	-	-

Profieldiepte: NIEUW

		WEGDEKTYPE						GEM.
		E	D	F	C	A	B	
SNEL- HEID	50	- 7.4	2.0	0.0	2.6	- 0.1	2.9	-
	75	0.9	- 0.9	- 0.2	- 1.1	0.4	0.7	-
	100	6.4	- 1.0	0.3	- 1.7	- 0.4	- 3.7	-
GEM.		-	-	-	-	-	-	-

Profieldiepte: IMM

		WEGDEKTYPE						GEM.
		E	D	F	C	A	B	
SNEL- HEID	50	7.4	- 2.0	0.0	- 2.6	0.1	- 2.9	-
	75	- 0.9	+ 0.9	0.2	1.1	- 0.4	- 0.7	-
	100	- 6.4	+ 1.0	- 0.3	1.7	0.4	3.7	-
GEM.		-	-	-	-	-	-	-

		BANDTYPE				
		PI	MI	VR	UN	GEM.
SNEL- HEID	50					
	75					
	100					
GEM.						

N.S.

		BANDTYPE				
		PI	MI	VR	UN	GEM.
SNEL- HEID	50					
	75					
	100					
GEM.						

N.S.

Variantie-analyse tabel

Bron van variatie	Vg	Kwadraten som	Gemiddelde kwadratensom	F
Niveau	1	1119936.9594		
Meetseries	1	741.0715		
Bandtype ₁ (B ₁)	3	329.0814		
Snelheid ₁ (S ₁)	2	3197.1929		
(B ₁ x S ₁) ₁	6	107.1818		
Wegdektype ₂ (W ₂)	5	51690.3386		
Profiel diepte ₂ (P ₂)	1	6264.2828		
(W x P) ₂	5	1880.8213		
Rest tussen blokken	0	-		
Totaal tussen blokken	23	64209.9704		
B ₂	3	1052.1057	350.7019	36.27 ***
S ₂	2	4734.5888	2367.2944	244.85 ***
(B x S) ₂	6	11.0135	1.8356	0.19
W ₁	5	69745.6753	13949.1350	1442.78 ***
P ₁	1	6329.3074	6329.3074	654.65 ***
(W x P) ₁	5	2828.8421	565.7684	58.52 ***
WB	15	2347.6390	156.5093	16.19 ***
WS	12	2385.0060	238.5006	24.67 ***
BP	3	297.4943	99.1648	10.26 ***
SP	2	562.0258	281.0129	29.06 ***
WBS	30	444.4952	14.8165	1.53
WBP	15	705.3039	47.0203	4.86 ***
WSP	12	555.8827	55.5883	5.75
BSP	6	61.9482	10.3247	1.07
Rest binnen blokken	151	1459.9066	9.6682	
Totaal binnen blokken	264	93521.2344		
Totaal	288	1277668.1642		

waarbij * wil zeggen dat $0.025 < P < 0.050$

** wil zeggen dat $0.010 < P < 0.025$ en

*** wil zeggen dat $P < 0.010$

Bijlage B 2

Resultaten van de variantie-analyse, tabellen van object-gemiddelden en tabellen van effecten van de significant bevonden hoofdeffecten en interacties van eigenschap 2.

TABELLEN VOOR OBJECTGEMIDDELDEN

WEGDEKTYPE						
E	D	F	C	A	B	GEM
59.4	66.6	17.8	71.0	69.3	90.1	62.4

BANDTYPE				
PI	MI	VR	UN	GEM
66.7	59.5	62.4	60.9	62.4

SNELHEID			
50	75	100	GEM
69.5	62.1	55.5	62.4

PROFELDIEPTE		
NIEUW	IMM	GEM
69.0	55.7	62.4

		SNELHEID			
		50	75	100	GEM
PROFIEL DIEPTE	NIEUW	74.2	69.1	63.6	69.0
	IMM	64.7	55.0	47.3	55.7
GEM		69.5	62.1	55.5	62.4

		WEGDEKTYPE						
		E	D	F	C	A	B	GEM
B A N D T Y P E	PI	71.8	71.5	18.4	72.8	74.1	91.8	66.7
	MI	50.1	64.6	19.0	69.4	66.6	87.6	59.5
	VR	62.2	65.0	17.5	69.6	69.0	91.4	62.4
	UN	53.6	65.6	16.4	72.3	67.9	89.7	60.9
GEM		59.4	66.6	17.8	71.0	69.3	90.1	62.4

		WEGDEKTYPE						
		E	D	F	C	A	B	GEM
S H E I L D	50	72.9	73.0	25.6	73.2	77.6	94.5	69.5
	75	58.8	66.3	16.8	70.8	69.2	90.5	62.1
	100	45.8	60.5	11.0	69.0	61.3	85.2	55.5
GEM		59.4	66.6	17.8	71.0	69.3	90.1	62.4

		WEGDEKTYPE						
		E	D	F	C	A	B	GEM
PROFIEL DIEPTE	NIEUW	75.7	70.9	21.9	77.2	74.7	93.6	69.0
	IMM	43.0	62.2	13.7	64.8	63.9	86.6	55.7
GEM		59.4	66.6	17.8	71.0	69.3	90.1	62.4

		BANDTYPE				
		PI	MI	VR	UN	GEM
S H E I L D	50					
	75					
	100					
GEM						

N S

		BANDTYPE				
		PI	MI	VR	UN	GEM
PROFIEL	NIEUW	72.3	65.2	70.1	68.5	69.0
DIEPTE	LIJN	61.1	53.8	54.7	53.3	55.7
GEM		66.7	59.5	62.4	60.9	62.4

SNELHEID: 50KM/UUR

		WEGDEKTYPE						
		E	D	F	C	A	B	GEM
B A N D T Y P E	PI	87.2	79.0	24.9	75.3	82.1	94.1	73.8
	MI	62.2	69.6	26.5	71.7	73.5	94.7	66.4
	VR	78.2	72.4	24.4	71.9	77.3	95.3	70.0
	UN	63.8	71.0	26.5	74.0	77.3	94.1	67.8
GEM		72.9	73.0	25.6	73.2	77.6	94.5	69.5

SNELHEID: 75KM/UUR

		WEGDEKTYPE						
		E	D	F	C	A	B	GEM
B A N D T Y P E	PI	72.5	70.4	17.4	72.2	74.5	93.0	66.7
	MI	49.8	65.1	19.8	69.3	64.8	86.3	59.2
	VR	58.9	63.8	16.6	69.3	68.6	92.4	61.6
	UN	54.1	66.1	13.6	72.5	68.9	90.6	61.0
GEM		58.8	66.3	16.8	70.8	69.2	90.5	62.1

SNELHEID: 100KM/UUR

		WEGDEKTYPE						
		E	D	F	C	A	B	GEM
B A N D T Y P E	PI	54.9	65.0	12.8	70.8	65.4	88.0	59.6
	MI	37.3	58.7	10.4	67.0	61.1	81.6	52.7
	VR	48.7	58.6	11.4	67.5	60.9	86.4	55.6
	UN	42.2	59.5	9.1	70.4	57.4	84.5	53.9
GEM		45.8	60.5	11.0	69.0	61.3	85.2	55.5

PROFIELDIEPTE: NIEUW

		WEGDEKTYPE						
		E	D	F	C	A	B	GEM
B A N D	PI	82.0	75.6	22.2	79.5	79.1	95.5	72.3
	MI	65.6	67.8	22.4	75.4	69.6	90.4	65.2
	VR	81.7	69.7	21.2	76.0	75.5	96.8	70.1
	UN	73.8	70.7	21.9	78.1	74.7	91.8	68.5
GEM		75.7	70.9	21.9	77.2	74.7	93.6	69.0

PROFIELDIEPTE: IMM

		WEGDEKTYPE						
		E	D	F	C	A	B	GEM
B A N D	PI	61.5	67.3	14.7	66.2	68.9	88.0	61.1
	MI	34.4	61.2	15.5	63.3	63.7	84.7	53.8
	VR	42.6	60.1	13.8	63.2	62.2	86.2	54.7
	UN	33.6	60.3	10.9	66.5	60.9	87.6	53.3
GEM		43.0	62.2	13.7	64.8	63.9	86.6	55.7

PROFIELDIEPTE: NIEUW

		WEGDEKTYPE						
		E	D	F	C	A	B	GEM
S H E I L D	50	83.9	75.3	29.5	79.3	80.5	97.1	74.2
	75	76.9	70.8	21.3	76.7	75.3	93.5	69.1
	100	66.4	66.6	14.8	75.5	68.2	90.2	63.6
GEM		75.7	70.9	21.9	77.2	74.7	93.6	69.0

PROFIELDIEPTE: IMM

		WEGDEKTYPE						
		E	D	F	C	A	B	GEM
S H E I L D	50	62.2	70.6	21.6	67.1	74.5	92.0	64.7
	75	40.9	61.6	12.2	64.7	62.8	87.4	55.0
	100	25.7	54.3	7.1	62.4	54.1	80.2	47.3
GEM		43.0	62.2	13.7	64.8	63.9	86.6	55.7

PROFIELDIEPTE: NIEUW

		BANDTYPE				
		PI	MI	VR	UN	GEM
S N E L	H E I D	50				
		75				
		100				
GEM						

N.S

PROFIELDIEPTE: ILM

		BANDTYPE				
		PI	MI	VR	UR	GEM
S N E L	H E I D	50				
		75				
		100				
GEM						

N.S

TABELLEN VAN EFFECTEN

WEGDEKTYPE						
E	D	F	C	A	B	GEM
- 3.0	4.2	-44.6	8.6	6.9	27.7	—

BANDTYPE				
PI	MI	VR	UN	GEM
4.3	- 2.9	0.0	- 1.5	—

SNELHEID			
50	75	100	GEM
7.1	- 0.3	- 6.9	—

PROFIELDIEPTE		
NIEUW	IMM	GEM
6.6	- 6.7	—

		SNELHEID			
		50	75	100	GEM
PROFIEL-	N	- 1.9	0.4	1.5	
DIEPTE	I	1.9	- 0.4	-1.5	
GEM					

		WEGDEKTYPE						GEM
		E	D	F	C	A	B	
B T A Y N P D E	PI	8.1	0.5	- 3.7	- 2.5	0.4	- 2.6	
	MI	- 6.4	0.8	4.1	1.3	0.1	0.4	
	VR	2.8	- 1.7	- 0.3	- 1.4	- 0.4	1.3	
	UN	- 4.3	0.4	0.1	2.8	0.0	1.1	
GEM								

		WEGDEKTYPE						GEM
		E	D	F	C	A	B	
S H N E E I L D	50	6.6	- 0.7	0.7	- 4.9	1.1	- 2.7	
	75	- 0.1	0.0	- 0.7	0.1	0.1	0.7	
	100	- 6.5	0.8	0.1	4.9	- 1.2	2.0	
GEM								

		WEGDEKTYPE						GEM
		E	D	F	C	A	B	
PROFIEL DIEPTE	N	9.7	- 2.3	- 2.5	- 0.4	- 1.2	- 3.1	
	I	- 9.7	2.3	2.6	0.5	1.2	3.2	
GEM								

		BANDTYPE				
		PI	MI	VR	UN	GEM
S H N E E I L D	50					
	75					
	100					
GEM						

N S

		BANDTYPE				
		PI	MI	VR	UN	GEM
PROFIEL	N	- 1.0	- 0.9	1.1	1.0	
DIEPTE	I	1.1	1.0	- 1.0	- 1.0	
GEM						

SNELHEID: 50 KM/UUR

		WEGDEKTYPE						
		E	D	F	C	A	B	GEM
B T A Y N P D E	PI	2.1	1.1	- 1.3	+ 0.3	- 0.3	- 2.1	
	MI	- 1.2	- 1.2	- 0.1	0.3	- 1.2	2.9	
	VR	2.0	0.6	- 1.4	- 0.4	- 0.5	- 1.0	
	UN	- 2.9	- 0.8	2.5	- 0.3	1.5	0.2	
GEM								

		WEGDEKTYPE						
		E	D	F	C	A	B	GEM
B T A Y N P D E	PI	1.0	- 1.0	- 0.3	- 0.7	0.3	0.7	
	MI	0.3	0.9	1.8	0.1	- 1.4	- 1.7	
	VR	- 2.2	- 0.3	0.6	0.4	0.3	1.1	
	UN	0.7	0.4	- 2.0	0.0	0.8	0.1	
GEM								

		WEGDEKTYPE						
		E	D	F	C	A	B	GEM
B T A Y N P D E	PI	- 3.1	- 0.2	1.4	0.2	- 0.4	1.3	
	MI	0.7	0.2	- 1.9	- 0.5	2.5	- 1.2	
	VR	0.0	- 0.4	0.6	- 0.2	+ 0.1	- 0.2	
	UN	- 2.3	0.4	- 0.4	0.2	- 2.3	- 0.2	
GEM								

PROFIELDIEPTE: NIEUW

		WEGDEKTYPE						GEM
		E	D	F	C	A	B	
B T A Y N P D E	PI	- 5.1	0.9	0.7	1.5	0.7	1.2	
	MI	0.1	- 0.1	0.2	0.7	- 1.4	0.2	
	VR	2.1	- 0.6	- 1.5	- 0.9	0.1	0.8	
	UN	2.9	- 0.1	0.4	- 1.4	0.5	- 2.4	
GEM								

PROFIELDIEPTE: IMM

		WEGDEKTYPE						GEM
		E	D	F	C	A	B	
B T A Y N P D E	PI	5.0	- 0.8	- 0.7	- 1.5	- 0.8	- 1.4	
	MI	- 0.3	0.1	- 0.4	- 0.9	1.6	- 0.4	
	VR	- 2.2	0.6	1.4	0.8	- 0.3	- 0.7	
	UN	- 2.7	0.1	- 0.5	1.3	- 0.6	2.3	
GEM								

PROFIELDIEPTE: NIEUW

		WEGDEKTYPE						GEM
		E	D	F	C	A	B	
S H N E I L D	50	- 3.6	- 0.1	1.7	1.8	- 0.5	1.0	
	75	1.2	- 0.2	0.0	- 0.7	0.4	- 0.9	
	100	2.6	0.3	- 1.6	- 1.2	0.1	0.0	
GEM								

PROFIELDIEPTE: IMM

		WEGDEKTYPE						GEM
		E	D	F	C	A	B	
S H N E I L D	50	3.6	0.1	- 1.8	- 1.8	0.5	- 0.9	
	75	- 1.3	0.1	- 0.1	0.5	- 0.5	0.8	
	100	- 2.4	- 0.3	1.7	+ 1.1	- 0.2	0.0	
GEM								

		BANDTYPE				
		PI	MI	VR	UN	GEM
S H N E E I L D	50					
	75					
	100					
GEM						

N S

		BANDTYPE				
		PI	MI	VR	UN	GEM
S H N E E I L D	50					
	75					
	100					
GEM						

N S

Bijlage B 3

Resultaten van de variantie-analyse, tabellen van object-gemiddelden en tabellen van effecten van de significant bevonden hoofdeffecten en interacties van eigenschap 3.

Variantie-analyse tabel

B 3.0

Bron van variatie	Vg	Kwadraten-som	Gemiddelde kwadratensom	F
Niveau	1	2025944.7107		
Meetseries	1	622.2608		
Bandtype ₁ (B ₁)	3	715.7231		
Snelheid ₁ (S ₁)	2	3997.7110		
(B ₁ x S ₁)	6	753.3546		
Wegdektype ₂ (W ₂)	5	67563.2886		
Profiel diepte ₂ (P ₂)	1	528.0421		
(W x P) ₂	5	3248.6949		
Rest tussen blokken	0	-		
Totaal tussen blokken	23			
B ₂	3	977.0464	325.6822	16.46 ***
S ₂	2	3384.1910	1692.0955	85.51 ***
(b x S) ₂	6	148.6111	24.7685	1.25
W ₁	5	74381.9904	14876.3981	751.80 ***
P ₁	1	673.4746	673.4746	34.04 ***
(W x P) ₁	5	1752.3654	350.4731	17.71 ***
WB	15	1662.0060	110.8004	5.60 ***
WS	12	7027.6578	702.7658	35.52 ***
BP	3	50.4353	16.8118	0.85
SP	2	1046.4730	523.2365	26.44 ***
WBS	30	1067.8343	35.5945	1.80 **
WBP	15	602.6819	40.1788	2.03
WSP	12	3846.8557	384.6856	19.44 ***
BSP	6	403.5951	67.2658	3.40 ***
Rest binnen blokken	151	2987.9267	19.7876	
Totaal binnen blokken	264	100013.1447		
TOTAAL	288	2203386.9306		

waarbij * wil zeggen dat $0.025 < P < 0.050$
 ** wil zeggen dat $0.010 < P < 0.025$ en
 *** wil zeggen dat $P < 0.010$

TABELLEN VOOR OBJECTGEMIDDELDEN.

WEGDEKTYPE						
E	D	F	C	A	B	GEM
88.7	91.5	34.6	87.0	99.1	102.5	83.9

BANDTYPE				
PI	MI	VR	UN	GEM
84.5	82.2	81.1	87.9	83.9

SNELEID			
50	75	100	GEM
89.7	84.3	77.8	83.9

PROFIELDIEPTE		
NIEUW	IMM	GEM
86.1	81.7	83.9

		SNELEID			
		50	75	100	GEM
PROFIEL DIEPTE	NIEUW	89.8	86.0	82.6	86.1
	IMM	89.6	82.6	73.0	81.7
GEM		89.7	84.3	77.8	83.9

		WEGDEKTYPE						GEM
		E	D	F	C	A	B	
B A N D T Y P E	PI	95.1	90.5	36.3	85.6	97.1	102.4	84.5
	MI	84.0	89.1	35.0	84.6	99.2	101.2	82.2
	VR	83.6	90.0	34.2	86.4	93.4	99.1	81.1
	UN	92.2	96.4	33.2	91.6	106.9	107.4	87.9
GEM		88.7	91.5	34.6	87.0	99.1	102.5	83.9

		WEGDEKTYPE						GEM
		E	D	F	C	A	B	
S H E I L D	50	102.8	93.5	45.5	88.4	103.5	104.6	89.7
	75	93.2	91.3	35.2	86.1	99.2	101.0	84.3
	100	70.2	89.9	23.3	86.8	94.7	102.2	77.8
GEM		88.7	91.5	34.6	87.0	99.1	102.5	83.9

		WEGDEKTYPE						GEM
		E	D	F	C	A	B	
PROFIEL	NIEUW	90.4	92.4	43.5	89.9	102.0	103.6	86.1
DIEPTE	NIEM	87.0	90.6	25.7	84.1	96.2	101.4	81.7
GEM		88.7	91.5	34.6	87.0	99.1	102.5	83.9

		BANDTYPE				GEM
		PI	MI	VR	UN	
S H E I L D	50					
	75					
	100					
GEM						

N.S

		BANDTYPE					N S
		PI	MI	VR	UN	GEM	
PROFIEL	NIEUW						
DIEPTE	DEM						
GEM							

SNELHEID: 50 KM/UUR

		WEGDEKTYPE						
		E	D	F	C	A	B	GEM
B A N D T Y P E	PI	105.8	93.0	40.5	86.3	103.2	102.7	88.6
	MI	102.7	90.9	46.7	87.1	105.5	103.2	89.3
	VR	97.3	92.6	45.3	88.5	93.2	103.2	86.7
	UN	105.4	97.6	49.5	91.5	112.1	109.4	94.2
GEM		102.8	93.5	45.5	88.4	103.5	104.6	89.7

SNELHEID: 75KM/UUR

		WEGDEKTYPE						
		E	D	F	C	A	B	GEM
B A N D T Y P E	PI	98.0	89.4	38.8	86.0	97.7	102.3	85.3
	MI	88.0	88.9	37.0	82.6	97.0	100.2	82.2
	VR	85.9	88.0	34.9	84.6	94.5	96.5	80.7
	UN	101.0	99.1	30.3	91.5	108.0	105.3	89.2
GEM		93.2	91.3	35.2	86.1	99.2	101.0	84.3

SNELHEID: 100KM/UUR

		WEGDEKTYPE						
		E	D	F	C	A	B	GEM
B A N D T Y P E	PI	81.4	89.4	29.4	84.6	90.4	102.4	79.6
	MI	61.6	87.8	21.5	84.6	95.2	100.6	75.2
	VR	67.6	89.9	22.4	86.0	92.4	97.9	76.0
	UN	70.1	92.5	19.6	91.9	100.6	107.8	80.4
GEM		70.2	89.9	23.3	86.8	94.7	102.2	77.8

PROFIELDIEPTE: NIEUW

		WEGDEKTYPE						
		E	D	F	C	A	B	GEM
B A N D T Y P E	PI	95.3	92.7	47.3	88.3	101.4	103.3	87.2
	MI	88.5	90.4	40.6	88.3	101.5	104.8	84.8
	VR	86.1	90.3	42.3	88.9	97.5	98.8	83.1
	UN	91.9	96.9	44.0	94.4	107.8	107.7	89.5
GEM		90.4	92.4	43.5	89.9	102.0	103.6	86.1

PROFIELDIEPTE: IEM

		WEGDEKTYPE						
		E	D	F	C	A	B	GEM
B A N D T Y P E	PI	94.9	88.4	25.1	82.8	92.8	101.5	81.8
	MI	79.7	87.9	29.5	81.1	96.9	97.7	79.7
	VR	81.1	89.8	26.0	83.7	89.2	99.5	79.1
	UN	92.4	96.2	22.2	88.6	106.1	106.9	86.3
GEM		87.0	90.6	25.7	84.1	96.2	101.4	81.7

PROFIELDIEPTE: NIEUW

		WEGDEKTYPE						
		E	D	F	C	A	B	GEM
S H E L D	50	94.3	94.6	51.2	91.4	106.5	106.2	89.8
	75	92.0	91.9	44.4	89.0	101.4	102.5	86.0
	100	85.0	90.8	35.0	89.5	98.1	102.1	82.6
GEM		90.4	92.4	43.5	89.9	102.0	103.6	86.1

PROFIELDIEPTE: IEM

		WEGDEKTYPE						
		E	D	F	C	A	B	GEM
S H E L D	50	111.5	92.3	39.8	85.2	100.6	102.9	89.6
	75	94.3	90.6	25.9	83.1	96.9	99.4	82.6
	100	55.3	88.8	11.3	83.9	91.4	101.9	73.0
GEM		87.0	90.6	25.7	84.1	96.2	101.4	81.7

PROFIELDIEPTE: NIEUW

		BANDTYPE					
		PI	MI	VR	UN	GEM	
S N E L	H E I D	50	90.8	88.0	86.3	94.5	89.8
		75	88.4	85.8	81.4	88.6	86.0
		100	82.4	80.4	81.8	85.5	82.6
GEM			87.2	84.8	83.1	89.5	86.1

PROFIELDIEPTE: IJM

		BANDTYPE					
		PI	MI	VR	UN	GEM	
S N E L	H E I D	50	85.9	91.0	84.4	97.2	89.6
		75	83.8	80.2	80.5	85.9	82.6
		100	75.8	68.0	72.5	75.7	73.0
GEM			81.8	79.7	79.1	86.3	81.7

METING: 3

TABELLEN VAN EFFECTEN

WEGDEKTYPE						
E	D	F	C	A	B	GEM
4.8	7.6	- 49.3	3.1	15.2	18.2	

BANDTYPE				
PI	MI	VR	UN	GEM
0.6	- 1.7	- 2.8	2.0	

SNELHEID			
50	75	100	GEM
5.8	0.4	- 6.1	

PROFIELDIEPTE		
NIEUW	IMM	GEM
2.2	- 2.2	

		SNELHEID			
		50	75	100	GEM
PROFIEL	N	- 2.1	- 0.5	2.6	
DIEPTE	I	2.1	+ 0.5	- 2.6	
GEM					

		WEGDEKTYPE						GEM
		E	D	F	C	A	B	
B A N D E T Y P E	PI	- 5.8	- 1.6	1.1	- 2.0	- 2.6	- 0.7	
	MI	- 3.0	- 0.7	2.1	- 0.7	1.8	0.4	
	VR	- 2.3	1.3	2.4	2.2	- 2.9	- 0.6	
	UN	- 0.5	0.9	- 5.4	0.6	3.8	0.9	
GEM								

		WEGDEKTYPE						GEM
		E	D	F	C	A	B	
S H E L D E I N E	50	8.3	- 3.8	5.1	- 4.4	- 1.4	- 3.7	89.7
	75	4.1	- 0.6	0.2	- 1.3	- 0.3	- 1.9	84.3
	100	-12.4	4.5	- 5.2	5.9	1.7	5.8	77.8
GEM								

		WEGDEKTYPE						GEM
		E	D	F	C	A	B	
P R O F I E L D I E P T E	N	- 0.5	- 1.3	6.7	0.7	- 4.9	- 1.1	86.1
	I	0.5	1.3	- 6.7	- 0.7	4.9	1.1	81.7
GEM								

		BANDTYPE				
		PI	MI	VR	UN	GEM
S H E L D E I N E	50					
	75					
	100					
GEM						

NS

		BANDTYPE					GEM	NS
		PI	MI	VR	UN	GEM		
PROFIEL	NIEUW						—	
DIEPTE	IIM						—	
GEM		—	—	—	—	—	—	

		WEGDEKTYPE						
		E	D	F	C	A	B	GEM
B T	PI	- 1.7	2.2	- 5.0	1.0	3.4	- 0.1	—
A Y	MI	3.2	- 1.5	- 0.5	- 0.2	0.6	- 1.4	—
N P	VR	- 0.2	0.8	0.4	0.9	- 4.4	2.2	—
D E	UN	- 1.4	- 1.3	4.9	- 2.0	0.3	- 0.6	—
GEM		—	—	—	—	—	—	—

		WEGDEKTYPE						
		E	D	F	C	A	B	GEM
B T	PI	- 2.0	- 1.3	1.5	0.9	0.1	1.0	—
A Y	MI	- 0.2	0.4	1.8	- 0.7	- 1.9	0.9	—
N P	VR	- 1.4	- 1.0	0.9	- 0.1	1.8	- 0.3	—
D E	UN	3.4	2.0	- 4.4	- 0.1	0.1	- 1.5	—
GEM		—	—	—	—	—	—	—

		WEGDEKTYPE						
		E	D	F	C	A	B	GEM
B T	PI	3.6	- 0.7	3.2	- 2.0	- 3.5	- 0.9	—
A Y	MI	- 3.1	1.2	- 1.3	1.1	1.3	0.6	—
N P	VR	1.5	0.5	- 1.5	- 1.2	2.4	- 1.9	—
D E	UN	- 2.2	- 0.9	- 0.9	1.9	- 0.5	2.1	—
GEM		—	—	—	—	—	—	—

Profieldiepte: Nieuw

		WEGDEKTYPE						GEM
		E	D	F	C	A	B	
B A N D	PI	- 2.0	0.8	1.6	- 0.7	0.9	- 0.7	
	MI	2.4	.0	- 3.7	0.4	- 1.0	2.1	
	VR	1.0	- 0.4	- 0.6	- 0.2	1.4	- 1.2	
	UN	- 1.4	- 0.2	2.5	0.5	- 1.4	- 0.2	
GEM								

Profieldiepte: IMM

		WEGDEKTYPE						GEM
		E	D	F	C	A	B	
B A N D	PI	2.0	- 0.8	- 1.6	0.7	- 0.9	0.7	
	MI	- 2.4	0	3.7	- 0.4	1.0	- 2.1	
	VR	- 1.0	0.4	0.6	0.2	- 1.4	1.2	
	UN	1.4	0.2	- 2.5	- 0.5	1.4	0.2	
GEM								

Profieldiepte: Nieuw

		WEGDEKTYPE						GEM
		E	D	F	C	A	B	
S H E L D	50	- 8.2	2.3	- 1.1	6.3	2.2	+ 2.6	
	75	- 2.4	0.2	+ 0.8	0.6	- 0.2	1.0	
	100	+10.6	- 2.5	0.3	- 2.7	- 2.0	- 3.6	
GEM								

Profieldiepte: IMM

		WEGDEKTYPE						GEM
		E	D	F	C	A	B	
S H E L D	50	8.2	- 2.3	1.1	- 2.3	- 2.2	- 2.6	
	75	2.4	- 0.2	- 0.8	- 0.6	0.2	- 1.0	
	100	-10.6	2.5	- 0.3	2.7	2.0	3.6	
GEM								

Profiel diepte: Nieuw

		BANDTYPE			
		PI	MI	VR	UN
SNEL HEID	50	1.8	- 1.9	1.0	- 0.9
	75	0.1	0.7	- 1.1	0.1
	100	- 2.1	1.2	0.0	0.7

Profiel diepte: IMM

		BANDTYPE			
		PI	MI	VR	UR
SNEL HEID	50	- 1.9	2.0	- 1.1	0.8
	75	- 0.1	- 0.8	1.0	- 0.2
	100	1.9	- 1.3	- 0.1	- 0.7

Bijlage 3

Wegdekkenmerken.

1. Keuze van de wegdektypen

2. Keuze van de materialen voor de proefvakken

3. Replika's

Aanhangsel 1 Memorandum SV73-46 van het Rijkswegenbouwlaboratorium

Aanhangsel 2 Rapport Ruwheidsmeting 4e kwartaal 1969
TPD-TNO-TH Delft

Aanhangsel 3 Memoranda van het Rijkswegenbouwlaboratorium
over de verwerking van replika's

1. KEUZE VAN DE WEGDEKTYPEN

Bij het maken van een keuze voor de wegdektypen is er vanuit gegaan dat de invloed van elk hoofdkenmerk van een wegdek kwantitatief nagegaan moest kunnen worden. Om dit te bereiken zijn er een zestal wegdektypen bepaald, gebaseerd op de belangrijkste wegdekkenmerken macro- en microruwheid. Dit zijn de combinaties A t/m F weergegeven in tabel I. Besloten is om deze zes wegdektypen in ieder geval in het onderzoek te betrekken.

Door de keuze van deze zes wegdektypen blijven er niettemin nog een aantal leemten over in de beschrijving van wegdekken. De verkeersbelasting en het onderhoud kunnen bij beleidsbeslissingen ten aanzien van wegdekconstructies een dominerende rol spelen. Er is dan ook getracht naast de bovengenoemde theoretisch bepaalde wegdektypen een aantal praktijkbepaalde referentievakken in het onderzoek op te nemen.

In eerste instantie is door Rijkswaterstaat gezocht naar een aantal wegvakken die kenmerken vertoonden conform A t/m F in de tabel. Er diende ook rekening te worden gehouden met de meettechnische eisen (zie rapport fase 1 [1]). Hierbij bleek al spoedig dat het gebruiken van wegvakken op het bestaande Nederlandse wegennet geen uitkomst kon bieden. Er is toen gezocht naar een mogelijkheid om een aantal proefstroken aan te leggen op een polderweg of een nog niet voor het verkeer geopende weg. Daar kon echter onvoldoende zekerheid geboden worden voor het uitvoeren van de metingen, die in de tweede fase zouden moeten worden verricht.

Betere waarborgen daaromtrent konden worden verwacht op een afgesloten baan. Uiteindelijk bleek het mogelijk de parallelbaan van de vliegbasis Woensdrecht voor het doen van metingen te gebruiken. Door de Inspectie der Domeinen Zuidwest-Nederland is in een acte van privaatrechtelijke vergunning toestemming tot gebruik verleend. De omstandigheden op de

basis waren voor het verrichten van de metingen vrijwel ideaal. De baan was nagenoeg dagelijks te gebruiken. Door de aanleg van een noodweg was de aanloop voor de meetcombinatie voldoende lang om ook metingen bij snelheden tot 100 km/h te kunnen verrichten. Na het affrezen van de bestaande verharding zijn de proefvakken B t/m F op de baan aangebracht. Voor proefvak A kon de bestaande baan gebruikt worden.

De aanleg van referentievakken is op Woensdrecht voor deze tweede fase achterwege gelaten. De aanleg van een aantal extra proefvakken, die de huidige praktijksituatie zouden moeten vertegenwoordigen, zou een aanzienlijke kostenverhoging met zich meebrengen. Bovendien zou het aantal metingen niet onaanzienlijk uitgebreid worden.

Het niet aanleggen van deze referentievakken betekent echter wel dat er geen directe beleidsadviezen mogelijk zijn voor wegdekconstructies van toekomstige wegen. Bovendien is er geen vergelijking mogelijk van de meetresultaten van de zes proefvakken met wegdekken uit de praktijk. De keuze van de zes proefvakken is echter niet louter theoretisch bepaald maar ook praktijkgericht. Het is mogelijk te bepalen welke combinatie van macro/microruwheid optimaal is. De proefvakken A, E en D en enigermate F kunnen een aantal praktijksituaties vertegenwoordigen, terwijl de proefvakken B en C als extreem gezien moeten worden.

2. KEUZE VAN DE MATERIALEN VOOR DE PROEFVAKKEN

Voor de keuze van de materialen voor de proefvakken zijn door het Rijkswegenbouwlaboratorium een aantal aanbevelingen opgesteld. Voor de keuze van de grootte en de soort aggregaat zijn proefplaatjes gemaakt om na te gaan welke materialen het best konden worden gebruikt om de proefvakken zo goed mogelijk te laten beantwoorden aan de gestelde eisen (zie Aanhangsel 1).

Bindmiddel

Een belangrijke eis voor de proefvakken is dat gedurende de meetperiode de omstandigheden van het oppervlak zo constant mogelijk moeten blijven om van een zo gering mogelijke spreiding in de stroefheid te zijn verzekerd. Dat houdt in dat vooral geen textuurverandering mag optreden door steenverlies uit de laag, onthechting van de laag van de ondergrond of wijziging in bindmiddelverdeling over het oppervlak.

In het algemeen geeft kunststof een betere aanhechting aan de ondergrond en het ingestrooide aggregaat (vooral van belang bij ronde ongebroken korrels) en is minder afhankelijk van temperatuur dan bitumen.

Alhoewel de prijs van kunststof een nadeel is, deze is veel hoger dan van bitumen, is om bovengenoemde voordelen een kunststof als bindmiddel gekozen voor de proefvakken B, C, D en E. Hiervoor is dan genomen een epoxy-bitumen mengsel.

Als bindmiddel voor proefvak F is eveneens epoxy-bitumen gekozen. Geblazen bitumen (met relatief meer volumeprocenten lucht) benadert meer de praktische toepassing, maar gaat snel kapot bij zwaar verkeer. Proefvak A is het bestaande oppervlak van de baan. Hier bestaat het bindmiddel uit een kunststof-bitumen-latex systeem.

De grootte van het aggregaat

De belangrijkste wegdekkenmerken die bij de proefvakken worden gehanteerd zijn de micro- en de macroruwheid. De macroruwheid wordt beschreven met de gemiddelde textuurdiepte \overline{TD} , verkregen uit de zandvlek-proef. De classificatie van \overline{TD} is zodanig dat een $\overline{TD} > 1,2$ mm in de hoogste klasse, als zeer grof wordt geclassificeerd (Franse classificatie). Bij de keuze van de niveaus voor wegdektypen is voornamelijk uitgegaan van een theoretische benadering, er moet hierbij echter niet geheel aan een praktische indeling naar een meetbaar kenmerk voorbij gegaan worden.

Op grond hiervan is er gestreefd naar een \overline{TD} niet groter dan 3 à 4 mm voor de vakken B en C (macro groot). Voor de afmeting van het aggregaat voor deze vakken kon dan 5 - 8 mm genomen worden. Bij oppervlakbehandelingen met kunsthars bindmiddel en ingestrooid (dus niet ingewalst) aggregaat van 5 - 8 mm worden \overline{TD} -waarden van 3 à 4 mm verkregen.

Voor het vak D moet de afmeting van het aggregaat kleiner zijn dan van de vakken B en C, hier is 2 - 5 mm gekozen, met een te verwachten \overline{TD} -waarde van ongeveer 2 mm.

Voor het vak E, dat alleen een fijne microtextuur moet bezitten is voor de afmeting van het aggregaat 0,1 - 0,5 mm gekozen met een te verwachten \overline{TD} -waarde van ongeveer 0,3 mm.

De soort aggregaat

Het aggregaat van vak B dient microtextuur te bezitten. De aanbeveling hiervoor was een gebroken materiaal te gebruiken. Er is gekozen voor het veel in Nederland gebruikte gebroken grind (Nederlandse steenslag) zoals dit materiaal in de fractie 5,6 - 8 mm in de handel verkrijgbaar is.

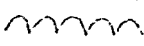
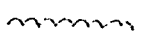
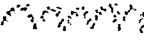
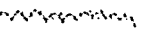
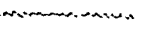
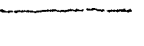
Het aggregaat voor de vakken C en D moet vrijwel geen micro-textuur bezitten. Hiervoor is rond ongebroken materiaal aanbevolen, zoals rivier- of zeegrind. Grind is in de handel verkrijgbaar in de fracties 2 - 5 mm en 5 - 8 mm. De fractie 5 - 8 mm moet evenwel uitgezeefd worden. In het grind zitten ook scherpte steentjes zodat het realiseren van de gepolijste wegdekken niet ideaal kan zijn. Uit de proefplaatjes is gebleken dat een klein formaat gepolijste steentjes (proefvak D) verontreinigt met gebroken materiaal ongunstig is, er wordt namelijk microruwheid ingevoerd maar in geringere mate als bij proefvak A.

Het aggregaat van vak E moet fijn en scherp zijn, dus eveneens gebroken materiaal, waarvoor brekerzand of korund kon worden genomen. Daar korund reeds voorgezeefd in de gewenste fijne fractie verkrijgbaar was, is aan dit materiaal de voorkeur gegeven.

In tabel II is een overzicht gegeven van de proefvakken en de materialen om aan de gestelde eisen te voldoen. Eveneens zijn er in opgenomen de op de proefplaatjes gemeten SBT- en $\overline{\text{TD}}$ -waarden. Er werden slechts geringe verschillen verwacht tussen deze waarden en de waarden die uiteindelijk op de proefvakken gerealiseerd zouden kunnen worden.

Alle gegevens over de aanleg van de proefvakken en de resultaten van de gemeten wegkenmerken zijn opgenomen in een memorandum van het Rijkswegenbouwlaboratorium (Aanhangsel 1).

Tabel I. Mogelijke combinaties van de wegdekkenmerken makro/mikro-
ruwheid.

	vorm	omschrijving	doorsnede aggregaat
C		makro groot; mikro klein	8 - 12 mm
D		makro klein; mikro klein	5 - 8 mm
B		makro groot; mikro groot	8 - 12 mm
A		makro klein; mikro groot	5 - 8 mm
E		geen makro; mikro groot	0 - 5 mm
F		geen makro; geen mikro	geen aggregaat

Opmerkingen t.a.v. de hiervoor vermelde combinaties:

C en D: ongewenst; C komt weinig voor

B: zeer goed komt ook weinig voor

A, D en E: 80% van de Nederlandse wegen

F: komt niet of alleen sterk plaatselijk voor.

De hiervoor vermelde wegdek vormen kunnen als volgt gekarakteriseerd worden in termen van SRT en gemiddelde TD.

wegdek vorm	C	D	B	A	E	F
SRT-waarde	-	-	+	+	+	--
Gem. textuurdiepte	++	+	++	+	-	--

++ : relatief hoog

+ : boven gemiddelde

- : beneden gemiddelde

-- : relatief laag

Tabel II. Uitgangspunten voor het aanleggen van proefvakken

	A	B	C	D	E	F
makroruw- heid	klein	groot	groot	klein	geen	geen
mikroruw- heid	groot	groot	klein	klein	groot	geen
soort aggregaat	basalt-split	ned. steenslag	riviergrind	riviergrind	korund	geen
afmetingen aggregaat	1 - 3 mm	5 - 8 mm	5 - 8 mm	2 - 5 mm	0,1 - 0,5 mm	
soort bindmiddel	posschl-systeem	epoxy-bitumen	epoxy-bitumen	epoxy-bitumen	epoxy-bitumen	epoxy-bitumen
verwachtte textuurdiepte $\overline{\text{TD}}$	1 - 1,5 mm	3 - 4 mm	3 - 4 mm	1,5 - 2 mm	0,2 - 0,3 mm	0 - 0,1 mm
verwachtte stroefheids- waarde (50 km/h)	0,80	1,00	0,40	0,40	1,00	0,20

Proefplaatjes

gemeten $\overline{\text{TD}}$	1)	3,4 mm	3,4 mm	1,7 mm	0,3 mm	0,1 mm
SRT		86	63	68	95	25

1) proefvak A is de bestaande verharding op de parallelbaan van de vliegbasis Woensdrecht.

3. REPLIKA'S

Reeds vanaf het begin van de onderzoekopdracht aan Subcommissie I is getracht een methode te vinden om de eigenschappen van wegdekken te beschrijven. In het literatuuroverzicht (bijlage II verslag 1e fase [1]) zijn de wegdekeigenschappen geïnventariseerd. Tevens zijn de meetmethoden aangegeven.

De belangrijkste wegdekeigenschappen zijn de micro- en de macroruwheid. De macroruwheid (10^{-3} tot 10^{-2} m) dient voor het snel afvoeren van het water uit de contactzone tussen band en nat wegdek. De microruwheid (10^{-4} tot $5 \cdot 10^{-4}$ m) dient om de resterende waterfilm op een voldoende aantal plaatsen te doorbreken teneinde adhesie tussen bandrubber en wegdek mogelijk te maken.

In het onderzoek wordt de gemiddelde textuurdiepte \overline{TD} bepaald met behulp van de zandvlekmethode. De SRT-waarde wordt wel als maat voor de microruwheid gehanteerd, hoewel het in principe een stroefheidsmeting is. Deze meetmethodes zijn echter nog onvoldoende in staat de grootte van rem- en spoorkrachtcoëfficiënten te voorspellen. Er is dan ook gezocht naar een meetmethode waaruit een relatie is af te leiden tussen macro- en microtextuur en een onafhankelijke kwaliteitsnorm voor wegdekken.

Een methode waarbij de macro- en de microruwheid gelijktijdig kunnen worden bepaald is afkomstig van het Instituut voor Grafische Techniek TNO te Amsterdam. Zij bestaat uit het maken van replika's van wegdekken. Hiertoe wordt op het (schoongemaakte) wegdek witte siliconrubber gegoten, die na harding van de weg kan worden afgenomen. Dit negatief van het wegdek wordt tegengegoten met zwarte siliconrubber. Doorsnijding van deze plak siliconrubber levert een profiellijn van het wegdek. Deze profiellijn wordt gefotografeerd.

De aldus verkregen profiellijn wordt, door middel van een

door TPD-TNO-TH ontwikkeld uitleesapparaat, afgetast met een lichtspleet. Op discrete afstanden wordt de hoogte van de profiellijn binair geponst. De aldus verkregen band met getallen - een digitale weergave van de profiellijn - kan verder verwerkt worden.

Het is de vraag of de geometrische eigenschappen van het wegdek, zoals verkregen uit de bovenomschreven meetmethode, voldoende is voor het volledig bepalen van drainerende eigenschappen van het wegdek. Hiervoor is het namelijk wenselijk dat de macroruwheid niet uit kommetjes maar uit kanaaltjes bestaat waardoor het water kan wegstromen. Hiertoe zouden aanvullende drainagemetingen bv. met behulp van de drainagemeter van het laboratorium voor voertuigtechniek, nodig kunnen zijn. Ook de vlakheid is nog van belang in verband met plasvorming op het wegdek.

Verwerking van de profiellijn

Het probleem van de verwerking van de profiellijn is het in een wiskundige vorm brengen van de wegdekoneffenheden. Dit dient dan zodanig te geschieden dat de verschillende kenmerken (macro- en microruwheid) herkenbaar zijn.

Als hoogtemaat van de macroruwheden kan worden genomen de standaardafwijking ten opzichte van een volgens de minimumkwadratenmethode aangebrachte horizontaal. Deze methode vereist dat de replika's goed recht zijn of althans dat er een referentiellijn aan de replika is die recht is.

Als lengtemaat (van de microruwheden vooral) kan worden gekozen voor de autocorrelatiefunctie. Deze functie kan nog worden omgewerkt tot een vermogensspectrum door middel van Fouriertransformatie.

Voor de vorm van de ruwheden is de door het Engelse RLL ge-

hanteerde profile ratio geschikt. Deze is gedefinieerd als het quotiënt van de lengte van de curve tussen twee punten gemeten langs de curve en de lengte van de verbindingslijn van de twee punten. Hoe hoger deze profile ratio, des te meer wisselingen zich voordoen. Hoe lager, des te gladder is het oppervlak. De profile ratio alleen geeft over de ruwheden te weinig informatie, omdat de optredende golflengtes en hoogtes, de profile ratio beïnvloeden. Deze factoren moeten dus altijd tezamen met de profile ratio bekeken worden.

Door TPD-TNO-TH zijn van replika's van een tiental verschillende wegdekken, waarvan de stroefheid bekend is, drie evenwijdige doorsnijdingen gemaakt, waarvan de volgende gegevens zijn verzameld (zie Aanhangsel 2):

1. De afstand tussen de hoogste top en de diepste kuil;
2. De standaardafwijking van de oneffenheden;
3. Profile ratio van het totale profiel en van de bovenste 5% resp. 10% van het profiel (5% resp. 10% profile ratio). De band heeft immers contact met het wegdek op de toppen van de ruwheden.

Hierbij is de volgende notatie gehanteerd:

$h(x)$: de profielhoogte op de plaats x

H_5 : de hoogte h waarboven 5% van de gemeten punten ligt

T_5 : de 5% toppen, de verzameling punten waarvoor geldt dat $h > H_5$

PR_5 : de 5% profile ratio, de profile ratio voor de stukken profiel behorend tot T_5

De notatie's H_{10} , T_{10} en PR_{10} hebben analoge betekenis.

4. De autocorrelatiefunctie over het gehele profiel als maat voor de golflengte.

Aan de verwerking van de gegevens van de replika's van wegdekken uit de 2e fase, de fouriertransformatie en de interpretatie is in samenwerking met IWIS-TNO nader onderzoek gedaan. Het uiteindelijke doel was het verband aan te geven tussen rem- en spoorkrachtcoëfficiënten en macro- en microtextuur.

Na de proeven verricht door TPD-TNO (zie Aanhangsel 2) is besloten door TPD een nieuwe fotolezer ten behoeve van SWOV en RWL te laten bouwen. Met dit apparaat zijn negatieven, gemaakt van de bestaande replika's, uitgelezen en de waarnemingen zijn op ponsband gezet.

Bij de eerste verwerkingen van deze ponsbanden door IWIS-TNO bleek dat er onduidelijkheden waren over de presentatie van de dichtheidsspectra. Een en ander was moeilijk door IWIS-TNO te veranderen.

Nadien zijn verdere proeven verricht met frequentieanalyse-apparaten van de TH Eindhoven en van het Rijkswegenbouwlaboratorium. Uit deze proeven is gebleken dat het waarschijnlijk niet zinvol is om met de bestaande fotolezer door te gaan en ook om de tot nu toe gemaakte ponsbanden niet voor andere statistische verwerking te gebruiken (zie Aanhangsel 3).

Bijlage 3 Aanhangsel 1

Memorandum SV73-46 van het Rijkswegenbouwlaboratorium.

Subcommissie I van de werkgroep "Slippen"

Tweede fase: functionele eisen aan wegdekken

memo : J.C de Bree

onderwerp : keuze wegdektypen, aanleg proefvakken, meten wegkenmerken

1 Keuze wegdektypen

Bij het maken van een keuze voor de wegdektypen is er vanuit gegaan dat de oppervlakttextuur van een wegdek de voornaamste invloed op wrijvingscoëfficiënten heeft; de oppervlakttextuur voornamelijk wordt bepaald door de kenmerken mikro- en makroruwheid.

De ruwheid is gekwalificeerd in 3 klassen: groot, klein en geen.

Uitgaande van deze kwalificatie zijn 9 combinaties mogelijk.

Wegens het aantal uit te voeren metingen en de kosten is besloten dat aantal te beperken tot 6.

Bij de keuze van de 6 wegdektypen en de daarbij te gebruiken materialen is voornamelijk uitgegaan van de verwachte invloed van de wegdekkenmerken op wrijvingscoëfficiënten en interacties met bandkenmerken en snelheid.

De verwachtingen zijn gebaseerd op literatuurgegevens en resultaten van de eerste fase.

Daar wegvakken die de vastgestelde kenmerken vertonen en aan de meet-technische eisen voldoen vrijwel niet op het bestaande wegennet voorkomen, zijn de vakken aangelegd op de parallelbaan van de vliegbasis Woensdrecht.

Om de vastgestelde niveau's van de wegdekkenmerken zo goed mogelijk te be^{no}ve~~re~~deren is besloten de vakken aan te leggen in de vorm van oppervlakbehandelingen.

Het Rijkswegenbouwlaboratorium heeft een voor~~o~~onderzoek verricht naar de toe te passen materialen en heeft de aanleg van de proefvakken begeleid.

Proefvakken Woensdrecht

2.1 Vooronderzoek:

Als toe te passen afstrooimaterialen werd overwogen riviergrind of zeegrind in de grootte van 2-5 en 5-8 mm, Ned. steenslag 5-8 mm en korund 150-300 ^{te gebruiken} μm . Ontvangen werden monsters riviergrind 2-8 mm, monsters zeegrind (2/8 en 5/15), terwijl monsters Ned. Steenslag 5,6-8,0 mm en korund 150-300 μm op het laboratorium aanwezig waren.

Van eerstgenoemde 4 materialen zijn bepaald de zeefanalyses, het gehalte aan platte en ongebroken stukken, het verbrijzelingspercentage en de stroefheid voor en na polijsten, en wel van de fracties 2,0-5,6 mm en 5,6-8,0 mm.

De resultaten van dit onderzoek zijn gegeven in tabel 1.

Tabel 1

Materiaal	massa percentage							
	riviergrind 2-8		zeegrind 2-8		zeegrind 5-15		Ned. Steenslag 5,6-8,0	
Zeefanalyse:								
op zeef C-11.2	-	-	-	-	20,5	-	-	-
C- 8.0	2,5	-	0,3	-	32,3	-	-	-
C- 5.6	15,9	-	12,7	-	26,6	100,0	-	-
C- 4.0	29,8	-	32,1	-	13,0	-	-	-
2.8 mm	26,6	-	26,2	-	4,7	-	-	-
2.0 mm	20,2	-	19,8	-	1,4	-	-	-
<2.0 mm	5,0	-	8,9	-	1,5	-	-	-
	100,0		100,0		100,0			100,0
Gehalte aan:	(2.0-5.6)	(5.6-8.0)	(2.0-5.6)	(5.6-8.0)	(2.0-5.6)	(5.6-8.0)	-	(4.0-8.0)
platte stukken	-	-	-	-	-	-	-	1.0
ongebroken stukken	56	64	89	90	74	76	-	-
Verbrijzelingspercentage:	(2.8-5.6)	(4.0-8.0)	(2.8-5.6)	(4.0-8.0)	(2.8-5.6)	(4.0-8.0)	(2.8-5.6)	(4.0-8.0)
	28	32	24	29	24	26	30	29
SRT meting:	(2.0-5.6)	(5.6-8.0)	(2.0-5.6)	(5.6-8.0)	(2.0-5.6)	(5.6-8.0)	-	(5.6-8.0)
voor polijsten	49	46	50	45	40	39	-	69
na polijsten	48	45	48	40	38	32	-	59

Daar uit de tabel blijkt dat het zeegrind ronder is dan het riviergrind, is hiermee verder gewerkt.

Op platen grof dicht asfaltbeton ($\overline{TD} = 0,3-0,4$ mm) zijn vervolgens de 5 aan te leggen proefvakken geïmiteerd, waarbij tevens een engere fractie van het zeegrind (2,0-4,0 mm) is bekeken. De fractie 2,0-5,6 mm bleek n.l. een te grove spreiding in korrelvorm te bezitten. Als slurrsysteem is gekozen: 60% epoxybitumen, 20% kwartsmeel en 20% zilverzand, te verwerken bij een temperatuur van 8 à 9°C. Na aanbrengen van de slurry en het vol en zat afstrooien met het aggregaat, is met behulp van een schuimplastic rol het aggregaat in de slurry gedrukt; dit om een egalier oppervlak te verkrijgen vooral bij toepassing van grove korrels.

In tabel 2 zijn van de proefvakken de SRT en \overline{TD} waarden gegeven.

Tabel 2

Omschrijving proefplaat	SRT waarde	\overline{TD} in mm	hoeveelheid slurry in kg/m ²
Blanco (niet afgestrooid)	25	< 0,1	3,5
korund 150-300	95	0,3	3,5
zeegrind 2,0 - 4,0	67	1,8	3,5
zeegrind 5,6 - 8,0	63	3,4	4,0
Ned.Steenslag 5,6 - 8,0	86	3,4	4,0

Omdat de hoeveelheid van 4 kg/m² slurry voor de grove afstrooimaterialen niet voldoende werd geacht, zijn alle typen platen opnieuw vervaardigd; echter nu met hardboard als ondergrond, en 5 kg/m² slurry voor de grove fracties. In de slurry is nu alleen kwartsmeel toegepast, om de viscositeit wat te verhogen zodat de korrels niet te ver in de slurry kunnen zakken (bij een grotere hoeveelheid slurry per m²)

Ook deze platen zijn bij ongeveer 10°C aangemaakt en weer afgerold. De meetresultaten zijn gegeven in tabel 3.

Tabel 3

Omschrijving proefplaat	SRT waarde	\overline{TD} in mm	hoeveelheid slurry in kg/m ²
Blanco (niet afgestrooid)	45	< 0,1	3,5
korund 150-300	95	0,4	3,5
zeegrind 2,0-4,0	67	1,7	3,5
zeegrind 5,6-8,0	63	2,5	5,0
Ned.Steenslag 5,6-8,0	78	2,6	5,0

Opmerking.

De blanco-plaat van tabel 3 voelde iets vettig aan, zodat deze voor de SRT meting is afgenomen met tolueen. De meting gaf hierbij een veel hogere waarde dan bij de blanco uit tabel 2. Om te zien of dit verschil alleen ligt aan de tolueen of ook aan het verschil in vulling van de slurry, zijn de platen herhaald gemeten, de resultaten hiervan zijn gegeven in tabel 4.

Tabel 4

Mengsel:	60 % ep.bitumen 20 % kwartsmeel 20 % zilverzand		60 % ep.bitumen 40 % kwartsmeel	
SRT metingen:	meting zonder tolueen	25	meting na afnemen met tolueen	45
	idem na 3 wkn zonder tolueen	25	idem na 1 week, zonder tolueen	30
	idem na 3 wkn met tolueen	30	idem na 1 week, met tolueen	40

Uit tabel 4 kan worden geconcludeerd dat:

- het afnemen met tolueen het oppervlak 5 à 10 punten opruwt;
- na enige tijd uit de hars een vettige substantie komt, die de stroefheid verlaagt;
- het mengsel gevuld met 40% kwartsmeel een iets hogere stroefheid oplevert.

Aan het applicatiebedrijf is vervolgens voorgesteld de volgende mengsels toe te passen op de proefvakken

Vak B: Ned.Steenslag	5,6-8,0 mm	slurry: 5,0 kg/m ²	} 60% ep.bitumen 40% kwartsmeel
Vak C: zeegrind	5,6-8,0 mm	slurry: 5,0 "	
Vak D: zeegrind	2,0-4,0 mm	slurry: 3,5 "	
Vak E: korund	150-300 µm	slurry: 3,5 "	
Vak F: blanco		slurry: 3,5 "	

Door het applicatiebedrijf is daarna een ander monster riviergrind ter onderzoek aangeboden met het verzoek dit grind te mogen verwerken, daar het zeegrind in de voorgestelde frakties niet of zeer moeilijk op korte termijn was te verkrijgen.

Het monster is op het laboratorium onderzocht, uit het resultaat bleek dat het monster geheel aan de gestelde eisen betreffende de gradering en rondheid voldeed; het applicatiebedrijf is dan ook toestemming verleend grind volgens dit monster bij de aanleg te gebruiken.

Een overzicht van de aan te leggen vakken is gegeven in tabel 5 en van de ligging der vakken in figuur 1.

Tabel 5

Vak	A	B	C	D	E	F
makroruwheid	klein	groot	groot	klein	geen	geen
mikroruwheid	groot	groot	klein	klein	groot	geen
soort aggregaat	basalt-split	Ned. steenslag	grind	grind	korund	geen
afmetingen aggregaat	1-3 mm	5,6-8mm	5,6-8mm	2-4 mm	150-300 µm	-
soort bindmiddel	possehl-systeem	epoxy-bitumen	epoxy-bitumen	epoxy-bitumen	epoxy-bitumen	epoxy-bitumen
te verwachten textuurdiepte	1-1,5 mm	3-4 mm	3-4 mm	1,5-2mm	0,2-0,3 mm	<0,1 mm
te verwachten S&T waarde	80	85	65	70	95	30

Vak A is de bestaande oppervalkbehandeling op de parallelbaan.

Hoeveelheid aggregaat, afhankelijk van de afmetingen 5 -15 kg/m².

Hoeveelheid bindmiddel, afhankelijk van het aggregaat en de ondergrond 2 -5 kg/m²

2. Aanleg proefvakken

2.1 Om een goede hechting en vooral om geen invloed van de op de parallelbaan aanwezige oppervlakbehandeling op de proefvakken te krijgen, is het baanoppervlak eerst gefreesd.

Het frezen is uitgevoerd op 3 april 1973, waarbij de freesdiepte op 5 mm was ~~vast~~ⁱⁿgesteld. Door de onvlakheid van de baan is plaatselijk minder dan 5 mm afgefreesd; op minder dan 10% van het gefreesde oppervlak was de bestaande oppervlakbehandeling niet geheel weggefreed.

De vlakheid van de baan is door het frezen sterk verbeterd.

2.2 Vak F (niet afgestrooide epoxy-bitumen slurry)

Aanleg: 27 april en 7 mei 1973

Verwerkt: 27 charges van 43,5 kg bindmiddel en 25 kg kwartsmeel, hetgeen overeenkomt met gem. 3,1 kg/m².

Opmerkingen.

Het materiaal was hier ^{niet} volledig "self leveling", zodat een wat golfachtig oppervlak is verkregen.

Het laatste gedeelte van het vak is aangelegd op 7 mei bij wisselvallig weer, waarbij een gedeelte een ruwer oppervlak heeft gekregen door regenval (het gedeelte heeft plaatselijk ook een "ijsachtige" kleur gekregen).

2.3 Vak E (afgestrooid met korund 150-300 μm)

Aanleg: 8 mei 1973

Verwerkt: 16 charges van 43,5 kg bindmiddel en 25 kg kwartsmeel, hetgeen overeenkomt met gem. 1,8 kg/m^2 .

Opmerkingen:

In dit vak zaten zeer vlak uitgefreesde gedeelten. Om bovendien bij afstrooien een vlak oppervlak te verkrijgen is de slurry dun uitgestreken, zodat weinig slurry is gebruikt.

2.4 Vak D (afgestrooid met grind 2,0-4,0 mm)

Aanleg: 9 mei 1973

Verwerkt: 20 charges van 43,5 kg bindmiddel en 25 kg kwartsmeel, hetgeen overeenkomt met gem. 2,3 kg/m^2 .

Opmerking: Het grind was droog en schoon en zeer regelmatig van korrelafmeting.

2.5 Vak B (afgestrooid met Ned.Steenslag 5,6-8,0 mm)

Aanleg: 11 mei 1973

Verwerkt: 25 charges van 43,5 kg bindmiddel en 35 kg kwartsmeel, hetgeen overeenkomt met gem. 3,3 kg/m^2 .

Opmerkingen;

Door de hoge temperatuur op die dag bleek de tot dusverre toegepaste slurry te dun vloeibaar. Er is daarom meer kwartsmeel in de slurry verwerkt.

Een van de zakken split bleek steen te bevatten met een te kleine fraktie. In het midden van het proefvak is daardoor een klein gedeelte ontstaan met afwijkende oppervlakte-eigenschappen.

De steenslag bleek erg stoffig te zijn, hetgeen echter voor een groot deel verdween, omdat bij harde wind werd afgestrooid.

2.6 Vak C (afgestrooid met grind 5,6 - 8,0 mm)

Aanleg: 15 mei 1973

Verwerkt: 25 charges van 43,5 kg bindmiddel en 35 kg kwartsmeel, hetgeen overeenkomt met gem. 3,3 kg/m^2 .

Opmerking: De eerste aanvoer van het grind (op 10 mei) bleek nat te zijn. Dit materiaal is teruggezonden en vervangen door goed gedroogd materiaal.

2.7 Tijdens de aanleg zijn 3 monsters afstrooimiddel en één monster epoxy-bitumenslurry genomen en onderzocht.

De resultaten van het onderzoek zijn gegeven in tabel 6 en 7.

Tabel 6 Afstrooimateriaal

materiaal	massapercentage		
	grind 2-4 mm	grind 5,6 - 8 mm	Ned. Steenslag 5,6 - 8 mm
op zeef C 8,0	-	9,5	10,7
C 5,6	-	55,8	68,4
C 4,0	99,9	32,9	19,9
2,0 mm	0,1	-	-
< 2,0 mm	-	1,8	1,0
	<u>100,0</u>	<u>100,0</u>	<u>100,0</u>

Tabel 7 Epoxy-bitumenslurry monster getrokken uit vak F op 27 april 1973

bindmiddelgehalte		61 % (m/m)
stijfheids modulus (dynamisch, 50 Hz gem. doorbuiging 30 µm, staafjes van 250 x 27 x 19 mm)	- 10°C	4500 N/m ²
	0°C	4100 "
	+ 10°C	3500 "
	+ 30°C	2100 "
buigtreksterkte	0°C	34 "
doorbuiging bij breuk	0°C	0,9 mm
(staafjes van 250 x 27 x 19 mm, opleglengte 100 mm, belastingsnelheidstoename 150 N/s)		

2.8 Uit de verwerkte hoeveelheden slurry volgt dat minder slurry is toegepast dan was voorgesteld.

Zou de volledige hoeveelheid zijn toegepast dan bleek dat de vakken zeker 2 of 3 keer afgestrooid moesten worden waarbij de kans groot was dat er een minder vlak oppervlak ontstond.

Het afrollen met de schuimplastic rol, wat bij alle afgestrooide vakken behoudens bij het korund is gebeurd, gaf geen verbetering (visueel).

De methode van aanleg is wat primitief geweest, vooral bij de voorbereiding, zoals aanvoer van grondstoffen, liet te wensen over.

De methode van mengen, aanbrengen en afstrooien zouden zeker verbeterd kunnen worden. Het uiteindelijk resultaat was toch vrij gunstig, de proefvakken zagen er goed en in het algemeen zeer homogeen uit.

2.9 Tijdens de proeven met de bandenmeetwagen is de oppervlakttextuur van enkele proefvakken enigszins gewijzigd (zie foto's wegdekoppervlak onder punt 3). De wijzingen zijn voornamelijk steenverlies uit het oppervlak. Dit steenverlies is vrijwel zeker veroorzaakt door de grote langs- en dwarskrachten die tijdens metingen met de bandenmeetwagen kunnen optreden, daar het steenverlies vrijwel alleen in het meetspoor voorkomt.

De resultaten van het meten van wegdekkenmerken voor en na de proeven (zie punt 3) geven niet de indruk dat de wijzigingen in oppervlakttextuur een verandering van de wegdekkenmerken heeft veroorzaakt.

Visuele inspecties voor, tijdens en na de proeven geven aanleiding tot de volgende opmerkingen.

Vak A: geen wijzigingen; er is geen aggregaat uitgereden; bij warm weer geeft stilstaande auto een duidelijke band afdruk in het oppervlak, het bindmiddel wordt naar de oppervlakte gedrukt, de afdruk wordt door verkeer weer weggereden.

Vak B: op de laatste 12 m van het vak zit weinig aggregaat in het oppervlak, dat was reeds bij de aanleg het geval; een vakje van 10 m (liggende van 20 - 30 m voorbij lamp 414) is bij aanleg afgestrooid met een kleiner formaat aggregaat; plaatselijk aggregaatverlies voornamelijk in het meetspoor op het gedeelte van 20 m voor lamp 388 tot 10 m voorbij lamp 412.

Vak C: plaatselijk aggregaatverlies voornamelijk in het meetspoor van 20 m voorbij lamp 388 tot lamp 412, van 10 m voor tot lamp 414 en van 15 m voorbij lamp 414 tot lamp 416

Vak D: vrijwel geen aggregaatverlies behoudens ~~in~~ op enkele plaatsen nabij lamp 394 en van 15 m voorbij lamp 416 tot lamp 418, na afloop van de proeven ziet het aggregaat er iets gepolijster uit dan de begintoestand.

Vak E: geen aggregaatverlies, geen zichtbare wijzigingen.

Vak F: veel kleurverschil in het oppervlak, van witte kringen en vlekken tot diepzwarte plaatsen; de kleur van het oppervlak veranderde plaatselijk tijdens de proeven (uitharding en weersomstandigheden); van 5 m voor tot 15 m voorbij lamp 416 een bruin gekleurd gedeelte dat ook minder glad is dan het overige gedeelte (met regenachtig weer aangelegd); in het oppervlak ontstonden enkele ronde blazen, diameter 10-20 cm, totaal ongeveer 20 stuks verdeeld over het gehele vak, de blazen zijn niet stuk gereden, vermoedelijk zijn de blazen ontstaan op vochtige plaatsen waardoor weinig hechting met het gefreesde oppervlak optreedt.

3 Meten van de wegdekkenmerken

Op de proefvakken zijn door het Rijkswegenbouwlaboratorium metingen verricht betreffende stroefheid, vlakheid en oppervlakttextuur.

Verder zijn replica's en foto's van het oppervlak gemaakt.

Deze werkzaamheden zijn uitgevoerd voor de aanvang van de proeven uit te voeren door de bandenmeetwagen van het LVT en na het beëindigen van de proeven.

Een overzicht van de gemeten wegdekkenmerken is gegeven in tabel 8.

Tabel 8 Overzicht wegdekkenmerken proefvakken Woensdrecht.

De in het linkse deel van de kolommen A t/m F gegeven getallen hebben betrekking op de metingen van mei 1973, de in het rechtse deel gegeven getallen op de metingen van juli 1973.

kenmerk	A	B	C	D	E	F
<u>erharding</u>						
indemiddel	Possehl	epoxy-bit.	epoxy-bit.	epoxy-bit.	epoxy-bit.	epoxy-bit.
cort aggregaat	basalt	ned.steensl.	grind	grind	korund	goen
metingen aggregaat	0,5-3 mm	5,6- 8 mm	5,6-8 mm	2-4 mm	0,15-0,3 mm	-
<u>troefheid</u> $f \times 100$						
emeten met						
lipwagen RWL						
ij 30 km/h	81 - 80	86 - 84	67 - 65	67 - 65	83 - 82	37 - 37
ij 50 km/h	78 - 77	85 - 83	66 - 64	65 - 63	76 - 75	30 - 30
ij 70 km/h	75 - 74	84 - 82	65 - 63	62 - 61	64 - 64	24 - 24
ij 90 km/h	72 - 71	83 - 81	64 - 63	60 - 59	59 - 59	19 - 19
aling f in % 30-50 km	4 - 4	1 - 1	1 - 2	3 - 3	8 - 9	19 - 19
" 30-70 km	7 - 8	2 - 2	3 - 3	7 - 6	23 - 22	35 - 35
" 30-90 km	11 - 11	3 - 4	4 - 3	10 - 9	29 - 28	49 - 49
" 50-70 km	4 - 4	1 - 1	2 - 2	3 - 3	16 - 15	20 - 20
" 50-90 km	8 - 8	2 - 2	3 - 2	8 - 6	22 - 21	37 - 37
" 70-90 km	4 - 4	1 - 1	2 - 0	3 - 3	8 - 8	21 - 21
RT waarde	82 - 82	94 - 90	73 - 70	69 - 68	93 - 90	34 - 33
<u>extuur</u>						
em. TD in mm	1,2-1,2	3,3-3,1	3,6 - 3,6	2,0-1,9	0,5-0,5	<0,1-<0,1
<u>lakheid</u>						
chokmeter inches/km	106-107	70 - 69	60 - 60	58 - 58	61 - 61	74 - 70
diagraaf afw. % C3	51- 51	24 - 24	13 - 14	13 - 13	12 - 13	17 - 17
diagraaf afw. % C5	19- 19	5 - 5	5 - 5	2 - 2	2 - 2	3 - 3

3.1 Stroefheid

- 3.1.1 De stroefheid is gemeten met de meetwagen van het Rijkswegenbouwlaboratorium volgens de standaard-meetmethode "vertraagd wiel". Als meetvak is genomen het proefvakgedeelte liggende van 100-250m vanaf begin proefvak (lamp 384), als meetsnelheid is genomen 30, 50, 70 en 90 km/h.

Uit de resultaten blijkt dat de stroefheid vrijwel geen wijzigingen heeft ondergaan gedurende de proefperiode.

Van de vakken B t/m E is tevens een ander gedeelte (laatste 100 m) van het proefvak gemeten om na te gaan of er verschil in stroefheid zou zijn met het meetvak, dit bleek niet het geval.

Het bruin gekleurde gedeelte van 20 m op proefvak F gaf wel een duidelijk verschil in stroefheid te zien met het overige vakgedeelte (zie tabel 9). Daar dit gedeelte vrijwel aan het einde van het proefvak is gelegen, heeft de bandenmeetwagen van het LVT hierop vrijwel niet gemeten.

In tabel 10 is een overzicht gegeven van de stroefheids^{sliding}~~verandering~~ bij toenemende meetsnelheid, het verband hiervan met de gemiddelde textuurdiepte is gegeven in figuur 1.

- 3.1.2 De stroefheid van de meetvakken is tevens bepaald met een slingerinstrument, het SRT toestel, in 20 punten verdeeld over het proefvak. De meetresultaten zijn gegeven in tabel 11.

Uit de tabel blijkt dat de resultaten redelijk overeenstemmen met de verwachte resultaten (zie tabel 5). Verder blijkt dat de spreiding (standaardafwijking) van de 20 resultaten niet groot is, het oppervlak heeft dus een homogene stroefheid.

Uit de resultaten blijkt dat ook de stroefheid op deze wijze gemeten vrijwel geen wijzigingen heeft ondergaan gedurende de proefperiode.

3.2 Vlakheid

De vlakheid van de proefvakken is gemeten met de schokmeter en de viagraaf. De meetresultaten zijn gegeven in tabel 12 en 13.

De vlakheid van de proefvakken B t/m F vallen volgens beide systemen gemeten, in de kwalificatie goed, van het vak A is de kwalificatie matig. Door het frezen is de vlakheid dus sterk verbeterd.

De toestand van de vlakheid van een weg kan invloed uitoefenen op de gemet wrijvingscoëfficiënt.

Dat er op de gemeten wrijvingscoëfficiënten van de proefvakken onderling een verschillende invloed zou zijn uitgeoefend, is niet te verwachten. Uit de resultaten blijkt verder nog dat de vlakheid geen wijzigingen heeft ondergaan gedurende de proefperiode.

3.3 Oppervlaktextuur

3.3.1 Van de proefvakken is de gemiddelde textuurdiepte bepaald volgens de "sand patch" (zandvlek) methode.

In 20 punten verdeeld over het vak is de textuurdiepte bepaald.

De resultaten van de metingen zijn gegeven in tabel 14.

De resultaten stemmen goed overeen met de verwachte resultaten (zie tabel 5).

De spreiding (standaardafwijking) van de resultaten is bij de vakken met een grove textuur wat groter dan bij de overigen. De standaardafwijking van elk vak is vrij klein, waaruit volgt dat elk vak een vrij constante textuurdiepte heeft.

Uit de resultaten blijkt verder dat de textuurdiepte vrijwel geen wijzigingen hebben ondergaan gedurende de proefperiode.

3.3.2 Van elk proef vak zijn op 22 mei en op 9 juli 8 zgn. replica's van het wegpoppervlak gemaakt, in de volgende punten (hartlijn van het vak):

punt 1	2 m voor lamp	388
punt 2	2 m voor lamp	390
punt 3	2 m voor lamp	392
punt 4	2 m voor lamp	394
punt 5	2 m voor lamp	396
punt 6	2 m voor lamp	412
punt 7	2 m voor lamp	414
punt 8	2 m voor lamp	416

In het LVT zullen drainagemetingen op de replica's worden verricht.

Het analyseren van de replica's zal door IWIS-TNO worden uitgevoerd.

3.3.3 Van elk proefvak zijn op 22 mei en op 9 juli 5 foto's van het wegpoppervlak gemaakt, in de volgende punten (hartlijn van het vak):

punt 1	1 m voorbij lamp	388
punt 2	21 m voorbij lamp	390
punt 3	3 m voor lamp	394
punt 4	3 m voor lamp	412
punt 5	1 m voorbij lamp	416

De foto's (ware grootte) zijn gegeven als figuren

A 1- 22 (proefvak A, punt 1, foto 22 mei) tot en met
F 5- 9 (proefvak F, punt 5, foto 9 juli).

Opmerkingen bij de foto's (de rijrichting van de bandenmeetwagen is van onder naar boven):

Vak A: geen wijzigingen in oppervlakttextuur waar te nemen, de oppervlakttextuur is zo homogeen dat bij de foto's A 2-22 en A 2-9 geen corresponderende punten te vinden zijn;

Vak B: bij vergelijking van de foto's is duidelijk het steenverlies waar te nemen, voornamelijk bij de foto's in de punten 3, 4 en 5;

Vak C: het steenverlies is goed waarneembaar, doch duidelijk minder dan bij vak B;

Vak D: zeer weinig steenverlies waar te nemen, vrijwel geen wijzigingen in oppervlakttextuur waar te nemen;

Vak E: geen wijzigingen in oppervlakttextuur waar te nemen, de oppervlakttextuur is zo homogeen dat bij de foto's in de textuur geen corresponderende punten te vinden zijn, op de foto's E 2-22 en E 2-9 is een scheur in de onderlaag duidelijk in de oppervlakbehandeling te zien, gedurende de proefperiode heeft deze scheur zich verbreedt.

Vak F: geen wijzigingen in oppervlakttextuur waar te nemen, op de foto's is wel goed waarneembaar dat gedurende de proefperiode het oppervlak andere kleurschakeringen kreeg en dat veel vlekken en kringen zijn ontstaan en ook weer verdwenen, de foto's F 5 geven een goed beeld van het voorgenoemde gedeelte van het proefvak waarvan de oppervlakttextuur een wat ruwer aanzien had.

Dat het aggregaat naarmate het groter en scherper is meer kans heeft om uit het oppervlak te worden gescheurd of te worden gebroken blijkt duidelijk bij het vergelijken van de foto's van de proefvakken.

Tabel 9 Resultaten stroefheidsmetingen verricht met de meetwagen RWL
 Meetdata: 22 mei, 25 mei, 28 juni en 9 juli 1973
 weersomstandigheden: droog, zonnig, luchttemperatuur tijdens de metingen 18 -25°C
 meetvaklengte 150 m, ligging meetvak van 100-250 m vanaf begin proefvak (lamp 284).

proefvak	meetdatum	wrijvingscoëfficiënt vertraagd wiel x 100			
		meetsnelh. 30 km/h	meetsnelh. 50 km/h	meetsnelh. 70 km/h	meetsnelh. 90 km/h
A	22-5	80	77	75	
A	22-5	81	78	75	72
A	28-6		78		
A	9-7	80	77	74	71
B	22-5	85	85	83	
B	25-5	86	85	84	83
B	28-6		83		
B	9-7	84	83	82	81
C	22-5	67	66	65	
C	25-5	67	66	65	64
C	28-6		64		
C	9-7	65	64	63	63
D	22-5	67	65	62	
D	25-5	67	65	62	60
D	28-6		63		
D	9-7	65	63	61	59
E	22-5	82	76	65	
E	25-5	83	76	64	59
E	28-6		75		
E	9-7	82	75	64	59
F	22-5	36	29	23	
F	25-5	37	30	24	19
F	28-6		30		
F	9-7	37	30	24	19

vervolg tabel 9

meetresultaten op proefvak F, meetsnelheid 50 km/h

gemeten over de gehele lengte van het proefvak

over 500 m gemeten	wrijvingscoëfficiënt ver- traagd wiel x 100		opmerkingen
	meetdat. 22 mei	meetdat. 25 mei	
over 100 m	31	30	laatste 140 m van het proefvak bij regenachtig weer aangelegd bruin gekleurd en ruw gedeelte met veel witte vlekken
" 150 m	29	30	
" 110 m	26	27	
" 80 m	26	27	
" 20 m	45	43	
" 40 m	27	27	

meetresultaten op de proefvakken B t/m E

gemeten op de laatste 100 m van het proefvak, meetdatum 28 juni

proefvak	wrijvingscoëfficiënt vertraagd wiel x 100			
	meetsnelh.	meetsnelh.	meetsnelh.	meetsnelh.
	30 km/h	50 km/h	70 km/h	90 km/h
B.	84	83	82	81
C.	65	64	63	63
D.	66	64	62	60
E.	83	76	65	60

tabel 10 Resultaten stroefheidsmetingen

Percentage van de gemeten wrijvingscoëfficiënt vertraagd wiel
bij toenemende meetsnelheid.

proefvak	meetdat.	daling in percentage bij een snelheidstoename van					
		30-50 km/h	30-70 km/h	30-90km/h	50-70km/h	50-90km/h	70-90km/h
A	22-5	4	6		3		
A	25-5	4	7	11	4	8	4
A	9-7	4	8	11	4	8	4
B	22-5	0	2		2		
B	25-5	1	2	3	1	2	1
B	28-6	1	2	4	1	2	1
B	9-7	1	2	4	1	2	1
C	22-5	1	3		2		
C	25-5	1	3	4	2	3	2
C	28-6	2	3	3	2	2	0
C	9-7	2	3	3	2	2	0
D	22-5	3	7		5		
D	25-5	3	7	10	3	8	3
D	28-6	3	6	9	3	6	3
D	9-7	3	6	9	3	6	3
E	22-5	7	21		14		
E	25-5	8	23	29	16	22	8
E	28-6	8	22	28	14	21	8
E	9-7	9	22	28	15	21	8
F	22-5	19	36		21		
F	25-5	19	35	49	20	37	21
F	9-7	19	35	49	20	37	21

Tabel 11 Resultaten van de stroefheidsmetingen met het SRT toestel

meetdatum 22-5-1973, temperatuur 17-20°C

meetdatum 9-7-1973, temperatuur 25-28°C

De gegeven resultaten zijn gecorrigeerd naar een temperatuur van 20°C

SRT waarde

meet- punt	proefvak											
	A		B		C		D		E		F	
	meetdat.		meetdat.		meetdat.		meetdat.		meetdat.		meetdat.	
	22-5-73	9-7-73	22-5-73	9-7-73	22-5-73	9-7-73	22-5-73	9-7-73	22-5-73	9-7-73	22-5-73	9-7-73
1	85	86	98	98	70	71	74	70	98	94	36	40
2	86	82	89	91	70	65	74	70	96	98	34	37
3	80	79	90	90	78	75	71	69	92	91	31	32
4	80	79	94	90	68	70	72	69	98	89	36	35
5	85	86	94	86	72	68	68	68	95	93	34	32
6	80	82	94	92	76	75	70	68	95	90	34	35
7	79	81	98	90	72	75	66	67	97	95	35	31
8	83	82	94	88	70	66	67	65	98	94	37	32
9	78	78	95	88	73	67	75	70	95	91	35	36
10	86	87	95	84	75	70	73	71	92	92	36	38
11	83	84	96	93	74	70	65	64	94	92	35	37
12	86	81	93	91	70	75	70	68	95	90	34	35
13	83	85	96	92	73	70	70	69	90	92	29	25
14	83	82	93	90	73	73	69	68	95	88	30	28
15	84	80	89	88	74	66	70	68	89	84	35	31
16	78	83	96	94	76	72	72	73	91	88	35	35
17	84	80	97	93	74	74	64	63	88	85	30	29
18	80	77	90 ¹⁾	89 ¹⁾	71	66	68	65	86	85	30	29
19	78	78	90	88	76	69	66	67	92	87	55 ²⁾	50 ²⁾
20	86	83	92	92	70	72	65	67	92	88	32	32
gem. waarde	82	82	94	90	73	70	69	68	93	90	34	33
stan- daard afwijking	3,0	2,9	2,8	3,2	2,6	3,4	3,3	2,4	3,1	3,6	2,6	3,8

1) = plaats met afwijkende steenslag. 2) = plaats met afwijkend oppervlak door regen tijdens aanleg.

bovengenoemde plaatsen zijn niet medegerekend bij bepaling van gemiddelde waarde en standaardafwijking.

Tabel 12 Resultaten schokmeter

proefvak	schokmeterwaarde in inches per km	
	meetdatum 22-5-1973	meetdatum 9-7-1973
A	106	107
B	70	69
C	60	60
D	58	58
E	61	60
F	74	70

Tabel 13 Resultaten viagraafmetingen.

proefvak	meetraai	afwijkingspercentage C 3		afwijkingspercentage C5	
		meetdat. 22 mei	meetdat. 9 juli	meetdat. 22 mei	meetdat. 9 juli
A	1e 100 m	56	56	24	24
	2e "	43	44	13	13
	3e "	46	46	18	17
	4e "	56	56	21	21
	5e "	53	53	19	20
	gem. waarde en standaardafwijking		51 - 6,0	51 -5,7	19 - 4,1
B	1e 100 m	30	30	7	7
	2e "	18	19	2	2
	3e "	26	25	7	7
	4e "	22	22	5	5
	5e "	24	24	5	6
	gem. waarde en standaardafwijking		24 -4,5	24 -4,1	5 -2,1
C	1e 100 m	17	17	3	3
	2e "	11	12	1	1
	3e "	12	11	1	1
	4e "	13	13	2	2
	5e "	14	15	2	2
	gem. waarde en standaardafwijking		13 - 2,2	14 -2,4	2 - 0,9
D	1e 100 m	11	12	1	2
	2e "	9	10	1	1
	3e "	16	16	2	2
	4e "	16	15	3	2
	5e "	12	13	1	1
	gem. waarde en standaardafwijking		13 - 3,1	13 -2,4	2 - 0,3
E	1e 100 m	21	21	4	3
	2e "	13	14	2	3
	3e "	8	9	1	0
	4e "	8	8	1	1
	5e "	11	11	1	1
	gem. waarde en standaardafwijking		12 - 5,4	13 -5,2	2 - 1,3
F	1e 100 m	25	25	5	5
	2e "	16	17	2	3
	3e "	18	18	2	2
	4e "	6	7	0	0
	5e "	20	20	4	4
	gem. waarde en standaardafwijking		17 - 7,0	17 -6,6	3 - 2,0

Tabel 14 Resultaten van de "sand patch" metingen

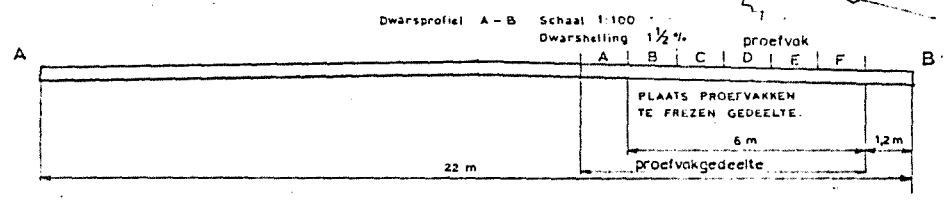
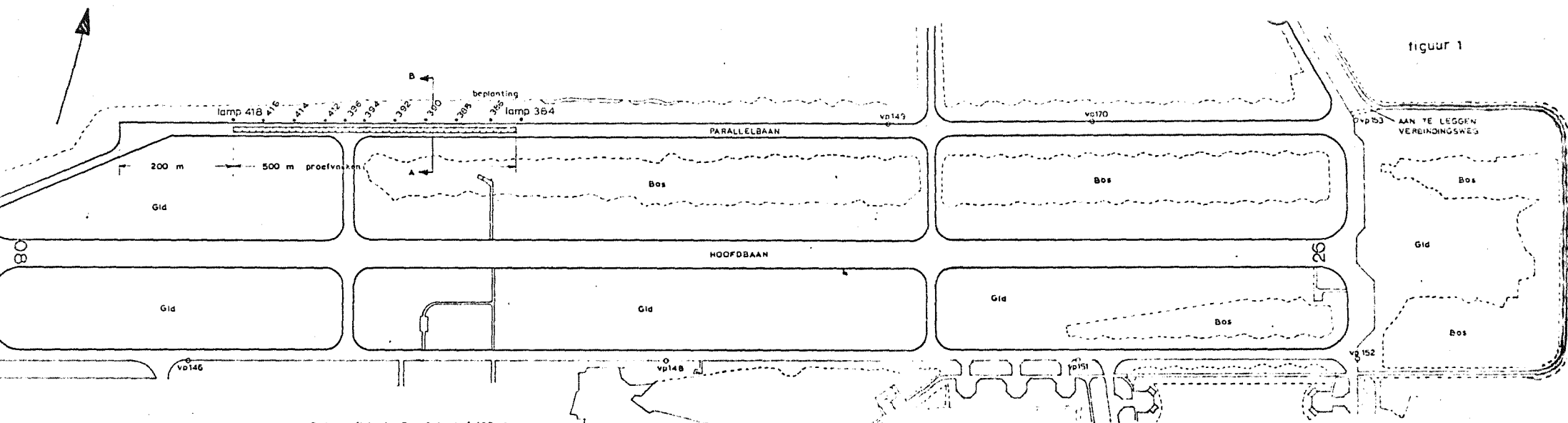
Bij meetvak F was de zandvlekgrootte niet te bepalen, dat houdt in $\overline{TD} < 0,1 \text{ mm}$

Gemiddelde textuurdiepte \overline{TD} in mm

meetpunt	proefvak									
	A		B		C		D		E	
	meetdat.		meetdat.		meetdat.		meetdat.		meetdat.	
	22-5-73	9-7-73	22-5-73	9-7-73	22-5-73	9-7-73	22-5-73	9-7-73	22-5-73	9-7-73
1	1,4	1,3	3,1	3,0	3,2	3,6	1,8	1,8	0,5	0,4
2	1,2	1,1	3,3	3,0	3,4	3,5	2,0	1,9	0,4	0,4
3	1,3	1,3	3,1	3,0	3,6	3,8	2,1	1,8	0,4	0,5
4	1,2	1,3	3,2	3,0	3,6	4,1	2,2	1,8	0,5	0,5
5	1,3	1,3	3,2	2,9	3,4	3,5	2,0	1,9	0,5	0,4
6	1,3	1,3	3,2	2,9	3,6	3,6	2,0	1,8	0,4	0,4
7	1,2	1,3	3,6	3,4	3,8	3,2	1,9	1,9	0,5	0,4
8		1,3		3,0		3,0		1,8		0,5
9	1,3	1,4	3,2	3,0	3,8	3,6	2,1	1,8	0,5	0,5
10	1,1	1,2	3,3	3,0	3,8	3,8	1,9	1,8	0,5	0,5
11	1,2	1,1	3,4	3,3	3,9	3,5	2,1	1,8	0,5	0,4
12	1,0	1,1	3,1	3,1	3,4	3,7	1,9	1,8	0,6	0,6
13	1,2	1,0	3,2	3,0	3,8	3,4	1,9	1,9	0,5	0,5
14	1,3	1,2	3,4	3,0	3,5	3,4	2,0	2,0	0,4	0,5
15	1,3	1,2	3,4	3,0	3,9	3,4	2,0	1,9	0,4	0,5
16	1,2	1,3	3,3	3,2	3,2	4,1	2,0	1,9	0,5	0,4
17	1,0	0,9	3,6	3,2	3,9	3,4	2,1	2,0	0,4	0,5
18	1,3	1,2	2,0 ^{x)}	2,0 ^{x)}	3,8	4,3	2,0	1,9	0,4	0,4
19	1,2	1,3	3,0	3,0	3,0	3,3	1,9	2,0	0,4	0,5
20	1,1	1,0	3,1	3,0	3,8	3,4	2,0	2,1	0,5	0,5
gem.waarde	1,2	1,2	3,3	3,1	3,6	3,6	2,0	1,9	0,5	0,5
standaard-afwijking	0,11	0,13	0,17	0,14	0,27	0,32	0,10	0,09	0,07	0,07

x) plaats met afwijkende steenslag, niet medegerekend bij bepaling gemiddelde waarde en standaardafwijking

figuur 1



- proefvak A = bestaande Possehl oppervlak behandeling
- B = ned. steenslag 5-8 mm
- C = grind 5-8 mm
- D = grind 2-4 mm
- E = korund 0,1-0,3 mm
- F = niet afgestrooide compound

VLEIGBASIS WOENSDRECHT
 schaal 1:5000

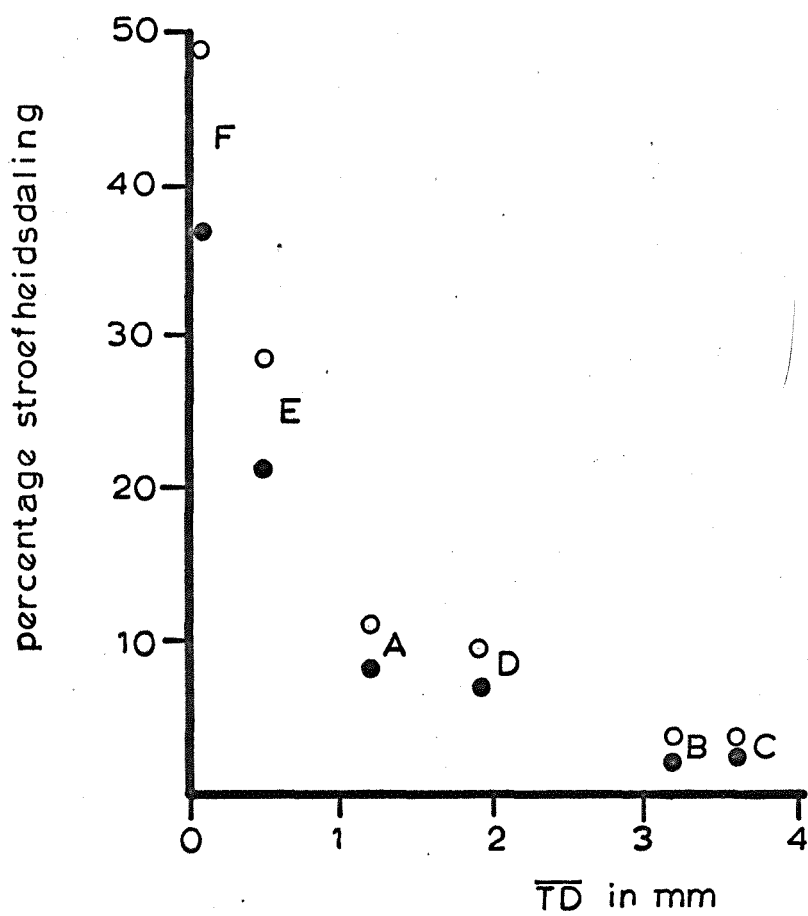
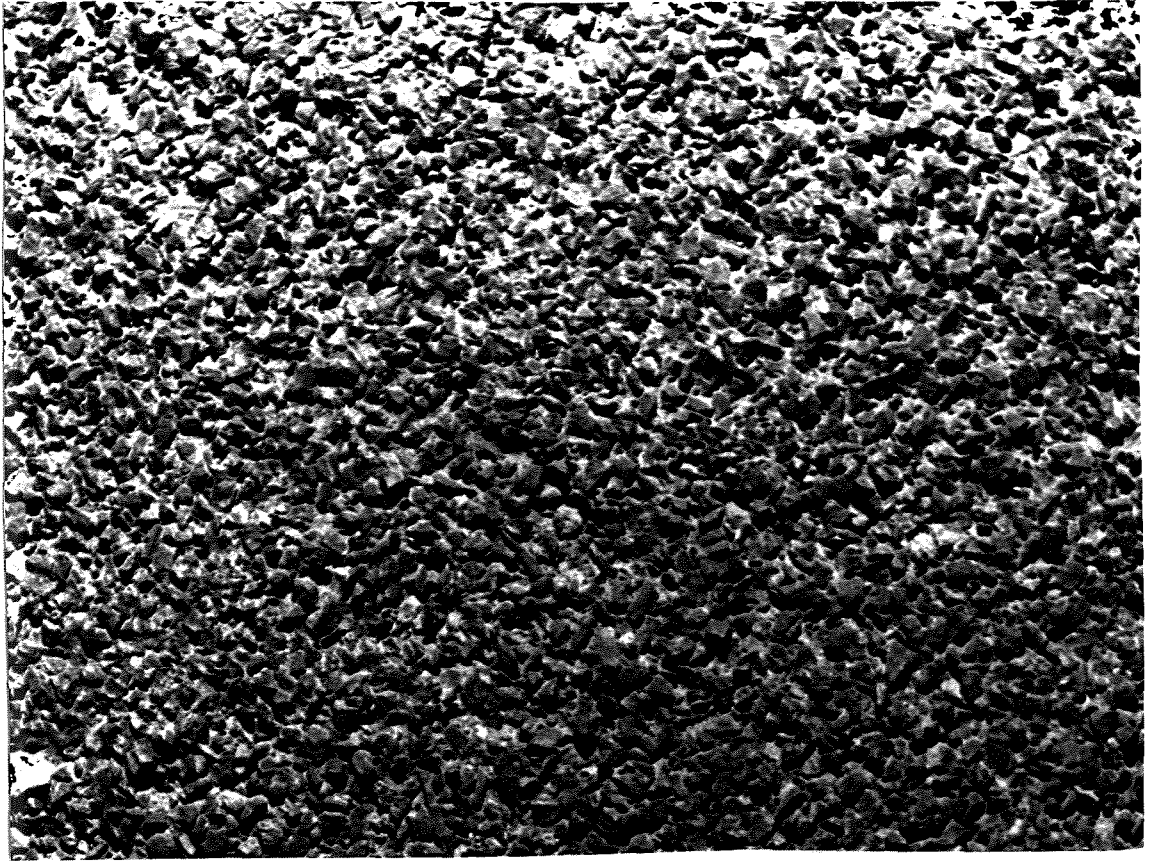


fig.2 Verband percentage stroefheidsdaling $\frac{f_1 - f_2}{f_1} \times 100\%$

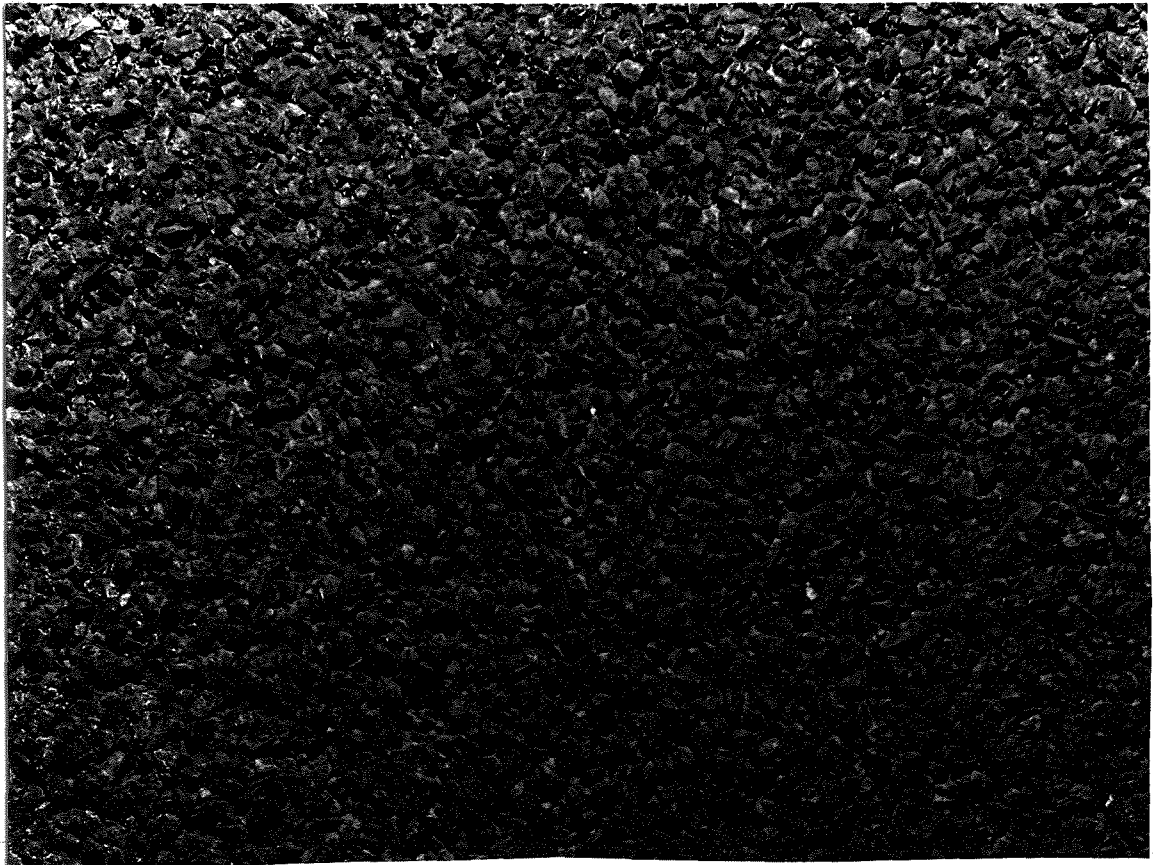
en de gemiddelde textuurdiepte

o = snelheidstoename 30-90 km/h

● = snelheidstoename 50-90 km/h



A2-22



A2-9



B1-22



B1-9



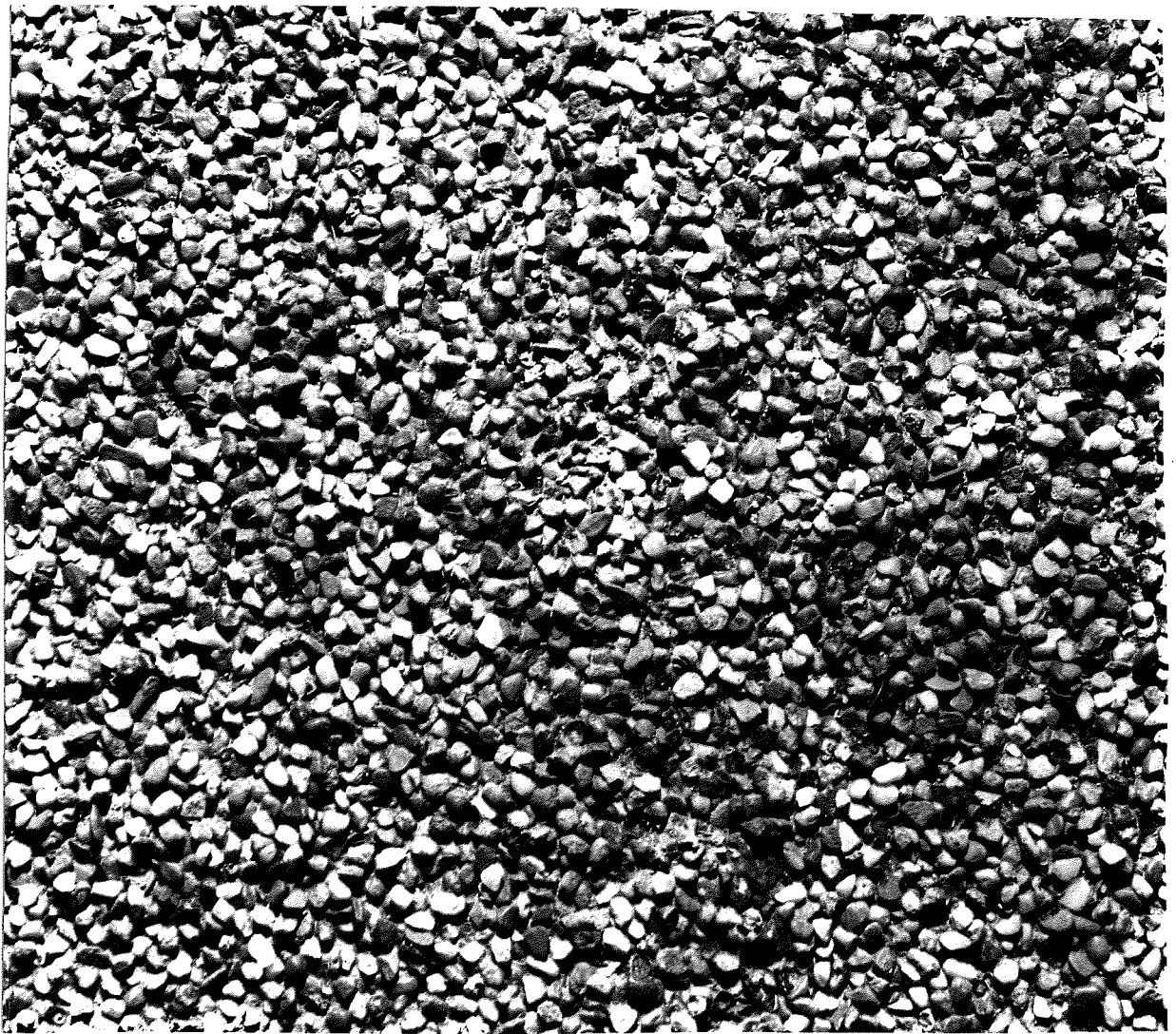
C4-22



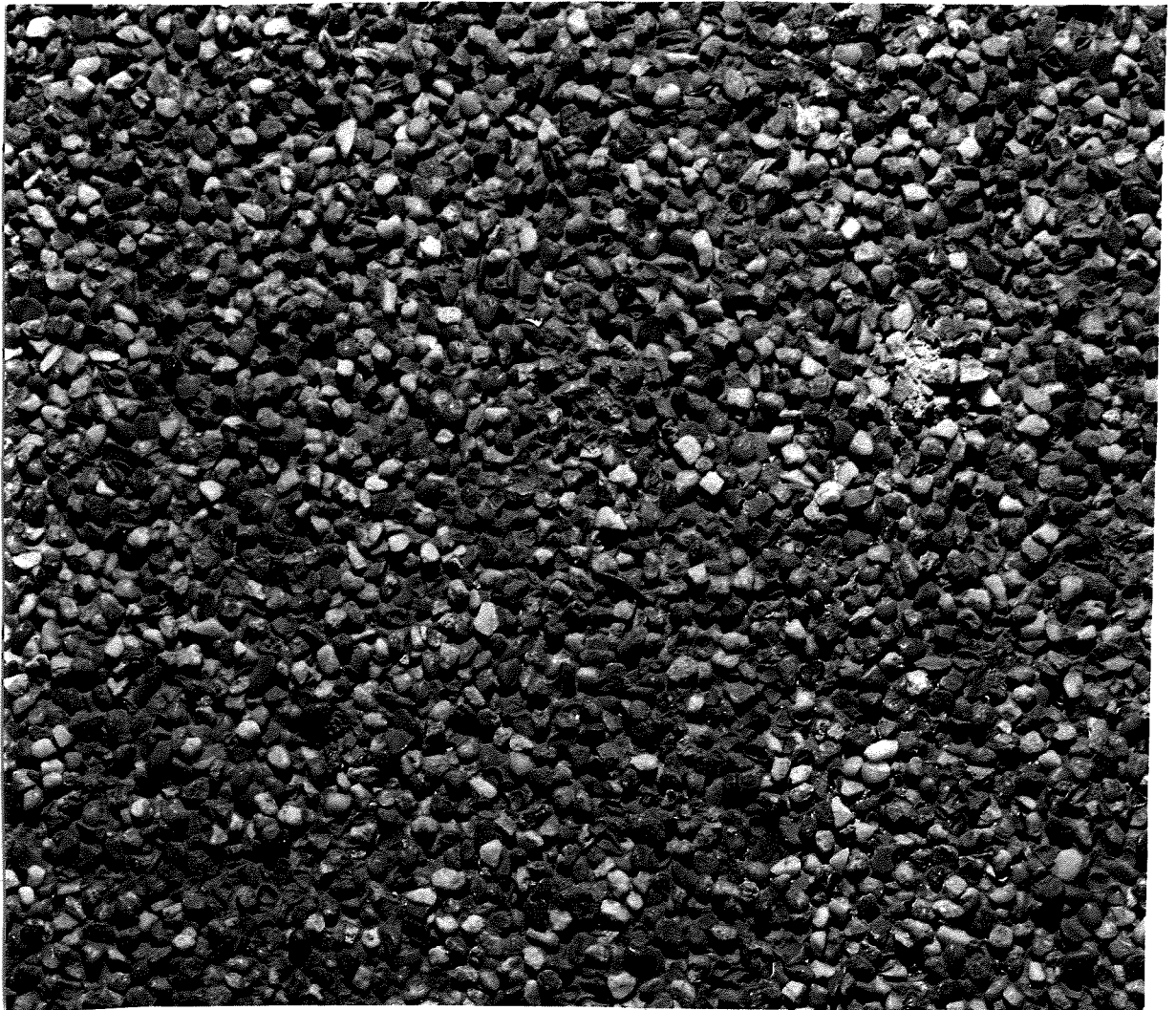
C4-9

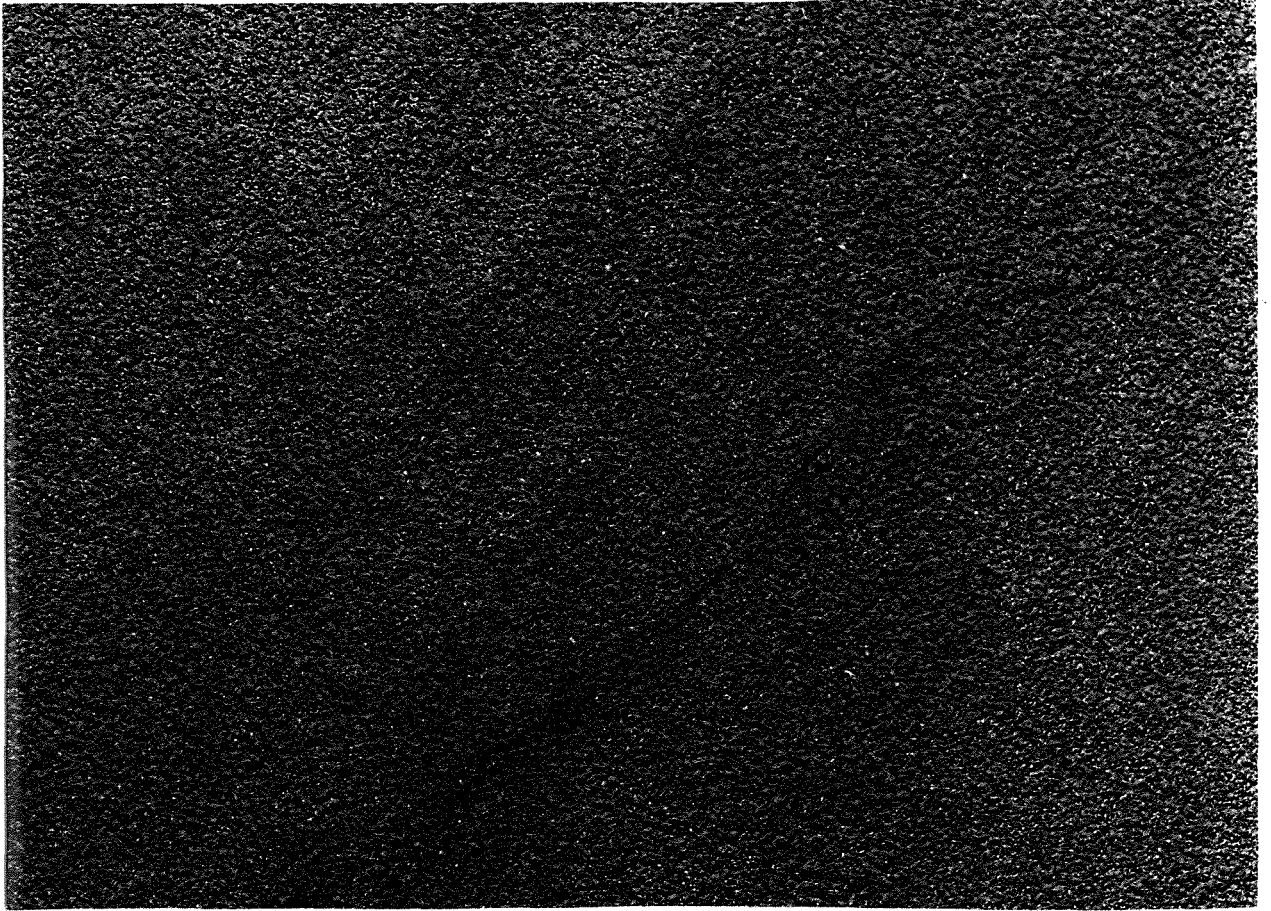


D4-22

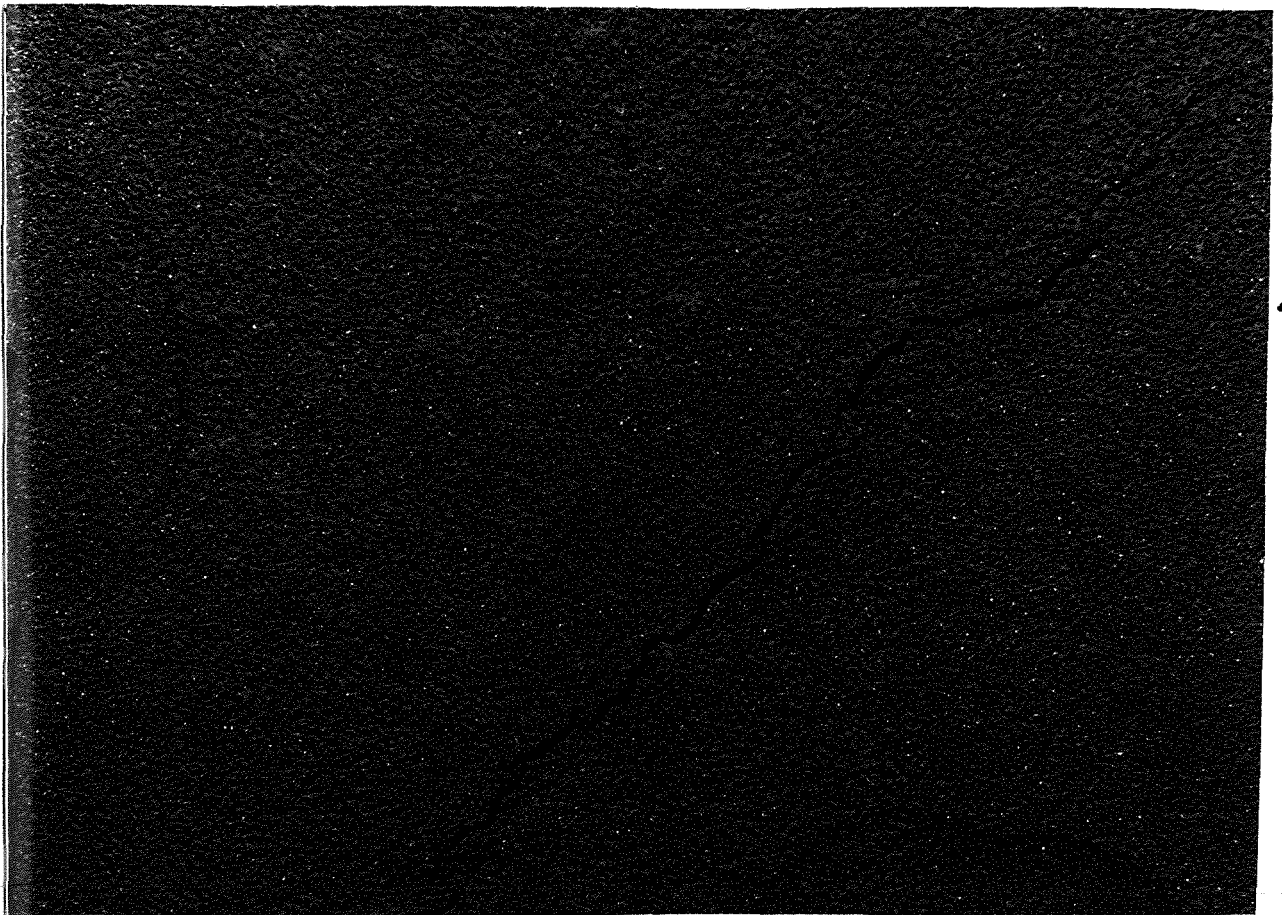


D4-9



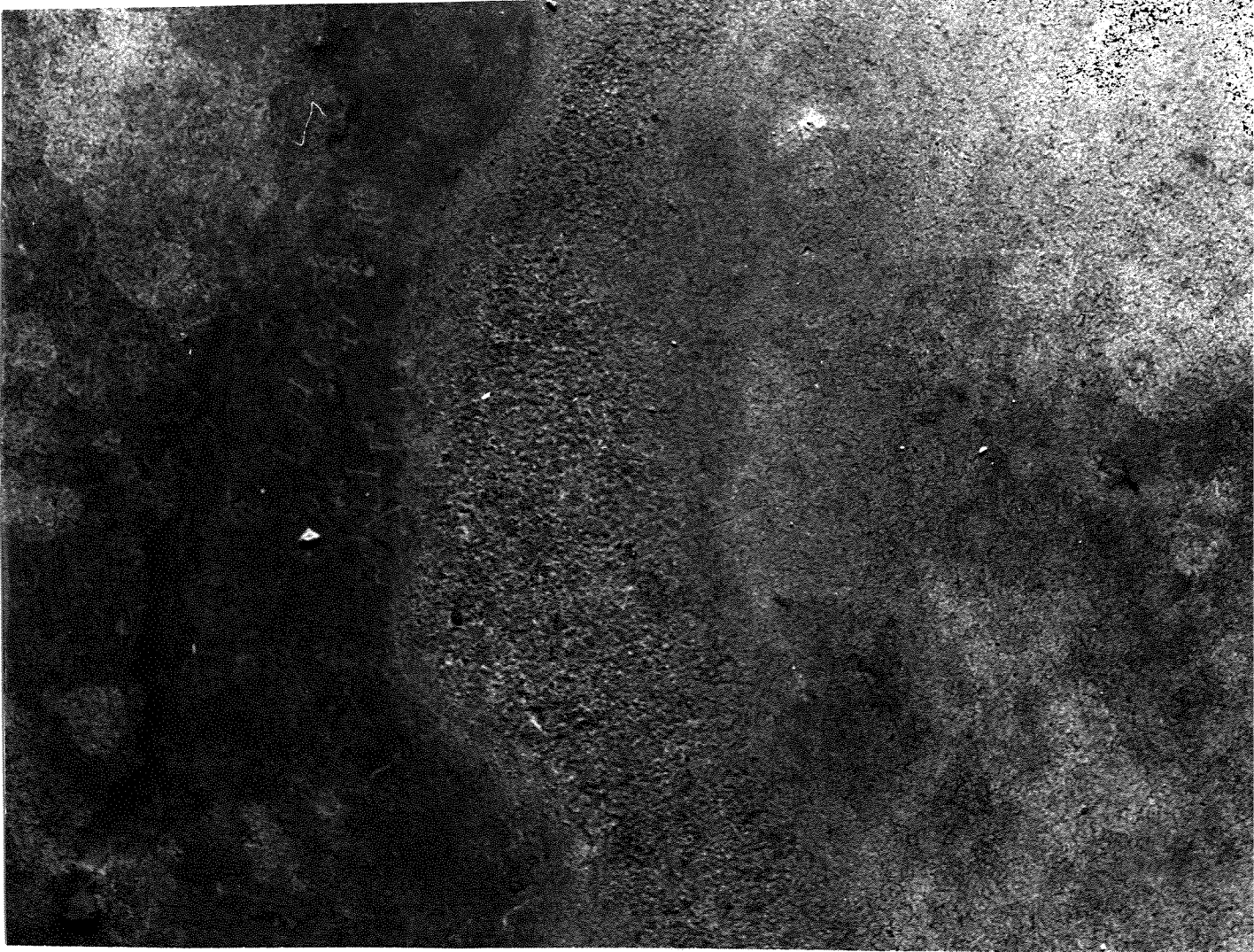


E2-22



E2-9

F5-
22

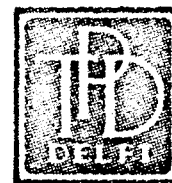


F5-
9



Bijlage 3 Aanhangsel 2

Rapport Ruweidsmeting 4e kwartaal 1969
TPD-TNO-TH Delft.



TECHNISCH PHYSISCHE DIENST TNO - TH

STIELTJESWEG 1 DELFT TEL. 31900

AAN: Stichting Wetenschappelijk
Onderzoek Verkeersveiligheid
Postbus 3071
Voorburg

rapport

Ruwheidsmeting

4e kwartaal 1969

No.: 909.218
Afd.: Instrumentatie
Behandeld: Ir. J.D. v. Zijverden
.....
.....
Datum: 5 februari 1970

A. Verslag van de werkzaamheden in het 4e kwartaal 1969

1. Verwerking

De 33 wegmonsters, afkomstig van 11 wegen zijn verwerkt.

In tabel 1, pag 19 is vermeld :

- wegnummer
- materiaal
- ouderdom de tijd dat de weg door verkeer bereiden is.
- stroefheid SRT waarden volgens Leroux en RRL gemeten door het Rijkswegenbouw laboratorium.
- top top waarde afstand tussen hoogste en laagste waarneming.
- σ standaardafwijking van de waarnemingen.
- PR profile-ratio, lengte van het profiel gedeeld door de lengte langs de as. Zie voorgaande kwartaalverslagen.
- PR90 Zie voorgaande kwartaalverslagen.
- PR95 Idem.
- autocorrelatie de waarde van Δx waarvoor de autocorrelatie functie tot 0.7, 0.8 of 0.9 is gedaald.

De profielen zijn weergegeven in de figuren 12 en 13.

De autocorrelatie functies en de functies $N(y)$, het aantal doorsnijdingen met niveau y , in de figuren 1 t/m 11.

De autocorrelatie functies van alle monsters nr. 1 zijn bijeengezet in figuur 14.

2. Programma

Een programma voor de fourier transformatie van de autocorrelatie functie is in voorbereiding.

B. Voortzetting van het onderzoek

Nadat van het RWL nog de "sandpatchwaarden" van de monsters zijn verkregen, zal met behulp van ABW-TNO getracht worden een verband te leggen tussen de berekende "ruwheidsparameters" en de SRT en sandpatchwaarden. Verder zal het spectrum van de profielen worden bepaald.

De TPD zal prijsopgave doen van een professioneel uitleesapparaat.

C. Appendix over autocorrelatie en spectra

1. Belangrijke relaties en definities

Meestal wordt gewerkt met een tijdsafhankelijk signaal $y(t)$. Bij de wegruwheden gaat het om een plaatsafhankelijk signaal.

De vertaling luidt :

$$t = x$$

$$f = \text{aantal perioden per lengte eenheid}$$

Uitgangspunt is $\dot{y}(t)$ met fourier getransformeerde $Y(j\omega)$,

$$\omega = 2\pi f$$

De autocorrelatie functie van $y(t)$ wordt gedefinieerd als

$$c_{yy}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^{+T} y(t) y(t + \tau) dt$$

Voor de fourier getransformeerde $C_{yy}(j\omega)$ van $c_{yy}(\tau)$ geldt :

$$C_{yy}(j\omega) = |Y(j\omega)|^2$$

$C_{yy}(j\omega)$ heet wel de "spectrale dichtheidsfunctie" (PSD : power spectral density, het woord power heeft hier weinig betekenis).

De limietovergang $T \rightarrow \infty$ kan men in de praktijk niet nemen. Dit heeft consequenties voor "oplossend vermogen" en statistische betrouwbaarheid.

Oplossend vermogen :

Aangezien we slechts signaal van 0 tot T hebben kunnen we $c(\tau)$ maximaal voor $\tau = T$ uitrekenen. We kiezen $\tau_{\max} = T_m < T$. Indien men hiermee een PSD wil berekenen moet men "vensters" gebruiken. Dit heeft tot gevolg dat een piek in het spectrum verbreed wordt tot een breedte $\frac{1}{T_m}$ (ongeveer). De gemeten frequenties zijn a.h.w. gemiddelden over een klein gebiedje (hun buurfrequenties) en pieken worden verbreed.

Betrouwbaarheid :

Er geldt bij benadering

$$\frac{\text{var} \{c_{yy}(j\omega)\}}{|c_{yy}(j\omega)|^2} = \frac{T_m}{T} = \text{"variabiliteit"}$$

Bij een gegeven T gaat een groot oplossend vermogen (weinig piekverbreding T_m groot) ten koste van de betrouwbaarheid. Verder is er een beperking op de laagste frequentie die waarneembaar is

$$f_{\min} = \frac{1}{2T_m}$$

Indien men uitgaat van een signaal dat men intervallen van Δt bemonsterd is geldt nog een beperking voor de maximaal te berekenen frequentie :

$$f_{\max} = \frac{1}{2\Delta t}$$

2. Voorbeelden (zie figuur 15)

Uit de voorbeelden kan men zien dat de fase informatie van $y(t)$ in $C_{yy}(j\omega)$ niet terug te vinden is, $\cos\omega t$ en $\sin\omega t$ geven dezelfde $C_{yy}(j\omega)$. Verder ziet men dat een periodiek ingangssignaal een periodieke autocorrelatie functie geeft. Bij combinatie van ingangssignalen volgens

$$y(t) = y_1(t) + y_2(t)$$

geldt dat

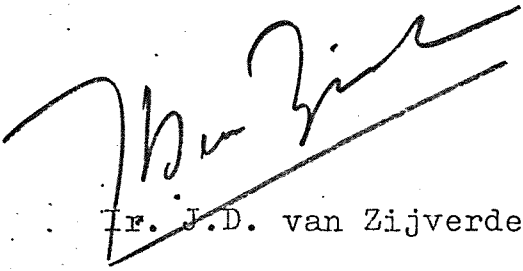
$$c_{yy}(\tau) = c_{y_1y_1}(\tau) + c_{y_2y_2}(\tau)$$

mits

$y_1(t)$ en $y_2(t)$ onafhankelijk zijn.

Delft, 5 februari 1970

vZ/J


Ir. J.D. van Zijverden

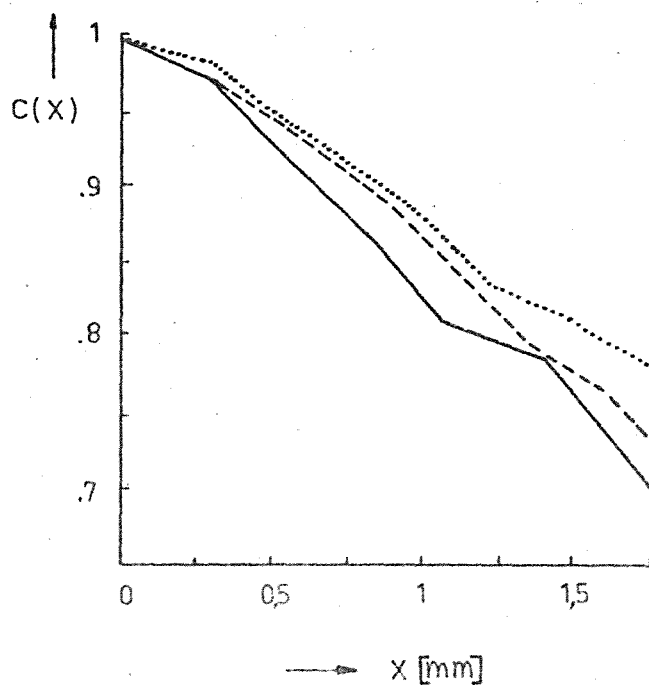
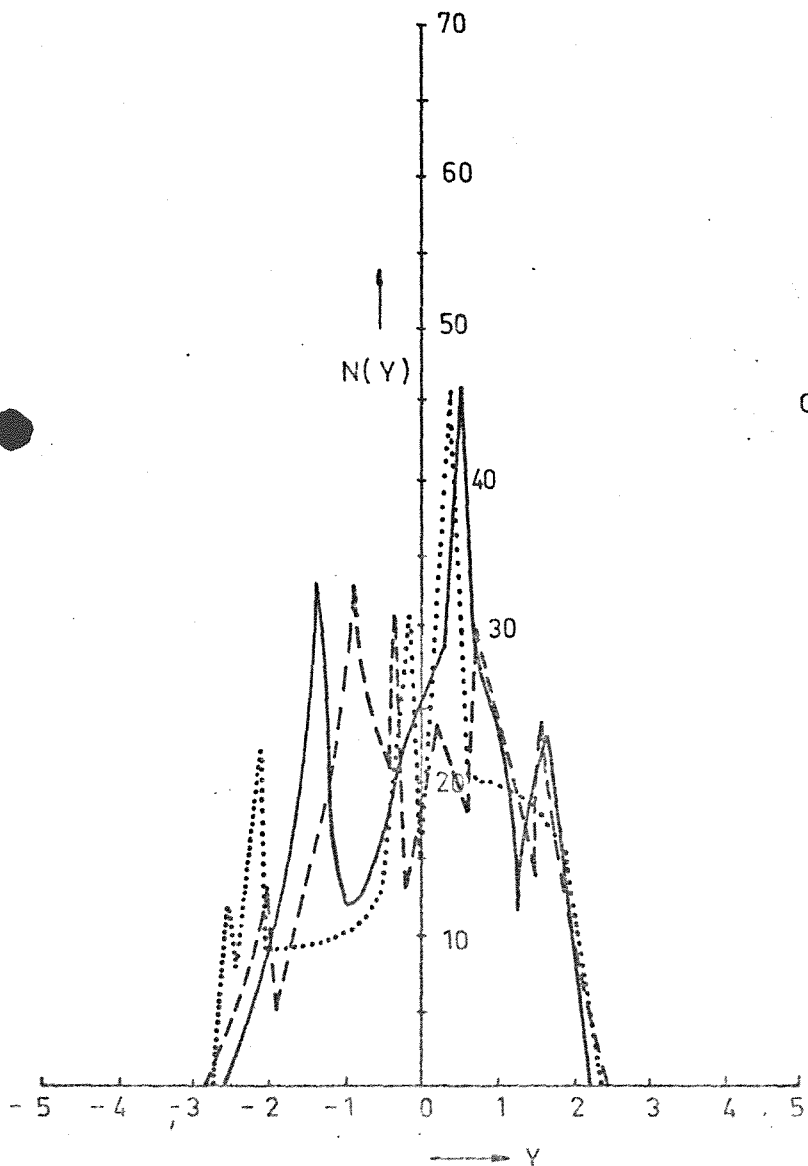
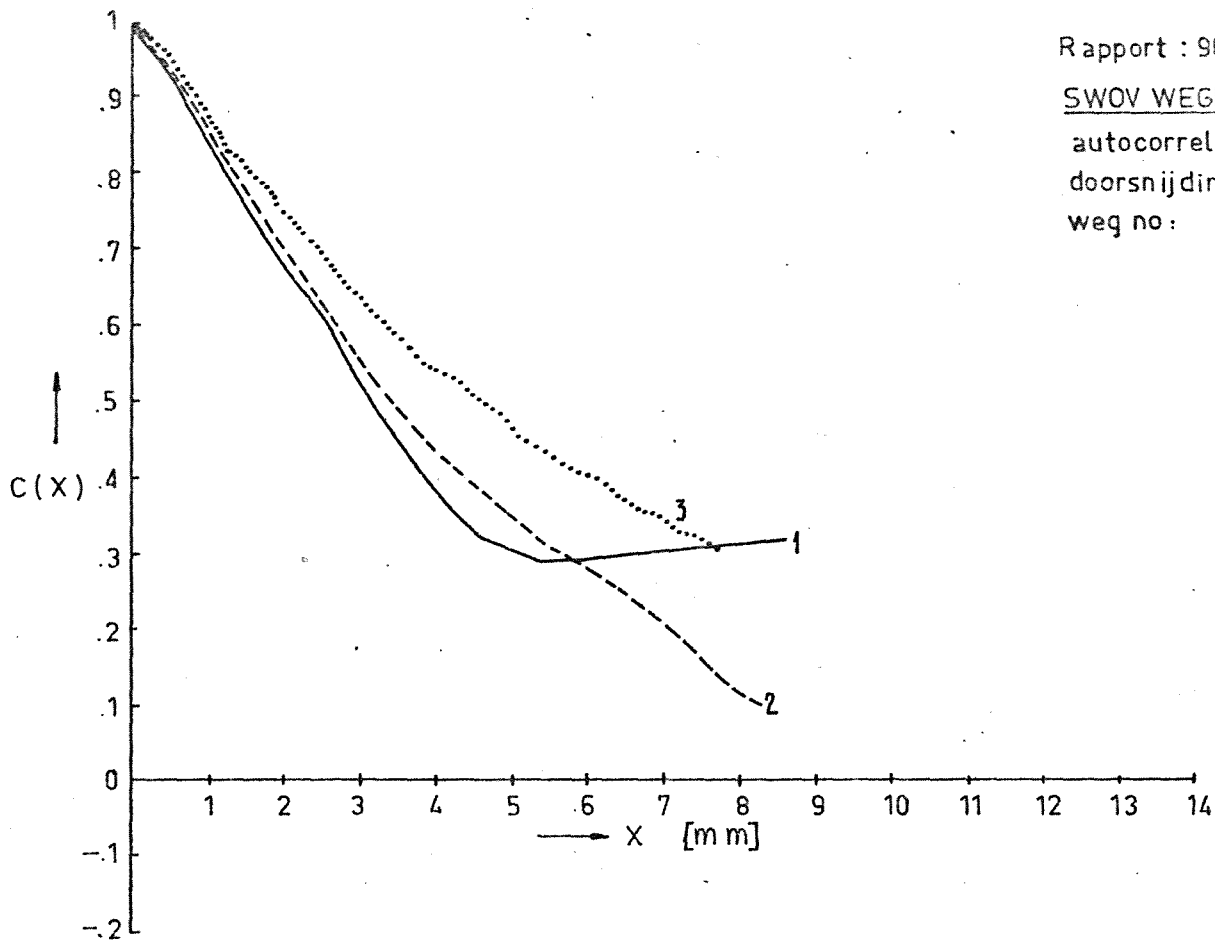


FIG. 1

SWOV WEGRUWHEDEN

autocorrelatiefunctie $C(X)$

doorsnijdingen $N(Y)$

weg no : 2A

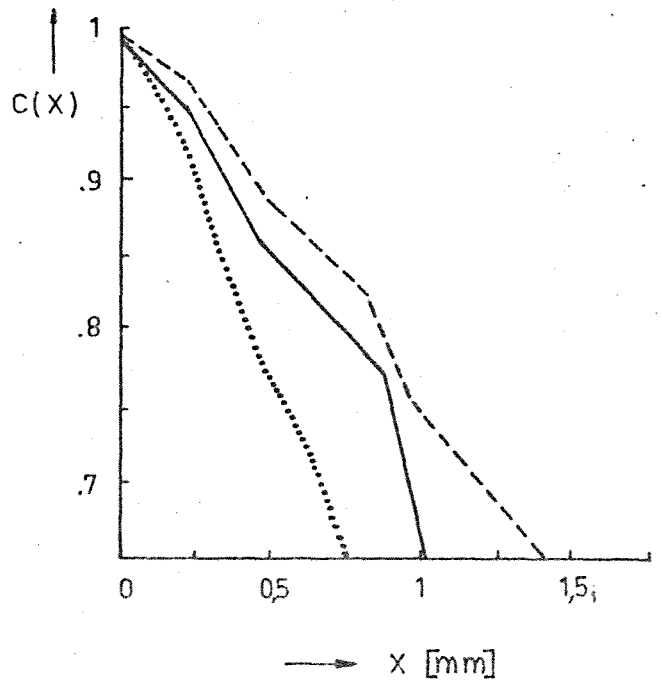
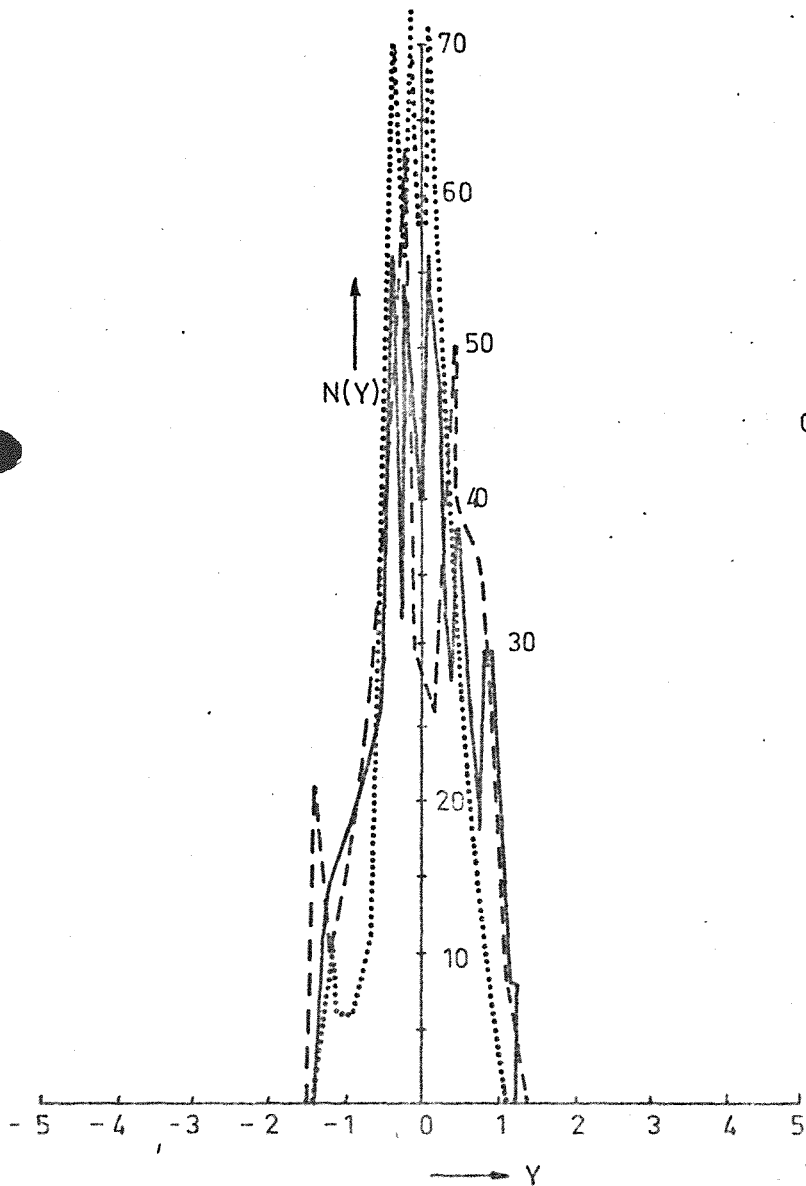
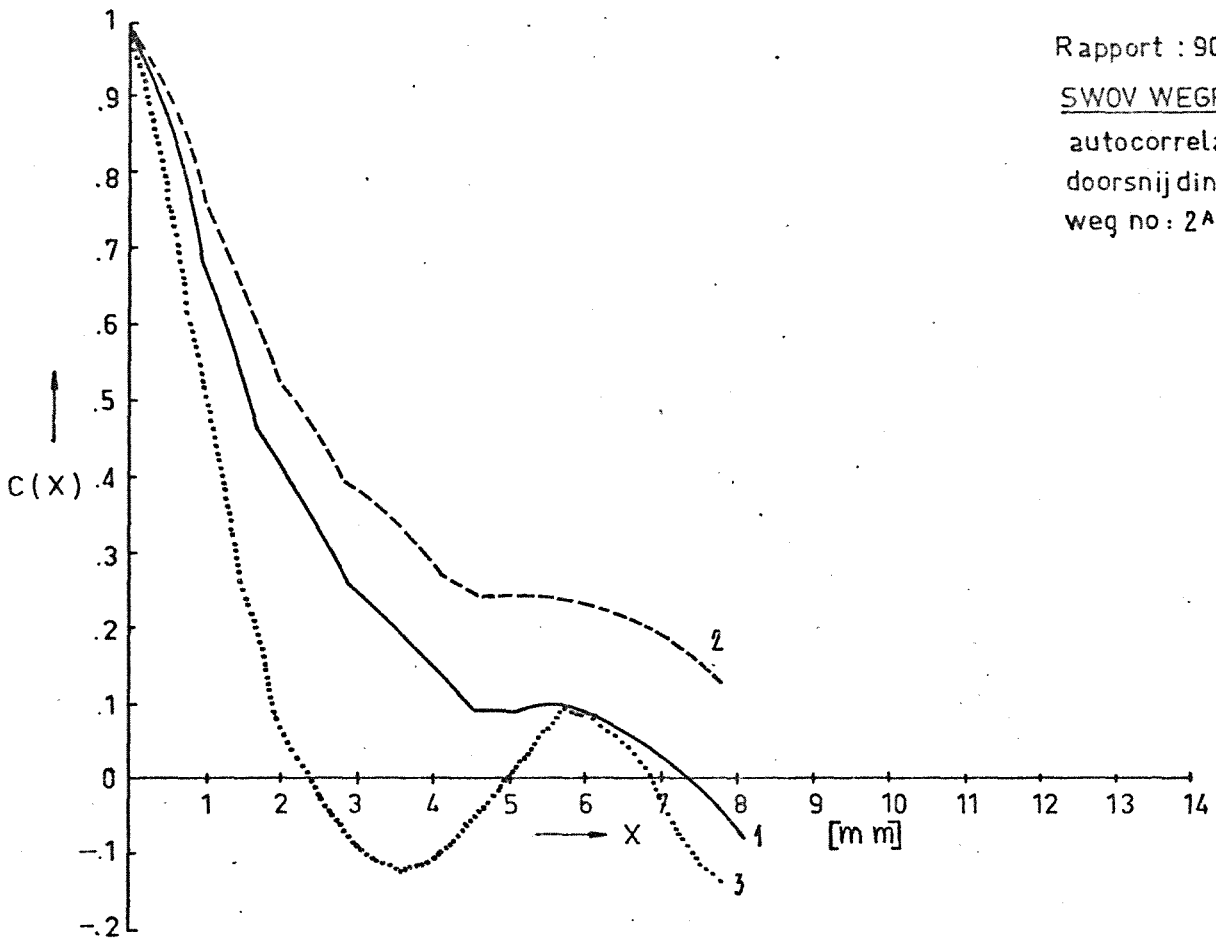


FIG. 2

SWOV WEGRUWHEDEN

autocorrelatiefunctie $C(X)$

doorsnijdingen $N(Y)$

weg no: 5

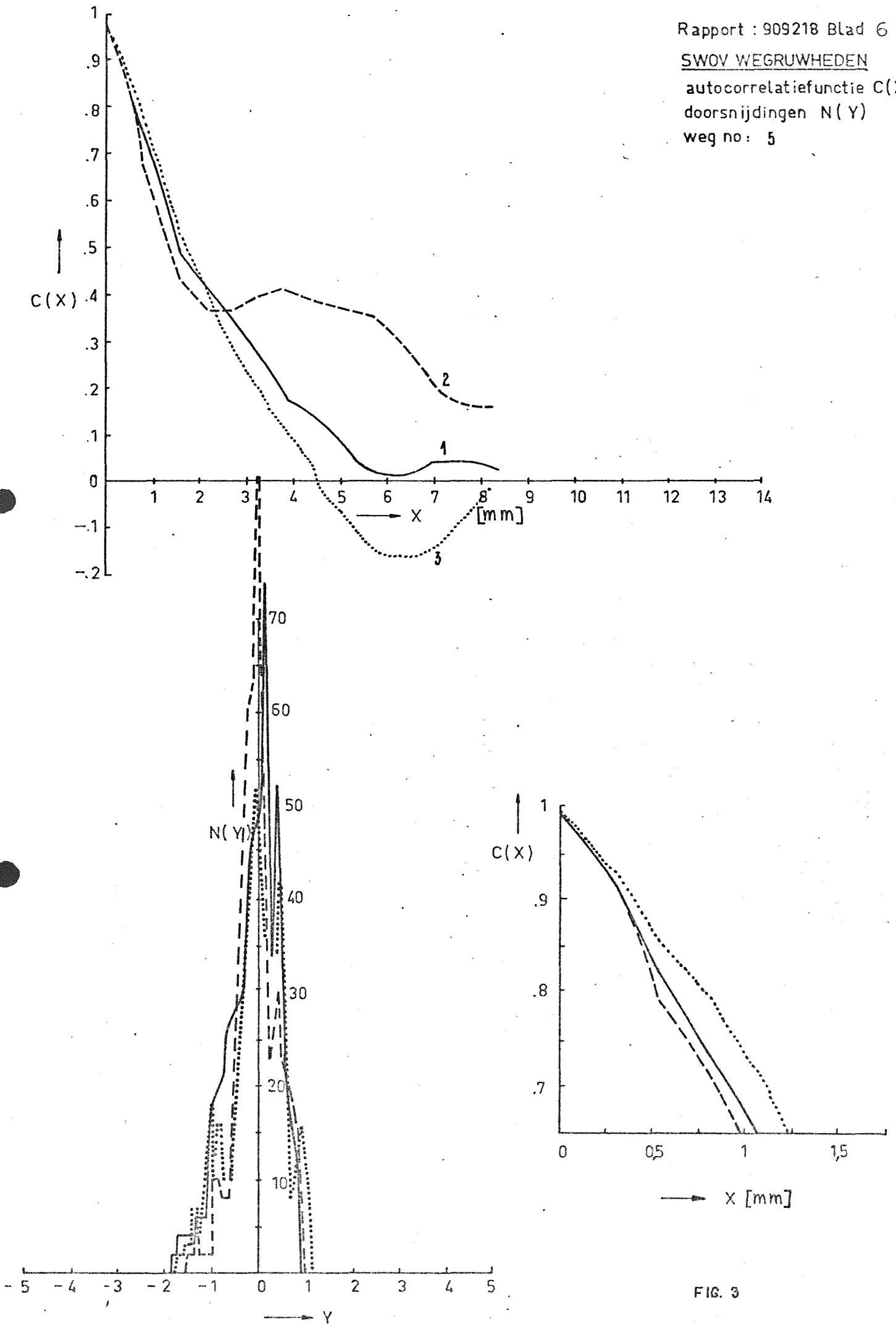


FIG. 3

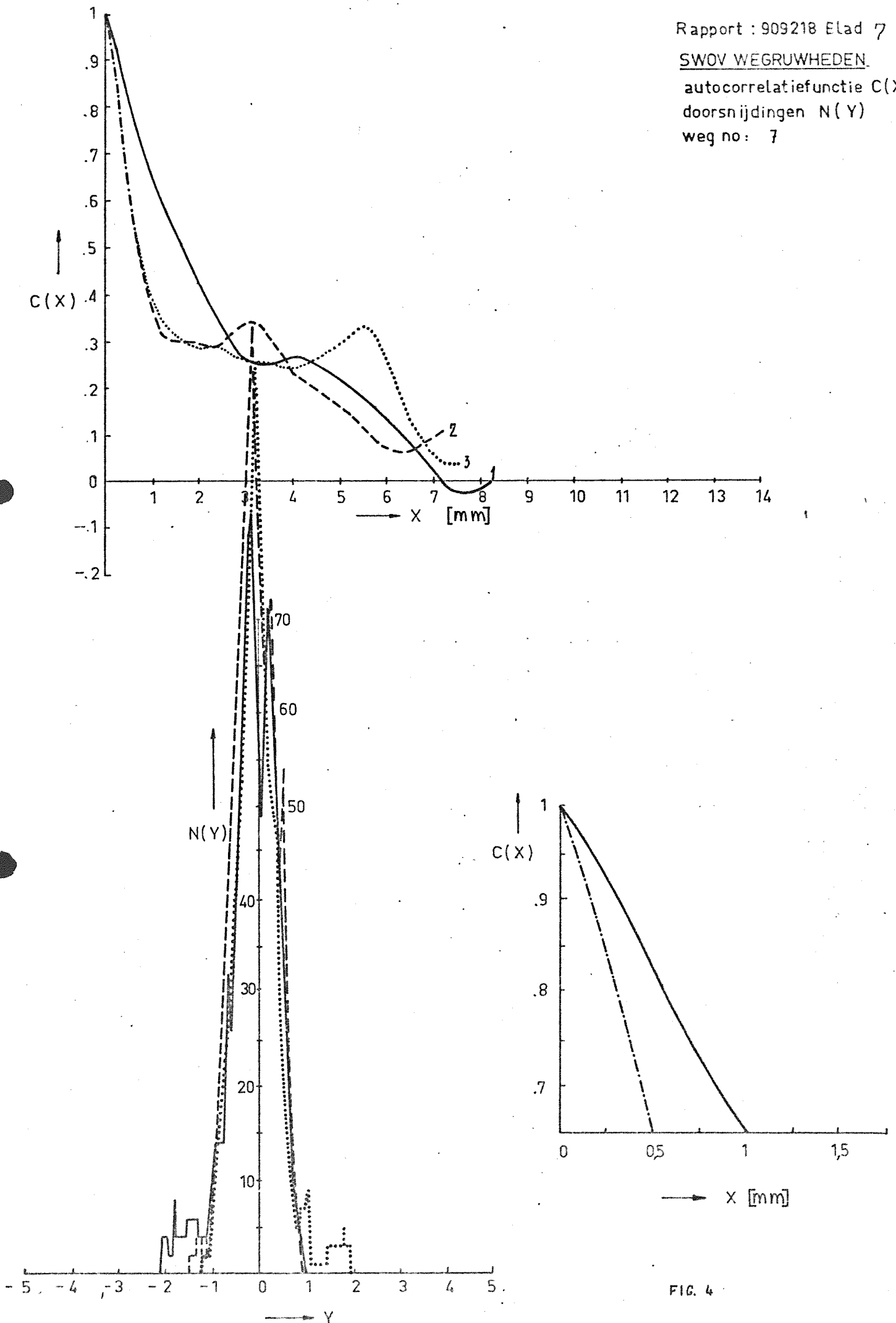


FIG. 4

SWOV WEGRUWHEDEN

autocorrelatiefunctie $C(X)$

doorsnijdingen $N(Y)$

weg no : 8

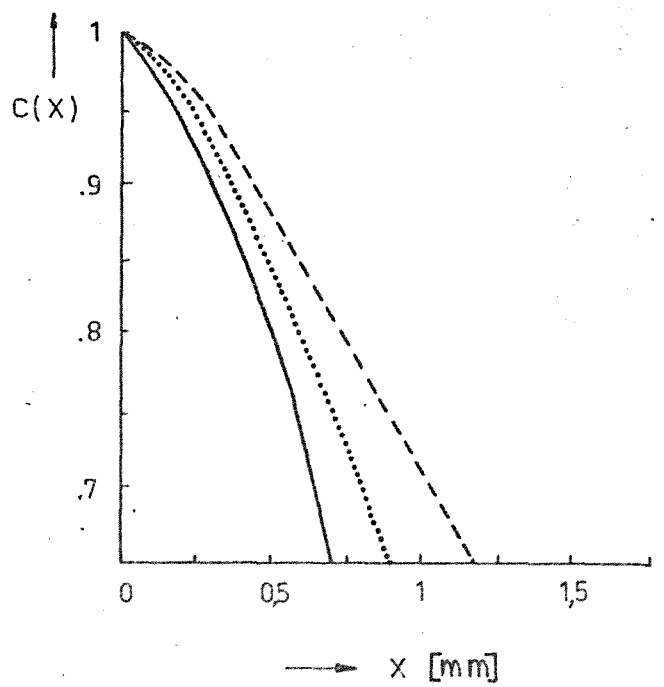
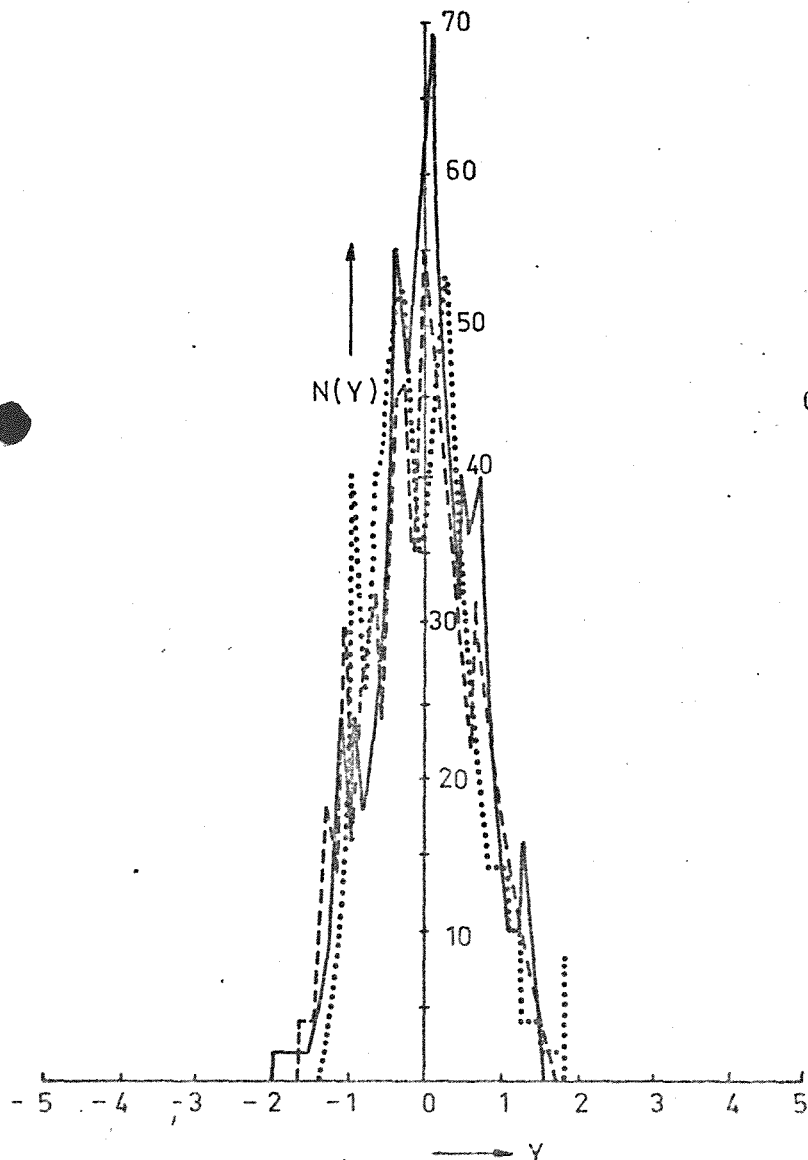
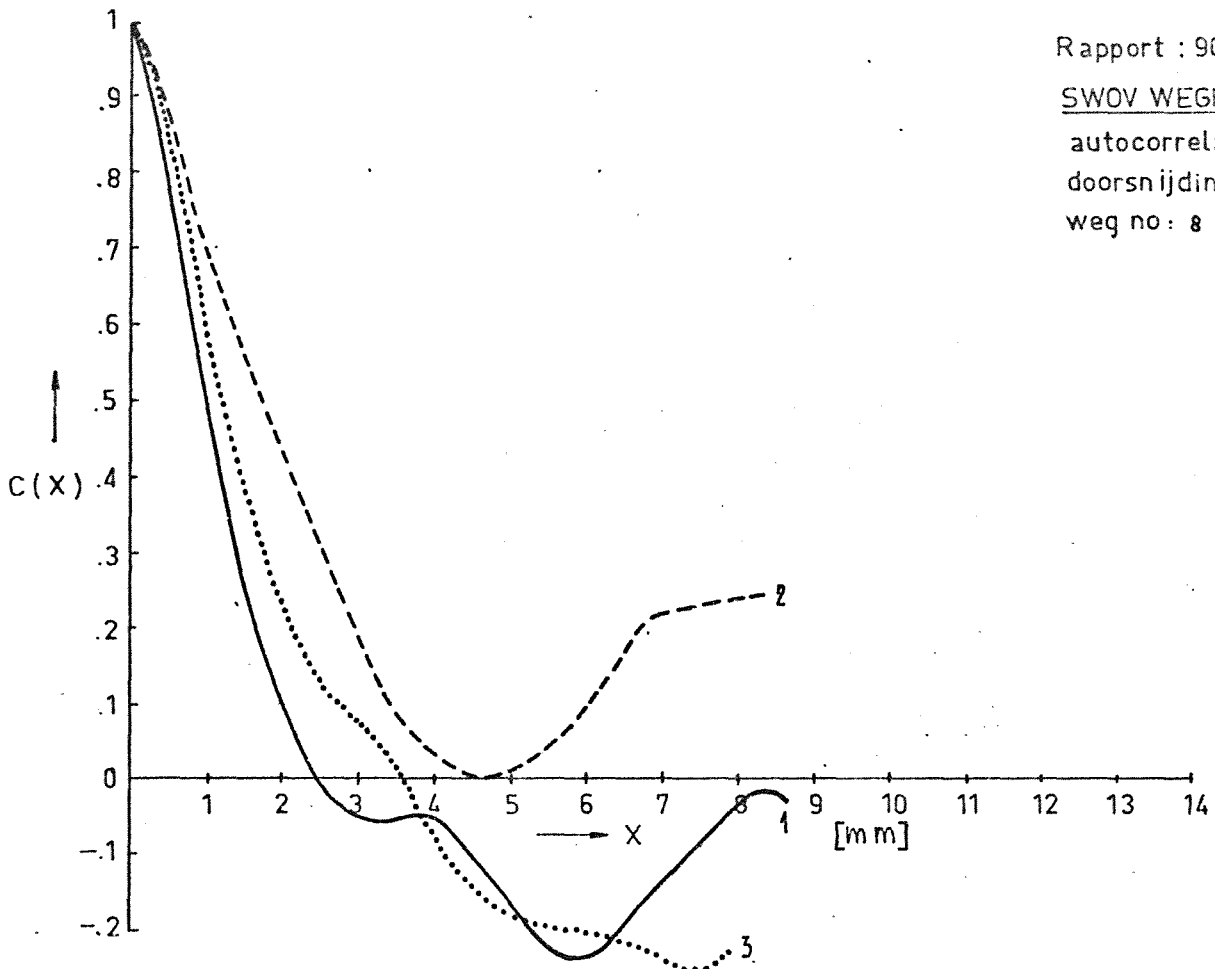


FIG. 5

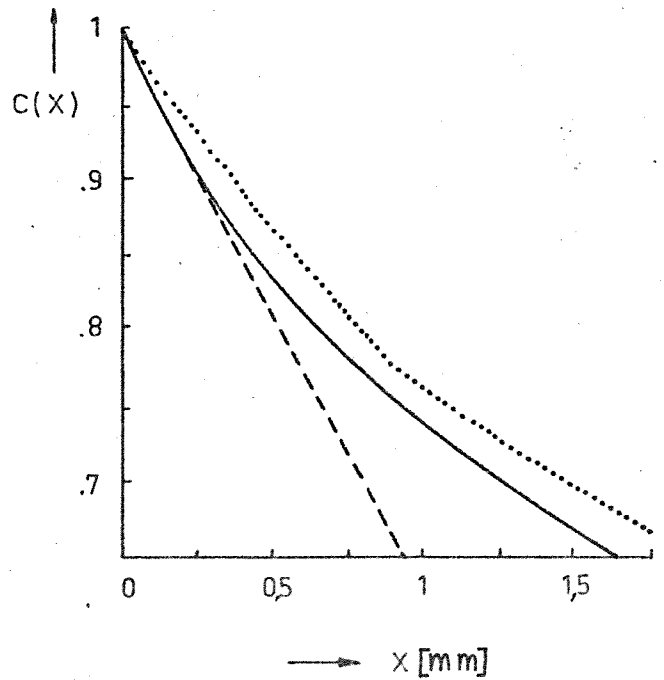
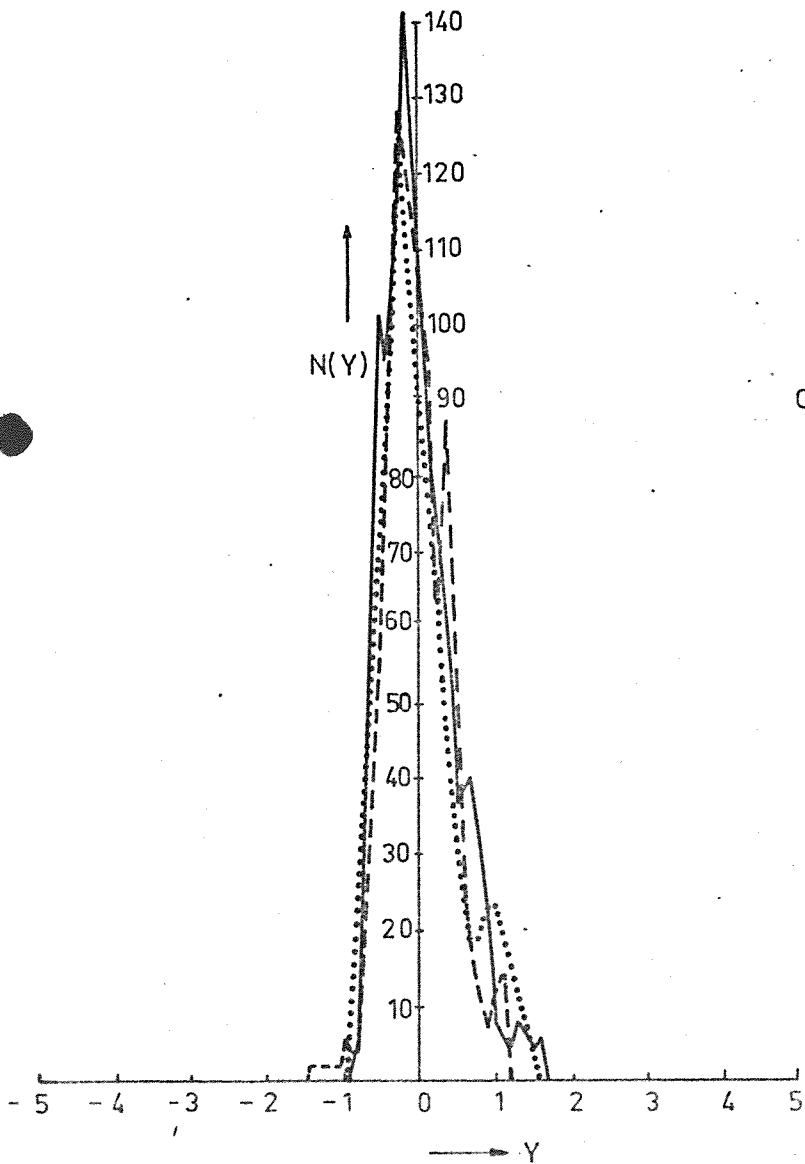
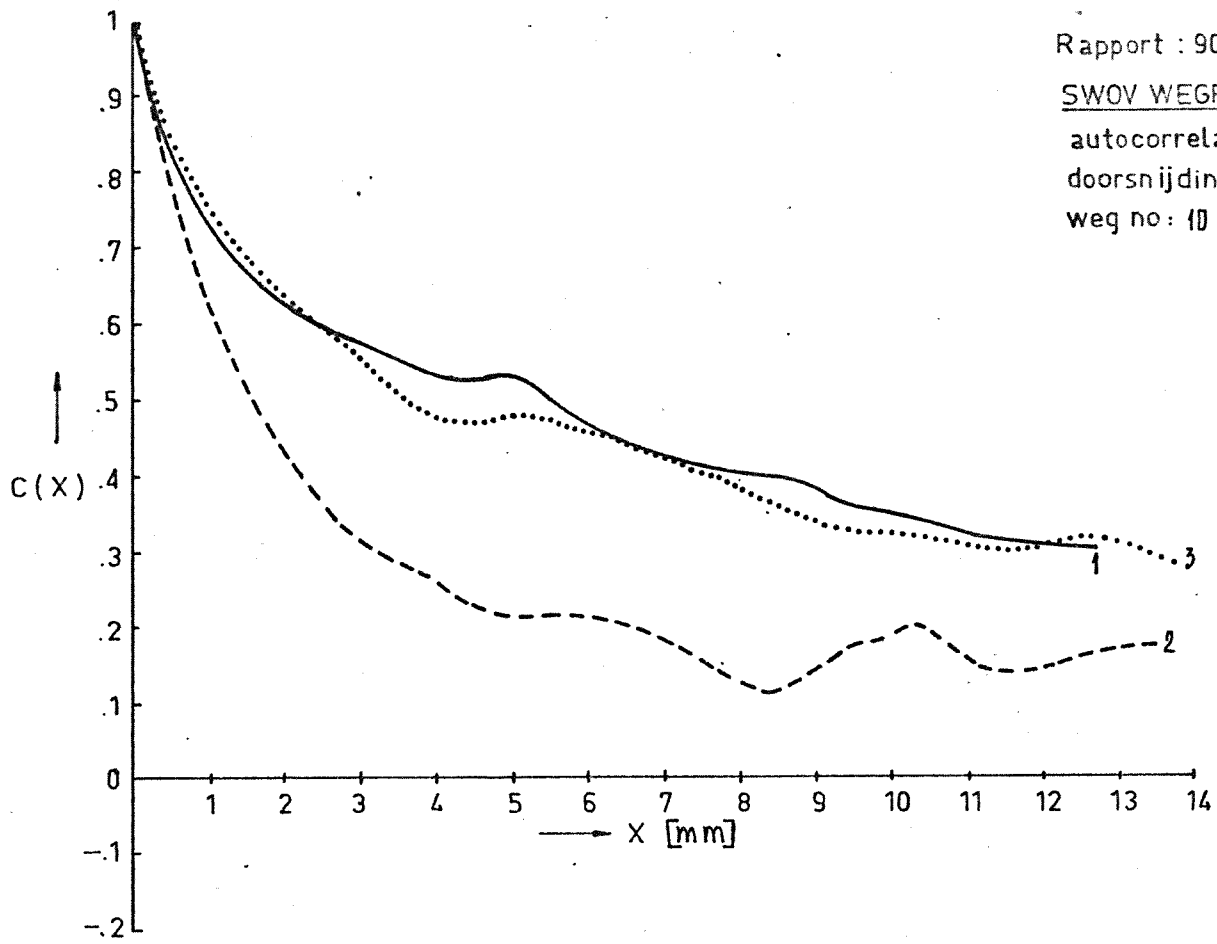


FIG. 6

SWOV WEGRUWHEDEN

autocorrelatiefunctie $C(X)$

doorsnijdingen $N(Y)$

weg no: 11

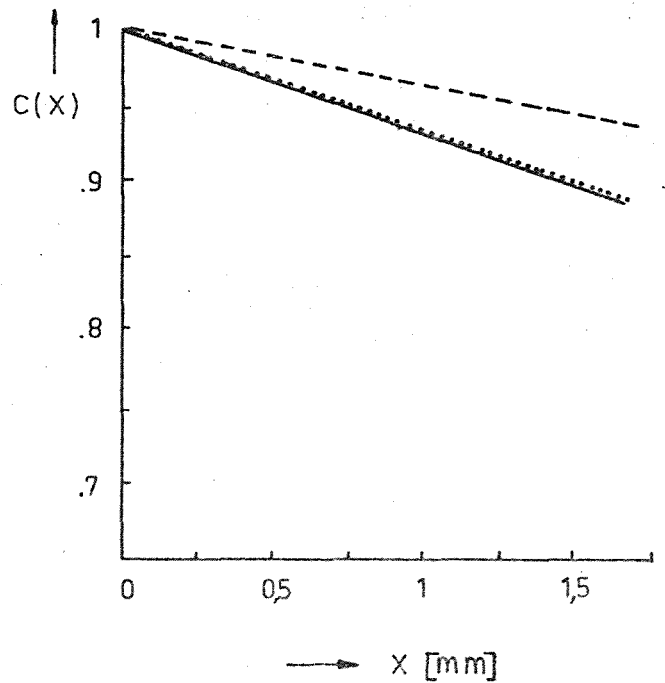
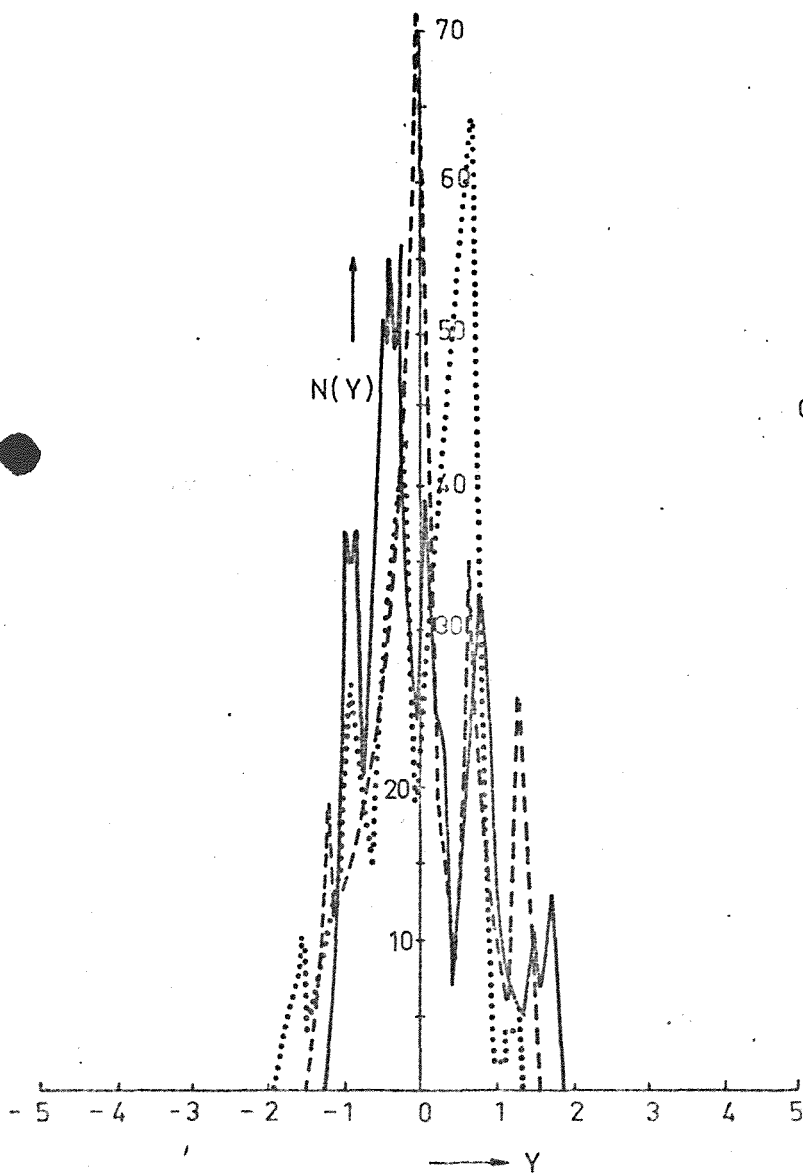
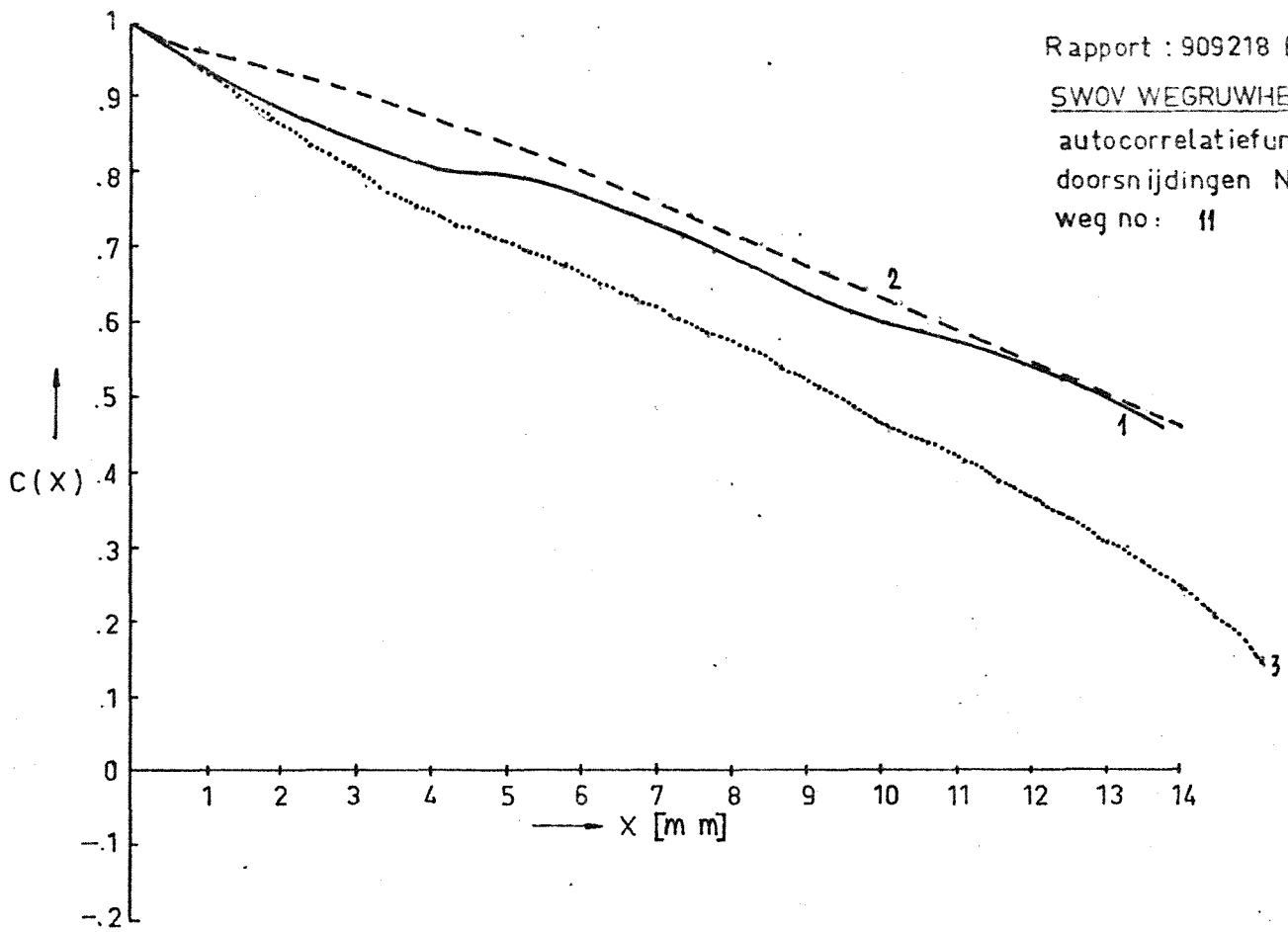


FIG. 7

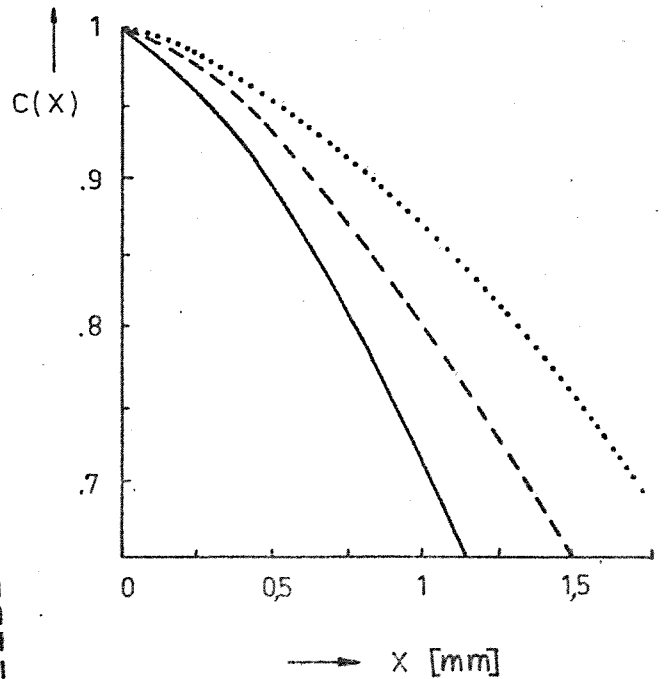
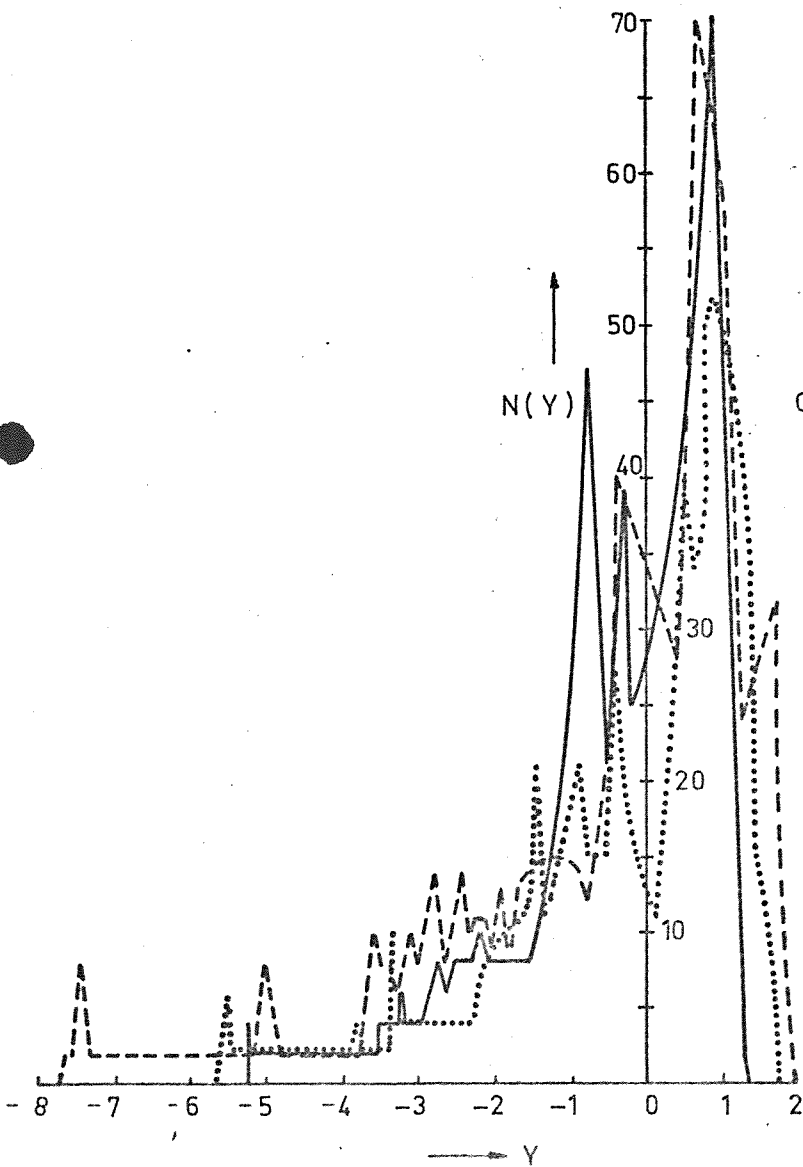
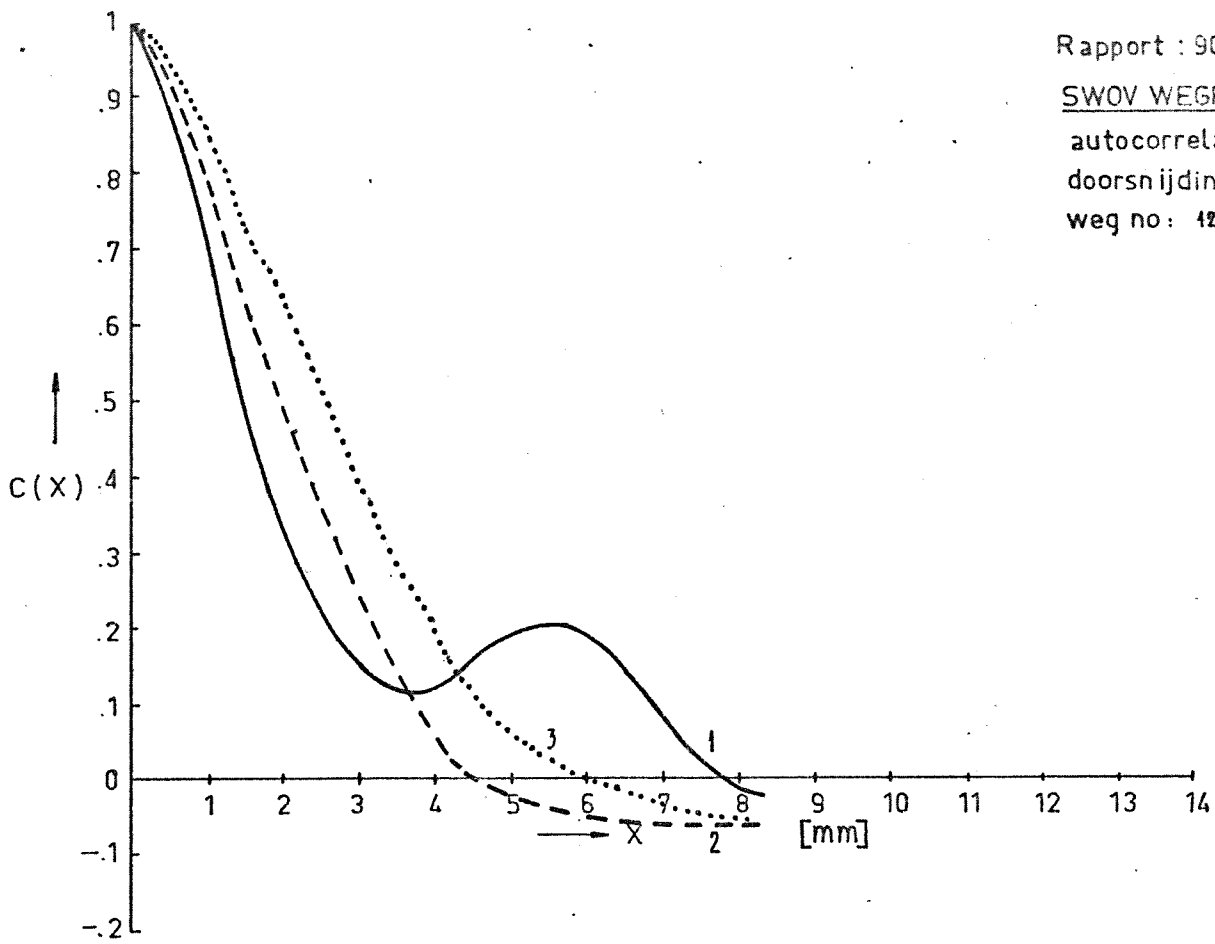


FIG. 8

SWOV WEGRUWHEDEN

autocorrelatiefunctie $C(X)$

doorsnijdingen $N(Y)$

weg no : 14

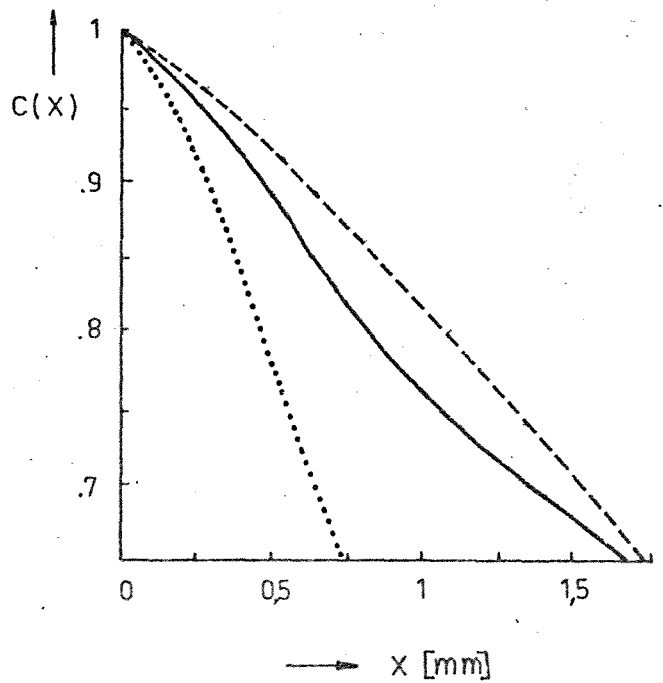
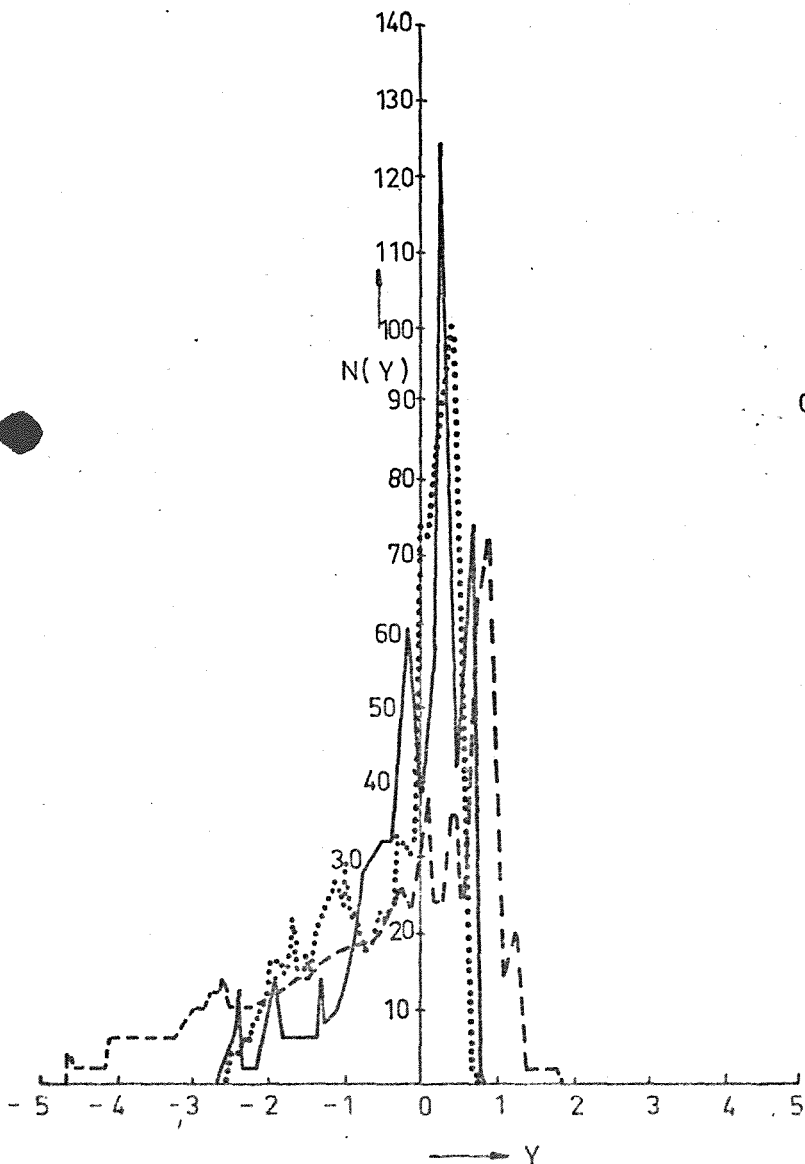
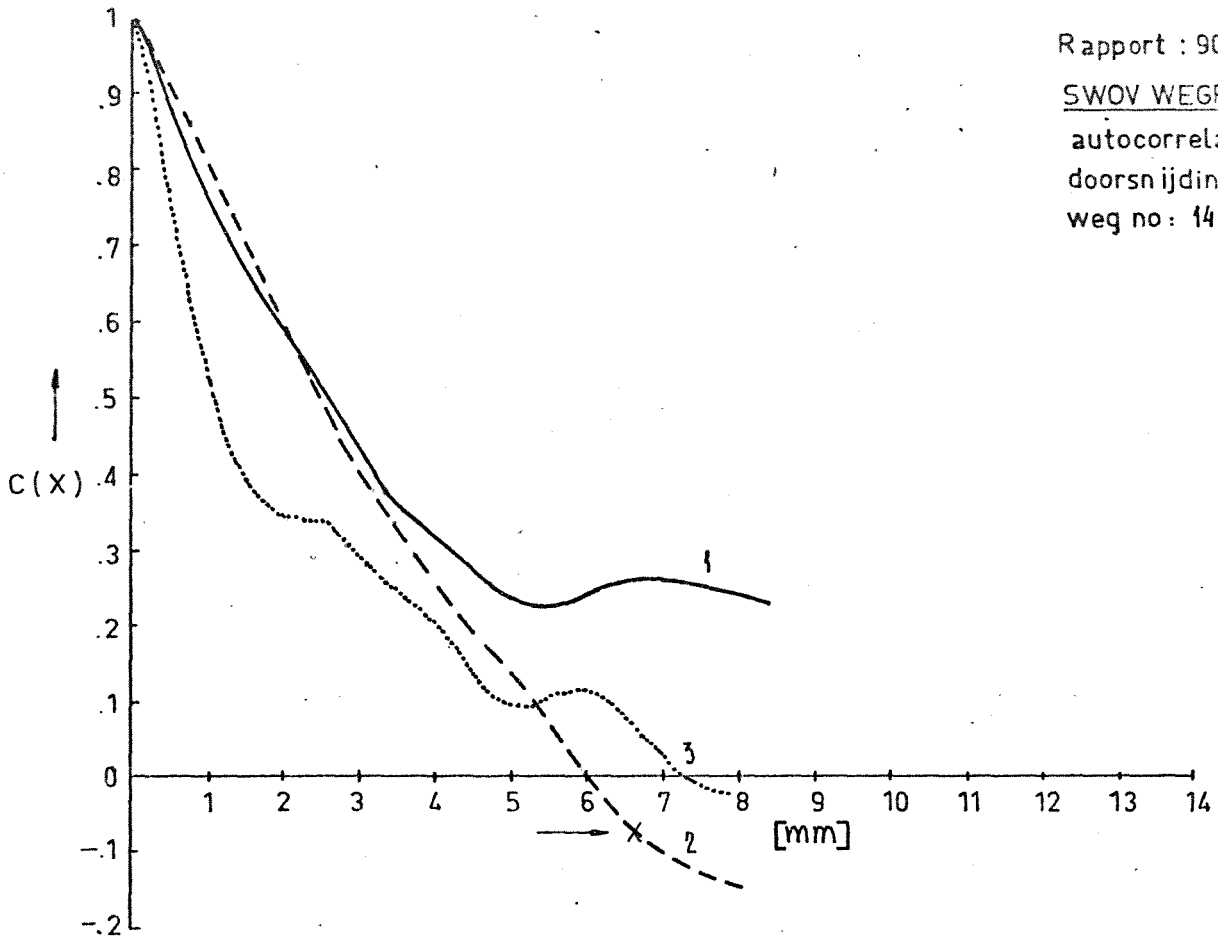


FIG. 9

SVOV WEGRUWHEDEN

autocorrelatiefunctie $C(X)$
doorsnijdingen $N(Y)$

weg no: 16

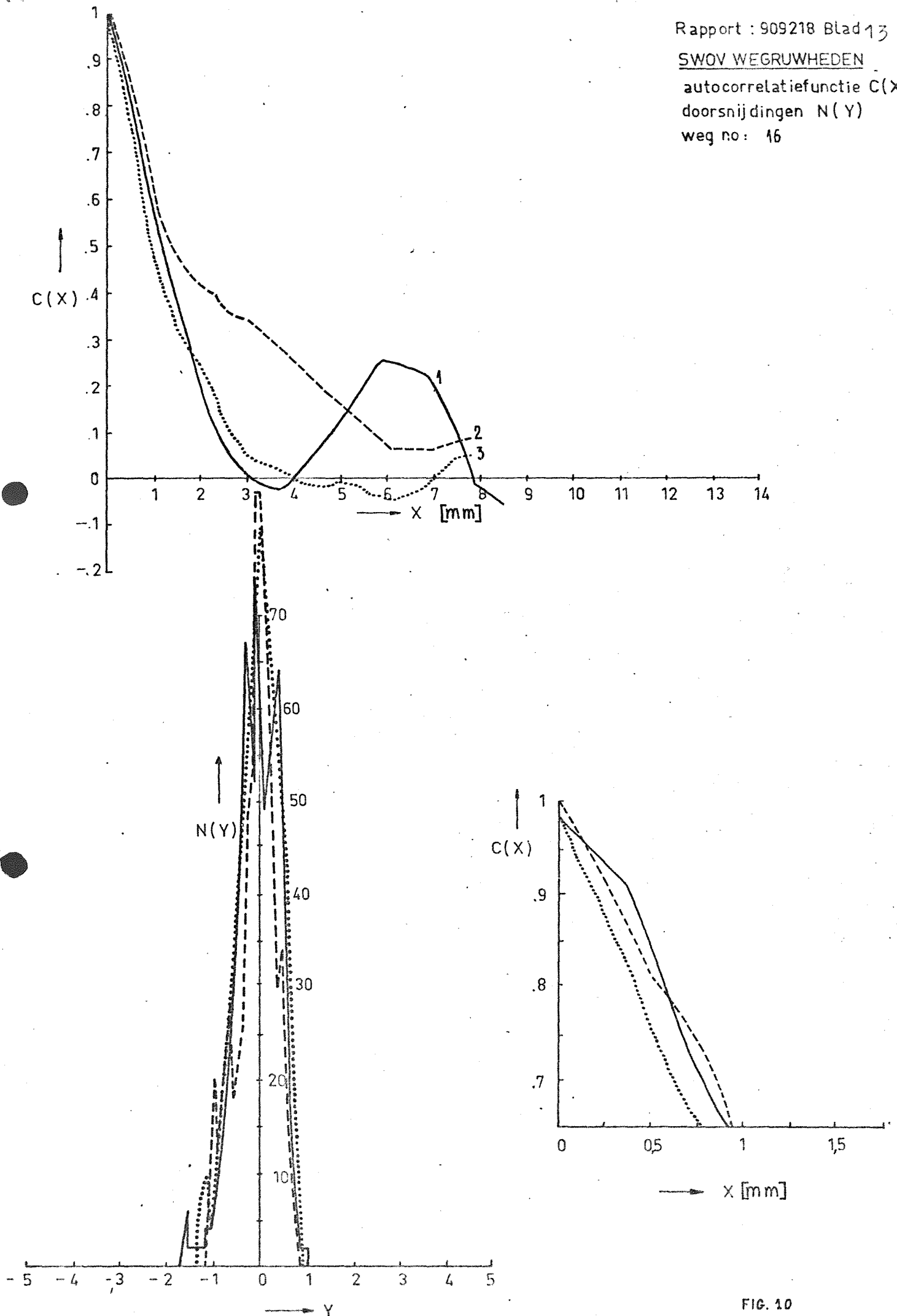


FIG. 10

SWOV WEGRUWHEDEN

autocorrelatiefunctie $C(X)$

doorsnijdingen $N(Y)$

weg no: 34

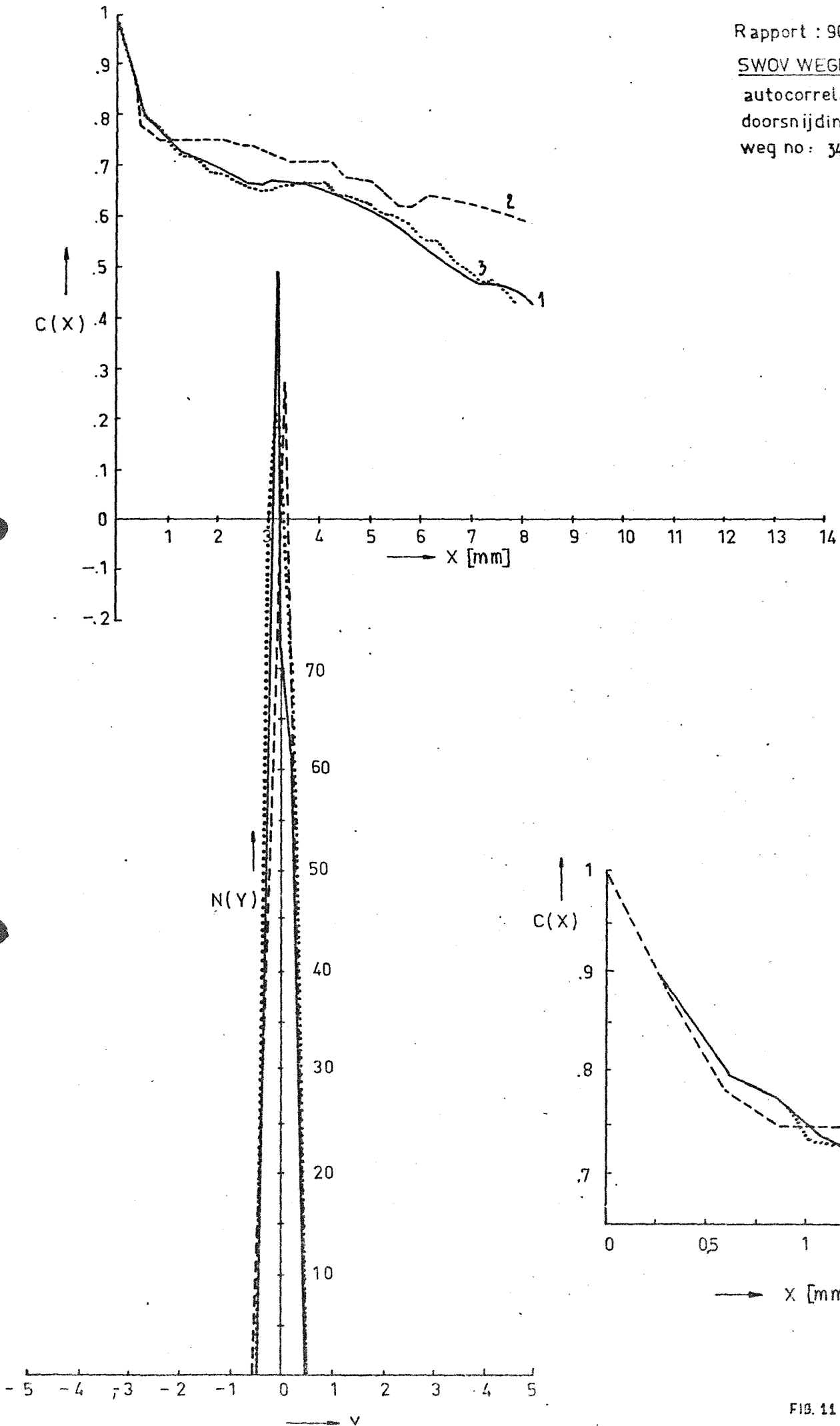


FIG. 11

[REDACTED]

1a-1

[REDACTED]

1a-2

[REDACTED]

1a-3

[REDACTED]

1-1

[REDACTED]

1-2

[REDACTED]

1-3

[REDACTED]

5-1

[REDACTED]

5-2

[REDACTED]

5-3

[REDACTED]

7-1

[REDACTED]

7-2

[REDACTED]

7-3

[REDACTED]

8-1

[REDACTED]

8-2

[REDACTED]

8-3

Fig. 13

[Redacted]

11-1

[Redacted]

11-2

[Redacted]

11-3

[Redacted]

10-1

[Redacted]

10-2

[Redacted]

10-3

E.01

[Redacted]

14-1

[Redacted]

14-2

[Redacted]

14-3

[Redacted]

12-1

[Redacted]

12-2

[Redacted]

12-3

[Redacted]

16-1

[Redacted]

16-2

[Redacted]

16-3

[Redacted]

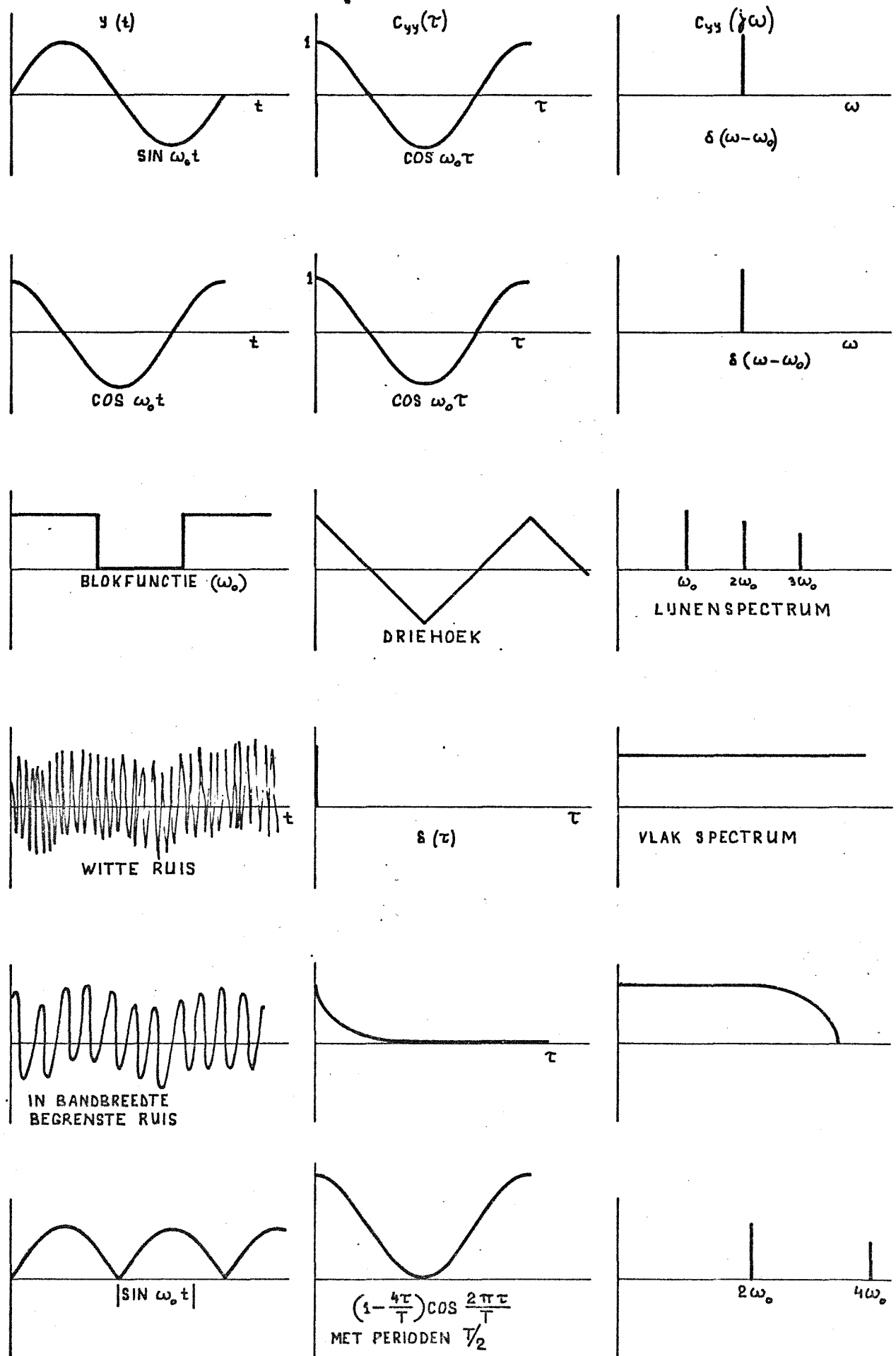
34-1

[Redacted]

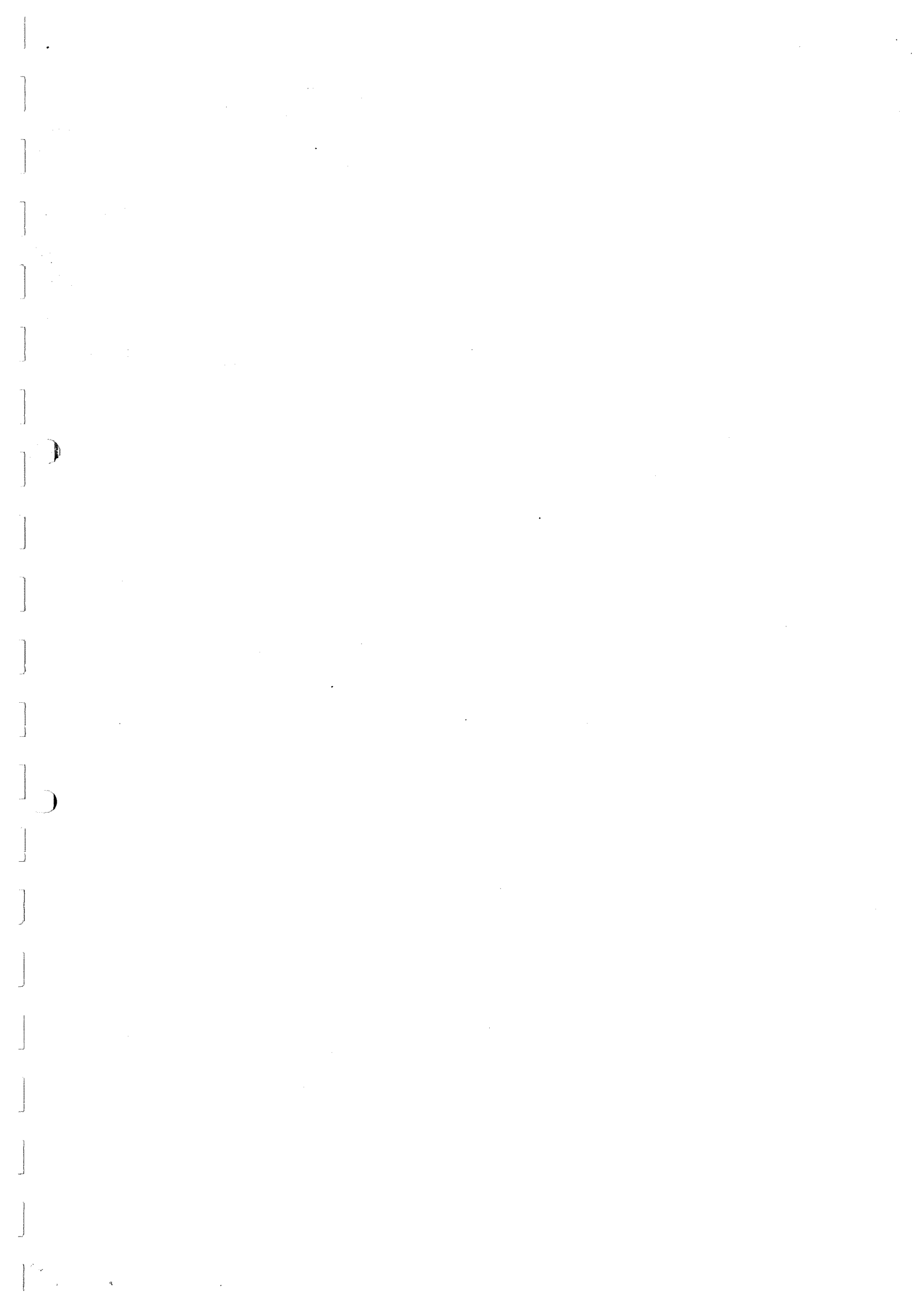
34-2

[Redacted]

34-3



Figuur 15. Voorbeelden van autocorrelatiefuncties.



Bijlage 3 Aanghangsel 3

Memoranda van het Rijkswegenbouwlaboratorium over verwerking
van replika's.

RIJKSWEGENBOUWLABORATORIUM
DELFT

Memorandum : A.J.J. Hendriks
Datum : 1974 06 10
Onderwerp : verwerking replika's

Na de proeven verricht door TPD-TNO en het rapport hierover nr. 909.218, is besloten door TPD een nieuwe fotolezer ten behoeve van SWOV en RWL te laten bouwen.

Dit apparaat is afgeleverd augustus 1972.

Met dit apparaat zijn negatieven, gemaakt van de bestaande replika's, uitgelezen en de waarnemingen op ponsband gezet.

Bij de eerste verwerkingen van deze ponsbanden door IWIS-TNO bleek dat er onduidelijkheden waren over de presentatie van de dichtheidsspectra.

- De eenheden langs de assen waren niet bekend;
- De informatie zat erg in één hoek van de grafiek samengedrukt (lineaire schaal);
- Verder was bij het rekenproces voor de fouriertransformatie een gedeelte van de informatie niet gebruikt, hierdoor ontstond een filtereffect, zodat het oplossend vermogen voor de kleine golflengten met een factor 4 werd beperkt.

Een en ander was moeilijk door IWIS-TNO te veranderen.

Inmiddels was bekend dat bij de T.H. Eindhoven de mogelijkheid van frequentieanalyse aanwezig was.

Hierna is contact opgenomen met dhr van Walwijk van de T.H. Eindhoven en zijn alle replika's uitgewerkt.

Voor resultaten en commentaar hierover zie

memo van L.H.M. Schlösser, SL I/18/73 en

memo van A.J.J. Hendriks 1973 09 28.

Sinds augustus 1973 heeft het RWL ook de beschikking over een frequentieanalyse-apparaat, waarmee verdere proeven zijn verricht. Uit deze proeven is gebleken, zie memo A.J.J. Hendriks 1974 02 01, dat het op dit moment waarschijnlijk niet zinvol is om met de huidige fotolezer door te gaan en ook om de tot nu toe gemaakte ponsbanden niet voor andere statistische verwerkingen te gebruiken.

Memorandum : A.J.J. Hendriks
Datum : 1974 02 - 1
Onderwerp : verwerking replica's

Na enkele proefnemingen met de fotometer en de frequentieanalyseapparatuur zijn de volgende punten naar voren gekomen:

1. Het lijkt waarschijnlijk, dat de spleetbreedte en de gevoeligheid van het apparaat in dezelfde grootteorde van $20 \mu\text{m}$ liggen. Dan stemt de vorm van het signaal zo goed mogelijk overeen met de werkelijkheid, zonder dat te hoge eisen aan de elektronika e.d. worden gesteld.
2. Bij metingen bleek het apparaat aanzienlijke ruis- en bromsignalen af te geven in de ordegrrootte van $80 \text{ mV}_{\text{pp}}$ ($\hat{=} 160 \mu\text{m pp}$ op de replica) Dit niveau bleek sterk te dalen, als de elektronika op een batterijvoeding stond aangesloten en het apparaat verder niet stond aangesloten. Wanneer echter bij batterijvoeding ook de netspanning werd ingeschakeld steeg het stoorniveau weer aanmerkelijk.
3. Gezien de punten 1 en 2 verdient het aanbeveling om na te gaan of door een verbeterde lay-out van de bedrading, het plaatsen van een sterkere lamp e.d. een verbetering bereikt kan worden.
4. Met het apparaat in de huidige toestand zijn enkele metingen uitgevoerd en wel:
 - 1 dichtheidsspectrum van een replica, met ook het dichtheidsspectrum van de achtergrondruis gedurende dezelfde meettijd,
 - 2 een amplitudehistogram van drie replica's.
5. Aan de hand van deze metingen kunnen nog enkele voorlopige conclusies getrokken worden.
 - 1 In een belangrijk deel van het dichtheidsspectrum is het signaalniveau niet te onderscheiden van het ruisniveau. Dit is duidelijk ook een argument om het ruisniveau van de fotolezer tot een aanvaardbare waarde terug te brengen.
 - 2 De histogrammen zijn duidelijk niet -gaussisch, scheef en meertoppig zodat verwerkingen, waarin standaarddeviaties e.d. voorkomen, zeer voorzichtig zullen moeten worden gehanteerd.

6. Bij enkele gesprekken binnen het R.W.J. is het idee naar voren gekomen, dat veel statistische bewerkingen waarschijnlijk geen zinvolle informatie m.b.t. de stroefheid zullen geven. Doordat de volgorde van de signalen verloren is gegaan, verdwijnt iedere vorminformatie welke voor de stroefheid juist van belang is.
7. Tenslotte moet nog een kanttekening worden geplaatst bij de praktische bruikbaarheid van de fotolezer. Gebleken is n.l. dat de normaal in een kantooromgeving voorkomende stof ook invloed heeft op het resultaat. Ook heeft het uitzakken van de gloeidraad een duidelijke verandering van de versterkingskarakteristiek tot gevolg.

Bijlagen 4 t/m 8

bij

EXPERIMENTEEL MULTIFACTORONDERZOEK NAAR FACTOREN DIE DE
BESCHIKBARE WRIJVINGSKRACHTEN TUSSEN BANDEN EN NATTE
WEGDEKKEN BEINVLOEDEN

Tweede fase: Functionele eisen aan wegdekken

R-78-34III

Werkgroep Banden, Wegdekken en Slipongevallen, Subcommissie I
Voorburg, 1978

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

Bijlage 4

Bandkenmerken

1. Selectie

2. Multivariate analyse

3. Afslippen

Aanhangsel I Overzicht van bandkenmerken

Aanhangsel II Multivariate analyse van 18 banden op 6 kenmerken

Aanhangsel III Multivariate analyse van 12 banden op 8 kenmerken

Aanhangsel IV Rapport no. 360/'73 KRI-TNO

1. SELECTIE

Nadat vaststond dat het vervaardigen van een ideale band in deze tweede fase in ieder geval niet was te realiseren, is getracht een keuze van banden voor het onderzoek te verkrijgen, die representatief mag heten voor de werkelijke situatie op dit moment in Nederland. Het aantal banden dat in het onderzoek kon worden meegenomen was beperkt door het aantal te verrichten metingen en is bepaald op vier. Er is gezocht naar een methode om de banden zo representatief mogelijk te selecteren.

Allereerst is er een groep banden bepaald waaruit de keuze zou moeten worden gedaan en wel op grond van de volgende overwegingen:

1. Relatieve frequentie van gebruik in Nederland op basis van verkoopstatistieken. De beschikbare cijfers hadden betrekking op de bandenverkoop inclusief eerste montage. De cijfers berustten op schattingen zodat de betrouwbaarheid te wensen over laat.
2. Naast de staalgordel zal ook de textielgordel zijn plaats blijven behouden. Beide typen moesten dan ook in de selectie vertegenwoordigd zijn.
3. Bij de metingen zouden uitsluitend radiaalbanden worden gebruikt. Dit vanwege het grote (ca. 90%) en nog steeds groeiende marktaandeel.

Via deze overwegingen zijn banden gekozen waarvan de volgende kenmerken zijn bepaald c.q. gemeten:

1. profielbeschrijving;
2. oevergetal;
3. luchtgetal;
4. hysteresis;
5. A-waarde;
6. driftstijfheid;
7. hardheid loopvlakrubber;
8. gordelmateriaal.

Voor een overzicht van de banden en de kenmerken zie Aanhangsel I. De meetmethoden zijn opgenomen in het rapport over de eerste fase [1].

De kenmerken zijn vastgesteld van nieuwe banden. Er is daarbij geen rekening gehouden met een eventuele verandering van de kenmerken bij afnemende profieldiepte.

2. KEUZE VAN DE BANDEN M.B.V. MULTIVARIATE ANALYSE OP KEN- MERKEN

Naast een groep van radiaalbanden waaruit een keuze zou moeten worden gemaakt van de banden waarmee daadwerkelijk gemeten zou worden zijn in eerste instantie ook de eigenschappen van enkele diagonaalbanden en banden met vernieuwd loopvlak bepaald.

De verwachting was dat de laatste twee groepen toch wel een zodanige afwijking t.o.v. de radiaalbanden zouden vertonen, dat het uit dien hoofde al gerechtvaardigd was ze niet in het onderzoek te betrekken. Het argument hiervoor was het grote en nog steeds groeiende marktaandeel van de radiaalbanden, dit naar schatting 80-90% bedraagt.

De eigenschappen van de banden zijn opgenomen in Aanhangsel I.

De diagonaalbanden zijn:

9. Vredestein V 83
10. Good Year G 8
11. Continental R 60

Naast de banden met vernieuwd loopvlak

16. UBO

17. Tyresoles

zijn ook nog t.b.v. het laboratorium voor Voertuigtechniek de eigenschappen bepaald van

18. Vredestein Sprint G.T.

De kenmerken van Michelin ZX, Vredestein Sprint, Uniroyal Rallye 180 en Good Year G 800 zijn overgenomen uit het onderzoek in de eerste fase.

Op deze groep van 18 banden is een multivariate analyse op 6 kenmerken uitgevoerd (zie Aanhangsel 2). De kenmerken zijn weergegeven in een driedimensionale ruimte. Hieruit is te zien dat de diagonaalbanden een andere ligging hebben in de deelruimte dan de radiaalbanden. De banden met vernieuwd loopvlak kwamen niet voor het onderzoek in aanmerking daar de resultaten sterk afhankelijk zijn van het gebruikte karkas. Deze overwegingen versterkten het besluit voor het onderzoek

alleen originele radiaalbanden te gebruiken.

Uit de twaalf overgebleven radiaalbanden is een selectie van vier gemaakt, opnieuw met behulp van een multivariate analyse (Aanhangsel 3). Als keuzecriterium werd gehanteerd dat banden met een extreme ligging in de representatie geschrapt zouden worden en de dan extreme bandtypen zouden worden gekozen.

De twaalf bandtypen zijn, onderscheiden naar acht kenmerken, weergegeven in een driedimensionale ruimte. De drie assen zijn voornamelijk bepaald door:

F_1 : luchtgetal en A-waarde;

F_2 : driftstijfheid en gordelmateriaal;

F_3 : oevergetal en profielbeschrijving.

Bij de eerste en derde grafiek is uit elk kwadrant één bandtype gekozen en bij de tweede grafiek vier bandtypen liggend op de diagonaal van linksonder naar rechtsboven.

Met deze werkwijze zijn de volgende banden verkregen:

Pirelli Cinturato CN 53

Michelin X-as

Vredestein Sprint

Uniroyal Rallye 180.

Er is vanuit gegaan dat alle banden per merk gelijk zijn (eis voor de proefopzet). De meeste waarborgen leken daarvoor aanwezig door de banden rechtstreeks te bestellen bij de importeur. Van de geselecteerde banden is van telkens een exemplaar een mechanisch en chemisch onderzoek uitgevoerd door het KRI-TNO. De resultaten hiervan zijn opgenomen in Aanhangsel 4.

3. AFSLIJPEN

Om de banden gereed te maken voor de metingen werden zij elk gemonteerd op een eigen velg. Om een profieldiepte van 1 mm te verkrijgen zijn de daartoe bestemde banden afgeslepen door het Shell kunststoffen-laboratorium te Delft.

De banden zijn ingereden, over een afstand van 500 km, door medewerkers van de firma Dracham te Drachten.

Ten gevolge van het afslijpen zijn op enkele afgeslepen banden krassen op het loopvlak ontstaan, die door het inrijden niet zijn verdwenen. De nummers van deze banden zijn genoteerd.

Bijlage 4 Aanhangsel I

Overzicht van de voor de selectie gebruikte bandtypen en hun kenmerken.

band	loopvlak rubber hardheid, Shore A	driftstijfheid kgf/graad	groefdoorstroming		
			A kgfm/sec	P _{max2} kgf/cm ²	∅ _{vmax} dm ³ /sec
1. Goodrich	58	65	59,25	3,38	2,70
2. Continental TT 714	60	59	16,40	2,50	1,32
3. Pirelli Cinturato CN 53	68	66	16,36	2,00	1,29
4. Dunlop SP Sport	66*	76	25,08	2,35	1,77
5. Michelin X as	66	83	17,80	2,40	1,21
6. Goodyear G 800 S	66	81	25,16	2,30	1,75
7. Kléber-Colombes V 10 S	68	70	10,46	2,30	0,78
8. Pneumant P 33	61	66	18,90	2,42	1,30
9. Vredestein V 83	57	75	2,76	1,74	0,26
10. Goodyear G 8	60*	68	11,70	1,92	0,96
11. Continental R 60	63	66	10,16	2,02	0,83
12. Vredestein Sprint	59	63	28,70	2,45	1,95
13. Michelin z X	64	85	7,20	1,92	0,71
14. Uniroyal Rallye 180	59	79	29,60	2,42	2,03
15. Goodyear G 800	65	61	16,70	2,26	1,23
extra (Lab. VT)					
16. UBO op Vred. Sprint	61*	56	16,36	2,65	1,03
17. Tyresoles "" "	60	65	14,20	2,30	1,03
18. Vredestein Sprint GT	60	72	32,30	2,67	2,06

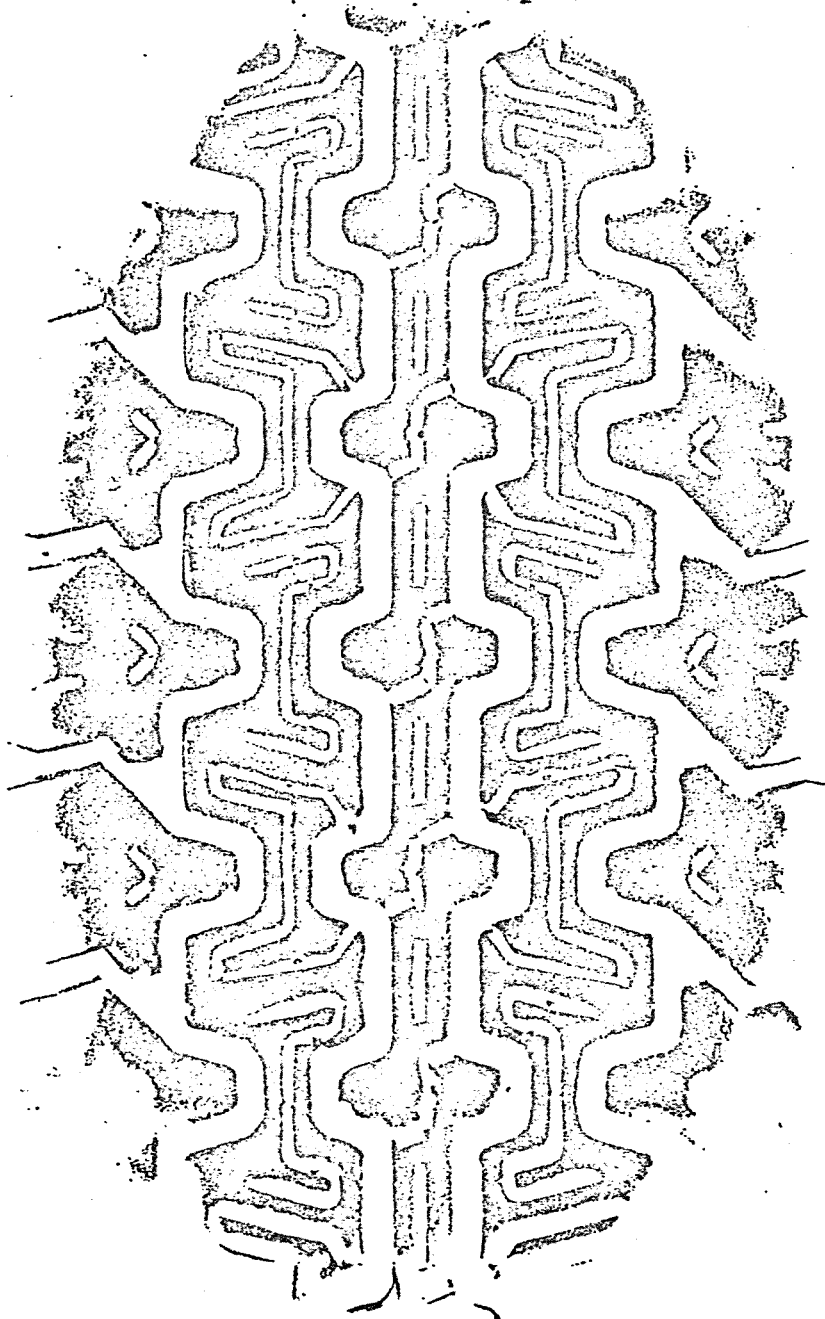
* moeilijk te meten

ad. 129.100

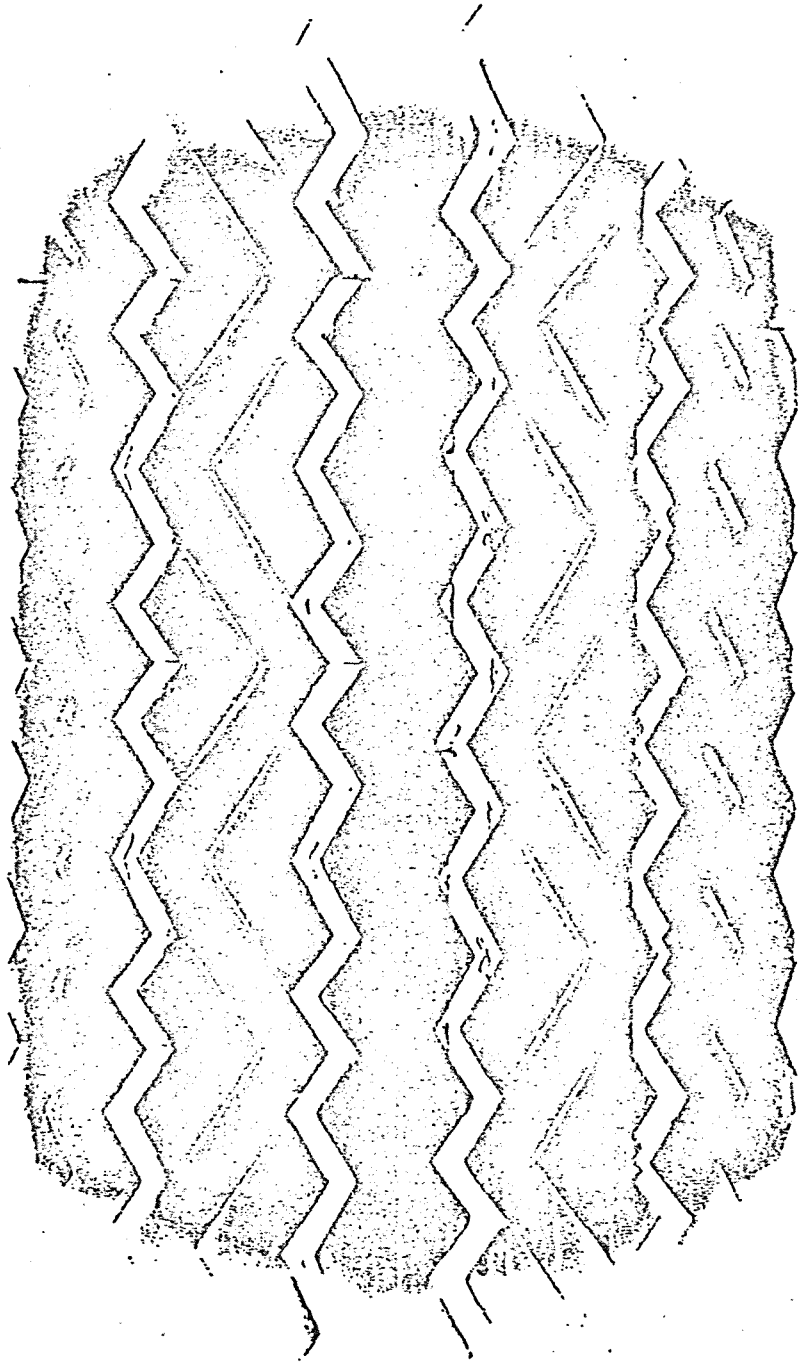
BANDENMERK	Oeverlengte		Totale oeverlengte	Omtrek van het contactvlak	OEVERGETAL
	kanalen	slots			
PNEUMANT P 33	149.0 cm	68.0 cm	217.0 cm	41.0 cm	5.29
CONTINENTAL RECORD	140.0 cm	66.3 cm	206.7 cm	41.0 cm	5.04
CONTINENTAL TT 714	162.0 cm	137.7 cm	299.7 cm	41.0 cm	7.31
DUNLOP SP SPORT	139.0 cm	315.5 cm	454.5 cm	40.0 cm	11.36
VREDESTEIN V 83	93.0 cm	80.8 cm	173.8 cm	40.0 cm	4.34
PIRELLI CINTURATO	188.0 cm	62.4 cm	250.4 cm	37.0 cm	6.76
GOODRICH GT 100	178.0 cm	---	178.0 cm	40.0 cm	4.45
MICHELIN XAs	126.0 cm	102.0 cm	228.0 cm	39.0 cm	5.84
GOOD-YEAR G 800 S	130.4 cm	154.0 cm	284.4 cm	40.0 cm	7.11
KLEBER V 10 S	150.6 cm	67.2 cm	217.8 cm	41.0 cm	5.31
GOOD-YEAR G 8	94.2 cm	226.0 cm	320.2 cm	40.0 cm	8.00
VREDESTEIN SPRINT GT	164.0 cm	57.0 cm	221.0 cm	41.0 cm	5.39
UBO RADIAAL	144.0 cm	67.4 cm	211.4 cm	40.0 cm	5.28
KEURMEESTER T-S	228.5 cm	23.0 cm	251.5 cm	41.0 cm	6.13

BANDENMERK	Oppervlakte		Oppervlakte van alle groeven	Totale contactoppervlakte	LUCHTGETAL
	kanalen	slots			
PNEUMANT P 33	30.9 cm ²	---	30.9 cm ²	108.1 cm ²	28 %
CONTINENTAL RECORD	28.8 cm ²	---	28.8 cm ²	108.7 cm ²	26 %
CONTINENTAL TT 714	34.2 cm ²	---	34.2 cm ²	110.0 cm ²	31 %
DUNLOP SP SPORT	37.0 cm ²	---	37.0 cm ²	110.0 cm ²	34 %
VREDESTEIN V 83	15.8 cm ²	---	15.8 cm ²	102.8 cm ²	15 %
PIRELLI CINTURATO	27.9 cm ²	---	27.9 cm ²	93.0 cm ²	30 %
GOODRICH GT 100	40.0 cm ²	---	40.0 cm ²	106.2 cm ²	38 %
MICHELIN XAs	32.4 cm ²	---	32.4 cm ²	102.6 cm ²	31 %
GOOD-YEAR G 800 S	27.1 cm ²	---	27.1 cm ²	104.3 cm ²	27 %
KLEBER V 10 S	25.0 cm ²	---	25.0 cm ²	107.0 cm ²	23 %
GOOD-YEAR G 8	24.1 cm ²	---	24.1 cm ²	102.0 cm ²	24 %
VREDESTEIN SPRINT GT	36.2 cm ²	---	36.2 cm ²	110.5 cm ²	33 %
UBO RADIAAL	25.5 cm ²	---	25.5 cm ²	105.9 cm ²	24 %
KEURMEESTER T-S	27.7 cm ²	---	27.7 cm ²	108.8 cm ²	25 %

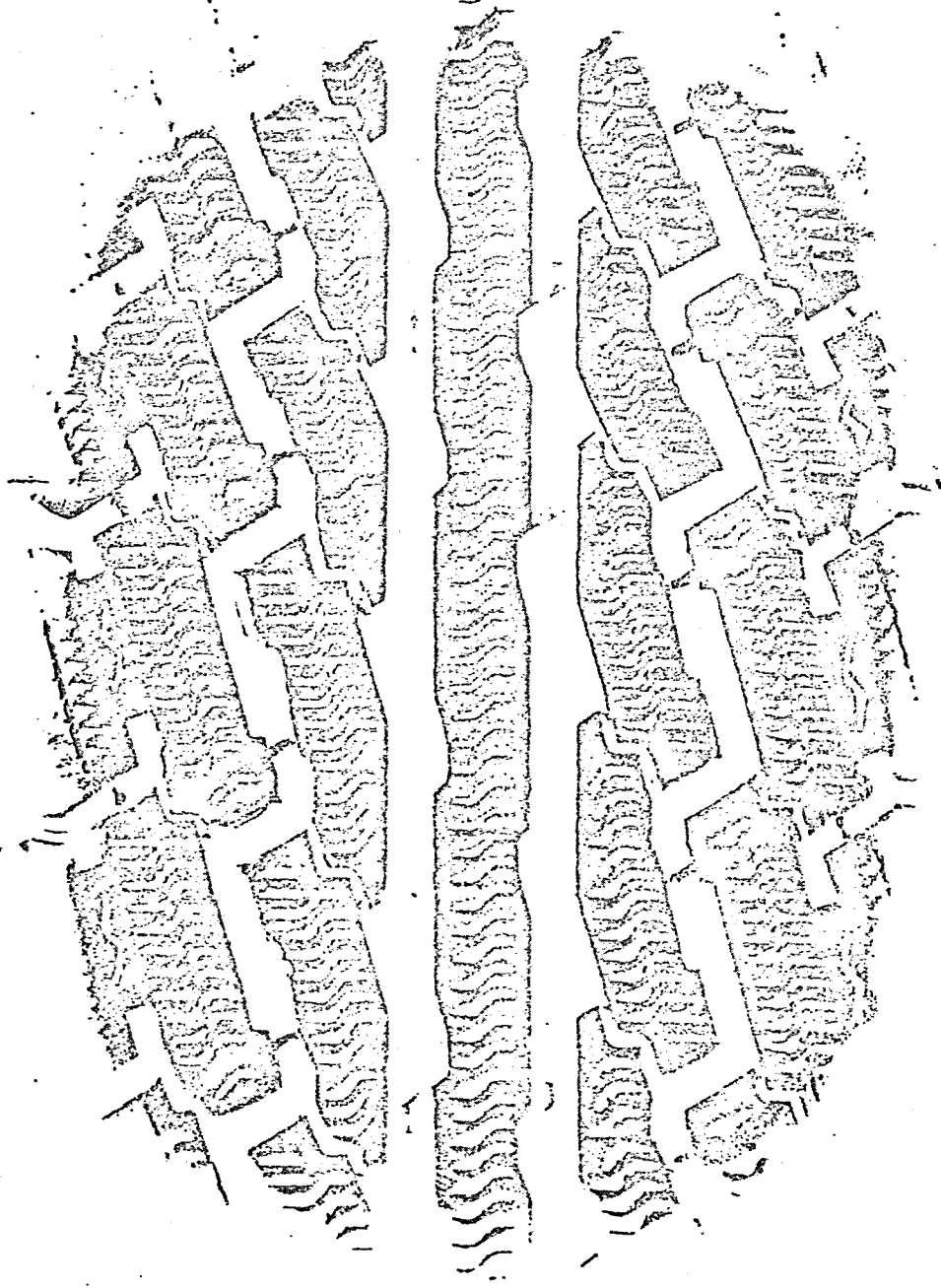
PIRELLI CINTURATO



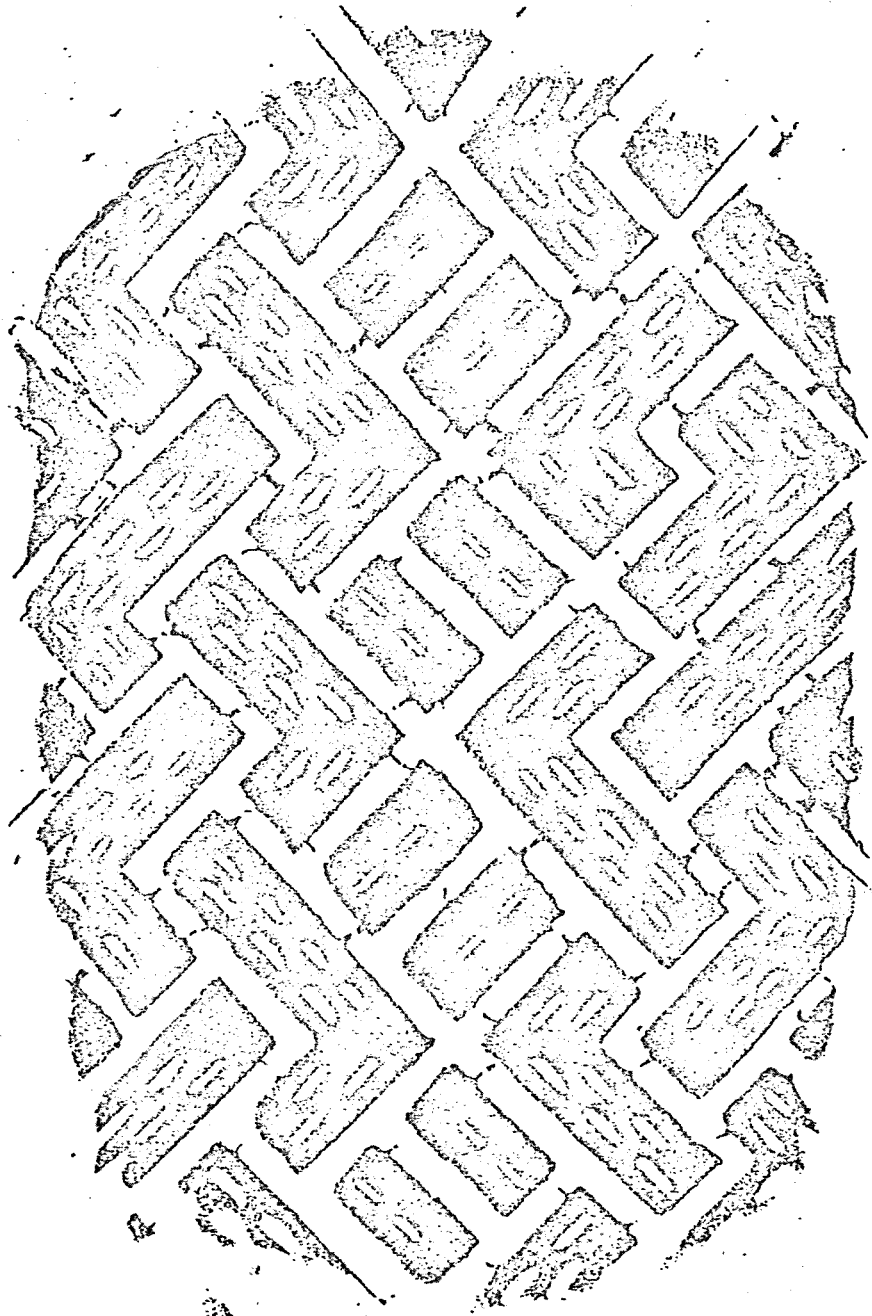
VREDESTEIN VB3



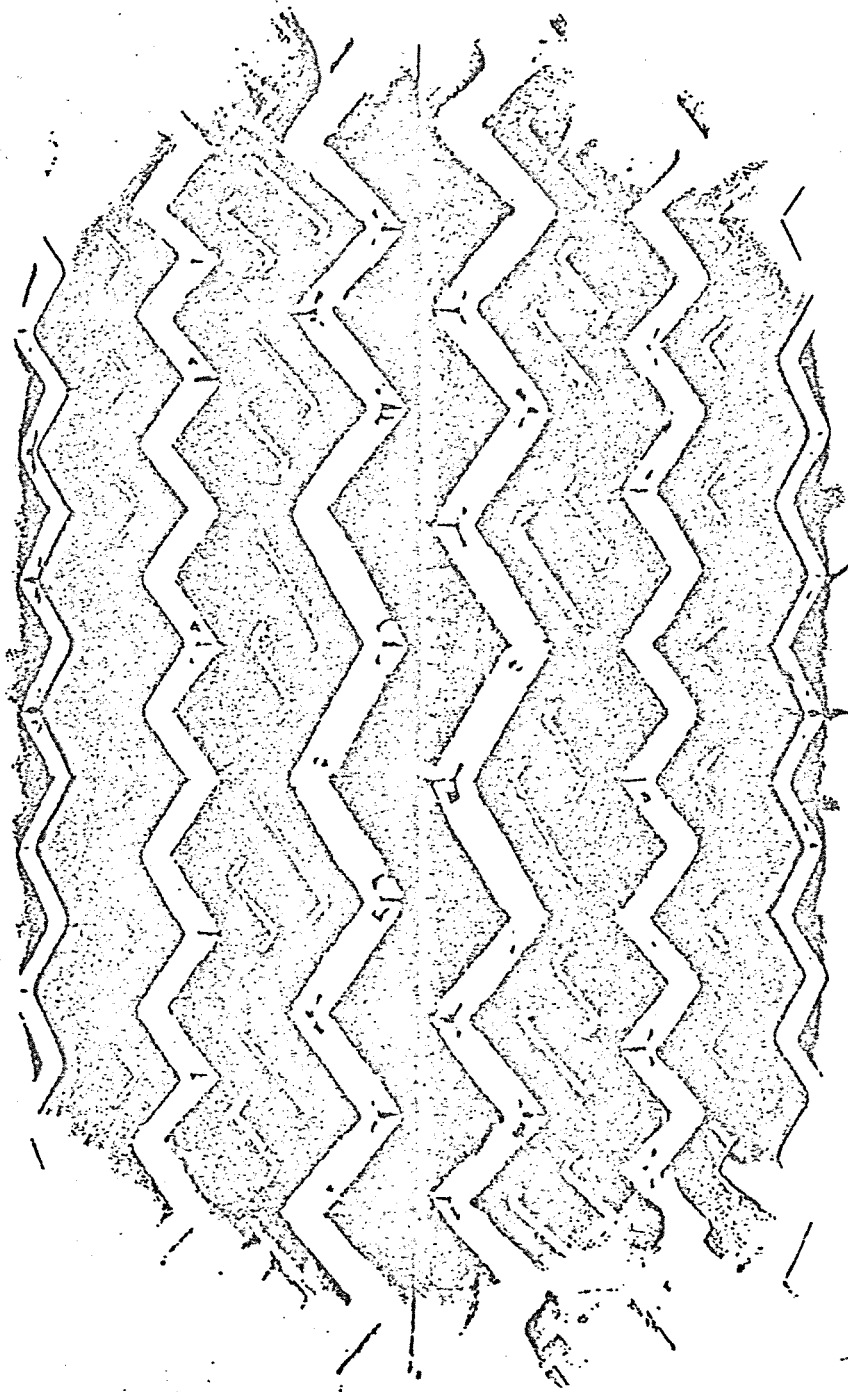
DUNLOP SP SPORT

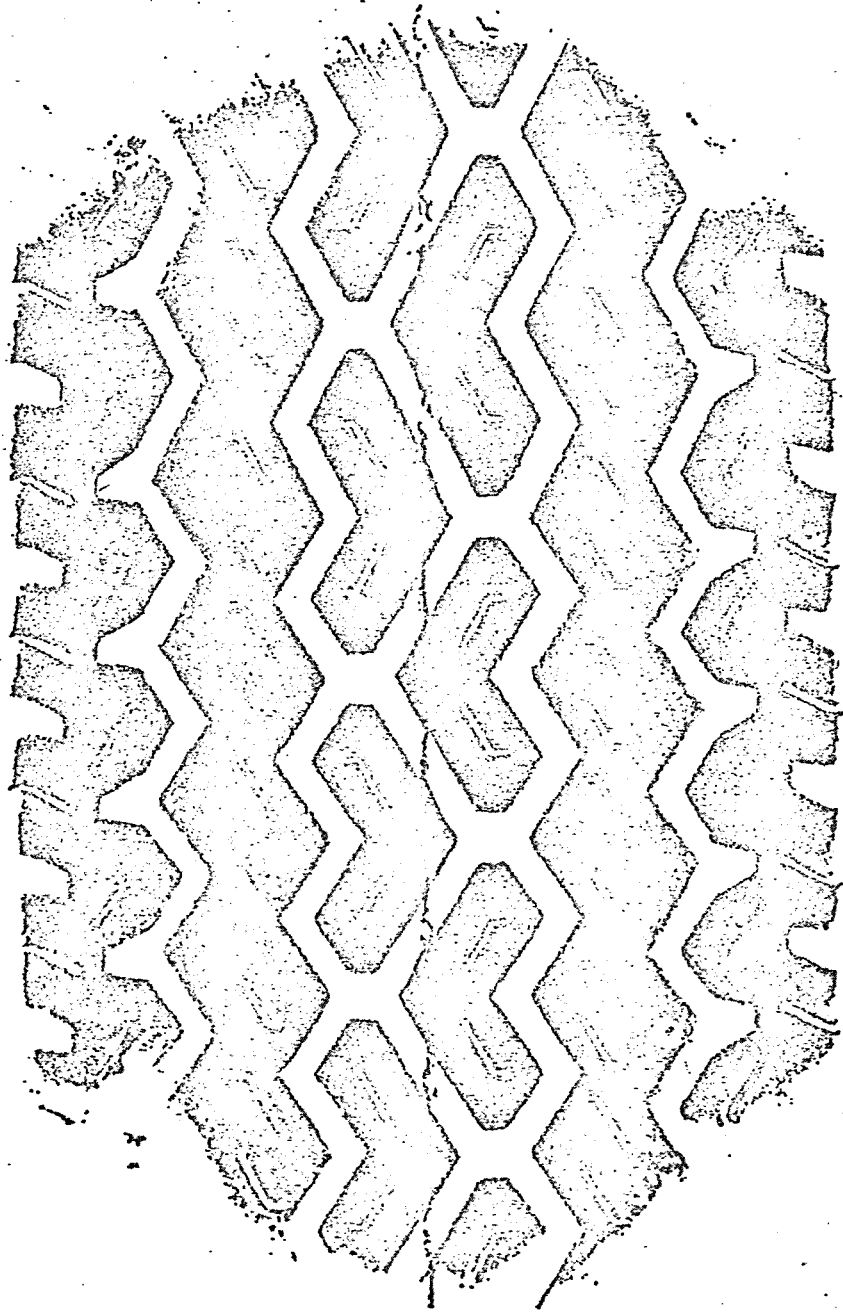


CONTINENTAL TT 714

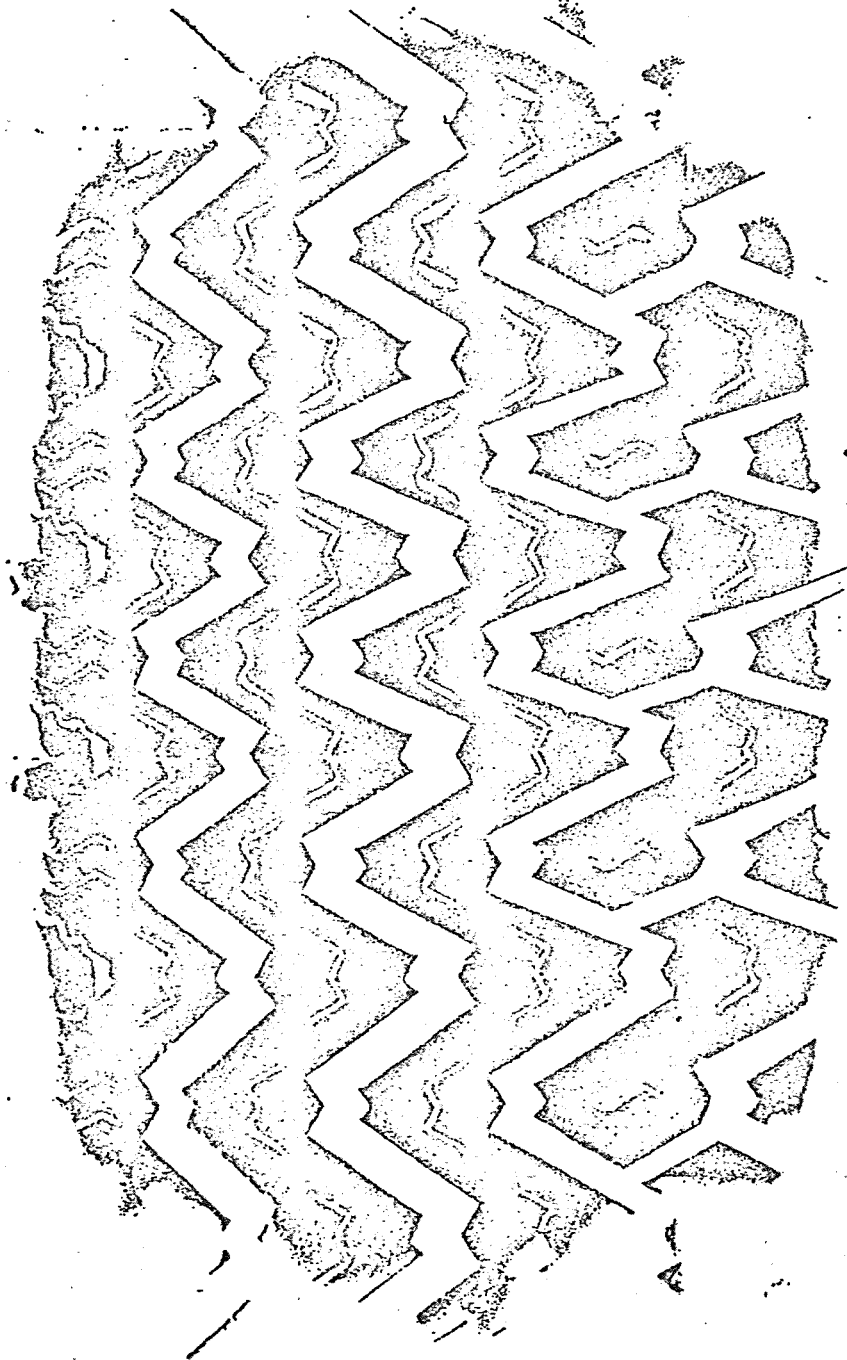


CONTINENTAL RECORD

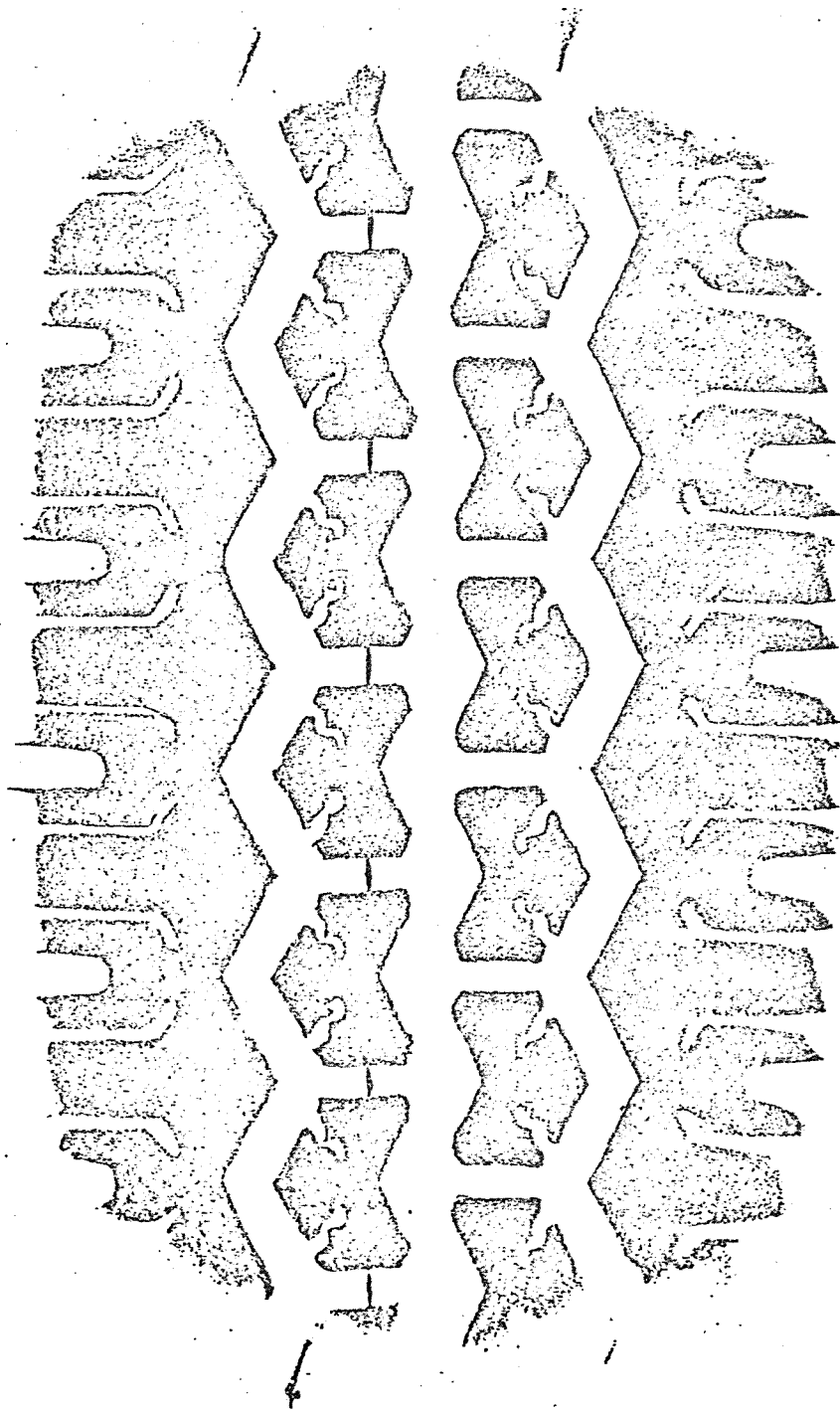




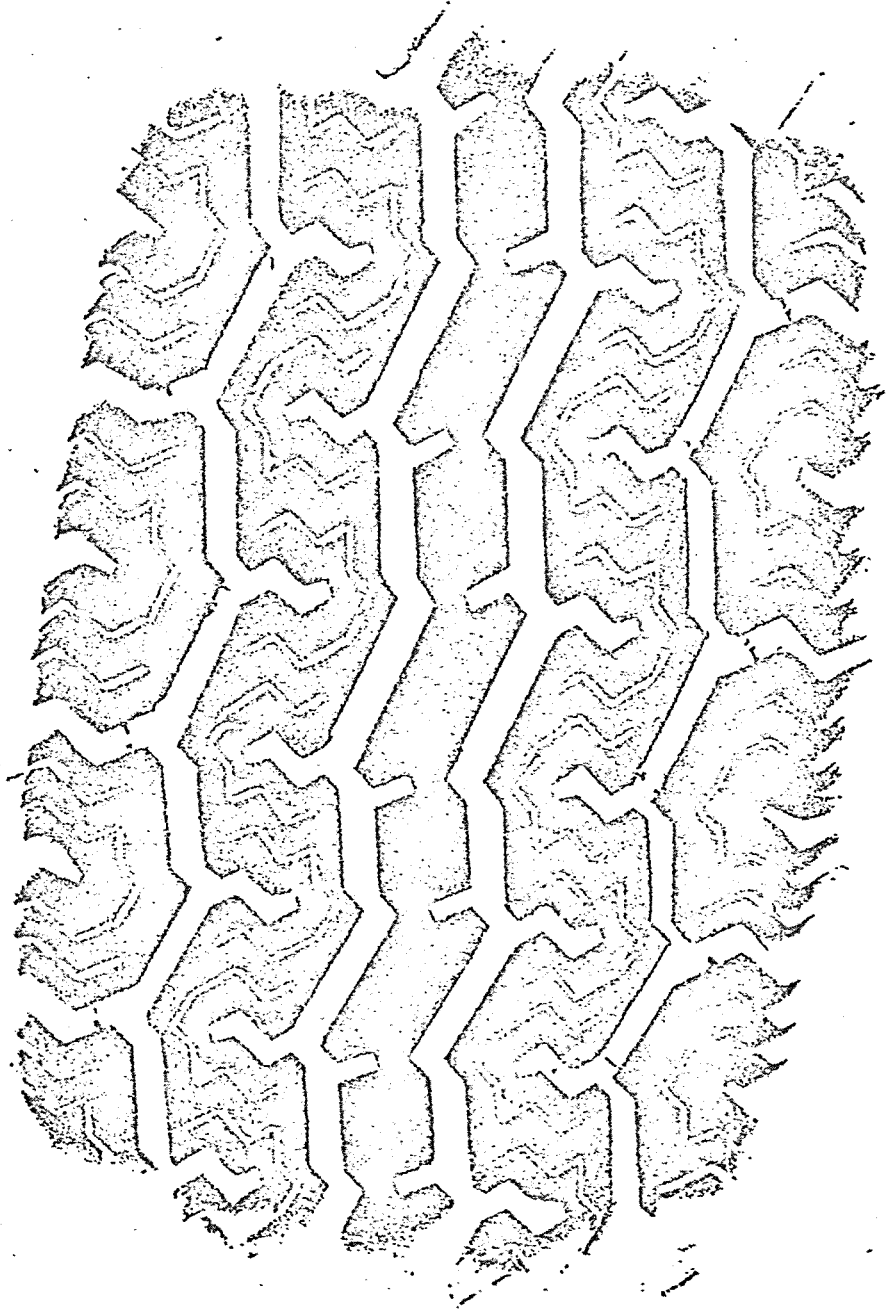
MICHELIN XAs



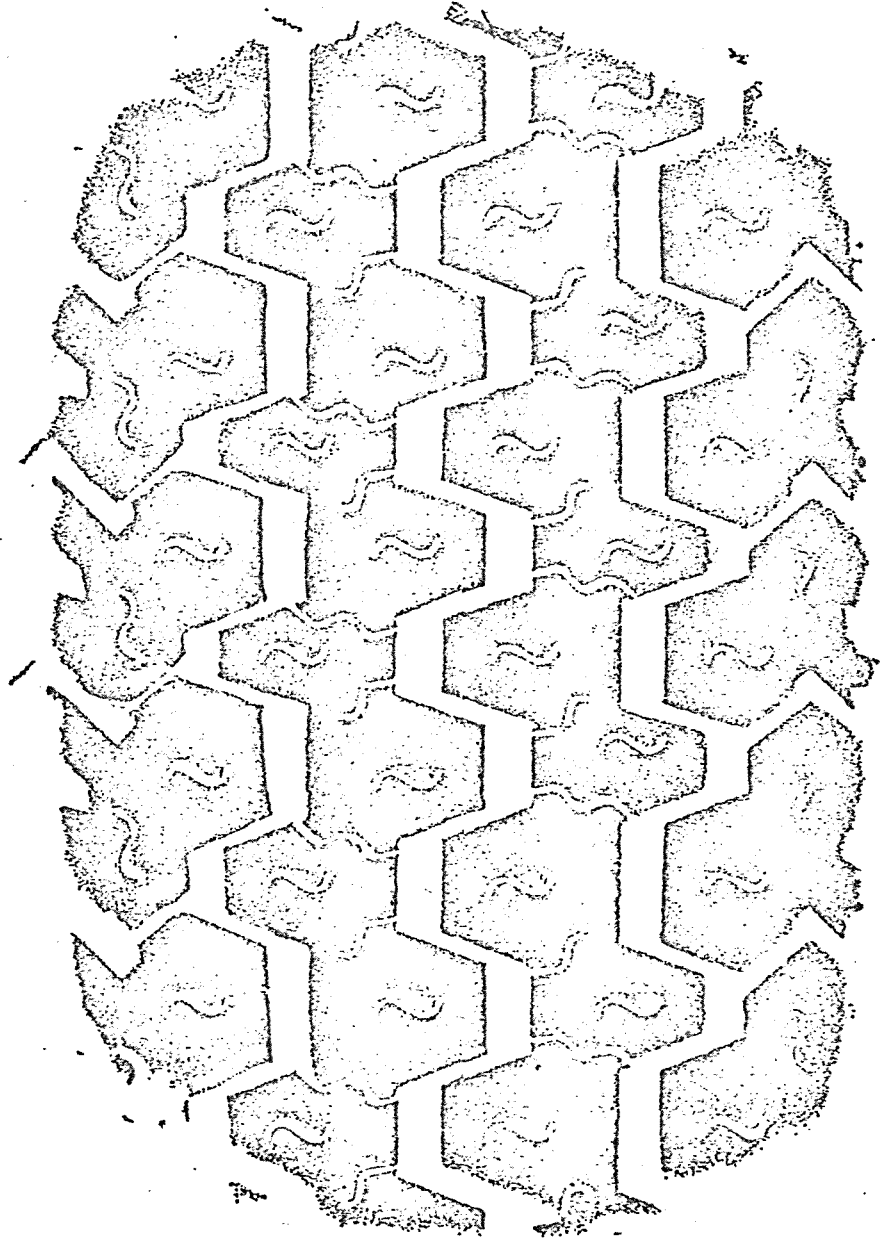
GOODRICH GT100



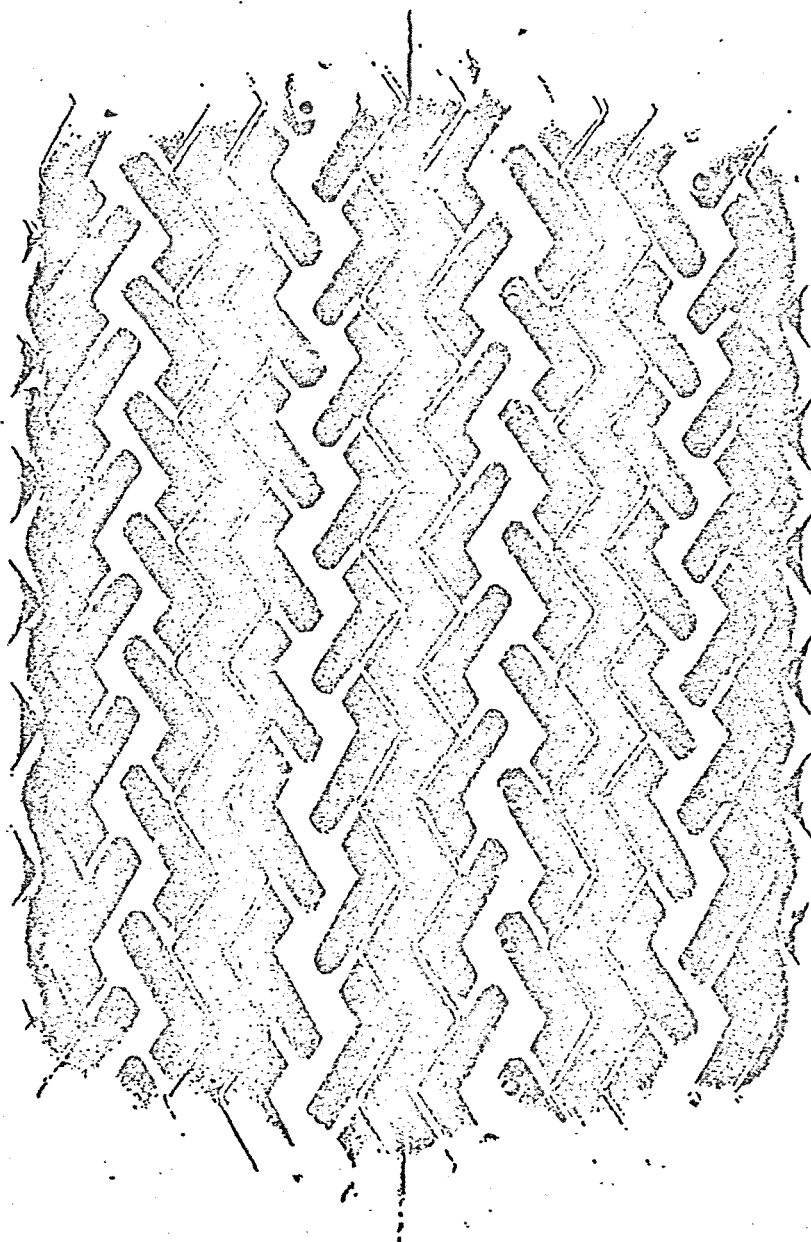
GOOD-YEAR G8005



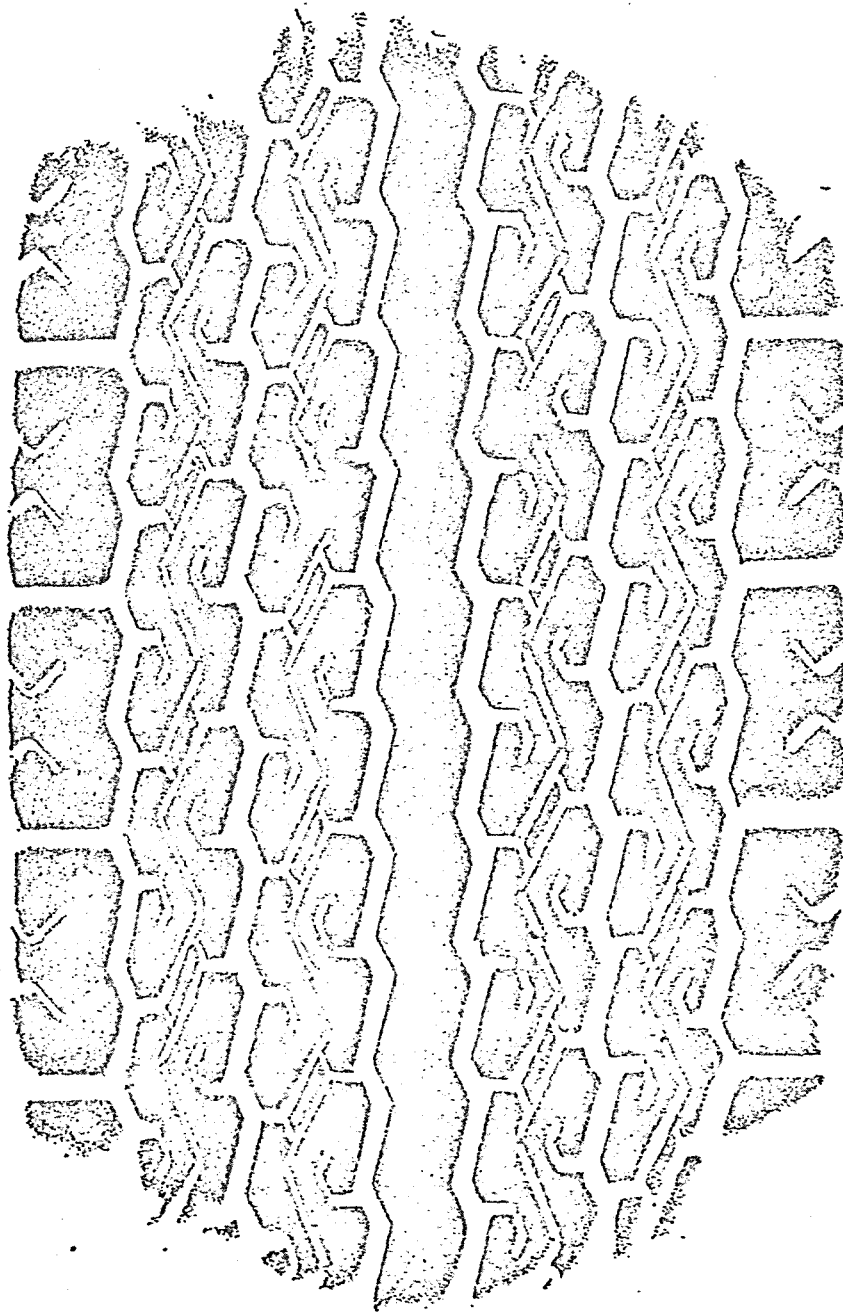
KLEBER VIOS



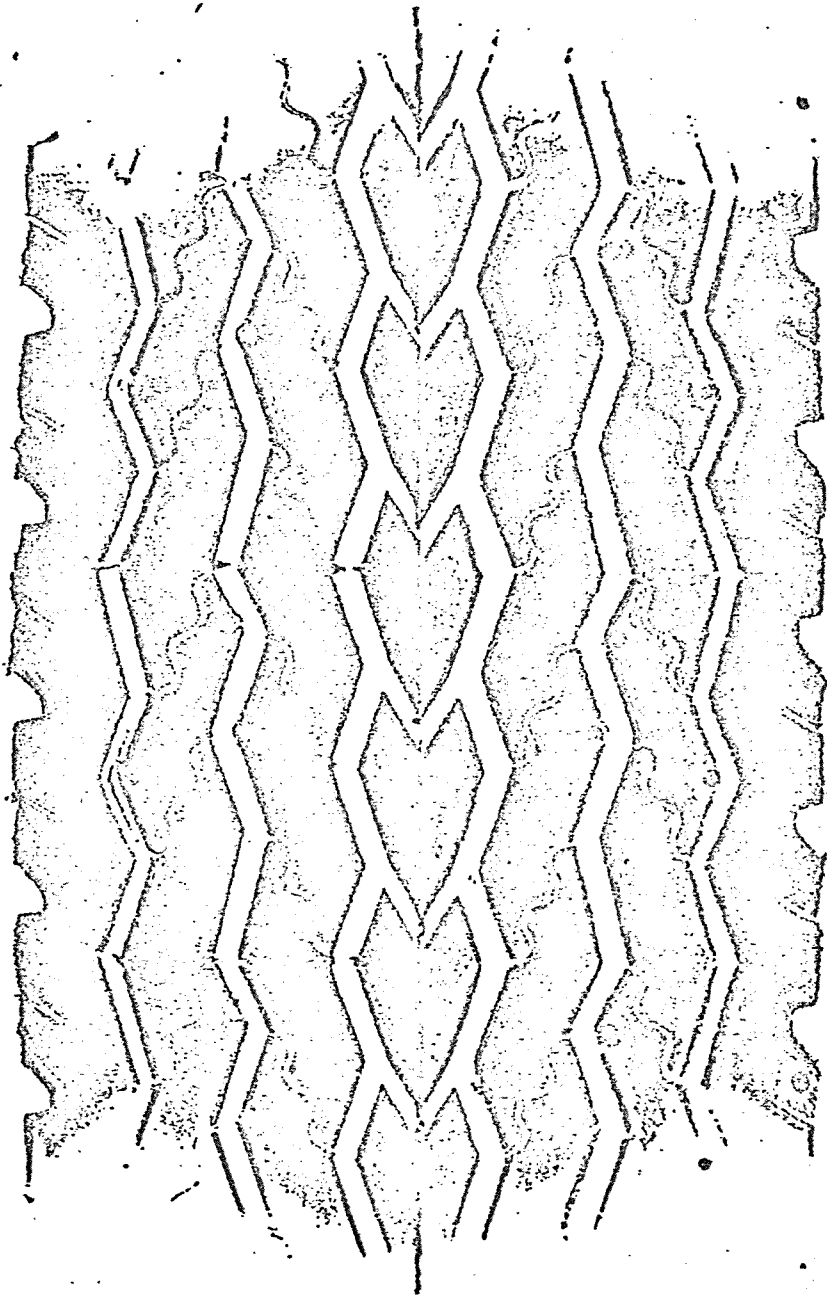
GODD-YEAR 68



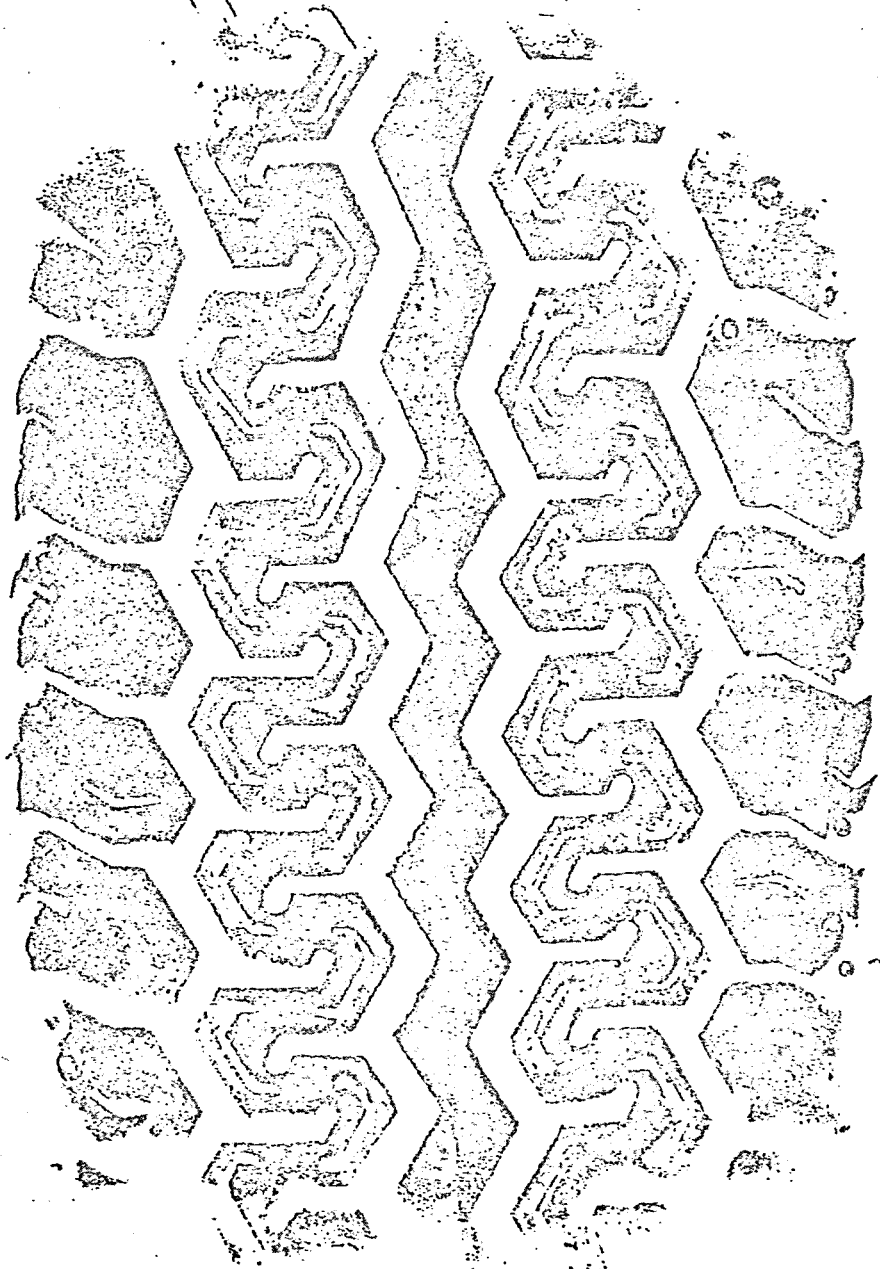
KEURMEESTER T-S



UBO RADIAL



VREDESTEIN
SPRINT GT



Bijlage 4 Aanhangsel 2

Multivariate analyse van 18 banden op 6 kenmerken.

Variabelen

1. Loopvlak rubber hardheid, Shore A.
2. Driftstijfheid kgf/graad.
3. Oevergetal.
4. Luchtgetal %.
5. Groefdoorstroming A kgfm/sec.
6. Resilience.

Banden

1. Goodrich
2. Continental TT 714
3. Pirelli Cinturato CN 53
4. Dunlop SP Sport
5. Michelin X as
6. Goodyear G 800 S
7. Klébèr-Colombes V 10 S
8. Pneumant P 33
9. Vredestein V 83
10. Goodyear G 8
11. Continental R 60
12. Vredestein Sprint
13. Michelin z X
14. Uniroyal Rallye 180
15. Goodyear G 800
16. UB0 op Vred. Sprint
17. Tyresoles " " "
18. Vredestein Sprint GT

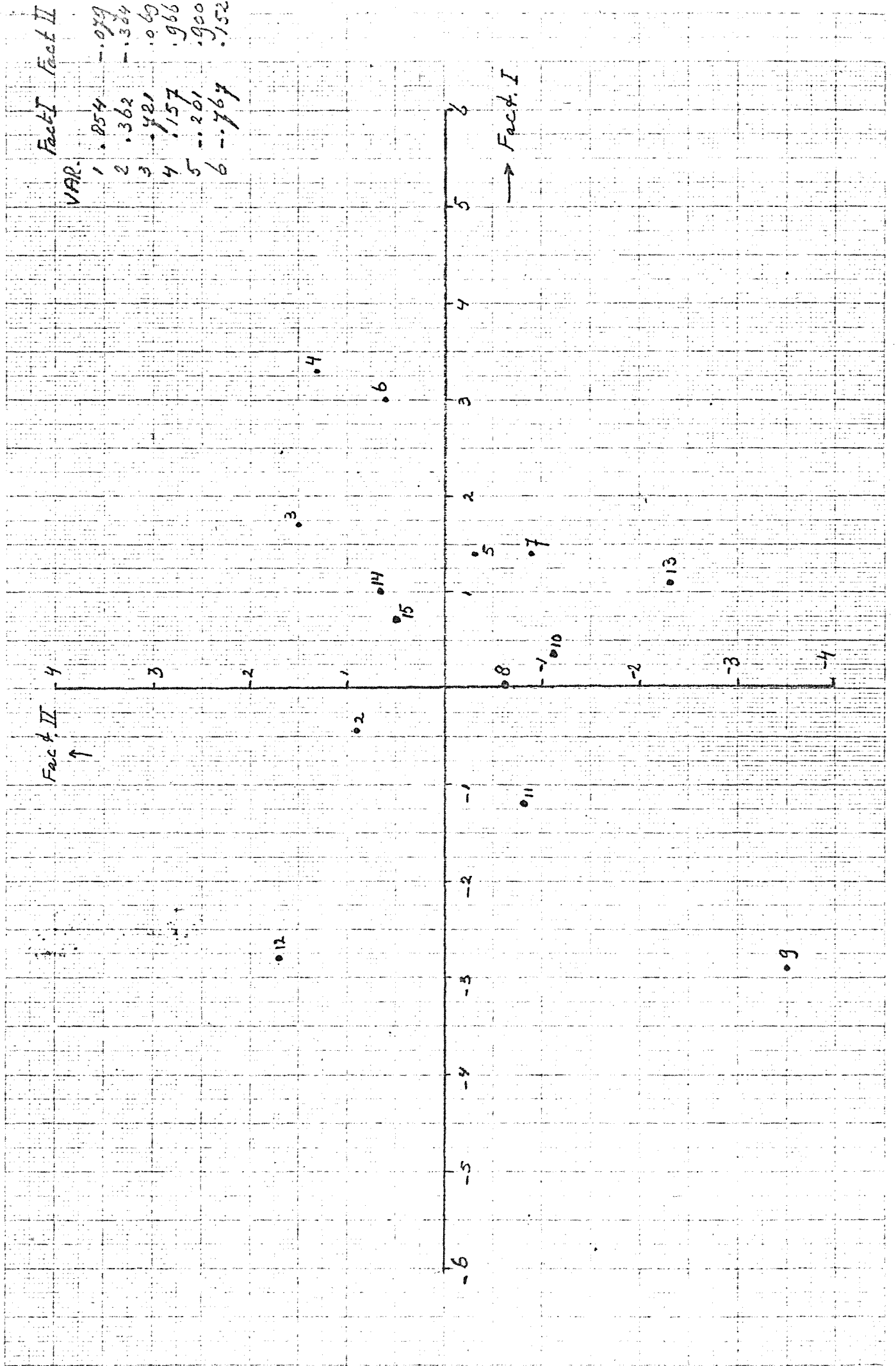


Fig. 1

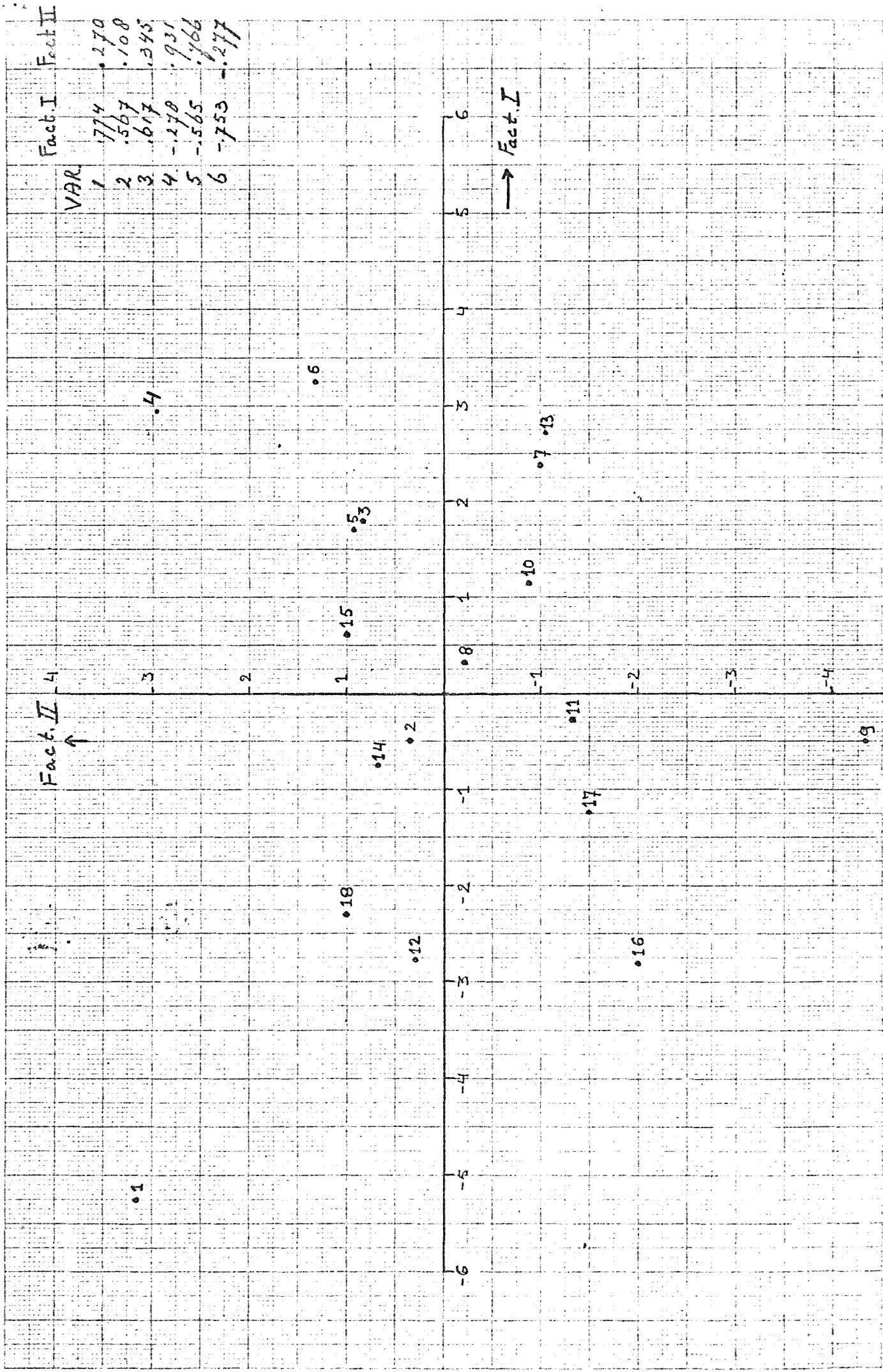


Fig 2.

Bijlage 4 Aanhangsel 3

Multivariate analyse van 12 banden op 8 kenmerken.

VARIABLELEN

1. Loopvlak rubber hardheid, Shore A.
2. Driftstijfheid kgf/graad.
3. Oevergetal.
4. Luchtgetal %.
5. Groefdoorstroming A kgfm/sec.
6. Resilience.
7. Gordel.
8. Profiel.

BANDEN

1. Goodrich
2. Continental TF 714
- ① 3. Pirelli Cinturato CN 53 S²
4. Dunlop SP Sport
- ② 5. Michelin X as S²
6. Goodyear G 800 S
- ③ 7. Elcéber-Colombes V 10 S
8. Pneumant P 53
- ② 9. Vredestein Sprint S²
10. Michelin z X
- ① 11. Uniroyal Rallye 180 S²
12. Goodyear G 800

13

1	100	1.954
2	104	1.966
3	107	1.972
4	110	1.978
5	113	1.984
6	116	1.990
7	119	1.996
8	122	2.002

FAKTOR B40009E

1.997 1.954

0.0206

0.3

0.5

0.10

0.7

0 1 2 3 4 5 6

-1 -2 -3 -4 -5 -6

0.8

0.11

0.9

1

Bijlage 4 Aanhangsel 4

Rapport no. 360/'73 KRI-TNO.)

5. Chemisch onderzoek.

Bij het chemisch onderzoek werd het vrije zwavelgehalte bepaald terwijl tevens een beperkte analyse werd verricht voor de bepaling van de globale samenstelling van de loopvlakken.

De resultaten van het onderzoek zijn als volgt:

TABEL 2.

Uitgevoerde bepalingen:	636-73.	637-73.	638-73.	639-73.
1. Vrije zwavel-natriumsulfietmethode.	0,02%	0,15%	0,08%	0,02%
2. Acetonextract.	22,1 %	15,7%	16,8%	20,6 %
3. Totaal vulstofgehalte-stikstof dest. methode.	34,8 %	35,4%	34,4%	36,2 %
4. Asgehalte.	2,0%	2,5%	1,4%	3,0 %
5. Identificatie van het polymeer door middel van infra-rood spectra van het pyrolysaat.	hoofd-zakelijk zo niet geheel SBR.	hoofd-zakelijk zo niet geheel SBR.	hoofd-zakelijk zo niet geheel SBR.	hoofd-zakelijk zo niet geheel SBR.

Voor de berekening van de globale samenstelling moesten, in verband met de onbekendheid van de gebruikte styreen-butadieën soort enige gegevens over de samenstelling van de ruwe rubber worden aangenomen. Op grond van ervaring waren dit de volgende:

voor ruwe SBR: acetonextract 9%, asgehalte 0,7 %, residu van de N₂ destillatie: 1,0%.

Verder werden voor enkele bepalingen, welke bij het beperkte onderzoek niet werden uitgevoerd, eveneens de analysecijfers op grond van ervaring aangenomen en wel: alcoholisch loogextract: 1,0%, zwavelgehalte 1,0%.

Rekening houdende met bovengenoemde aangenomen factoren werden uit de analyseresultaten de volgende globale samenstellingen berekend. Hierbij worden onder toevoegingen verstaan: vetzuren, weekmakers, versnellers, antioxydanten enz.

In de asrest werd zinkoxide aangetoond.

GLOBALE SAMENSTELLING.

TABEL 3.

	636-73.		637-73.		638-73.		639-73.	
	%.	dln.	%.	dln.	%.	dln.	%.	dln.
1. SBR	46,0	100	52,5	100	52,4	100	46,1	100
2. Toevoegingen	19,0	41	12,0	23	13,1	25	17,5	38
3. Zinkoxide	1,7	4	2,1	4	1,0	2	2,7	6
4. Roet	32,3	70	32,4	62	32,5	62	32,7	71
5. Zwavel, (aangenomen)	1,0	2	1,0	2	1,0	2	1,0	2

Met SBR-gehalte wordt bedoeld het gehalte aan "normale" niet oil extended SBR.

TABEL 1.

	636-73. Uniroyal.	637-73. Michelin.	638-73. Vredestein.	639-73. Pirelli.
<u>Soortelijk gewicht g/cm³.</u>	1,16	1,14	1,17	1,18
<u>Treksterkte kg/cm².</u>	126	198	201	144
<u>Rek bij breuk %.</u>	300	400	450	310
<u>Modulus 300%, kg/cm².</u>	126	133	125	138
<u>Hardheid shore-A.</u>	63	61	63	67
<u>Scheursterkte kg/cm².</u>	65	55	67	83

INLEIDING.

Op verzoek van de Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid, bij schrijven d.d. 30 augustus 1973 ref.: LS/IP/33648, werden vier stroefheidsmeetbanden aan een onderzoek, conform rapport no. 59/'72 d.d. februari 1972, onderworpen.

PROGRAMMA VAN HET ONDERZOEK.

1. Soortelijk gewicht.
2. Treksterkte, rek bij breuk en modulus bij 300% rek.
3. Hardheid.
4. Scheursterkte.
5. Chemisch onderzoek.

UITVOERING EN RESULTATEN.

1. Soortelijk gewicht.

Het soortelijk gewicht werd bepaald met behulp van een voor dit doel geschikte balans. Het resultaat is vermeld in tabel 1.

2. Treksterkte, rek bij breuk en modulus bij 300% rek.

De treksterkte, de rek bij breuk en de modulus bij 300% werden bepaald overeenkomstig NEN 5602.

De uit het loopvlak vervaardigde trekstaafjes type 2 werden op een elektronische trekbank getrokken. De treksnelheid bedroeg 300 mm/min.

De temperatuur, waarbij de proeven werden verricht, bedroeg 22°C., de relatieve vochtigheid 50%. De opgegeven getallen zijn de mediaanwaarden verkregen uit 5 bepalingen.

De resultaten zijn vermeld in tabel 1.

3. Hardheid.

De hardheid werd bepaald overeenkomstig NEN 5601 met behulp van een Shore-durometer type A.

De resultaten zijn vermeld in tabel 1.

4. Scheursterkte.

De scheursterkte werd bepaald overeenkomstig NEN 5603. De uit het loopvlak vervaardigde scheurstaafjes type "Delft" werden op dezelfde elektronische trekbank stukgetrokken met een snelheid van 500 mm/min. De temperatuur, waarbij de proeven werden verricht bedroeg 22°C., de relatieve vochtigheid 50%.

Evenals bij de trekproef zijn de mediaanwaarden uit 5 bepalingen opgegeven.

De resultaten zijn vermeld in tabel 1.

KUNSTSTOFFEN EN RUBBER INSTITUUT TNO.

DELFT.

Rapport no.: 360/'73.
Datum: 2 oktober 1973.

Onderwerp : Onderzoek van 4 stroefheidsmeetbanden.

Opdrachtgever : Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeers-
veiligheid,
Deernsstraat 1,
Postbus 71,
Voorburg.

Opdracht : Schrijven d.d. 30 augustus 1973 no. LS/IP/33648.

Bewerkt door : Afdeling voor Mechanisch Onderzoek
(Ing. W.J. van Veen).

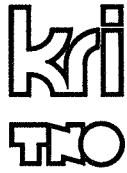
Inhoud : INLEIDING
PROGRAMMA VAN HET ONDERZOEK
UITVOERING EN RESULTATEN
KONKLUSIE

Opdrachtnummer van het Instituut : 228991.

Monsternummers : 636-73 gemerkt: Uniroyal 165 SR 13 radial
tubeless MEB 512.
637-73 gemerkt: Michelin 165-13 XAS radial
tubeless E N 21353.
638-73 gemerkt: Vredestein 165 SR 13 radial
tubeless 511 ETA.
639-73 gemerkt: Pirelli 165 SR 13
DGM 6298.

Datum van ontvangst : 4-9-1973.

vV/RBM.
2-10-1973.



RAPPORT NO.: 360/'73.

Onderzoek van 4 stroefheids-
meetbanden.

kunststoffen en rubber instituut tno

schoemakerstraat 97 - postbus 71 - delft - telex 31453 - giro 26111 - telefoon 015-569330

Konklusie

Het rubberloopvlak van de banden ten behoeve van stroefheidsmetingen werd vergelijkend onderzocht.

Uit de verkregen resultaten kan worden gekonkludeerd dat alle banden werden vervaardigd op basis van styreen-butadieën rubber.

Voor de verschillen in mechanische eigenschappen wordt verwezen naar tabel 1.

vV/RBM.
3-10-1973.

Bijlage 5

Rapport no. P162 van het Laboratorium voor Voertuigtechniek
van de Technische Hogeschool Delft.

N.B. Het meetprogramma is hier weggelaten, daar dit reeds is
opgenomen in bijlage 2.

LABORATORIUM VOOR VOERTUIGTECHNIEK
TECHNISCHE HOGESCHOOL DELFT

Telefoon 01730-33222, toestel 6644
Mekelweg 2, Delft

Rapport No: P 162

Onderwerp: Metingen voor de 2e fase van het SWOV-onderzoek "Slippen I"

Uitgevoerd door: Ir.A. Dijks

Datum van uitvoering: zomer 1973

Oopdrachtgever: Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Voorburg.

Dit rapport mag geheel of gedeeltelijk slechts worden gepubliceerd of voor reclamedoeleinden worden gebruikt met schriftelijke toestemming van de Technische Hogeschool te Delft.

Aanvragen om advies worden alleen behandeld op voorwaarde, dat de aanvrager afstand doet van ieder recht op aansprakelijkheid terzake van het gegeven of te geven advies.

INHOUD.

	Pagina
1. Inleiding en doel van het onderzoek	1
2. Gemeten wegdekken	2
3. Gemeten banden	5
4. Meetprogramma en meetmethode	8
5. Resultaten	10

Bijlage: meetprogramma

1. Inleiding en doel van het onderzoek.

Na de eerste fase van het onderzoek van de Subcommissie I van de Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV is een tweede fase van het onderzoek voorbereid en uitgevoerd. (Zie SWOV rapport 1e fase en rapport P 143 LVT).

In dit onderzoek lag de nadruk op de invloed van de wegdekken en zijn als variabelen ingevoerd:

6 typen wegdekken

4 banden

3 meetsnelheden

2 profieldiepten.

De variabelen banden, snelheden en profieldiepten zijn op meerdere niveaus gemeten omdat in de eerste fase van het onderzoek was gebleken dat er interacties met de wegdekken zijn te verwachten.

Gemeten zijn de drie slipweerstandscoefficienten μ_{xm} , μ_{xb} en μ_y .

2. Gemeten wegdekken.

Het doel was om de invloed van de parameters die de textuur van een wegdek bepalen na te gaan. Dit zijn in hoofdzaak de micro en macroruwheid die globaal zijn gekoppeld aan de te meten grootheden S.R.T.-waarde en textuurdiepte.

Daar het niet mogelijk bleek in het openbare wegennet een aantal wegvakken te vinden die in deze twee kenmerken voldoende variatie vertoonden, zijn speciale wegvakken aangelegd op een parallelbaan van een vliegveld.

Deze wegvakken zijn 1.20 m. breed en 500 m. lang. Een aanloop van ongeveer 1700 m. is aanwezig. De proefvakken waren voorzien van de letters A t/m F waarbij A de bestaande landingsbaan is. Van B naar F worden de wegdekken steeds "gladder".

Een overzicht van de wegdekkenmerken is gegeven in tabel 1. De foto's van de wegdekken zijn op ware grootte afgedrukt.

Overzicht wegdekkenmerken proefvakken Woensdrecht.

De in het linkse deel van de kolommen A t/m F gegeven getallen hebben betrekking op de metingen van 25 mei 1973, de in het rechtse deel gegeven getallen op de metingen van 9 juli 1973.

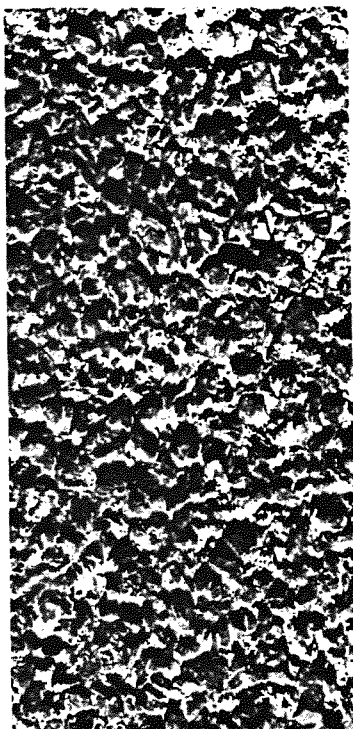
Kenmerk	A	B	C	D	E	F
<u>Verharding</u>						
bindmiddel	Possehl	epoxy-bit.	epoxy-bit.	epoxy-bit.	epoxy-bit.	epoxy-bit.
soort aggregaat	basalt	ned.steensl.	grind	grind	korund	geen
afmetingen aggregaat	0,5-3 mm	5,6- 8 mm	5,6-8 mm	2-4 mm	0,15-0,3 mm	-
<u>Stroefheid: f x 100</u>						
gemeten met						
Slipwagen RWL						
bij 30 km/h	81 - 80	86 - 84	67 - 65	67 - 65	83 - 82	37 - 37
bij 50 km/h	78 - 77	85 - 83	66 - 64	65 - 63	76 - 75	30 - 30
bij 70 km/h	75 - 74	84 - 82	65 - 63	62 - 61	64 - 64	24 - 24
bij 90 km/h	72 - 71	83 - 81	64 - 63	60 - 59	59 - 59	19 - 19
daling f in % 30-50 km	4 - 4	1 - 1	1 - 2	3 - 3	8 - 9	19 - 19
" 30-70 km	7 - 3	2 - 2	3 - 3	7 - 6	23 - 22	35 - 35
" 30-90 km	11 - 11	3 - 4	4 - 3	10 - 9	29 - 28	49 - 49
" 50-70 km	4 - 4	1 - 1	2 - 2	3 - 3	16 - 15	20 - 20
" 50-90 km	8 - 8	2 - 2	3 - 2	8 - 6	22 - 21	37 - 37
" 70-90 km	4 - 4	1 - 1	2 - 0	3 - 3	8 - 8	21 - 21
SRT waarde	82 - 82	94 - 90	73 - 70	69 - 68	93 - 90	34 - 33
<u>extuur</u>						
em. TD in mm	1,2-1,2	3,3-3,1	3,6 - 3,6	2,0-1,9	0,5-0,5	<0,1-<0,1
<u>lekheid</u>						
chokmeter inches/km	106-107	70 - 69	60 - 60	58 - 58	61 - 61	74 - 70
lagraaf afw. % C3	51- 51	24 - 24	13 - 14	13 - 13	12 - 13	17 - 17
lagraaf afw. % C5	19- 19	5 - 5	5 - 5	2 - 2	2 - 2	3 - 3

TABEL 1. Overzicht wegkenmerken.

Proefvakken met verschillende textuur



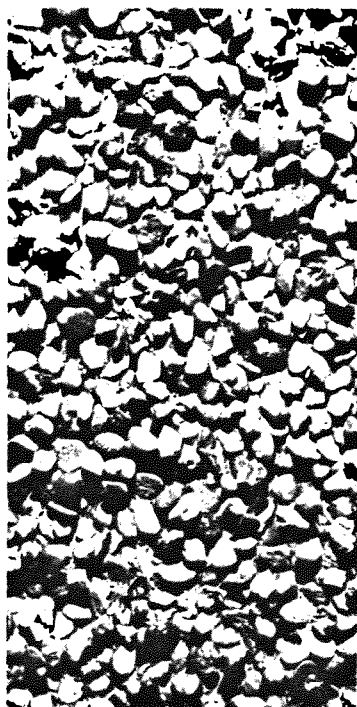
B macro + micro
ruw
TD 3,2 SRT 92



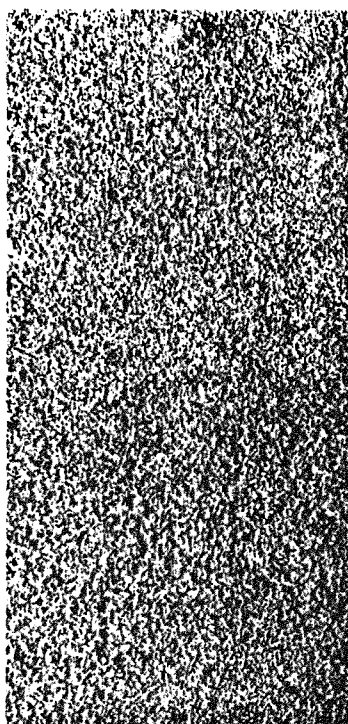
A macro + micro
ruw
TD 1,2 SRT 82



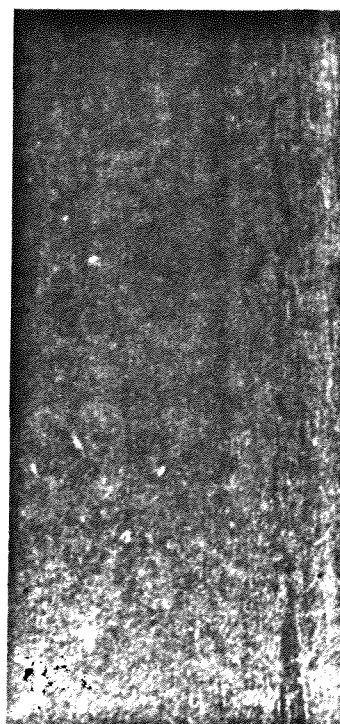
C macro ruw
TD 3,6 SRT 72



D macro ruw
TD 2 SRT 68



E micro ruw
TD 0,5 SRT 92



F glad
TD < 0,1 SRT 33

3. Gemeten banden.

Op grond van een aantal kenmerken van twaalf banden zijn 4 banden gekozen, zodanig dat deze qua eigenschappen ver uiteen liggen.

Gekozen zijn:

1. Vredestein Sprint	165 SR 13
2. Uniroyal Rallye '180	165 SR 13
3. Michelin XAS	165 HR 13
4. Pirelli Cinturato CN 53	165 SR 13

De banden 1 en 4 zijn textielgordel radiaalbanden, de andere hebben een stalen gordel.

Een overzicht van de bandkenmerken is in tabel 2 gegeven.

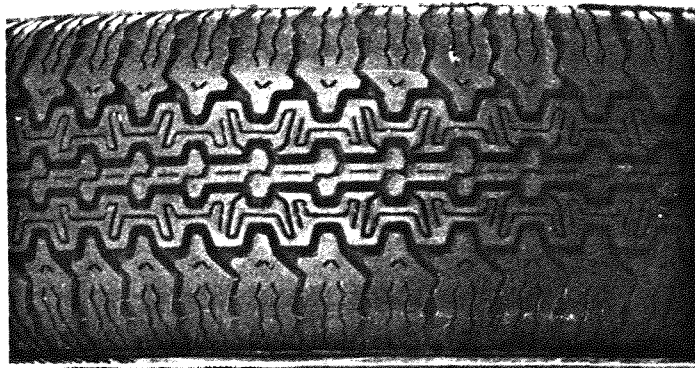
De banden zijn alle gemonteerd op $4\frac{1}{2}$ J 13 velgen en waren alle, behalve Pirelli, tubeless.

De belasting bedroeg 330 kgf bij een bandspanning van 1,8 ato.

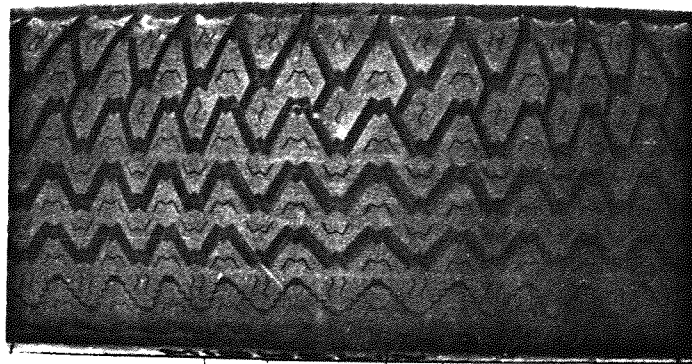
		Pirelli Cinturato CN 53		Michelin X as		Vredestein Sprint		Uniroyal Rallye 180	
		1 mm	nieuw	1 mm	nieuw	1 mm	nieuw	1 mm	nieuw
1.	glas temperatuur	199			215		227		225
	Loopvlakrubber								
	Hardheid Shore A	72	71	65	62	63	63	62	60
2.	Driftstijfheid Kg/grad	61	57,5	72,5	71,5	62	57,5	73	70,
3.	Oevergetal	3.86	6.76	5.84	5.84	4.63	5.39	4.89	4.8
4.	Luchtgetal	17	30 47	18	31 49	25	30,6 55	21	29,
5.	P_d mm	0,9		1,1		1,1		0,9	
	P_{max} kg/cm ²	1,72	2,00	1,74	2,40	1,82	2,45	1,64	2,4
	ϕ_{max} dm ³ /sec	0,20	1,29	0,10	1,21	0,30	1,95	0,15	2,0
	A kgfm/sec	2,05	16,36	0,87	17,80	3,45	28,70	1,44	29,6
6.	Resilience	37	34	36	35	42	41	36	35
7.	Gordelmateriaal	textiel		staal		textiel		staal	
8.	Profielbeschrijving	langsprofiel open schouder		langsprofiel a-symmetrisch eenzijdig gesloten schouder		blokprofiel gesloten schouder		langsprofiel gesloten schouder	

TABEL 2

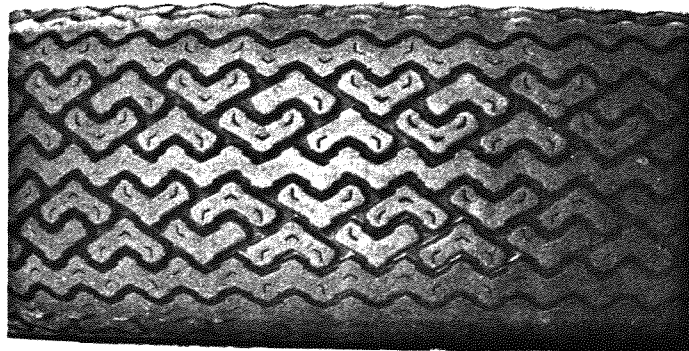
De profielen van de gemeten banden.



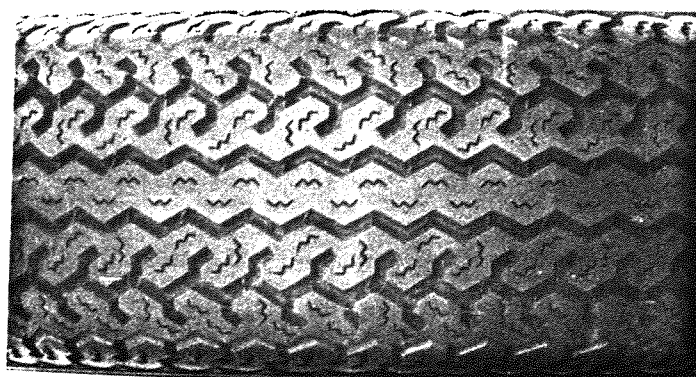
Pirelli Cinturato
CN 53



Michelin XaS



Vredestein Sprint



Uniroyal Rallye 180

4. Meetprogramma en meetmethode.

Gemeten werden de 6 wegdekken en 4 banden bij snelheden van 50, 75 en 100 km/h, terwijl de banden in nieuwe toestand en met 1 mm. gemiddelde profieldiepte werden gemeten.

Een aantal nieuwe banden werd daartoe tot 1 mm. afgeslepen.

Alle banden werden op openbare wegen onder normale omstandigheden minstens 500 km. ingereden. Er werd verondersteld dat de banden na een meting op de vakken A en B zodanige slijtageverschijnselen zouden geven, dat ze slechts één keer gemeten konden worden.

Dit bleek achteraf juist te zijn. Bepaald werd dat de banden slechts één keer op vak A en B zouden worden gemeten en slechts 3 of 4 keer op de andere vakken.

Door IWIS-TNO is een statistische proefopzet gemaakt voor de metingen. Gezien de variabelen en het aantal niveaus is het totaal aantal metingen $6 \times 4 \times 3 \times 2 = 144$.

Terwille van een zo betrouwbaar mogelijk eindresultaat is door IWIS-TNO het aantal metingen verdubbeld. Elke meting wordt twee keer gedaan in 2 herhalingen met elk een verschillend meetprogramma. De beide series van 144 metingen bestonden uit 12 blokken van elk 12 metingen. In de eerste 144 metingen werd per blok het bandtype en de snelheid gelijk gehouden. In de herhaling werd per blok de profieldiepte en het wegvak constant gehouden.

Het meetprogramma is in de bijlagen opgenomen.

Door dit meetprogramma waren van elk type band ongeveer 40 stuks nodig, 20 nieuwe en 20 afgeslepen banden. Van deze in totaal 160 banden zijn enkele eigenschappen, vnl. de non-uniformity betreffend, gemeten. Deze zijn vermeld in Rapport P 161 van het LVT.

Op de volgende foto's zijn enige beschadigingen van de loopvlakken te zien na afloop van de metingen. Dit betreft banden die slechts één meting op proefvak A of B hebben ondergaan. De blokkeringen bij 100 km/h veroorzaken dan op de nieuwe banden plaatselijk profieldiepten van ruwweg 2 à 3 millimeters, waarbij de oorspronkelijke rubber ruw uitgescheurd is.

De beschadigingen op de andere wegdekken viel wel mee.

Voor de meetmethode kan verwezen worden naar Leaflet no. 1 van het LVT. Elke meting werd vier keer uitgevoerd, vier keer remmen en vier keer driften.



Enkele voorbeelden van beschadigingen van de loopvlakken na metingen op de ruwe proefvakken A en B.

5. Resultaten.

In de tabellen 3 t/m 5 zijn de gemiddelde resultaten weergegeven. In tabel 6 zijn de temperaturen gegeven, waarbij de metingen zijn verricht. Gezien de grote spreiding in temperaturen is getracht een bepaald verband tussen buitenluchttemperatuur en de gemeten μ -waarden te vinden door middel van een regressielijn. De correlatiecoëfficiënten bleken erg laag te zijn, zodat er geen verband tussen μ en de buitenluchttemperatuur geconstateerd kon worden. (Zie grafiek 1, 2 en 3)

De gemiddelde waarden voor de hoofdeffecten en interacties zijn berekend door IWIS-TNO. In een SWOV rapport zullen deze worden besproken en geïnterpreteerd.

Wegdek

Snelheid

		A			B			C			D			E			F		
		50	75	100	50	75	100	50	75	100	50	75	100	50	75	100	50	75	100
Vredestein	nieuw	112	110	109	121	127	127	102	104	108	105	107	106	115	113	108	59	40	57
		115	116	106	133	127	120	98	101	101	101	98	100	116	110	108	53	48	38
	1mm	115	116	104	110	113	122	91	95	90	101	106	101	101	70	48	38	33	16
		116	99	97	120	125	115	88	91	91	99	89	86	97	51	38	58	35	19
Uniroyal	nieuw	129	122	109	130	128	131	98	101	103	113	111	106	107	108	98	65	36	29
		117	111	109	128	137	128	101	111	109	105	113	105	110	106	98	56	49	42
	1mm	127	115	103	123	111	114	106	92	101	114	112	105	82	51	41	41	26	14
		128	102	95	134	123	124	93	104	92	103	106	86	79	48	35	41	24	15
Pirelli	nieuw	113	112	109	109	125	124	91	101	98	104	104	101	105	104	104	50	48	43
		112	110	98	120	124	120	103	102	101	101	97	94	108	106	99	69	55	47
	1mm	105	107	99	102	112	119	78	92	88	98	94	92	111	98	65	35	29	30
		122	107	102	116	121	121	90	88	88	91	94	92	122	102	78	57	30	22
Michelin	nieuw	118	111	114	124	126	116	97	102	98	100	109	104	106	102	101	46	57	34
		113	108	103	123	125	122	99	99	101	103	106	96	108	100	94	59	50	46
	1mm	132	99	107	114	107	115	89	97	91	99	103	95	80	50	35	47	23	17
		118	107	95	119	123	119	88	87	85	98	89	79	79	57	33	59	38	24

μ x m

A - possehl

C - grof afgerond

E - fijn scherp

B - grof scherp

D - fijn afgerond

F - glad

Tabel 3.

Wegdek

Snelheid

		A			B			C			D			E			F		
		50	75	100	50	75	100	50	75	100	50	75	100	50	75	100	50	75	100
Vredestein	nieuw	84	76	71	99	102	95	79	76	81	78	71	70	93	84	73	30	22	25
	1mm	76	66	58	91	89	87	66	65	63	69	61	57	60	45	34	23	16	10
Uniroyal	nieuw	82	80	66	92	95	88	79	79	82	72	74	69	78	79	67	39	17	13
	1mm	71	68	51	89	92	87	68	70	66	66	66	58	47	35	24	21	11	9
Pirelli	nieuw	85	80	71	91	98	93	80	79	79	83	73	71	92	82	70	24	21	17
	1mm	81	78	66	94	90	88	80	77	75	74	68	65	91	82	72	34	30	21
Michelin	nieuw	76	74	70	103	90	95	82	78	73	71	71	67	75	73	62	30	28	15
	1mm	65	66	66	91	80	77	75	74	73	66	64	60	71	66	55	36	30	20
	nieuw	72	59	59	95	88	78	69	66	65	74	63	57	56	35	24	26	13	10
	1mm	75	61	52	88	83	74	60	57	58	61	54	45	60	36	20	30	22	14

A - possehi

C - grof afgerond

E - fijn scherp

B - grof scherp

D - fijn afgerond

F - glad

Tabel 4

-12-

4xb

Wegdek

Snelheid

		A			B			C			D			E			F		
		50	75	100	50	75	100	50	75	100	50	75	100	50	75	100	50	75	100
Vredestein	nieuw	19	18	17	19	18	17	19	18	17	19	18	17	19	18	17	19	18	17
	1mm	30	30	30	24	24	24	19	19	19	24	24	24	22	24	22	28	28	28
Uniroyal	nieuw	19	18	17	19	18	17	19	18	17	19	18	17	19	18	17	19	18	17
	1mm	20	20	20	28	28	28	26	26	26	24	24	24	16	16	16	21	21	18
Pirelli	nieuw	24	20	23	24	20	23	24	20	23	24	20	23	24	20	23	24	20	23
	1mm	30	30	30	24	24	24	19	19	21	24	24	24	24	22	22	28	28	28
Michelin	nieuw	24	20	23	24	20	23	24	20	23	24	20	23	24	20	23	24	20	23
	1mm	20	20	20	28	28	28	26	26	26	24	24	24	16	16	16	21	21	18
Pirelli	nieuw	12	17	14	12	17	14	12	17	14	12	17	14	12	17	14	12	17	14
	1mm	30	30	30	24	24	24	19	19	19	24	24	24	22	22	22	28	28	28
Michelin	nieuw	12	17	14	12	17	14	12	17	14	12	17	14	12	17	14	12	17	14
	1mm	20	20	20	28	28	28	26	26	26	23	23	23	16	16	16	21	21	21
Michelin	nieuw	20	18	20	20	18	20	20	18	20	20	18	20	20	18	20	20	18	20
	1mm	30	30	30	24	24	24	19	21	19	24	24	24	24	24	24	28	28	28
Michelin	nieuw	20	18	20	20	18	20	20	18	20	20	18	20	20	18	20	20	18	20
	1mm	20	20	20	28	28	28	26	26	26	24	23	23	16	16	16	18	21	21

A - possehl

B - grof scherp

C - grof afgerond

D - fijn afgerond

E - fijn scherp

F - glad

Tabel 6

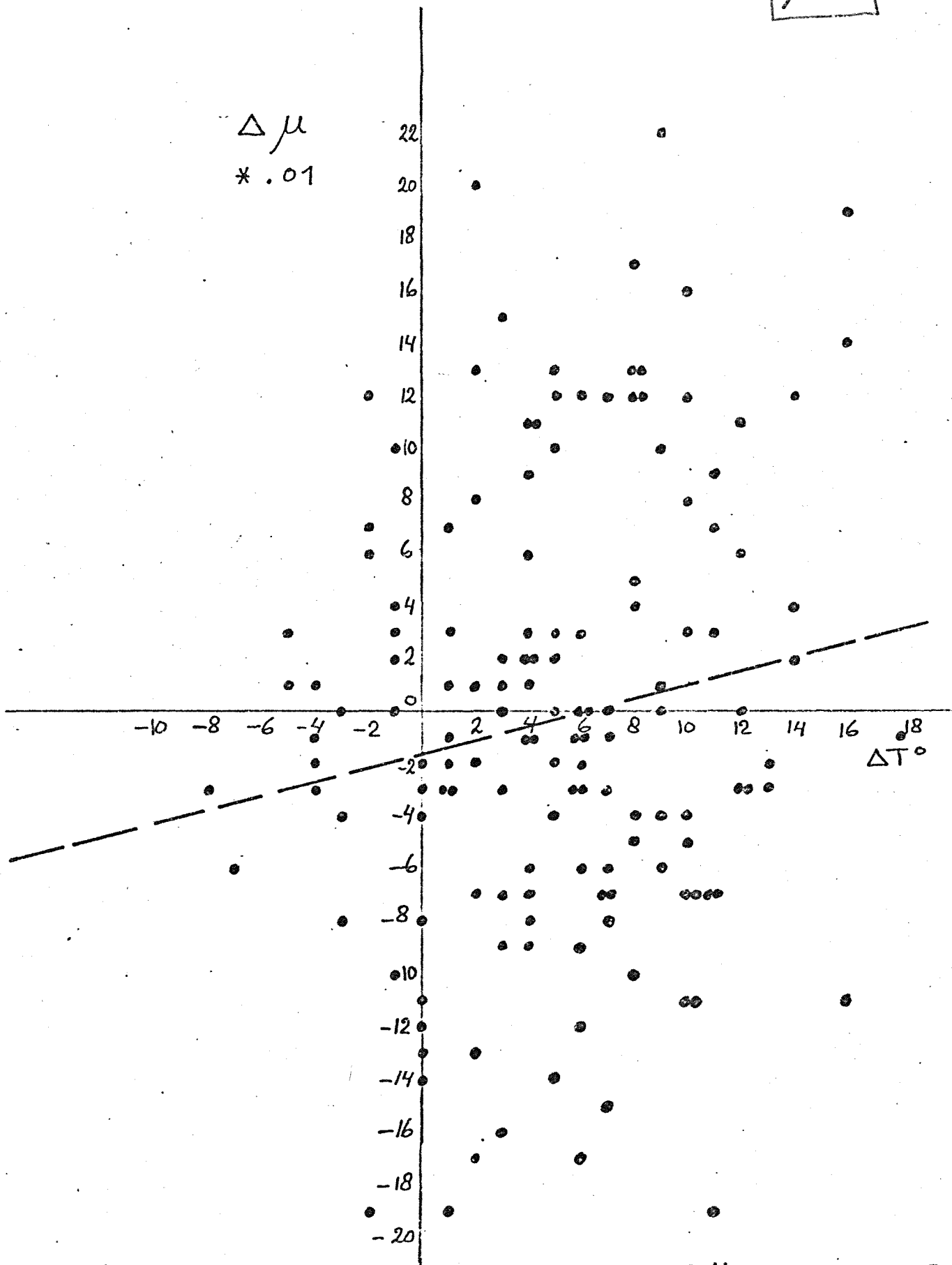
temp.

μ

1/4

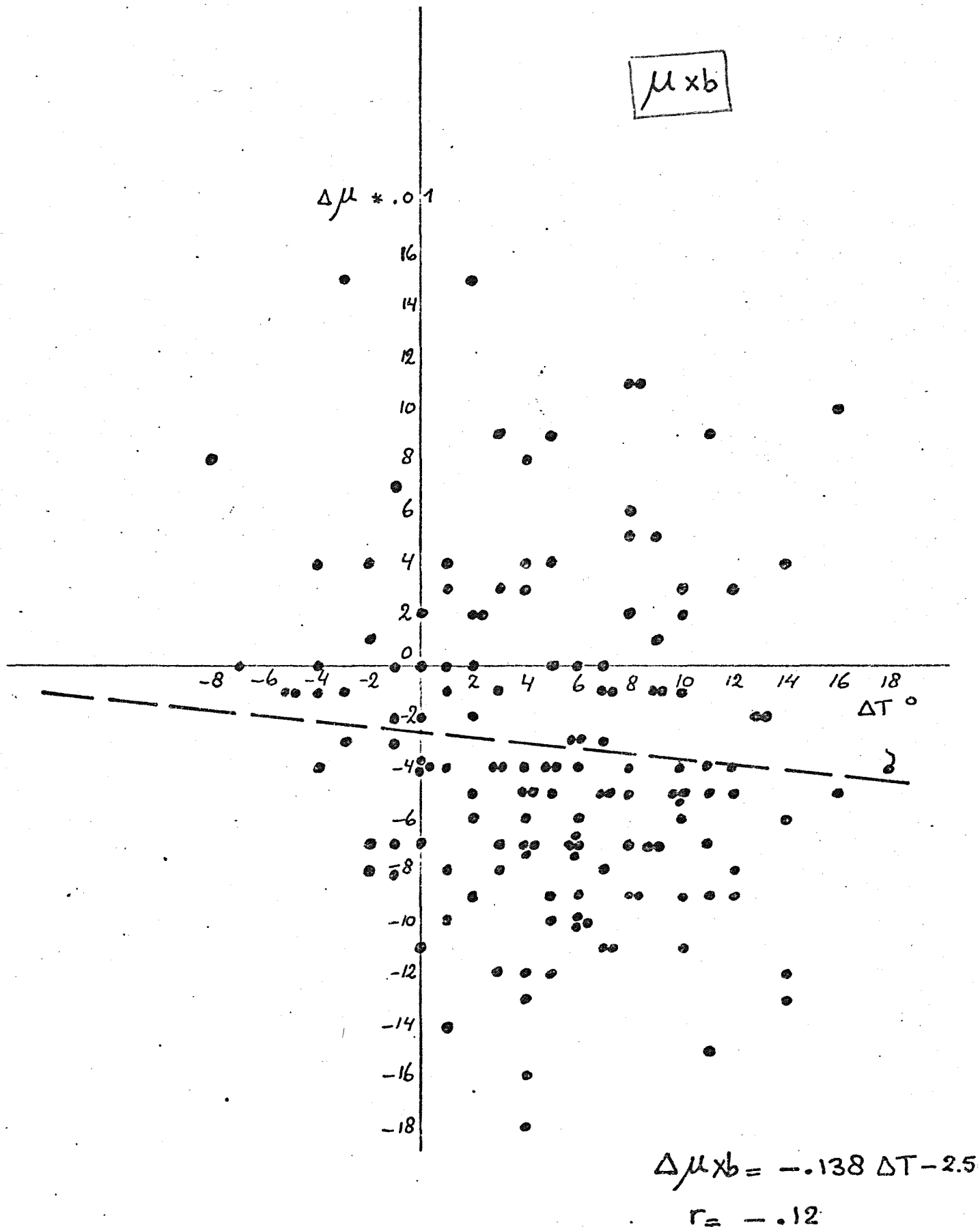
$\mu \times m$

$\Delta \mu$
* .01

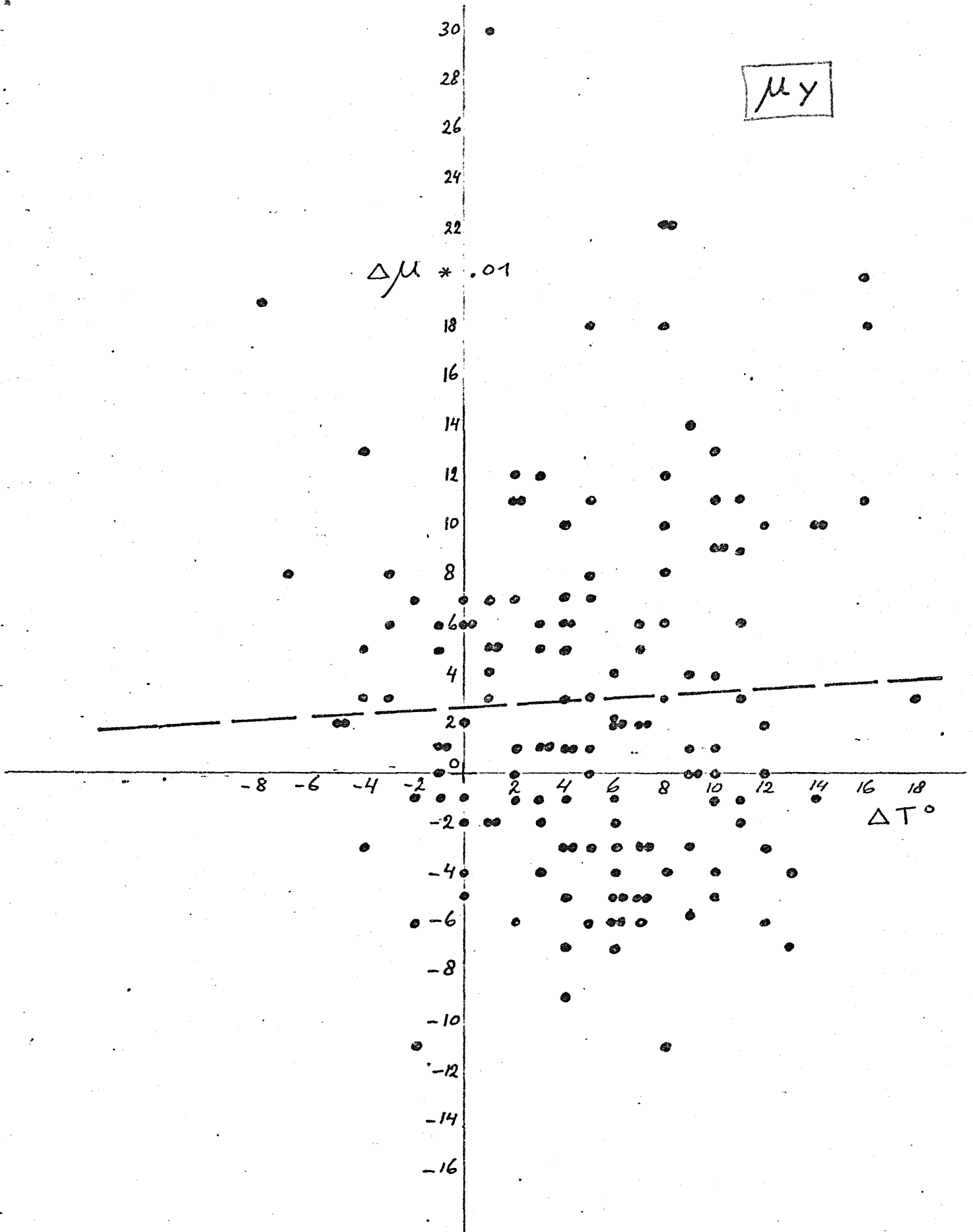


$\Delta \mu \times m = .259 \Delta T - 1.5$
 $r = .15$

Grafiek 1



Grafiek 2



$$\Delta \mu y = .060 \Delta T + 2.62$$

$$r = .04$$

Grafiek 3

Bijlage 6

Rapport no. P169 van het Laboratorium voor Voertuigtechniek
van de Technische Hogeschool Delft.

LABORATORIUM VOOR VOERTUIGTECHNIEK
TECHNISCHE HOGESCHOOL DELFT

Telefoon 01730-33222, toestel 6644

Mekelweg 2, Delft

Rapport No: P 169

Onderwerp: Slipweerstandsmetingen op enkele proefvakken op RW 12 bij
Bunnik.

Uitgevoerd door: Ir. A. Dijks

Datum van uitvoering: januari 1974

Opdrachtgever: Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid.

Dit rapport mag geheel of gedeeltelijk slechts worden gepubliceerd of voor reclamedoeleinden worden gebruikt met schriftelijke toestemming van de Technische Hogeschool te Delft.
Aanvragen om advies worden alleen behandeld op voorwaarde, dat de aanvrager afstand doet van ieder recht op aansprakelijkheid terzake van het gegeven of te geven advies.

INLEIDING

Uit de resultaten van de 2e fase metingen voor de SWOV (rapport P 162) wordt getracht de gemeten μ -waarden te verklaren uit de wegdek-eigenschappen. Men kan een meest waarschijnlijk verband bepalen tussen de wegdek eigenschappen, snelheid, eventueel profieldiepte, enz. Behoefte bestond om deze verbanden te checken op meerdere metingen.

Bij Bunnik liggen een aantal proefvakken van Rijkswaterstaat, (Rijkswegenbouw laboratorium), waarvan de textuurdiepte en de SRT waarde bekend zijn.

Dank zij de autoloze zondag (9 december 1973) zijn deze proefvakken voor metingen toegankelijk geworden. Een ontheffing van het zondags rijverbod werd verkregen.

Meetomstandigheden

De metingen zijn verricht met de bandenmeetwagen op de bekende wijze. Vijf Vredestein Sprint banden zijn ingereden met een gehuurde Chrysler 160 over 500 km.

De belasting bij de metingen bedroeg 330 kgf bij een bandspanning van 1,8 ato.

De banden hadden de maat 165 SR13 op 4,5 J 13 velgen. Er is een waterlaagdikte van 0,6 mm gespreid. Gemeten is bij 50 en 100 km/h.

De wegvakken 1, 4, 7 en 9 zijn gemeten. Deze bevinden zich op de noordbaan, op de aangegeven km aanduiding. Er is gemeten op de rijstrook en op de inhaalstrook.

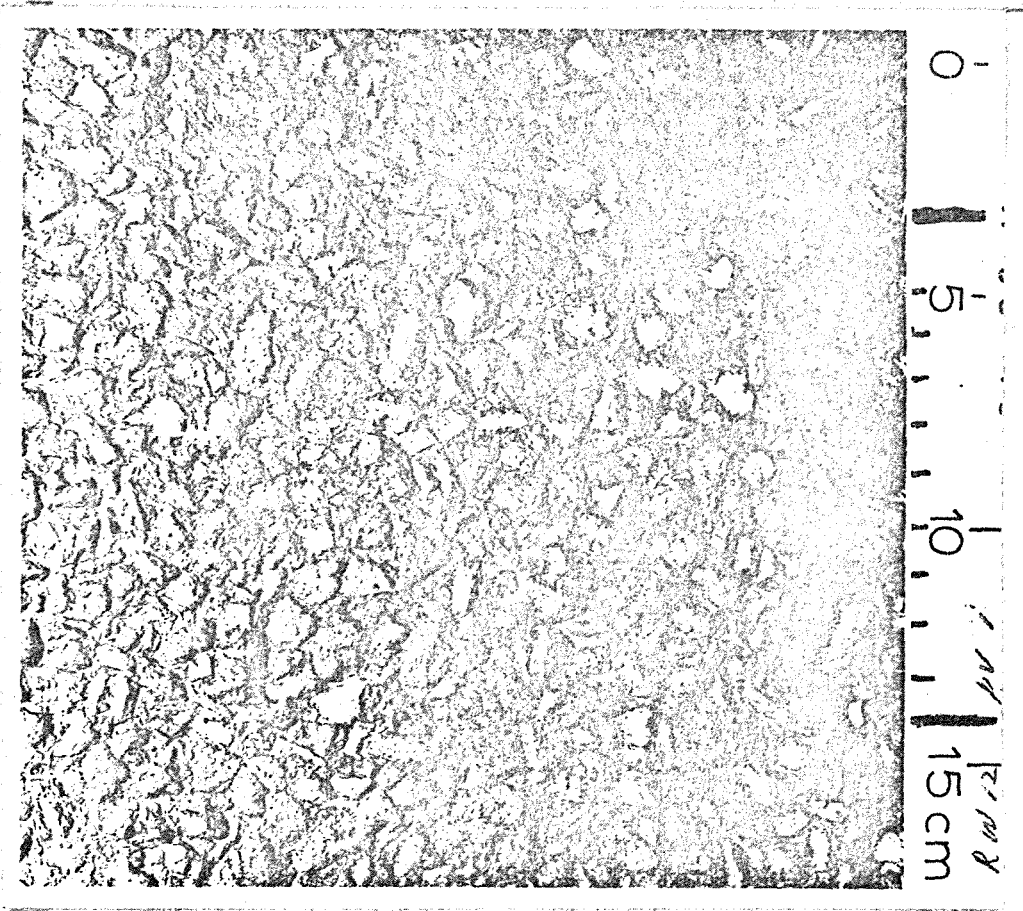
		rijstrook		inhaalstrook	
		SRT	TD	SRT	TD
Vak 1	open asfalt beton, dit is het mengsel voor huidige nieuwe wegen - km. 64.2 - 63.9	70	1.3	70	1.0
Vak 4	oppervlakte behandeling teer-asfalt bitumen en kiezelsplit 5/8 km 61.85-61.6	66	.5	71	.6
Vak 7	open asfalt beton, eisen 1967 km 60.75 - 60.45	71	1.5	73	1.4
Vak 9	grof dicht asfalt beton km 59.2 - 58.8	69	.5	70	.7

De textuurdiepte van de rijstrook is voor de vakken 1 en 7 hoger dan van de inhaalstrook, ondanks het feit dat deze laatste veel minder intensief wordt bereden. Dit is te danken aan de steenslag die onder intensief en zwaar verkeer afbrokkelt en zo een vrij grote textuurdiepte in stand houdt. De SRT waarden zijn op de rijstrook lager, hetgeen op een grotere mate van polijsting duidt, vergeleken met de inhaalstrook.

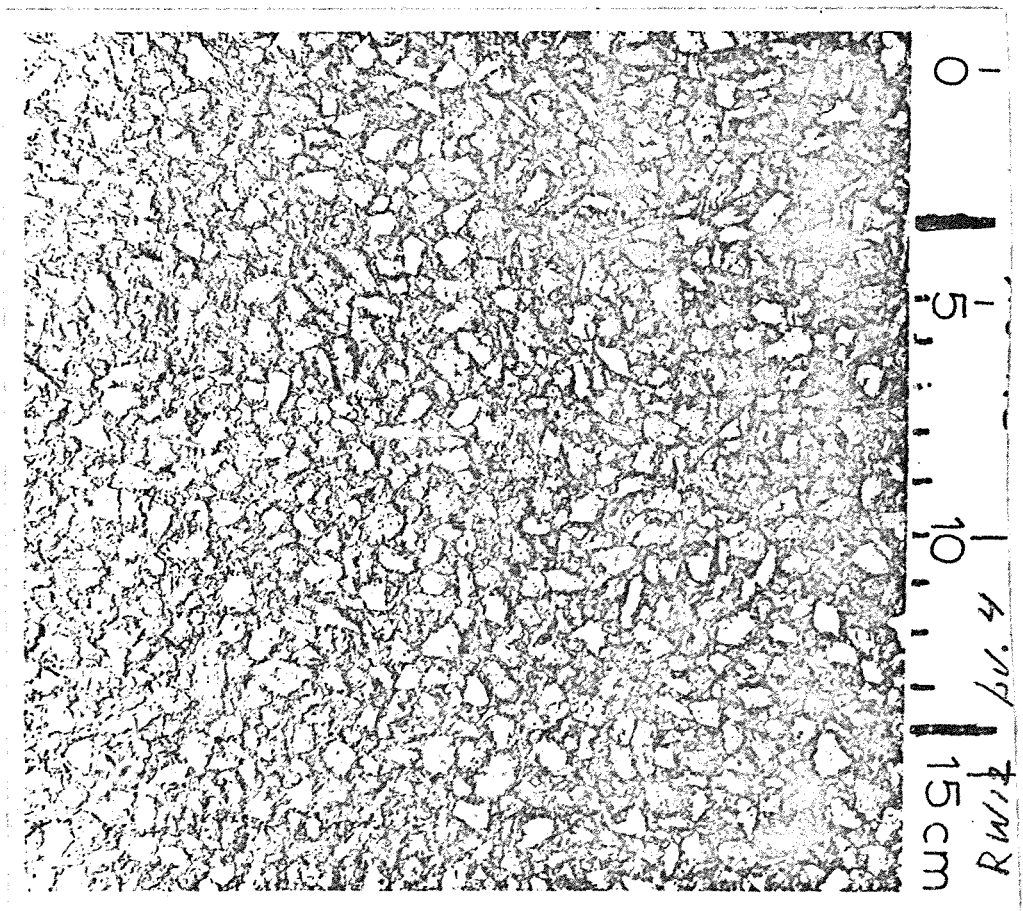
De proefvakken waren vrij kort, zodat de metingen bij 100 km/h in 4 ritten verricht moesten worden, waarbij in één rit twee keer geremd of gedrift kon worden.

Alle metingen bij 50 km/h zijn met één band verricht, de metingen bij 100 km/h met een andere.

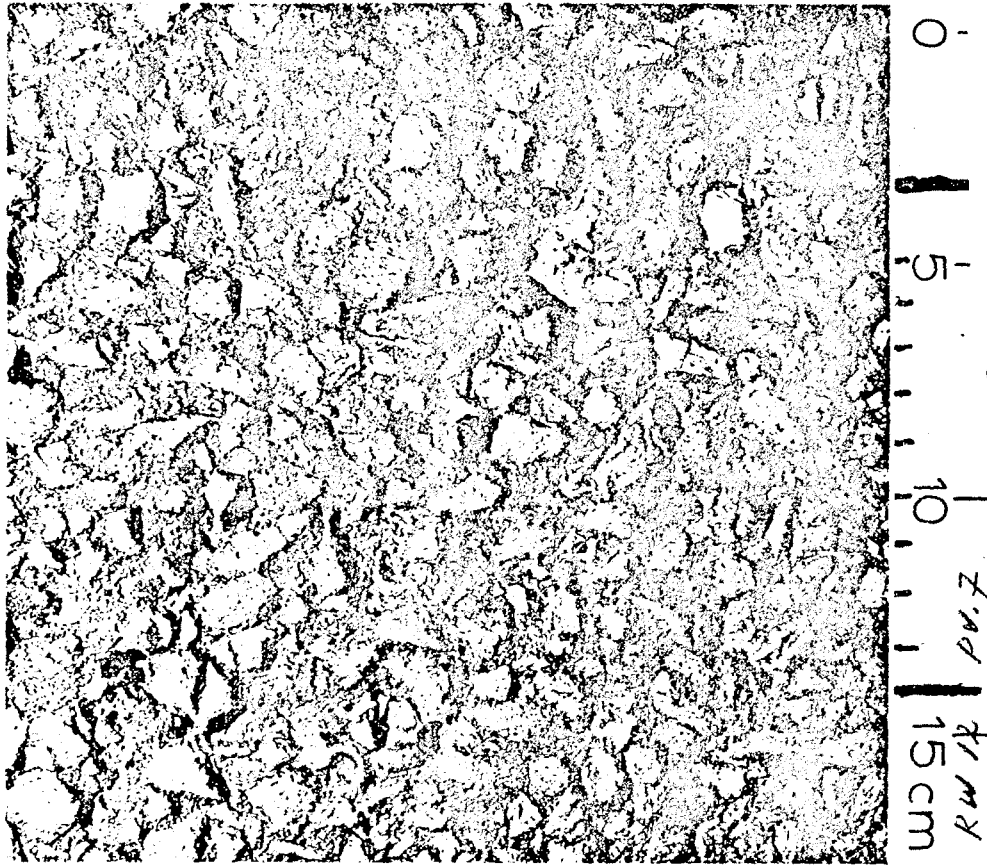
Na deze metingen bleek de watertank (3000 l) vrijwel leeg te zijn.



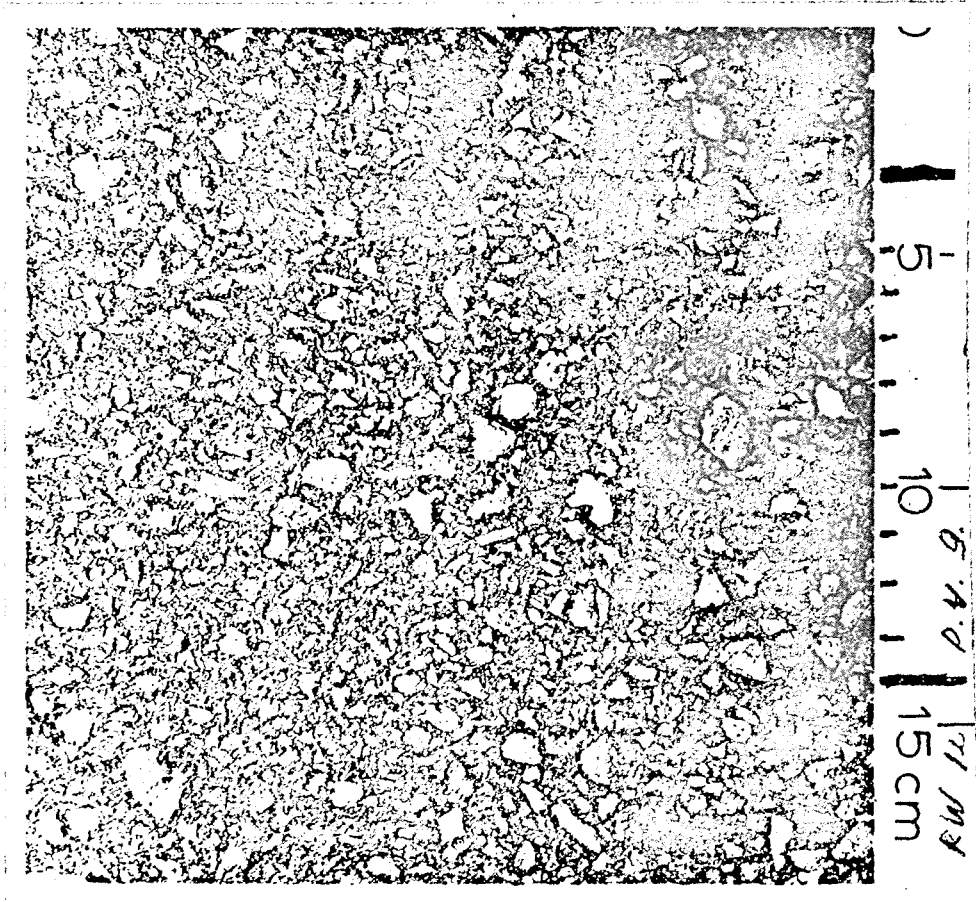
proefvak 1



proefvak 4



proefvak 7



proefvak 9

Resultaten

De gemiddelde resultaten zijn weergegeven in de volgende tabel.

proefvak	snelheid	rijstrook			inhaalstrook		
		μ_{xm}	μ_{xb}	μ_y	μ_{xm}	μ_{xb}	μ_y
1	50	.93	.58	.71	1.01	.63	.74
1	100	.90	.57	.69	.92	.49	.73
4	50	1.00	.60	.67	1.08	.66	.71
4	100	.84	.44	.64	.94	.49	.71
7	50	.96	.63	.75	.98	.67	.77
7	100	.88	.49	.69	.93	.52	.74
9	50	.96	.67	.68	1.03	.64	.72
9	100	.91	.50	.65	.95	.53	.71

De individuele meetresultaten zijn in de bijlagen gegeven.

Bij de metingen trad een eigenaardigheid op en dat was dat de spreiding in de waarden voor μ_{xb} groter was dan normaal. Dit zou op een inhomogeen wegdek kunnen duiden maar daarmee is de bijzonder kleine spreiding in μ_{xm} in tegenspraak. Ook in dwarsrichting is de spreiding gering. De temperaturen tijdens de metingen waren erg laag (3° à 4°C) en ondanks de autoloze zondag werd er frequent zout gestrooid.

Op de wrijvingsproefstand in ons laboratorium is nagegaan of er een invloed van wegenzout is te vinden. Hierbij zijn proefblokjes rubber getrokken over asfalt beton stroken die nat gemaakt zijn met een verzadigde oplossing van wegenzout in water. Als rubberblokje is een stukje van het loopvlak van een Uniroyal Rallye 180 band genomen. De maximale snelheid waarmee getrokken kan worden bedraagt slechts 1 cm/sec. Bij deze metingen was geen invloed van wegenzout vast te stellen.

In het algemeen waren de gevonden waarden voor μ op de inhaalstrook

duidelijk hoger, ook voor wegvak 1 hoewel daar de SRT waarden gelijk waren en de TD voor de rijstrook hoger was. Alleen de blokkeerwaarde bij 100 km/h was op de rijstrook hoger dan op de inhaalstrook.

De meetresultaten zijn voor verdere bewerking doorgegeven aan de SWOV en IWIS-TNO die een correlatieprogramma uitvoert.

ZONDAG 9 DECEMBER 1973 BUNNIK

NR.	WEG	SNELHEID	ULM	ULB	UD	ULG	SA	%	UBG	SA	%	UDG	SA	%	TEMP (GR)				
1	1	50	99	55	73														
			91	70	69														
			84	61	70														
			100	52	72														
			92	52															
2	4	50	105	53	67	.93	5	6	.58	6	10	.71	2	2		3			
			102	50	68														
			100	63	67														
			93	73	68														
						1.00	4	4	.60	9	14	.67	1	1				3	
3	7	50	98	72	71														
			104	58	73														
			88	68	71														
			93	54	86														
						.96	6	6	.63	7	11	.75	6	8				3	
4	9	50	104	67	70														
			97	71	68														
			85	73	67														
			97	56	69														
						.96	7	7	.67	6	10	.68	1	1				3	
5	11	50	107	52	77														
			92	74	72														
			98	68	75														
			105	59	72														
						1.01	6	6	.63	8	13	.74	2	3				3	
6	44	50	112	55	70														
			106	62	71														
			109	74	73														
			106	74	72														
						1.08	2	2	.66	8	12	.71	1	1				3	

7	77	50	102	74	80												
			97	55	75												
			101	74	78												
			93	66	75												
						.98	4	4	.67	8	11	.77	2	3			3
8	99	50	113	62	72												
			104	54	71												
			96	77	72												
			100	63	72												
						1.03	6	6	.64	8	13	.72	1	1			3
9	1	100	88	58	68												
			84	60	70												
			99	57	68												
			91	53	69												
						.90	5	6	.57	2	4	.69	1	1			4
10	4	100	89	58	63												
			82	42	65												
			86	36	63												
			81	39	63												
						.84	3	4	.44	8	19	.64	1	1			4
11	7	100	90	37	66												
			90	57	70												
			88	61	69												
			85	40	70												
						.88	2	2	.49	10	20	.69	1	2			4
12	9	100	92	43	63												
			92	61	66												
			91	46	64												
			91	50	68												
						.91	0	0	.50	7	13	.65	2	3			4

13	11	100	93	42	73	.92	1	1	.49	7	15	.73	0	1	4
			93	58	73										
			93	41	73										
			90	54	74										
14	44	100	96	54	69	.94	2	2	.49	4	9	.71	1	2	4
			95	53	73										
			94	43	71										
			91	48	72										
15	77	100	92	49	74	.93	3	3	.52	6	12	.74	2	3	4
			88	43	72										
			96	57	73										
			96	58	77										
16	99	100	94	62	69	.95	1	1	.53	10	18	.71	2	3	4
			93	43	71										
			95	44	70										
			96	64	75										

Bijlage 7

Opstellen van de mathematische relatie tussen de remkracht- en spoorkrachtcoëfficiënten enerzijds en de wegdekkenmerken en snelheid anderzijds.

Aanhangsel 1 Toelichting op het programma "Stepwise multiple regression"

Aanhangsel 2 Resultaten model 1

Aanhangsel 3 Resultaten van analyse van stroefheidsgegevens

1. UITGANGSPUNTEN

Een belangrijke doelstelling van deze fase van het onderzoek was te komen tot aanbevelingen voor beleidsmaatregelen. Het is daarom van bijzonder belang te beschikken over een eenvoudige formule voor de wrijvingscoëfficiënten in afhankelijkheid van wegdekkenmerken en snelheid. Hiermee kan de wegbeheerders een instrument in handen worden gegeven om te bepalen of het wegdek aan bepaalde eisen voldoet. Om tot een eenvoudige formule te komen is als werkwijze gekozen het opstellen van een hypothese en deze toetsen m.b.v. de meetresultaten. In de hypothese is er van uitgegaan dat de wrijvingscoëfficiënten goed te beschrijven zijn in een lineair model. Een toelichting op het hiervoor gebruikte meervoudige regressiemodel is opgenomen in Aanhangsel 1.

2. OPSTELLEN MODEL

In eerste instantie bestond het probleem erin de factoren en interacties zo goed mogelijk in het model te verwerken. Zo goed mogelijk wil zeggen dat de in het model voorkomende termen een zo groot mogelijke verklaring zouden geven voor de wrijvingscoëfficiënten. Voordat het definitieve model tot stand kwam zijn enkele alternatieve benaderingswijzen toegepast. Voor het vinden van de termen in de formule is begonnen met de volgende punten:

- Er zijn geen redenen om te veronderstellen dat er een correlatie bestaat tussen SRT en \overline{TD} . Deze grootheden kunnen de micro- en macrostructuur van het wegdek redelijk beschrijven.
- De textuurdiepte kan een verklaring geven voor de tweefactor-interactie wegdektype - snelheid.
- Het interpreteren van een hoofdeffect is niet goed mogelijk zolang er nog interacties zijn.
- Vanwege de stroming van water door kanaaltjes is het niet onaannemelijk dat de textuurdiepte niet alleen een eerste-grads, maar ook een tweedegrads verband heeft met \sqrt{u} .
- Aangezien de verschillen tussen bandtypen zeer klein zijn, zijn deze verschillen verwaarloosd. Alle waarnemingen worden dus beschouwd te hebben plaats gehad met hetzelfde bandtype.

Deze uitgangspunten leveren de volgende mogelijkheden voor wegdekkenmerken, snelheid en gemiddelde profieldiepte:

$$\sqrt{u} = a \text{ SRT} + b \frac{TD}{v}$$

of

$$\sqrt{u} = a \text{ SRT} + b \frac{TD^2}{v}$$

Nemen we de profieldiepte als aparte factor mee dan krijgen we:

$$\sqrt{u} = a \text{ SRT} + b \frac{TD}{v} + c \frac{p}{v}$$

of

$$\sqrt{u} = a \text{ SRT} + b \frac{TD^2}{v} + c \frac{p^2}{v}$$

De resultaten van deze mogelijkheden aan de hand van de metingen op Woensdrecht zijn opgenomen in Aanhangsel 2.

3. AANVULLENDE METINGEN

Aan de op deze wijze verkregen formules kleefden twee bezwaren.

Allereerst zijn de formules gebaseerd op weinig gegevens. Het is daarom niet goed mogelijk na te gaan of een andere combinatie van factoren en interacties niet tot betere resultaten zou leiden. Aan de hand van stroefheid en wegdekgegevens van het Rijkswegenbouwlaboratorium is met aanzienlijk meer gegevens nader onderzocht welke termen in de formule de grootste bijdrage leveren aan de verklaring van μ . Dit is weergegeven in Aanhangsel 3.

Als tweede bezwaar tegen de eerste reeks formules gold dat de resultaten op geen enkele wijze waren gebaseerd op in de praktijk voorkomende wegdekken. Om wat meer inzicht te krijgen in de juistheid van de termen die middels de stroefheidscijfers waren verkregen, zijn aanvullende metingen verricht op de proefvakken van het Rijkswegenbouwlaboratorium op rijksweg 12 nabij Bunnik (bijlage 6). Bij deze metingen is uitsluitend gebruik gemaakt van Vredestein Sprint banden.

Met behulp van de via stroefheidscijfers verkregen termen en de resultaten van Woensdrecht en Bunnik zijn de formules opnieuw uitgerekend. Dit is eveneens opgenomen in Aanhangsel 3. Van de metingen op Woensdrecht zijn hiervoor uitsluitend de resultaten gebruikt die gemeten zijn met de Vredestein band. Dit type band is ook in Bunnik gebruikt.

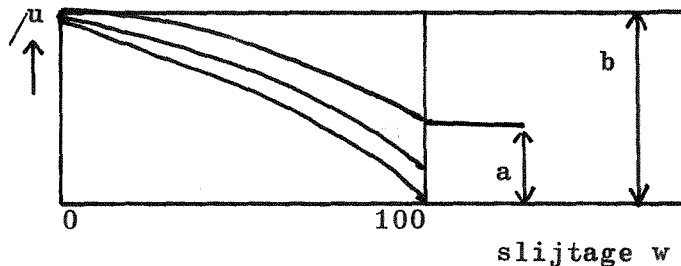
In deze formule blijkt de term $\frac{v}{TD}$ belangrijk te zijn. De termen $SRT^2 * TD$ en $SRT * TD$ geven voor μ_{xm} een positieve bijdrage wanneer $SRT > 75$ en een negatieve bijdrage als $SRT < 75$. Voor μ_{xb} is het omslagpunt 65 en voor μ_y is het 58. In Engeland geldt voor de SRT een richtwaarde van 60. De formules geven voor extremen (zeer glad wegdek) een minder goede aanpassing, hetgeen te verwachten was op grond van de gevolgde methodiek.

4. NADERE ANALYSE DEFINITIEF MODEL

Bij een nadere beschouwing van de gevolgde werkwijze en de gevonden resultaten blijken steeds termen voor te komen die betrekking hebben op een slijtagefactor, een hydrodynamische factor en een adhesie factor. Dit is aanleiding geweest het model nog eens langs analytische weg op te bouwen.

De wrijvingscoëfficiënten kunnen als volgt opgebouwd gedacht worden:

$\mu = (\text{slijtagefactor}) (\text{hydrodynamische factor}) (\text{adhesie factor})$. De slijtagefactor kan op grond van door het Laboratorium voor Voertuigtechniek uitgevoerd onderzoek [4] als volgt beschouwd worden:



Het verloop van de krommen, die het verloop van μ geven afhankelijk van de bandslijtage (profiel diepte), wordt gegeven door:

$$\mu_{\text{profiel diepte}} = a + b \sqrt{1 - \frac{w}{100}} \quad w = \text{slijtage met } 0 \leq w \leq 100$$

$$\mu_{\text{nieuw}} = a + b \text{ waarbij } b \text{ afhankelijk is van snelheid, textuur diepte etc.}$$

$$\mu_{\text{kaal}} = a$$

Indien we de slijtagefactor, afhankelijk van het bandtype, kennen, dan kunnen we voor nieuwe banden de hydrodynamische en de adhesie factor opzetten:

$$\mu = \left[1 - f \left(\frac{v}{TD} ; \frac{v}{D_{\text{band}}} \right) \right] \left[f \left(\text{SRT} ; A_{\text{band}} \right) \right]$$

met

v = snelheid

TD = textuurdiepte

D_{band} = banddrainageterm (profiel diepte)

SRT = SRT-waarde, gerelateerd met adhesie van het wegdek

A_{band} = band adhesie term (rubbersamenstelling)

Indien we de verschillen tussen bandtypen verwaarlozen krijgen we:

$$\sqrt{u} = a_1 + a_2 \frac{v}{TD} + a_3 v + a_4 SRT + a_5 v SRT + a_6 \frac{v}{TD} SRT$$

De coëfficiënten kunnen nu uit de meetresultaten berekend worden. Nemen we nu de resultaten van Woensdrecht voor nieuwe banden dan krijgen we de volgende formules:

$$\sqrt{u_{xm}} = 0.397 + 0.94 \frac{SRT}{100} - \frac{v}{100} \left(0.0017 \frac{SRT}{TD} - \frac{0.028}{TD} \right)$$

$R = 0.990 \quad S = 0.038$

$$\sqrt{u_{xb}} = 0.133 + 0.95 \frac{SRT}{100} - \frac{v}{100} \left(0.0017 \frac{SRT}{100} - \frac{0.035}{TD} + 0.0010 SRT \right)$$

$R = 0.985 \quad S = 0.038$

$$\sqrt{u_y} = 0.520 + 0.58 \frac{SRT}{100} - \frac{v}{100} \left(0.0010 \frac{SRT}{TD} \right)$$

$R = 0.985 \quad S = 0.034$

De multiële correlatiecoëfficiënten zijn erg hoog, hetgeen betekent dat de gevonden formules de wrijvingscoëfficiënten goed beschrijven. De standaarddeviatie is in de orde van grootte van de meetresultaten.

Bijlage 7 Aanhangsel 1

Toelichting op het programma "Stepwise multiple regression".

Toelichting op het programma: "Stepwise multiple regression"

Zij gegeven het meervoudige regressiemodel:

$$y = \beta_0 + \sum_{k=1}^p \beta_k x_k + \underline{\varepsilon}$$

waarin y = de te verklaren variabele
 $\{x_k\}_{k=1, \dots, p}$ = verzameling X van de verklarende variabelen
 $\{\beta_k\}_{k=0, \dots, p}$ = verzameling B van de te schatten parameters
 $\underline{\varepsilon}$ = stochastische variabele met $\underline{\varepsilon} \sim N(0, \sigma^2)$

In bovenstaand model wordt p vast verondersteld.

De stapsgewijze meervoudige regressieprocedure onderzoekt of y door een deelverzameling van X verklaard kan worden en wel op de volgende manier:

Stap 1: Bereken de enkelvoudige correlatiecoëfficiënten tussen de variabelen y en x_k , $k=1, \dots, p$. Zij x_1 de variabele met de hoogste correlatie.

Toets de nulhypothese: géén der p variabelen x_k in de regressie, tegen de alternatieve hypothese: alleen x_1 in de regressie.

De waarde van de toetsingsgrootheid t , die onder de nulhypothese student-verdeeld is, staat in de output in de kolom onder T VALUE.

Is de toetsing significant, beschouw dan het model $y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \underline{\varepsilon}$ en voer een normale meervoudige regressie uit. Ga naar stap 2.

Is de toetsing niet significant, beëindig de procedure:

we nemen geen enkele verklarende variabele in ons model op.

Stap 2: Bereken voor elke variabele x_k , $k=2, \dots, p$, de toetsingsgrootheid t voor de toets: Nulhypothese: alléén variabele x_1 in regressie, tegen de alternatieve hypothese: alleen variabelen x_1 en x_k in regressie. Zij x_2 de variabele met de grootste toetsingsgrootheid t . Is de toetsing voor x_2 significant, beschouw dan het model

$$y = \beta_0 + \sum_{k=1}^2 \beta_k x_k + \underline{\varepsilon}$$

en voer een normale meervoudige regressie uit. Ga naar A.

Is de toetsing voor x_2 niet significant, beëindig de procedure: de enige verklarende variabele, die we in ons model opnemen, is x_1 .

A: Toets de nulhypothese: alleen variabele x_2 in regressie, tegen de alternatieve hypothese: alleen variabelen x_1 en x_2 in regressie. Is de toetsing significant, laat variabelen x_1 en x_2 in regressie en ga naar stap 3A.

Is de toetsing niet significant, verwijder x_1 uit regressie en ga naar stap 3B.

Stap 3:

A: Bereken voor elke variabele x_k , $k=3, \dots, p$, de toetsingsgrootheid t voor de toets: Nulhypothese: alleen variabelen x_1 en x_2 in regressie, tegen de alternatieve hypothese: alléén variabelen x_1 , x_2 en x_k in regressie. Zij x_3 de variabele met de grootste toetsingsgrootheid t . Is de toetsing voor x_3 significant, beschouw dan het model

$$y = \beta_0 + \sum_{k=1}^3 \beta_k x_k + \underline{\xi}$$

en voer een normale meervoudige regressie uit. Ga naar A1.

Is de toetsing voor x_3 niet significant, beëindig de procedure: de enige verklarende variabelen, die we in ons model opnemen, zijn x_1 en x_2 .

A1: Onderzoek of, door x_3 in het model op te nemen, x_1 of x_2 eruit verwijderd kunnen worden door de volgende twee toetsen uit te voeren:

Toets 1: Nulhypothese: alleen variabelen x_2 en x_3 in regressie, tegen de alternatieve hypothese: alleen x_1 , x_2 en x_3 in regressie.

Toets 2: Nulhypothese: alleen variabelen x_1 en x_3 in regressie, tegen de alternatieve hypothese: alleen x_1 , x_2 en x_3 in regressie.

Zijn beide toetsingen significant, laat x_1 , x_2 en x_3 in regressie en ga naar stap 4A.

Is alleen toetsing 1 significant, verwijder x_2 uit regressie en ga naar stap 4B.

Is alleen toetsing 2 significant, verwijder x_1 uit regressie en ga naar stap 4C.

Zijn geen van beide toetsingen significant, verwijder de variabele met de kleinste toetsingsgrootheid t . Ga afhankelijk hiervan naar stap 4B of stap 4C.

B: Beschouw het model $y = \beta_0 + \beta_2 x_2 + \underline{\xi}$ en voer een normale meervoudige regressie uit. Ga naar stap 4D.

Stap 4:

A: Onderzoek welke variabele x_k , $k=4, \dots, p$ naast x_1 , x_2 en x_3 in de regressie komt.

B: Beschouw het model $y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_3 x_3 + \underline{\epsilon}$ en voer een normale meervoudige regressie uit. Ga naar de volgende stap (hier niet verder besproken) waar onderzocht wordt welke variabele x_k , $k=4, \dots, p$ naast x_1 en x_3 in de regressie komt.

C: Beschouw het model

$$y = \beta_0 + \sum_{k=2}^3 \beta_k x_k + \underline{\epsilon}$$

en voer een normale meervoudige regressie uit. Ga naar de volgende stap (hier niet verder besproken) waar onderzocht wordt welke variabele x_k , $k=4, \dots, p$ naast x_2 en x_3 in de regressie komt.

D: Onderzoek welke variabele x_k , $k=3, \dots, p$ naast x_2 in de regressie komt.

Enz.

Opmerkingen: 1. Stap 4A en stap 4D zijn niet geheel uitgewerkt. Zij gaan echter mutatis mutandis analoog aan stap 3A.

2. Alle toetsen geschieden met een op te geven onbetrouwbaarheid.

Samenvatting:

De stapsgewijze meervoudige regressieprocedure begint met één verklarende variabele in het model op te nemen en bekijkt vervolgens per stap op grond van t-toetsen of het model met één verklarende variabele vermeerderd dan wel verminderd moet worden. De procedure wordt beëindigd, indien op grond van t-toetsen blijkt dat het tot dan toe verkregen model niet wezenlijk verbeterd wordt door aan het model een verklarende variabele toe te voegen.

Bijlage 7 Aanhangsel 2

Resultaten model 1.

Meting 1

Interactie wegdektype × snelheid

$$\mu_{ws} = 11.06 + 0.96 \times \text{SRT} + 450.92 \times \frac{\text{TD}}{\text{S}}$$

$$\mu_{ws} = 10.48 + 1.04 \times \text{SRT} + 84.48 \times \frac{\text{TD}^2}{\text{S}}$$

Interactie wegdektype × snelheid × profieldiepte

$$\mu_{wsp} = 3.57 + 0.97 \times \text{SRT} + 409.24 \times \frac{\text{TD}}{\text{S}} + 129.55 \times \frac{\text{P}}{\text{S}}$$

$$\mu_{wsp} = 4.20 + 1.05 \times \text{SRT} + 77.75 \times \frac{\text{TD}^2}{\text{S}} + 17.55 \times \frac{\text{P}^2}{\text{S}}$$

Meting 2

Interactie wegdektype x snelheid

$$\mu_{ws} = - 6.11 + 0.75 \times \text{SRT} + 536.68 \times \frac{\text{TD}}{\text{S}}$$

$$\mu_{ws} = - 6.65 + 0.82 \times \text{SRT} + 121.66 \times \frac{\text{TD}^2}{\text{S}}$$

Interactie wegdektype x snelheid x profieldiepte

$$\mu_{wsp} = - 14.03 + 0.76 \times \text{SRT} + 493.61 \times \frac{\text{TD}}{\text{S}} + 132.46 \times \frac{\text{P}}{\text{S}}$$

$$\mu_{wsp} = - 13.32 + 0.83 \times \text{SRT} + 114.88 \times \frac{\text{TD}^2}{\text{S}} + 17.91 \times \frac{\text{P}^2}{\text{S}}$$

Meting 3

Interactie wegdektype x snelheid

$$\mu_{ws} = 7.82 + 0.94 \times \text{SRT} + 281.19 \times \frac{\text{TD}}{\text{S}}$$

$$\mu_{ws} = 7.44 + 0.99 \times \text{SRT} + 49.64 \times \frac{\text{TD}^2}{\text{S}}$$

Interactie wegdektype x snelheid x profieldiepte

$$\mu_{wsp} = 3.71 + 0.95 \times \text{SRT} + 258.50 \times \frac{\text{TD}}{\text{S}} + 68.53 \times \frac{\text{P}}{\text{S}}$$

$$\mu_{wsp} = 4.03 + 1.00 \times \text{SRT} + 45.96 \times \frac{\text{TD}^2}{\text{S}} + 9.11 \times \frac{\text{P}^2}{\text{S}}$$

Bijlage 7 Aanhangsel 3

Resultaten van de analyse van stroefheidsgegevens.

Statistische analyse van de eventuele samenhang tussen de remkrachtcoëfficiënt en de factoren snelheid, gemiddelde textuurdiepte en SRT-waarde.

1. Inleiding

Naar aanleiding van de analyse-resultaten uit de te Woensdrecht verrichte metingen kan worden opgemerkt dat er een significant verschil tussen de verschillende per wegdektype gemeten remkrachtcoëfficiënten bestaat.

Om deze resultaten te interpreteren is getracht het verband tussen de gemeten remkrachtcoëfficiënt (μ) en de variabelen snelheid (S), gemiddelde textuurdiepte (TD) en SRT-waarde te vinden. Gezien het geringe aantal waarnemingen dat hiervoor aanwezig was, is in eerste instantie getracht een verband te vinden tussen de stroefheidsmetingen - vertraagd wiel 86% slip - van het Rijkswegenbouwlaboratorium en de eerder genoemde variabelen.

2. Opmerkingen aangaande de gegevens van het Rijkswegenbouwlaboratorium

De gegevens van het Rijkswegenbouwlaboratorium (RWL) zijn afkomstig van de jaarlijkse controlemetingen aan de proefvakken die zijn aangelegd op rijksweg 12 ter hoogte van Bunnik.

Behalve de SRT-waarde en de gemiddelde textuurdiepte zijn ook stroefheidsmetingen bij 50 km/uur en 70 km/uur verricht.

Teneinde het aantal in de analyse te betrekken waarnemingen niet al te zeer te reduceren is verondersteld dat de waarnemingen die in verschillende jaren aan hetzelfde proefvak werden verricht onafhankelijk zijn. Verder is aangenomen dat de mogelijke bronnen van variatie gedurende de verschillende jaren constant zijn gebleven.

3. Analyse van het gevraagde verband

Naar aanleiding van enkele gesprekken met de onderzoeker is een formule opgesteld, waarvan verwacht mocht worden dat deze het verband op adequate wijze beschrijft. In deze formule treden de variabelen S, SRT, TD en relevant geachte combinaties hiervan op. Daar de

mogelijkheid bestaat dat grootheden zijn opgenomen die geen significante bijdrage leveren in de variantie van de gemeten stroefheid zijn met behulp van stepwise multi-pele regressie die grootheden geselecteerd die in de verklaring der variantie een significante rol speelden. De analyses op de door het RWL verstrekte gegevens leidden tot de volgende resultaten:

a) Wanneer wordt uitgegaan van alle beschikbare stroefheidsmetingen wordt het volgende resultaat gevonden:

$$f = 72.5654 - 0.3282*S + 0.0008*SRT^2*TD - 0.0116*S/TD$$

met $R^2 = 0.726$
en $s^2 = 3.934$

Hierbij is:

- f de gemeten stroefheid (vertraagd wiel 86% slip)
- S de snelheid (50 km/uur of 70 km/uur)
- SRT de gemeten SRT-waarde
- TD de gemeten gemiddelde textuurdiepte
- R^2 de multi-pele correlatiecoëfficiënt. Deze grootheid is een maat voor het belang van andere termen dan het gemiddelde in het model
- s^2 de schatting van de variantie in de stroefheid

b) In het beschikbare materiaal bevonden zich waarnemingen die een wat minder betrouwbaar karakter hadden. Na eliminatie van deze waarnemingen werd het volgende resultaat gevonden:

$$f = 70.6533 - 0.3555*S + 0.0016*SRT^2*TD$$

met $R^2 = 0.779$
en $s^2 = 3.740$

De volgorde waarin de variabelen in de formules voorkomen komt overeen met de mate van statistische relevantie. De parameters zijn geschat met behulp van de methode der kleinste kwadraten.

4. Resultaten van de analyse op de door de SWOV verstrekte gegevens Teneinde over een voldoende aantal gemeten remkrachtcoëfficiënten te beschikken zijn op een aantal proefvakken van rijksweg 12 nabij Bunnik aanvullende metingen verricht. Voor de analyse is ervan uitgegaan

dat geen extra factoren zijn geïntroduceerd als gevolg van het tijdsverschil tussen de metingen. Deze gegevens gaven, uitgaande van dezelfde factoren of combinaties ervan als gebruikt voor het RWL, het volgende resultaat:

$$\mu_y = 79.5291 - 0.0598*S/TD + 0.0024*SRT^2*TD - 0.1427*SRT*TD$$

met $R^2 = 0.906$
en $s^2 = 7.870$

$$\mu_{xb} = 74.9642 - 0.0548*S/TD + 0.0038*SRT^2*TD - 0.1754*S$$
$$- 0.2420*SRT*TD$$

met $R^2 = 0.960$
en $s^2 = 5.367$

$$\mu_{xm} = 111.6591 - 0.0883*S/TD + 0.0037*SRT^2*TD - 0.2982*SRT*TD$$
$$- 0.0718 S$$

met $R^2 = 0.942$
en $s^2 = 7.202$

Hierbij is:

μ_y de remkrachtcoëfficiënt in dwarsrichting

μ_{xb} de remkrachtcoëfficiënt in langsricting bij blokkering van de band

μ_{xm} de remkrachtcoëfficiënt in langsricting

De overige symbolen zijn reeds in 3a omschreven.

5. Alternatieve methode om een verband te detecteren

Behalve de hierboven gebruikte methode kan ook meer beschrijvend te werk worden gegaan. Zo kunnen bijvoorbeeld de gegevens of de residuen (dat zijn de verschillen tussen de gemeten en de aangepaste waarnemingen) worden uitgezet tegen de verklarende variabelen om te kijken welke variabelen een relevante rol spelen. Met behulp van regressie analyse kunnen de parameters in het model worden geschat.

IWIS-TNO
Den Haag

25 maart 1974

Ir. J.T. Groennou

Bijlage 8

Numerieke en procentuele invloed van de wegdekkenmerken en de snelheid in het praktijkgebied.

	V →	50		100	
	TD →	0,4	1,0	0,4	1,0
SRT	50	79,6	83,9	72,5	81,0
	80	101,4	109,5	87,9	104,1

$\sqrt{u_{xm}}$ (x 100)

50	52,1	55,8	43,3	50,8
80	72,7	80,3	56,1	71,2

$\sqrt{u_{xb}}$ (x 100)

50	74,8	78,5	68,5	76,0
80	88,4	94,4	78,4	90,4

$\sqrt{u_y}$ (x 100)

v in km/h

TD in mm

SRT dimensieloos

Tabel 1. Met behulp van de formules berekende waarden voor de wrijvingscoëfficiënten in het praktijkgebied.

		μ_{xm}	μ_{xb}	μ_y		
<u>Effect snelheid</u>						
$\mu_{50 \text{ km}} - \mu_{100 \text{ km}}$	$\left\{ \begin{array}{l} \overline{TD} = 0,4 \\ \overline{TD} = 1 \end{array} \right.$	SRT = 50	7,1	8,8	6,3	
		SRT = 80	13,5	16,6	10,0	
		$\left\{ \begin{array}{l} \text{SRT} = 50 \\ \text{SRT} = 80 \end{array} \right.$		2,9	5,0	2,5
				5,4	9,1	4,0
$\mu_{50 \text{ km}} - \mu_{100 \text{ km}}$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{gem. } \overline{TD} = 0,4 \\ \text{gem. } \overline{TD} = 1 \\ \text{gem. SRT} = 50 \\ \text{gem. SRT} = 80 \end{array} \right.$		10,3	12,7	8,2	
			4,2	7,0	3,2	
			5,0	6,9	4,4	
			9,4	12,8	7,0	
$\mu_{50 \text{ km}} - \mu_{100 \text{ km}}$	algeheel gemiddelde		7,2	9,9	5,7	

<u>Effect \overline{TD}</u>						
$\mu_{\overline{TD}=1} - \mu_{\overline{TD}=0,4}$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{bij } 50 \text{ km/h} \\ \text{bij } 100 \text{ km/h} \end{array} \right.$	SRT = 50	4,3	3,7	3,7	
		SRT = 80	8,1	7,6	6,0	
		$\left\{ \begin{array}{l} \text{SRT} = 50 \\ \text{SRT} = 80 \end{array} \right.$		8,5	7,5	7,5
				16,2	15,1	12,0
$\mu_{\overline{TD}=1} - \mu_{\overline{TD}=0,4}$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{gem. bij } 50 \text{ km/h} \\ \text{gem. bij } 100 \text{ km/h} \\ \text{gem. bij SRT} = 50 \\ \text{gem. bij SRT} = 80 \end{array} \right.$		6,2	5,6	4,8	
			12,4	11,3	9,8	
			6,4	5,6	5,6	
			12,2	11,3	9,0	
$\mu_{\overline{TD}=1} - \mu_{\overline{TD}=0,4}$	algeheel gemiddelde		9,3	8,5	7,3	

<u>Effect SRT</u>						
$\mu_{\text{SRT}=80} - \mu_{\text{SRT}=50}$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{bij } 50 \text{ km/h} \\ \text{bij } 100 \text{ km/h} \end{array} \right.$	$\overline{TD} = 0,4$	21,8	20,6	13,6	
		$\overline{TD} = 1$	25,6	24,5	15,9	
		$\left\{ \begin{array}{l} \overline{TD} = 0,4 \\ \overline{TD} = 1 \end{array} \right.$		15,4	12,8	9,9
				23,1	20,4	14,4
$\mu_{\text{SRT}=80} - \mu_{\text{SRT}=50}$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{gem. bij } 50 \text{ km/h} \\ \text{gem. bij } 100 \text{ km/h} \\ \text{gem. bij } \overline{TD} = 0,4 \\ \text{gem. bij } \overline{TD} = 1 \end{array} \right.$		23,7	22,6	14,8	
			19,2	16,6	12,2	
			18,6	16,7	11,8	
			24,4	22,4	15,2	
$\mu_{\text{SRT}=80} - \mu_{\text{SRT}=50}$	algeheel gemiddelde		21,5	19,6	13,4	

Tabel 2. Numerieke invloed van de wegdekkenmerken en de snelheid in het praktijkgebied.