

Pulsatorproef

# Slijtlaagonderzoek conform BRL K19143

TNO 2023 R11225 – 27 juni 2023

# Slijtlaagonderzoek conform BRL K19143

## Pulsatorproef

Auteur	Ing. F. Polak
Aantal bijlagen	0
Projectnummer	060.57003/01.06.01
Aantal Pagina's	9 (excl. voor en achterblad)

**Alle rechten voorbehouden**

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

© 2023 TNO

# Inhoudsopgave

Inhoudsopgave .....	3
1 Inleiding .....	4
2 Proefstukken .....	5
3 Onderzoek en resultaten .....	6
4 Conclusie .....	8
5 Ondertekening.....	9

# 1 Inleiding

De firma Grouttech formuleert en levert kunststof slijtlagen. Hierbij is de wens uitgesproken om een slijtlaagsysteem te laten onderzoeken voor relevante eigenschappen conform de Nationale Beoordelingsrichtlijn BRL K19143, Kunststoflijtlagen op stalen, houten, betonnen en bitumineuze ondergronden van kunstwerken.

Het uitgevoerde onderzoek heeft betrekking op één basissysteem met een epoxy bindmiddel en een 1-3 mm afstrooifracie met daarbij de toepassing op stalen ondergrond voor langzaam en overig verkeer. In dit onderzoek is de scheurbestendigheid van het slijtlaagsysteem bepaald middels de pulsatorproef.

De resultaten van het onderzoek en de indeling in categorie vrachtauto-intensiteit op basis van de pulsatorproef zoals gesteld in de BRL K19143 voor de onderzochte eigenschap worden in onderhavig rapport gepresenteerd.

## 2 Proefstukken

Ten behoeve van de uitvoering van de pulsatorproef zijn door de opdrachtgever vier (4) stuks proefstukken aangeleverd. Alle proefstukken zijn in goede conditie ontvangen.

Het onderzochte slijtlaagsysteem voor de stalen ondergrond omvat volgens opgave van de opdrachtgever de volgende opbouw:

Primer:	EP Multiuse	200 - 300 gram/m <sup>2</sup>
1ste laag:	PoxyProtect SL : Filler Slurry, in de mengverhouding 1:1	3 kg/m <sup>2</sup>
2de laag:	PoxyProtect SL : Filler Slurry, in de mengverhouding 1:0,8 afgestrooid met Luvogrip 1-3 mm	10 kg/m <sup>2</sup> 2,5 kg/m <sup>2</sup>

### 3 Onderzoek en resultaten

De mate van scheurbestendigheid is bepaald conform BRL K19143, paragraaf 4.3.3.3, door middel van de “pulsatorproef” zoals omschreven in bijlage V van de BRL K19143. Het principe van de proef berust op het meten van de verandering van de Ohmse weerstand. De weerstand wordt gemeten met behulp van een standaard multimeter Fluke type 83V. De Ohmse weerstand van een onbeschadigd kunststofslijtlaag is oneindig groot. Ten gevolge van de doorbuiging van een stalen dek onder verkeersbelasting kan er scheurvorming in de slijtlaag optreden. Indien er sprake is van scheurvorming zal een geleidende vloeistof (49% gedemineraliseerd water, 49% spiritus en 2% NaCl (m/m)) in de scheuren stroom geleiden waardoor de Ohmse weerstand niet meer oneindig groot is.

Hiertoe worden proefplaten 2.800.000 maal (aslastherhalingen) bij een temperatuur van -20 °C m.b.v. een besturingsunit 8 mm doorgebogen met een frequentie van 1,5 Hz. De Ohmse weerstand wordt middels een geleidende vloeistof op de afzonderlijke platen na 125 aslasten en vervolgens na elke 400.000 aslasten bepaald. De opbouw van de pulsatoropstelling inclusief proefstukken is weergegeven in figuur 1 en figuur 2.

Tijdens de metingen is er geen scheurvorming geconstateerd. Ter beoordeling wordt, afhankelijk van het berekende gemiddelde moment van scheurvorming, het product ingedeeld volgens de classificering zoals weergegeven in tabel 1.

Tabel 1 - Indeling in categorie vrachtauto-intensiteit op basis van de pulsatorproef

Aantal aslastherhalingen waarbij het gemiddelde moment van scheurvorming wordt bereikt	Indeling in categorie vrachtauto-intensiteit
≤ 400.000	Langzaam verkeer
> 400.000 en < 1.900.000	Categorie vrachtauto-intensiteit A en B
≥ 1.900.000	Categorie vrachtauto-intensiteit C en IB <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Voor de acceptatie criteria voor categorie vrachtauto-intensiteit C en IB zie tabel 5.1 in bijlage V in de BRL K19143.

De resultaten van de onderzochte platen zijn weergegeven in tabel 2.

Tabel 2 - Resultaten pulsatorproef

	cycli	Meetdatum	M3006 1a (plaat 1)	M3006 2a (plaat 2)	M3006 3a (plaat 3)	M3006 4a (plaat 4)
start test	0	24-04-2023	OL	OL	OL	OL
1e cyclus	125	28-04-2023	OL	OL	OL	OL
2e cyclus	400.000	01-05-2023	OL	OL	OL	OL

3e cyclus	800.000	04-05-2023	OL	OL	OL	OL
4e cyclus	1.200.000	08-05-2023	OL	OL	OL	OL
5e cyclus	1.600.000	11-05-2023	OL	OL	OL	OL
6e cyclus	2.000.000	15-05-2023	OL	OL	OL	OL
7e cyclus	2.400.000	19-05-2023	OL	OL	OL	OL
8e cyclus	2.800.000	22-05-2023	OL	OL	OL	OL

OL = oneindige weerstand: geen scheurdoorgroei  
≠ OL = meetbare weerstand: scheurdoorgroei



Figuur 1 – Proefstukken ingebouwd in de pulsatoropstelling.



Figuur 2 – Ingeklemd proefstuk. De witte vlekken zijn afdrucken van de geleidende vloeistof en indiceren de locaties van de weerstandsmetingen.



## 4 Conclusie

De resultaten van de van de pulsatorproef zijn gehanteerd voor de indeling in categorie vrachtauto-intensiteit voor het slijtlaagsysteem.

In paragraaf 4.3.3.3, tabel 2, van BRL K19143 wordt de indeling in categorie vrachtauto-intensiteit omschreven.

Als maat voor de scheurbestendigheid is op basis van de resultaten van de pulsatorproef in tabel 3 de indeling in categorie vrachtauto-intensiteit van het onderzochte slijtlaagsysteem weergegeven.

Tabel 3 - Indeling slijtlaagsysteem in categorie vrachtauto-intensiteit

Gemiddeld moment van scheurvorming	Indeling in categorie vrachtauto-intensiteit
≥ 1.900.000	Categorie vrachtauto-intensiteit C en IB

Corresponderend slijtlaagsysteem voor stalen ondergrond:

Primer:	EP Multiuse	200 - 300 gram/m <sup>2</sup>
1ste laag:	PoxyProtect SL : Filler Slurry, in de mengverhouding 1:1	3 kg/m <sup>2</sup>
2de laag:	PoxyProtect SL : Filler Slurry, in de mengverhouding 1:0,8 afgestrooid met Luvogrip 1-3 mm	10 kg/m <sup>2</sup> 2,5 kg/m <sup>2</sup>

# 5 Ondertekening

Delft, 27 juni 2023

TNO

Ing. F. Polak  
Auteur

Ing. D. van Vliet  
Project Manager

Ir. Ing. M. Steins  
Research Manager Building Materials & Structures

Mobility & Built Environment

Molengraaffsingel 8  
2629 JD Delft  
[www.tno.nl](http://www.tno.nl)

**TNO** innovation  
for life

Verlies van afstrooimateriaal & weerstand tegen  
indrukkingen.

# Slijtlaagtesten stalen ondergrond – BRL K19143

TNO 2023 R10424 – 2 maart 2023  
Slijtlaagtesten stalen ondergrond – BRL K19143

Verlies van afstrooimateriaal & weerstand tegen  
indrukkingen.

Auteurs	Ing. D. van Vliet
Rubricering rapport	TNO Vertrouwelijk
Oplage	
Aantal pagina's	<b>11 pagina's excl. voor en achterblad</b>
Aantal bijlagen	
Opdrachtgever	Grouttech BV
Projectnaam	Grouttech - Wielspoorproef
Projectnummer	060.52003/01.14.01

**Alle rechten voorbehouden**

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

© 2023 TNO

# Inhoudsopgave

Inhoudsopgave .....	3
1 Inleiding.....	4
2 Proefstukken.....	5
3 Onderzoek en resultaten .....	6
3.1 Algemene eisen .....	6
3.1.1 Verlies van afstrooimateriaal.....	6
3.2 Toepassing gerelateerde eisen, slijtlagen op stalen ondergrond.....	9
3.2.1 Weerstand tegen indrukkingen.....	9
4 Conclusie .....	10
4.1 Algemene eisen .....	10
4.1.1 Verlies van afstrooimateriaal.....	10
4.2 Toepassing gerelateerde eisen, slijtlagen op stalen ondergrond.....	10
4.2.1 Weerstand tegen indrukkingen.....	10
5 Ondertekening.....	11

# 1 Inleiding

De firma Grouttech formuleert en levert kunststofslijtlagen. Hierbij is de wens uitgesproken om een slijtlaagsysteem te laten onderzoeken voor relevante eigenschappen conform de Nationale Beoordelingsrichtlijn BRL K19143, Kunststofslijtlagen op stalen, houten, betonnen en bitumineuze ondergronden van kunstwerken.

Het uitgevoerde onderzoek heeft betrekking op één basissysteem met een epoxy bindmiddel en een 1-3 mm afstrooifractie met daarbij de toepassing op stalen ondergrond voor langzaam en overig verkeer. In dit onderzoek zijn door middel van de wielspoorproef de volgende eigenschappen van het slijtlaagsysteem bepaald:

Algemene eisen:

- Verlies van afstrooimateriaal.

Toepassing gerelateerde eisen, Slijtlagen op stalen ondergrond:

- Weerstand tegen indrukkingen.

De resultaten van het onderzoek en de toetsing aan de eisen zoals gesteld in de BRL K19143 versie 2018-06-20 voor de onderzochte eigenschappen worden in onderhavig rapport gepresenteerd.



## 2 Proefstukken

Ten behoeve van de uitvoering van de wielspoorproef zijn door de opdrachtgever vier proefstukken aangeleverd. Deze proefstukken hebben een afmeting van 100 x 150 mm, waarbij het slijtlaagsysteem is aangebracht op een stalen ondergrond. Alle proefstukken zijn op 27 oktober 2022 in goede conditie ontvangen.

Het onderzochte slijtlaagsysteem voor stalen ondergrond omvat volgens opgave van de opdrachtgever de volgende opbouw:

Primer:	EP MultiUse	200-300 gram/m <sup>2</sup>
1 <sup>ste</sup> laag:	PoxyProtect SL: Filler Slurry, in de mengverhouding 1 : 1	3 kg/m <sup>2</sup>
2 <sup>e</sup> laag:	PoxyProtect SL: Filler Slurry, in de mengverhouding 1 : 0,8	2,5 kg/m <sup>2</sup>
Afstrooi:	Luvogrip 1-3 mm	10 kg/m <sup>2</sup>

## 3 Onderzoek en resultaten

### 3.1 Algemene eisen

#### 3.1.1 Verlies van afstrooimateriaal

Het verlies van afstrooimateriaal is bepaald volgens de wielspoorproef, zoals omschreven in bijlage 4 van BRL K19143. Hierbij wordt met behulp van het wielspoor-apparaat de kunststofslijtlaag belast. Dit apparaat simuleert het overrijdende en versporende (vracht)verkeer. De proef is uitgevoerd bij een temperatuur van 40 °C en een wieldruk (aslast) van 0,5 MPa.

Het verlies van afstrooimateriaal is bepaald aan de hand van de afname van de massa van de proefplaatjes. Het gehalte aan verlies van afstrooimateriaal van elk proefplaatje is na elk van het hierna genoemde aantal wielovergangen berekend volgens de formule:

$$c_n = (b_1 - b_n)/m * 100\%$$

waarin:

- $c_n$  = Gehalteverlies van afstrooimateriaal (% (m/m)) in het rijspoor na het aantal aslastherhalingen behorend bij n
- $m$  = Oorspronkelijke massa van het afstrooimateriaal in het rijspoor
- $b_1$  = Massa proefplaatje 0 aslasten
- $b_n$  = Massa proefplaatje na het aantal aslastherhalingen behorend bij n

De resultaten van het verlies van afstrooimateriaal zijn weergegeven in Tabel 1 en Tabel 2.

Tabel 1 - Resultaten verlies van afstrooimateriaal - aanvang

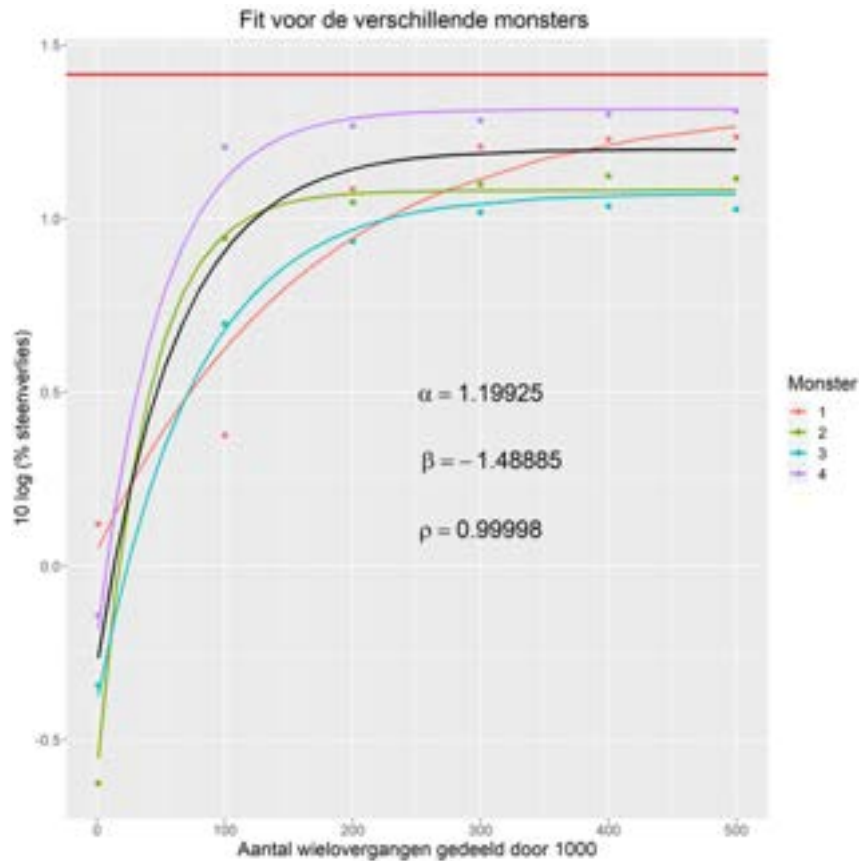
Proefstuknummer	Aantal aslasten	Massa plaat (gram) = $b_1$	Oorspronkelijke massa van het afstrooimiddel in het rijspoor (gram) = $m$
M2014 1B	0	519,0	37,9
M2014 2B	0	531,2	42,4
M2014 3B	0	548,7	44,2
M2014 4B	0	540,1	41,7

Tabel 2 - Resultaten verlies van afstrooimateriaal

Proefstuknummer	Aantal aslasten	Massa plaat (gram) = $b_n$	Massaverlies afstrooimiddel (gram)	Massaverlies (% m/m) = $c_n$
M2014 1B	1000	518,5	0,5	1,3%
M2014 2B	1000	531,1	0,1	0,2%
M2014 3B	1000	548,5	0,2	0,5%
M2014 4B	1000	539,8	0,3	0,7%

Proefstuknummer	Aantal aslasten	Massa plaat (gram) = $b_n$	Massaverlies afstrooimiddel (gram)	Massaverlies (% m/m) = $c_n$
M2014 1B	100000	518,1	0,9	2,4%
M2014 2B	100000	527,5	3,7	8,8%
M2014 3B	100000	546,5	2,2	5,0%
M2014 4B	100000	533,4	6,7	16,1%
M2014 1B	200000	514,4	4,6	12,2%
M2014 2B	200000	526,5	4,7	11,1%
M2014 3B	200000	544,9	3,8	8,6%
M2014 4B	200000	532,4	7,7	18,5%
M2014 1B	300000	512,9	6,1	16,1%
M2014 2B	300000	525,9	5,3	12,6%
M2014 3B	300000	544,1	4,6	10,4%
M2014 4B	300000	532,1	8,0	19,2%
M2014 1B	400000	512,6	6,4	16,9%
M2014 2B	400000	525,6	5,6	13,3%
M2014 3B	400000	543,9	4,8	10,9%
M2014 4B	400000	531,8	8,3	19,9%
M2014 1B	500000	512,5	6,5	17,2%
M2014 2B	500000	525,7	5,5	13,0%
M2014 3B	500000	544,0	4,7	10,6%
M2014 4B	500000	531,6	8,5	20,4%

Het verband tussen het aantal wielovergangen en het verlies van afstrooimateriaal is weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1 - Verband wielovergangen / verlies afstrooimateriaal - Modellen voor de vier monsters (elk in een eigen kleur) en de onderliggende observaties (weergegeven d.m.v. de stippen). In zwart het gemiddelde model horende bij de gepresenteerde coëfficiënten en in rood het maximum steenverlies.

Uit het verband tussen het aantal wielovergangen (x) en het gemeten verlies van afstrooimateriaal (y) is het maximum verlies van afstrooimateriaal ( $\alpha$ ) van de kunststofslijtlaag berekend. Het maximum verlies van afstrooimateriaal is de asymptoot ( $\alpha$ ) in het model. Deze berekening geschiedt met behulp van de onderstaande formule die het verband weergeeft tussen het verlies van afstrooimateriaal (y) en het aantal wielovergangen (x):

$${}^{10}\log y = \alpha + \beta * \rho^x + \epsilon, \text{ waarin:}$$

- y = Gemeten verlies van afstrooimateriaal op 10log-schaal
- $\alpha$  = (Totale) maximum verlies van afstrooimateriaal van het product ten gevolge van de productiewijze en de proefuitvoering (asymptoot)
- $\beta$  = Totale verlies van afstrooimateriaal ten gevolge van de wielovergangen
- $\rho$  = Snelheid waarmee van het minimum naar de asymptoot wordt uitgegaan (getal tussen 0 en 1)
- x = Aantal wielovergangen
- $\epsilon$  = Meetfout

De regressiecoëfficiënten  $\alpha$ ,  $\beta$  en  $\rho$  zijn bepaald met een statistisch programma. Indien het maximum verlies van afstrooimateriaal de norm overschrijdt, wordt met behulp van

onderstaande formule het aantal aslastherhalingen geschat waarbij de norm voor het maximale toegestane verlies van het afstrooimateriaal wordt bereikt.

$$n = 10 \log((\alpha_{\max} - \alpha) / \beta) / 10 \log \rho, \text{ waarin}$$

$\alpha_{\max}$  = Norm voor het maximaal toegestane verlies van afstrooimateriaal, namelijk 31,0 %  
 $n$  = Aantal aslastherhalingen, waarbij de norm met een zekerheid van 95% wordt overschreden

Paragraaf 4.2.6 van BRL K19143 geeft als eis dat het maximum verlies van afstrooimateriaal ( $\alpha_{\max}$ ) kleiner dan of gelijk moet zijn aan 31,0% (m/m) bij 500.000 belastingen. Voor toepassing in categorie vrachtauto-intensiteit C en IB moet worden aangetoond dat het maximum verlies van afstrooimateriaal ( $\alpha_{\max}$ ) kleiner dan of gelijk is aan 26,0% (m/m).

Het gemeten maximaal verlies van afstrooimateriaal bedraagt 20,4% (m/m).  
 Het maximaal verlies van afstrooimateriaal uit de modelberekening bedraagt 15,8% (m/m).

## 3.2 Toepassing gerelateerde eisen, slijtlagen op stalen ondergrond

### 3.2.1 Weerstand tegen indrukkingen

De weerstand tegen indrukkingen is bepaald na uitvoering van elke cyclus van de wielspoorproef, welke reeds is omschreven in paragraaf 3.1.1.

De doorponsing is gemeten door de Ohmse weerstand te bepalen. Deze wordt gemeten met een Multimeter type Fluke type 83V met gebruik van een geleidende vloeistof, 49% gedemineraliseerd water, 49% spiritus en 2% NaCl (m/m). Indien de weerstand oneindig groot is en dus niet gemeten kan worden, is er geen sprake van doorponsing. Indien de weerstand wel gemeten kan worden, is er sprake van doorponsing.

Paragraaf 4.3.3.2 van BRL K19143 geeft als eis dat er tijdens de wielspoorproef geen doorponsing opgetreden mag zijn.

De resultaten van de weerstandsmetingen zijn weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3 – Resultaten weerstand tegen indrukkingen

Aantal aslasten	Proefstuknummer			
	M2014 1B	M2014 2B	M2014 3B	M2014 4B
0	OL	OL	OL	OL
1000	OL	OL	OL	OL
100000	OL	OL	OL	OL
200000	OL	OL	OL	OL
300000	OL	OL	OL	OL
400000	OL	OL	OL	OL
500000	OL	OL	OL	OL

OL = oneindige weerstand: geen doorponsing  
 ≠ OL = meetbare weerstand: doorponsing

## 4 Conclusie

De resultaten van de beproevingen zijn getoetst aan de gestelde eisen in BRL K19143. De uitkomst van deze toetsing is per eigenschap in onderstaande paragrafen weergegeven. Hierbij is tevens het corresponderende onderzochte slijtlaagsysteem weergegeven.

### 4.1 Algemene eisen

#### 4.1.1 Verlies van afstrooimateriaal

Paragraaf 4.2.6 van de BRL K19143 geeft als eis dat het maximum verlies van afstrooimateriaal ( $\alpha_{max}$ ) kleiner dan of gelijk moet zijn aan 31,0% (m/m) bij 500.000 belastingen. Voor toepassing in categorie vrachtauto-intensiteit C en IB moet worden aangetoond dat het maximum verlies van afstrooimateriaal ( $\alpha_{max}$ ) kleiner dan of gelijk is aan 26,0% (m/m).

De onderzochte proefstukken voor de bepaling van het “verlies van afstrooimateriaal” voldoen aan de eis wat betreft het toegestane maximum steenverlies, tevens voor toepassing in categorie vrachtauto-intensiteit C en IB.

Corresponderend systeem voor stalen ondergrond:

Primer:	EP MultiUse	200-300 gram/m <sup>2</sup>
1 <sup>ste</sup> laag:	PoxyProtect SL: Filler Slurry, in de mengverhouding 1 : 1	3 kg/m <sup>2</sup>
2 <sup>e</sup> laag:	PoxyProtect SL: Filler Slurry, in de mengverhouding 1 : 0,8	2,5 kg/m <sup>2</sup>
Afstrooi:	Luvogrip 1-3 mm	10 kg/m <sup>2</sup>

### 4.2 Toepassing gerelateerde eisen, slijtlagen op stalen ondergrond

#### 4.2.1 Weerstand tegen indrukkingen

Paragraaf 4.3.3.2 van BRL K19143 geeft als eis dat er tijdens de wielspoorproef geen doorponing opgetreden mag zijn.

De onderzochte proefstukken op stalen ondergrond voldoen aan de eis (geen doorponing) wat betreft weerstand tegen indrukkingen.

Corresponderend systeem voor stalen ondergrond:

Primer:	EP MultiUse	200-300 gram/m <sup>2</sup>
1 <sup>ste</sup> laag:	PoxyProtect SL: Filler Slurry, in de mengverhouding 1 : 1	3 kg/m <sup>2</sup>
2 <sup>e</sup> laag:	PoxyProtect SL: Filler Slurry, in de mengverhouding 1 : 0,8	2,5 kg/m <sup>2</sup>
Afstrooi:	Luvogrip 1-3 mm	10 kg/m <sup>2</sup>

# 5 Ondertekening

Delft, 2 maart 2023

Ing. D. van Vliet  
Author

Ing. S.P.M. Hermanns  
Project Manager

Ir. ing. M. Steins  
Research Manager Building Materials & Structures

Mobility & Built Environment

Molengraaffsingel 8  
2629 JD Delft  
[www.tno.nl](http://www.tno.nl)