



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Vergelijk oude en nieuwe voegovergangen
in de verbindingsboog VWh van knooppunt Amstel

Alternatief profiel in stalen voegovergang ter verbetering van de stroefheid in bochten

22 augustus 2017

Water. Wegen. Werken. Rijkswaterstaat.



Colofon

Uitgegeven door:	Rijkswaterstaat
Informatie:	Steunpunt Wegen en Geotechniek
Telefoon:	088 – 797 0025
Uitgevoerd door:	P.M. Kuijper
Gelezen door:	dr. ir. R. Hofman
Classificatie:	RWS informatie
Opmaak:	Zandbeek
Datum:	22 augustus 2017
Status:	Definitief
Documentnummer:	728620
Versienummer:	1.0

Inhoudsopgave

	Samenvatting	4
	Inleiding	5
	Vraag- en probleemstelling	5
	Doel	5
	Leeswijzer	5
1.	Laboratoriumonderzoek	6
	1.1 Hypothese	7
	1.2 Materialen en monsters	7
	1.3 Uitvoering	8
	1.4 Resultaten en bespreking van de resultaten	9
	1.5 Discussie	11
	1.6 Conclusie	16
	1.7 Aanbevelingen	16
2.	Praktijkonderzoek	17
	2.1 Hypothese	18
	2.2 Materialen en monsters	18
	2.3 Uitvoering	22
	2.4 Resultaten en bespreking van de resultaten	23
	2.4.1 Geluidsmetingen	23
	2.4.2 Stroefheidsmetingen (proef 72)	24
	2.4.3 Stroefheidsmetingen (SRT-proef)	24
	2.4.4 Subjectieve beleving	24
	2.5 Discussie	27
	2.5.1 Geluidsmetingen	27
	2.5.2 Stroefheidsmetingen (proef 72)	28
	2.5.3 Stroefheidsmetingen (SRT-proef)	29
	2.5.4 Subjectieve beleving	30
	2.5.5 Combinatie van de resultaten	31
	2.6 Conclusie	33
	2.7 Aanbevelingen	33
3.	Overall conclusie	34
4.	Overall aanbevelingen	36
5.	Begrippenlijst	38
6.	Literatuurlijst	40

Samenvatting

In de RTD 1007-2 (versie 3.0) staan eisen voor stalen voegovergangen. Ondanks de in deze RTD gestelde eisen ontvangt Rijkswaterstaat regelmatig klachten over de stroefheid van stalen voegovergangen.

In dit rapport wordt verslag gedaan van het laboratorium- en praktijkonderzoek waarin conventionele stalen voegovergangen (type 0.1) zijn vergeleken met twee nieuwe typen voegovergangen (type 1 en type 2).

Het laboratoriumonderzoek is beschreven in hoofdstuk 1. In dit laboratoriumonderzoek zijn gladde stalen proefstukken (type 0.1 zonder profiel), identieke stalen proefstukken maar dan voorzien van een slijtlaag (type 0.2) en proefstukken met een alternatief profiel (type 1 en type 2) aan een reeks polijstovergangen blootgesteld. Met verschillende intervallen is de stroefheid met behulp van het SRT-apparaat gemeten.

Uit het laboratoriumonderzoek blijkt dat met een uitgekiende profilering (type 1) een op het gebied van de stroefheid-ontwikkeling duurzame voegovergang kan worden gecreëerd. Tevens wordt ten behoeve van de herziening van RTD 1007-2 in dit deel een aanbeveling gedaan voor een Type Test voor alternatieve profielen.

De praktijktest is beschreven in hoofdstuk 2 van dit rapport. Uit de praktijktest blijkt dat de alternatieve voegovergangen (type 1 en type 2) door zowel motorrijders als automobilisten qua stroefheid beter gewaardeerd worden dan de voegovergangen met het standaard profiel (type 0.1) overeenkomstig RTD 1007-2 (versie 3.0). Alle voegovergangen hebben echter een significant lagere stroefheid dan het aansluitende asfalt. Het is prematuur om nu al in de RTD 1007-2 een Type Test met bijbehorende eis op te nemen voor de stroefheid. Aanbevolen wordt om de problematiek rond de stroefheid, het meten van de stroefheid (in met name bochten en op voegovergangen) en de eisstelling hieraan nader af te pellen en verder te onderzoeken.

Met behulp van een High-Speed camera zijn de testritten van de motorrijders vastgelegd. Uit deze beelden blijkt niet waarom de (subjectieve) beleving op de standaard voegovergangen (type 0.1) lager uitvalt dan op de voegovergangen met de alternatieve profilering (type 1 en type 2). Ten aanzien van dit punt wordt aanbevolen om voorafgaand aan een eventuele vervanging van de oude voegovergangen een objectieve meting uit te laten voeren waarin de oude (type 0.1) en de nieuwe voeg (type 1) met elkaar worden vergeleken.

Inleiding

In de RTD 1007-2 (versie 3.0) staan eisen voor voegovergangen. Er bestaan diverse soorten voegovergangen waaronder stalen voegovergangen. Voor stalen voegovergangen geldt dat bij een oppervlak groter dan 150x150 mm² er een reliëf van minimaal 1,2 mm moet zijn (type 0.1) of dat de stroefheid gelijk moet zijn aan die van het asfalt.

Door een stalen voegovergang te voorzien van een slijtlaag (type 0.2) kan aan deze laatste eis worden voldaan. Nadeel van een slijtlaag is dat deze eraf slijt zodat er na verloop van tijd een nieuwe slijtlaag aangebracht moet worden. Door in het staal een reliëf van minimaal 1,2 mm aan te brengen (type 0.1) zou er eveneens voldoende stroefheid worden gecreëerd.

Toch ontvangt Rijkswaterstaat (RWS) regelmatig klachten van vooral motorrijders maar ook van automobilisten over voegen die te glad zouden zijn. Dit was aanleiding voor RWS om het verlangde reliëf van minimaal 1,2 mm nader te beschouwen.

Ingeschat werd dat de mindere stroefheid van stalen voegovergangen ten opzichte van het aansluitende asfalt vooral problemen voor motorrijders opleveren. In overleg met de KNMV en de ANWB is gezocht naar het maatgevende contact oppervlak van een motorband. Dit oppervlak bedraagt ongeveer de oppervlakte van een halve creditkaart. Op basis van dit oppervlak is door RWS een profiel ontworpen.

Vraag- en probleemstelling

De vraag is nu of dit nieuwe profiel (type 1) een betere stroefheidswaarde oplevert dan een standaard stalen profiel (type 0.1) en of dit stroefheidsniveau gedurende een langere tijd gehandhaafd blijft.

Doel

Doel van het onderzoek is om na te gaan of er met behulp van een uitgekende profilering een betere stroefheid van een stalen voegovergang kan worden gecreëerd en of het stroefheidsniveau gedurende de totale levensduur van de voegovergang wordt gehandhaafd. Indien dit daadwerkelijk zo is kan de regelgeving (RTD 1007-2) hierop worden aangepast.

Leeswijzer

Het onderzoek wordt in twee hoofdstukken beschreven.

Hoofdstuk 1 beschrijft het laboratoriumonderzoek waarin de stroefheidsontwikkeling in de tijd van het door RWS ontworpen profiel (type 1) en een door een derde ontworpen profiel (type 2) wordt vergeleken met een standaard stalen plaat (type 0.1 zonder profilering) en een van een slijtlaag voorziene plaat (type 0.2).

Hoofdstuk 2 beschrijft het praktijkonderzoek van de in hoofdstuk 1 beschouwde profielen.

Elk deel eindigt met conclusies en aanbevelingen.

In de hoofdstukken 3 en 4 worden respectievelijk overall conclusies getrokken en overall aanbevelingen gedaan.

In hoofdstuk 5 van dit rapport is een begrippenlijst opgenomen van veel gebruikte termen.

Hoofdstuk 6 tenslotte vermeldt de literatuurlijst. Alle hier genoemde literatuur is met behulp van hyperlinks te benaderen.

Hoofdstuk 1

Laboratoriumonderzoek

1 Laboratoriumonderzoek

1.1 Hypothese

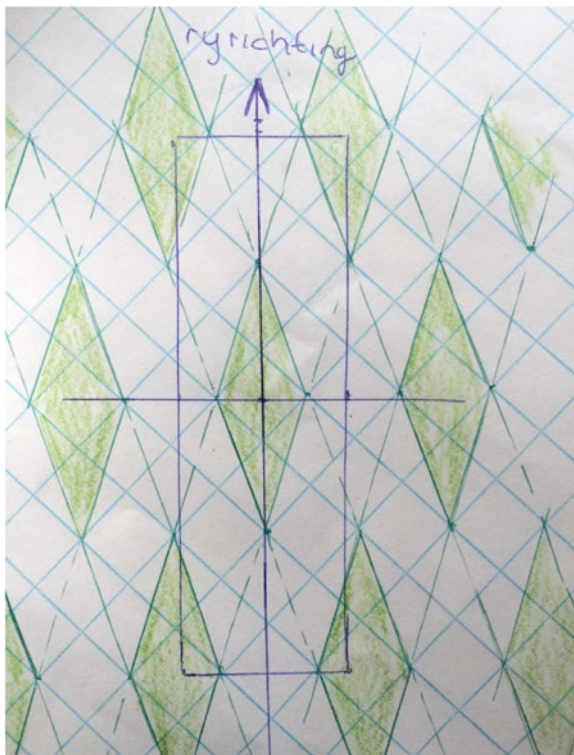
Het laboratoriumonderzoek had tot doel om aan te tonen dat een uitgekende profilering van een stalen voegovergang ervoor zorgt dat de stroefheid van de voegovergang op een acceptabel niveau ligt en niet afneemt ten gevolge van een toenemend aantal polijstovergangen. Om dit doel te realiseren is de volgende hypothese onderzocht.

Hypothese 1:

De stroefheid van een stalen voegovergang met een uitgekend profiel blijft bij een toenemend aantal polijstovergangen hoger dan die van conventionele oplossingen.

1.2 Materialen en monsters

In eerste instantie zijn drie verschillende constructies beproefd. Geheel gladde stalen platen (type 0.1 zonder profilering), platen voorzien van een Sika Poxitar F slijtlaag (type 0.2, bijlage 1) en platen met een door RWS ontworpen profiel (type 1, figuur 1).



Figuur 1: ontwerp profiel type 1 (RWS)

De groene wybertjes steken 1,5 mm boven de plaat uit (profiel type 1). Van elke constructie zijn twee platen gemaakt. De platen zijn gefabriceerd door de firma Edilon Sedra te Wessem. Dit bedrijf heeft tevens een eigen profiel met groefjes met een diepte 1,5 mm (zie figuur 14) bedacht en twee platen getest (profiel type 2). Van elke type zijn twee stuks proefplaten vervaardigd. Uit eigen onderzoek van de producent bleken de in tabel 1 vermelde stroefheidswaarden:

Tabel 1: Initiële stroefheid (SRT) gemeten door Edilon Sedra

	Sinusplaat met slijtlaag	Geribbelde plaat (groeven in 1 richting)	Geribbelde plaat (groeven in 1 richting)	Geribbelde plaat (groeven in 1 richting)	Vlakke plaat
Afwerking:	Slijtlaag Poxitar-F + Mandurax	Geprofileerd Blank staal	Geprofileerd Blank staal	Geprofileerd Blank staal	Thermisch verzinkt
Meetrichting:	n.v.t.	0 graden	90 graden	45 graden	n.v.t.
Meting 1	60	35	62	52	52
Meting 2	60	36	64	51	53
Meting 3	60	36	66	52	51
Meting 4	62	35	60	52	52
Meting 5	60	37	64	52	53

1.3 Uitvoering

De proefstukken zijn onderzocht bij het Institut für Straßenwesen der RWTH Aachen. De volgende proeven zijn verricht:

1. Polijsten van de proefstukken met behulp van de ARTE (CEN/TS 12697-50:2016, Annex A). De proefopstelling biedt de mogelijkheid om steeds twee proefstukken tegelijkertijd te polijsten. Er zijn steeds twee proefstukken van hetzelfde type tegelijkertijd gepolijst. Gedurende het polijsten is er geen polijstmiddel toegevoegd. De volgende instellingen zijn aangehouden:
 - Bovenbelasting: 2000 N
 - Bandenspanning: 3 bar
 - Proefduur: 60 minuten (600 polijstovergangen)
 - Beproevingstemperatuur: 20 °C
2. Stroefheidsmetingen (SRT-proef) conform DIN-EN 13036-4:2011 na 0, 600, 1.200, 1.800 en 6.000. polijstovergangen. De SRT-waarde is in rijrichting per plaat in drievoud en in de richtingen 45° en 90° op de rijrichting in tweevoud bepaald. Om een eventueel tijdseffect te elimineren zijn de 6 gepolijste proefplaten steeds in random volgorde (loting) beproefd.

Tussen de 1.800 en 6.000 polijstovergangen zijn om de 600 polijstovergangen foto's gemaakt van het oppervlak van de proefstukken met een slijtlaag maar geen SRT-metingen gedaan.

1.4 Resultaten en bespreking van de resultaten

De resultaten zijn vermeld in de tabellen 2 t/m 5.

Tabel 2: Resultaat SRT-metingen na polijsten, niet geprofileerd staal (type 0.1 zonder profilering)

Polijstovergangen	Hoek* (°)	Plaat	SRT1	SRT2	SRT3	SRT gem.
0	0	1	55	62	64	53
		2	50	48	40	
600	0	1	29	32	33	31
		2	32	31	31	
1.200	0	1	28	28	32	29
		2	28	28	28	
1.800	0	1	27	27	28	27
		2	27	27	28	
6.000	0	1	12	12	13	13
		2	15	12	11	

* Hoek 0 = rijrichting

Tabel 3: Resultaat SRT-metingen na polijsten, slijtlaag op niet geprofileerd staal (type 0.2)

Polijstovergangen	Hoek* (°)	Plaat	SRT1	SRT2	SRT3	SRT gem.
0	0	1	87	88	86	89
		2	91	90	90	
600	0	1	64	64	67	65
		2	63	66	68	
1.200	0	1	63	63	63	63
		2	63	62	63	
1.800	0	1	64	58	63	60
		2	58	63	56	
6.000	0	1	31	21	27	24
		2	15	17	30	

* Hoek 0 = rijrichting

De foto's van het oppervlak van de proefstukken met een slijtlaag (type 0.2) tussen 1.800 en 6.000 polijstovergangen zijn weergegeven in bijlage 2.

Tabel 4: Resultaat SRT-metingen na polijsten (profiel type 1).

Polijstovergangen	Hoek* (°)	Plaat	SRT1	SRT2	SRT3**	SRT gem.
0	0	1	33	34	31	36
		2	39	39	40	
600		1	31	29	29	29
		2	28	28	27	
1.200		1	28	27	29	30
		2	34	31	33	
1.800		1	22	23	24	24
		2	23	24	25	
6.000		1	36	42	34	30
		2	23	25	22	
0	45	1	38	34	-	41
		2	47	43	-	
600		1	32	28	-	32
		2	36	31	-	
1.200		1	31	31	-	35
		2	38	39	-	
1.800		1	28	26	-	31
		2	37	33	-	
6.000		1	37	39	-	36
		2	36	30	-	
0	90	1	43	54	-	56
		2	60	67	-	
600		1	33	47	-	41
		2	45	38	-	
1.200		1	38	48	-	48
		2	54	53	-	
1.800		1	41	43	-	42
		2	42	43	-	
6.000		1	47	63	-	54
		2	63	44	-	

* Hoek 0 = rijrichting
 Hoek 45 = schuin op rijrichting
 Hoek 90 = haaks op rijrichting

** Bij de metingen onder een hoek van 45° en 90° was er onvoldoende ruimte om 3 metingen op een plaat uit te voeren.

Tabel 5: Resultaat SRT-metingen na polijsten (profiel type 2).

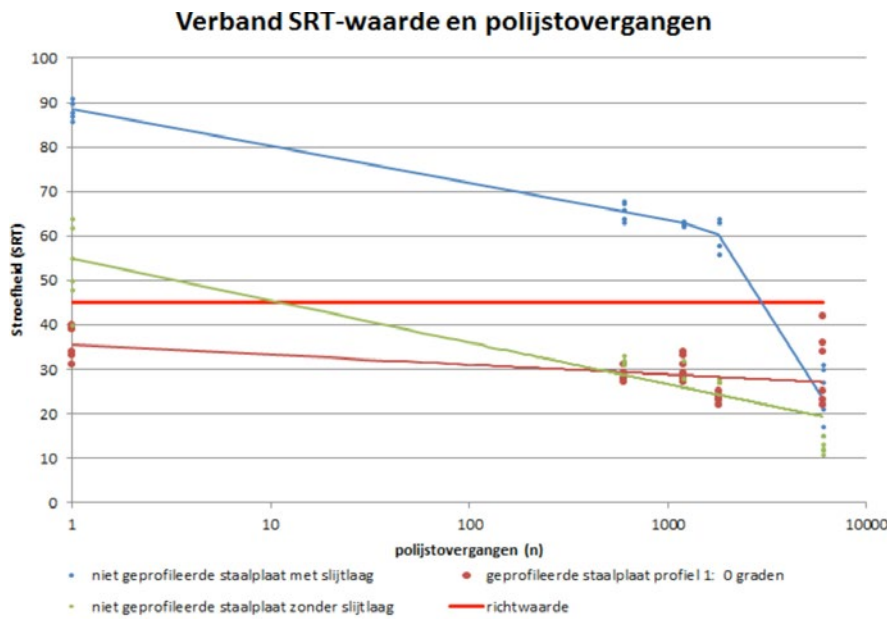
Polijstovergangen	Hoek* (°)	SRT Plaat 1	SRT Plaat 2	SRT gem.
0	0	33	46	40
600		33	36	35
1.200		31	32	32
1.800		29	29	29
0	45	44	58	51
600		45	48	47
1.200		44	44	44
1.800		41	40	41
0	90	43	53	48
600		41	45	43
1.200		41	43	42
1.800		37	38	38

* Hoek 0 = rijrichting
 Hoek 45 = schuin op rijrichting
 Hoek 90 = haaks op rijrichting

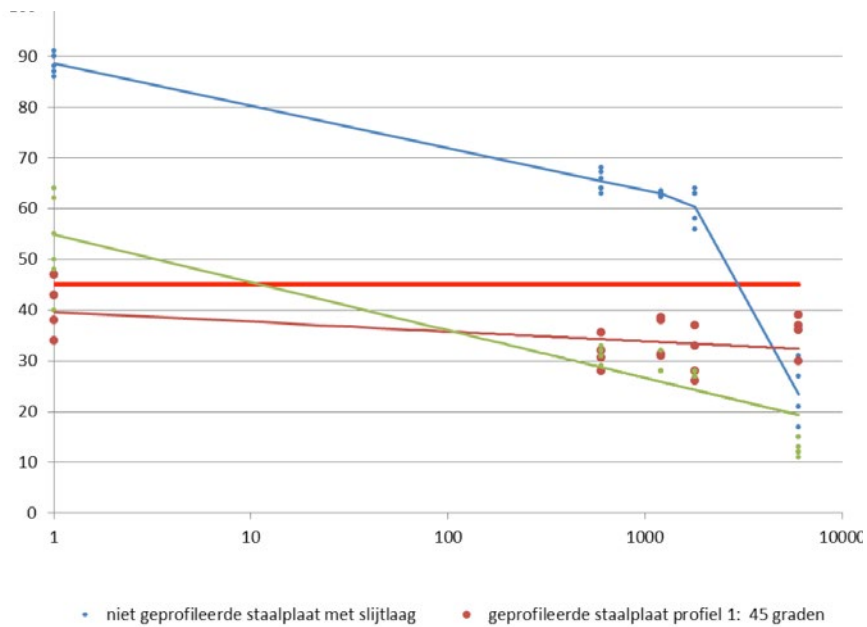
1.5 Discussie

Uit de tabellen 4 en 5 kan afgeleid worden dat het profiel type 2 in de rijrichting en onder een hoek van 45° over het algemeen een hogere stroefheid heeft dan het profiel type 1. Profiel type 1 lijkt juist haaks op rijrichting weer wat stroever te zijn dan profiel 2.

De resultaten zijn grafisch weergegeven in de figuren 2 t/m 4. In deze figuren is tevens een richtwaarde van 45 punten (rode lijn) voor de SRT-waarde opgenomen. In deze figuren geeft de groene lijn het verloop van de SRT-waarde van profiel type 0.1 zonder profilering weer en de blauwe lijn het verloop van de SRT-waarde van profiel type 0.2. Deze lijnen zijn in de figuren 2 t/m 4 steeds hetzelfde omdat op deze proefstukken uitsluitend in de rijrichting is gemeten. De wat dikkere punten en de bruine lijn geven de metingen op de geprofileerde proefstukken weer. Alleen deze lijnen verschillen in de figuren 2 t/m 4.

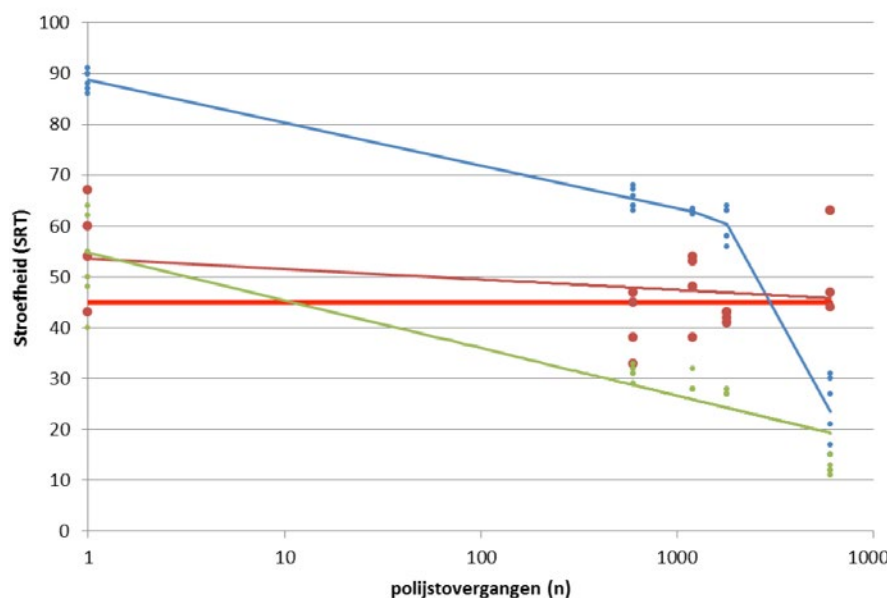


Figuur 2: Verband tussen polijstovergangen en SRT-waarde in rijrichting, profiel type 1



Figuur 3: Verband tussen polijstovergangen en SRT-waarde schuin op rijrichting, profiel type 1

Verband SRT-waarde en polijstovergangen



Figuur 4: Verband tussen polijstovergangen en SRT-waarde haaks op rijrichting, profiel type 1

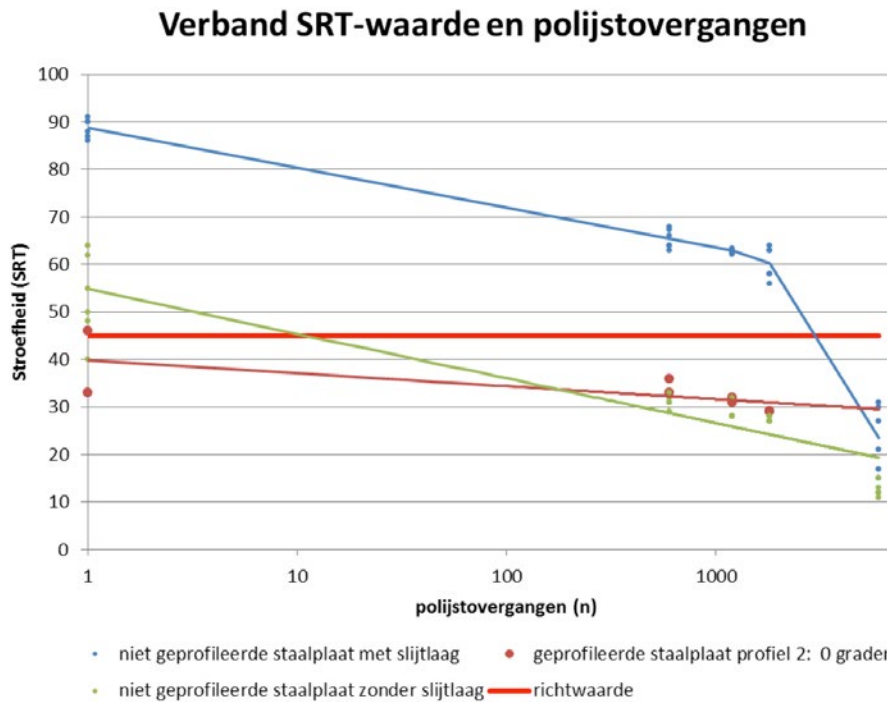
Uit de figuren 2 t/m 4 blijkt dat alle proefstukken bij aanvang een stroefheid boven de richtwaarde hebben. Bij de verzinkte staalplaten (type 0.1 zonder profilering) komt dat door het verzinken zelf. Bij de van een slijtlaag voorziene proefplaat (type 0.2) zorgt de slijtlaag voor de benodigde stroefheid. De stroefheid van de niet geprofileerde staalplaat neemt ten gevolge van de polijstovergangen lineair af. Dit geldt ook voor de proefstukken die zijn voorzien van een slijtlaag. Na 1.800 polijstovergangen begint de slijtlaag af te slijten en ontstaat een trendbreuk: de stroefheid neemt sterk af en zal op het niveau van de niet geprofileerde staalplaat uitkomen. De stroefheid van de geprofileerde proefstukken in de rijrichting en schuin op de rijrichting zitten, net als de niet geprofileerde staalplaat, al na 600 polijstovergangen ruim onder de richtwaarde. Het stroefheidsniveau van de geprofileerde staalplaat haaks op de rijrichting lijkt rond de richtwaarde te schommelen. Door de firma Q-Consult is deze variant nader statistisch beschouwd [4].

Uit [4] blijkt dat voor geprofileerd staal de volgende regressie wordt gevonden: $SRT = 53,65 - 0,902 \times \ln(N)$. De licht dalende helling heeft coëfficiënt -0,902; de standard error van deze helling is zo groot (0,669) dat -0,902 niet significant verschillend is van 0. Verder blijkt uit [4] dat de stroefheid bij 6.000 polijstovergangen voor de geprofileerde proefstukken (profiel 1) significant hoger is dan die van de niet geprofileerde en de van een slijtlaag voorzien proefstukken.

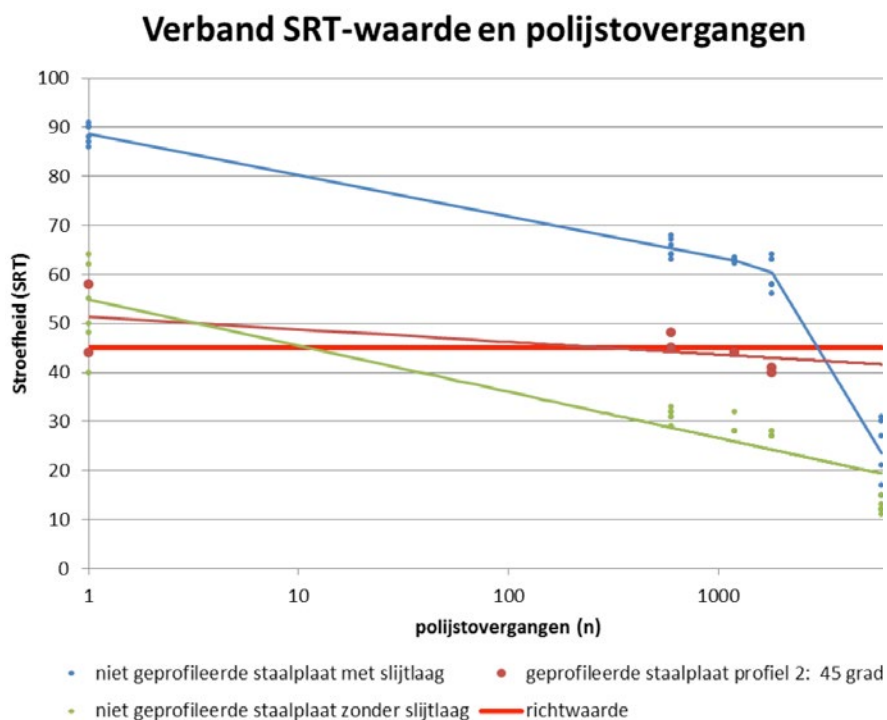
De onderzoekshypothese “De stroefheid van een stalen voegovergang met een uitgekiend profiel blijft bij een toenemend aantal polijstovergangen hoger dan die van conventionele oplossingen” wordt dan ook niet verworpen.

Opgemerkt wordt dat in de rijrichting en schuin op de rijrichting de stroefheid beduidend lager is dan de richtwaarde. De wybertjes moeten dan ook altijd uitgelijnd worden in de rijrichting. Het profiel zal dan ook het grootste nut hebben op voegen in bochten en ervan uitgaande dat er niet precies op de voeg geremd of versneld hoeft te worden.

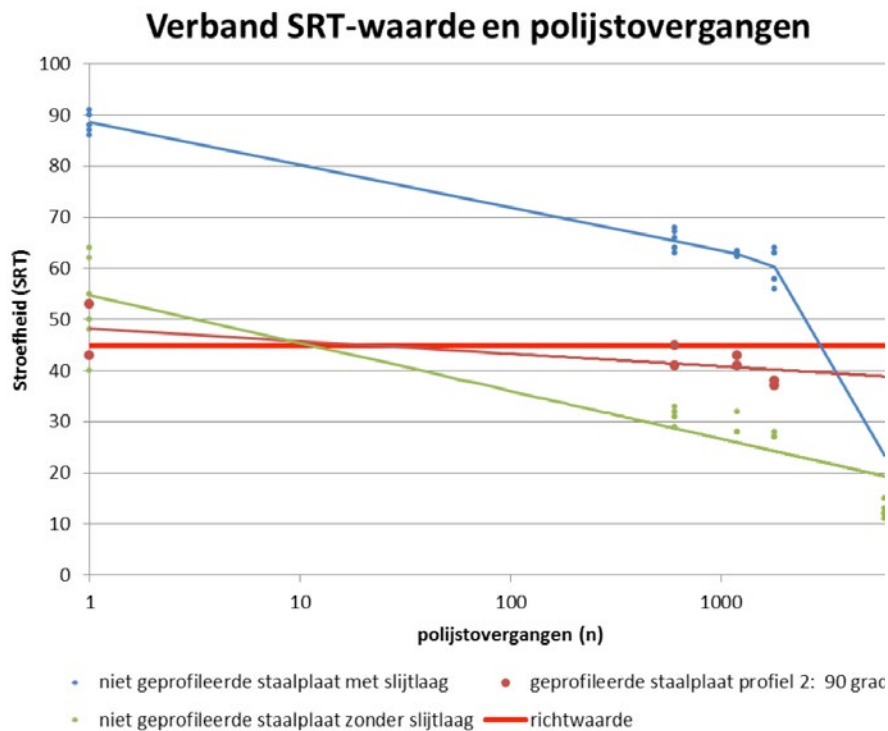
In de figuren 5 t/m 7 wordt ter informatie het resultaat getoond van het door de firma Edilon Sedra ontworpen profiel (type 2).



Figuur 5: Verband tussen polijstovergangen en SRT-waarde in rijrichting, profiel type 2

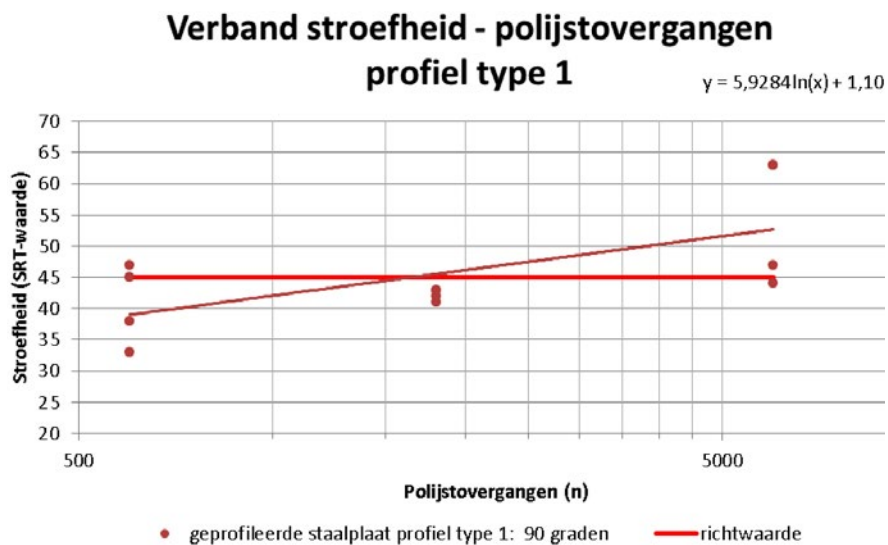


Figuur 6: Verband tussen polijstovergangen en SRT-waarde schuin op rijrichting, profiel type 2

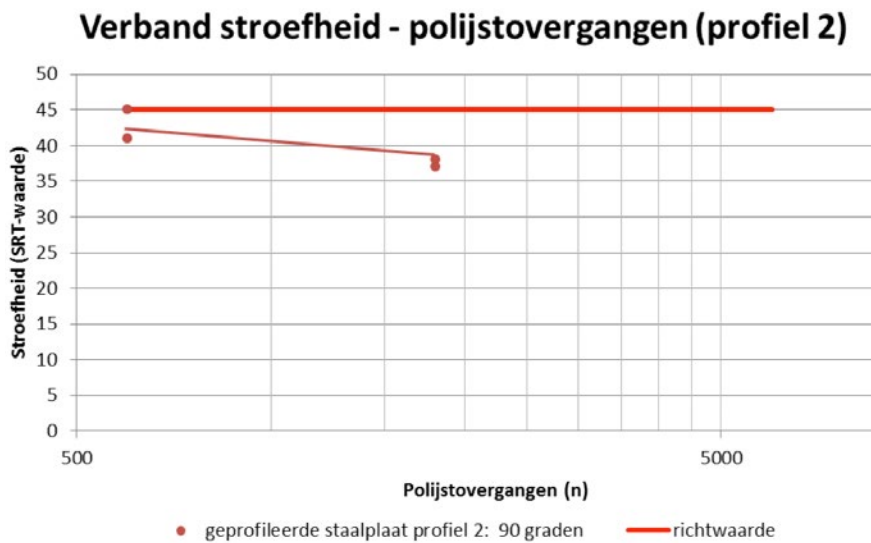


Figuur 7: Verband tussen polijstovergangen en SRT-waarde haaks op rijrichting, profiel type 2

Met behulp van de ARTE is het mogelijk om een soort Type Test op een alternatief profiel uit te voeren. Voorgesteld wordt om met de ARTE 600, 1.800 en 6.000 polijstovergangen te doen. Na elk van deze polijstovergangen wordt de stroefheid gemeten. De stroefheid (SRT-waarde) mag dan geen negatieve helling hebben waardoor de stroefheid significant onder de richtwaarde uit zal komen. Dit is grafisch weergegeven in de figuren 8 en 9 waarin de resultaten van de profielen type 1 en 2 worden weergegeven.



Figuur 8: Profiel type 1 (wybertjes)



Figuur 9: Profiel type 2 (groefjes)

Bij profiel type 1 is de volledige test doorlopen. De stroefheid ligt rond de richtwaarde en de richtingscoëfficiënt is positief (5,9284). De verwachting is dat dit profiel bij een toenemend aantal polijstovergangen niet onder de richtwaarde zal komen. Bij profiel type 2 is de test niet afgerond: de stroefheid bij 6.000 polijstovergangen is niet bepaald. Tot op dit moment is de richtingscoëfficiënt negatief (-5,0061). Mogelijk zal bij dit profiel bij een toenemend aantal polijstovergangen de stroefheid significant onder de richtwaarde van 45 SRT-eenheden komen.

Aangezien profiel type 2 een ontwerp van een producent is en niet tot 6.000 polijstovergangen is doorgegaan worden er ten aanzien van dit profiel in hoofdstuk 1 geen conclusies getrokken.

1.6 Conclusie

Het door RWS ontworpen profiel type 1 met de wybertjes heeft haaks op de rijrichting een stroefheidsniveau rond de richtwaarde van 45 SRT-eenheden. Dit niveau blijft bij toenemend aantal polijstovergangen gehandhaafd. In de rijrichting en schuin op deze richting is het stroefheidsniveau beduidend lager.

1.7 Aanbevelingen

Het door RWS ontworpen profiel type 1 voldoet aan de onderzoeks-hypothese.

Aanbevolen wordt om het profiel type 1 in de praktijk in bijvoorbeeld een ruime verbindingsboog te testen met motorrijders. De bij de test toe te passen profielen mogen niet verzinkt zijn omdat de zinklaag een hogere aanvangstroefheid geeft.

Het door Edilon Sedra ontworpen profiel type 2 is nog niet volledig onderzocht.

Aanbevolen wordt om dit profiel verder te laten onderzoeken door de producent van het profiel.

Hoofdstuk 2

Praktijkonderzoek

2 Praktijkonderzoek

In dit deel worden de in hoofdstuk 1 beschreven alternatieve profielen type 1 en type 2 vergeleken met het standaard profiel type 0.1. Behalve dat er onderzoek naar de stroefheid, en de subjectieve beleving daarvan, is gedaan, is ook gekeken naar de geluidsproductie van de voegen.

2.1 Hypothese

Het doel van de praktijktest is om aan te tonen, dat de beide in hoofdstuk 1 onderzochte profielen type 1 en type 2 op het gebied van de stroefheidsontwikkeling ook in de praktijk beter presteren dan de bestaande constructie met profiel type 0.1. De onderzoekshypothese luidt:

Motorrijders waarderen de nieuwe profielen type 1 en type 2 op het gebied van stroefheid hoger dan de bestaande voegovergangen met profiel type 0.1.

2.2 Materialen en monsters

De praktijktest (testlocatie 1) [2] en [5] is uitgevoerd op de verbindingsweg (VWh) van knooppunt Amstel. Het betreft een boog van de A2 naar de A10. RWS ontvangt regelmatig klachten van zowel motorrijders als automobilisten over de stroefheid van de voegen in deze boog. De kenmerken van deze boog zijn als volgt:

- Boogstraal: circa 200 meter
- Verkanting: circa 4,5 %
- Ontwerpsnelheid: 70 km/h

Uit onderzoek [1] blijkt dat in bochten van deze afmeting de daadwerkelijke snelheid veelal hoger ligt dan de ontwerpsnelheid. Deze bocht is niet in het in [1] beschreven onderzoek meegenomen maar uit het rapport valt af te leiden dat voor deze bocht de V85-percentiel waarde tussen de 95 en 100 km/h zal liggen. De V85-percentiel waarde geeft de snelheid aan waar 85% van het verkeer onder blijft. In deze bocht zal dus 15% van de automobilisten en motorrijders harder rijden dan 95 tot 100 km/h.

De bocht bevat twee stalen voegovergangen die zijn voorzien van een reliëf dat voldoet aan de RTD 1007-2, versie 3.0 (profiel type 0.1, figuur 10).



Figuur 10: Profiel bestaande voeg (profiel type o.1)

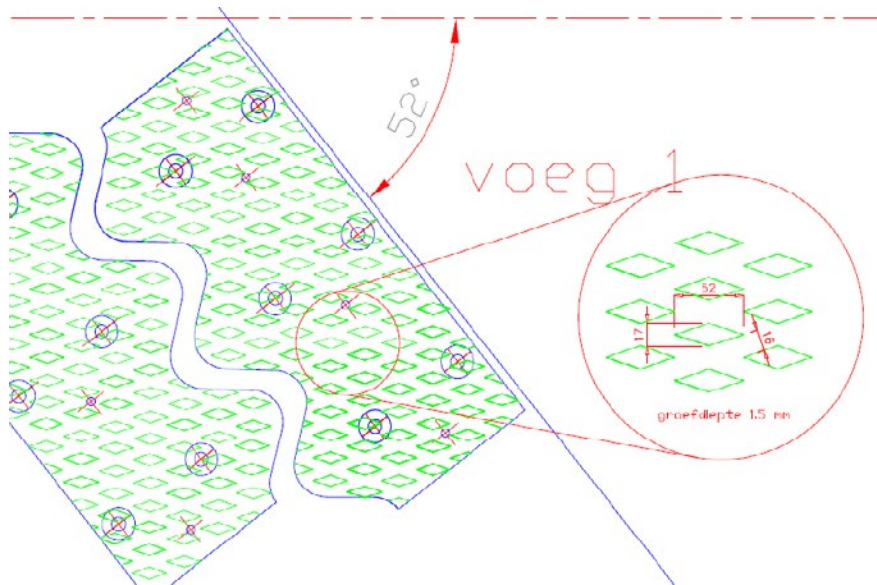
De locatie van de bocht is weergegeven in figuur 11.



Figuur 11: Locatie verbingsboog en voegen

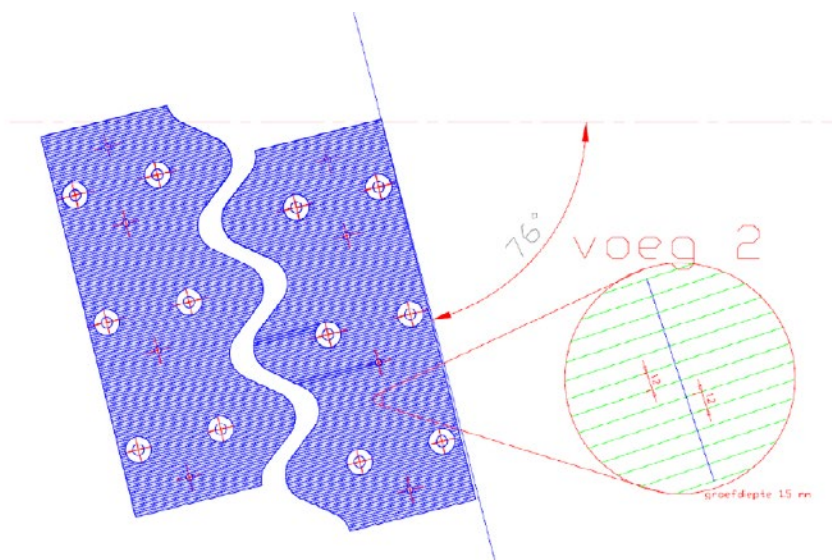
De twee voegen hebben niet dezelfde hoek met de rijrichting; voeg 1 ligt iets schuiner dan voeg 2. De profilering met wybertjes (profiel type 1) is toegepast bij voeg 1, die met de groefjes (profiel type 2) bij voeg 2.

Uit hoofdstuk 1 is gebleken dat de stroefheid op de profilering met wybertjes (profiel type 1) gevoelig is voor de rijrichting. De profilering is aangebracht overeenkomstig figuur 12. De rode lijn geeft de rijrichting aan.



Figuur 12: Positionering wybertjes van profiel type 1

Uit hoofdstuk 1 is verder gebleken dat de stroefheid op de profilering met de groeven (profiel type 2) minder beïnvloed wordt door de rijrichting (vergelijk tabellen 4 en 5). De profilering is aangebracht overeenkomstig figuur 13. De groeven staan haaks op de voeg. De rode lijn geeft de rijrichting aan.



Figuur 13: Positionering groefjes van profiel type 2

Op verzoek van het projectteam IXAS (locaties 2 t/m 4) en de firma Edilon Sedra (locaties 5 t/m 7) zijn in de omgeving in diezelfde nacht aanvullende stroefheidsmetingen verricht op andere locaties.

Een overzicht van alle meetlocaties is weergegeven in [5].
Een samenvatting van alle locaties staat in tabel 6.

Tabel 6: Overzicht meetlocaties

Locatie	Weg	Baan	Strook	Start	Eind	Positie voeg	Aanleg jaar	Type voeg
1	RW002	VWh	2R-L	31,10	31,00	31,08 31,03	2015	Edilon ESCO-joint 60s
2A	RW002	VWg	1R-R	35,10	35,40	35,21	2007	Open voeg met rubber, geen sinusplaat
2B						35,38		Open voeg met rubber, geen sinusplaat
3A	RW009	1HRL	2R-L	10,90	10,70	10,80	2017	Edilon ESCO-joint 60s
3B						10,85		Edilon ESCO-joint 60s
4A	RW009	1HRL	3R-L	7,10	6,70	7,05	2016	Tensa grip RS-A voegen (zonder sinusplaat)
4B						6,80		Tensa Grip RS-LS (met sinusplaat)
5A	RW010	VWr	1R-R	15,60	15,80	15,65	2016	EV-staal
5B						15,73		
6A	RW010	1HRR	3R-R	9,50	9,60	9,53	2014	Prismo-joint
6B						9,60		
7A	RW002	1HRR	4R-R	66,50	66,60	66,55	2015	Mageba
7B						66,58		

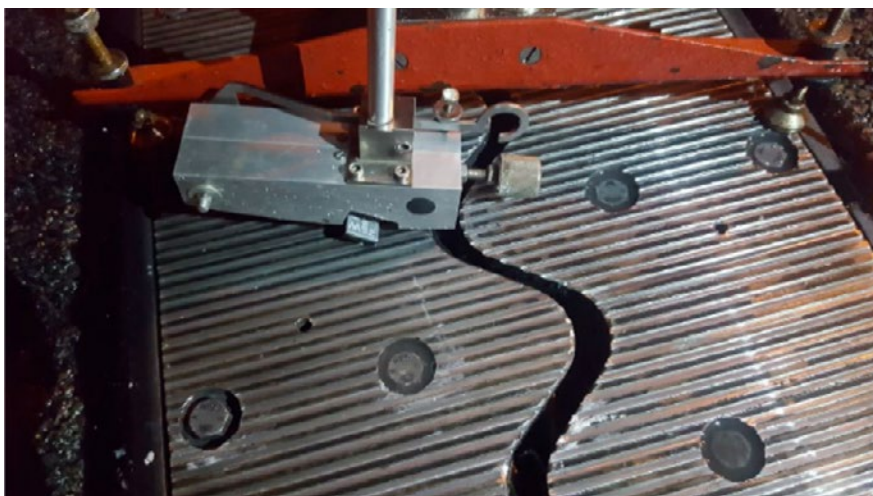
2.3 Uitvoering

De werkzaamheden zijn beschreven in het werkplan [2]. De praktijktest is uitgevoerd in de nacht van 24 op 25 maart 2017. Er is eerst gemeten op de bestaande situatie op rijstrook 2 (situatie oud, profiel type 0.1). Na deze metingen zijn van elke voegovergang in rijstrook 2 vier platen vervangen door platen met de alternatieve profilering (situatie nieuw, profiel type 1 en 2). Na deze metingen zijn de oude platen weer teruggeplaatst. Alle metingen zijn onder natte omstandigheden uitgevoerd. Om dit te bereiken zijn voorafgaande aan elke meting beide voegen met behulp van een gieter bevochtigd. De volgende metingen zijn gedaan:

- Geluidsmetingen zijn uitgevoerd door M+P en beschreven in [3]. Het betroffen zogenoemde CPB-metingen, uitgevoerd met een personen voertuig van het merk Mitsubishi en het type ASX (bijlage 3). De microfoons zijn op 7,3 m uit het hart van de voegovergang geplaatst. Er is gemeten in het snelheidsgebied tussen 50 en 100 km/h volgens het onderstaande schema:
 - 50 km/h
 - 90 km/h
 - 50 km/h
 - 90 km/h
 - 70 km/h
 - 70 km/h
 - 60 km/h
 - 80 km/h
 - 100 km/h
 - 60 km/h
 - 80 km/h
 - 100 km/h

Doel van dit aselechte schema was het uitsluiten van een volgorde effect.

- Stroefheidsmetingen door Aveco de Bondt conform de Standaard RAW Bepalingen 2015 proef 72. De metingen zijn uitgevoerd met een snelheid van 50 km/h. De samplefrequentie bedroeg 5 cm waardoor het mogelijk is om de voegen apart te beschouwen. De locaties waar is gemeten zijn beschreven in [5].
- Stroefheidsmetingen (SRT-proef) conform NEN-EN 13036-4:2011 door KIWA-KOAC op elke voeg is drie maal in de rijrichting en drie maal in de dwarsrichting gemeten. Omdat de voeg uit twee platen bestaat is de tweede meting steeds op twee platen inclusief de opening gemeten (zie figuur 14).



Figuur 14: Tweede meting inclusief de opening

- Subjectieve beleving van de prestatie van de voeg op het gebied van de stroefheid. Voor deze metingen is gebruik gemaakt van drie motorrijders. Eén motorrijder betrof een vrijwillige motorrijder van de Motorrijders Actie Groep (MAG). Deze motorrijder (motorrijder 2) reed op zijn eigen motor.

Door stuntteam de Beukelaar zijn twee motorrijders en 1 motor geleverd. De ene motorrijder was een stuntman (motorrijder 1) en de tweede motorrijder de leverancier van de motor (motorrijder 3). (De gegevens van de motorrijders en de motoren zijn vermeld in bijlage 3.

Het schema van de diverse ritten is weergegeven in tabel 6.

Tabel 6: Schema testritten

Snelheid	Huidige situatie (profiel type 0.1)	Test situatie (profiel type 1 en 2)
70 km/h	Ja	Nee*
85 km/h	Ja	Ja
100 km/h	ja	Ja

* Gezien de ervaringen bij 70 km/h op de oude voeg, de verwachting dat de nieuwe voegen beter presteren en de beperkte tijd voor de proefuitvoering is besloten om bij de nieuwe voegen met de profielen type 1 en 2 de stap van 70 km/h over te slaan.

Alle ritten van de motorrijders zijn door de firma Rolf Dekens NSC gefilmd met een High Speed camera (bijlage 3).

Door zowel de bestuurder van het voertuig ten behoeve van de geluidsmetingen als door de bestuurder van de camerawagen is een subjectieve beoordeling van de voegen gegeven.

2.4 Resultaten en bespreking van de resultaten

De resultaten zijn per onderzoek aspect vermeld in de volgende paragrafen.

2.4.1 Geluidsmetingen

De resultaten van de geluidsmetingen zijn beschreven in [3]. De in dat rapport vermelde resultaten worden hieronder samengevat, waarbij in de situatie na vervanging voeg 1 de voeg van het type 1 is en voeg 2 die van het type 2.

Tabel 7: Resultaten van geluidsmetingen voor en na vervanging van de voegen. Tussen haakjes staat het 95% betrouwbaarheidsinterval.

	Aantal passages	L _{A,max} [dB(A)]					
		60 km/h	70 km/h	80 km/h	90 km/h	100 km/h	
Voeg 1	Voor vervanging	14	74,8 (0,3)	76,8 (0,3)	78,6 (0,3)	80,2 (0,4)	81,6 (0,5)
	Na vervanging	12	74,2 (0,3)	76,5 (0,2)	78,5 (0,2)	80,2 (0,3)	81,8 (0,4)
	Verschil		-0,6	-0,4	-0,2	0,1	0,2
Voeg 2	Voor vervanging	14	75,3 (0,9)	77,6 (0,6)	79,6 (0,6)	81,4 (0,8)	83,0 (1,1)
	Na vervanging	12	75,3 (0,7)	77,7 (0,5)	79,7 (0,6)	81,5 (0,7)	83,1 (0,9)
	Verschil		0,0	0,1	0,1	0,1	0,1

2.4.2 Stroefheidsmetingen (proef 72)

De resultaten van de stroefheidsmetingen zijn weergegeven in [5]. Hierin zijn ook de resultaten van de op verzoek van het project IXAS en de firma Edilon Sedra genoemde stroefheidsmetingen vermeld. Ten behoeve van het vergelijk van de oude voegovergangen met profiel type 0.1 en de alternatieve profileringen met de profiel typen 1 en 2 worden in dit rapport uitsluitend de resultaten op de betreffende voegen in de verbindingsweg VWh van knooppunt Amstel uitvoerig besproken. De resultaten op de overige meetlocaties worden ter informatie meegegeven.

De resultaten zijn samengevat in de tabellen 13 en 14 verderop in dit rapport. Een grafische weergave van de meetresultaten op de testlocatie (locatie 1) is weergegeven in bijlage 4.

2.4.3 Stroefheidsmetingen (SRT-proef)

De resultaten van de proef zijn vermeld in tabel 8

Tabel 8: Resultaten SRT-proef

Meting	SRT-waarde							
	Voeg 1 Oud (profiel type 0.1)		Voeg 2 Oud (profiel type 0.1)		Voeg 1 Nieuw (profiel type 1)		Voeg 2 Nieuw (profiel type 2)	
	rijrichting	haaks	rijrichting	haaks	rijrichting	haaks	rijrichting	haaks
1	14	16	10	10	28	46	48	39
2	13	19	15	9	36	71	43	68
3	15	16	14	9	28	50	32	46
Gem.	14	17	13	9	31	56	41	51

Door het in verhouding tot de vele metingen krappe tijdsvenster zijn er geen SRT-metingen op het aansluitende asfalt gedaan. Indien mogelijk zou dat op een later tijdstip alsnog kunnen worden gedaan (zie aanbevelingen).

2.4.4 Subjectieve beleving

De proef was opgezet om de beleving van de motorrijders te peilen. Doordat er ook geluidsmetingen zijn verricht en een camerawagen reed zijn er ook ervaringen van automobilisten gegenereerd.

Ervaringen motorrijders

Motorrijder 1 gaf aan dat hij in het begin gefocust was op de camera. Motorrijder 2 gaf aan dat het licht van de camera invloed had op de waarneming.

In tabel 9 wordt de beleving van de oude voegen (profiel type 0.1) weergegeven en in tabel 10 die van de nieuwe voegen (profiel type 1 en 2).

Tabel 9: Beleving oude voegen met profiel type 0.1 door motorrijders

Snelheid (km/h)	Motorrijder	Voeg	Cijfer	Visueel "eng" (j/n)	Actie	Standaard afwijking
70	1	1	8	N	-	-
		2	8	N	-	-
	2	1	8	N	A*	D**
		2	8	N	-	-
		1	8	N	A*	D**
		2	8	N	-	-
85	1	1	8	N	-	D**
		2	8	N	-	-
	2	1	8	N	-	D**
		2	8	N	-	-
	3	1	4	N	A*	D**
		2	8	N	-	-
100	1	1	8	N	-	D**
		2	8	N	-	E**
	2	1	6	N	B, C*	D, F**
		2	6	N	B, C*	
	3	1	5	J	A*	D, G**
		2	6	J	A*	D, G**

* Actie A = stuurcorrectie

Actie B = gas erbij

Actie C = iets naar binnen gaan zitten

** Opmerking D = voelde motor iets gaan.

Opmerking E = voelt minder slipperig dan eerste voeg

Opmerking F = bewust niet harder dan 95 km/h

Opmerking G = zou de bocht zelf niet zo hard nemen

Tabel 10: Beleving nieuwe voegen (type 1 en 2) door motorrijders

Snelheid (km/h)	Motorrijder	Voeg, type	Cijfer	Visueel "eng" (j/n)	Actie	Standaard afwijking
70	1	1, type 1	8	N	-	H**
		2, type 2	8	N	-	I**
	2	1, type 1	8	N	-	I**
		2, type 2	8	N	-	I**
	3	1, type 1	7	N	-	I, J**
		2, type 2	7	N	-	I, J**
85	1	1, type 1	8	N	-	I**
		2, type 2	8	N	-	I**
	2	1, type 1	8	N	E*	I**
		2, type 2	8	N	E*	I**
	3	1, type 1	7	J	-	K**
		2, type 2	6	J	-	J, L**

* Actie E = Vanwege moeheid en natte weg gas eraf en snelheid naar circago km/h

** Opmerking H = dacht iets te voelen maar twijfelt

Opmerking I = beide voegen zijn goed, niets gevoeld.

Opmerking J = Meest hinderlijke was het waterspoor van de 86%-slijpmeting

Opmerking K = merkt iets van overgang maar voelt veilig

Opmerking L = Invloed op stuur, waarschijnlijk door rechte geultjes.

Ervaringen automobilisten

In tabel 11 wordt de beleving van de oude voegen (profiel type 0.1) weergegeven en in tabel 12 die van de nieuwe voegen (profiel type 1 en 2).

Tabel 11: Beleving oude voegen door automobilisten

Snelheid (km/h)	Automobilist	Voeg	Cijfer	Visueel "eng" (j/n)	Actie	Opmerkingen
70	1	1		N	-	-
		2	9	N	-	-
	2	1	**	*	**	-
		2	**	**	**	-
85	1	1	6	N	A*	-
		2	8	N	-	-
	2	1	**	**	**	-
		2	**	**	**	-
100	1	1	4	N	A*	-
		2	8	N	-	-
	2	1	**	**	**	-
		2	**	**	**	-

* Actie A = stuurcorrectie

** Automobilist 2 heeft de vragenlijst niet ingevuld maar op de meetavond zelf aangegeven dat de profielen type 1 en 2 beter aanvoelden dan het profiel 0.1.

Tabel 12: Beleving nieuwe voegen (type 1 en 2) door automobilisten

Snelheid (km/h)	Automobilist	Voeg	Cijfer	Visueel "eng" (j/n)	Actie	Opmerkingen
85	1	1, type 1	8	N	-	-
		2, type 2	8	N	-	-
	2	1, type 1	*	*	*	-
		2, type 2	*	*	*	-
100	1	1, type 1	8	N	-	-
		2, type 2	8	N	-	-
	2	1, type 1	*	*	*	-
		2, type 2	*	*	*	-

* Automobilist 2 heeft de vragenlijst niet ingevuld maar op de meetavond zelf aangegeven dat de profielen type 1 en 2 beter aanvoelden dan het profiel o.1.

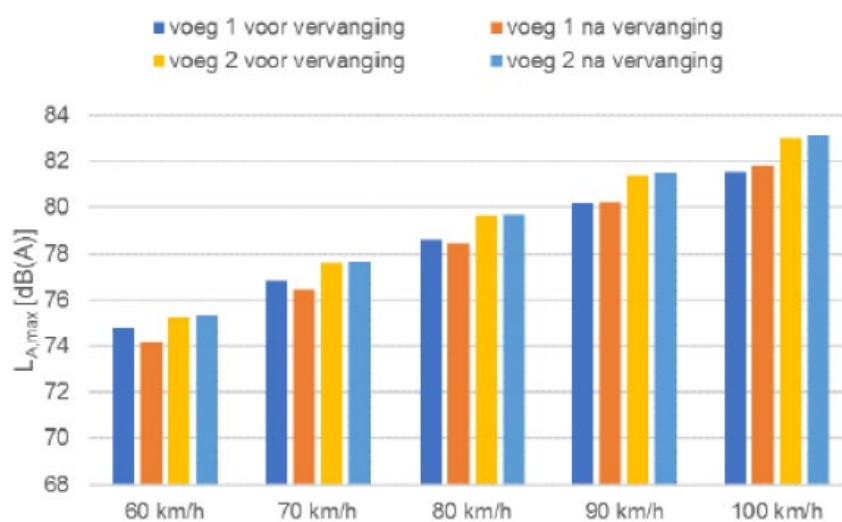
De filmbeelden zijn vermeld in [6].

2.5 Discussie

In dit hoofdstuk worden per onderdeel de resultaten bediscussieerd.

2.5.1 Geluidsmetingen

De resultaten van de geluidsmetingen zijn samengevat in figuur 15. De voegen voor vervangen waren van het type o.1. Voeg 1 na vervanging was van het type 1 en voeg 2 van het type 2.



Figuur 15: Geluidsmetingen

Uit figuur 12 blijkt dat de vervanging van voeg 1 (profiel type 1) tot geen of soms tot een kleine afname van de geluidsemissie leidt ten opzichte van de oorspronkelijke voegen met profiel type o.1. Voor voeg 2 (type 2) is geen significant verschil in geluidsemissie te zien ten opzichte van de voegen met profiel type o.1..

2.5.2 Stroefheidsmetingen (proef 72)

De resultaten van de stroefheidsmeting op testlocatie 1 zijn grafisch weergegeven in de figuren in bijlage 4, die van de overige locaties in [5]. In elke grafiek is de stroefheidswaarde (wrijvingskracht) uitgezet tegen de hectometrering. Elke grafiek toont een blauwe en een rode lijn. De blauwe lijn geeft de stroefheidswaarde “f” bij open deklagen zonder seizoenscorrectie. De rode lijn geeft de “f normaal” weer. Dit is de wrijvingskracht gedeeld door de gemeten normaalkracht op de band. Hierbij wordt theoretisch een deel van het stuiten van de band weggenomen. Hierbij wordt opgemerkt dat de normaalkrachtopnemer niet is gekalibreerd en dus alleen als ‘controletool’ op het voertuig is geïnstalleerd.

De resultaten zijn samengevat in tabel 13. In de laatste kolom is de laagste waarde vermeld die over een meetlengte van 5 cm op de voeg is gemeten.

Tabel 13: Stroefheden (f normaal) deklaag en voeg.

Voeg	Profiel	Meting	Stroefheid deklaag voor de voeg	Stroefheid voeg	Stroefheid deklaag na de voeg	Laagste waarde
1	Type 0.1	1	0,58	0,33	0,58	0,19
		2	0,60	0,32	0,59	0,20
	Type 1	1	0,59	0,44	0,60	0,40
		2	0,61	0,43	0,61	0,38
2	Type 0.1	1	0,56	0,35	0,55	0,24
		2	0,57	0,35	0,56	0,24
	Type 2	1	0,58	0,54	0,59	0,52
		2	0,60	0,52	0,59	0,50

Door middel van een T-toets voor twee steekproeven met gelijke varianties is nagegaan of de verschillen tussen de stroefheden van de voeg significant verschillend zijn van de stroefheden van het asfalt dat een meter voor en een meter na de voeg ligt. (bijlage 5). Uit de toets in bijlage 5 blijkt dat de gemeten stroefheidsverschillen tussen de voeg en het voor en na de voeg liggende asfalt significant zijn.

Deze verschillen zijn in de RTD 1007-2 (versie 3.0) niet toegestaan, tenzij er een bepaald profiel is aangebracht. Wat echter opvalt is dat de beide voegen (type 1 en type 2) wel voldoen aan de harde norm voor de stroefheid van 0,42. Verder is de eis dat de stroefheid gelijk moet zijn aan die van het asfalt niet realistisch. Het asfalt zal ten gevolge van de polijstovergangen in stroefheid afnemen. Dit zou ertoe kunnen leiden dat het asfalt in eerste instantie stroever is dan de voegovergangen maar na verloop van tijd juist gladder wordt dan de voegovergang.

Verder is bepaald of de verschillen tussen de oude en de nieuwe voeg significant zijn. Deze toets is in bijlage 6 weergegeven. Uit deze toets blijkt dat, ondanks het minimale aantal waarnemingen, er toch een significant verschil in stroefheid tussen de oude (profiel type 0.1) en de nieuwe voegen (profiel typen 1 en 2) is aan te tonen.

De resultaten op de overige locaties zijn samengevat in tabel 14 maar worden niet verder besproken.

Tabel 14: Stroefheden (f normaal) deklaag en voeg op de overige locaties.

Locatie	Stroefheid deklaag voor de voeg	Stroefheid voeg	Stroefheid deklaag na de voeg	Laagste waarde
2A	0,58	0,51	0,59	0,46
2B	0,49	0,46	0,53	0,44
3B	0,61	0,45	0,57	0,36
4A	0,54	0,43	0,61	0,30
4B	0,50	0,31	0,34	0,25
5A	0,62	0,44	0,58	0,37
5B	0,59	0,40	0,61	0,31
6A	0,55	0,67	0,55	0,75
6B	0,53	0,61	0,53	0,67
7A	0,57	0,43	0,55	0,39
7B	0,57	0,38	0,55	0,35

Merk op dat op testlocatie 6 de stroefheidswaarden van de voeg hoger zijn dan die van het omliggende asfalt.

2.5.3 Stroefheidsmetingen (SRT-proef)

In deze paragraaf worden de voegen in de nieuwe situatie (profiel typen 1 en 2) vergeleken met de voegen in de oude situatie (profiel type 0.1). Tevens worden de op de weg gemeten SRT-waarden met de in hoofdstuk 1 gepresenteerde waarden uit het laboratoriumonderzoek vergeleken.

Met behulp van een T-toets voor de vergelijking van twee steekproeven met gelijke varianties zijn van beide voegen de oude (type 0.1) en nieuwe situatie (type 1 en type 2) met elkaar vergeleken (bijlage 7). Verschillen zijn significant indien de p-waarde kleiner dan 0,05 is. Uit tabel 15 blijkt dat bij beide voegen met profiel type 1 en 2 er zowel in rijrichting als in de richting haaks hierop significante verschillen worden waargenomen in de SRT-waarde ten opzichte van de voeg met profiel type 0.1. Het betreft de geel gearceerde cellen. De nieuwe voegen zijn significant stroever.

Tabel 15: Statistische analyse SRT-waarden oude en nieuwe voegen

	Voeg 1 (rijrichting)		Voeg 1 (haaks)		Voeg 2 (rijrichting)		Voeg 2 (haaks)	
	Type 0.1	Type 1	Type 0.1	Type 1	Type 0.1	Type 2	Type 0.1	Type 2
Gemiddelde SRT	14	31	17	56	13	41	9	51
Standaardafwijking	1,0	4,6	1,7	13,4	2,6	8,2	0,6	15,1
Gemiddeld verschil (nieuw – oud)		17		39		28		42
Aantal waarnemingen		3		3		3		3
Aantal vrijheidsgraden		2		2		2		2
P-waarde 1 zijdig (Afwijking van elkaar)		0,0173		0,0146		0,0200		0,0217

Naar aanleiding van het in hoofdstuk 1 gepresenteerde laboratorium-onderzoek werd verwacht dat voeg 1 (profiel type 1) na 6000 polijstovergangen in rijrichting gemiddeld 18 punten en haaks op de rijrichting gemiddeld zelfs 42 punten hoger zou liggen dan voegen met het profiel type 0.1.

Uit de laatste regel in tabel 16 (de groen gearceerde cellen) valt op te maken dat het gemeten verschil tussen de in het laboratorium en de op de weg gemeten SRT-waarden in zowel de rijrichting als haaks hierop niet significant afwijken van het verwachte verschil. In alle gevallen is de toetswaarde p groter dan 0,05. De in het laboratorium gemeten SRT-waarden op het profiel 0.1 (zonder profilering) komen dan ook sterk overeen met de in de praktijk gemeten SRT-waarden op het profiel type 0.1 (met profilering).

Tabel 16: Statistische analyse verschil lab en praktijk

	Voeg 1 (rijrichting)		Voeg 1 (haaks)	
	Type 0.1	Type 1	Type 0.1	Type 1
Gemiddelde SRT (praktijk)	14	31	17	56
Gemiddelde SRT (lab na 6000 polijstovergangen)	13	30	13	54
Gemeten verschil (praktijk)	17		39	
Verwacht verschil (lab)	18		42	
Standaardafwijking van het verschil	5,5		11,7	
Aantal waarnemingen	3		3	
Aantal vrijheidsgraden	2		2	
P-waarde 2 zijdig (Afwijking van verwachting)	0,7157		0,6710	

Voor voeg 2 (profiel type 2) is deze analyse niet gemaakt omdat daar niet tot 6000 polijstovergangen is doorgegaan.

2.5.4 Subjectieve beleving

De resultaten van de metingen op de oude voegen bij 70 km/h zijn in deze analyse niet meegenomen. Deze metingen zijn beschouwd als verkenning van de voegen: is het veilig, hoe gaat het filmen, etc.

De onderzoekshypothese luidt als volgt:

De motorrijders waarderen de nieuwe profielen (profiel typen 1 en 2) op het gebied van stroefheid hoger dan de bestaande voegovergangen met het profieltype 0.1.

De verwachting is dan ook dat de rapportcijfers voor de nieuwe voegovergangen hoger zullen zijn dan die voor de oude voegovergangen.

De resultaten uit paragraaf 3.4 zijn in bijlage 8 statistisch geanalyseerd en in tabel 17 samengevat.

Tabel 17: Statistische analyse rapportcijfers motorrijders

	85 km/h		100 km/h	
	Oud (0.1)	Nieuw (1 en 2)	Oud (0.1)	Nieuw (1 en 2)
Gemiddeld rapportcijfer	7,3	7,7	6,5	7,5
Standaardafwijking	1,6	0,5	1,2	0,8
Gemiddeld verschil (nieuw – oud)	0,33		1,00	
Standaardafwijking van het verschil	1,37		1,10	
Aantal waarnemingen	6		6	
Aantal vrijheidsgraden	5		5	
p-waarde 1 zijdig (Afwijking van elkaar)	0,2881		0,0378	

Met behulp van een T-toets voor de vergelijking van twee steekproeven met gelijke varianties zijn de door de drie motorrijders gegevens rapportcijfers met elkaar vergeleken. Verschillen zijn significant indien de p-waarde kleiner dan 0,05 is. Uit de bovenstaande tabel blijkt dat er bij een snelheid van 85 km/u geen significante verschillen worden waargenomen in de rapportcijfers voor de oude (profiel type 0.1) en de nieuwe (profiel type 1 en 2) voegovergangen. De verschillen zijn wel significant wanneer de rapportcijfers voor de snelheden bij 100 km/h met elkaar worden vergeleken. Een verdiepingsslag naar de beleving in combinatie met de rijnsnelheid is dan ook noodzakelijk.

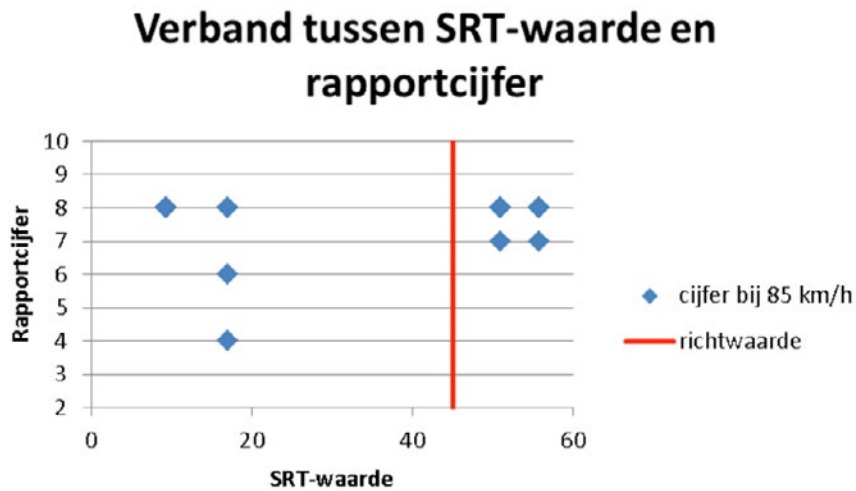
De statistische analyse van de subjectieve beleving van de automobilisten is in bijlage 9 beschreven. Door het geringe aantal metingen is hier geen statistisch significant verschil aantoonbaar. Wel blijft het feit dat de beide automobilisten hebben aangegeven dat de nieuwe voegen prettiger aanvoelden dan de oude voegen.

2.5.5 Combinatie van de resultaten

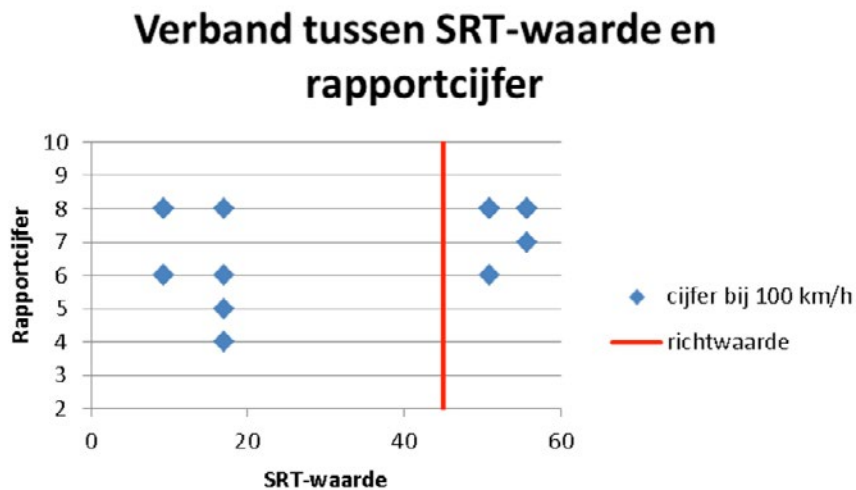
In deze paragraaf wordt een aanzet gegeven om de subjectieve beoordeling van de motorrijders en automobilisten om te zetten in een eis voor een geprofileerde stalen voegovergang. Deze eis dient vooraf met behulp van een laboratoriumtest te kunnen worden geverifieerd. Hiervoor lijkt de SRT-proef de meest geschikte kandidaat omdat:

- Met de SRT-proef vooraf kan worden vastgesteld of een bepaald profiel gedurende de levensduur rond de richtwaarde voor de stroefheid blijft;
- Met de SRT-proef in de praktijk de relatie met de stroefheid in dwarsrichting en de beleving van de motorrijder en automobilist bepaald kan worden.

In de figuren 16 en 17 is het rapportcijfer dat door de motorrijders en automobilist per voegovergang en testsnelheid is gegeven uitgezet tegen de in dwarsrichting gemeten gemiddelde SRT-waarde van de voegovergang.



Figuur 16



Figuur 17

Uit de grafieken blijkt dat bij een gemiddelde SRT-waarde boven de richtwaarde van 45 SRT-eenheden geen onvoldoendes worden gegeven. Bij lagere SRT-waarden worden soms ook voldoende gegeven. Dit noodzaakt tot een verdiepingsslag met objectieve metingen en/of een relatie met bijvoorbeeld SWF.

2.6 Conclusie

In deze paragraaf worden de conclusies over de praktijkproef weergegeven.

Het door RWS ontworpen profiel type 1 met de wybertjes en het door de firma Edilon Sedra ontworpen profiel type 2 met de groefjes scoren voor wat betreft de subjectieve beleving zowel bij motorrijders als bij automobilisten beter dan het bestaande profiel (profiel type 0.1) conform RTD 1007-2 (versie 3.0). Deze subjectieve bevindingen zijn niet aantoonbaar met de High-Speed filmbeelden. Indien zowel de motorrijders als automobilisten zich aan de ontwerpsnelheid van de bocht houden dan wordt er geen significant verschil in de beleving waargenomen.

De profielen type 1 en 2 hebben zowel in rijrichting als in dwarsrichting een hogere stroefheid dan het bestaande profiel type 0.1 conform RTD 1007-2 (versie 3.0).

De profielen type 1 en 2 hebben een vergelijkbare geluidsproductie als het bestaande profiel type 0.1 conform RTD 1007-2 (versie 3.0).

2.7 Aanbevelingen

De motorrijders beoordelen de oude voegen met profiel type 0.1, zeker bij hogere snelheden, duidelijk slechter dan de nieuwe voegen met de profielen type 1 of 2. Toch geven de camerabeelden geen verklaring hiervoor. De vraag rijst dan of deze beoordeling te maken heeft met de mogelijke verwachtingen van de motorrijders en automobilisten. Doordat er ook regelmatig klachten vanuit het publiek worden ontvangen lijkt dit echter niet het geval te zijn.

Aanbevolen wordt om hieromtrent meer zekerheid te verkrijgen en een objectieve meting uit te laten voeren. Dit zou gedaan kunnen worden op het moment dat de oude voegen met profiel type 0.1 definitief vervangen gaan worden door beter presterende voegen, bijvoorbeeld voegen met profiel type 1 of 2.

Met de huidige praktijkproeven (bijvoorbeeld proef 72 van de Standaard RAW Bepalingen 2015) is het niet mogelijk om de dwarsstroefheid te meten. Afhankelijk van de aanbieder is het wel mogelijk om de stroefheid van de voegovergang te meten. Hiervoor is een samplelengte nodig van maximaal 5 cm. Met de nieuwe stroefheidsmeetmethode (SWF) is het meten van de stroefheid van dit soort voegovergangen niet mogelijk aangezien de samplelengte aanzienlijk groter is dan 5 cm.

Aanbevolen wordt om bij het vervangen van de oude voegen met profiel type 0.1 door voegen met het profiel type 1 een aantal proefplaten in te bouwen waarbij de wybertjes 90 graden zijn gedraaid ten opzichte van de platen die bij dit onderzoek zijn gebruikt. Door op deze platen de stroefheid te meten met proef 72 van de Standaard RAW Bepalingen 2015 wordt een beeld verkregen van de mogelijke stroefheid in dwarsrichting. Na de proef dienen de proefplaten te worden verwijderd en de definitieve platen te worden ingebouwd.

Door het beperkte tijdsvenster is gedurende het in dit rapport beschreven onderzoek niet de stroefheid van het aansluitende asfalt met de SRT-proef gemeten.

Aanbevolen wordt om tijdens de vervanging van de oude voegovergangen met profiel type 0.1 de stroefheid van het aansluitende asfalt met behulp van het SRT-apparaat te meten.

Het profiel type 1 is asymmetrisch waardoor er bij elke voegconstructie rekening gehouden moet worden met de hoek ten opzichte van de rijrichting.

Aanbevolen wordt om een alternatief profiel te ontwerpen dat symmetrisch is en op dit profiel een type test uit te voeren.

Hoofdstuk 3

Overall conclusie

3 Overall conclusie

In deze paragraaf worden een aantal overall conclusies weergegeven.

Uit het in hoofdstuk 1 beschreven laboratoriumonderzoek blijkt het volgende.

Stalen voegovergangen met onvoldoende profiel worden ten gevolge van polijstovergangen wellicht steeds gladder. Indien deze profielen zijn voorzien van een slijtlaag zal de stroefheid aanvankelijk aanzienlijk hoger zijn maar na het afslijten van de slijtlaag zal het stroefheidsniveau bereikt worden van het oorspronkelijke stalen profiel. Het in de RTD 1007-2 (versie 3.0) voorgeschreven profiel geeft ten opzichte van de in het laboratorium gemeten staal zonder profiel geen hogere stroefheid te zien.

De stroefheid van stalen voegovergang met een uitgekiend profiel neemt bij een toenemend aantal polijstovergangen nagenoeg niet af. Bij het juiste profiel zal de stroefheid hoger blijven dan die van conventionele oplossingen.

Het Rijkswaterstaatsprofiel (profiel type 1 met “wybertjes”) blijft tot 6.000 polijstovergangen met de ARTe rond de richtwaarde van 45 SRT-eenheden hangen.

Het Edilon Sedra profiel (profiel 2 met “groefjes”) is niet tot 6.000 polijstovergangen onderzocht. De conclusie die voor profiel 1 is getrokken kan dan ook niet voor dit profiel worden getrokken.

Het in hoofdstuk 2 beschreven praktijkonderzoek is uitgevoerd op de verbindingsweg VWh van knooppunt Amstel. De conclusies die getrokken worden hebben dan ook uitsluitend betrekking op vergelijkbare verbindingsoogen, De kenmerken van deze verbindingsoog waren:

- Boogstraal: circa 200 meter
- Verkanting: circa 4,5 %
- Ontwerpsnelheid: 70 km/h

Uit het in hoofdstuk 2 beschreven praktijkonderzoek blijkt het volgende.

De geluidsproductie van de nieuwe profielen type 1 (wybertjes) en type 2 (groefjes) is vergelijkbaar met die van de oude profielen type 0.1.

De stroefheid in rijrichting (gemeten volgens proef 72 van de Standaard RAW Bepalingen 2015) is van zowel de oude (profiel type 0.1) als de nieuwe profielen (profiel typen 1 en 2) significant lager dan die van het aansluitende asfalt.

De stroefheid in dwarsrichting (haaks op de rijrichting) is gemeten met de SRT-proef. De in de praktijk gemeten stroefheidswaarden verschillen niet significant van de vooraf in het laboratorium gemeten stroefheidswaarden. De in hoofdstuk 1 beschreven laboratoriumproef geeft dan ook een goede voorspelling voor de prestatie in de praktijk. De SRT-proef geeft tevens aan dat zowel in rijrichting als haaks op de rijrichting significante verschillen tussen de oude (profiel type 0.1) en de nieuwe voegen (profiel typen 1 en 2) worden gemeten.

Zowel motorrijders als automobilisten waarderen de nieuwe voegovergangen met de profielen van de typen 1 en 2 hoger dan de oude voegovergangen met profiel type 0.1. Uit de filmbeelden is niet af te leiden waarom de oude voegen slechter worden beoordeeld dan de nieuwe voegen.

Er is een relatie tussen de richtwaarde voor het stroefheidsniveau (SRT-waarde) in dwarsrichting en de waardering van de motorrijders en automobilisten. Bij een richtwaarde van 45 SRT-eenheden worden er geen onvoldoendes gegeven.

Het onderzoek heeft aangetoond dat het vervangen van voegen met een profiel van het type 0.1 door profielen met het profiel type 1 of 2 geen nadelige gevolgen oplevert en een positieve bijdrage levert aan de beleving van motorrijders en automobilisten.

Hoofdstuk 4

Overall aanbeveling

4 Overall aanbeveling

Er blijkt een duidelijke relatie tussen de stroefheid (SRT-waarde) haaks op de rijrichting en de waardering door motorrijders en automobilisten. Het is echter prematuur om nu al in de RTD 1007-2 een Type Test met bijbehorende eis op te nemen voor de stroefheid.

Aanbevolen wordt om de problematiek rond de stroefheid, het meten van de stroefheid (in met name bochten en op voegovergangen) en de eistelling hieraan nader af te pellen en verder te onderzoeken.

Hoofdstuk 5

Begrippenlijst

5 Begrippenlijst

ARTe	Aachener Ravelling Tester (prTS 12697050, Annex A) Methode om proefstukken onder laboratoriumomstandigheden te polijsten.
V85-percentiel waarde	De snelheid waar 85% van het verkeer onder blijft.
p-waarde	Toetswaarde voor significante verschillen tussen twee steekproeven. Indien deze waarde kleiner dan 0,05 is, is het verschil tussen de twee steekproeven significant.

Hoofdstuk 6

Literatuurlijst

6 Literatuurlijst

1. Jong, J. de; Broeren, P. “Snelheidsprofielen horizontale bogen, Analyse Floating Car Data”, Arcadis Nederland B.V., Amersfoort, 4 november 2016
[intern RWS](#), [extern RWS](#)
2. Vermeulen, F. “Praktijkproef stroefheid dekplaten”, Edilon Sedra, Wessem, 22 maart 2017
[intern RWS](#), [extern RWS](#)
3. Reinink, F. “Geluidsmetingen voegovergangen verbindingen boog A2/A10 Amsterdam”, M+P raadgevende ingenieurs BV, Vught, 30 maart 2017.
[intern RWS](#), [extern RWS](#)
4. Telman, J. “Stroefheidontwikkeling geprofileerde staalplaat”, Q-Consult Bedrijfskundig Adviseurs, Waardenburg, 30 januari 2017.
[intern RWS](#), [extern RWS](#)
5. Kramer, J. “Locatie en resultaten locaties stroefheidsmetingen (proef 72)”, Aveco de Bondt, Amersfoort, 14 april 2017.
[intern RWS](#), [extern RWS](#)
6. Dekens, R. “Film voegovergangen”, Amsterdam, 2017;
[intern RWS](#), [extern RWS](#)

De originele versie van de film in hoge resolutie is op aanvraag verkrijgbaar bij Rijkswaterstaat.
[intern RWS](#), [extern RWS](#)

7 Bijlagen

Bijlage 1

Productinformatie Sika Poxitar F

Sika® Poxitar F

Epoxyhars-anthraceenolie-combinatie Robuuste bescherming voor beton en staal

Productomschrijving	Bestendige oplosmiddelarme 2-componenten coating op basis van een epoxyhars-anthraceen-oliecombinatie met minerale vulstoffen (de anthraceenolie is volgens de verordening gevaarlijke stoffen aanduidingsvrij). <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Oplosmiddelarm verwijzend naar Protective Coatings richtlijn van de Duitse Paint Industry Association (VdL-RL 04).</div>
Toepassingsgebieden	Beschermende coating voor beton en staal in de waterbouw, de waterzuivering en de chemische industrie. Ook geschikt wanneer een verwerking op vochtige betonnen ondergronden absoluut noodzakelijk is. Niet toepassen bij contact met drinkwater, in woon- en andere binnenruimtes, opslagruimtes etc.
Eigenschappen/voordelen	Na volledige doorharding is Sika® Poxitar F: Taaihard, robuust Slijt- en stootvast Uitstekend bestand tegen water en chemicaliën Sika® Poxitar F is onmiddellijk na het kwasten belastbaar door water. Daarbij moet echter rekening gehouden worden met het feit dat oplosmiddelen in het water terecht komen wat leidt tot kortstondige verontreiniging van het water. Directe waterbelasting mag daarom slechts in bijzondere gevallen en na overleg met de bevoegde autoriteiten (waterschap) plaatshebben.
Productgegevens	
Uiterlijk/kleur	Zwart, roodgetint.
Verpakking	Sika® Poxitar F: 35 en 17 kg netto Verdunner S: 25, 10 en 3 ltr SikaCor® Cleaner 25, 180 ltr
Opslagcondities/houdbaarheid	Niet aangebroken verpakking, koel en droog opgeslagen 2 jaar
Systeeminformatie	
Systeemopbouw	<u>Beton:</u> 2-3 x Sika® Poxitar F; 1. Coating verdund met maximaal 5 % gewichtsdelen Verdunner S. 2. Materiaal onverdund opbrengen. <u>Staal:</u> 2-3 x Sika® Poxitar F; zo mogelijk werken met kleurwisseling. Bij sterke mechanische belasting kan aanvullend een primerlaag SikaCor® Zinc R worden aangebracht.



aan te passen.
 In dit geval is directe blootstelling aan water niet mogelijk.
 Eventueel opwarmen van materiaal kan nodig zijn.
 (Onder ongunstige omstandigheden, zoals bijvoorbeeld inwerking van hogere luchtvochtigheid op de vers aangebrachte coating, kunnen verstoringen van het oppervlak (bruin kleuren) en eventueel geringe nerfvorming optreden. Dit beïnvloedt echter niet de kwaliteit.

Verwerkingstijd Bij + 20°C ca. 90 minuten

Wachttijd tot overlagen

Wachttijden tussen overlagen tot 150 µm laagdikte:

Product	Wachttijd	+5°C na	+10°C na	+15°C na	+20°C na	+25°C na	+30°C na
Sika® Poxitar F	min.	36 uur	30 uur	24 uur	12 uur	8 uur	6 uur
	max.	96 uur	72 uur	60 uur	48 uur	36 uur	24 uur

Wanneer de maximale wachttijden niet kunnen worden aangehouden, moet rekening worden gehouden met hechtingsproblemen van de tussenlaag. Dit kan worden opgelost door middel van sweep-stralen.

Na het sweep-stralen moet het oppervlak zorgvuldig ontstof worden voordat de volgende laag wordt opgebracht.

Tussen SikaCor® Zinc R en Sika® Poxitar F: 24 uur bij +20°C

Raadpleeg voor bijzonderheden het technische informatieblad SikaCor® Zinc R .

Belastbaar Bij + 20°C en goede ventilatie is na 8 - 10 dagen de volledige doorharding bereikt. Bij lagere temperaturen, onder + 10°C, hardt het materiaal wel uit, maar langzamer.

Ook onder water is uitharding gegarandeerd.

Verdunning Verdunner S, het materiaal slechts in de aangegeven gevallen verdunnen.
Reiniging SikaCor® Cleaner

Gezondheids- en veiligheidsinformatie

CE-markering	Conform EN 1504-2 , zie prestatieverklaring (DOP : Declaration of Performance) .
Belangrijke opmerking	Gedetailleerde gezondheid- en veiligheidsinformatie alsmede gedetailleerde voorzorgsmaatregelen, fysieke, toxicologische en ecologische gegevens kunnen worden verkregen middels het product veiligheid informatieblad.
Basiswaarden	Alle technische gegevens, maten en aanwijzingen in dit informatieblad zijn gebaseerd op laboratoriumtests. In de praktijk kunnen gemeten waarden afwijken ten gevolge van factoren waarop Sika geen invloed kan uitoefenen.
Milieu	Raadpleeg het meest recente productveiligheidsinformatieblad
Transport	Raadpleeg het meest recente productveiligheidsinformatieblad
Wettelijke kennisgevingen	De informatie, en met name de aanbevelingen met betrekking tot de toepassing en het eindgebruik van Sika producten, wordt in goed vertrouwen verstrekt op basis van de huidige kennis en ervaring van Sika® met producten die op de juiste wijze zijn opgeslagen, behandeld en toegepast onder normale omstandigheden. In de praktijk zijn de verschillen in materialen, onderlagen en werkelijke omstandigheden ter plaatse zodanig dat er geen garantie kan worden ontleend met betrekking tot verhandelbaarheid of geschiktheid voor een bepaald doel, noch enige aansprakelijkheid voortvloeiend uit enige juridische relatie, op basis van deze informatie, of uit enige schriftelijke aanbevelingen of enig ander advies dat wordt gegeven. De eigendomsrechten van derden dienen te worden gerespecteerd. Alle bestellingen worden aanvaard onder de huidige verkoop- en leveringsvoorwaarden. Gebruikers dienen altijd de meest recente uitgave van het technische informatieblad te raadplegen voor het betreffende product. Exemplaren hiervan worden op verzoek verstrekt.



Sika Nederland B.V.
Postbus 40390
3504 AD Utrecht
Nederland

Telefoon +31 (0) 30 241 01 20
Fax +31 (0) 30 241 44 82
www.sika.nl

Sika® Posifar F

Bijlage 2

Foto's proefplaat met slijtlaag

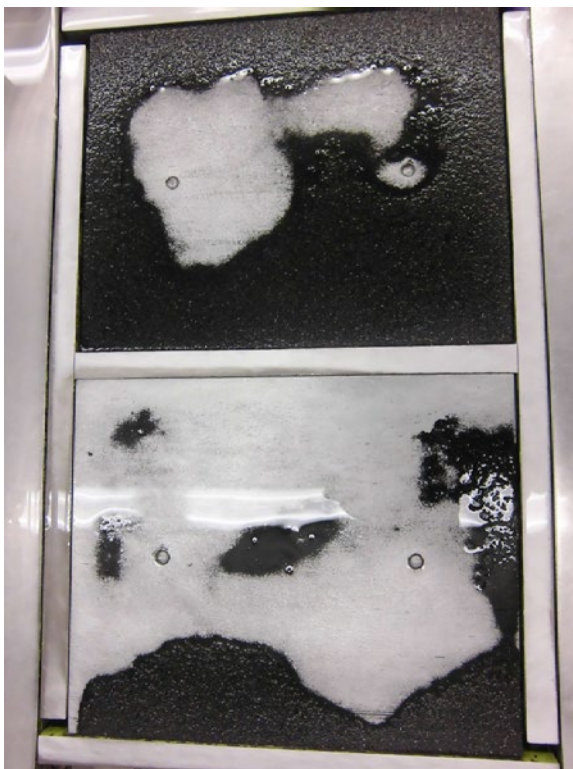
(type 0.2) vanaf 1.800 polijstovergangen



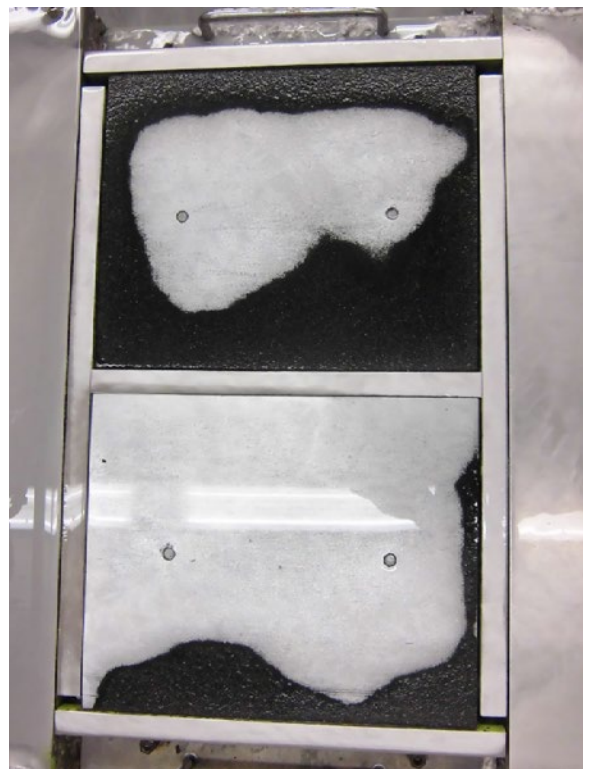
1.800 polijstovergangen



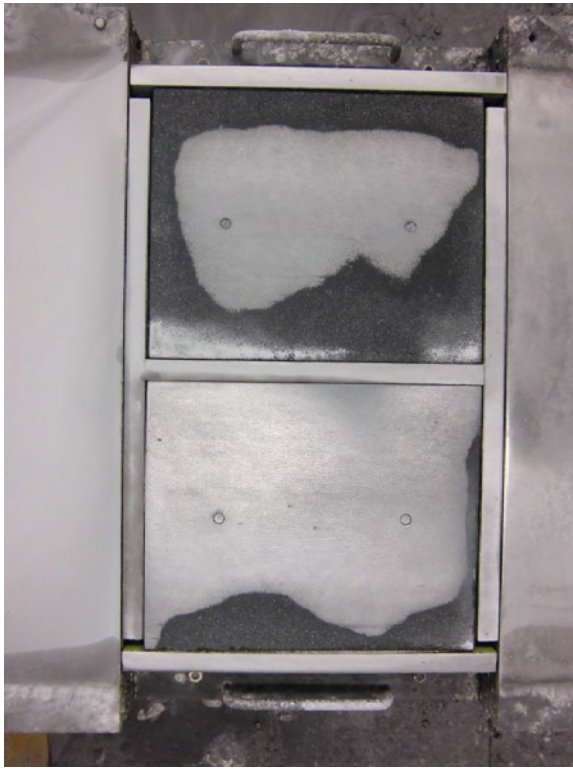
1.800 polijstovergangen



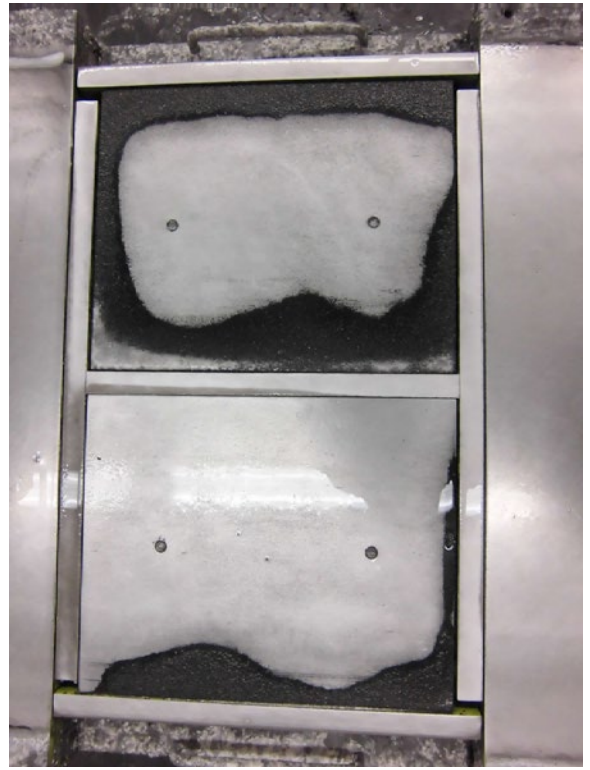
2.800 polijstovergangen



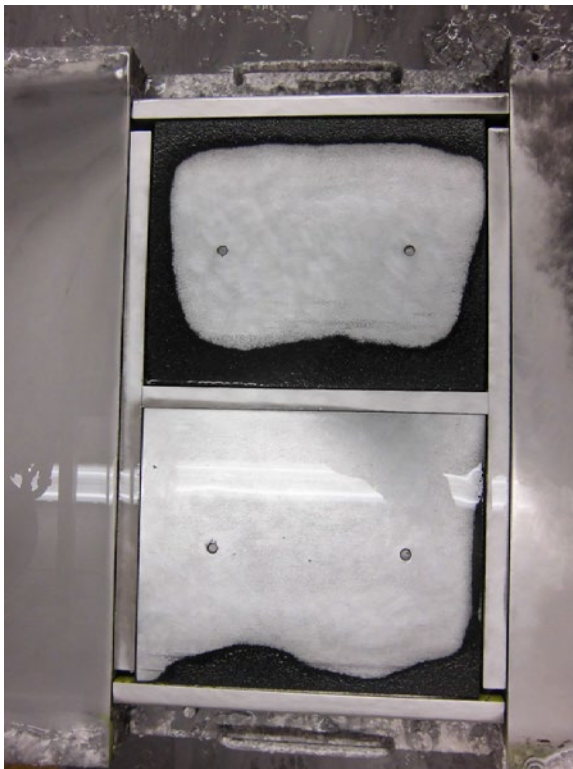
3.800 polijstovergangen



4.800 polijstovergangen



5.800 polijstovergangen



6.000 polijstovergangen

Bijlage 3

Motoren, motorrijders, auto's en automobilisten

Motorrijder 1 Stuntteam

Vraag	Antwoord
Naam	Evangelos Grecos
Leeftijd	45 jaar
Beroep	Professioneel stuntman (o.a. stand-in James Bond in Skyfall)
Aantal jaren rijervaring op de motor	??
Aantal kilometers per jaar	??
Merk en type motor	Zie bij motorrijder 3

Motorrijder 2 Stuntteam

Vraag	Antwoord
Naam	Baudouin Knaapen
Leeftijd	60 jaar
Beroep	Adviseur Wijk en Buurtgericht werken
Aantal jaren rijervaring op de motor	42
Aantal kilometers per jaar	30.000
Merk en type motor	Honda Transalp 600
Kenteken motor	MV-38-SK
Gewicht motor	201
Wielbasis motor	nb
Ophanging voor	Hydraulische telescoopvork
Ophanging achter	Enkele schokdemper
Merk en type banden	Bridgestone 54 H (voor) BW-502 (Achter
Bandenspanning voor	2.0
Bandenspanning achter	2.2
Profiel diepte voor	3,4mm
Profiel diepte achter	6mm

Motorrijder 3 MAG

Vraag	Antwoord
Naam	Henno van Bergeijk
Leeftijd	50 jaar
Beroep	Ondernemer
Aantal jaren rijervaring op de motor	32
Aantal kilometers per jaar	Circa 20.000 waarvan de helft off-road
Merk en type motor	Moto Guzzi 850 T3
Kenteken motor	ZR-84-09
Gewicht motor	240 kg met brandstof
Wielbasis motor	148 cm
Ophanging voor	Telescoopvork
Ophanging achter	Swingarm met twin-shocks
Merk en type banden	Continental 400-18" K112
Bandenspanning voor	2.5
Bandenspanning achter	2.3
Profeldiepte voor	5 mm
Profeldiepte achter	3 mm

Automobilist 1 (M+P)

Vraag	Antwoord
Naam	Markjan van Blokland
Leeftijd	33 jaar
Beroep	Meettechnicus
Aantal jaren rijervaring	14
Aantal kilometers per jaar	50.000 tot 55.000
Merk en type auto	Mitsubishi ASX
Kenteken auto	NB-417-K
Gewicht auto (rijklaar)	1335 kg
Wielbasis auto	267 cm
Ophanging voor	McPherson
Ophanging achter	Multilink
Merk en type banden	Bridgestone Dueller H/P sport 225/55R18
Bandenspanning voor	2,4 bar
Bandenspanning achter	2,4 bar
Profeldiepte voor	7 mm
Profeldiepte achter	8 mm



Automobilist 1 (M+P)

Vraag	Antwoord
Naam	Paul Koops
Leeftijd	
Beroep	
Aantal jaren rijervaring op de motor	
Aantal kilometers per jaar	
Merk en type auto	BMW 730I AUT U9
Kenteken auto	GR-ST-19
Gewicht auto (rijklaar)	1790 kg
Wielbasis auto	283 cm
Ophanging voor	
Ophanging achter	
Merk en type banden	
Bandenspanning voor	
Bandenspanning achter	
Profieldiepte voor	
Profieldiepte achter	



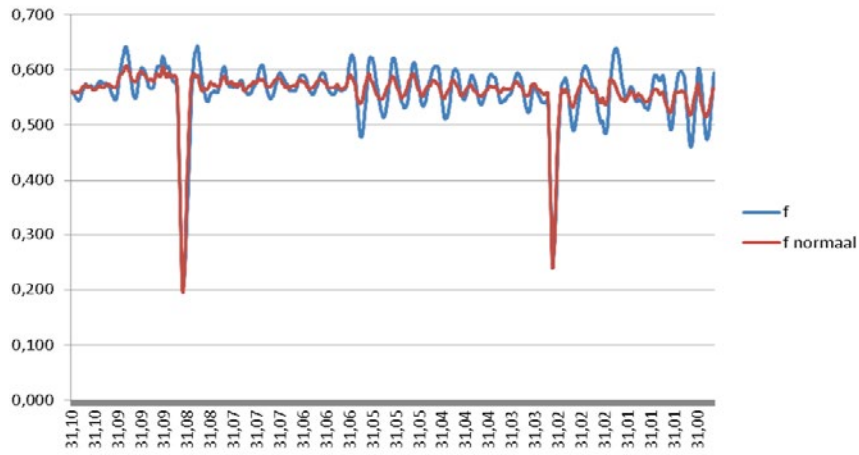
Bijlage 4

Stroefheidsresultaten in rijrichting (RAW 2015, proef 72)

Eerste piek voeg 1, profiel 1

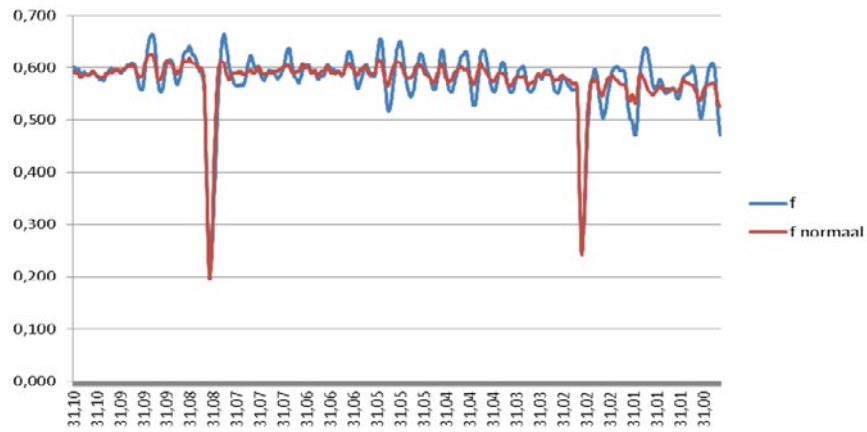
Tweede piek voeg 2, profiel 2

RW002 VWh 2R-L 31,1-31



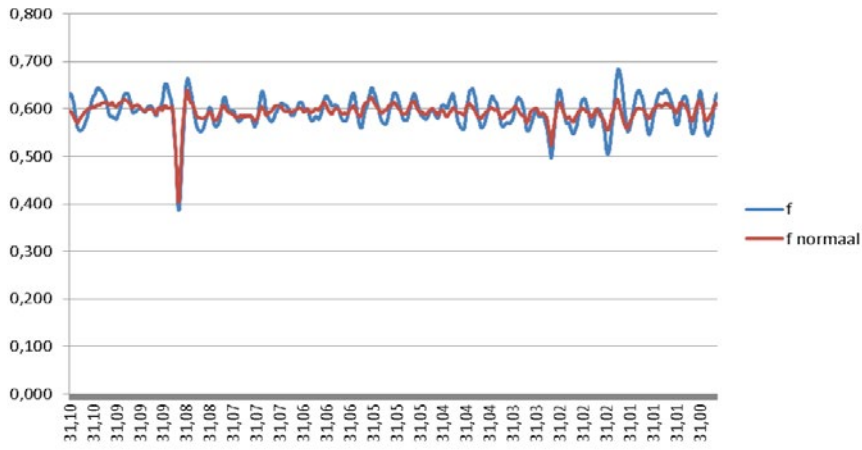
Eerste meting op oude voegen

RW002 VWh 2R-L 31,1-31



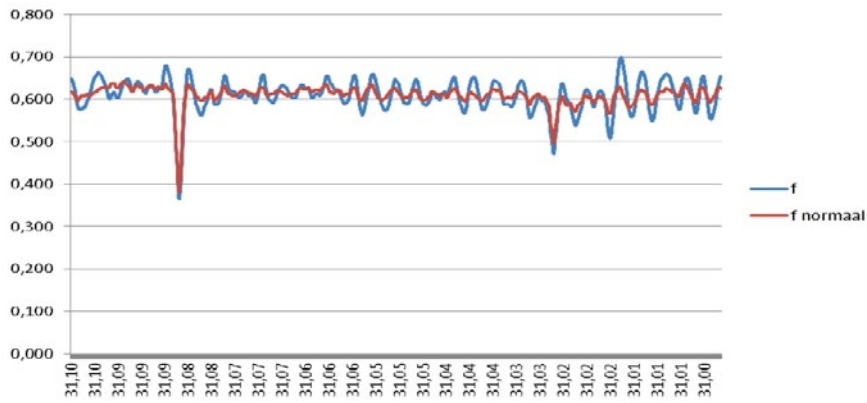
Tweede meting op oude voegen

RW002 VWh 2R-L 31,1-31



Eerste meting op nieuwe voegen

RW002 VWh 2R-L 31,1-31



Tweede meting op nieuwe voegen

Bijlage 5

Toets op significante verschillen tussen voeg en asfalt

voeg 1 oud	asfalt	verschil	verschil	verschil	verschil
0,327	0,584	0,257			
0,327	0,577	0,250			
0,325	0,596	0,271			
0,325	0,591	0,266			
voeg 1 nieuw					
0,444	0,594		0,150		
0,444	0,604		0,160		
0,429	0,612		0,183		
0,429	0,611		0,182		
voeg 2 oud					
0,352	0,558			0,206	
0,352	0,551			0,199	
0,351	0,570			0,219	
0,351	0,562			0,211	
voeg 2 nieuw					
0,536	0,585				0,049
0,536	0,593				0,057
0,523	0,598				0,075
0,523	0,589				0,066
gemiddelde					
		0,261	0,169	0,209	0,062
stdev					
		0,009	0,016	0,008	0,011
n					
		4	4	4	4
vrijheidsgraden					
		3	3	3	3
se mean					
		0,004672615	0,008199339	0,004210602	0,005618

Een verschil is significant indien de p waarde kleiner of gelijk aan 0,05 is.
 Uit de bovenstaande tabel blijkt dat alle verschillen statistisch significant zijn.

- Voeg 1 oud = voeg 1 met profiel 0.1
- Voeg 2 oud = voeg 2 met profiel 0.1
- Voeg 1 nieuw = voeg 1 met profiel 1
- Voeg 2 nieuw = voeg 2 met profiel 2

Bijlage 6

Toets op significante verschillen tussen oude voeg en nieuwe voeg

voeg 1 oud	voeg 1 nieuw	verschil	verschil
0,327	0,444	0,117	
0,325	0,429	0,104	
voeg 2 oud			
0,352	0,536		0,184
0,351	0,523		0,172
	gemiddelde	0,111	0,178
	stdev	0,009	0,008
	n	2	2
	vrijheidsgraden	1	1
	se mean	0,0065	0,006
	t waarde	17	29,66666667
	p waarde 2 zijdig	0,037405118	0,021450972

Een verschil is significant indien de p waarde kleiner of gelijk aan 0,05 is.
 Uit de bovenstaande tabel blijkt dat alle verschillen statistisch significant zijn.

- Voeg 1 oud = voeg 1 met profiel 0.1
- Voeg 2 oud = voeg 2 met profiel 0.1
- Voeg 1 nieuw = voeg 1 met profiel 1
- Voeg 2 nieuw = voeg 2 met profiel 2

Bijlage 7

Toets op significante verschillen tussen oude voeg en nieuwe voeg

	voeg	SRT-waarde type 0.1	SRT-waarde type 1	verschil rijrichting	verschil haaks
rijrichting	1	14	28	14,00	
rijrichting	1	13	36	23,00	
rijrichting	1	15	28	13,00	
haaks	1	16	46		30,00
haaks	1	19	71		52,00
haaks	1	16	50		34,00
gemiddelde SRT rijrichting		14,0	30,7		
Stdev		1,0	4,6		
gemiddelde SRT haaks		17,0	55,7		
Stdev		1,7	13,4		

Afwijking van elkaar

gemiddelde	16,67	38,67
stdev	5,51	11,72
n	3	3
vrijheidsgraden	2	2
se mean	3,179797338	6,76592771
t waarde	5,241424184	5,714909813
p waarde 1 zijdig	0,017262961	0,014640103

Voeg 1 oud = voeg 1 met profiel 0.1

Voeg 1 nieuw = voeg 1 met profiel 1

	voeg	SRT-waarde type 0.1	SRT-waarde type 2	rijrichting	haaks
rijrichting	2	10	48	38,00	
rijrichting	2	15	43	28,00	
rijrichting	2	14	32	18,00	
haaks	2	10	39		29,00
haaks	2	9	68		59,00
haaks	2	9	46		37,00
gemiddelde SRT rijrichting		13,0	41,0		
Stdev		2,6	8,2		
gemiddelde SRT haaks		9,3	51,0		
Stdev		0,6	15,1		

Afwijking van elkaar

gemiddelde	28,00	41,67
stdev	10,00	15,53
n	3	3
vrijheidsgraden	2	2
se mean	5,773502692	8,969082698
t waarde	4,849742261	4,645588414
p waarde 1 zijdig	0,019992163	0,021672779

Voeg 2 oud = voeg 2 met profiel 0.1

Voeg 2 nieuw = voeg 2 met profiel 2

verwacht verschil rijrichting:	18
verwacht verschil haaks:	42

	voeg	SRT-waarde type 0.1	SRT-waarde type 1	verschil rijrichting	verschil haaks
rijrichting	1	14	28	14,00	
rijrichting	1	13	36	23,00	
rijrichting	1	15	28	13,00	
haaks	1	16	46		30,00
haaks	1	19	71		52,00
haaks	1	16	50		34,00
gemiddelde SRT rijrichting		14,0	30,7		
Stdev		1,0	4,6		
gemiddelde SRT haaks		17,0	55,7		
Stdev		1,7	13,4		

gemiddelde	16,67	38,67
stdev	5,51	11,72
n	3	3
vrijheidsgraden	2	2
se mean	3,179797338	6,76592771
t waarde	0,419313935	0,492664639
p waarde 1 zijdig	7,1573E-01	6,7102E-01

Afwijking van verwacht verschil

Voeg 1 oud = voeg 1 met profiel 0.1
 Voeg 1 nieuw = voeg 1 met profiel 1

verwacht verschil rijrichting:	17
verwacht verschil haaks:	25

	voeg	SRT-waarde type 0.1	SRT-waarde type 1	verschil rijrichting	verschil haaks
rijrichting	2	10	48	38,00	
rijrichting	2	15	43	28,00	
rijrichting	2	14	32	18,00	
haaks	2	10	39		29,00
haaks	2	9	68		59,00
haaks	2	9	46		37,00
gemiddelde SRT rijrichting		13,0	41,0		
Stdev		2,6	8,2		
gemiddelde SRT haaks		9,3	51,0		
Stdev		0,6	15,1		

Afwijking van verwacht verschil

gemiddelde	28,00	41,67
stdev	10,00	15,53
n	3	3
vrijheidsgraden	2	2
se mean	5,773502692	8,969082698
t waarde	1,905255888	1,858235366
p waarde 1 zijdig	1,9703E-01	2,0424E-01

Voeg 1 oud = voeg 1 met profiel 0.1
 Voeg 1 nieuw = voeg 1 met profiel 1

Bijlage 8

Toets op significante verschillen
tussen subjectieve beleving
motorrijders oude voeg en
nieuwe voeg

motorrijder	voeg	snelheid	verwacht verschil		-2		
			oude voeg	nieuwe voeg	alle snelheden	85 km/h	100 km/h
1	1	85	8	8	0,00	0,00	
1	2	85	8	8	0,00	0,00	
2	1	85	8	8	0,00	0,00	
2	2	85	8	8	0,00	0,00	
3	1	85	4	7	3,00	3,00	
3	2	85	8	7	-1,00	-1,00	
1	1	100	8	8	0,00		0,00
1	2	100	8	8	0,00		0,00
2	1	100	6	8	2,00		2,00
2	2	100	6	8	2,00		2,00
3	1	100	5	7	2,00		2,00
3	2	100	6	6	0,00		0,00
gemiddelde cijfer			6,9	7,6			
Stdev			1,4	0,7			
gemiddelde cijfer bij 85 km/h			7,3	7,7			
Stdev			1,6	0,5			
gemiddelde cijfer bij 100 km/h			6,5	7,5			
Stdev			1,2	0,8			

gemiddelde	0,67	0,33	1,00
stdev	1,23	1,37	1,10
n	12	6	6
vrijheidsgraden	11	5	5
se mean	0,355334527	0,557773351	0,447213595

Afwijking van elkaar

t waarde	1,876166304	0,597614305	2,236067977
p waarde 1 zijdig	0,043700197	0,288065863	0,037793409

Bijlage 9

Toets op significante verschillen
tussen subjectieve beleving
automobilisten oude voeg
en nieuwe voeg

automobilist	voeg	snelheid	verwacht verschil		-2		
			oude voeg	nieuwe voeg	alle snelheden	85 km/h	100 km/h
1	1	85	6	8	2,00	2,00	
1	2	85	8	8	0,00	0,00	
2	1	85					
2	2	85					
1	1	100	4	8	4,00		4,00
1	2	100	8	8	0,00		0,00
2	1	100					
2	2	100					
gemiddelde cijfer			6,5	8,0			
Stdev			1,9	0,0			
gemiddelde cijfer bij 85 km/h			7,0	8,0			
Stdev			1,4	0,0			
gemiddelde cijfer bij 100 km/h			6,0	8,0			
Stdev			2,8	0,0			

gemiddelde	1,50	1,00	2,00
stdev	1,91	1,41	2,83
n	4	2	2
vrijheids-graden	3	1	1
se mean	0,957427108	1	2

Afwijking van elkaar

t waarde	1,566698904	1	1
p waarde 1 zijdig	0,107584971	0,25	0,25

Dit is een uitgave van

Rijkswaterstaat

www.rijkswaterstaat.nl
0800 - 8002

oktober 2017 | GPO1017ZB103