

# Nieuwe kennis voor mobiliteit

TNO | Innovation for life



# Inleiding

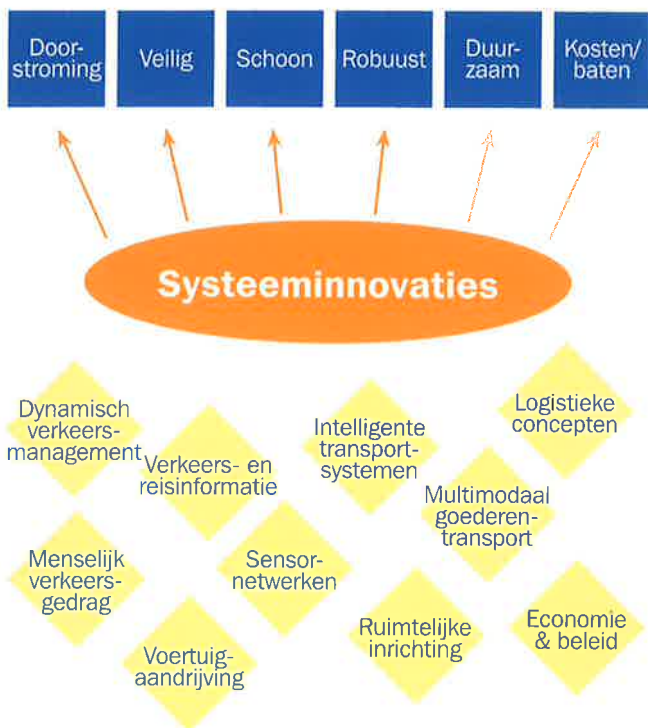
*Mobiliteit is een van de twaalf maatschappelijke thema's waarvoor TNO nieuwe toegepaste kennis ontwikkelt. Het thema is van groot belang voor een goed functionerende maatschappij en voor de internationale concurrentiepositie van bedrijven in Nederland.*

In het vraaggestuurde programma Verkeer, Vervoer & Logistiek ontwikkelt TNO nieuwe kennis op het gebied van mobiliteit. In dit boekje presenteren wij een aantal opvallende resultaten die in 2009 werden gerealiseerd. We hebben gekozen voor vier highlights die samen vier belangrijke maatschappelijke aspecten vertegenwoordigen:

1. Robuuste duurzame ruimtelijke planning van infrastructuur
2. Gebruik van ICT voor een betere doorstroming en veiligheid op de weg
3. Bescherming van voetgangers, fietsers en motorrijders
4. Het verminderen van emissies in het verkeer.

## **Alle disciplines in huis**

De kracht van TNO ligt in een combinatie van drie factoren. Ten eerste hebben wij kennis van het mobiliteitsysteem in de maatschappelijke context. Denk aan veiligheid, doorstroming en economische kosten en baten. Ten tweede kennen wij de ins en outs van bestuurdersgedrag. Ten derde beschikken we over meer technologische kennis op het gebied van verkeersmonitoring, voertuigen en ICT-toepassingen. Kortom: TNO heeft alle disciplines in huis. Veel projecten in het programma zijn dan ook multidisciplinair van karakter. Bovendien werken wij graag en nauw samen in een uitgebreid netwerk van universiteiten en kenniscentra in binnen- en buitenland en met researchafdelingen van grote bedrijven.



*Het vraaggestuurde programma Verkeer, Vervoer & Logistiek met onderin (geel) de belangrijkste kennisgebieden en bovenin (blauw) de belangrijkste maatschappelijke effecten van innovaties. Door systeeminnovaties werkt TNO vanuit kennis aan de gewenste effecten.*

# 1. Robuuste duurzame ruimtelijke planning van infrastructuur

*TNO ontwikkelde unieke tools waarmee ruimtelijke planners van infrastructuur direct de effecten kunnen doorrekenen en visualiseren van maatregelen en nieuwe infrastructuur op bereikbaarheid, milieu en veiligheid. Zo zet de tool Urban Strategy de nieuwe standaard voor interactieve bespreking van ruimtelijke plannen en helpt de tool INDY de robuustheid van transportnetwerken te bepalen.*

Bereikbaarheid, robuustheid en duurzaamheid zijn belangrijke thema's voor Nederland en in het bijzonder voor het Rotterdamse havengebied. Nu, maar vooral richting de toekomst. In het Transumo A15-project 'Van Maasvlakte naar achterland; duurzaam vervoer als uitdaging' is een pakket van innovatieve maatregelen ontwikkeld om de haven duurzaam bereikbaar te houden.

De projectpartners bepaalden de effecten van maatregelen op congestie, luchtkwaliteit, geluidshinder en externe veiligheid. Ook identificeerden zij de noodzakelijke transitie's en onderzochten ze welke acties nodig zijn om deze tot een succes te maken. Naast inhoudelijke kennisontwikkeling legt het Transumo A15-project de basis voor een breed draagvlak voor de maatregelen en een vruchtbare samenwerking tussen bedrijfsleven, overheid en kennisinstellingen.

### **3D-simulatieomgeving**

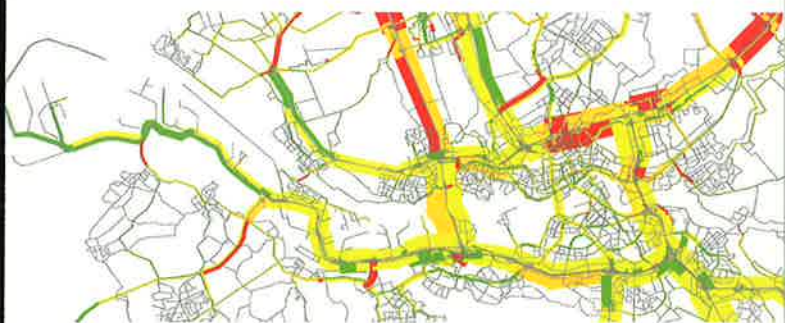
Transumo is een Nederlands BSIK-onderzoeksprogramma dat in 2009 is afgelopen. TNO was een van de zeven partners in het consortium. Wij hebben diverse model- en simulatieomgevingen ingezet die wij de afgelopen jaren in vraaggestuurde programma's ontwikkelden. Het meest bekend is de 3D-simulatieomgeving Urban Strategy. Met deze tool kunnen 3D-beelden van een bepaalde regio worden getoond, met overlays die in verschillende kleuren de effecten visualiseren van een maatregel of aanpassing in het jaar 2033. Denk aan de verhouding van de verkeersintensiteit en de verkeerscapaciteit van de belangrijkste snelwegen. Of aan de geluidsbelasting bij uitbreiding van de A15 met een extra baanvak. Dan wel aan de bijbehorende emissies van CO<sub>2</sub>, NOx, fijnstof, et cetera. De tool wordt gebruikt in workshops. Deelnemers kunnen diverse aanpassingen direct doorrekenen en visualiseren. Dit bevordert in hoge mate de interactie.

Uiteindelijk is een maatregelenpakket voorgesteld onder de naam 3D: duurzaam, dynamisch en gedurfd. Alle effecten van dit pakket zijn doorgerekend. Het blijkt een zeer grote impact te hebben: nagenoeg alle fileknelpunten worden ermee opgelost. De effecten op luchtkwaliteit, geluidsniveau en externe veiligheid zijn gunstig.

### **Regionale hotspots**

5 Juni 2009 is het Transumo A15-project afgesloten met een groot congres en veel aandacht van de pers. Tijdens het congres werd het eindrapport dat TNO voor het hele project heeft gemaakt breed verspreid. Naar verwachting krijgen wij de komende jaren meer vragen met betrekking tot integrale ruimtelijke planning. Wij kunnen onze expertise en toolsets dus blijven inzetten. Met betrekking tot de A15 richten wij ons bijvoorbeeld op kwesties rond de haven van Rotterdam. Maar Nederland kent meer regionale hotspots waar sprake is van bestaande of toekomstige knelpunten rond mobiliteit.

ATMA-MODeRN is een van de vele andere Transumo-projecten. Dit project richtte zich op het robuuster maken van oplossingen op het gebied van transportnetwerken. Hiermee wordt de kans op files geminimaliseerd en worden reistijden beter voorspelbaar. Daarnaast zijn mogelijkheden uitgewerkt voor een prijsbeleid en zijn de effecten op vermindering van de filedruk in kaart gebracht. Ook voor transport van containers is nagedacht over ontwikkelingen. Zo zijn de verwachte hoeveelheden containers in het jaar 2033 berekend en zijn de gevolgen verkend voor het transport over weg, binnenvaart en spoor. Effecten van nieuwe maatregelen worden geëvalueerd met het simulatiemodel INDY. De resultaten zijn ook toepasbaar in maatschappelijke kosten-batenanalyses van verstoringen in het wegennetwerk.



*Overzicht van de verhouding van de verkeersintensiteit en de verkeerscapaciteit van de belangrijkste snelwegen in het A15-gebied tijdens de ochtendspits.*

## 2. Gebruik van ICT voor een betere doorstroming en veiligheid op de weg

*TNO heeft modellen ontwikkeld waarmee de effectiviteit wordt berekend van nieuwe ICT-toepassingen die de doorstroming, de veiligheid en het milieu zullen bevorderen. Op deze manier wordt in diverse R&D-projecten bepaald hoe ICT uiteindelijk grootschalig kan worden ingezet met maximale effectiviteit.*

Een betere doorstroming en een grotere veiligheid op de Europese wegen kan worden gerealiseerd door inzet van informatie- en communicatietechnologie (ICT). Dat is de overtuiging van een aantal grote Europese consortia die hebben gewerkt aan de projecten CVIS en Safespot.

De inzet van ICT werkt globaal als volgt: de auto heeft een kastje aan boord dat kan communiceren met andere auto's en met systemen langs de weg. Dat gebeurt via een mobiel draadloos communicatiesysteem. Zo'n kastje heet een On Board Unit (OBU). Zoals de automobilist nu informatie over files en maximum snelheden kan lezen op elektronische panelen langs de kant en boven de weg, ontvangt hij deze en andere informatie in de toekomst via de OBU. Het navigatiesysteem dat de automobilist nu gebruikt om de kortste of snelste route naar zijn bestemming te vinden, wordt straks dankzij de OBU uitgebreid met toepassingen zoals informatie over de geldende snelheidslimiet en files op de gekozen route. Het kastje helpt dus om met nog betere adviezen via een alternatieve route sneller op de bestemming te komen. Er zijn ook voordelen voor de beheerders van wegennetwerken. Zij krijgen meer mogelijkheden om de

doorstroming te verbeteren dankzij meer gedetailleerde en actuele gegevens, afgestemd op de behoefte van de individuele automobilist. Ook zullen toepassingen worden aangeboden waarmee het autorijden veiliger kan worden. Zo kan de automobilist worden gewaarschuwd als een voertuig voor hem plotseling remt of wanneer er een ongeluk is gebeurd. Dat is mogelijk door gebruik van snelle communicatie met voorliggers.

### **Interface die niet de aandacht afleidt**

In haar onderzoek richt TNO zich op de vraag: wat zijn de belangrijkste voorwaarden voor een succesvol gebruik van deze nieuwe ICT-toepassingen? Allereerst dient de technologie klaar te zijn. Zo wordt gebruikgemaakt van nieuwe communicatienetwerken en internetprotocollen (IPv6). In CVIS werkten wij aan verificatie en validatie van de door de Europese industrie aangedragen standaarden en oplossingen. De standaarden moeten het mogelijk maken dat verschillende oplossingen van diverse aanbieders zonder problemen met elkaar kunnen samenwerken, in eigen land maar ook over de grenzen heen. Vervolgens is het van essentieel belang dat mensen deze nieuwe toepassingen ook willen en kunnen gebruiken. Dat vraagt om een mens-machine-interface die niet de aandacht van de weg afleidt, maar precies die informatie geeft die op dat moment nodig is. Ook moeten mensen vertrouwen kunnen hebben in de veiligheid van het systeem en de bescherming van hun privacy. TNO adviseerde de consortia bij het ontwerp van oplossingen die hier rekening mee houden. Tot slot dienen modellen en simulaties te worden gemaakt die aantonen dat de gekozen ICT-oplossingen daadwerkelijk leiden tot een betere doorstroming en veiligheid. Aldus ontstaat een selectie van oplossingen die naar verwachting succesvol zullen zijn.

In het Transumo-project Intelligent Vehicles is in 2009 een real-time rij-assistent gedemonstreerd waarmee aan bestuurders routekeuzes worden voorgelegd, die voldoen aan de Duurzaam Veilig-criteria van de SWOV. Het gedrag van bestuurders blijkt het

meest effectief te worden beïnvloed door een financiële beloning. In een andere pilot met een rij-assistent is het gedrag geëvalueerd van bestuurders bij gebruik van zowel Adaptive Cruise Control (ACC) als Lane Departure Warning Assistance (LDWA). Hiervoor zijn gedragsmodellen ontwikkeld en toegepast in de verkeersimulatietool ITS Modeller. De modellen voorspelden een afname van voertuigverliesuren van 45 procent bij een ACC-penetratiegraad van minimaal 10 procent. Bovendien is een reductie haalbaar van 10 procent CO<sub>2</sub>-emissie. Tot slot is het gedrag van bestuurders gemodelleerd bij routekeuze-informatie in de auto en langs de weg, met bijvoorbeeld Dynamische Route Informatie Panelen (DRIP's). In een case study werd aangetoond dat route-informatie bij een ongeval leidt tot een afname van de reistijd. Het effect van een DRIP bleek groter dan van informatie in de auto.

### **Aan het publiek getoond**

De projecten CVIS en Safespot zijn zover dat de systemen aan het publiek kunnen worden getoond. In mei 2009 werd in Helmond een groot evenement georganiseerd waar de eerste resultaten van de projecten werden gedemonstreerd en in maart 2010 tijdens IC&Drive in Amsterdam zijn de eindresultaten gedemonstreerd. De volgende stap is een grootschalige test in een realistische situatie: de Field Operational Test. De werkelijke introductie van systemen en oplossingen zal in de komende jaren geleidelijk aan plaatsvinden. Denk aan systemen voor automatische connected cruise control, systemen voor navigatie met gebruik van actuele verkeersinformatie en filevoorspelling en mogelijk systemen voor kilometerheffing.

Ten slotte werkt TNO mee in diverse projecten op het gebied van nieuwe businessmodellen. Daarmee kan de invoering van ICT op de weg ook een economische realiteit worden. Met al deze opgebouwde kennis kan TNO de overheid en ICT-bedrijven op een goede manier ondersteunen bij een grootschalige introductie van de nieuwe technologie voor een betere doorstroming en grotere veiligheid op de weg.



*In de toekomst ontvangt de automobilist niet alleen informatie via zijn navigatiesysteem of via borden langs de weg, maar communiceert hij ook met andere auto's.*

### 3. Bescherming van voetgangers, fietsers en motorrijders

*TNO heeft unieke kennis opgebouwd waarmee de veiligheid van kwetsbare verkeersdeelnemers zoals voetgangers, fietsers en motorrijders kan worden verbeterd. Denk aan een betere vormgeving van voetpaden, een airbag voor fietsers en nieuwe beschermende systemen voor de motorrijder.*

Het verkeer in Nederland en Europa veroorzaakt jaarlijks nog vele ongevallen, regelmatig met dodelijke afloop. Zowel overheden op nationaal en Europees niveau als fabrikanten van auto's en andere vervoermiddelen willen met behulp van nieuwe kennis het aantal ongevallen verminderen. TNO levert vanuit verschillende expertisegebieden kennis aan. De afgelopen jaren lag het accent op specifieke groepen van kwetsbare verkeersdeelnemers: voetgangers, fietsers en motorrijders.

#### **Voetgangers**

De overheid ziet graag dat burgers meer gaan wandelen en lopen. Dat is niet alleen goed voor de gezondheid; lopen in combinatie met openbaar vervoer helpt ook de filelast te verminderen. Voorwaarde is wel dat de voetganger zich veilig voelt op de weg. In het EU-project Pedestrian Quality Needs zijn aanbevelingen gedaan op basis van sociaal en psychologisch onderzoek naar motieven, attitudes, gewoonten en behoeften van voetgangers. De onderzoeksresultaten worden gebruikt in beleidsinitiatieven van de rijksoverheid (zoals het Strategisch plan verkeersveiligheid van het ministerie van Verkeer en Waterstaat), in concrete adviezen aan gemeenten bij de

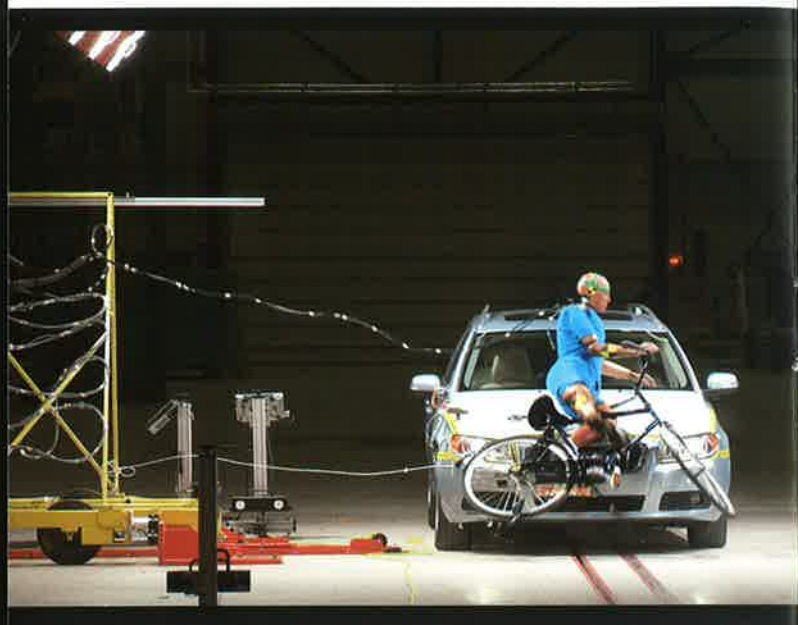
vormgeving van voetpaden en oversteekplaatsen, en bij het botsvriendelijker maken van personenauto's door middel van het aanscherpen van testprocedures bij Euro NCAP.

### **Fietsers**

Fietsers zijn nogal eens slachtoffer van ongelukken met auto's. Bij een dergelijk ongeluk wordt de automobilist goed beschermd door middel van airbags en kreukelzones, maar dit geldt niet voor de fietser. TNO werkt daarom samen met de auto-industrie aan sensorsystemen in het voertuig die de waarneming van de situatie met kwetsbare verkeersdeelnemers rondom het voertuig kunnen verbeteren en gevaarlijke situaties kunnen voorspellen. Voor de auto-industrie ontwikkelden wij een Environment Perception Module (EPM). Deze module voegt sensorgegevens van meerdere sensoren samen en verwerkt deze in nieuwe rekenmodellen. Autofabrikanten kunnen de EPM inzetten om de bestuurder vroegtijdig een waarschuwing te geven of om in uiterste gevallen in te grijpen op de besturing.

### **Motorrijders**

De effecten van ongelukken met motorrijders kunnen worden verminderd door kennis op biomechanisch gebied van het hoofd en de nek- en rugspieren van een motorrijder. Deze kennis wordt opgebouwd door middel van experimenten en berekeningen en samengebracht in rekenmodellen. Ontwerpers van veiligheidssystemen kunnen hiermee de effectiviteit van hun oplossingen evalueren en verbeteren. Denk aan nieuwe helmen en systemen op de motorfiets die de bestuurder ondersteunen in gevaarlijke situaties. Bij het actief ondersteunen van motorrijders om veilig te rijden is ook in Europees verband vooruitgang geboekt.



*Ontwikkeling van een airbag voor ongevalreconstructie  
(nog geen airbag).*

## 4. Het verminderen van emissies in het verkeer

*TNO beoordeelde verschillende concrete oplossingen voor het verminderen van CO<sub>2</sub>-emissie en andere emissies in het verkeer op hun effectiviteit. Samen met partners werken wij aan de verdere ontwikkeling.*

Het verkeer levert een flinke bijdrage aan de totale CO<sub>2</sub>-emissie van menselijke activiteiten. Deze hoge emissie wordt beschouwd als een van de grootste bedreigingen voor ons klimaat. Beperking is mogelijk door maatregelen op verschillende niveaus: aan het voertuig, het verkeersysteem, het wagenpark of het mobiliteitsysteem. Haar brede spreiding van expertises stelt TNO in staat de effecten van maatregelen op al deze niveaus te voorspellen en daarmee ook de effectiviteit en de samenhang van die maatregelen te vergroten.

### **De meest veelbelovende oplossingen**

Op het gebied van dieselmotoren ontwikkelen bedrijven en uitvinders uiteenlopende ideeën om de CO<sub>2</sub>-emissie te verlagen. Denk aan ontwikkelingen op het gebied van verbranding, nabehandeling, warmtehergebruik en integratie van regelingen. Om een keuze te maken uit de beste oplossingen is een kosten-batenanalyse nodig. Wat kost het om één procent minder CO<sub>2</sub>-emissie te bewerkstelligen? TNO ontwikkelde een model waarmee de diverse oplossingen snel kunnen worden beoordeeld. Ook hebben wij samen met bedrijven projecten opgestart om de meest veelbelovende oplossingen verder te ontwikkelen tot een goed product.

Effecten op verkeerskundig niveau zijn ook te bereiken door bijvoorbeeld te zorgen voor een gelijkmatige snelheid van voertuigen, met zo min mogelijk afremmen en weer optrekken door het voertuig. Om dit te realiseren moeten maatregelen worden getroffen op verkeersmanagementniveau. Denk aan de 'groene golf' in verkeerslichtenregeling en aan meer intelligente varianten die rekening houden met de intensiteit van het verkeersaanbod en zelfs het soort voertuig. Of denk aan het dynamisch aanpassen van de maximumsnelheid op snelwegen, afhankelijk van weersomstandigheden of actuele luchtkwaliteit. De Dienst Verkeer en Scheepvaart van Rijkswaterstaat voerde in 2009 en 2010 proeven uit met dynamisering van de maximumsnelheid. Deze proeven worden door TNO geëvalueerd.

### **Effect duidelijk zichtbaar gemaakt**

Om de effecten van verschillende maatregelen te kunnen bepalen en vergelijken werkte TNO aan meetmethoden en modelvorming. Mobiele metingen van emissies en concentraties van CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> en fijnstof zijn mogelijk, maar kostbaar. In plaats daarvan worden meetresultaten in specifieke omstandigheden vertaald in modellen, zodat de emissies in andere situaties kunnen worden gesimuleerd. Er worden simulaties gemaakt van het verkeer bij een bepaalde maatregel, die vervolgens worden doorgerkend naar emissies. Op deze manier wordt de meest effectieve maatregel bepaald. Zo worden bijvoorbeeld de concentratieberekeningen van NO<sub>x</sub> bij een kruispunt, met het effect van remmen en weer optrekken, duidelijk zichtbaar gemaakt.

Vanuit het oogpunt van logistieke vervoersbehoefte kunnen CO<sub>2</sub>-optimale scenario's worden doorgerekend met opslagpunten, overslagplaatsen naar andere modaliteiten en keuzes van het wagenpark. Zo ontwikkelde TNO een CO<sub>2</sub>-footprintmodule voor het logistieke model RESPONSE.

### **De gehele keten**

Maatregelen op het gebied van CO<sub>2</sub>-reductie kunnen ook liggen op het gebied van verschuivingen in het wagenpark en andere keuzes voor vervoersmodaliteiten. Bij keuzes voor een alternatieve brandstof of een ander voertuig, bijvoorbeeld met een ander type aandrijving, is het van belang de emissiegegevens van verschillende voertuigen te kunnen combineren met gebruikscenario's. Zo kan onder meer het effect van een verhoogde inzet van elektrische voertuigen op een realistische manier worden doorgerekend. De nieuwe database EMMY voert rekenregels uit, waarmee op consistente wijze de effecten van beleidsmaatregelen op emissies kunnen worden beoordeeld. Deze database wordt gevoed met gegevens uit eigen metingen, modelresultaten en externe literatuurbronnen. Daarbij gaan wij well-to-wheel te werk. Dat wil zeggen dat wij aandacht hebben voor de CO<sub>2</sub>-emissie van de gehele keten.



*Een voorbeeld van het zichtbaar maken van schadelijke emissies in het verkeer.*

TNO maakt wetenschappelijke kennis toepasbaar om het innovatief vermogen van bedrijfsleven en overheid te versterken. Kennis ontwikkelen, integreren én toepassen: die combinatie onderscheidt ons van andere kennisinstellingen. Doordat we kennisgebieden effectief met elkaar laten samenwerken, komen we tot creatieve en praktijkgerichte innovaties: nieuwe producten, diensten en processen, op maat gesneden voor onze klanten bij bedrijfsleven en overheid.

Van Mourik Broekmanweg 6  
Postbus 49  
2600 AA Delft

T +31 15 269 68 78  
F +31 15 269 77 82  
F mobiliteit@tno.nl

**[tno.nl/mobiliteit](http://tno.nl/mobiliteit)**

