

OPZOEKINGSCENTRUM VOOR DE WEGENBOUW

Brussel

**VOORSTEL VAN EUROPESE NORM
MET BETREKKING TOT DE STROEFHEID
VAN WEGDEKKEN**

Eindverslag
Onderzoeksovereenkomst NO/C3/004
1998

Coordinator en Rapporteur: Guy DESCORNET, Dr.sc.

Uitgegeven door het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Inrichting erkend bij toepassing van de besluitwet van 30 januari 1947
Woluwedal 42 - 1200 Brussel

OPZOEKINGSCENTRUM VOOR DE WEGENBOUW

Brussel

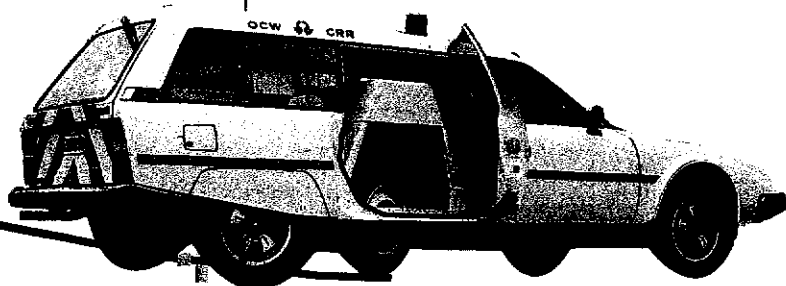
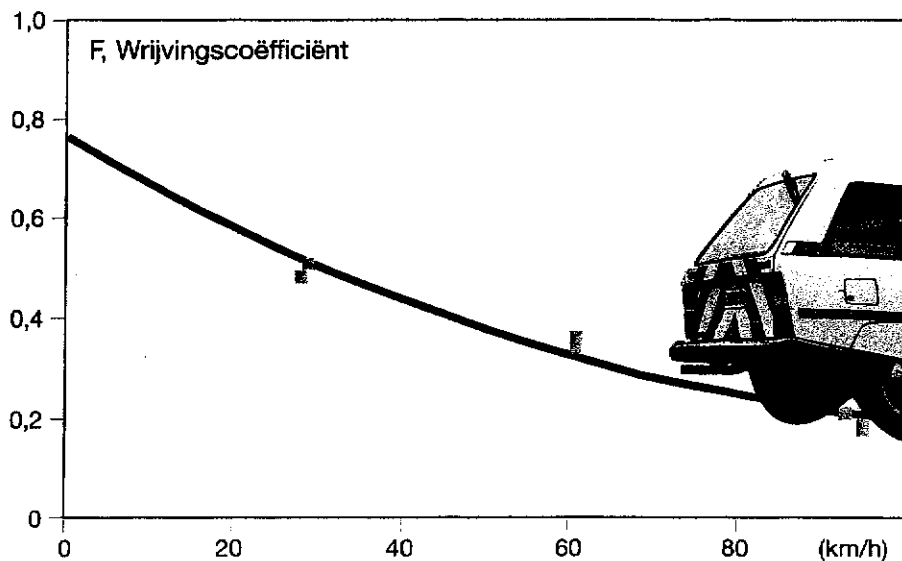
**VOORSTEL VAN EUROPESE NORM
MET BETREKKING TOT DE STROEFHEID
VAN WEGDEKKEN**

Eindverslag
Onderzoeksovereenkomst NO/C3/004
1998

Coördinator en Rapporteur: Guy DESCORNET, Dr. sc.

project

NO - 004 - II





**VOORSTEL VAN EUROPESE NORM
MET BETREKKING TOT DE STROEFHEID
VAN WEGDEKKEN**

Inhoud

| | |
|---|----|
| I. Samenstelling van de Stuurgroep | 3 |
| II. Dankbetuiging | 4 |
| III. Samenvatting | 5 |
| IV. Afkortingen | 9 |
| V. Symbolen | 10 |
| VI. Inleiding | 11 |
| VII. Analyse van de gegevensbank uit het internationale experiment (PIARC, 1992) | 13 |
| <i>VII.1 Keuze van de in aanmerking te nemen reeksen metingen</i> | 13 |
| VII.1.1 Wrijving | 13 |
| VII.1.2 Textuur | 14 |
| VII.1.3 Locaties | 14 |
| <i>VII.2 Verwerking van de gegevens</i> | 15 |
| <i>VII.3 Onderscheid naar soort van band</i> | 21 |
| <i>VII.4 Keuze van de referentiesnelheid</i> | 21 |
| <i>VII.5 Herhaalbaarheid van de EFI</i> | 23 |
| <i>VII.6 Reproduceerbaarheid van de EFI</i> | 23 |
| <i>VII.7 Juistheid van de EFI</i> | 25 |
| <i>VII.8 Gevoeligheid van de EFI voor onnauwkeurigheden in de schatting van S_{0j}^*</i> | 25 |
| VIII. Aanvullende metingen (DWTC, 1997) | 26 |
| <i>VIII.1 Keuze van de locaties</i> | 26 |
| <i>VIII.2 Gebruikte apparatuur</i> | 26 |
| <i>VIII.3 Verloop van de metingen</i> | 26 |
| <i>VIII.4 Resultaten</i> | 26 |
| IX. Normvoorstel | 28 |
| X. Conclusies | 29 |
| XI. Aanbevelingen | 31 |
| XII. Tabellen | 32 |
| XIII. Figuren | 46 |
| XIV. Literatuur | 63 |
| XV. Bijlagen | 64 |

I. Samenstelling van de Stuurgroep

Ing. R. JORDENS, Afdelingshoofd, Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde (NL), Voorzitter van CEN/TC227/WG5/TG1.

De heer F. MONTENY, Diensten van de Eerste Minister, Wetenschappelijke, Technische en Culturele Aangelegenheden.

M. F. BEUGNIES, ir., Ingénieur-Directeur a.i., Ministère des Communications et de l'Infrastructure, Administration de la Réglementation de la Circulation et de l'Infrastructure (ARCI), Direction Routes: Normes et Banques de Données.

M. J. WUSTEMBERGHS, ing., Conseiller, Institut belge de Normalisation.

Ir. L. HELEVEN, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement Leefmilieu en Infrastructuur (LIN), Administratie Weg en Verkeer, Afdeling Wegenbouwkunde, Dienst Structuren.

M. J. CROCHET, ir., Ingénieur principal des Ponts et Chaussées, Ministère wallon de l'Équipement et des Transports (MET), Direction générale des Routes et Autoroutes, Direction des Structures routières.

Dr. ir. D. GORLE, Directeur, Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW), Departement Research, Ontwikkeling en Toepassing.

M. G. DESCORNET, Dr. Sc., Chef de Projet, Centre de Recherches routières (CRR), Département Recherche, Développement et Application.

II. Dankbetuiging

Wij danken de Diensten van de Eerste Minister voor Wetenschappelijke, Technische en Culturele Aangelegenheden, die dit project hebben gefinancierd, en in het bijzonder de heer F. Monteny voor zijn niet-aflatende, toegewijde steun.

Wij zijn het LIN en het MET zeer erkentelijk voor hun uitstekende medewerking aan dit project, - inzonderheid de heren L. HELEVEN (LIN), J. CHAVET (MET) en J. CROCHET (MET), voor het uitvoeren van de stroefheidsmetingen.

Onze dank gaat ook naar de overige leden van de Stuurgroep en meer bepaald naar de heer R.A.P. JORDENS, die bereidwillig lange ochtendritten maakte om verscheidene vergaderingen, waaronder die van de S.G., bij te wonen, en de heer D. GORLE, die het project met toewijding heeft gevolgd en de vergaderingen van de S.G. gemoedelijk maar efficiënt heeft geleid.

Wij zijn de heren J.M. DESMET en B. BERLEMONT grote dank verschuldigd voor de toewijding en bekwaamheid waarmee zij hun technische taken hebben vervuld en de massa's gegevens hebben verwerkt. Aan B. BERLEMONT komt bijzondere eer toe voor het maken van de bijgaande cd-rom.

Ten slotte danken wij PIARC voor de toestemming om uittreksels uit de gegevensbank van het 1e internationale experiment in Bijlage 1 (op de cd-rom) te reproduceren, voor de volledigheid.

III. Samenvatting

Er zijn in Europa meer dan een dozijn verschillende modellen van toestellen om de stroefheid van wegdekken te meten. Tot dusver gebruikt elk land een of twee soorten van apparaten, met daaraan verbonden eisen in de bestekken of voor het onderhoudsbeleid. Met het opengaan van de eenheidsmarkt is evenwel een behoefte aan uniformering ontstaan, om iedere aannemer in staat te stellen zich naar verschillende voorschriften te richten en het de wegbeheerders mogelijk te maken over de landsgrenzen heen een gelijkblijvende verkeersveiligheid te waarborgen. Aan deze uniformering wordt in CEN-verband gewerkt door de groep TC227/WG5. Een van de doelstellingen van deze werkgroep is momenteel een norm uit te werken waarin een uniforme werkwijze wordt vastgelegd voor het bepalen van de stroefheid uit een dynamische meting. Het is begrijpelijk dat een dergelijke werkwijze, om door een meerderheid van landen te worden aanvaard, bezwaarlijk op slechts één toestel kan worden gebaseerd. Daarom is gekozen voor een aanpak met vaststelling van omrekeningsformules tussen de verschillende toestellen, zodat iedereen - althans gedurende een overgangperiode - zijn of haar eigen methode kan blijven gebruiken. Vooruitlopend op deze behoefte heeft de PIARC een internationaal vergelijkend experiment verricht met de verschillende wrijvings- en textuurmeters die op weg- en vliegveldverhardingen worden gebruikt. Over dit experiment heeft de PIARC eind 1995 een eindverslag uitgebracht. Alle in Europa gebruikte toestellen en methoden waren vertegenwoordigd, plus een Amerikaans, een Canadees en twee Japanse toestellen. Met de informatie uit het experiment werd een grote gegevensbank opgezet, die bij de normalisatie zeer waardevol is gebleken. En de analyse van al die gegevens in het eindverslag toont aan, dat vrijwel alle toestellen die aan het experiment deelnamen kunnen worden "geharmoniseerd" d.m.v. een empirische formule, waarmee de resultaten die zij geven kunnen worden gerelateerd aan een gemeenschappelijke schaal - die, zij het wat voorbarig, "International Friction Index (IFI)" werd genoemd -, mits rekening wordt gehouden met een macrotextuurmeting. "Voorbarig", want, hoewel dit experiment een noodzakelijke eerste stap was, kan het niet zomaar - zonder verder onderzoek - als grondslag dienen voor een normontwerp dat op Europees niveau kan worden geaccepteerd.

De IFI werd in het PIARC-verslag als volgt omschreven:

$$IFI = A + B \cdot F \cdot \exp[(\tau \cdot V - S_R) / (a + b \cdot T)] + C \cdot T$$

- waarin:
- F : gemeten wrijvingscoëfficiënt
 - V : meetsnelheid
 - S_R : als referentie gekozen slipsnelheid tussen band en wegdek (60 km/h)
 - T : textuurdiepte
 - τ : wielvertraging of slip
 - a, b : empirisch bepaalde coëfficiënten om, uitgaande van de textuurmeting (T), de invloed van de snelheid op de wrijvingscoëfficiënt te compenseren
 - A, B, C : empirisch bepaalde coëfficiënten, eigen aan elk toestel.

De eerste taak bestond erin, de analyse van de gegevensbank uit het PIARC-

experiment te hervatten om de optimale waarden te bepalen voor de parameters in de definitie van de IFI. Onder "optimale waarden" werden verstaan die welke de gezamenlijke Europese apparaten in staat zouden stellen de IFI-index zo nauwkeurig mogelijk te reproduceren. Opdat de herdefiniëring van de IFI zou worden toegespitst op de meetapparatuur en -methoden die werkelijk in Europa worden gebruikt, en in het vooruitzicht van een CEN-norm met betrekking tot dynamische metingen, werden in totaal eenentwintig toestellen volgens deze twee criteria geselecteerd. Toen het PIARC-experiment reeds beëindigd was, werd aan de hand van gegevens die daarbij waren verzameld een ISO-norm 13473-1 uitgewerkt, waarin de manier werd vastgelegd om uit profielmeterresultaten gemiddelde textuurdiepten te berekenen. Met deze norm moest hier rekening worden gehouden, te meer aangezien CEN/TC227/WG5 momenteel overweegt ze over te nemen. Nu is het OCW van de aan het PIARC-experiment deelnemende teams het enige dat alle gemeten profielen in digitale vorm heeft geregistreerd en bewaard, waardoor zij opnieuw konden worden verwerkt volgens de nieuwe methode. Voorts moest de analyse worden aangevuld met een beoordeling van de herhaalbaarheid en reproduceerbaarheid van de IFI.

Op grond van deze bijkomende analyse hebben wij een "European Friction Index (EFI)" gedefinieerd, die boven de door de PIARC voorgestelde IFI de volgende voordelen biedt:

- de rol van de textuurmeting, en dus van de bijkomende fouten die zij kan meebrengen, wordt op twee manieren geminimaliseerd. Ten eerste wordt door een rationele keuze van de referentiesnelheid de vereiste correctie voor de invloed van de snelheid zo klein mogelijk gehouden; de optimale referentiesnelheid is 30 km/h. Ten tweede werd aangetoond dat de definitie van de EFI geen textuurafhankelijke term (coëfficiënt C in de bovenstaande formule) hoeft te bevatten voor toestellen die met geprofileerde banden zijn uitgerust;
- dit laatste betekent een vereenvoudiging en bijgevolg een vollediger harmonisatie, aangezien de definitie van de EFI, in tegenstelling tot die van de IFI, dezelfde blijft ongeacht de soort van band die bij een gegeven toestel hoort;
- in de EFI wordt rekening gehouden met de genormaliseerde ISO-definitie van geschatte textuurdiepte afgeleid uit een meting met een profielmeter;
- de index is gedefinieerd aan de hand van de gegevens met betrekking tot (dynamische) Europese toestellen. Deze gegevensbank is beperkter dan die van het PIARC-experiment en resulteert dan ook in herhaalbaarheids- en reproduceerbaarheidswaarden die representatiever zijn voor de prestaties die van de in Europa gebruikte meetsystemen mogen worden verwacht (kennis van deze waarden is vereist om normen te kunnen stellen). De gemiddelde herhaalbaarheid van de EFI over alle toestellen en meetlocaties is bepaald op 0,08 en de reproduceerbaarheid ervan door verschillende toestellen op 0,14;
- het grootste voordeel ligt evenwel in het feit, dat de EFI de systematische verschillen tussen wrijvingscoëfficiënten die met verschillende typen van toestellen zijn bepaald aanzienlijk verkleint of gemiddeld zelfs uitvlakt; juist daar wordt het doel van harmonisatie bereikt, ook al gaat dat ten koste van een minder goede

reproduceerbaarheid dan met toestellen van hetzelfde type.

Het tweede doel van het project was, de uitbreiding van de EFI tot andere wegdekken die in het PIARC-experiment onvoldoende of helemaal niet aan bod worden gekomen te valideren, door met name de verschillende wegverhardingsmaterialen en -technieken die voor de Europese praktijk en ontwikkelingen op dit gebied representatief zijn, bij de analyse te betrekken. Daartoe is met medewerking van de gewestelijke wegbeherende overheden een reeks stroefheidsmetingen met de SCRIM van LIN en de odoliograaf van MET en textuurmetingen met de laserprofielmeter van het OCW verricht op drieëntwintig wegvakken, waaronder een derde met klassieke wegdekken (ter controle) en twee derde met recentelijk ingevoerde of beperkt toegepaste wegdekken (zoals zeer open asfaltbeton (ZOAB), open cementbeton, steenmastiekasfalt (SMA), afgestrooide harslem en verscheidene andere soorten van dunne deklagen). Het criterium voor de validering van de EFI ten aanzien van een gegeven wegdek was, dat dit wegdek moest voldoen aan een empirisch vastgestelde formule waarmee de gevoeligheid van de wrijvingscoëfficiënt voor de slipsnelheid kan worden voorspeld als functie van de textuurdiepte. Gezien de nauwkeurigheid van deze formule kan worden gesteld dat volgens zowel de PIARC-gegevens (behalve in de uitzonderlijke gevallen van de verhardingen van twee Amerikaanse vliegvelden in Spanje) als de gegevens uit de aanvullende proeven in België geen enkel wegdektype significant en systematisch in de een of andere zin van de bovengenoemde relatie afwijkt.

Tenslotte werd conform het derde en laatste doel een voorstel gedaan voor een norm die:

- 1) de EFI omschrijft, d.w.z. de formule geeft om van een gegeven meetmethode naar een andere over te gaan, met de foutmarge die aan deze omzetting verbonden is. Deze formule is wezenlijk dezelfde als hiervoor, maar de overeenkomstige coëfficiënten zijn opnieuw berekend en coëfficiënt C is weggevallen ;
- 2) een op de EFI gebaseerde werkwijze voorstelt om wrijvings- en textuurmeters te kalibreren. Om de EFI als standaard te handhaven, volstaat het op gezette tijdstippen beperkte deelverzamelingen van (twee of drie) toestellen bijeen te brengen om ze te vergelijken en de A- en B-coëfficiënten ervan bij te stellen. Dit bijeenbrengen van toestellen moet evenwel zó worden georganiseerd, dat door het volgen van bepaalde criteria voor het combineren van toestellen voorkomen wordt dat deelverzamelingen van toestellen geleidelijk van elkaar gaan afwijken.

Een eerste ontwerptekst werd aan CEN/TC227/WG5 voorgelegd tijdens de vergadering van 21-22 november 1997 van deze werkgroep in Brussel. Een gewijzigde versie, waarin de opmerkingen van de groep waren verwerkt, werd op de vergadering van 25-26 mei 1998 voorgesteld en het derde concept, opgemaakt naar aanleiding van deze vergadering, is als afzonderlijk document bij dit verslag gevoegd.

Om voluit voordeel van het verrichte werk te trekken, kan het volgende worden aanbevolen.

1. Het feit dat aangetoond is dat de verschillende stroefheidsmetingen in Europa naar een zelfde schaal kunnen worden omgerekend, zou bekend moeten worden gemaakt en als doorslaggevend argument moeten worden gebruikt om normalisatie-instellingen, wegbeheerders, wegenbouwers, leveranciers van wegenbouwmaterialen en leveranciers van meetapparatuur te winnen voor een beleid van "harmonisatie" in plaats van "normalisatie". Harmonisatie met de EFI als standaard stelt de gebruikers in staat hun beproevingsmethoden te blijven toepassen en hun wegendatabanken van gegevens te voorzien zonder te breken met het verleden en daarbij grote investeringen en jarenlange ervaring verloren te zien gaan - wat bij normalisatie van één bepaalde methode zeker het geval zou zijn. Dit hoeft niemand te beletten in de komende vijftien of twintig jaar deze ene genormaliseerde methode in Europees of in een ruimer internationaal verband uit te werken. De EFI zal dan een overgangsproces hebben mogelijk gemaakt dat als "democratisch" kan worden bestempeld.
2. Dit betekent dat de betrokken wetenschappelijke, administratieve en politieke autoriteiten dringend werk moeten maken van een Europese organisatie voor het regelmatig kalibreren van stroefheids- en textuurmeters, zoals in het normontwerp wordt voorgesteld. Deze organisatie hoeft niet echt over referentieproefbanen te beschikken: het normontwerp eist dat niet, aangezien vergelijkingen tussen toestellen in principe en in het algemeen in om het even welk land of om het even welke streek van Europa kunnen plaatsvinden - mits aan de criteria van de norm kan worden voldaan. Van belang is wél dat er een team voltijds klaar staat om proeven te organiseren, resultaten te interpreteren, certificaten af te leveren, enz., en dat dit team zich kan begeven naar de locatie die uit praktisch en economisch oogpunt als de geschikteste kan worden beschouwd om een gegeven deelverzameling van (allicht meestal twee of drie) toestellen bijeen te brengen.

IV. Afkortingen

| | |
|----------|--|
| A | Over het geheel ("(over)all"), d.w.z. alle toestellen ongeacht de soort van band |
| B | Ongeprofileerde of gladde banden ("blank") |
| BA | Asfaltbeton (dicht) |
| BC | Cementbeton |
| BO | Open cementbeton |
| CEN | Europees Comité voor Normalisatie |
| DWC | Dwarse wrijvingscoëfficiënt |
| DWTG | Diensten voor Wetenschappelijke, Technische en Culturele Aangelegenheden |
| F | Bestrijking (oppervlakbehandeling) |
| FO | Zeer open asfaltbeton (ZOAB) |
| IFI | European Friction Index |
| SHF | Hoogwaardige bestrijking (oppervlakbehandeling) |
| MTD | Geschatte MTD, afgeleid uit MPD |
| PI | International Friction Index |
| ISO | International Standardization Organization |
| UN | Dienst Leefmilieu en Infrastructuur |
| LWC | Longitudinale wrijvingscoëfficiënt |
| MET | Ministère wallon de l'Équipement et des Transports |
| MPD | Textuurprofiel diepte ("Mean Profile Depth") |
| MTD | Textuurdiepte volgens een volumetrische methode ("Mean Texture Depth") |
| OCW | Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw |
| PIARC | World Road Association |
| RMD | Discontinu gegradeerde dunne deklaag |
| RMS | Standaardafwijking ("Root-Mean-Square Deviation") van het textuurprofiel |
| RMTD | Dunne deklaag met open textuur |
| RP | Gegroefde ("ribbed") of geprofileerde ("patterned") banden |
| RUMG | Grof gegradeerde ultradunne deklaag |
| SCRIM | Sideway Force Coefficient Routine Investigation Machine |
| SCRIMTEX | SCRIM gecombineerd met een laserprofielmeter die de macrottextuur meet |
| SMA | Steenmastiëkasfalt |

V. Symbolen

| | |
|-------------------------|--|
| μ | Gemiddelde |
| ρ | Correlatiecoëfficiënt |
| σ | Standaardafwijking |
| τ | Wielvertraging of slip |
| A, a | Ordinaat in de oorsprong van een regressielijn |
| B, b | Hoekcoëfficiënt van een regressielijn |
| E | Geschatte EFI-waarde |
| F | Wrijvingscoëfficiënt |
| $F_{10, \dots, F_{90}}$ | Waarde van de wrijvingscoëfficiënt, herleid tot een slipsnelheid van 10, ..., 90 km/h |
| F_s | Waarde van de wrijvingscoëfficiënt, herleid tot een slipsnelheid S |
| F_0 | Wrijvingscoëfficiënt geëxtrapoleerd tot snelheid nul |
| i | Index die van het beschouwde toestel afhangt |
| j | Index die van het beschouwde halve vak afhangt |
| J | Totaal aantal halve vakken |
| m | Index die het volgnummer aangeeft in een reeks metingen met een zelfde toestel op een zelfde half vak |
| n | Aantal metingen waarmee een regressie is berekend |
| N | Totaal aantal toestellen |
| R | Index die aangeeft dat de betrokken waarde van de keuze van S_R afhangt |
| r | Herhaalbaarheid |
| R | Reproduceerbaarheid |
| S | Slipsnelheid |
| S_0 | Parameter die de invloed van de slipsnelheid op de wrijvingscoëfficiënt beschrijft; kortweg ook "snelheidsparameter" genoemd |
| S_0^* | Optimale snelheidsparameter voor een gegeven half vak |
| S_0^{**} | Optimale snelheidsparameter voorspeld uit de textuur |
| S_R | Referentieslipsnelheid |
| T | Textuurdiepte |
| x | Index die van de beschouwde soort van textuurmeting afhangt |

VI. Inleiding

Er zijn in Europa meer dan een dozijn verschillende modellen van toestellen om de slijpheid van wegdekken te meten. Tot dusver gebruikt elk land een of twee soorten van apparaten, met daaraan verbonden eisen in de bestekken of voor het onderhoudsbeleid. Met het opengaan van de eenheidsmarkt is evenwel een behoefte aan uniformering ontstaan, om iedere aannemer in staat te stellen zich naar verschillende voorschriften te richten en het de wegbeheerders mogelijk te maken over de landsgrenzen heen een gelijkblijvende verkeersveiligheid te waarborgen. Aan deze uniformering wordt in CEN-verband gewerkt door de groep TC227/WG5, waarin R. JORDENS, J. CHAVET, L. HELEVEN en G. DESCORNET actief zijn. Een van de doelstellingen van deze werkgroep is momenteel een norm uit te werken waarin een uniforme werkwijze wordt vastgelegd voor het bepalen van de slijpheid uit een dynamische meting. Het is begrijpelijk dat een dergelijke werkwijze, om door een meerderheid van landen te worden aanvaard, bezwaarlijk op slechts één toestel kan worden gebaseerd. Daarom is gekozen voor een aanpak met vaststelling van omrekeningsformules tussen de verschillende toestellen, zodat iedereen - althans gedurende een overgangperiode - zijn of haar eigen methode kan blijven gebruiken. Vooruitlopend op deze behoefte heeft de PIARC een internationaal vergelijkend experiment verricht met de verschillende wrijvings- en textuurmeters die op weg- en vliegveldverhardingen worden gebruikt. Over dit experiment heeft de PIARC eind 1995 een eindverslag uitgebracht. Alle in Europa gebruikte toestellen en methoden waren vertegenwoordigd, plus een Amerikaans, een Canadees en twee Japanse toestellen. Met de informatie uit het experiment werd een grote gegevensbank opgezet, die bij de normalisatie zeer waardevol is gebleven. En de analyse van al die gegevens in het eindverslag toont aan, dat vrijwel alle toestellen die aan het experiment deelnamen kunnen worden "geharmoniseerd" d.w.z. een empirische formule, waarmee de resultaten die zij geven kunnen worden gerelateerd aan een gemeenschappelijke schaal - die, zij het wat voorbarig, "International Friction Index (IFI)" werd genoemd -, mits rekening wordt gehouden met een macrotextuurmeting. "Voorbarig", want, hoewel dit experiment een noodzakelijke eerste stap was, kan het niet zomaar - zonder verder onderzoek - als grondslag dienen voor een normontwerp dat op Europees niveau kan worden geaccepteerd.

Het algemene doel van dit project was dan ook een ontwerp van Europese norm op te stellen na het nodige verdere onderzoek, dat de volgende taken omvatte:

- 1) de analyse van de gegevensbank hervatten, waarbij het aandachtsveld beperkt moest worden tot de dynamische toestellen die Europa worden gebruikt en de empirisch in de IFI-definitie ingevoerde referentiesnelheid moest worden herzien om een nieuwe, optimaal op Europese normalisatie afgestemde IFI, d.w.z. een EFI, te definiëren;
- 2) de analyse aanvullen met een beoordeling van de herhaalbaarheid en reproduceerbaarheid van de EFI;

- 3) de geldigheid van de EFI uitbreiden tot nieuwe soorten van wegdekken en materialen die in het PIARC-experiment onvoldoende of helemaal niet aan bod waren gekomen. Hiertoe werden met de verschillende in België beschikbare toestellen nieuwe stroefheids- en textuurmetingen verricht op een steekproef van verschillende representatieve wegdekken.

Het normontwerp moest:

- 1) de EFI omschrijven, d.w.z. de formule geven om van een gegeven meetmethode naar een andere over te gaan, met de foutmarge die aan deze omzetting verbonden is;
- 2) een werkwijze voorstellen om wrijvings- en textuurmeters te kalibreren.

VII. Analyse van de gegevensbank uit het internationale experiment (PIARC, 1992)

Zoals gezegd had deze analyse tot doel, uit gegevens die bij het PIARC-experiment waren verzameld de optimale waarden af te leiden voor de parameters in de definitie van de "International Friction Index (IFI)" die in het verslag over het PIARC-experiment is voorgesteld. Onder "optimale waarden" werden verstaan die welke de gezamenlijke Europese apparaten in staat zouden stellen de IFI-index zo nauwkeurig mogelijk te reproduceren.

VII.1 Keuze van de in aanmerking te nemen reeksen metingen

Om de herdefiniëring van de IFI toe te spitsen op de meetapparatuur en -methoden die werkelijk in Europa worden gebruikt, werden in overleg met de Stuurgroep¹ de volgende bestanden² uit de PIARC-gegevensbank gekozen. In het vooruitzicht van een CEN-norm met betrekking tot dynamische metingen, werden bovendien de metrische beproevingsmethoden uit de selectie geweerd.

VII.1.1 Wrijving

Gekozen bestanden:

| | | | | | | |
|----------|----------|----------|--------|--------|-------|-------|
| B1LKD.FR | B2SLP.FR | B5SLP.FR | C5.FR | C9.FR | D2.FR | D5.FR |
| B1SLP.FR | B3.FR | C1.FR | C6E.FR | C10.FR | D3.FR | D6.FR |
| B5LKD.FR | B5LKD.FR | C3B.FR | C8.FR | D1E.FR | D4.FR | D8.FR |

Geweerde bestanden:

| | |
|-----------|--|
| A12.FR | Niet Europees. Werkte bovendien niet naar behoren. |
| A13.FR | Niet Europees. |
| A14.FR | Slinger. Niet dynamisch noch op ware grootte. |
| B1ABS.FR | ABS-systeem. Werkelijke slipsnelheid onbekend. |
| B4ESLP.FR | Europees, maar niet gekozen wegens "onzuivere" meetvoorwaarden (mengeling van vaste slipsnelheid en veranderlijke wielvertraging). |
| B4ESWP.FR | Europees, maar niet gekozen wegens "onzuivere" meetvoorwaarden (mengeling van vaste slipsnelheid en veranderlijke wielvertraging, waardoor het PIARC-model niet kon worden toegepast). |
| B5ABS.FR | ABS-systeem. Werkelijke slipsnelheid onbekend. |
| B6501.FR | Niet Europees. |
| B6524.FR | Niet Europees. |
| B6GHP.FR | Niet Europees. |
| B6ULT.FR | Niet Europees. |

Notulen van de vergadering van de Stuurgroep op 14 november 1996.

*Om plaatsruimte te sparen worden de verschillende beproevingsmethoden aangeduid met de identificatiecodes die in het verslag over het internationale experiment zijn gebruikt. **Tabel 1** en **Tabel 2** geven respectievelijk voor de stroefheid en de textuur de namen van de overeenkomstige toestellen, met de nationaliteiten van de meetteams en de soorten en kenmerken van de metingen.*

- B7.FR Slinger. Niet dynamisch noch op ware grootte.
 B10E.FR Verrichtte slechts op vier locaties metingen.
 C3E.FR Veel foute metingen door een mechanisch probleem (zie de matige correlatiecoëfficiënten met de overige SCRIM-toestellen in het PIARC-verslag [ref. 1, blz. 105]).
 C4.FR Niet Europees.
 D7B.FR Verrichtte op slechts dertien locaties metingen en de correlaties met de resultaten van de overige toestellen waren meestal slecht.

In totaal werden dus eenentwintig toestellen geselecteerd.

VII.1.2 Textuur

Gekozen bestanden³:

| | | | |
|--------|--------|-------|-------|
| A1.TX | A3E.TX | D2.TX | D5.TX |
| A2.TX | A4.TX | D3.TX | |
| A3B.TX | A5.TX | D4.TX | |

Geweerde bestanden:

A8.TX Statische proef. Niet-Europese norm.
 A12.TX Niet-Europees. Werkte bovendien niet naar behoren.
 B8.TX Statische proef.
 B11E.TX Statische proef. Niet-Europese norm.

Toen het PIARC-experiment reeds beëindigd was, werd aan de hand van gegevens die daarbij waren verzameld een ISO-norm 13473-1 [ref. 2] uitgewerkt, waarin de manier werd vastgelegd om uit profielmeterresultaten gemiddelde textuurdiepten te berekenen. Met deze norm moest hier rekening worden gehouden, te meer aangezien CEN/TC227/WG5 momenteel overweegt ze over te nemen. Nu is het OCW van de aan het PIARC-experiment deelnemende teams het enige dat alle gemeten profielen in digitale vorm heeft geregistreerd en bewaard, waardoor zij opnieuw konden worden verwerkt volgens de nieuwe methode. Ofschoon niet echt dynamisch, werd de vaste versie van de laserprofielmeter van het OCW geselecteerd (A5) omdat dit toestel eigenlijk mobiel is (het wordt met een lage snelheid door en voertuig voortgetrokken) en vooral omdat het nauwkeuriger is dan de eigenlijke dynamische versie (A4).

VII.1.3 Locaties

Zoals in het PIARC-verslag uitgelegd wordt, bestond iedere meetlocatie uit twee aangrenzende halve vakken van elk 75 m lengte, waarbij half vak B op half vak A volgde. Locatie 3 werd buiten beschouwing gelaten, omdat er slechts met één toestel metingen op werden verricht. In totaal bleven er dus 106 halve vakken over.

³ Hoewel het toestel van niet-Europese (Canadese) herkomst is, werd bestand A3B.TX behouden omdat er verscheidene exemplaren in Europa worden gebruikt.

VII.2 Verwerking van de gegevens

De gegevensbank uit het PIARC-experiment bevat een reeks (ASCII-)bestanden met suffix .FR en .TX voor resultaten van respectievelijk wrijvings- en textuurmetingen⁴. De gegevens werden in de volgende fasen verwerkt.

1. Elk *.FR-bestand werd aangevuld met een kolom "RELSP" (voor "relative speed"), die voor iedere afzonderlijke meting de werkelijke slipsnelheid S geeft, berekend uit de formule :

$$S = V * \sin(\alpha) \quad \text{voor toestellen van het DWC-type, waarin } \alpha = \text{sliphoek;} \\ S = \tau * V \quad \text{voor toestellen van het LWC-type, waarin } \tau = \text{wielvertraging} \\ \text{(voor metingen met wielblokkering geldt } \tau = 1 \text{).}$$

2. Voor elk half vak (A en B) en voor elk toestel werd, m.b.v. de kleinste-kwadratenmethode, de lineaire regressie

$$\ln(F_{mij}) = A_{ij} + B_{ij} * S_{mij}$$

berekend, waarin F de gemeten wrijvingscoëfficiënt en S de relatieve slipsnelheid is. De volgende resultaten werden opgeslagen en bewaard :

A_{ij} : ordinaat in de oorsprong,
 B_{ij} : hoekcoëfficiënt,
 ρ_{ij} : correlatiecoëfficiënt,
 σ_{ij} : reststandaardafwijking,
 n_{ij} : aantal punten,
 m : volgnummer van de meting in de reeks,
 i : beschouwd toestel,
 j : beschouwd half vak.

Deze regressies werden niet gebruikt in de daaropvolgende berekeningen om de EFI te bepalen, maar wel om per geval de geldigheid van het exponentiële "PIARC"-model na te gaan. Na visueel onderzoek van de grafiek van elke exponentiële vergelijking

$$F = F_0 * \exp(- S/S_0)$$

waarin $F_0 = \exp(A_{ij})$ en $S_0 = -1/B_{ij}$, werden de reeksen metingen met een afwijking zoals een uitschietend punt, een vlakke lijn of opwaartse helling, een aantal gegevens kleiner dan drie of gegevens in een te eng snelhedengebied geconcentreerd, enz. uit de selectie verwijderd. Er werden slechts negentien dergelijke "uitbijters" gevonden (op een totaal van meer dan tweeduizend reeksen):

⁴ Omdat deze oorspronkelijke gegevens eigendom zijn van PIARC, zijn zij niet in onze **Bijlage 1** (op de cd-rom) opgenomen. Deze laatste geeft alleen de resultaten van onze nieuwe analyses.

| <u>Toestel</u> | <u>Half vak</u> |
|----------------|--|
| B1SSLP | 26.2A |
| B3 | 24.A, 24B |
| C10 | 63B |
| D2 | 62A |
| D4 | 26.2A, 26.2B, 68A, 81.2B, 81.3A, 81.4B |
| D5 | 26.2A, 26.2B, 33.3A, 33.3B, 81.1A, 81.2A |
| D6 | 17B |
| D8 | 19B |

Op **Figuur 1** en **Figuur 2** zijn respectievelijk een normale en een "uitbijtende" reeks afgebeeld. Alle grafieken kunnen worden bekeken in **Bijlage 1** (op de cd-rom).

3. Aan elk *.FR-bestand werd een resultatenbestand *.FR' gekoppeld, dat een lijst geeft van de halve vakken met de overeenkomstige parameters A, B, F₀, S₀, ρ, σ en n. Al deze resultaten, inclusief die welke ten behoeve van de analyse werden verwijderd, zijn in **Bijlage 1** in tabellen samengebracht.
4. De *.FR'-bestanden werden aangevuld met kolommen F₁₀, F₂₀, F₃₀, F₄₀, F₅₀, F₆₀, F₇₀, F₈₀ en F₉₀ - de F-waarden die werden herberekend voor S-waarden van 10 tot en met 90 km/h -, om de resultaten te ordenen en te bewaren het oog op eventueel later visualiseren en afdrucken van de grafieken die met de reeksen metingen overeenstemmen, mét de bijbehorende parameters en regressiekrommen. Ook deze resultaten zijn in **Bijlage 1** in tabellen samengebracht.
5. Alle gegevens uit de textuurmetingen met de laserprofielmeter van het OCW (toestel A5) werden opnieuw verwerkt, tot MPD-waarden (gemiddelde profieldiepten) volgens de ISO-norm 13473-1. Het symbool voor deze nieuwe variabele is T_{A5ISO}. De gemiddelden per half vak van de oude T_{A5MPD} - en de nieuwe T_{A5ISO} -waarden zijn weergegeven in **Tabel 3** en op **Figuur 3** tegen elkaar uitgezet. De regressie tussen de twee variabelen is als volgt :

$$T_{A5ISO} = 0.04 + 0.78 * T_{A5MPD}$$

met een correlatiecoëfficiënt van 0,988 en een vrijwel te verwaarlozen reststandaardafwijking en ordinaat in de oorsprong. Er kan dus worden gewerkt met een evenredigheidsfactor

$$T_{A5ISO} / T_{A5MPD} = 0.78$$

6. Per half vak werd een "TEXTUUR"-bestand aangemaakt met de verschillende gegevens uit metingen met de gekozen toestellen (cf. supra) plus A5/ISO :

| | | | | | |
|----------|----------|----------------------|---------------|---------|----------------------|
| A1/RMS | A2/RMS | <i>A2/MPD</i> | A2/TDMA | A3B/TX1 | A3B/TX2 ⁵ |
| A3E/RGH1 | A42/RMS | A42/MPD ⁶ | <i>A5/MPD</i> | D2/MTD | D3/RA |
| D3/RQ | D4/CSMTD | D5/SMTD | <i>A5/ISO</i> | | |

De drie bestanden waarvan de namen vet cursief zijn afgedrukt, zijn te vinden in **Bijlage 1**.

7. Er werden elf "TabX"-bestanden aangemaakt met voor elke locatie/vak de "X"-waarde die elk toestel had gegeven (één kolom per toestel), waarbij $X = S_0, F_0, F_{10}, \dots, F_{90}$. Met F_S -waarden waarvoor de snelheid S buiten het eigenlijke meetgebied van het apparaat lag, werd geen rekening gehouden; een uitzondering werd evenwel gemaakt voor die welke overeenstemden met het tiental net onder en het tiental net boven dat meetgebied. Ook deze bestanden zijn in **Bijlage 1** opgenomen.

8. Aan de hand van de oorspronkelijke gegevensbestanden (één bestand per toestel, telkens 52 bladzijden lang met op elke bladzijde de gegevens uit metingen op twee halve vakken) :

- werden voor elke reeks metingen (m) per toestel (i) en per half vak (j) het gemiddelde van de $\ln(F)$ -waarden, $\langle \ln F \rangle_{ij}$, en het gemiddelde van de S -waarden, $\langle S \rangle_{ij}$, berekend en het aantal n_{ij} metingen uit de reeks gekozen;
- werden vervolgens afzonderlijke berekeningen gemaakt voor de toestellen met gladde banden, voor die met geprofileerde banden en voor alle zonder onderscheid naar soort van band. Dit leidde tot een systematisch drievoudige voorstelling van de resultaten, met de notaties "A" voor "(over)all" (over het geheel), "B" voor "blank" (glad of ongeprofileerd) en "RP" voor "ribbed" (gegroeft) of "patterned" (geprofileerd);
- werden voor een vijftigtal S_0 -waarden in een meetkundige reeks van 10 tot 500 de reststandaardafwijkingen σ_{ij} van de reeksen metingen $\{F_{mij}\}$ t.o.v. de regressiekromme

$$F = \text{EXP}\{\langle \ln F \rangle_{ij} - (S - \langle S \rangle_{ij})/S_0\}$$

berekend. In een $\ln F/S$ -grafiek wordt deze kromme een rechte lijn met een veranderlijke helling, die door het zwaartepunt gaat van de punten die de gegevens uit metingen met het beschouwde toestel op het beschouwde halve vak weergeven. Deze grafieken kunnen worden bekeken in **Bijlage 1**;

- werd voor elk half vak (j) per S_0 -waarde de gemiddelde reststandaardafwijking over het geheel berekend :

$$\langle \sigma \rangle_j = \text{SQRT}\{\sum_i n_{ij} \sigma_{ij}^2 / \sum_i n_{ij}\}$$

- werd voor elk half vak (j) de $\langle \sigma \rangle_j$ -waarde in een grafiek tegen S_0 uitgezet en de

⁵ Voor A3B hebben wij de gemiddelden over de drie meetsnelheden: 30, 60 en 80 km/h.

⁶ Voor A42 werd aan elk half vak het gemiddelde van het stel van twee halve vakken toegekend, aangezien het toestel alleen deze waarde had gegeven.

S_0 -waarde S_{0j}^* bepaald waarbij $\langle \sigma \rangle_j$ het kleinst was (door parabolische interpolatie tussen de laagste drie punten) - zie het voorbeeld van **Figuur 4**. Deze grafieken kunnen worden bekeken in **Bijlage 1**.

Bij deze manier om een "gemiddelde" S_0 -waarde te bepalen die kenmerkend is voor een half vak maar gemeenschappelijk voor alle toestellen, wordt aan elk individueel meetgegeven precies hetzelfde gewicht toegekend. Meer bepaald is de invloed van de afwijking van een gegeven meetresultaat t.o.v. het model voor alle meetresultaten dezelfde, ongeacht de meetsnelheid en ongeacht het aantal metingen dat met het toestel op de locatie is verricht. Deze methode verschilt van die welke in het verslag over het PIARC-experiment [ref. 1, blz. 128] is beschreven; daar wordt namelijk gewoon het gemiddelde genomen van de S_0 -waarden die uit de regressiebepaling volgens het exponentiële model voor elke reeks metingen met een gegeven toestel op de beschouwde locatie naar voren zijn gekomen. In onze manier van werken zou dat erop neerkomen het gemiddelde van de S_{0ij} -waarden van elk toestel als optimale waarde S_{0j}^* te beschouwen, volgens de formule:

$$S_{0j}^* = \sum_i (-1/B_{ij}) / \sum_i n_{ij}$$

Nu worden met deze methode twee soorten van systematische fouten ingevoerd.

In de eerste plaats krijgen hoge S_0 -waarden meer gewicht dan lage. In het uiterste geval zou één wrijvingscoëfficiënt die vrijwel niet met de snelheid afneemt al volstaan om de overeenkomstige S_0 -waarde naar oneindig te doen neigen, waardoor deze waarde in haar eentje het gemiddelde zou bepalen.

Ten tweede zijn de S_0 -waarden van toestellen die met een lage slipsnelheid werken gevoeliger voor fouten in F-metingen dan die welke over een breder gebied van snelheden zijn berekend, terwijl zij toch hetzelfde gewicht krijgen.

De methode die hier wordt toegepast, geeft aan elk individueel meetresultaat precies hetzelfde gewicht en de optimale S_0 -waarde voor een gegeven half vak is die welke de som van de kwadraten van alle afwijkingen t.o.v. de F(S)-krommen zo klein mogelijk houdt.

Figuur 5 geeft een voorbeeld van bepaling van exponentiële krommen van gelijke helling voor een reeks gegevens uit metingen met verschillende toestellen op eenzelfde half vak.

9. Voor alle referentiesnelheden S_R van 10 tot en met 90 km/h met trappen van 10 km/h werden de volgende bewerkingen gemaakt :

- voor elke meting (meting m, toestel i, half vak j) : aparte berekening en tabellering, met de overeenkomstige slipsnelheid S_{mij} in de eerste kolom, van de waarde van wrijvingscoëfficiënt F_{Rmij} na herleiding tot de referentiesnelheid m.b.v. de formule:

$$F_{Rmij} = \exp\{\ln F_{mij} - (S_R - S_{mij})/S_{0j}^*\}$$

- berekening van het gemiddelde van de F_{Rmij} -waarden over alle toestellen voor elk half vak:

$$\langle F_R \rangle_j = \sum_m \sum_i F_{Rmij} / \sum_i n_{ij}$$

Deze waarde stemt overeen met de "ideale" waarde ("golden value") in het verslag over het PIARC-experiment [ref. 1, blz. 127]. Voor elk toestel en voor elke S_R -waarde werd de grafiek van F_{Rmij} als functie van $\langle F_R \rangle_j$ getekend, waarbij alle halve vakken op dezelfde grafiek werden samengebracht (**Figuur 6**), en werden de parameters A_{Ri} , B_{Ri} , ρ_{Ri} en σ_{Ri} van de lineaire regressie :

$$\langle F_R \rangle_j = A_{Ri} + B_{Ri} * F_{Rmij}$$

berekend.

10. Vervolgens werd gezocht naar alle afwijkingen van meer dan $3 \sigma_{Ri}$ t.o.v. de regressielijn; een dergelijke afwijking wijst namelijk op een grote systematische verschuiving van de gehele reeks metingen waartoe zij behoort. In de volgende reeksen werden uitbijters gevonden (zie het voorbeeld op **Figuur 7**):

Grafieken zonder onderscheid naar soort van band:

C1: 61A, 61B, 82.3A, 82.3B
 C5: 66A, 66B
 C8: 26.1A, 26.1B, 82.3A
 C9: 26.1A, 26.1B
 C10: 26.1A, 26.1B, 50A, 50B
 D6: 26.1A, 26.1B, 33.1A, 33.1B, 34A, 34B
 D8: 81.3A, 81.3B

Specifieke grafieken voor gladde banden:

C8: 26.1B
 D2: 12A, 12B
 D6: 26.1A, 34A, 34B, 50B, 53A
 D8: 81.3A, 81.3B

Specifieke grafieken voor geprofileerde banden:

B5LKD: 82.2A, 82.2B, 82.3A, 82.3B
 C1: 82.1A, 82.3B.

In deze fase van de analyse werden deze gegevens nog behouden; verderop zal blijken of verwijdering ervan de nauwkeurigheid van de EFI significant verbeterde. Al deze grafieken, inclusief die welke na de berekeningen terzijde werden geschoven, kunnen worden bekeken in **Bijlage 1**.

11. De relatieve en absolute waarden van de reststandaardafwijking over het geheel van de metingen werden in een grafiek uitgezet tegen σ_R (**Figuur 8**). De relatieve waarden blijken licht toe te nemen met S_R ; dit kan worden verklaard door de opmerking dat in de $\ln F/S$ -grafiek $\langle F_R \rangle_j$ uit een F_{Rmij} -meting voorspeld wordt aan de hand van evenwijdige lijnen met een helling $-1/S_{0j}$ en dat de afwijkingen bijgevolg niet variëren met de keuze van S_R . Nu zijn de relatieve afwijkingen

niets anders dan de afwijkingen van $\ln F$, waardoor de relatieve σ_R nagenoeg constant blijft. De absolute σ_R neemt af naarmate S_0 toeneemt; evenzo neemt bij gelijke S_0 het verschil tussen twee dalende exponentiële krommen in de F/S -grafiek af als S groter wordt.

12. De grafieken van S_{0j}^* als functie van textuurmeting T_{ISO} werden getekend, zowel afzonderlijk voor de toestellen met gladde banden (**Figuur 9**) en die met geprofileerde banden (**Figuur 10**) als voor alle toestellen samen, ongeacht de soort van band (**Figuur 11**). Drie locaties gaven daarbij aanzienlijk afwijkende resultaten te zien:

- de twee halve vakken van locatie 34,
- de acht halve vakken van locatie 81,
- de twee halve vakken van locatie 82.2.

Locatie 81 is in feite de hoofdlandingsbaan van de NASA-luchtbasis in Moron (Spanje). Een mogelijke verklaring ligt in de waarneming door de deelnemers aan het PIARC-experiment dat het wegdek, dat een betrekkelijk fijne macrottextuur ($0.44 \text{ mm} < T_{ISO} < 0.57 \text{ mm}$) bezit, aggregaten van vulkanisch gesteente lijkt te bevatten, dat uiterst ruw aanvoelt. Het betreft kennelijk geen meetfouten of abnormale meetomstandigheden, aangezien de resultaten van alle toestellen in aanmerking zijn genomen om de S_{0j}^* -waarden te bepalen. Deze bijzondere gevallen moeten dus als nader onderzoek vergend worden gecatalogeerd. Voor het ogenblik dienen wij ze evenwel uit de analyse te verwijderen. Nadat dit gebeurd was, werden de parameters a_{ISO} , b_{ISO} en σ_{ISO} van de regressie⁷

$$S_{0j}^* = a_{ISO} + b_{ISO} * T_{ISO}$$

berekend met de gegevens van toestel A5 als uitgangspunt.

Locatie 82 bevindt zich op een andere NASA-basis, in Rota (Spanje). Hier zou de verklaring kunnen liggen in de rubbersporen die de banden van landende vliegtuigen plaatselijk op de meetvakken hadden achtergelaten. Misschien waren deze sporen op de vakken van locatie 82.2 groter of duidelijker dan op de andere twee aangrenzende vakken.

Locatie 34 is de enige met als wegdek een hoogwaardige bestrijking van zeer ruw, fijn steenslag op een kleeflaag van epoxyhars. Er is dus gelijkenis met de vliegveldbaan van Moron, maar het effect is veel minder duidelijk. Bovendien onderscheiden deze vakken zich alleen bij metingen met toestellen met gladde banden.

Deze bijzondere twaalf halve vakken werden uit de analyse verwijderd. **Figuur 12**, **Figuur 13** en **Figuur 14** laten de nieuwe, van uitbijters "gezuiverde" grafieken zien, en de resultaten van de bijgewerkte regressies staan in **Tabel 4**. Er zij aangestipt dat van nu af aan met de textuurdiepte volgens de ISO-norm moet worden gerekend.

⁷ De ISO-index wijst erop dat de gegevensbank nog andere textuurmetingen bevat.

Opmerkelijk is hier dat geen van de drie locaties met ZOAB zich van de rest onderscheidt zoals op grond van hun bijzondere macrottextuur kon worden verwacht. In het PIARC-verslag waren zij a priori uit de analyse gehouden, zonder verdere verklaring.

13. Ten slotte werden de fasen 9 en 10 overgedaan met S_{0j}^{**} -waarden, d.w.z. S_{0j}^* -waarden voorspeld uit textuurdiepten volgens de ISO-methode. Dit resulteerde in nieuwe waarden voor A_{Ri} , B_{Ri} , ρ_{Ri} en σ_{Ri} .

VII.3 Onderscheid naar soort van band

Toestellen die de stroefheid d.m.v. een gladde band meten, zouden in principe gevoeliger voor de macrottextuur van het beproefde wegdek moeten zijn dan die welke voor deze meting met een geprofileerde band zijn uitgerust. De eerste laten immers de waterafvoer tussen band en wegdek geheel aan de macrottextuur over, terwijl de laatste zelf voor een gedeelte van deze waterafvoer zorgen, via groeven in het loopvlakprofiel van de band. Verwacht mag dus worden dat de parameters van het PIARC-model, met name parameter S_0 , op een gegeven locatie significant zullen verschillen naar gelang van de soort van band die werd gebruikt. Daarom werden de fasen 8 tot 13 overgedaan terwijl onderscheid werd gemaakt tussen de toestellen met een gladde band (C3B, C5, C64, C8, C9, C10, D1E, D2, D3, D4, D5, D6, D8) en die met een geprofileerde band (B1LKD, B1SLP, B2LKD, B2SLP, B3, B5LKD, B5SLP, C1). De relaties tussen S_0 en T_{ISO} (Figuur 12 en Figuur 13) blijken inderdaad (statistisch gezien⁸) significant te verschillen volgens het bandtype. De correlatie is echter duidelijk beter als alle toestellen samen worden beschouwd, zonder onderscheid. De reststandaardafwijkingen van S_0 bedragen 20 km/h over het geheel en respectievelijk 21 and 29 km/h voor de reeksen die met geprofileerde en gladde banden overeenstemmen. Deze bevinding hoeft niet paradoxaal te zijn: de S_0 -waarden van de drie reeksen zijn verschillend omdat zij telkens verkregen zijn door een nieuwe optimalisering m.b.v. kleinste-kwadratenmethode, toegepast op de gezamenlijke reeksen metingen per half vak en per toestel.

VII.4 Keuze van de referentiesnelheid

De geharmoniseerde wrijvingscoëfficiënt - die we inmiddels EFI mogen noemen - kan nu uit een individuele meting F_{mij} , verricht bij een snelheid S_{mij} , worden voorspeld m.b.v. de formule⁹:

$$EFI_j = A_{Ri} + B_{Ri} * F_{mij} * \exp\{(S_{mij} - S_R)/(a_{ISO} + b_{ISO} * T_{ISO})\}$$

De verschillende toestellen werken in verschillende gebieden van meetsnelheden. Bij een toestel dat met de referentiesnelheid S_R kan meten is geen kennis van de macrottextuur vereist, aangezien de breuk van de exponent in de bovenstaande formule dan nul wordt. In het algemeen zal meer rekening met de textuurmeting moeten worden gehouden naarmate de meetsnelheid S_{mij} van de referentiesnelheid

⁸ Volgens de SNEDECOR-FISHERproef voor het vergelijken van hellingen.

⁹ De ondergeschreven index j bij EFI geeft aan dat deze EFI een half vak kenmerkt, ongeacht de toegepaste meetmethode.

verschilt. Hoe groter bijgevolg het verschil tussen het meetsnelhedengebied van een toestel en S_R , hoe meer de invloed van een onnauwkeurigheid van een toestel x om de textuur te meten merkbaar zal zijn (via fouten in de T_x -meting en via de onnauwkeurigheid van de formule om S_{0j}^* te voorspellen) in de juistheid van de EFI-voorspelling m.b.v. dit toestel. Om deze foutoorzaak zoveel mogelijk te beperken, moet dus een S_R -waarde te worden gekozen die zowat het gemiddelde van de meetsnelheden van de verschillende toestellen vormt. Meer bepaald dient deze optimale referentiesnelheid die te zijn welke de standaardafwijking, berekend over alle halve vakken j , van de verschillen tussen enerzijds de EFI_{xj} verkregen met een S_{0j}^* -waarde die voorspeld is uit een andere textuurmeting T_x dan de genormaliseerde ISO-methode - waarbij de A_{Ri} en B_{Ri} onveranderd blijven, aangezien zij tot de definitie van de EFI behoren - en anderzijds de "ware" waarde ervan, $\langle F_R \rangle_j$, zo klein mogelijk houdt. Omdat de definitie van de EFI gebaseerd is op de recentelijk genormaliseerde T_{ISO} -methode, kunnen de verschillen in S_{0j}^* -voorspellingen tussen de verscheidene gekozen textuurmetingen en de ISO-methode immers als representatief worden gezien voor de aan de textuurmeting te wijten fouten. De bestanden met textuurmetingen geven alleen gemiddelde waarden per half vak. Noch de verschillen tussen metingen die in eenzelfde punt werden herhaald, noch die tussen de metingen in verschillende, over een vak verdeelde punten werden bewaard. De methode die wordt voorgesteld om een optimale waarde voor de referentiesnelheid te bepalen, houdt bijgevolg geen rekening met intrinsieke meetfouten (herhaalbaarheid), maar enkel met de onjuistheid of onzekerheid in de formule om S_{0j}^* te voorspellen.

Uit alle F_{mij} -waarden werd dus voor alle referentiesnelheden een schatting E_{Rmixj} van $\langle F_R \rangle_j$ berekend, m.b.v. de formule

$$E_{Rmixj} = A_{Ri} + B_{Ri} * F_{mij} * \exp\{-(S_R - S_{mij})/S_{0xj}^{**}\}$$

waarin

$$S_{0xj}^{**} = a_x + b_x * T_{xj}$$

zodat

$$E_{Rmixj} = A_{Ri} + B_{Ri} * F_{mij} * \exp\{-(S_R - S_{mij}) / (a_x + b_x * T_{xj})\}$$

Dan werden de absolute en relatieve kwadratische gemiddelden van de verschillen tussen E_{Rmixj} and $\langle F_R \rangle_j$ berekend, door sommering over alle wrijvingsmetingen met alle toestellen op alle locaties en door verdere sommering over alle andere textuurmetingen dan de ISO-methode:

$$\sigma_{R,x,abs} = \text{SQRT}\{\sum_x \sum_j \sum_i \sum_m (E_{Rmixj} - E_{Rmi,ISO,j})^2 / \sum_x \sum_j \sum_i \sum_m 1\}$$

$$\sigma_{R,x,rel} = \text{SQRT}\{\sum_x \sum_j \sum_i \sum_m [(E_{Rmixj} - E_{Rmi,ISO,j}) / E_{Rmi,ISO,j}]^2 / \sum_x \sum_j \sum_i \sum_m 1\}$$

De standaardafwijkingen die als functie van de referentiesnelheid werden gevonden (**Figuur 15** en **Figuur 16**), vertoonden een minimum rond $S_R = 30$ km/h; deze waarde wordt dan ook voorgesteld voor de omschrijving van de EFI. Hierdoor wordt het mogelijk de regressieparameters te geven die elk toestel in staat stellen deze EFI te voorspellen, zowel zonder (eerste deel van **Tabel 5**) als met onderscheid (tweede

deel van **Tabel 5**) naar de gebruikte soort van band.

VII.5 Herhaalbaarheid van de EFI

De herhaalbaarheid van elke methode om F te meten is in het PIARC-verslag onderzocht en beschreven [ref. 1, blz. 45]. Aandachtspunt bij dat onderzoek waren de verschillen tussen de resultaten van onder dezelfde omstandigheden - met name wat de voorgeschreven snelheid betreft¹⁰ - herhaalde metingen. Wat ons hier bezighoudt, is de herhaalbaarheid van de EFI-waarde bij om het even welke snelheid, aangezien rekening houden met de textuur niets anders is dan corrigeren voor de invloed van de snelheid, waarbij de EFI tot een vaste referentiesnelheid herleid wordt. Zoals eerder gezegd, beschikken wij alleen voor de stroefheid over resultaten van herhaalde metingen; voor de textuur werd slechts een gemiddelde waarde per half vak bewaard. Voor de hier besproken herhaalbaarheid van de EFI geldt dus dat de F-metingen herhaald werden en in EFI-waarden werden omgezet met gebruikmaking van eenzelfde T-waarde, die slechts eenmaal op de beschouwde locatie werd gemeten.

De herhaalbaarheid van de EFI per half vak werd berekend m.b.v. gestandaardiseerde formules [ref. 4] :

$$\begin{aligned}N &= \sum_i 1 \\n_{ij} &= \sum_m 1 \\ \mu_{ij} &= \sum_m \text{EFI}_{\text{est},mij} / n_{ij} \\ \sigma_{ij} &= \text{SQRT} \{ \sum_m (\text{EFI}_{\text{est},mij} - \mu_{ij})^2 / (n_{ij} - 1) \} \\ \sigma_{rj} &= \text{SQRT} \{ \sum_i (n_{ij} - 1) \sigma_{ij}^2 / (\sum_i n_{ij} - N) \} \\ r_j &= 2\sqrt{2} \sigma_{rj}\end{aligned}$$

De berekeningen werden gemaakt voor de van uitbijters gezuiverde gegevens waarmee de EFI wordt bepaald én voor de ongezuiverde, volledige oorspronkelijke gegevens. De resultaten staan in **Tabel 6**. Voor alle vakken samen werd m.b.v. de gestandaardiseerde formules

$$\begin{aligned}J &= \sum_j 1 \\ r &= \sum_j r_j / J\end{aligned}$$

gemiddeld een herhaalbaarheid van 0,08 tot 0,10 gevonden, naargelang de gezuiverde of ongezuiverde gegevens werden beschouwd. Op te merken valt het voor de herhaalbaarheid van de EFI vrijwel geen verschil uitmaakt of de toestellen nu in één of naar soort van band in twee klassen worden geanalyseerd.

VII.6 Reproduceerbaarheid van de EFI

Aangezien voor het bepalen van de EFI zowel een textuur- als een stroefheidsmeting nodig is, hangt de reproduceerbaarheid van deze index strikt genomen van beide metingen af. In onze analyse wordt zij gekenmerkt door de standaardafwijking van de verschillen in EFI-waarden - onder overigens gelijkblijvende omstandigheden -

¹⁰ Hoewel de meetsnelheden zeer vaak vrij veel verschillen van wat was voorgeschreven, wat de gevonden herhaalbaarheden kan hebben beïnvloed.

tussen koppels van verschillende meetsystemen. Met "meetsysteem" wordt hier bedoeld een combinatie van een methode om F te meten met een toestel dat een T-meting geeft volgens de ISO-norm. Hoewel wrijvings- en textuurmetingen verenigd kunnen zijn in eenzelfde toestel - zoals dat bij de SCRIMTEX het geval is -, dienen de toestellen om F en T te meten in principe niet als "gekoppeld", maar veeleer als onafhankelijk te worden beschouwd. Iedere methode om F te meten kan immers voor een gegeven reeks metingen worden gecombineerd met om het even welke methode om T_{ISO} te meten. Met dit uitgangspunt, waarbij maximale verschillen mogelijk blijven, stellen wij ons voorzichtig op. De reproduceerbaarheid van de EFI over het geheel, bij de optimale referentiesnelheid $S_R = 30$ km/h, dient dus te worden gekenmerkt aan de hand van de verschillen tussen koppels van meetsystemen (F, T_{ISO}), waarbij alle mogelijke combinaties worden beschouwd. Jammer genoeg is alleen ons toestel in staat genormaliseerde ISO-waarden te geven voor de texturen die in het PIARC-experiment werden beproefd. Bijgevolg kunnen wij van de reproduceerbaarheid van de EFI geen schatting maken die op verschillende meetkoppels (F, T_{ISO}) is gebaseerd. In de onderstaande berekening zijn dan ook alleen verschillen in voorspelde EFI-waarden verwerkt die aan het gebruik van verschillende stroefheidsmeters kunnen worden toegeschreven; van de textuurmeting wordt aangenomen dat zij steeds met eenzelfde toestel is verricht. De reproduceerbaarheid van de EFI wordt dan berekend m.b.v. de volgende gestandaardiseerde formules [ref. 4] :

$$\begin{aligned} \eta_j &= \{(\sum_i n_{ij})^2 - \sum_i n_{ij}^2\} / \{(N-1) \sum_i n_{ij}\} \\ \mu_j &= \sum_i n_{ij} \mu_{ij} / \sum_i n_{ij} \\ \sigma_{Rj}^2 &= \{(\sum_i n_{ij} (\mu_{ij} - \mu_j)^2) / (N-1) - \sigma_{Tj}^2\} / \eta_j \\ R_j &= 2\sqrt{2} \text{SQRT}(\sigma_{Rj}^2 + \sigma_{Tj}^2) \\ R &= \sum_j R_j / J \end{aligned}$$

De resultaten staan in **Tabel 6**. Naargelang de gegevens al of niet van uitbijters werden gezuiverd, worden voor de reproduceerbaarheid van de EFI over het geheel waarden tussen 0,14 en 0,17 gevonden. Evenals voor de herhaalbaarheid levert afzonderlijke analyse per soort van band geen significante verbetering op.

De reproduceerbaarheid van de EFI kan nog uit een ander oogpunt worden beoordeeld: dat van de harmonisatie tussen de verschillende meetmethoden. Als voorbeeld nemen wij de twee Belgische toestellen die aan het PIARC-experiment deelnamen - de SCRIM van LIN en de odoliograaf van MET - en vergelijken wij de resultaten die zij bij eenzelfde meetsnelheid op eenzelfde locatie gaven. **Figuur 26** en **Figuur 27** tonen de verdelingen van de verschillen tussen de twee metingen, respectievelijk voor de wrijvingscoëfficiënt (DWC) die met de aan elk toestel verbonden methode werd bepaald en voor de geharmoniseerde wrijvingscoëfficiënt (de EFI). Het blijkt dat de omrekening in EFI-waarden niet alleen het gemiddelde verschil in absolute zin significant verkleint (van 0,08 tot 0,01), maar ook de standaardafwijking doet afnemen (van 0,08 tot 0,05). Dit vrijwel uitvlakken van gemiddeld verschil is niets anders dan het doel van harmonisatie: het mogelijk maken de resultaten van verschillende toestellen op eenzelfde schaal van wrijvingscoëfficiënten uit te drukken.

VII.7 Juistheid van de EFI

Een enige absoluut juiste waarde van de wrijvingscoëfficiënt tussen band en wegdek bestaat niet: er zijn te veel factoren die een rol spelen en het is moeilijk, of zelfs praktisch onmogelijk, referentieoppervlakken en/of -banden die als vaste standaarden kunnen dienen te definiëren, te handhaven en te reproduceren. De EFI is dus eigenlijk een "zwevende" standaard, die kan schommelen volgens de verzameling van toestellen waarmee hij is gedefinieerd. De juistheid van een EFI-waarde heeft bijgevolg als begrip geen betekenis. Dit neemt niet weg, dat de juistheid van een toestel kan worden beschouwd als de nauwkeurigheid waarmee het de EFI-waarde benadert. In deze opvatting zou de juistheid van toestel (i) niets anders zijn dan de reststandaardafwijking σ_i van de regressie die de parameters A_i en B_i bepaalt zoals zij in **Tabel 5** zijn weergegeven. Over het geheel van de toestellen genomen blijkt de EFI te worden voorspeld met een reststandaardafwijking van gemiddeld 0,050 (in relatieve zin: 9,4 %) als alle banden samen en 0,047 (in relatieve zin: 9,0 %) als de B- en RP-banden afzonderlijk worden beschouwd.

VII.8 Gevoeligheid van de EFI voor onnauwkeurigheden in de schatting van S_{oj}^*

In de voorspelling (S_{oj}^{**}) van S_{oj}^* uit de textuurdiepte (**Figuur 14**) zit een onnauwkeurigheid die beschreven kan worden als de reststandaardafwijking t.o.v. de regressie

$$S_{oj}^{**} = a + b * T_{ISO}$$

Deze afwijking σ_{Sp} bedraagt 20 km/h nadat de uitbijtende gegevens zijn verwijderd. De daaruit voortvloeiende onnauwkeurigheid bij het voorspellen van de EFI zal van het verschil tussen de meetsnelheid (werkelijke slipsnelheid) en de referentiesnelheid (30 km/h) afhangen, alsmede van het gemeten wrijvingsniveau. De standaardafwijking σ_{EFI} van deze oorzaak van mogelijke fouten kan worden afgeleid uit de formule die de EFI als functie van S_p geeft :

$$\sigma_{EFI} = \sigma_{Sp} * B * F * ((30-S)/(S_{oj}^{**})^2) * \exp((S-30)/S_{oj}^{**})$$

of, in het algemeen - aangezien A en B respectievelijk dicht bij nul en één liggen - en na vervanging van σ_{Sp} door haar waarde en invoering van de EFI in plaats van F:

$$\sigma_{EFI} = 20 * EFI * ABS((30-S)/(S_{oj}^{**})^2)$$

De waarden van σ_{EFI} zijn weergegeven in **Tabel 10** tot **Tabel 15**.

VIII. Aanvullende metingen (DWTC, 1997)

Zoals gezegd, hadden deze metingen tot doel de geldigheid van de IFI uit te breiden tot wegdekken met een anisotrope textuur (gegroeft of gefreesd cementbeton), wegdekken met een open textuur (zeer open asfaltbeton, dunne deklaag met open textuur, discontinu gegradeerde dunne deklaag, grof gegradeerde ultradunne deklaag) en speciale materialen (hoogwaardige bestrijking), die in het PIARC-experiment onvoldoende aan bod waren gekomen. Daartoe waren nieuwe metingen op wegen nodig.

VIII.1 Keuze van de locaties

De vijftientig locaties die voor de metingen werden gekozen, worden in **Tabel 7** voorgesteld. De steekproef bestond uit acht klassieke wegdekken (een bestrijking, drie (dichte) asfaltbetons type I en vier wegdekken van uitgewassen cementbeton) en zeventien speciale wegdekken (vier ZOAB's, een hoogwaardige bestrijking, een open cementbeton, een (dicht) asfaltbeton type II 0/10, een fijn gegradeerd (0/7) uitgewassen cementbeton, vijf dunne deklaagen met open textuur, twee grof gegradeerde ultradunne deklaagen, een discontinu gegradeerde dunne deklaag en een gegroeft cementbeton).

VIII.2 Gebruikte apparatuur

Als meettoestellen werden de odoliograaf van MET en de SCRIMTEX van LIN gebezigd. De eerste had al aan het PIARC-experiment deelgenomen; de tweede was een nieuw toestel, met in principe dezelfde kenmerken en prestaties als de SCRIM van LIN die eveneens aan dat experiment had deelgenomen.

VIII.3 Verloop van de metingen

Alle geplande metingen werden uitgevoerd behalve op de locaties 15 en 25, die ten tijde van de metingen onbereikbaar waren geworden. De stroefheidsmetingen vonden plaats van 1 tot 7 april 1997 en de textuurmetingen van 8 april tot 21 mei 1997. De meetvoorwaarden waren strikt dezelfde als bij het PIARC-experiment. Zo waren de vakken van 150 m in twee verdeeld en werden de resultaten per half vak van 75 m gerapporteerd. De stroefheidsmetingen werden herhaald door met elk van de drie voorgeschreven snelheden (30, 60 and 90 km/h) twee ritten te maken. De textuur werd in vier punten per half vak gemeten en de gemiddelden voor deze vier punten werden gerapporteerd.

VIII.4 Resultaten

De gedetailleerde resultaten zijn te vinden in **Bijlage 1**. De herleide gegevens, d.w.z. de parameters van de exponentiële regressie tussen de wrijvingsmetingen en de slipsnelheid, zijn samengebracht in **Tabel 8** and **Tabel 9**.

Op **Figuur 24** en **Figuur 25** worden aan de hand van respectievelijk de SCRIM- en odoliograafmetingen vergelijkingen gemaakt tussen de correlaties van de snelheidsparameter S_{0ij} met de textuurdiepte T_{ISO} , verkregen voor de PIARC-locaties en voor de DWTC-locaties. Voor de SCRIM (**Figuur 24**) blijken de twee op elkaar gelegde reeksen nagenoeg samen te vallen, zowel wat het waardengebied als de spreiding betreft. Dit lijkt erop te wijzen dat voor de locaties in de DWTC-steekproef vrijwel dezelfde relatie tussen S_0 en T geldt als voor die in het PIARC-experiment, hoewel het over het algemeen andere soorten van wegdekken betreft. Bij de odoliograafmetingen (**Figuur 25**) valt de puntenwolk van de DWTC-metingen vrij goed samen met de die van het PIARC-experiment, met uitzondering van de zeven punten die overeenstemmen met twee volledige vakken (een met ZOAB en een met SMA) en drie halve vakken (SMA, uitgewassen cementbeton en RUMG). Behalve de laatste twee behoren deze zeven halve vakken tot de locatie in Herne, waar zij op dezelfde dag werden beproefd. Aangezien de correlatie die met dezelfde toestellen in het PIARC-experiment werd verkregen wel degelijk teruggevonden wordt, en aangezien de bovengenoemde enkele uitzonderingen niet in de SCRIM-metingen voorkomen, is het voorzichtig in deze twijfelachtige gevallen nog geen definitieve conclusies te trekken. Voorts zij opgemerkt dat de wegdekken van ZOAB tegen de verwachtingen in¹¹ zowel bij het PIARC- als bij het DWTC-experiment geen bijzonder gedrag vertoonden. Tenslotte ligt de S_0 -waarde op de hoogwaardige bestrijkingen (ESHPS) volgens de SCRIM- en de odoliograafmetingen respectievelijk te hoog of te laag in vergelijking met de T_{ISO} waarde. In beide gevallen blijven de overeenkomstige punten in de grafiek evenwel binnen de grenzen van de spreiding die in het PIARC-experiment voor alle wegdekken behalve de ESHPS is gevonden. Het geval van de ESHPS is dus onduidelijk, omdat niet in het algemeen kan worden gezegd dat zij in de ene of de andere zin van het gemiddelde gedrag van de overige wegdekken afwijken.

Een vergelijking van de verdelingen van de verschillen tussen de meetresultaten van de twee toestellen, uitgedrukt in DWC-eenheden (**Figuur 28**) en in EFI-waarden (**Figuur 29**), bevestigt het gunstige effect van de harmonisatie, aangezien bij de omrekening in EFI zowel het gemiddelde absolute verschil als de standaardafwijking kleiner wordt.

¹¹ Hoewel het PIARC-verslag daarover niets zegt, aangezien zij als vanzelfsprekend buiten de analyse werden gehouden.

IX. Normvoorstel

Zoals eerder uitgelegd, bestond het algemene doel van dit project erin, aan CEN-werkgroep TC227/WG5 een ontwerp van norm voor te leggen waarin de EFI wordt gedefinieerd en een kalibratiewerkwijze wordt voorgeschreven.

Een eerste ontwerptekst werd voorgelegd tijdens de vergadering van 21-22 november 1997 van deze groep in Brussel. Een gewijzigde versie, waarin de opmerkingen van de groep waren verwerkt, werd op de vergadering van 25-26 mei 1998 voorgesteld en het derde concept, opgemaakt naar aanleiding van deze vergadering, is als **Bijlage 2** bij dit verslag gevoegd.

Op de vergadering van CEN/TC227/WG5 in maart 1996 werd een vraag gesteld die de groep in verlegenheid bracht. De Deense afgevaardigde vroeg zich af waarom de exponentiële kromme niet het welbekende verschijnsel van een maximale wrijvingscoëfficiënt bij een lage snelheid vertoonde. Van dit verschijnsel wordt bij voorbeeld bij ABS-systemen gebruik gemaakt. Dit leek een ernstig bezwaar, dat het hele PIARC-verslag op losse schroeven dreigde te zetten. Een rechtstreeks antwoord zou mogelijk zijn geweest aan de hand van de uitgetekende regressiekrommen of ten minste de restafwijkingen die bij toepassing van het model op de resultaten van het PIARC-experiment worden gevonden. Om een banale reden, namelijk dat men dan meer dan tweeduizend grafieken afzonderlijk had moeten bekijken, was deze kwestie evenwel in het PIARC-verslag niet duidelijk behandeld. Onze eerste taak bestond er dan ook in, alle regressies systematisch opnieuw te berekenen en telkens de overeenkomstige grafiek visueel op afwijkingen te onderzoeken. Van de meer dan tweeduizend reeksen van metingen vertoonden er slechts negentien te grote afwijkingen (en dan nog nauwelijks groter dan één sigma) of een exponentiële regressie met opwaartse helling of een vrijwel vlak verloop (**Figuur 2**). Nergens werd enig teken van een maximum bij lage snelheid gevonden, wat de geldigheid van het exponentiële model (**Figuur 1**) bevestigt.

In feite lijkt er verwarring te bestaan tussen twee proefvoorwaarden: veranderlijke slipsnelheid en vaste wielvertraging - zoals in het PIARC-experiment - in welk geval het exponentiële model van toepassing is, en vaste slipsnelheid en veranderlijke wielvertraging, waarbij inderdaad een maximum wordt geconstateerd - niet bij lage snelheid, maar bij een kleine wielvertraging - en het exponentiële model meer kan worden toegepast; een ander, recentelijk voorgesteld model [ref. 3] kan dan worden gebruikt (**Figuur 17** tot **Figuur 22**).

Inmiddels hebben wij een naslagwerk uit 1966 teruggevonden, waarin een weergave (**Figuur 23**) wordt voorgesteld die helemaal op de synthese van **Figuur 19** lijkt.

X. Conclusies

De analyse van de PIARC-gegevensbank, verricht voor de Europese toestellen, heeft uitgewezen dat:

- het PIARC-model, dat steunt op een exponentiële relatie tussen F en S met een neerwaartse helling die niet van de meetmethode afhangt, het mogelijk maakt de resultaten bij goede benadering te beschrijven ;
- parameter S_0 in het model met een goede benadering, die voor de beoogde toepassing voldoet, kan worden voorspeld uit een textuurmeting ;
- dit verband tussen S_0 de macrotextuur kon worden gelegd op grond van de nieuwe genormaliseerde ISO-definitie van gemiddelde textuurdiepte, nadat de registraties van lasertextuurmetingen die wij uit het PIARC-experiment hadden bewaard volgens deze definitie opnieuw waren verwerkt ;
- de referentiesnelheid S_R zo kan worden gekozen, dat de nodige correctie voor de invloed van de snelheid op de EFI zo klein mogelijk blijft. Deze optimale snelheid bedraagt 30 km/h.

Met deze bevindingen kan een EFI worden gedefinieerd, die boven de door de PIARC voorgestelde IFI de volgende voordelen biedt:

- de rol van de textuurmeting, en dus van de bijkomende fouten die zij kan meebrengen, wordt op twee manieren geminimaliseerd. Ten eerste wordt door een rationele keuze van de referentiesnelheid de vereiste correctie voor de invloed van de snelheid zo klein mogelijk gehouden. Ten tweede werd aangetoond dat de definitie van de EFI geen textuurafhankelijke term hoeft te bevatten voor toestellen die met geprofileerde banden zijn uitgerust;
- dit laatste betekent een vereenvoudiging en bijgevolg een vollediger harmonisatie, aangezien de definitie van de EFI, in tegenstelling tot die van de IFI, dezelfde blijft ongeacht de soort van band die bij een gegeven toestel hoort;
- in de EFI wordt rekening gehouden met de ISO-definitie van geschatte textuurdiepte afgeleid uit een meting met een profielmeter, die genormaliseerd werd nadat de IFI was voorgesteld;
- de index is gedefinieerd aan de hand van de gegevens met betrekking tot (dynamische) Europese toestellen. Deze gegevensbank is beperkter dan die van het PIARC-experiment en resulteert dan ook in herhaalbaarheids- en reproduceerbaarheidswaarden die representatiever zijn voor de prestaties die van de in Europa gebruikte meetsystemen mogen worden verwacht (kennis van deze waarden is vereist om normen te kunnen stellen).

De gemiddelde herhaalbaarheid van de EFI over alle toestellen en meetlocaties is bepaald op 0,08 en de reproduceerbaarheid ervan door verschillende toestellen op 0,14.

Het grootste voordeel ligt evenwel in het feit, dat de EFI de systematische verschillen tussen wrijvingscoëfficiënten die met verschillende typen van toestellen zijn bepaald aanzienlijk verkleint of gemiddeld zelfs uitvlakt; juist daar wordt het doel van harmonisatie bereikt, ook al gaat dat ten koste van een minder goede reproduceerbaarheid dan met toestellen van hetzelfde type.

In verband met de beoogde uitbreiding van de geldigheid van de EFI tot andere soorten van wegdekken die in het PIARC-experiment niet aan bod waren komen, kan, gezien de nauwkeurigheid van de relatie tussen de snelheidsparameter S_0 en de textuurdiepte T_{ISO} , worden gesteld dat, met uitzondering van de verhardingen van twee Amerikaanse vliegvelden in Spanje, uit de analyse van de PIARC-gegevens en de aanvullende proeven in België geen wegdektype naar voren is gekomen dat significant en systematisch in de een of andere zin van die relatie afwijkt.

Tenslotte is bij dit onderzoek de grondslag gelegd voor een voorstel van Europese norm die de EFI vastlegt en de bijbehorende kalibratiewerkwijze voorschrijft. Dit voorstel is in november 1997 aan CEN/TC227/WG5 voorgelegd en wordt in deze werkgroep verder besproken.

XI. Aanbevelingen

1. Het feit dat aangetoond is dat de verschillende stroefheidsmetingen in Europa naar eenzelfde schaal kunnen worden omgerekend, zou bekend moeten worden gemaakt en als doorslaggevend argument moeten worden gebruikt om normalisatie-instellingen, wegbeheerders, wegebouwers, leveranciers van wegebouwmaterialen en leveranciers van meetapparatuur te winnen voor een beleid van "harmonisatie" in plaats van "normalisatie". Harmonisatie met de EFI als standaard stelt de gebruikers in staat hun beproevingsmethoden te blijven toepassen en hun wegendatabanken van gegevens te voorzien zonder te breken met het verleden en daarbij grote investeringen en jarenlange ervaring verloren te zien gaan - wat bij normalisatie van één bepaalde methode zeker het geval zou zijn. Dit hoeft niemand te beletten in de komende vijftien of twintig jaar deze ene genormaliseerde methode in Europees of in een ruimer internationaal verband uit te werken. De EFI zal dan een overgangsproces hebben mogelijk gemaakt dat als "democratisch" kan worden bestempeld.
2. Dit betekent dat de betrokken wetenschappelijke, administratieve en politieke autoriteiten dringend werk moeten maken van een Europese organisatie voor het regelmatig kalibreren van stroefheids- en textuurmeters, zoals in het normontwerp wordt voorgesteld. Deze organisatie hoeft niet echt over referentieproefbanen te beschikken: het normontwerp eist dat niet, aangezien vergelijkingen tussen toestellen in principe en in het algemeen in om het even welk land of om het even welke streek van Europa kunnen plaatsvinden - mits aan de criteria van de norm kan worden voldaan. Van belang is wél dat er een team voltijds klaar staat om proeven te organiseren, resultaten te interpreteren, certificaten af te leveren, enz. en dat dit team zich kan begeven naar de locatie die uit praktisch en economisch oogpunt als de geschiktste kan worden beschouwd om een gegeven deelverzameling van (allicht meestal twee of drie) toestellen bijeen te brengen.

XII. Tabellen

| | |
|---|----|
| Tabel 1 - Wrijvingsmeters in het PIARC-experiment. De Europese toestellen die voor de definitie van de EFI werden geselecteerd, zijn aangeduid met dikke letters. | 33 |
| Tabel 2 - Textuurmeters in het PIARC-experiment. De Europese toestellen die voor de definitie van de EFI werden geselecteerd, zijn aangeduid met dikke letters. | 35 |
| Tabel 3 - Vergelijking tussen de MPD-waarden bepaald in het PIARC-experiment m.b.v. de OCW-verwerkingsmethode en de MPD-waarden berekend uit dezelfde gegevens m.b.v. de methode van de later uitgegeven ISO-norm. | 36 |
| Tabel 4 - Parameters van de lineaire regressie $S_{of} = a_{ISO} + b_{ISO} * T_{ISO}$. | 37 |
| Tabel 5 - Parameters van regressies om met elk toestel de EFI te voorspellen. | 37 |
| Tabel 6 - Herhaalbaarheid r_j en reproduceerbaarheid R_j van de EFI per half vak j . | 38 |
| Tabel 7 - Locaties voor de aanvullende metingen in België. | 41 |
| Tabel 8 - Resultaten van de aanvullende metingen in België met de SCRIM van LIN. | 42 |
| Tabel 9 - Resultaten van de aanvullende metingen in België met de odoliograaf van MET. | 43 |
| Tabel 10 - Standaardafwijking van de fout in de EFI door onnauwkeurigheid bij het voorspellen van S_p uit de textuur bij $S_p = 50$ km/h, wat overeenstemt met $MTD \cong 0.0$ mm (geen macrottextuur). | 44 |
| Tabel 11 - Standaardafwijking van de fout in de EFI door onnauwkeurigheid bij het voorspellen van S_p uit de textuur bij $S_p = 75$ km/h, wat overeenstemt met $MTD \cong 0.3$ mm. | 44 |
| Tabel 12 - Standaardafwijking van de fout in de EFI door onnauwkeurigheid bij het voorspellen van S_p uit de textuur bij $S_p = 100$ km/h, wat overeenstemt met $MTD \cong 0.75$ mm. | 44 |
| Tabel 13 - Standaardafwijking van de fout in de EFI door onnauwkeurigheid bij het voorspellen van S_p uit de textuur bij $S_p = 150$ km/h, wat overeenstemt met $MTD \cong 1.5$ mm. | 45 |
| Tabel 14 - Standaardafwijking van de fout in de EFI door onnauwkeurigheid bij het voorspellen van S_p uit de textuur bij $S_p = 200$ km/h, wat overeenstemt met $MTD \cong 2.5$ mm. | 45 |
| Tabel 15 - Standaardafwijking van de fout in de EFI door onnauwkeurigheid bij het voorspellen van S_p uit de textuur bij $S_p = 250$ km/h, wat overeenstemt met $MTD \cong 3.5$ mm. | 45 |

Tabel 1 - Wrijvingsmeters in het PIARC-experiment. De Europese toestellen die voor de definitie van de EFI werden geselecteerd, zijn aangeduid met dikke letters.

| TOESTEL | | SOORT VAN METING | SOORT VAN BAND (¹) | WIELVER- TRAGING (%) (²) | MEET- SNELHEID (km/h) |
|---------------|---|-----------------------------|------------------------------------|--|-----------------------------|
| Identificatie | Naam (Land) | | | | |
| A12 | ROSAN (USA) | GLIJDEND MEETRUBBER | GLAD | 100 | 10 |
| A13 | DF TESTER (J) | GLIJDEND MEETRUBBER | GLAD | 100 | 0-80 |
| A14 | BRITISH PENDULUM (CH) | GLIJDEND MEETRUBBER | GLAD | 100 | 10 |
| B1-ABS | STUTTARTER REIBUNGSMESSER (CH) | OPTIMALE WIELVERTR. | GEGROEFD P | OPT. | 30,60,90 |
| B1-LKD | STUTTARTER REIBUNGSMESSER (CH) | WIEL- BLOKKERING | GEGROEFD P | 100 | 30,60,90 |
| B1-SLP | STUTTARTER REIBUNGSMESSER (CH) | VASTE WIELVERTR. | GEGROEFD P | 14 | 30,60,90 |
| B2-LKD | SKIDDOMETER BV-8 (CH) | WIEL- BLOKKERING | GEGROEFD P | 100 | 30,60,90 |
| B2-SLP | SKIDDOMETER BV-8 (CH) | VASTE WIELVERTR. | GEGROEFD P | 20 | 30,60,90 |
| B3 | SKIDDOMETER BV-11 (S) | VASTE WIELVERTR. | GEPROFIL. | 20 | 30,60,90 |
| B4E-SLP | NORSEMETER OSCAR (N) | VASTE WIELVERTR. | GLAD A | 20 | 30,60,90 |
| B4E-SWP | NORSEMETER OSCAR (N) | VERANDERLIJKE WIELVERTR. | GLAD A | 0-90 | 30,60,90 |
| B5-ABS | STUTTARTER REIBUNGSMESSER (A) | OPTIMALE WIELVERTR. | RAINURE P | OPT. | 30,60,90 |
| B5-LKD | STUTTARTER REIBUNGSMESSER (A) | WIEL- BLOKKERING | GEGROEFD P | 100 | 30,60,90 |
| B5-SLP | STUTTARTER REIBUNGSMESSER (A) | VASTE WIELVERTR. | GEGROEFD P | 20 | 30,60,90 |
| B6-501 | ASTM E-274 TRAILER (USA) | WIEL- BLOKKERING | GEGROEFD A | 100 | 65 |
| B6-524 | ASTM E-274 TRAILER (USA) | WIEL- BLOKKERING | GLAD A | 100 | 30,65,90 |
| B6-CHP | ASTM E-274 TRAILER (USA) | DROOG MAXIMAAL | GEPROFIL. | MAX. | 65 |
| B6-ULT | ASTM E-274 TRAILER (USA) | DROOG WIELBLOKK. | GLAD A | 100 | 10 |
| B7 | BRITISH PENDULUM (CH) | GLIJDEND MEETRUBBER | GLAD | 100 | 10 |

(¹) A = ASTM-band ; P = PIARC-band ; GEPROFIL. = banden met diverse loopvlakprofielen.

(²) Bij de DWC-toestellen geldt de opgegeven wielvertraging voor de slijphoek die tussen haakjes erbij staat vermeld.

(vervolg)

| TOESTEL | | SOORT VAN METING | SOORT VAN BAND (¹) | WIELVER- TRAGING (%) (²) | MEET- SNELHEID (km/h) |
|---------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|--|-----------------------------|
| Identificatie | Naam (Land) | | | | |
| B10E | MuMETER (E) | DWC | GEPROFIL. | 13(7.5°) | 80 |
| C1 | SKID RESISTANCE TESTER (P) | WIEL- BLOKKERING | GEPROFIL. | 100 | 30,60,90 |
| C3B | FLEMISH SCRIM (B) | DWC | GLAD | 34(20°) | 30,60,90 |
| C3E | CEDEX SCRIM (E) | DWC | GLAD | 34(20°) | 30,60,90 |
| C4 | KOMATSU SKID TESTER (J) | VERANDERLIJKE WIELVERTR. | GLAD A | 10-30 | 30,50,60 |
| C5 | DWW TRAILER (NL) | VASTE WIELVERTR. | GLAD P | 86 | 30,50,90 |
| C6E | MOPT SCRIM (E) | DWC | GLAD | 34(20°) | 30,60,90 |
| C8 | STRADOGRAPH (DK) | DWC | GLAD P | 21(12°) | 30,60,90 |
| C9 | WALLOON ODOLOGRAPH (B) | DWC | GLAD P | 26(15°) | 30,50,90 |
| C10 | CRR ODOLOGRAPH (B) | DWC | GLAD P | 34(20°) | 30,50,90 |
| D1E | SCRIM (D) | DWC | GLAD | 34(20°) | 40,60,90 |
| D2 | SCRIM GEOCISA (E) | DWC | GLAD | 34(20°) | 30,60,80 |
| D3 | SCRIM (F) | DWC | GLAD | 34(20°) | 30,60,90 |
| D4 | SUMMS (I) | DWC | GLAD | 34(20°) | 30,60,80 |
| D5 | SCRIMTEX (GB) | DWC | GLAD | 34(20°) | 30,50,90 |
| D6 | ADHERA LCPC (F) | WIEL- BLOKKERING | GLAD P | 100 | 40,60,90 |
| D7B | PETRA (D) | VERANDERLIJKE WIELVERTR. | GEPROFIL. | 0-100 | 30,60,90 |
| D8 | GRIPTESTER (GB) | VASTE WIELVERTR. | GLAD | 18 | 5,30, 65,90 |

(¹) A = ASTM-band ; P = PIARC-band ; GEPROFIL. = banden met diverse loopvlakprofielen.

(²) Bij de DWC-toestellen geldt de opgegeven wielvertraging voor de slijphoek die tussen haakjes erbij staat vermeld.

Tabel 2 - Textuurmeters in het PIARC-experiment. De Europese toestellen die voor de definitie van de EFI werden geselecteerd, zijn aangeduid met dikke letters.

| TOESTEL | | METINGEN | SNELHEID (km/h) |
|---------------|---|-----------------------------|--------------------|
| Identificatie | Naam (Land) | | |
| A1 | FHWA TEXTURE VAN (USA) | RMS | 30 |
| A2 | VTI PROFILOMETRE MOBILE (S) | RMS, ETD, TDMA, MPD | 36 |
| A3B | ARAN-Automated Road Analyzer (CDN) | MPD, RMS | 30,60,80 |
| A3E | AEPO RST-Road Surface Tester (E) | Macro--, megatextuur | 30 |
| A4 | CRR PROFILOMETRE MOBILE (B) | MPD, RMS | 18,36,72 |
| A5 | CRR PROFILOMETRE STATIONNAIRE (B) | MPD, RMS, ISO | 0 |
| A8 | ASTM E-965 SAND PATCH (USA) | MTD | 0 |
| A12 | FHWA ROSAN (USA) | MTD (berekend) | 5 |
| B8 | DRAINOMETER (CH) | Uitstroomtijd | 0 |
| B11E | DRAINOMETER (USA) | Uitstroomtijd | 0 |
| D2 | GEOCISA SCRIM (E) | MTD (berekend) | 60 |
| D3 | RUGOLASER (F) | RA, RQ, HSC | 60 |
| D4 | SUMMS (I) | MTD (berekend) | 50 |
| D5 | SCRIMTEX (GB) | MTD (berekend) | 50 |

Tabel 3 - Vergelijking tussen de MPD-waarden bepaald in het PIARC-experiment m.b.v. de OCW-verwerkingsmethode en de MPD-waarden berekend uit dezelfde gegevens m.b.v. de methode van de later uitgegeven ISO-norm.

| LOCATIE | A5/MPD | A5/ISO | LOCATIE | A5/MPD | A5/ISO |
|---------|--------|--------|---------|--------|--------|
| 1A | 2,82 | 2,27 | 42A | 0,72 | 0,59 |
| 1B | 3,46 | 2,78 | 42B | 0,73 | 0,61 |
| 2A | 1,42 | 1,17 | 50A | 0,73 | 0,60 |
| 2B | 1,27 | 1,14 | 50B | 0,96 | 0,76 |
| 3A | 0,88 | 0,72 | 51A | 0,78 | 0,64 |
| 3B | 1,05 | 0,82 | 51B | 1,05 | 0,79 |
| 4A | 0,89 | 0,74 | 52A | 0,86 | 0,70 |
| 4B | 1,02 | 0,81 | 52B | 0,88 | 0,72 |
| 6A | 0,75 | 0,59 | 53A | 0,65 | 0,54 |
| 6B | 0,84 | 0,65 | 53B | 0,77 | 0,64 |
| 8A | 0,57 | 0,49 | 56A | 1,12 | 0,97 |
| 8B | 0,53 | 0,46 | 56B | 0,89 | 0,80 |
| 9A | 2,19 | 1,66 | 57A | 2,54 | 2,10 |
| 9B | 1,44 | 1,14 | 57B | 2,85 | 2,25 |
| 10A | 2,11 | 1,68 | 58A | 1,23 | 0,96 |
| 10B | 1,62 | 1,22 | 58B | 1,46 | 1,07 |
| 11A | 1,00 | 0,82 | 59A | 0,95 | 0,76 |
| 11B | 0,85 | 0,67 | 59B | 0,87 | 0,74 |
| 12A | 2,66 | 2,11 | 60A | 0,87 | 0,65 |
| 12B | 2,76 | 2,15 | 60B | 0,81 | 0,64 |
| 13A | 3,04 | 2,36 | 61A | 0,72 | 0,53 |
| 13B | 3,75 | 3,10 | 61B | 0,59 | 0,48 |
| 15A | 3,58 | 2,80 | 62A | 1,64 | 1,50 |
| 15B | 3,72 | 2,82 | 62B | 1,84 | 1,43 |
| 17A | 1,02 | 0,76 | 63A | 1,88 | 1,56 |
| 17B | 1,92 | 1,40 | 63B | 2,36 | 2,04 |
| 18A | 1,99 | 1,70 | 64A | 3,35 | 2,45 |
| 18B | 1,84 | 1,47 | 64B | 1,74 | 1,41 |
| 19A | 3,25 | 2,57 | 65A | 0,83 | 0,62 |
| 19B | 4,00 | 3,01 | 65B | 0,87 | 0,72 |
| 21A | 1,76 | 1,45 | 66A | 0,77 | 0,60 |
| 21B | 1,90 | 1,56 | 66B | 0,74 | 0,62 |
| 24A | 1,28 | 0,96 | 67A | 1,23 | 1,03 |
| 24B | 1,17 | 0,97 | 67B | 1,38 | 1,17 |
| 26,1A | 0,55 | 0,48 | 68A | 0,93 | 0,70 |
| 26,1B | 0,55 | 0,50 | 68B | 0,89 | 0,72 |
| 26,2A | 2,08 | 1,90 | 69A | 0,71 | 0,55 |
| 26,2B | 2,39 | 2,12 | 69B | 0,71 | 0,62 |
| 32A | 1,94 | 1,65 | 70A | 2,01 | 1,68 |
| 32B | 1,79 | 1,37 | 70B | 2,12 | 1,80 |
| 33,1 | 0,63 | 0,53 | 81,1A | 0,49 | 0,44 |
| 33,2 | 0,70 | 0,57 | 81,1B | 0,55 | 0,47 |
| 33,3 | 0,79 | 0,64 | 81,2A | 0,61 | 0,54 |
| 33,4 | 0,78 | 0,60 | 81,2B | 0,51 | 0,45 |
| 34A | 1,24 | 1,10 | 81,3A | 0,60 | 0,52 |
| 34B | 1,15 | 0,98 | 81,3B | 0,60 | 0,53 |
| 40A | 1,39 | 1,14 | 81,4A | 0,59 | 0,50 |
| 40B | 1,31 | 1,06 | 81,4B | 0,66 | 0,57 |
| 41A | 1,61 | 1,41 | 82,1 | 1,21 | 1,06 |
| 41B | 1,73 | 1,55 | 82,2 | 0,87 | 0,78 |
| | | | 82,3 | 0,99 | 0,79 |

Tabel 4 - Parameters van de lineaire regressie $S_{0j} = a_{ISO} + b_{ISO} \cdot T_{ISO}$

| | Alle banden | Gladde banden | Geprofileerde banden |
|---------------------|-------------|---------------|----------------------|
| a [km/h] | 57 | 31 | 85 |
| b [km/h/mm] | 56 | 71 | 42 |
| ρ | 0,88 | 0,86 | 0,82 |
| σ abs [km/h] | 20 | 29 | 20 |
| σ rel [%] | 17 | 24 | 16 |

Tabel 5 - Parameters van regressies om met elk toestel de EFI te voorspellen

| Toestel | n | A | B | ρ | σ_{abs} | σ_{rel} |
|----------|-----|---------|--------|--------|----------------|----------------|
| B1LKD | 318 | 0,1814 | 0,5896 | 0,7940 | 0,0656 | 0,1143 |
| B1SLP | 339 | 0,1443 | 0,6666 | 0,8205 | 0,0610 | 0,1185 |
| B2LKD | 261 | 0,3470 | 0,3402 | 0,5967 | 0,0831 | 0,1453 |
| B2SLP | 234 | 0,0867 | 0,8420 | 0,9069 | 0,0369 | 0,0717 |
| B3 | 524 | 0,1006 | 0,7798 | 0,9044 | 0,0431 | 0,0793 |
| B5LKD | 479 | 0,1407 | 0,6837 | 0,7762 | 0,0651 | 0,1167 |
| B5SLP | 512 | 0,0379 | 0,8946 | 0,8984 | 0,0434 | 0,0786 |
| C1 | 464 | 0,1037 | 0,8859 | 0,8271 | 0,0582 | 0,1062 |
| C3B | 252 | 0,0604 | 1,0114 | 0,9321 | 0,0318 | 0,0568 |
| C5 | 526 | 0,1002 | 0,7511 | 0,8634 | 0,0498 | 0,0867 |
| C6E | 181 | 0,1145 | 0,8152 | 0,8944 | 0,0372 | 0,0750 |
| C8 | 530 | 0,1712 | 0,6515 | 0,8545 | 0,0491 | 0,0918 |
| C9 | 562 | 0,2908 | 0,5136 | 0,7808 | 0,0563 | 0,1178 |
| C10 | 498 | 0,2585 | 0,5743 | 0,8243 | 0,0551 | 0,1120 |
| D1E | 204 | 0,1170 | 0,7538 | 0,9293 | 0,0320 | 0,0604 |
| D2 | 460 | 0,1213 | 0,7912 | 0,8353 | 0,0468 | 0,0882 |
| D3 | 500 | 0,0668 | 0,7910 | 0,8978 | 0,0387 | 0,0759 |
| D4 | 519 | 0,0265 | 1,0165 | 0,8692 | 0,0470 | 0,0865 |
| D5 | 499 | 0,0063 | 0,9917 | 0,8767 | 0,0451 | 0,0813 |
| D6 | 492 | 0,2034 | 0,7000 | 0,8691 | 0,0471 | 0,0959 |
| D8 | 610 | 0,1901 | 0,7792 | 0,8231 | 0,0490 | 0,0971 |
| B1LKD_RP | 318 | 0,1448 | 0,7104 | 0,8953 | 0,0479 | 0,0849 |
| B1SLP_RP | 339 | 0,1527 | 0,6894 | 0,8379 | 0,0589 | 0,1120 |
| B2LKD_RP | 261 | 0,2907 | 0,4947 | 0,7859 | 0,0636 | 0,1059 |
| B2SLP_RP | 234 | 0,1228 | 0,8190 | 0,8605 | 0,0450 | 0,0797 |
| B3_RP | 524 | 0,1361 | 0,7573 | 0,8870 | 0,0459 | 0,0791 |
| B5LKD_RP | 479 | 0,1028 | 0,8131 | 0,8930 | 0,0447 | 0,0792 |
| B5SLP_RP | 512 | 0,0755 | 0,8652 | 0,8761 | 0,0471 | 0,0813 |
| C1_RP | 464 | 0,0931 | 0,9846 | 0,8845 | 0,0481 | 0,0852 |
| C3B_B | 252 | 0,0344 | 1,0360 | 0,9307 | 0,0329 | 0,0609 |
| C5_B | 526 | 0,1601 | 0,6044 | 0,7363 | 0,0673 | 0,1206 |
| C6E_B | 181 | 0,0783 | 0,8556 | 0,9165 | 0,0350 | 0,0743 |
| C8_B | 530 | 0,1335 | 0,6938 | 0,8857 | 0,0458 | 0,0882 |
| C9_B | 562 | 0,2466 | 0,5715 | 0,8400 | 0,0513 | 0,1141 |
| C10_B | 498 | 0,2158 | 0,6258 | 0,8642 | 0,0509 | 0,1097 |
| D1E_B | 204 | 0,0792 | 0,7984 | 0,9426 | 0,0307 | 0,0606 |
| D2_B | 460 | 0,0813 | 0,8377 | 0,8555 | 0,0455 | 0,0887 |
| D3_B | 500 | 0,0337 | 0,8218 | 0,8931 | 0,0413 | 0,0852 |
| D4_B | 519 | 0,0123 | 1,0112 | 0,8927 | 0,0426 | 0,0843 |
| D5_B | 499 | -0,0137 | 0,9999 | 0,9103 | 0,0385 | 0,0741 |
| D6_B | 492 | 0,1077 | 0,8308 | 0,8985 | 0,0442 | 0,0909 |
| D8_B | 610 | 0,1605 | 0,8117 | 0,8634 | 0,0440 | 0,0907 |

Tabel 6 - Herhaalbaarheid r_j en reproduceerbaarheid R_j van de EFI per half vak j

| Banden | Gezuiverde gegevens | | | | Ongezuiverde gegevens | | | |
|--------|---------------------|-------|--------------------|-------|-----------------------|-------|--------------------|-------|
| | Zonder onderscheid | | Onderscheid B & RP | | Zonder onderscheid | | Onderscheid B & RP | |
| Site | r_j | R_j | r_j | R_j | r_j | R_j | r_j | R_j |
| 1A | 0,056 | 0,085 | 0,056 | 0,077 | 0,056 | 0,085 | 0,056 | 0,077 |
| 1B | 0,062 | 0,100 | 0,065 | 0,094 | 0,062 | 0,100 | 0,065 | 0,094 |
| 2A | 0,065 | 0,131 | 0,067 | 0,111 | 0,065 | 0,131 | 0,067 | 0,111 |
| 2B | 0,063 | 0,101 | 0,065 | 0,082 | 0,063 | 0,101 | 0,065 | 0,082 |
| 4A | 0,097 | 0,142 | 0,094 | 0,139 | 0,097 | 0,142 | 0,094 | 0,139 |
| 4B | 0,102 | 0,140 | 0,102 | 0,139 | 0,102 | 0,140 | 0,102 | 0,139 |
| 6A | 0,087 | 0,149 | 0,091 | 0,135 | 0,087 | 0,149 | 0,091 | 0,135 |
| 6B | 0,096 | 0,124 | 0,103 | 0,116 | 0,096 | 0,124 | 0,103 | 0,116 |
| 8A | 0,131 | 0,252 | 0,137 | 0,223 | 0,131 | 0,252 | 0,137 | 0,223 |
| 8B | 0,140 | 0,282 | 0,146 | 0,249 | 0,140 | 0,282 | 0,146 | 0,249 |
| 9A | 0,048 | 0,056 | 0,048 | 0,053 | 0,048 | 0,056 | 0,048 | 0,053 |
| 9B | 0,058 | 0,122 | 0,059 | 0,116 | 0,058 | 0,122 | 0,059 | 0,116 |
| 10A | 0,083 | 0,161 | 0,087 | 0,150 | 0,083 | 0,161 | 0,087 | 0,150 |
| 10B | 0,095 | 0,116 | 0,104 | 0,119 | 0,095 | 0,116 | 0,104 | 0,119 |
| 11A | 0,106 | 0,229 | 0,107 | 0,232 | 0,106 | 0,229 | 0,107 | 0,232 |
| 11B | 0,104 | 0,257 | 0,093 | 0,251 | 0,104 | 0,257 | 0,093 | 0,251 |
| 12A | 0,070 | 0,070 | 0,072 | 0,072 | 0,075 | 0,075 | 0,077 | 0,077 |
| 12B | 0,076 | 0,076 | 0,078 | 0,078 | 0,075 | 0,081 | 0,079 | 0,090 |
| 13A | 0,054 | 0,104 | 0,055 | 0,097 | 0,054 | 0,099 | 0,056 | 0,096 |
| 13B | 0,066 | 0,069 | 0,071 | 0,071 | 0,066 | 0,069 | 0,071 | 0,071 |
| 15A | 0,058 | 0,118 | 0,060 | 0,116 | 0,058 | 0,118 | 0,060 | 0,116 |
| 15B | 0,054 | 0,131 | 0,057 | 0,139 | 0,057 | 0,128 | 0,061 | 0,128 |
| 17A | 0,092 | 0,092 | 0,095 | 0,123 | 0,092 | 0,092 | 0,095 | 0,123 |
| 17B | 0,089 | 0,107 | 0,093 | 0,123 | 0,095 | 0,112 | 0,102 | 0,137 |
| 18A | 0,054 | 0,090 | 0,055 | 0,085 | 0,054 | 0,087 | 0,055 | 0,085 |
| 18B | 0,055 | 0,055 | 0,053 | 0,053 | 0,055 | 0,070 | 0,054 | 0,068 |
| 19A | 0,053 | 0,053 | 0,055 | 0,055 | 0,054 | 0,066 | 0,055 | 0,062 |
| 19B | 0,050 | 0,050 | 0,051 | 0,051 | 0,049 | 0,099 | 0,051 | 0,092 |
| 21A | 0,054 | 0,054 | 0,054 | 0,054 | 0,054 | 0,054 | 0,055 | 0,061 |
| 21B | 0,046 | 0,046 | 0,046 | 0,047 | 0,047 | 0,047 | 0,047 | 0,049 |
| 24A | 0,052 | 0,087 | 0,053 | 0,053 | 0,072 | 0,098 | 0,073 | 0,073 |
| 24B | 0,048 | 0,093 | 0,052 | 0,052 | 0,063 | 0,098 | 0,067 | 0,067 |
| 26,1A | 0,141 | 0,141 | 0,112 | 0,112 | 0,175 | 0,175 | 0,163 | 0,163 |
| 26,1B | 0,139 | 0,139 | 0,110 | 0,110 | 0,171 | 0,171 | 0,154 | 0,154 |
| 26,2A | 0,083 | 0,083 | 0,086 | 0,086 | 0,087 | 0,087 | 0,089 | 0,089 |
| 26,2B | 0,080 | 0,080 | 0,084 | 0,084 | 0,079 | 0,079 | 0,082 | 0,082 |
| 32A | 0,059 | 0,121 | 0,060 | 0,120 | 0,059 | 0,121 | 0,060 | 0,120 |
| 32B | 0,061 | 0,095 | 0,061 | 0,090 | 0,061 | 0,095 | 0,061 | 0,090 |
| 33,1A | 0,132 | 0,390 | 0,119 | 0,382 | 0,135 | 0,363 | 0,123 | 0,352 |
| 33,1B | 0,113 | 0,418 | 0,099 | 0,412 | 0,122 | 0,391 | 0,110 | 0,383 |
| 33,2A | 0,091 | 0,242 | 0,084 | 0,182 | 0,091 | 0,236 | 0,088 | 0,173 |
| 33,2B | 0,095 | 0,119 | 0,090 | 0,090 | 0,095 | 0,119 | 0,090 | 0,090 |
| 33,3A | 0,115 | 0,201 | 0,117 | 0,194 | 0,118 | 0,197 | 0,121 | 0,184 |
| 33,3B | 0,118 | 0,196 | 0,119 | 0,180 | 0,121 | 0,198 | 0,123 | 0,187 |
| 33,4A | 0,100 | 0,285 | 0,102 | 0,270 | 0,097 | 0,260 | 0,101 | 0,231 |
| 33,4B | 0,101 | 0,248 | 0,101 | 0,217 | 0,101 | 0,248 | 0,101 | 0,217 |

(vervolg)

| Banden | Gezuiverde gegevens | | | | Ongezuiverde gegevens | | | |
|--------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | Zonder onderscheid | | Onderscheid B & RP | | Zonder onderscheid | | Onderscheid B & RP | |
| Site | <i>r_j</i> | <i>R_j</i> | <i>r_j</i> | <i>R_j</i> | <i>r_j</i> | <i>R_j</i> | <i>r_j</i> | <i>R_j</i> |
| 34A | | | | | 0,104 | 0,105 | 0,109 | 0,109 |
| 34B | | | | | 0,102 | 0,110 | 0,111 | 0,111 |
| 40A | 0,064 | 0,064 | 0,066 | 0,066 | 0,063 | 0,064 | 0,065 | 0,065 |
| 40B | 0,067 | 0,077 | 0,071 | 0,076 | 0,067 | 0,077 | 0,071 | 0,076 |
| 41A | 0,095 | 0,095 | 0,095 | 0,095 | 0,093 | 0,093 | 0,093 | 0,093 |
| 41B | 0,105 | 0,105 | 0,106 | 0,106 | 0,102 | 0,102 | 0,103 | 0,103 |
| 42A | 0,099 | 0,197 | 0,101 | 0,162 | 0,099 | 0,197 | 0,101 | 0,162 |
| 42B | 0,099 | 0,219 | 0,105 | 0,189 | 0,099 | 0,219 | 0,105 | 0,189 |
| 50A | 0,100 | 0,216 | 0,099 | 0,185 | 0,118 | 0,197 | 0,118 | 0,165 |
| 50B | 0,106 | 0,201 | 0,102 | 0,174 | 0,133 | 0,190 | 0,132 | 0,166 |
| 51A | 0,076 | 0,154 | 0,074 | 0,125 | 0,076 | 0,154 | 0,074 | 0,125 |
| 51B | 0,069 | 0,096 | 0,069 | 0,077 | 0,069 | 0,096 | 0,069 | 0,077 |
| 52A | 0,069 | 0,129 | 0,068 | 0,101 | 0,069 | 0,129 | 0,068 | 0,101 |
| 52B | 0,070 | 0,114 | 0,070 | 0,087 | 0,070 | 0,114 | 0,070 | 0,087 |
| 53A | 0,133 | 0,313 | 0,125 | 0,288 | 0,130 | 0,300 | 0,125 | 0,278 |
| 53B | 0,145 | 0,269 | 0,140 | 0,247 | 0,145 | 0,269 | 0,140 | 0,247 |
| 56A | 0,073 | 0,181 | 0,074 | 0,162 | 0,073 | 0,181 | 0,074 | 0,162 |
| 56B | 0,096 | 0,212 | 0,096 | 0,192 | 0,096 | 0,212 | 0,096 | 0,192 |
| 57A | 0,050 | 0,118 | 0,053 | 0,132 | 0,050 | 0,118 | 0,053 | 0,132 |
| 57B | 0,048 | 0,086 | 0,050 | 0,100 | 0,048 | 0,086 | 0,050 | 0,100 |
| 58A | 0,065 | 0,345 | 0,066 | 0,340 | 0,065 | 0,345 | 0,066 | 0,340 |
| 58B | 0,070 | 0,345 | 0,070 | 0,345 | 0,069 | 0,329 | 0,070 | 0,326 |
| 59A | 0,087 | 0,191 | 0,086 | 0,162 | 0,087 | 0,191 | 0,086 | 0,162 |
| 59B | 0,094 | 0,167 | 0,094 | 0,140 | 0,094 | 0,167 | 0,094 | 0,140 |
| 60A | 0,083 | 0,116 | 0,083 | 0,089 | 0,083 | 0,116 | 0,083 | 0,089 |
| 60B | 0,082 | 0,113 | 0,085 | 0,090 | 0,082 | 0,113 | 0,085 | 0,090 |
| 61A | 0,124 | 0,126 | 0,120 | 0,120 | 0,122 | 0,128 | 0,117 | 0,117 |
| 61B | 0,139 | 0,173 | 0,134 | 0,136 | 0,135 | 0,178 | 0,131 | 0,142 |
| 62A | 0,055 | 0,210 | 0,057 | 0,216 | 0,063 | 0,222 | 0,065 | 0,221 |
| 62B | 0,063 | 0,191 | 0,066 | 0,190 | 0,067 | 0,198 | 0,070 | 0,195 |
| 63A | 0,064 | 0,064 | 0,065 | 0,065 | 0,061 | 0,106 | 0,062 | 0,092 |
| 63B | 0,057 | 0,057 | 0,059 | 0,059 | 0,058 | 0,067 | 0,061 | 0,061 |
| 64A | 0,048 | 0,229 | 0,051 | 0,251 | 0,046 | 0,206 | 0,049 | 0,220 |
| 64B | 0,056 | 0,172 | 0,058 | 0,181 | 0,056 | 0,172 | 0,058 | 0,181 |
| 65A | 0,070 | 0,070 | 0,068 | 0,083 | 0,070 | 0,070 | 0,068 | 0,083 |
| 65B | 0,075 | 0,093 | 0,076 | 0,115 | 0,075 | 0,093 | 0,076 | 0,115 |
| 66A | 0,067 | 0,134 | 0,060 | 0,094 | 0,072 | 0,171 | 0,074 | 0,132 |
| 66B | 0,075 | 0,146 | 0,071 | 0,108 | 0,081 | 0,183 | 0,084 | 0,145 |
| 67A | 0,095 | 0,095 | 0,098 | 0,098 | 0,095 | 0,095 | 0,098 | 0,098 |
| 67B | 0,064 | 0,064 | 0,066 | 0,066 | 0,064 | 0,064 | 0,066 | 0,066 |
| 68A | 0,065 | 0,182 | 0,070 | 0,150 | 0,094 | 0,194 | 0,100 | 0,163 |
| 68B | 0,067 | 0,130 | 0,072 | 0,100 | 0,067 | 0,130 | 0,072 | 0,100 |
| 69A | 0,090 | 0,139 | 0,086 | 0,110 | 0,090 | 0,139 | 0,086 | 0,110 |
| 69B | 0,079 | 0,166 | 0,078 | 0,142 | 0,079 | 0,166 | 0,078 | 0,142 |
| 70A | 0,072 | 0,086 | 0,075 | 0,088 | 0,072 | 0,086 | 0,075 | 0,088 |
| 70B | 0,076 | 0,083 | 0,079 | 0,085 | 0,076 | 0,083 | 0,079 | 0,085 |

(vervolg)

| Banden | Gezuiverde gegevens | | | | Ongezuiverde gegevens | | | |
|------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | Zonder onderscheid | | Onderscheid B & RP | | Zonder onderscheid | | Onderscheid B & RP | |
| | Site | <i>r_j</i> | <i>R_j</i> | <i>r_j</i> | <i>R_j</i> | <i>r_j</i> | <i>R_j</i> | <i>r_j</i> |
| 81,1A | | | | | 0,272 | 0,393 | 0,272 | 0,354 |
| 81,1B | | | | | 0,272 | 0,411 | 0,272 | 0,338 |
| 81,2A | | | | | 0,271 | 0,316 | 0,260 | 0,285 |
| 81,2B | | | | | 0,279 | 0,412 | 0,275 | 0,337 |
| 81,3A | | | | | 0,284 | 0,487 | 0,262 | 0,475 |
| 81,3B | | | | | 0,295 | 0,560 | 0,275 | 0,533 |
| 81,4A | | | | | 0,298 | 0,460 | 0,283 | 0,451 |
| 81,4B | | | | | 0,290 | 0,499 | 0,274 | 0,478 |
| 82,1A | 0,103 | 0,182 | 0,110 | 0,198 | 0,112 | 0,204 | 0,116 | 0,228 |
| 82,1B | 0,111 | 0,215 | 0,108 | 0,223 | 0,111 | 0,215 | 0,108 | 0,223 |
| 82,2A | | | | | 0,169 | 0,169 | 0,156 | 0,156 |
| 82,2B | | | | | 0,168 | 0,168 | 0,155 | 0,155 |
| 82,3A | 0,119 | 0,128 | 0,118 | 0,142 | 0,169 | 0,176 | 0,159 | 0,181 |
| 82,3B | 0,133 | 0,133 | 0,136 | 0,136 | 0,187 | 0,226 | 0,178 | 0,228 |
| Gemiddelde | 0,083 | 0,148 | 0,083 | 0,138 | 0,103 | 0,173 | 0,103 | 0,161 |

Tabel 7 - Locaties voor de aanvullende metingen in België.

| Locatie Nr. | Weg Nr. | Plaats | Richting | Vak Beginraai - eindraai | Soort van wegdek ⁽²⁾ |
|-------------|---------|-------------------------|-------------|--------------------------|---------------------------------|
| 1 | N40 | Neupont | Neufchâteau | 71.050-70.900 | E |
| 2 | N947 | Dave | Namur | 4.600-4.450 | BB |
| 3 | N495 | Geraardsbergen | Edingen | 2.550-2.700 | BB |
| 4 | N437 | Kruishoutem | Kruishoutem | 29.300-29.150 | BB |
| 5 | N7 | Saintes | Halle | 5.100-5.300 | BC |
| 6 | N368c | Eernegem | Ichtegem | 0.800-0.650 | BC |
| 7 | N255 | Herne | Ninove | 6.700-6.850 | SMA |
| 8 | N255 | Herne | Ninove | 6.400-6.550 | SMA |
| 9 | N255 | Herne | Ninove | 6.000-6.150 | BD |
| 10 | N255 | Herne | Ninove | 5.300-5.450 | ED |
| 11 | N255 | Herne | Ninove | 4.350-4.500 | BC |
| 12 | N255 | Herne | Ninove | 4.000-4.150 | BB |
| 13 | E411 | Beez (viaduc) | Bruxelles | 55.800-55.650 | ESHP |
| 14 | N951 | Wépion | Meuse | 1.500-1.350 | RMTO |
| 15 | N90 | Floreffe ⁽¹⁾ | Charleroi | 62.900-62.750 | RMTO |
| 16 | N5 | Fraire | Charleroi | 68.800-68.650 | ED |
| 17 | N5 | Philippeville | Couvin | 76.400-76.550 | BC |
| 18 | N5 | Couvin | Couvin | 91.400-91.550 | RMD |
| 19 | N99 | Couvin | Chimay | 26.000-26.150 | ED |
| 20 | N7 | Leuze | Bruxelles | 48.700-48.550 | RMD |
| 21 | N526 | Tourpes | Beloeil | 4.800-4.950 | RUMG |
| 22 | N25 | Leuven | Namur | 1.100-1.250 | BC |
| 23 | N264 | Leuven | Bruxelles | 0.300-0.450 | BC |
| 24 | R23 | Leuven | Bruxelles | 3.100-3.250 | RMTO |
| 25 | N264 | Leuven ⁽¹⁾ | Bruxelles | 0.000-0.150 | SMA |

⁽¹⁾ Onbereikbaar ten tijde van de metingen.

⁽²⁾ Code : E = Bestrijking (oppervlakbehandeling), BB = Afsfaltbeton (dicht), BC = Cementbeton, ED = Zeer open asfaltbeton (ZOAB), SMA = Steenmastiekasfalt, RUMG = Grof gegradeerde ultradunne deklaag, RMTO = Dunne deklaag met open textuur, ESHP = Hoogwaardige bestrijking (oppervlakbehandeling), RMD = Discontinu gegradeerde dunne deklaag. Voor uitvoeriger beschrijvingen wordt verwezen naar **Billage 1** (de cd-rom).

Tabel 8 - Resultaten van de aanvullende metingen in België met de SCRIM van LIN.

| Half- vak | T _{ISO} (mm) | S ₀ (km/h) | F ₀ | F ₁₀ | F ₂₀ | F ₃₀ |
|--------------|--------------------------|--------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1A | 1,73 | 119,054 | 0,903 | 0,830 | 0,763 | 0,702 |
| 1B | 1,48 | 118,149 | 0,862 | 0,792 | 0,727 | 0,668 |
| 2A | 0,74 | 75,366 | 0,865 | 0,758 | 0,664 | 0,581 |
| 2B | 0,70 | 65,113 | 0,895 | 0,767 | 0,658 | 0,564 |
| 3A | 0,82 | 78,664 | 0,695 | 0,612 | 0,539 | 0,475 |
| 3B | 1,07 | 68,948 | 0,748 | 0,647 | 0,560 | 0,484 |
| 4A | 0,58 | 75,153 | 0,734 | 0,643 | 0,563 | 0,493 |
| 4B | 0,68 | 66,509 | 0,753 | 0,648 | 0,558 | 0,480 |
| 5A | 1,06 | 90,758 | 0,804 | 0,720 | 0,645 | 0,578 |
| 5B | 1,24 | 100,097 | 0,803 | 0,727 | 0,658 | 0,595 |
| 6A | 1,30 | 108,857 | 0,687 | 0,627 | 0,572 | 0,522 |
| 6B | 1,32 | 98,495 | 0,700 | 0,633 | 0,572 | 0,516 |
| 7A | 0,99 | 107,365 | 0,775 | 0,706 | 0,644 | 0,586 |
| 7B | 1,01 | 86,526 | 0,793 | 0,707 | 0,629 | 0,561 |
| 8A | 0,96 | 54,983 | 0,926 | 0,772 | 0,643 | 0,536 |
| 8B | 1,08 | 56,767 | 0,936 | 0,785 | 0,658 | 0,552 |
| 9A | 1,75 | 100,305 | 0,644 | 0,583 | 0,528 | 0,478 |
| 9B | 1,44 | 102,328 | 0,613 | 0,556 | 0,504 | 0,458 |
| 10A | 1,54 | 67,919 | 0,763 | 0,659 | 0,568 | 0,491 |
| 10B | 1,72 | 67,573 | 0,791 | 0,682 | 0,588 | 0,507 |
| 11A | 0,78 | 94,295 | 0,735 | 0,661 | 0,594 | 0,534 |
| 11B | 0,71 | 81,906 | 0,730 | 0,646 | 0,572 | 0,506 |
| 12A | 0,87 | 56,031 | 0,909 | 0,760 | 0,636 | 0,532 |
| 12B | 0,78 | 50,851 | 0,919 | 0,755 | 0,620 | 0,509 |
| 13A | 1,09 | 147,691 | 0,920 | 0,860 | 0,803 | 0,751 |
| 13B | 1,12 | 164,855 | 0,921 | 0,867 | 0,816 | 0,768 |
| 14B | 1,53 | 41,309 | 0,831 | 0,652 | 0,512 | 0,402 |
| 16A | 2,33 | 95,066 | 0,607 | 0,546 | 0,492 | 0,443 |
| 16B | 2,62 | 108,905 | 0,607 | 0,554 | 0,505 | 0,461 |
| 17A | 0,60 | 85,180 | 0,768 | 0,682 | 0,607 | 0,540 |
| 17B | 0,53 | 53,353 | 0,783 | 0,649 | 0,538 | 0,446 |
| 18A | 1,08 | 113,516 | 0,617 | 0,565 | 0,517 | 0,474 |
| 18B | 0,97 | 118,524 | 0,622 | 0,571 | 0,525 | 0,483 |
| 19A | 1,80 | 89,588 | 0,642 | 0,574 | 0,514 | 0,459 |
| 19B | 1,90 | 98,038 | 0,629 | 0,568 | 0,513 | 0,464 |
| 20A | 1,00 | 122,755 | 0,522 | 0,482 | 0,444 | 0,409 |
| 20B | 1,10 | 133,966 | 0,509 | 0,472 | 0,438 | 0,407 |
| 21A | 1,32 | 108,535 | 0,623 | 0,568 | 0,518 | 0,472 |
| 21B | 1,00 | 122,190 | 0,612 | 0,564 | 0,519 | 0,479 |
| 22A | 2,10 | 108,036 | 0,704 | 0,642 | 0,585 | 0,533 |
| 22B | 2,10 | 105,299 | 0,701 | 0,637 | 0,580 | 0,527 |
| 23A | 1,16 | 90,589 | 0,658 | 0,589 | 0,528 | 0,473 |
| 23B | 1,00 | 78,315 | 0,686 | 0,604 | 0,532 | 0,468 |
| 24A | 1,68 | 91,463 | 0,537 | 0,481 | 0,431 | 0,387 |
| 24B | 1,55 | 73,987 | 0,573 | 0,500 | 0,437 | 0,382 |

Resultaten van de aanvullende metingen in België met de odolograaf van MET.

| Half- vak | T _{iso} (mm) | S ₀ (km/h) | F ₀ | F ₁₀ | F ₂₀ | F ₃₀ |
|--------------|--------------------------|--------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1A | 1,73 | 87 | 0,910 | 0,812 | 0,724 | 0,646 |
| 1B | 1,48 | 238 | 0,863 | 0,827 | 0,793 | 0,761 |
| 2A | 0,74 | 106 | 0,888 | 0,809 | 0,736 | 0,671 |
| 2B | 0,70 | 71 | 0,960 | 0,834 | 0,724 | 0,629 |
| 3A | 0,82 | 62 | 0,759 | 0,646 | 0,550 | 0,468 |
| 3B | 1,07 | 56 | 0,782 | 0,655 | 0,548 | 0,459 |
| 4A | 0,58 | 52 | 0,838 | 0,692 | 0,571 | 0,472 |
| 4B | 0,68 | 49 | 0,845 | 0,690 | 0,563 | 0,460 |
| 5A | 1,06 | 181 | 0,794 | 0,752 | 0,711 | 0,673 |
| 5B | 1,24 | 433 | 0,770 | 0,753 | 0,735 | 0,719 |
| 6A | 1,30 | 98 | 0,674 | 0,609 | 0,550 | 0,497 |
| 6B | 1,32 | 103 | 0,657 | 0,596 | 0,542 | 0,492 |
| 7A | 0,99 | 295 | 0,762 | 0,736 | 0,712 | 0,688 |
| 7B | 1,01 | 203 | 0,794 | 0,756 | 0,720 | 0,685 |
| 8A | 0,96 | 377 | 0,738 | 0,718 | 0,700 | 0,681 |
| 8B | 1,08 | 348 | 0,756 | 0,734 | 0,714 | 0,693 |
| 9A | 1,75 | 365 | 0,610 | 0,593 | 0,577 | 0,562 |
| 9B | 1,44 | 277 | 0,580 | 0,559 | 0,539 | 0,520 |
| 10A | 1,54 | 103 | 0,706 | 0,641 | 0,582 | 0,528 |
| 10B | 1,72 | 135 | 0,704 | 0,654 | 0,607 | 0,564 |
| 11A | 0,78 | 185 | 0,735 | 0,696 | 0,659 | 0,625 |
| 12A | 0,87 | 88 | 0,864 | 0,771 | 0,688 | 0,614 |
| 12B | 0,78 | 85 | 0,815 | 0,725 | 0,645 | 0,574 |
| 13A | 1,09 | 33 | 1,009 | 0,743 | 0,548 | 0,404 |
| 13B | 1,12 | 29 | 1,115 | 0,791 | 0,561 | 0,398 |
| 14A | 1,46 | 105 | 0,849 | 0,772 | 0,701 | 0,638 |
| 14B | 1,53 | 69 | 0,907 | 0,785 | 0,679 | 0,587 |
| 16A | 2,33 | 56 | 0,727 | 0,608 | 0,508 | 0,425 |
| 16B | 2,62 | 87 | 0,650 | 0,580 | 0,517 | 0,461 |
| 17A | 0,60 | 72 | 0,814 | 0,709 | 0,617 | 0,537 |
| 17B | 0,53 | 59 | 0,787 | 0,665 | 0,562 | 0,475 |
| 18A | 1,08 | 153 | 0,716 | 0,671 | 0,628 | 0,589 |
| 18B | 0,97 | 169 | 0,701 | 0,661 | 0,623 | 0,587 |
| 19A | 1,80 | 64 | 0,729 | 0,624 | 0,534 | 0,456 |
| 19B | 1,90 | 63 | 0,721 | 0,616 | 0,526 | 0,449 |
| 20A | 1,00 | 140 | 0,661 | 0,615 | 0,573 | 0,533 |
| 20B | 1,10 | 499 | 0,585 | 0,573 | 0,562 | 0,551 |
| 21A | 1,32 | 88 | 0,667 | 0,596 | 0,532 | 0,475 |
| 21B | 1,00 | 87 | 0,697 | 0,622 | 0,554 | 0,494 |
| 22A | 2,10 | 135 | 0,708 | 0,657 | 0,610 | 0,567 |
| 22B | 2,10 | 72 | 0,740 | 0,644 | 0,560 | 0,487 |
| 23A | 1,16 | 130 | 0,612 | 0,567 | 0,525 | 0,486 |
| 23B | 1,00 | 73 | 0,676 | 0,590 | 0,514 | 0,448 |
| 24A | 1,68 | 125 | 0,515 | 0,476 | 0,439 | 0,405 |
| 24B | 1,55 | 95 | 0,531 | 0,478 | 0,430 | 0,387 |

Tabel 10 - Standaardafwijking van de fout in de EFI door onnauwkeurigheid bij het voorspellen van S_p uit de textuur bij $S_p = 50$ km/h, wat overeenstemt met $MTD \cong 0.0$ mm (geen macrotextuur).

| EFI | S (km/h) | | | | | | | | |
|-----|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
| 0,1 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 |
| 0,2 | 0,03 | 0,02 | 0,00 | 0,02 | 0,03 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,10 |
| 0,3 | 0,05 | 0,02 | 0,00 | 0,02 | 0,05 | 0,07 | 0,10 | 0,12 | 0,14 |
| 0,4 | 0,06 | 0,03 | 0,00 | 0,03 | 0,06 | 0,10 | 0,13 | 0,16 | 0,19 |
| 0,5 | 0,08 | 0,04 | 0,00 | 0,04 | 0,08 | 0,12 | 0,16 | 0,20 | 0,24 |
| 0,6 | 0,10 | 0,05 | 0,00 | 0,05 | 0,10 | 0,14 | 0,19 | 0,24 | 0,29 |
| 0,7 | 0,11 | 0,06 | 0,00 | 0,06 | 0,11 | 0,17 | 0,22 | 0,28 | 0,34 |
| 0,8 | 0,13 | 0,06 | 0,00 | 0,06 | 0,13 | 0,19 | 0,26 | 0,32 | 0,38 |
| 0,9 | 0,14 | 0,07 | 0,00 | 0,07 | 0,14 | 0,22 | 0,29 | 0,36 | 0,43 |
| 1 | 0,16 | 0,08 | 0,00 | 0,08 | 0,16 | 0,24 | 0,32 | 0,40 | 0,48 |

Tabel 11 - Standaardafwijking van de fout in de EFI door onnauwkeurigheid bij het voorspellen van S_p uit de textuur bij $S_p = 75$ km/h, wat overeenstemt met $MTD \cong 0.3$ mm.

| EFI | S (km/h) | | | | | | | | |
|-----|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
| 0,1 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| 0,2 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,04 |
| 0,3 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 |
| 0,4 | 0,03 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,03 | 0,04 | 0,06 | 0,07 | 0,09 |
| 0,5 | 0,04 | 0,02 | 0,00 | 0,02 | 0,04 | 0,05 | 0,07 | 0,09 | 0,11 |
| 0,6 | 0,04 | 0,02 | 0,00 | 0,02 | 0,04 | 0,06 | 0,09 | 0,11 | 0,13 |
| 0,7 | 0,05 | 0,02 | 0,00 | 0,02 | 0,05 | 0,07 | 0,10 | 0,12 | 0,15 |
| 0,8 | 0,06 | 0,03 | 0,00 | 0,03 | 0,06 | 0,09 | 0,11 | 0,14 | 0,17 |
| 0,9 | 0,06 | 0,03 | 0,00 | 0,03 | 0,06 | 0,10 | 0,13 | 0,16 | 0,19 |
| 1 | 0,07 | 0,04 | 0,00 | 0,04 | 0,07 | 0,11 | 0,14 | 0,18 | 0,21 |

Tabel 12 - Standaardafwijking van de fout in de EFI door onnauwkeurigheid bij het voorspellen van S_p uit de textuur bij $S_p = 100$ km/h, wat overeenstemt met $MTD \cong 0.75$ mm.

| EFI | S (km/h) | | | | | | | | |
|-----|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
| 0,1 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 0,2 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 0,3 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,04 |
| 0,4 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 |
| 0,5 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 |
| 0,6 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,07 |
| 0,7 | 0,03 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,03 | 0,04 | 0,06 | 0,07 | 0,08 |
| 0,8 | 0,03 | 0,02 | 0,00 | 0,02 | 0,03 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,10 |
| 0,9 | 0,04 | 0,02 | 0,00 | 0,02 | 0,04 | 0,05 | 0,07 | 0,09 | 0,11 |
| 1 | 0,04 | 0,02 | 0,00 | 0,02 | 0,04 | 0,06 | 0,08 | 0,10 | 0,12 |

Tabel 13 - Standaardafwijking van de fout in de EFI door onnauwkeurigheid bij het voorspellen van S_p uit de textuur bij $S_p = 150$ km/h, wat overeenstemt met $MTD \approx 1.5$ mm.

| EFI | S (km/h) | | | | | | | | |
|-----|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
| 0,1 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| 0,2 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 0,3 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 |
| 0,4 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| 0,5 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,03 |
| 0,6 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 |
| 0,7 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,04 |
| 0,8 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,04 |
| 0,9 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 |
| 1 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,05 |

Tabel 14 - Standaardafwijking van de fout in de EFI door onnauwkeurigheid bij het voorspellen van S_p uit de textuur bij $S_p = 200$ km/h, wat overeenstemt met $MTD \approx 2.5$ mm.

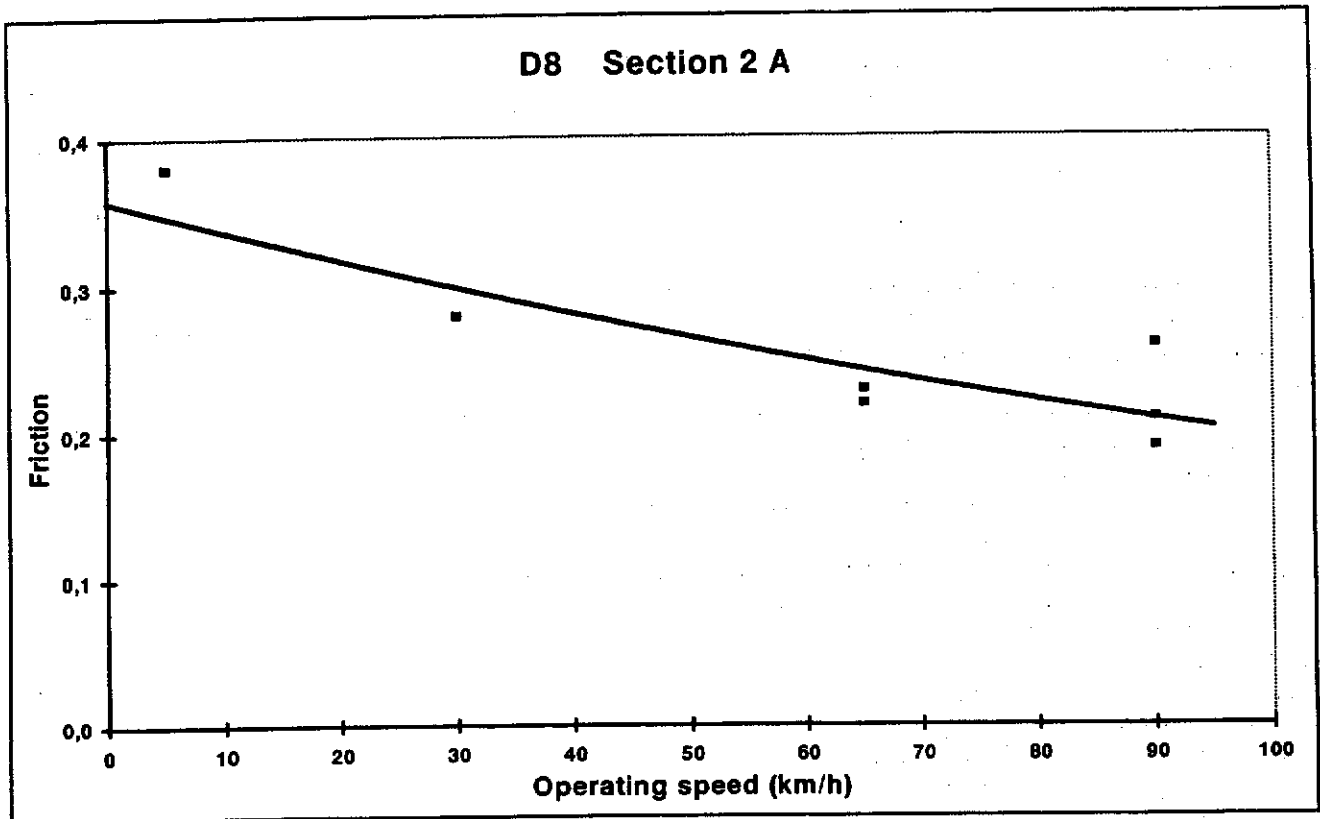
| EFI | S (km/h) | | | | | | | | |
|-----|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
| 0,1 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0,2 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 |
| 0,3 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 0,4 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 0,5 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 |
| 0,6 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| 0,7 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| 0,8 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| 0,9 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,03 |
| 1 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 |

Tabel 15 - Standaardafwijking van de fout in de EFI door onnauwkeurigheid bij het voorspellen van S_p uit de textuur bij $S_p = 250$ km/h, wat overeenstemt met $MTD \approx 3.5$ mm.

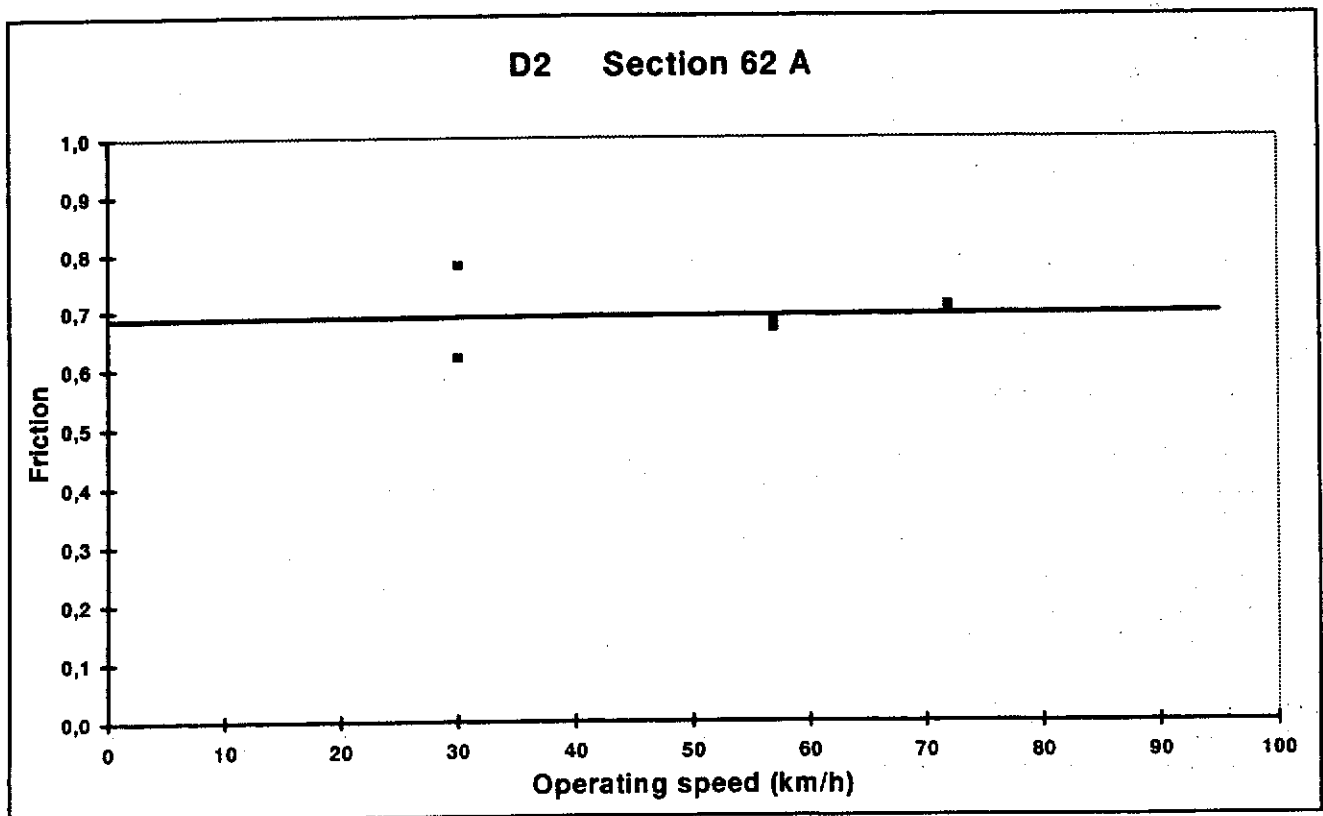
| EFI | S (km/h) | | | | | | | | |
|-----|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
| 0,1 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0,2 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0,3 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| 0,4 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 0,5 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 0,6 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 0,7 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 0,8 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 |
| 0,9 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 |
| 1 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |

XIII. Figuren

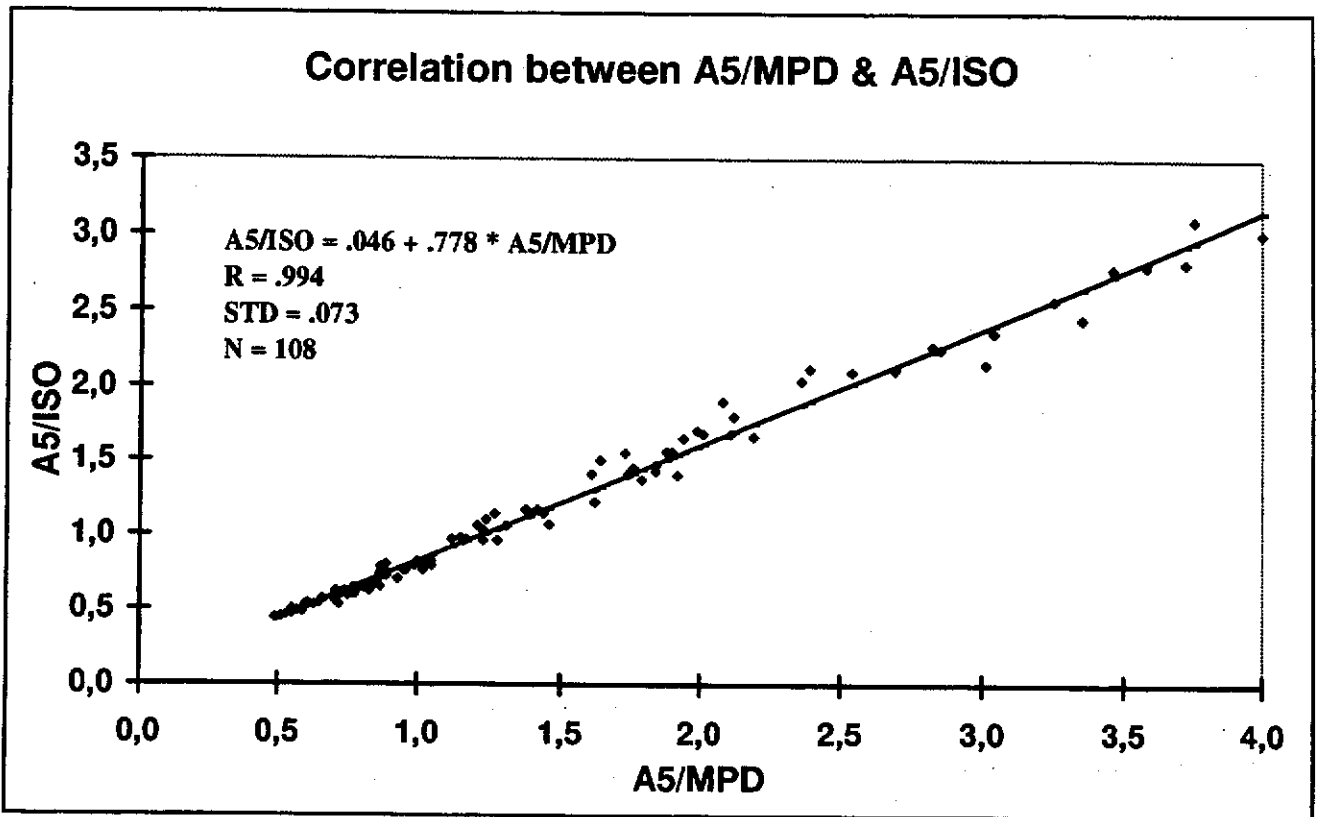
- Figuur 1** - Voorbeeld van toepassing van het exponentiële model op een reeks stroefheidsmetingen bij verschillende snelheden. 65
- Figuur 2** - Voorbeeld van verwijderde uitbijtende reeks. 65
- Figuur 3** - Relatie tussen de gemiddelde textuurdiepte volgens de nieuwe ISO-norm en volgens de OCW-methode. 65
- Figuur 4** - Voorbeeld van bepaling van de optimale S_{0j} -waarde (S_{0j}^*) – gemeenschappelijk voor alle toestellen op een gegeven locatie (j) -, die de restandaardafwijking van de meetresultaten t.o.v. de exponentiële (regressie) krommen zo klein mogelijk houdt. 65
- Figuur 5** - Voorbeeld van bepaling van exponentiële krommen van gelijke helling voor een reeks gegevens uit metingen met verschillende toestellen op eenzelfde half vak. 65
- Figuur 6** - Voorbeeld van regressie tussen tot een gemeenschappelijke referentiesnelheid ($S_R = 40$ km/h) herleide individuele wrijvingsmetingen en het gemiddelde van deze metingen voor alle toestellen ('Golden value') op een gegeven half vak. 65
- Figuur 7** - Relatie $\langle F_R \rangle / F_{Rmij}$ voor een bepaalde locatie, met een reeks uitbijters. 65
- Figuur 8** - Restandaardafwijking in absolute en relatieve zin van wrijvingsmetingen t.o.v. exponentiële krommen van de gelijke gemeenschappelijke helling per locatie. 65
- Figuur 9** - Relatie tussen de vastgestelde gemeenschappelijke waarden S_{0j}^* en de textuurmeting T_{ISO} voor de toestellen met de gladde banden. 65
- Figuur 10** - Relatie tussen de vastgestelde gemeenschappelijke waarden S_{0j}^* en de textuurmeting T_{ISO} voor de toestellen met de geprofileerde banden. 65
- Figuur 11** - Relatie tussen de vastgestelde gemeenschappelijke waarden S_{0j}^* en de textuurmeting T_{ISO} voor alle toestellen, ongeacht de soort van band. 65
- Figuur 12** - Relatie S_{0j}^* / T_{ISO} , gezuiverd van uitbijters (gladde banden). 65
- Figuur 13** - Relatie S_{0j}^* / T_{ISO} , gezuiverd van uitbijters (geprofileerde banden). 65
- Figuur 14** - Relatie S_{0j}^* / T_{ISO} , gezuiverd van uitbijters (alle banden). 65
- Figuur 15** - Standaardafwijking van de fouten in de EFI als S_{0j}^* met een willekeurige fout voorspeld wordt, als functie van de beschouwde referentiesnelheid (eenzelfde formule om S_{0j}^* uit T_{ISO} te berekenen, ongeacht de soort van band). 65
- Figuur 16** - Standaardafwijking van de fouten in de EFI als S_{0j}^* met een willekeurige fout voorspeld wordt, als functie van de beschouwde referentiesnelheid (verschillende formules om S_{0j}^* uit T_{ISO} te berekenen, voor de twee soorten van banden). 65
- Figuur 17** - Reeksen meetgegevens waaruit blijkt dat de wrijvingscoëfficiënt bepaald wordt door twee onafhankelijke variabelen : de meetsnelheid en de wielvertraging – Naar W.B. HORNE aangehaald door Z. RADO [ref.3]. 65
- Figuur 18** - Modellen van vergelijkingen voor de verandering van de wrijvingscoëfficiënt als functie van de snelheid (V), de wielblokkering (τ) of beide. 65
- Figuur 19** - Driedimensionale weergave van het algemene model. 65
- Figuur 20** - Zie het onderschrift bij **Figuur 22**. 65
- Figuur 21** - Zie het onderschrift bij **Figuur 22**. 65
- Figuur 22** - Toepassing van het algemene model op de gegevens van **Figuur 17**. 65
- Figuur 23** - Weergave volgens H.W.Kummer in 1966 (naar [ref. 4]). 65
- Figuur 24** - Vergelijking van de S_{0j} / T_{ISO} -diagrammen voor de PIARC- en de DWTC-locaties, uitgaande van de SCRIM-metingen. 65
- Figuur 25** - Vergelijking van de S_{0j} / T_{ISO} -diagrammen voor de PIARC- en de DWTC-locaties, uitgaande van de odoliograafmetingen. 65
- Figuur 26** - Verdeling van de verschillen in DWC-waarden voor eenzelfde halve locatie, verkregen bij eenzelfde meetsnelheid van SCRIM en odoliograaf in het PIARC-experiment. 65
- Figuur 27** - Verdeling van de verschillen in EFI-waarden, verkregen door omrekening van gegevens uit SCRIM- en odoliograafmetingen in het PIARC-experiment. 65
- Figuur 28** - Verdeling van de verschillen in DWC-waarden voor eenzelfde halve locatie, verkregen bij eenzelfde meetsnelheid van SCRIM en odoliograaf in de metingen van 1997. 65
- Figuur 29** - Verdeling van de verschillen in EFI-waarden, verkregen door omrekening van gegevens uit SCRIM- en odoliograafresultaten in de metingen van 1997. 65



Figuur 1 - Voorbeeld van toepassing van het exponentiële model op een reeks stroefheidsmetingen bij verschillende snelheden.

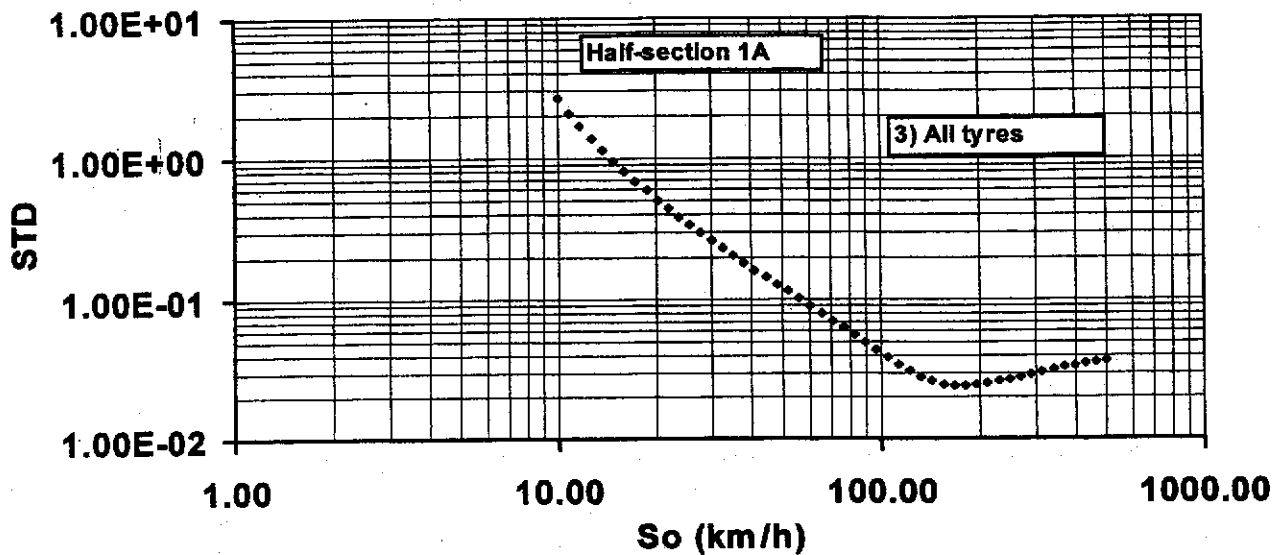


Figuur 2 - Voorbeeld van verwijderde uitbittende reeks.

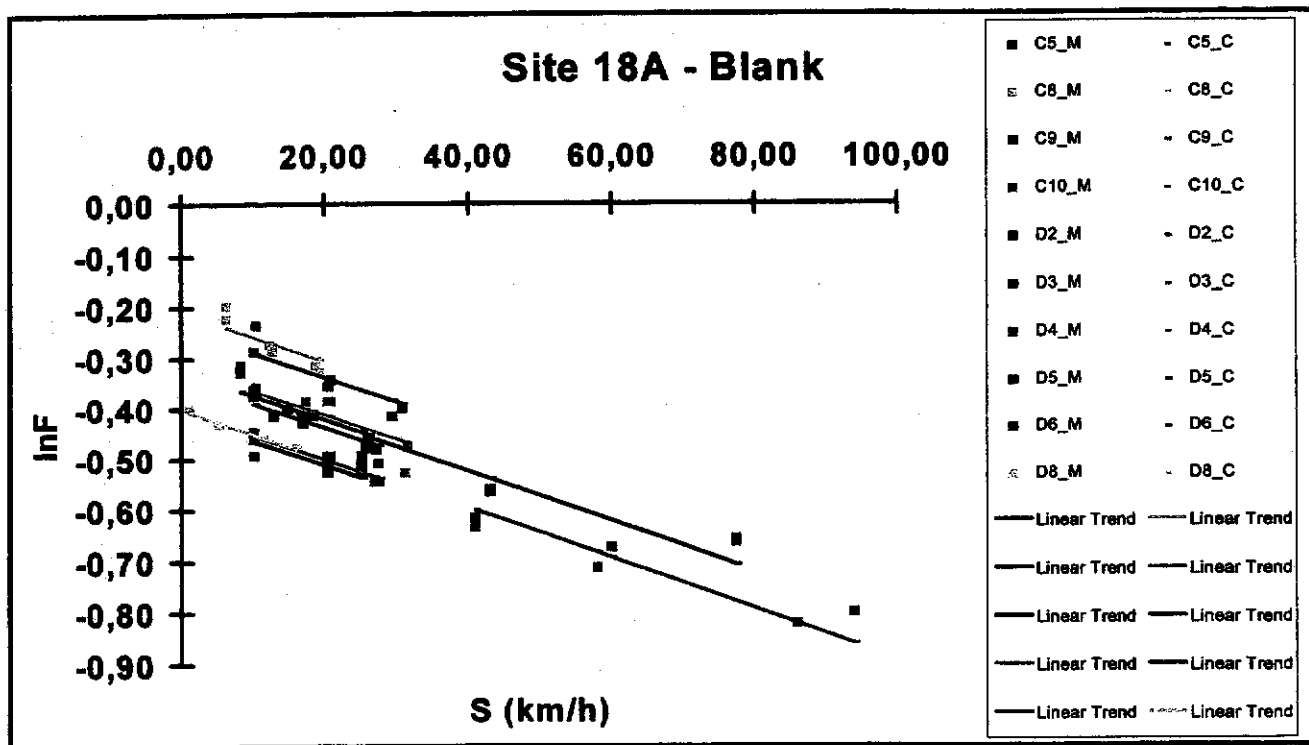


Figuur 3 - Relatie tussen de gemiddelde textuurdiepte volgens de nieuwe ISO-norm en volgens de OCW-methode.

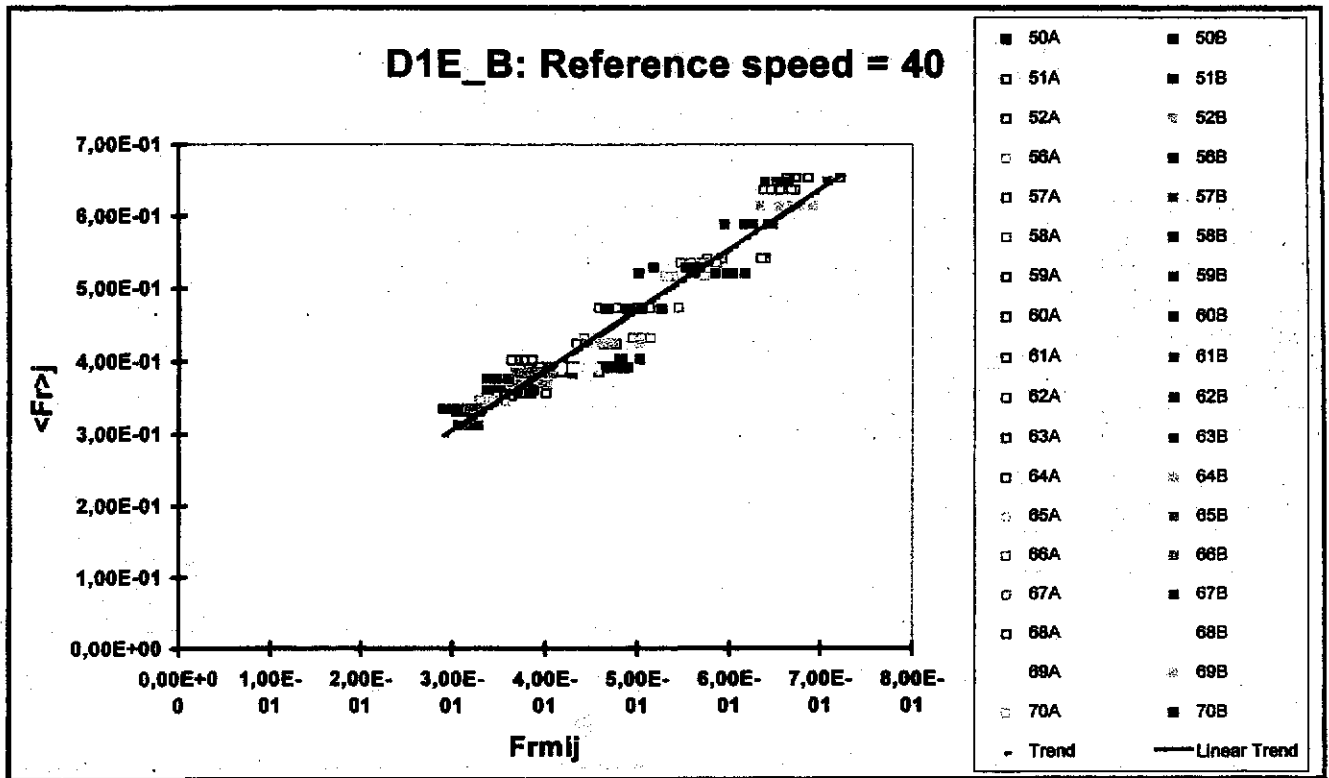
Overall residual STD of the measured F-values versus the tested S_0 -value



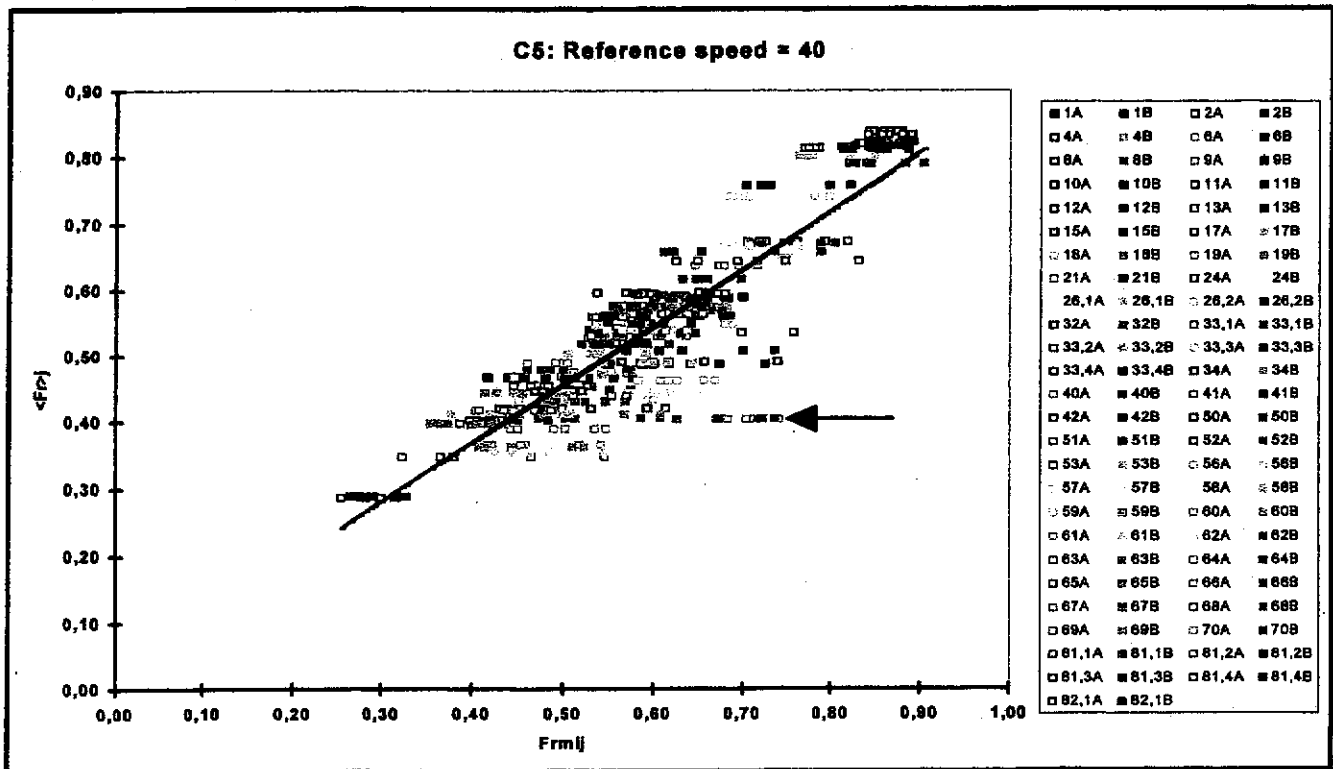
Figuur 4 - Voorbeeld van bepaling van de optimale S_0 -waarde (S_{0j}^*) – gemeenschappelijk voor alle toestellen op een gegeven locatie (j) -, die de restandaardafwijking van de meetresultaten t.o.v. de exponentiële (regressie) krommen zo klein mogelijk houdt.



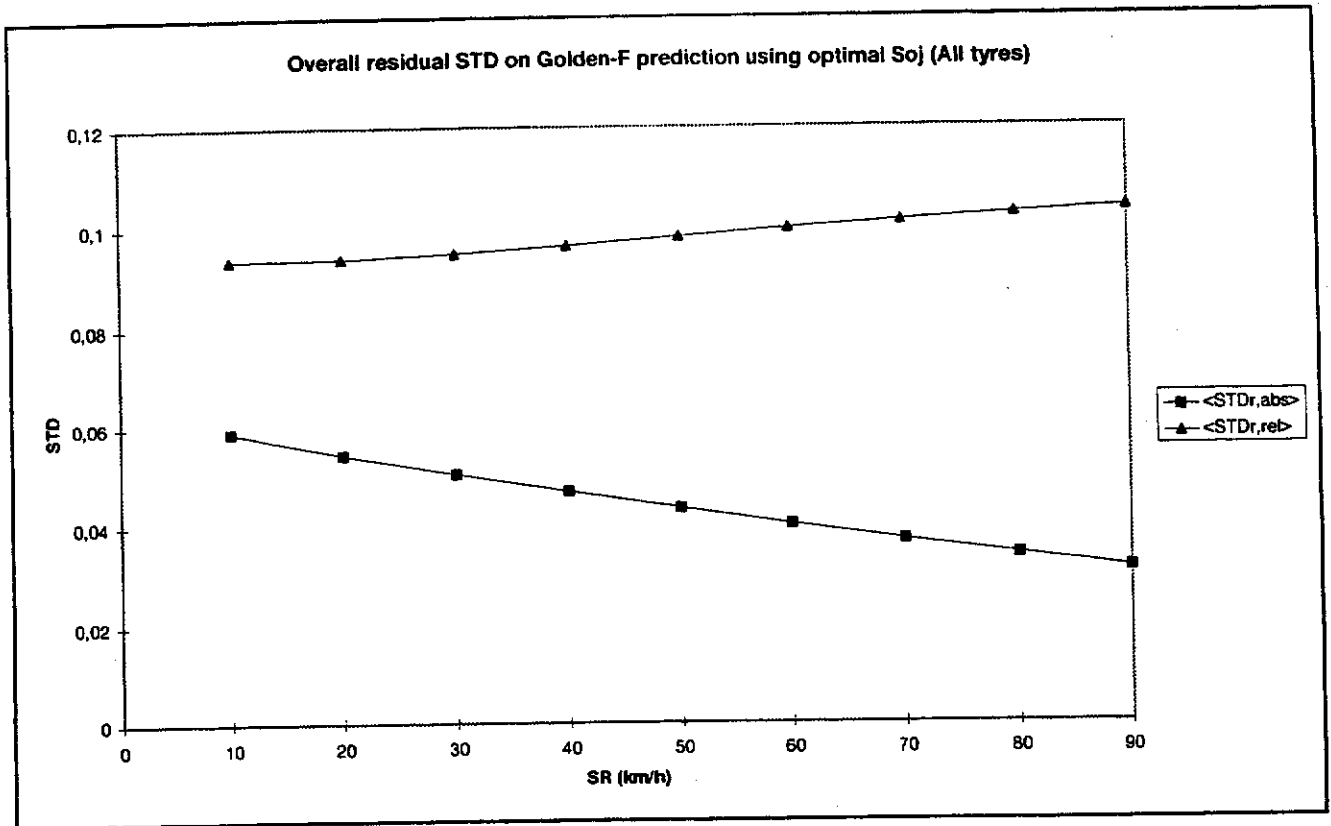
Figuur 5 - Voorbeeld van bepaling van exponentiële krommen van gelijke helling voor een reeks gegevens uit metingen met verschillende toestellen op eenzelfde half vak.



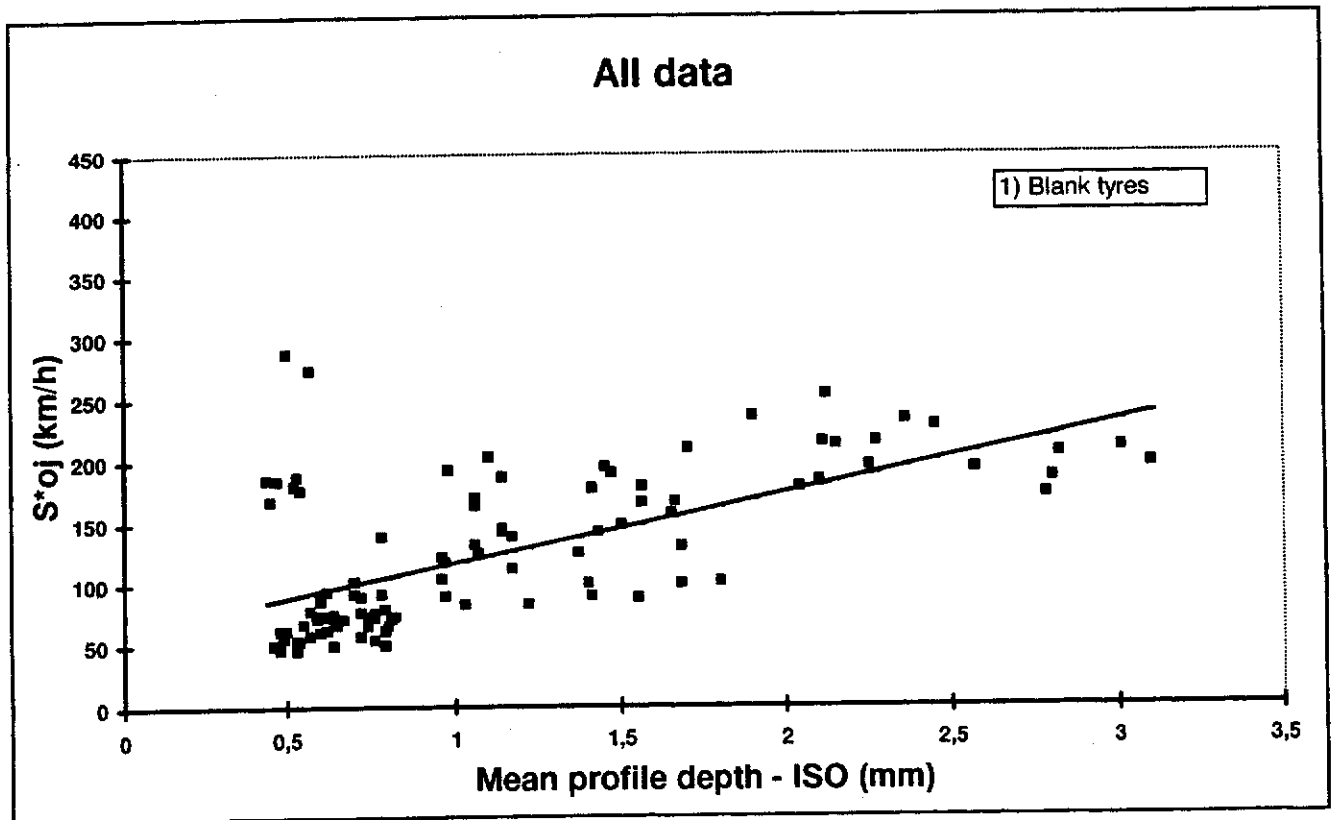
Figuur 6 - Voorbeeld van regressie tussen tot een gemeenschappelijke referentiesnelheid ($S_R = 40$ km/h) herleide individuele wrijvingsmetingen en het gemiddelde van deze metingen voor alle toestellen ('Golden value') op een gegeven half vak.



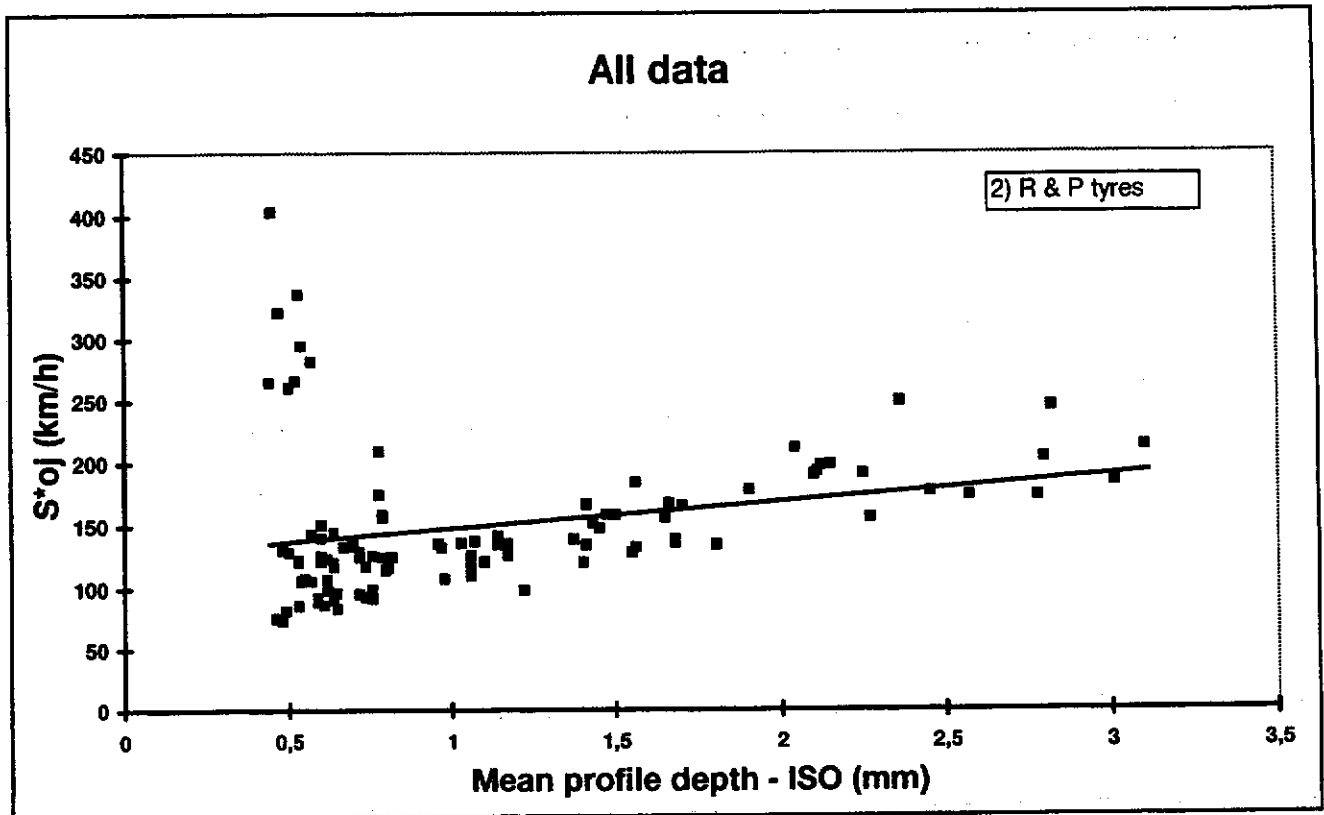
Figuur 7 - Relatie $\langle F_R \rangle / F_{Rmij}$ voor een bepaalde locatie, met een reeks uitbijters.



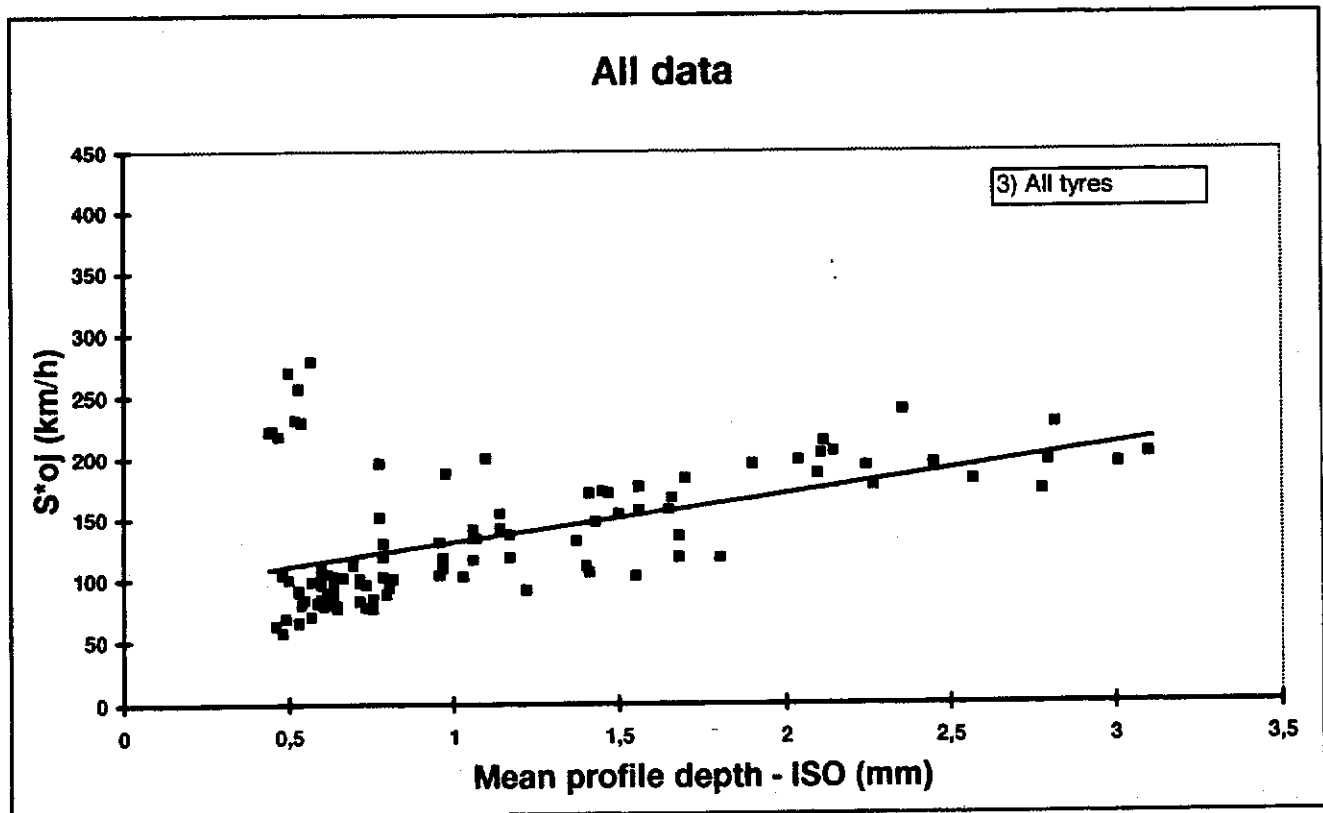
Figuur 8 - Restandaardafwijking in absolute en relatieve zin van wrijvingsmetingen t.o.v. exponentiële krommen van de gelijke gemeenschappelijke helling per locatie.



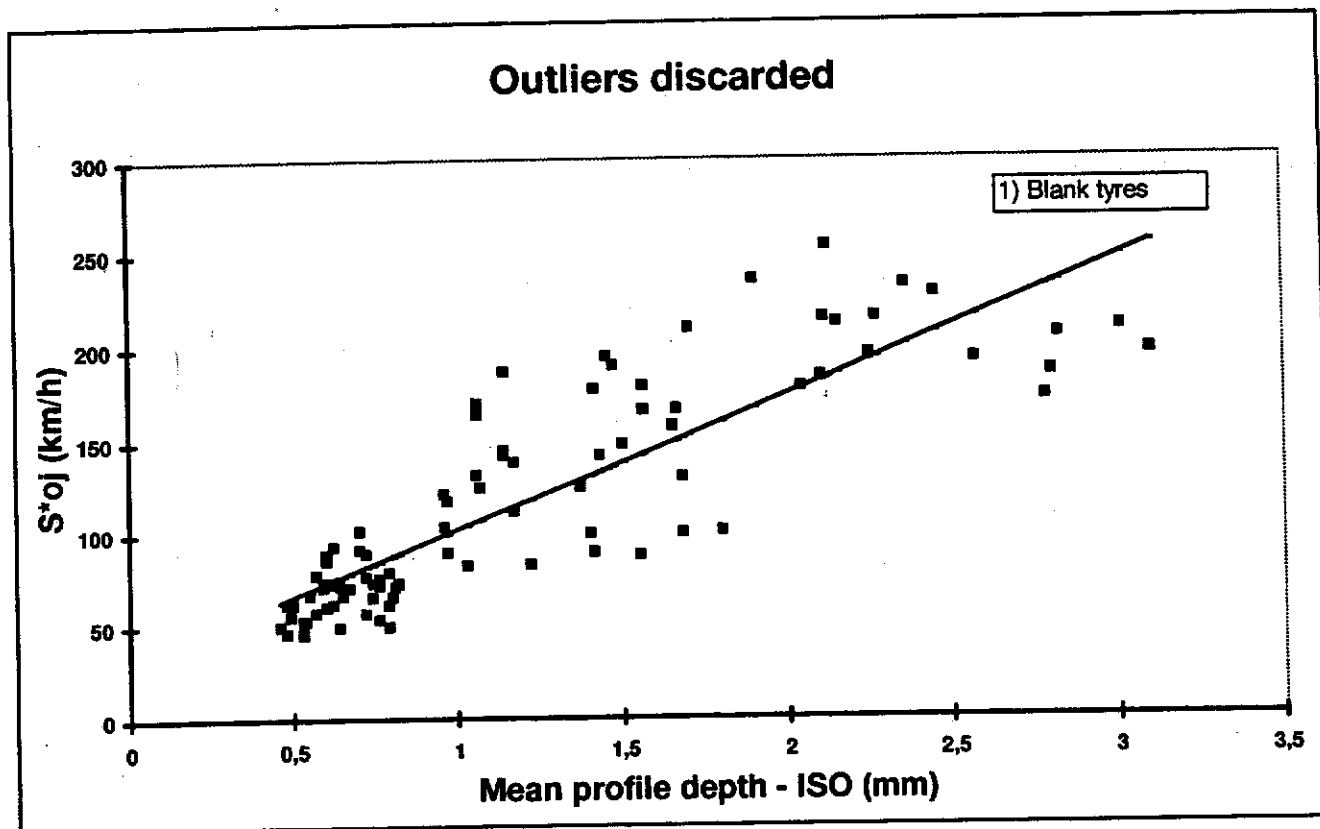
Figuur 9 - Relatie tussen de vastgestelde gemeenschappelijke waarden S_{oj}^* en de textuurmeting T_{iso} voor de toestellen met de gladde banden.



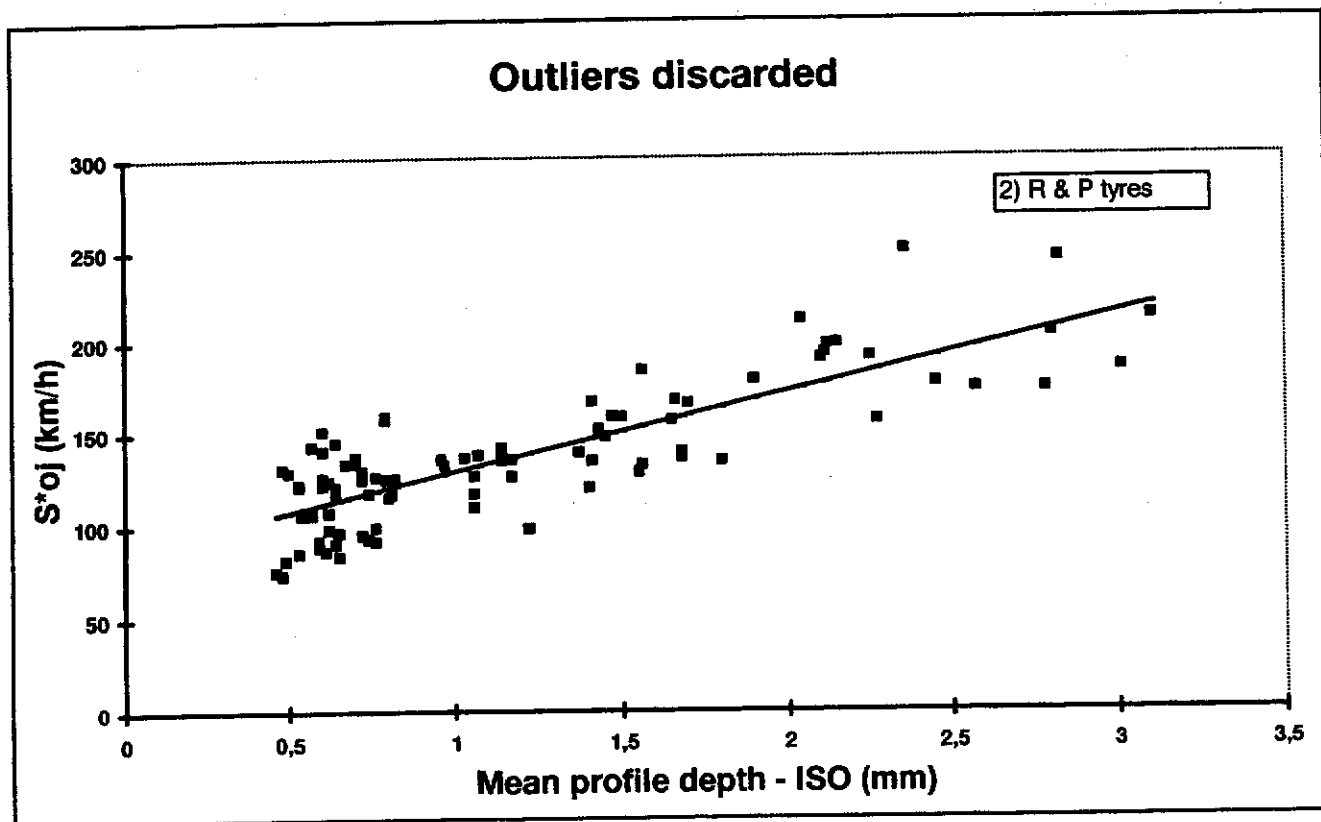
Figuur 10 - Relatie tussen de vastgestelde gemeenschappelijke waarden S_{oj}^* en de textuurmeting T_{ISO} voor de toestellen met de geprofileerde banden.



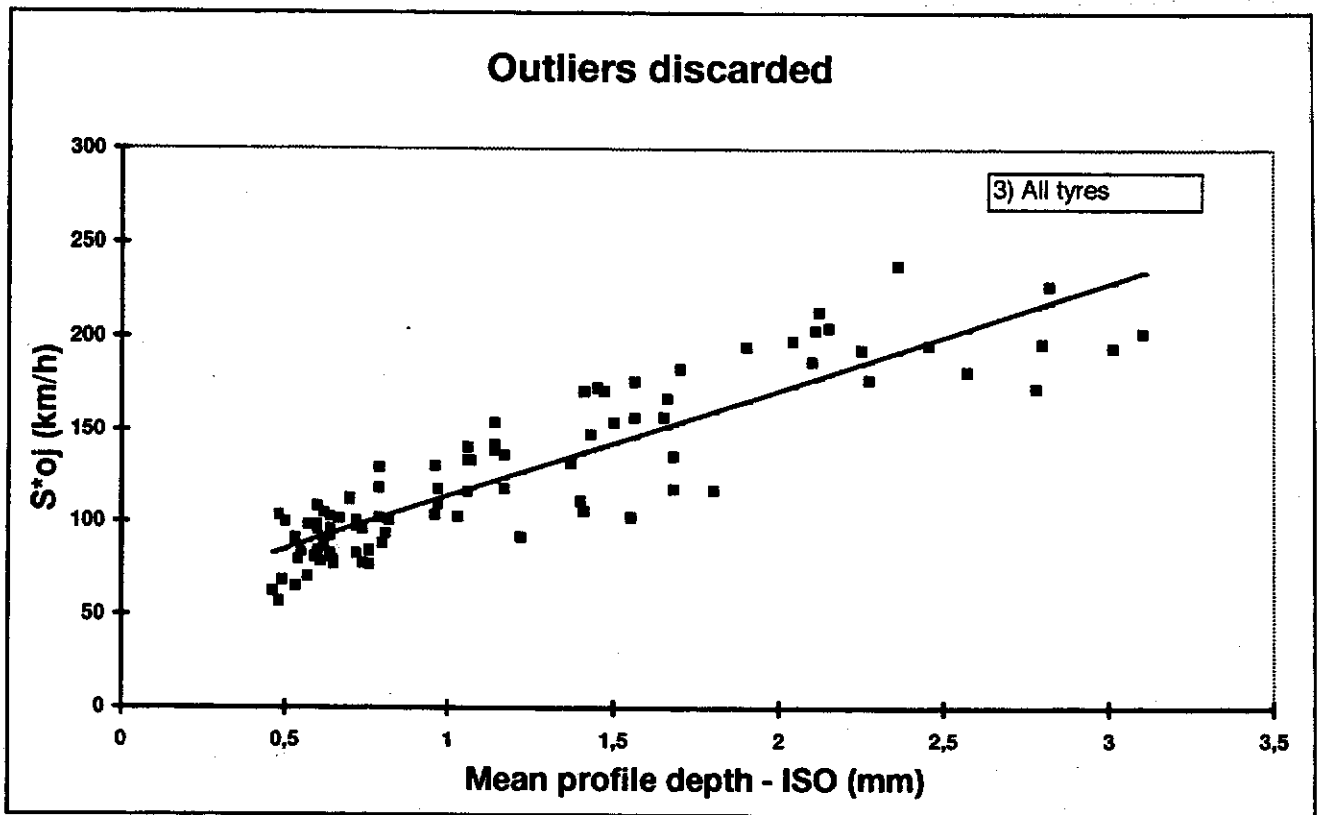
Figuur 11 - Relatie tussen de vastgestelde gemeenschappelijke waarden S_{oj}^* en de textuurmeting T_{ISO} voor alle toestellen, ongeacht de soort van band.



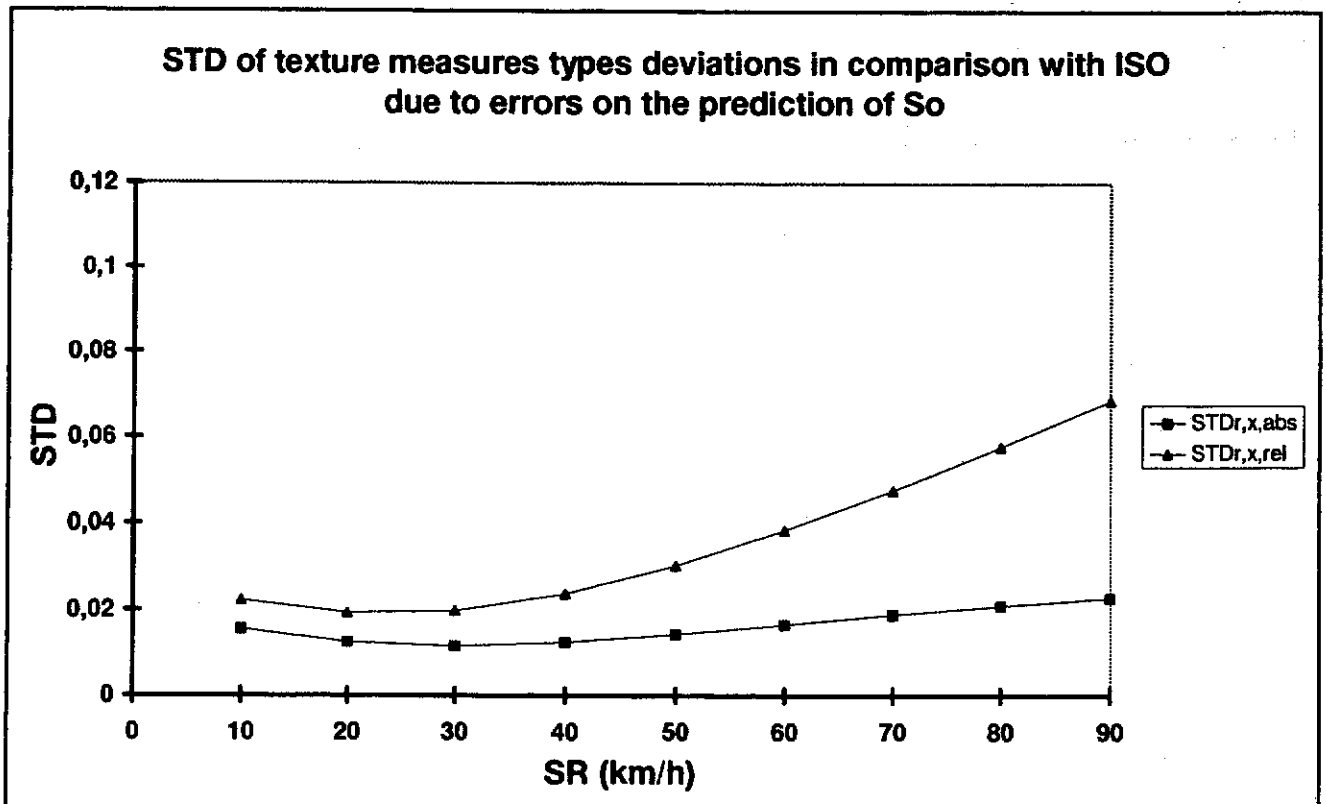
Figuur 12 - Relatie S_{oj}^* / T_{ISO} , gezuiverd van uitbijters (gladde banden).



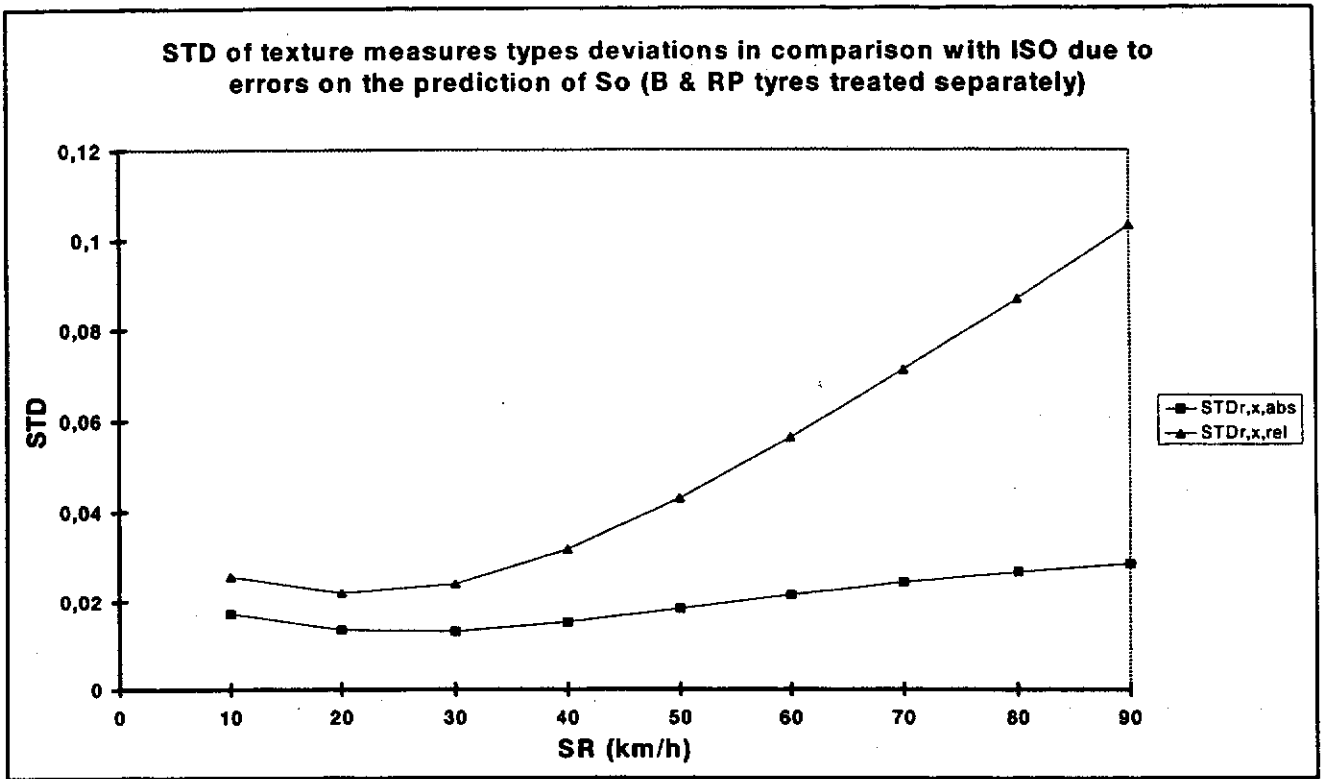
Figuur 13 - Relatie S_{oj}^* / T_{ISO} , gezuiverd van uitbijters (geprofileerde banden).



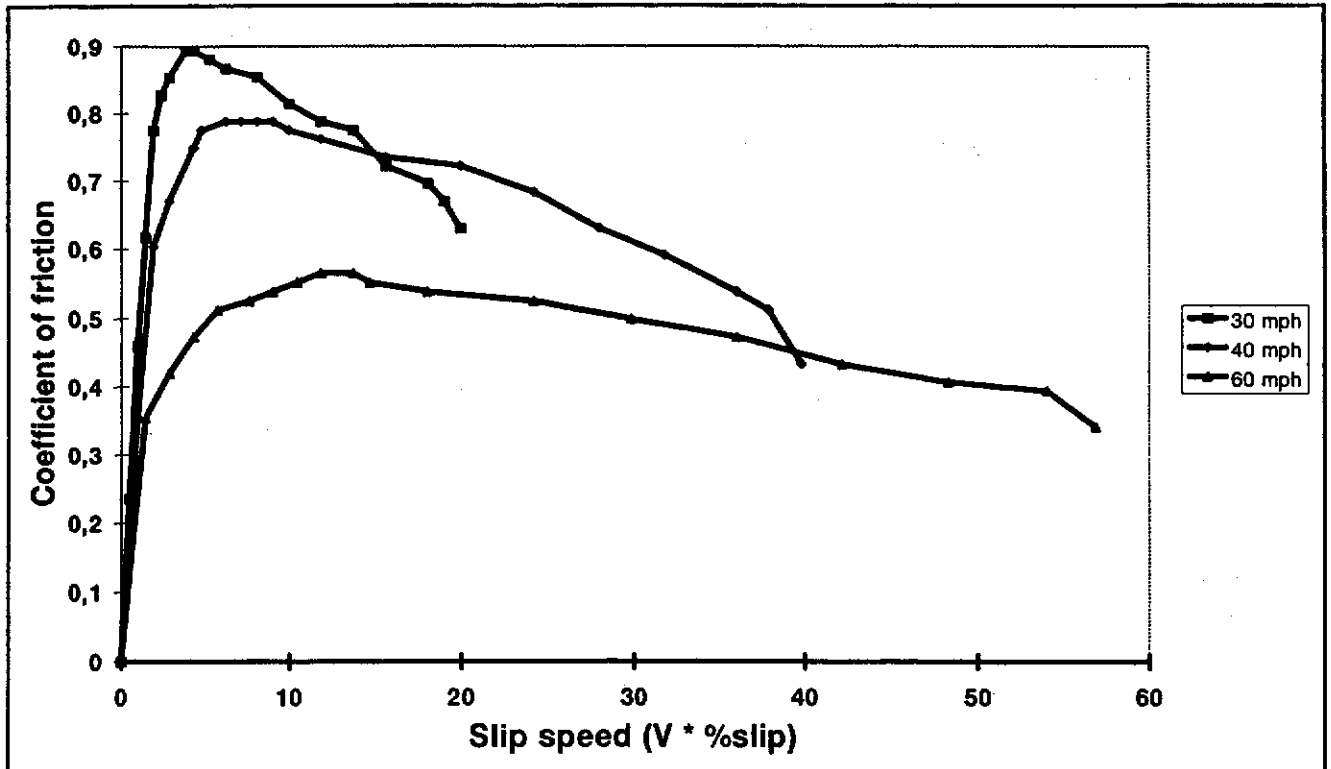
Figuur 14 - Relatie $S_{o_j}^*$ / T_{ISO} , gezuiverd van uitbijters (alle banden).



Figuur 15 - Standaardafwijking van de fouten in de EFI als $S_{o_j}^*$ met een willekeurige fout voorspeld wordt, als functie van de beschouwde referentiesnelheid (eenzelfde formule om $S_{o_j}^*$ uit T_{ISO} te berekenen, ongeacht de soort van band).



Figuur 16 - Standaardafwijking van de fouten in de EFI als S_{0j}^* met een willekeurige fout voorspeld wordt, als functie van de beschouwde referentiesnelheid (verschillende formules om S_{0j}^* uit T_{ISO} te berekenen, voor de twee soorten van banden).



Figuur 17 - Reeksen meetgegevens waaruit blijkt dat de wrijvingscoëfficiënt bepaald wordt door twee onafhankelijke variabelen : de meetsnelheid en de wielvertraging – Naar W.B. HORNE aangehaald door Z. RADO [ref.3].

PIARC model (Constant slip ratio)

$$F = F_0 e^{-\frac{v}{v_0}}$$

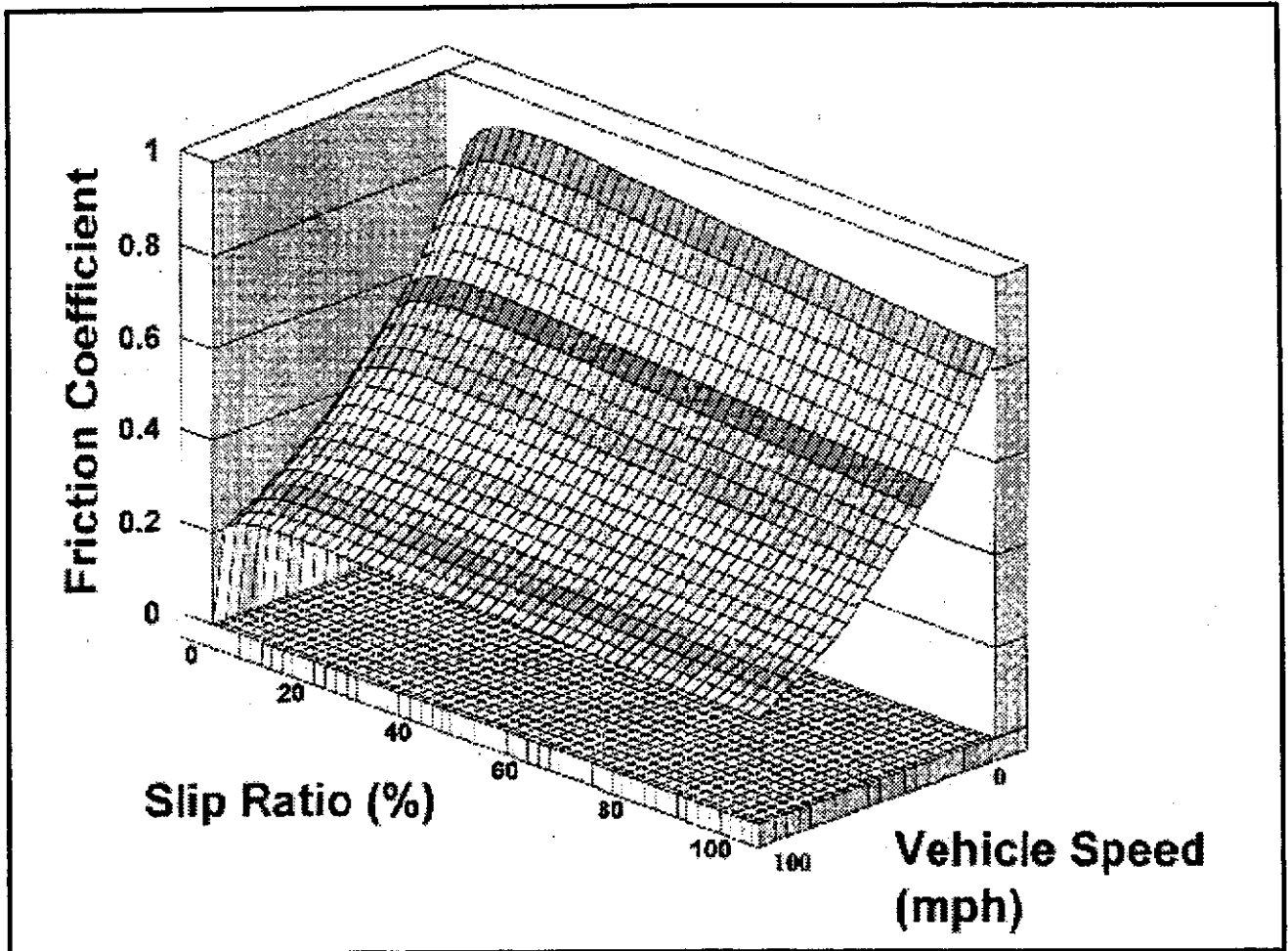
RADO's model (Constant vehicle speed)

$$F = F'_0 e^{-\left(k \log \frac{\tau}{\tau_m}\right)^2}$$

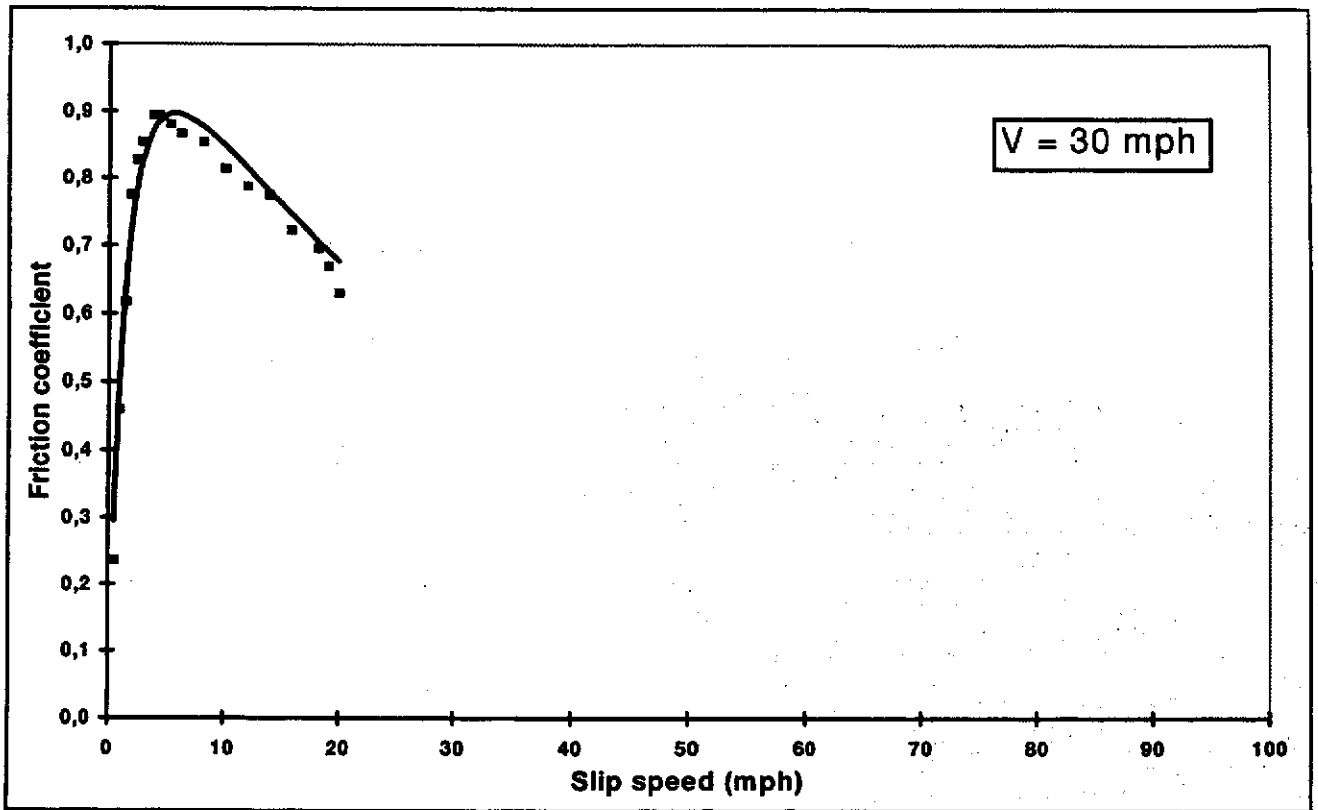
General model

$$F = F''_0 e^{-\frac{v}{v_0} - \left(k \log \frac{\tau}{\tau_m}\right)^2}$$

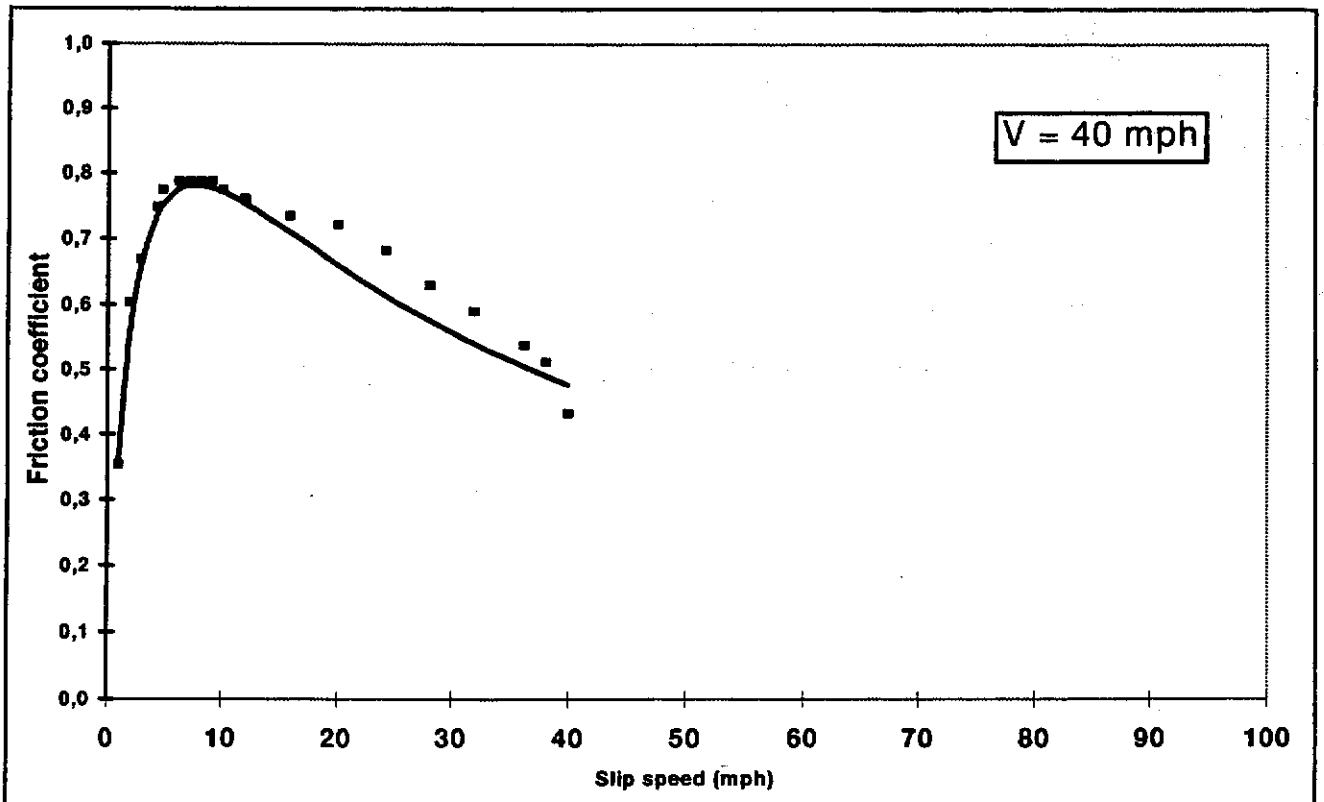
Figuur 18 - Modellen van vergelijkingen voor de verandering van de wrijvingscoëfficiënt als functie van de snelheid (v), de wielblokkering (τ) of beide.



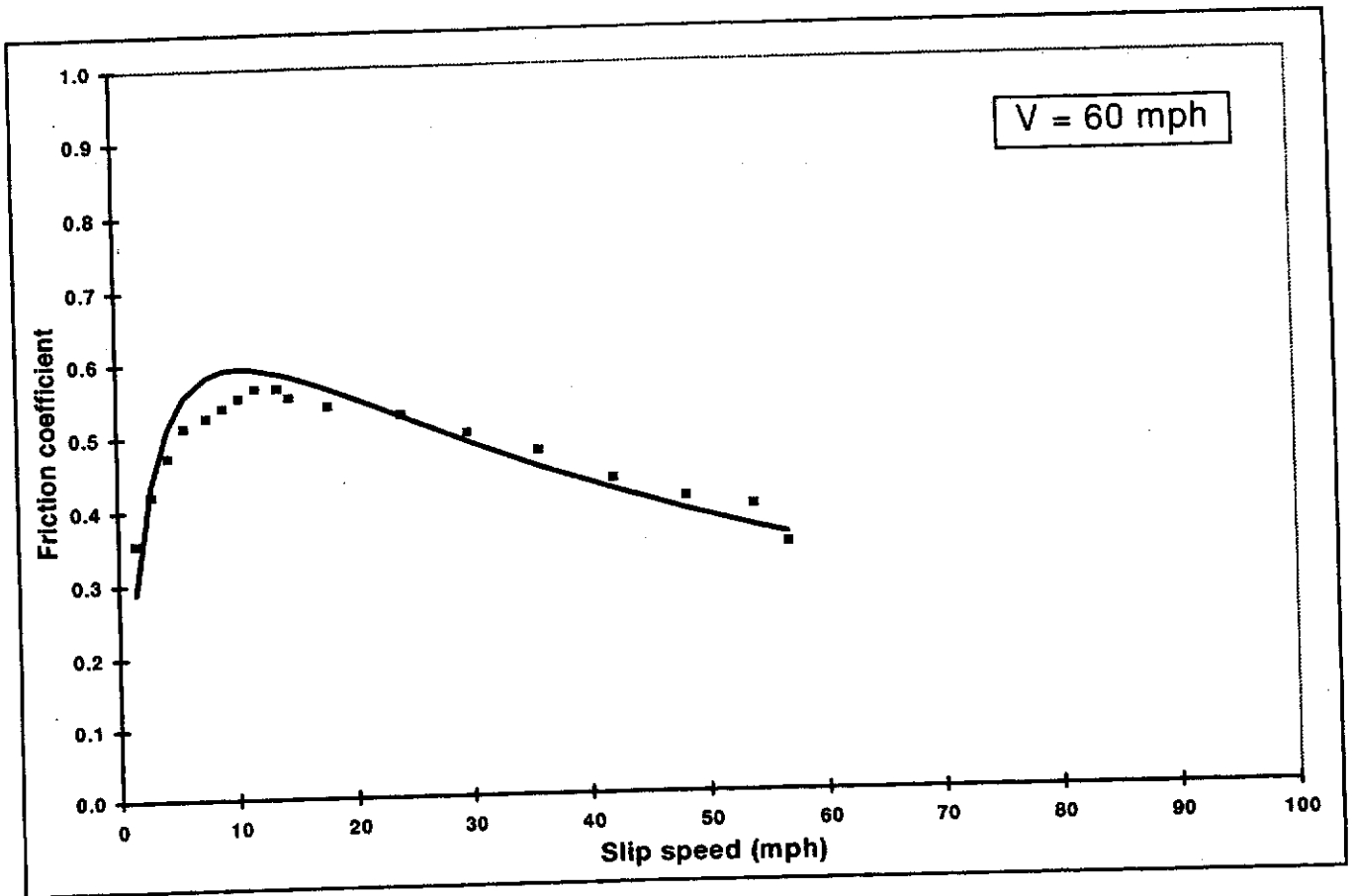
Figuur 19 - Driedimensionale weergave van het algemene model.



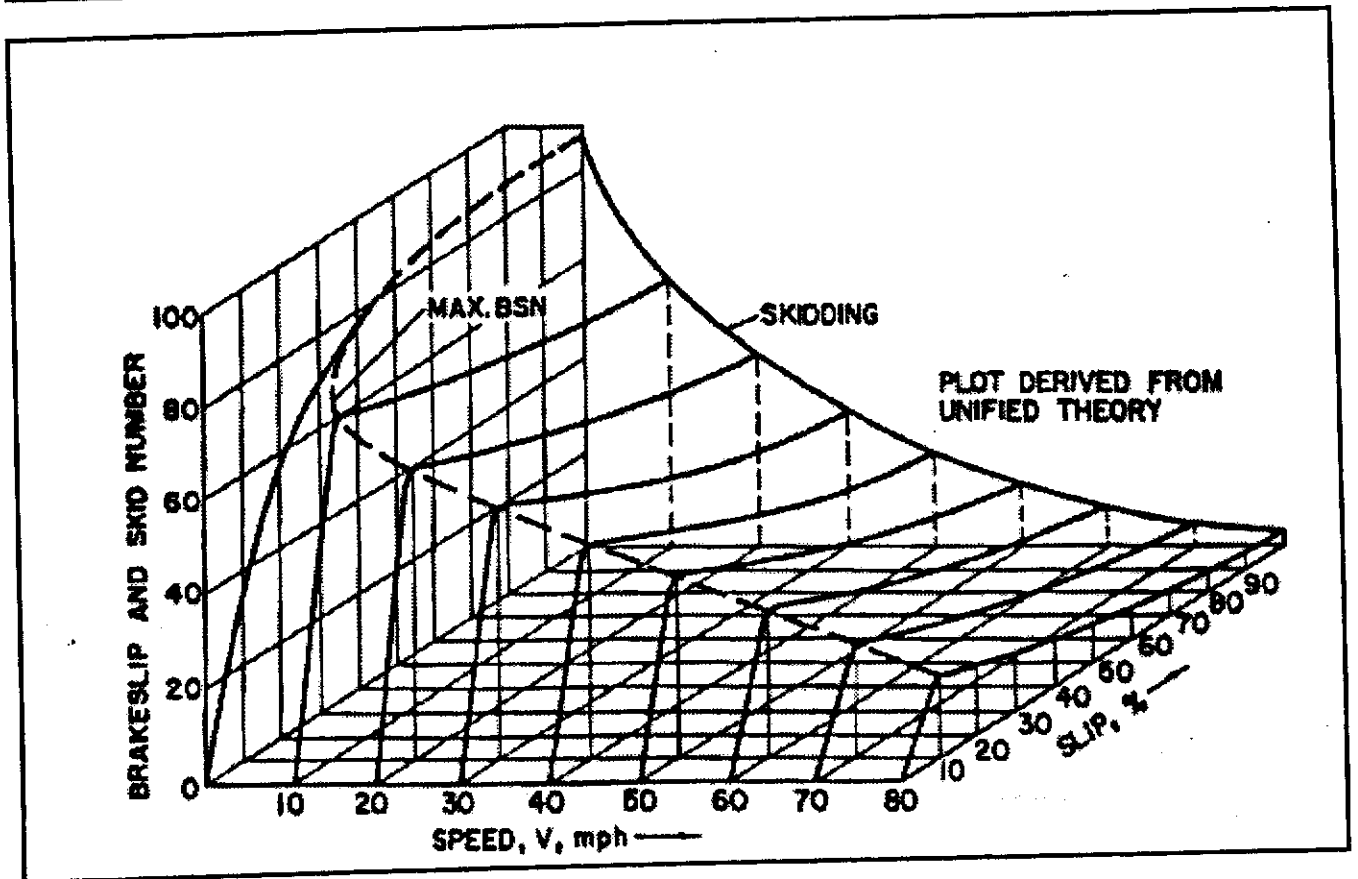
Figuur 20 - Zie het onderschrift bij **Figuur 22**.



Figuur 21 - Zie het onderschrift bij **Figuur 22**.

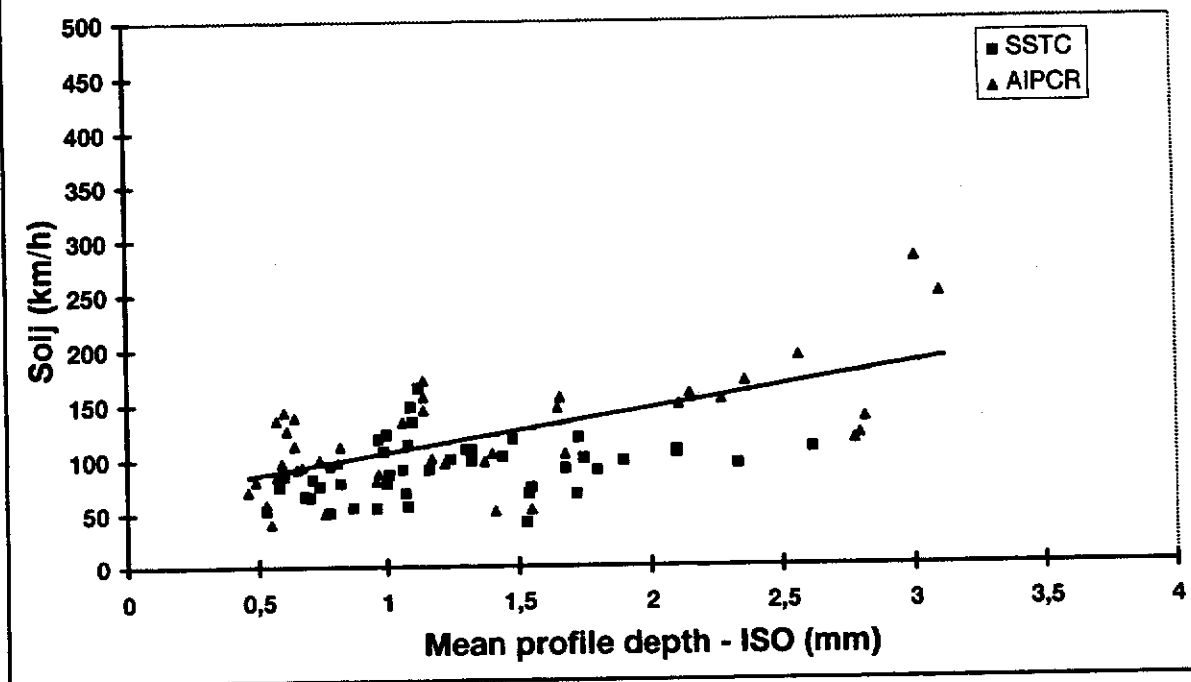


Figuur 22 - Toepassing van het algemene model op de gegevens van Figuur 17.



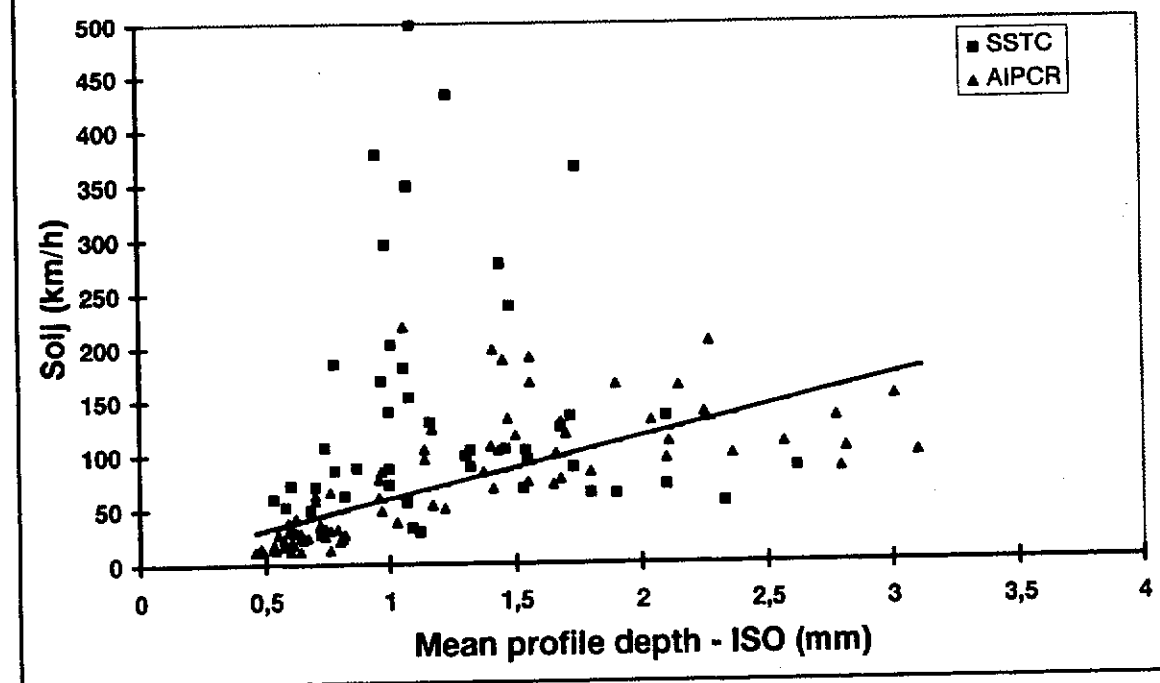
Figuur 23 - Weergave volgens H.W.Kummer in 1966 (naar [ref. 4]).

Comparison between Scrim 1997/1992

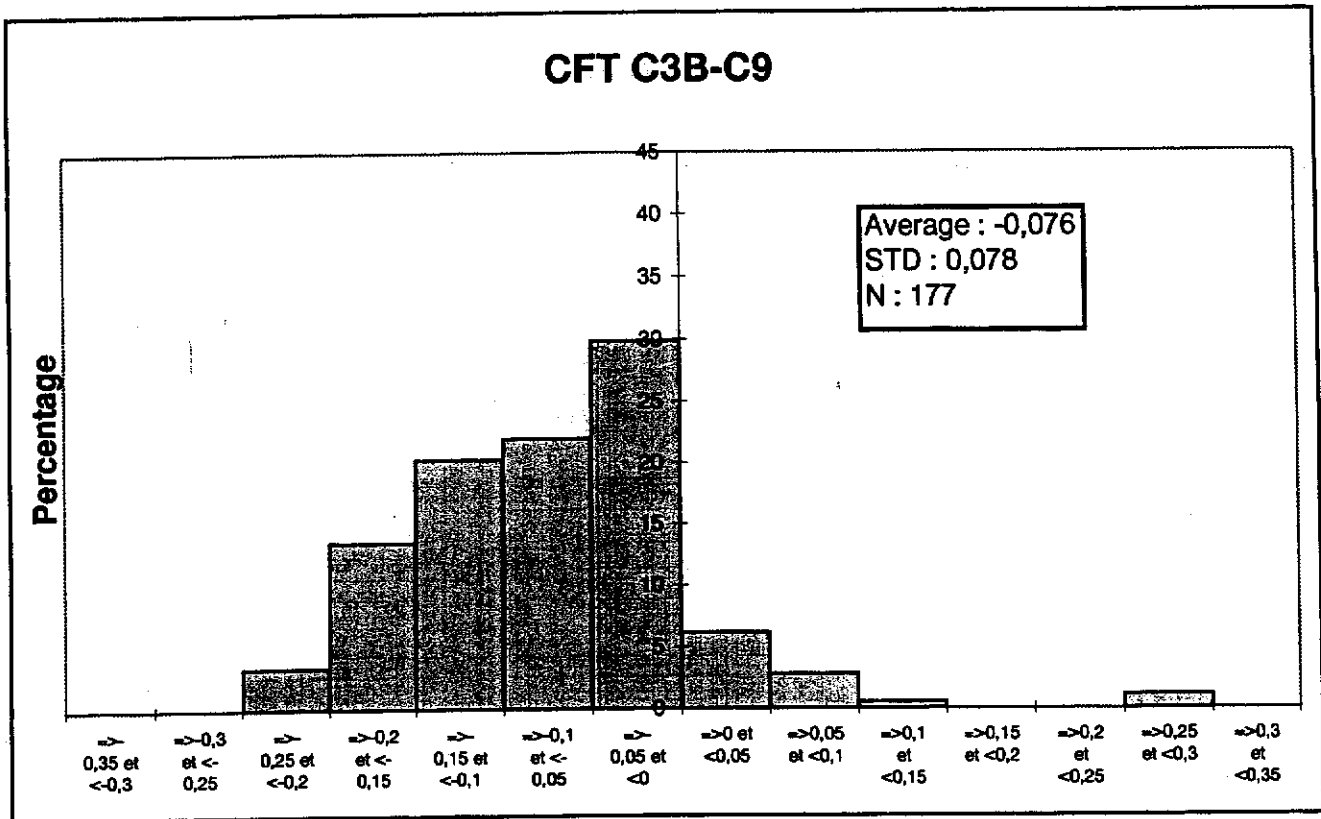


Figuur 24 - Vergelijking van de S_{oij} / T_{ISO} -diagrammen voor de PIARC- en de DWTC-locaties, uitgaande van de SCRIM-metingen.

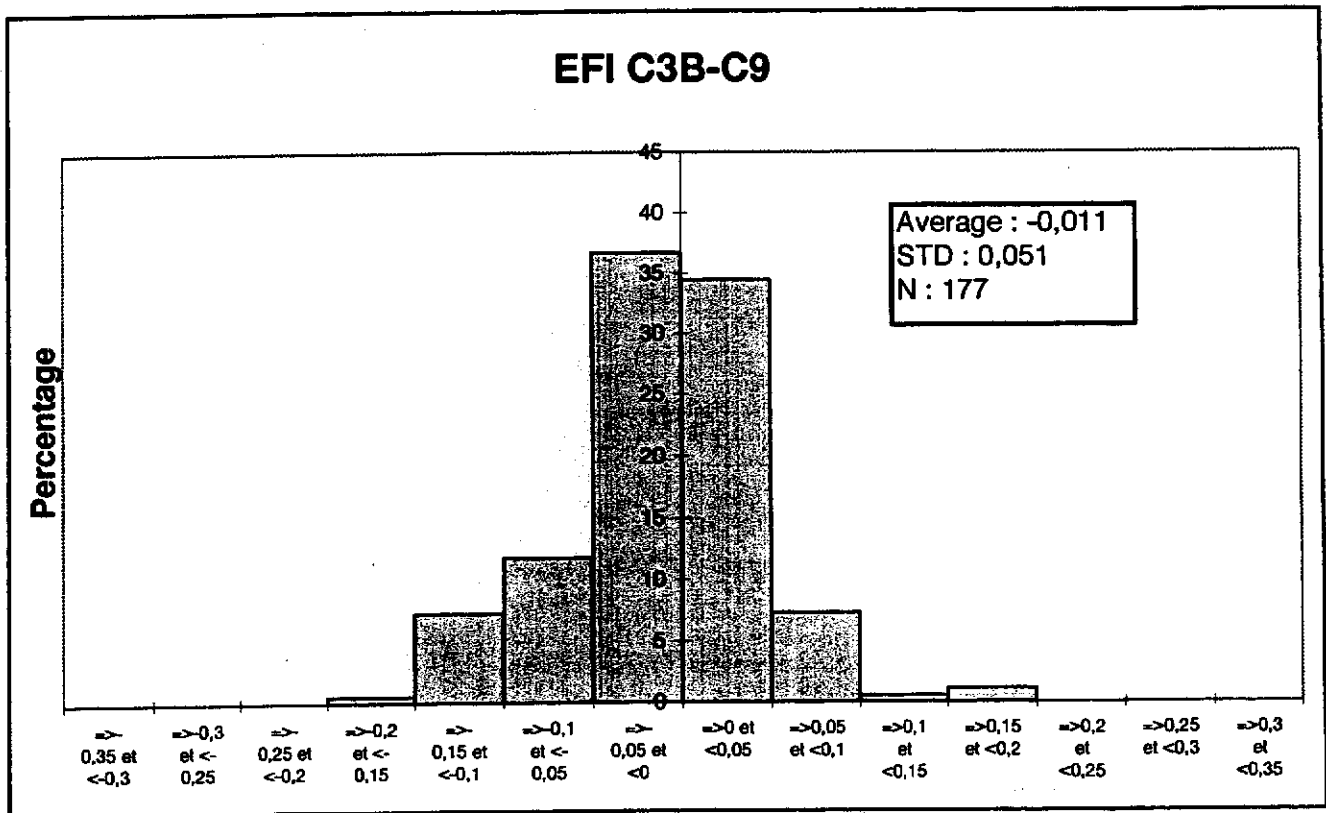
Comparison between Odoliograph 1997/1992



Figuur 25 - Vergelijking van de S_{oij} / T_{ISO} -diagrammen voor de PIARC- en de DWTC-locaties, uitgaande van de odoliograafmetingen.

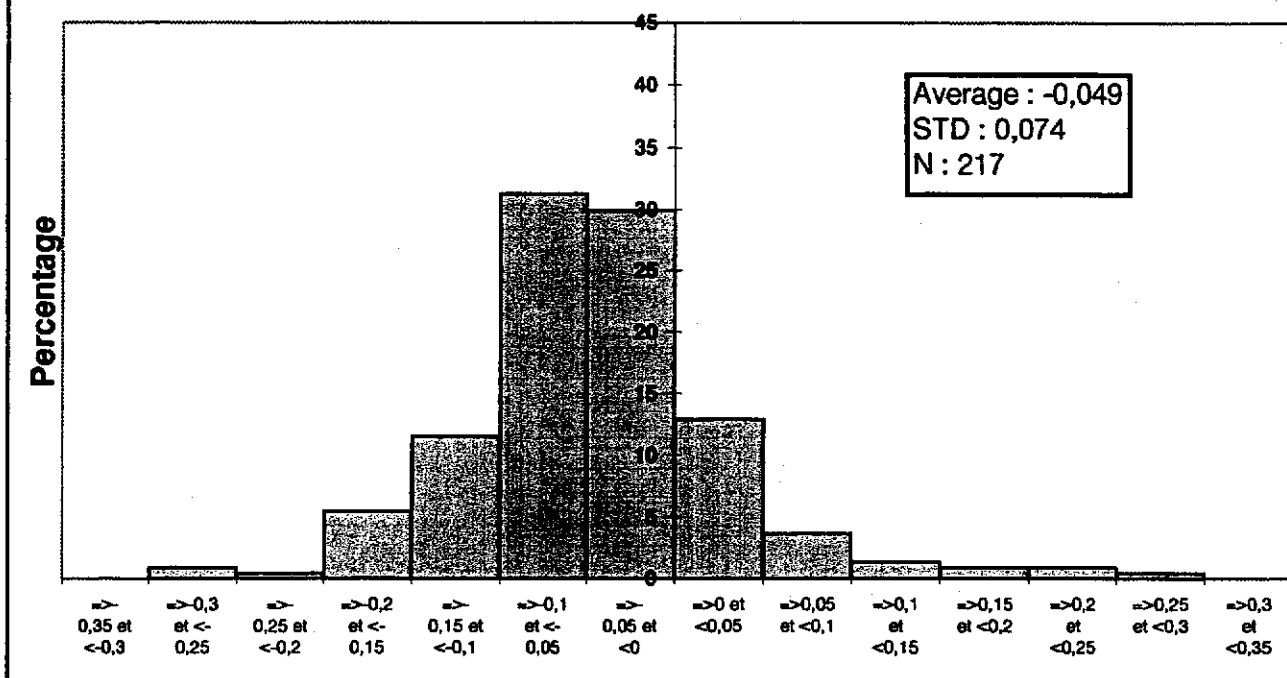


Figuur 26 - Verdeling van de verschillen in DWC-waarden voor eenzelfde halve locatie, verkregen bij eenzelfde meetsnelheid van SCRIM en odoliograaf in het PIARC-experiment.



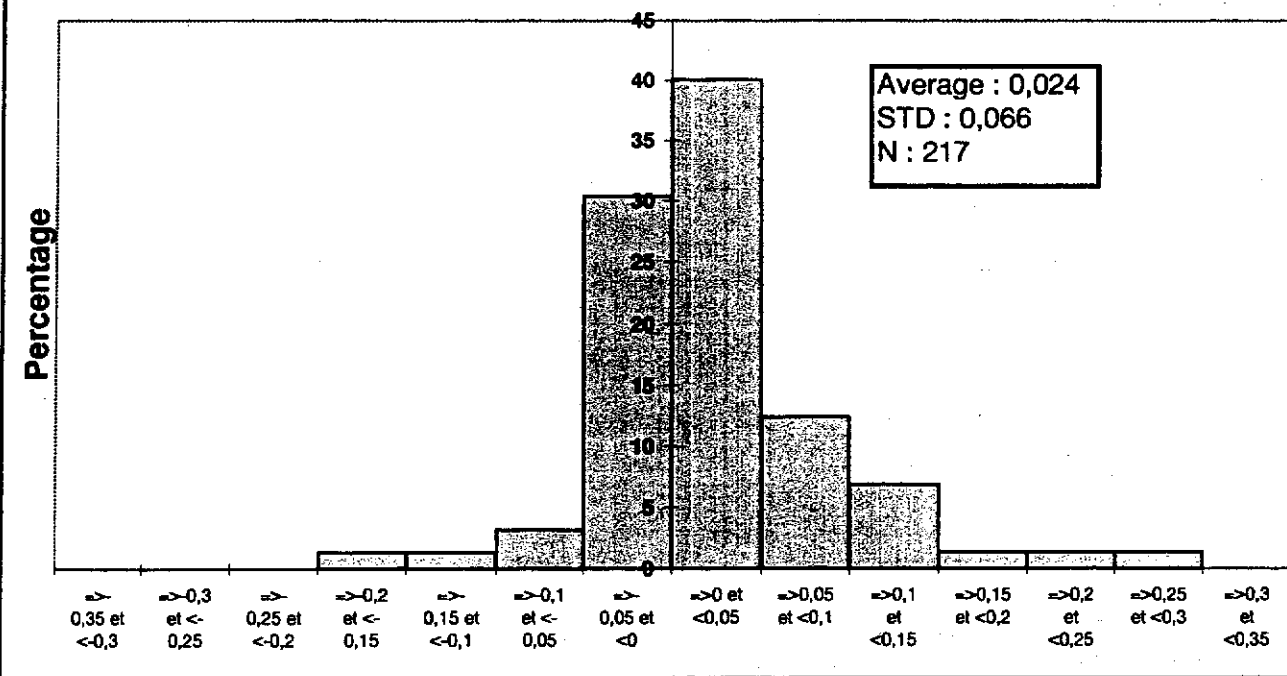
Figuur 27 - Verdeling van de verschillen in EFI-waarden, verkregen door omrekening van gegevens uit SCRIM- en odoliograafmetingen in het PIARC-experiment.

CFT SCRIM-ODOLIIOGRAPH



Figuur 28 - Verdeling van de verschillen in DWC-waarden voor eenzelfde halve locatie, verkregen bij eenzelfde meetsnelheid van SCRIM en odoliograaf in de metingen van 1997.

EFI : SCRIM-ODOLIIOGRAPH



Figuur 29 - Verdeling van de verschillen in EFI-waarden, verkregen door omrekening van gegevens uit SCRIM- en odoliograafresultaten in de metingen van 1997.

XIV. Literatuur

1. J.C.WAMBOLD et al., « International PIARC Experiment to Compare and Harmonize Texture and Skid Resistance Measurements », PIARC publication n°10.04.T, Paris, 1995.
2. « Characterization of Pavement Texture Utilizing Surface Profiles - Part 1: Determination of Mean Profile Depth, International Standard ISO 13473-1, 1996.
3. Zoltan RADO, « A Study of Road Surface Texture and its Relationship to Friction ». Ph.D. Thesis. The Pennsylvania State University, 1994.
4. H.W.KUMMER, "Unified Theory of Rubber and Tire Friction". Pennsylvania State University, Engineering Research Bulletin B-94, 1966.
5. "Precision of test methods - Determination of repeatability and reproducibility by inter-laboratory tests". International Standard ISO 5725, 1985.

XV. Bijlagen

- **Bijlage 1** is een cd-rom met de gedetailleerde resultaten in meer dan 4000 grafieken en cijfertabellen, die tevens het onderhavige verslag bevat en een navigatieprogramma om gemakkelijk welbepaalde gegevens terug te vinden en deze gegevens in verband te brengen met de desbetreffende passages in het verslag (en omgekeerd).
- **Bijlage 2** is het derde concept van het Normvoorstel "Surface Characteristics - Determination of the European Friction Index (EFI)" (werkstuk CEN/TC227/WG5/N88E - Rev. 3), dat in juni 1998 werd opgemaakt na de bespreking op de vergadering van CEN-werkgroep TC227/WG5 in Linköping op 25-26 mei 1998.

Bijlage 1

De cd-rom is vastgekleefd op de binnenzijde
van de omslag, achter in dit verslag.
U kunt hem (in zijn cellofaanverpakking)
met enige voorzichtigheid
makkelijk losmaken zonder de omslag te beschadigen.

De wetenschappelijke verantwoordelijkheid over de inhoud van dit eindverslag berust volledig bij de auteurs.
Voor verdere inlichtingen betreffende het Wetenschappelijk ondersteuningsprogramma voor de Normalisatie,
gelieve contact op te nemen met de DWTC-verantwoordelijke van dit programma:

Anna CALDERONE
Tel.: (02) 238 34 40
Fax: (02) 230 59 12
E-mail: cald@belspo.be

DWTC homepage: <http://www.belspo.be>