

# Intelligente Transport Systemen in praktijk getest: resultaten en ervaringen van het euroFOT project

Eline Jonkers  
*TNO*

Freek Faber  
*TNO*

## **Samenvatting**

In het Europese project euroFOT (een grootschalige veldtest met duizend voertuigen) zijn voor acht in-car systemen – waaronder Adaptive Cruise Control en Lane Departure Warning – de effecten op gebied van doorstroming, veiligheid en milieu bepaald. Dit artikel beschrijft de belangrijkste resultaten van het euroFOT project.

## **Trefwoorden**

Intelligente Transport Systemen, evaluatie, Field Operational Test, effecten, evaluatiemethodologie

## **1. Inleiding**

Om de Nederlandse wegen en het Nederlandse verkeer veiliger, vlotter, betrouwbaarder en schoner te maken, kunnen diverse maatregelen worden genomen. Naast maatregelen op het gebied van verkeersmanagement, mobiliteitsmanagement en benutting dragen in toenemende mate ook in-car systemen bij aan deze doelstellingen. Om een goede afweging tussen maatregelen te kunnen maken, moeten de kosten en baten daarvan in kaart worden gebracht, en daarvoor is het nodig de effecten te kennen. Deze effecten kunnen bijvoorbeeld worden bepaald door het analyseren van data afkomstig van grootschalige veldstudies (Field Operational Tests of FOTs).

Om Field Operational Tests uit te voeren en te evalueren, is in 2008 de Europese FESTA methodiek ontwikkeld. Dit heeft geresulteerd in het FESTA handboek. Hierin staan richtlijnen voor evaluatie specifiek voor grootschalige veldtesten; deze richtlijnen kunnen echter ook worden gebruikt voor bijvoorbeeld het opzetten en evalueren van een proef met verkeersmanagementmaatregelen of Spitsmijden. FESTA heeft zich ontwikkeld tot een Europese standaard voor evaluaties.

Het Europese project euroFOT heeft plaatsgevonden tussen mei 2008 en juni 2012. In dit project zijn acht in-car systemen in een grootschalige proef met duizend voertuigen getest op de weg in het 'echte' verkeer; euroFOT was hiermee de eerste grootschalige FOT met meerdere systemen in Europa. De acht systemen die zijn getest zijn: Adaptive Cruise Control en Forward Collision Warning samen in een bundel, Speed Regulation System (Speed Limiter en Cruise Control), navigatiesystemen (ingebouwd en mobiel), Fuel Efficiency Advisor, Lane Departure Warning, Curve Speed Warning, Blind Spot Information System en Impairment Warning. TNO heeft in euroFOT de FESTA methodologie toegepast op het evalueren van de acht systemen. Voor deze systemen zijn de effecten op het gebied van doorstroming, veiligheid en milieu bepaald. Daarnaast zijn ook gebruikaspecten getest waaronder acceptatie en comfort.

In dit artikel worden de belangrijkste resultaten van het euroFOT project beschreven van de effecten van de systemen op doorstroming, veiligheid en milieu. Ook wordt ingegaan op de manier van evalueren en de toepassing daarvan op andere projecten. In hoofdstuk 2 wordt de opzet van de euroFOT proeven beschreven. Hoofdstuk 3 bevat een beschrijving van de evaluatiemethodologie. De resultaten van euroFOT zijn opgenomen in hoofdstuk 4. Ten slotte staan in hoofdstuk 5 conclusies en aanbevelingen vanuit euroFOT voor Nederlandse studies, en worden de referenties gegeven in hoofdstuk 6.

Voor meer informatie over het euroFOT project wordt verwezen naar de website van het project (1).

## **2. Opzet euroFOT proeven**

Een uitgebreide beschrijving van de opzet van de euroFOT proeven is te vinden in (2). In dit hoofdstuk zijn de zaken relevant voor dit artikel opgenomen.

## Doelen

In euroFOT zijn acht volwassen in-car systemen in een grootschalige proef met duizend voertuigen (personenauto's en vrachtwagens) getest op de weg in het 'echte' verkeer, in heel Europa. De doelen van het project waren:

- Het beoordelen van verschillende aspecten van de systemen, zoals de mogelijkheden, de prestaties, de interactie tussen bestuurders en de systemen en het bestuurdersgedrag
- Het krijgen van meer inzicht in de korte en lange termijn socio-economische effecten van de systemen op doorstroming, veiligheid, milieu en comfort
- Het generen van publiciteit richting klanten en een grotere acceptatie van de systemen

Voor de acht systemen zijn daarom de effecten op gebied van doorstroming, veiligheid en milieu bepaald. Van de resultaten van euroFOT wordt verwacht dat ze bijdragen aan de uitrol van Intelligente Transport Systemen in Europa. De inzichten die in het project zijn opgedaan kunnen beleidsmakers helpen om het juiste beleidskader te kiezen, en ontwikkelaars helpen bij de besluitvorming over hoe deze systemen verder verbeterd kunnen worden en naar de markt gebracht kunnen worden.

## Systemen

De selectie van systemen in euroFOT is gebaseerd op aanbevelingen uit bestaande roadmaps en op de beschikbaarheid van volwassen functies. Uiteindelijk zijn de volgende acht systemen getest:

- Longitudinale systemen:
  - Adaptive Cruise Control (ACC) en Forward Collision Warning (FCW) samen in een bundel
  - Speed Regulation System (SRS), een combinatie van Speed Limiter (SL) en Cruise Control (CC)
- Laterale systemen:
  - Lane Departure Warning (LDW)
  - Impairment Warning (IW)
  - Blind Spot Information System (BLIS)
- Overige systemen:
  - Curve Speed Warning (CSW)
  - Fuel Efficiency Advisory (FEA)
  - Navigatiesystemen (een ingebouwde en een mobiele versie)

Van alle systemen werden effecten op het gebied van veiligheid verwacht. Van de laterale systemen en CSW werden geen doorstromings- en milieueffecten verwacht.

De systemen zijn in heel Europa getest, in voertuigen van verschillende Europese autofabrikanten. De voertuigen zijn uitgerust, gemanaged en gemonitord vanuit zogeheten 'vehicle management centres' in vier Europese landen: Zweden, Duitsland, Frankrijk en Italië.

## Experimentopzet

Voor de opzet van het experiment (of eigenlijk: experimenten) in euroFOT is de FESTA methodologie gebruikt. Dit wordt verder uitgelegd in Hoofdstuk 3 van dit artikel.

Belangrijkste zaken voor de opzet van de proef zijn de volgende:

- De bestuurders hebben gereden in hun eigen auto onder normale omstandigheden (in ‘echt’ verkeer)
- De proef bestond uit een baseline periode (waarin de bestuurders geen systeem in de auto hadden) en een ‘treatment’ periode (waarin de bestuurders wel een systeem in de auto hadden). Zowel in de baseline periode als in de treatment periode was meetapparatuur in de voertuigen geïnstalleerd.
- In de meeste voertuigen zijn bundels van systemen getest, dat wil zeggen dat er meerdere systemen in het voertuig aanwezig waren. Afhankelijk van het type systemen werkten ze tegelijkertijd of kon er altijd maar één systeem actief zijn.

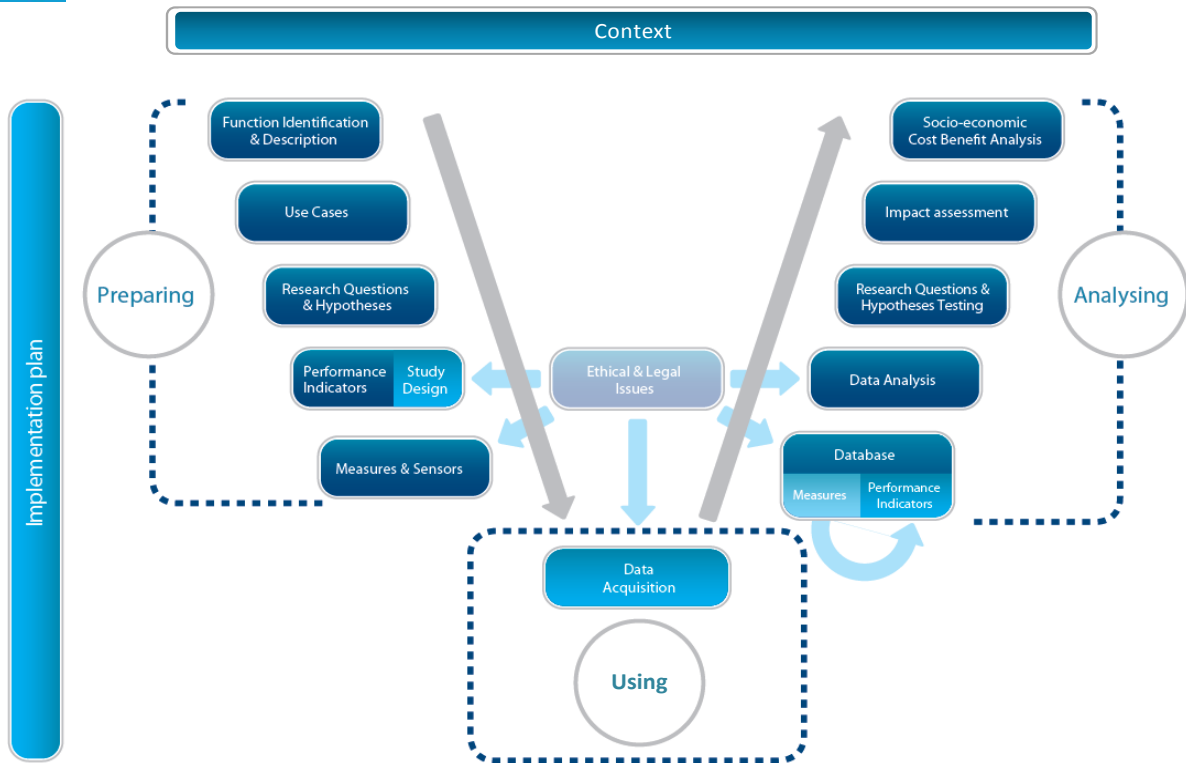
## **Dataverzameling**

Tijdens de FOT zijn zowel subjectieve data (enquêtes en interviews met de bestuurders) als objectieve data (CAN, video data, GPS locatie) verzameld. Deze databronnen zijn gebruikt voor de evaluatie van de gebruikersaspecten en de evaluatie van doorstromings-, veiligheids- en milieueffecten. Na een kwaliteitscheck op de data en de databewerking (verrijking van de data met kaartdata, herkenning van zogeheten events en relevante omgevingsvariabelen), zijn de relevante indicatoren (zoals gemiddelde snelheid) uitgerekend en opgeslagen in een database. Met de data uit deze database zijn vervolgens hypothesen getest en onderzoeksvragen beantwoord. Voor systemen die in voertuigen van meerdere fabrikanten getest zijn, is een gezamenlijke analyse gedaan, zodat er uiteindelijk voor elk systeem één impact assessment is uitgevoerd.

## **3. Evaluatiemethodologie**

TNO heeft in euroFOT de FESTA methodologie toegepast op het evalueren van de acht systemen. FESTA is de “state-of-the-art” evaluatiemethodologie voor Field Operational Tests in Europa. FESTA (3) was een Europees project dat FOTs ondersteunde door het creëren van een handboek (4) met een gezamenlijke methodologie voor het uitvoeren en evalueren van Europese FOTs. Het FESTA-handboek biedt praktische handreikingen en beschrijft op een systematische manier het totale proces van plannen, voorbereiden, uitvoeren, analyseren en rapporteren van een FOT. Een van de doelen van het handboek is het mogelijk maken van standaardisatie van (aspecten van) FOTs. Dit helpt bij het vergelijken van (resultaten van) verschillende FOTs.

In FESTA is een FOT beschreven in een aantal stappen. Deze stappen zijn op een overzichtelijke manier weergegeven in de FESTA-V, zie Figuur 1. De eerste stappen, waaronder het formuleren van een doel en het opzetten van een (onderzoeks)team, en de laatste stappen – analyse van het geteste systeem en socio-economische evaluatie – gaan over de meer generieke aspecten van een FOT en het aggregeren van resultaten. Hoe ‘dieper’ in de FESTA-V, hoe specifiek de beschrijving van de onderdelen van een FOT en hoe hoger het detailniveau, zoals welke indicatoren te kiezen en hoe de database op te zetten.



Figuur 1: De FOT stappen in de FESTA-V

Een uitgebreide beschrijving van hoe de FESTA methodologie is toegepast voor euroFOT kan gevonden worden in Deliverable 6.2 van euroFOT (5). Hier wordt beschreven hoe de hypothesen zijn getest, onderzoeksvragen beantwoord en resultaten geïntegreerd. Ook wordt hierin ingegaan op de opschaling van effecten van lokaal niveau (voor een kleine groep automobilisten/vrachtwagenchauffeurs) naar EU niveau. Meer informatie over de opschalingsmethode kan ook gevonden worden in (6).

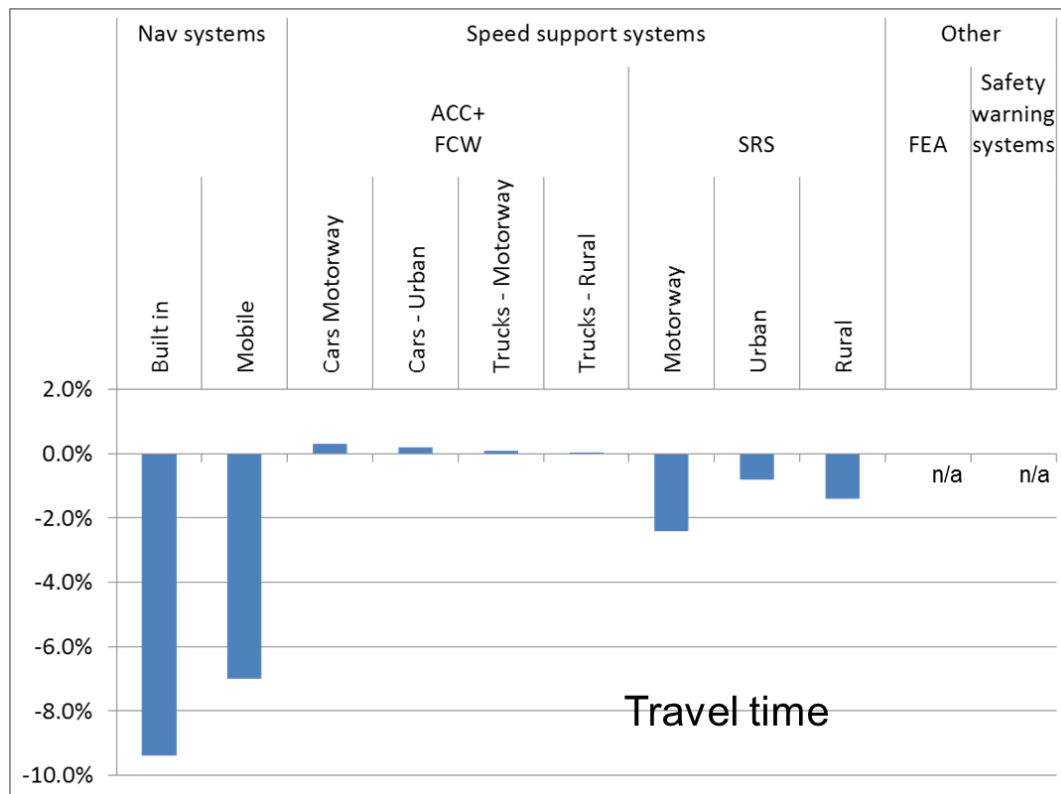
#### 4. Resultaten

Uitgebreide resultaten van het euroFOT project kunnen worden gevonden in Deliverable 6.1 (samenvatting van alle resultaten) (7), Deliverable 6.4 (effecten op veiligheid) (8) en Deliverable 6.5 en 6.6 (effecten op doorstroming en milieu) (9). De kosten baten analyse resultaten zijn beschreven in Deliverable 6.7 (10). In dit hoofdstuk worden de belangrijkste resultaten van het project samengevat. Bij alle analyses zijn verschillende situaties en condities bekeken, zoals wegtypes, weer, licht, etc.

##### Effecten op doorstroming

In Figuur 2 zijn de effecten van de euroFOT systemen op de reistijd te zien. De navigatiesystemen hebben het grootste effect op de reistijd, met systeem zijn de reistijden tussen de 6% en 10% (afhankelijk van welke variant, ingebouwd of mobiel) kleiner dan zonder systeem. De verschillen tussen de ingebouwde en mobiele variant zijn toe te wijzen

aan de verschillende routeringsalgoritmen, hoewel de proef hier gericht was op het verschil tussen de gebruikersinterfaces. Ook voor SRS (combinatie van Speed Limiter en CC) is er een afname in reistijd met de systemen, van ruim 2% op snelwegen tot iets minder dan 1% op stadswegen. Voor de bundel van ACC en FCW is er een minieme toename in reistijden. Voor de Fuel Efficiency Advisor en de waarschuwingssystemen LDW, IW, BLIS en CSW zijn er geen effecten op doorstroming bepaald. In het geval van FEA waren de data op een te hoog niveau geaggregeerd en misten cruciale indicatoren.



Figuur 2: Effecten van euroFOT systemen op de reistijd

## Effecten op veiligheid

De veiligheidseffecten zijn voor alle systemen onderzocht op de Fuel Efficiency Advisor na (zelfde reden als voor doorstroming). Surrogaat veiligheidsindicatoren zoals gemiddelde snelheid en gemiddelde volgtijden en het aantal incidenten (het aantal kritische volgtijden – kleiner dan 0,5 seconde, en het aantal keren dat zeer hard geremd is) zijn bepaald, en waar mogelijk is een vertaling gemaakt naar verandering in aantal ongevallen, doden en gewonden.

Voor de bundel van ACC en FCW gold dat de gemiddelde snelheid en gemiddelde volgtijd stegen, met respectievelijk 2% en 16%. Het aantal incidenten nam af met ongeveer 70%. De surrogaatmaten gaven aan dat de veiligheid toeneemt wanneer gereden wordt met ACC en FCW. Een afname in kopstaart botsingen van 16% tot 42% voor auto's en 6% tot 15% voor vrachtwagens is berekend. Voor het totaal aantal ongevallen in de EU betekent dit een afname van 2% tot 6% voor auto's en 0,2% tot 0,6% voor vrachtwagens.

Ook voor navigatiesystemen was er een significante afname voor een aantal type incidenten. Voordat deze afname vertaald kan worden in een effect op het aantal ongevallen is meer

inzicht nodig in de typen ongevallen die door navigatiesystemen voorkomen kunnen worden en de mechanismen die daarbij een rol spelen.

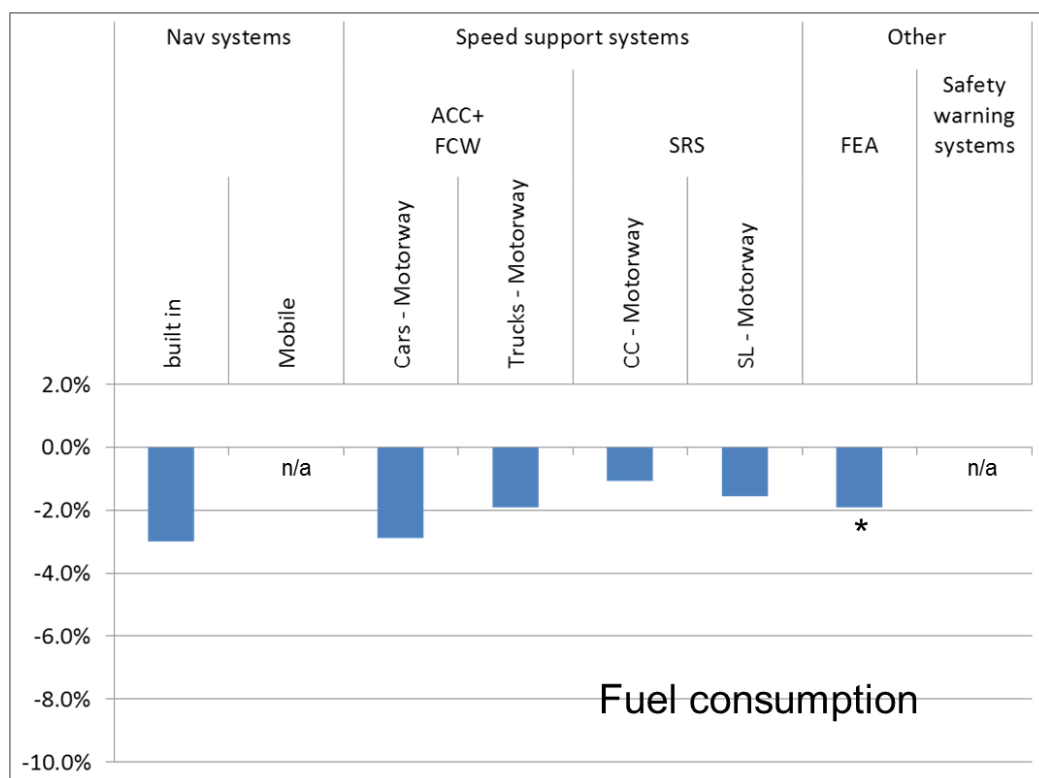
Met het SRS systeem in de auto neemt de snelheid toe, en het aantal incidenten neemt meestal af (maar niet in alle situaties voor alle wegtypes).

Voor de waarschuwingssystemen LDW, IW en BLIS zijn er geen kwantitatieve veranderingen in veiligheid bepaald. Voor de bundel van LDW en IW was er een verandering in het aantal incidenten (in de meeste gevallen een afname) maar was het verband met oorzaken van ongevallen niet sterk genoeg. Voor BLIS zijn er te weinig relevante incidenten geïdentificeerd waardoor er geen harde conclusies getrokken konden worden. De evaluatie van CSW was alleen gericht op gebruikersaspecten (gebaseerd op subjectieve data) en daarbij is geen kwantitatieve veiligheidsimpact bepaald.

## Effecten op milieu

In Figuur 3 zijn de effecten van de euroFOT systemen op het brandstofverbruik te zien. Er is een aantal systemen dat een positief effect heeft op het brandstofverbruik (het brandstofverbruik neemt af), namelijk het ingebouwde navigatiesysteem, de bundel van ACC en FCW, en het Speed Regulation System. De effecten van deze systemen variëren van 1% (SRS op snelwegen) tot 3% (ingebouwde navigatiesysteem en ACC+FCW op snelwegen). De Fuel Efficiency Advisor (een systeem wat bedoeld is om efficiënter te rijden en dus minder brandstof te verbruiken) heeft een positief effect op het brandstofverbruik (dit daalt) maar dit is niet significant. De afname kan daarmee niet ondubbelzinnig worden toegeschreven aan het systeem.

Voor het mobiele navigatiesysteem zijn geen effecten op milieu gevonden en voor de waarschuwingssystemen LDW, IW, BLIS en CSW zijn er geen effecten op milieu bepaald.



Figuur 3: Effecten van euroFOT systemen op het brandstofverbruik (\* betekent: niet significant)

## **Reflectie op de resultaten**

De gevonden effecten blijken sterk afhankelijk van het gebruik van de systemen. Zo wordt de ACC vooral gebruikt wanneer het relatief rustig is en op doorgaande wegen, omdat het geteste systeem minder comfortabel is op drukker stukken weg met veel in- en uitvoegend verkeer. Juist op deze stukken weg kunnen veel doorstromings-, veiligheids- en milieueffecten behaald worden. Vergelijkbare fenomenen waren ook te zien bij andere systemen. Het is mogelijk om deze eerste generatie commerciële systemen verder te verbeteren waardoor ze in meer situaties gebruikt kunnen worden en dus een groter effect hebben. De stap naar coöperatieve systemen kan hieraan bijdragen.

## **5. Conclusies en aanbevelingen**

In euroFOT zijn voor het eerst in een grootschalige proef Intelligente Transport Systemen getest in echt verkeer in Europa. De resultaten laten zien dat de systemen aantoonbaar bijdragen aan doorstroming, veiligheid en milieu. Een belangrijke afgeleide conclusie daarbij is dat er ook geen negatieve bijeffecten zijn. Navigatiesystemen (primair gericht op een verbetering van de doorstroming) zorgen bijvoorbeeld voor een verbeterde veiligheid, in tegenstelling tot wat soms gedacht wordt. Het is dan ook van grote waarde geweest om de systemen ‘in het echt’ te testen, zodat er naast theoretische resultaten (verkregen door middel van bijvoorbeeld simulaties) ook praktijkresultaten zijn. Daarmee kunnen de systemen verder worden ontwikkeld en verbeterd.

De bedoeling was om voor alle acht systemen effecten op doorstroming, veiligheid en milieu te bepalen op Europese schaal zodat deze konden worden vertaald naar kosten en baten. Dit bleek niet voor alle systemen mogelijk, onder andere doordat de gevonden resultaten uit de FOT niet altijd significant waren. De belangrijkste reden daarvoor was de moeizame werving van deelnemers aan de proeven door de instortende automarkt. Daardoor moesten concessies gedaan worden aan de experimentopzet.

Het FESTA handboek heeft zich in euroFOT bewezen als een goede leidraad voor evaluatie. De methodologie kan voor allerlei proeven en evaluaties gebruikt worden, naast autonome systemen zoals ADAS (Advanced Driver Assistance Systems) en in-car informatiesystemen ook voor coöperatieve systemen en maatregelen op het gebied van verkeersmanagement en mobiliteitsmanagement. Naast gebruik in euroFOT wordt FESTA ook gebruikt in de Europese FOTs TeleFOT (11), DRIVE C2X (12) en FOTSis (13). Specifiek voor de evaluatie van benuttingsmaatregelen in Nederland is in 2011 de Leidraad evaluaties benutting (14) verschenen, een adaptatie van de FESTA methodiek naar de Nederlandse situatie en gericht op verkeersmanagementmaatregelen.

Voor de vergelijkbaarheid en standaardisatie van (aspecten) van FOTs en proeven is het goed om ook in Nederland de FESTA methodologie te gebruiken voor het uitvoeren en evalueren van proeven.



## 6. Referenties

- (1) <http://www.eurofot-ip.eu/>
- (2) Jamson, S., K Chorlton, C. Gelau, R. Schindhelm, E. Johansson, A. Karlsson, B. Metz, R. Tadei, M. Benmimoun, C. Val, M. Regan, E. Wilschut, R. Brouwer, *Experimental Procedures*, D4.2 van euroFOT, 13 oktober 2009.
- (3) <http://www.its.leeds.ac.uk/festa/>
- (4) FOT-Net D3.1, *FESTA Handbook Version 4*, <http://www.fot-net.eu/en/library/deliverables/>, 30 september 2011.
- (5) Faber, F., E. Jonkers, M. Ljung Aust, M. Benmimoun, M. Regan, S. Jamson, J. Dobberstein, *Analysis methods for user related aspects and impact assessment on traffic safety, traffic efficiency and environment*, D6.2 van euroFOT, 28 juni 2011.
- (6) Jonkers, E., M. de Kievit, M. van Noort, *Opschaling – van impact assessment naar kosten-batenanalyse*, artikel gepresenteerd op het Nationaal Verkeerskundecongres, Rotterdam, 3 november 2010.
- (7) Benmimoun, M., A. Pütz, M. Ljung Aust, F. Faber, D. Sánchez, B. Metz, G. Saint Pierre, T. Geissler, L. Guidotti, L. Malta, *Final evaluation results*, D6.1 van euroFOT, 14 juni 2012.
- (8) Malta, L., M. Ljung Aust, F. Faber, B. Metz, G. Saint Pierre, M. Benmimoun, R. Schäfer, *Final results: impacts on traffic safety*, D6.4 van euroFOT, 15 juni 2012.
- (9) Faber, F., E. Jonkers, M. van Noort, M. Benmimoun, A. Pütz, B. Metz, G. Saint Pierre, D. Gustafson, L. Malta, *Final results: impacts on traffic efficiency and environment*, D6.5 en D6.6 van euroFOT, 12 juni 2012.
- (10) Geissler, T., J.A. Bühne, J. Dobberstein, J. Gwehenberger, M. Knieling, *Overall Cost-Benefit Study*, D6.7 van euroFOT, 19 juni 2012.
- (11) <http://www.telefot.eu/>
- (12) <http://www.drive-c2x.eu/project>
- (13) <http://www.fotsis.com/>
- (14) Wilmink, I., K. Malone, E. Jonkers, R. Brouwer, R. de Lange, M. Keuken, A. Eisses, N. Rosmuller & J. Mak (2011), *Leidraad evaluaties benutting (versie 2011)*, uitgegeven door Rijkswaterstaat Dienst Verkeer en Scheepvaart, Delft, 30 mei 2011.