

Eindrapport Transumo Project Intelligent Vehicles

Richard van der Horst (TNO)
Gerdien Klunder (TNO)



Inhoudsopgave

Samenvatting	1
Summary	2
1. Introductie	3
2. Onderzoeksopzet/aanpak	4
3. Resultaten en effecten	5
4. Verankering en doorwerking	10
5. Projectsucces	11
Trefwoorden	13
Literatuurverwijzingen	13
Bijlage 1: Publicaties (artikelen en rapportages)	14
Bijlage 2: Presentaties en demo's	19
Bijlage 3: Kennis- en productontwikkeling	22
Bijlage 4: Mijlpalen	23
Bijlage 5: Afkortingen	25

Samenvatting

De centrale doelstelling van het project Intelligent Vehicles was om in-car telematica als een baanbrekende technologie te gebruiken om de kwaliteit van reizen en duurzaam wegverkeer te verbeteren en de waarde van de mogelijkheden van in-car telematica te waarderen in termen van veiligheid, doorstroming, betrouwbaarheid en milieu. Er komen steeds meer mogelijkheden in het voertuig om de bestuurder te helpen comfortabel, veilig en zuinig te rijden. De ontwikkeling en implementatie van intelligente voertuigen in combinatie met innovatieve ontwikkelingen in verkeersmonitoring en verkeersmanagement dragen bij aan het algemene welzijn omdat het de huidige en toekomstige problemen in verkeer en vervoer helpt verminderen, cq. voorkomen. Hiervan zullen ook het milieu en de economie vanzelfsprekend profiteren. Het onderzoek geeft inzicht in de effecten van bestuurder-ondersteunende systemen op het comfort en verkeersveiligheid (people), schadelijke emissies (planet) en files (profit) in relatie tot de acceptatie door de autobestuurder.

Vanuit de kennisinstellingen hebben TNO, TU Delft, Universiteit Twente en de SWOV deelgenomen aan het project, vanuit het bedrijfsleven ST-Software en STOK (Stichting ter Ontwikkeling KM verzekeren) en vanuit de overheid was er samenwerking met het Wegen naar de Toekomst project De Rij-Assistent.

Uitgangspunten voor het project waren:

- Partnerschap tussen industrie, overheid en kennisinstellingen,
- Het in de praktijk ervaring opdoen met in-voertuigsystemen in interactie met verkeersmonitoring en -managementsystemen,

- Het leren omgaan met transities zoals het mengen van oude en nieuwe technologieën en de confrontatie van allerlei - soms tegenstrijdige - belangen van actoren; en
- Het bereiken van synergieën met bestaande (inter)nationale projecten.

Het project was gedefinieerd rondom twee pilots om zo de aansluiting met de praktijk te waarborgen en af te stemmen op de interesse van niet-onderzoek gerichte partijen. De private pilot was gericht op effecten en transitie- en implementatie-aspecten van ADAS (Advanced Driver Assistance Systems) toepassingen voor de private markt. De tweede pilot was gericht op de professionele markt. In deze pilot is een extra functionaliteit in navigatiesystemen beproefd om naast de kortste en de snelste route ook een veiligste route te kunnen kiezen, gekoppeld aan een financiële beloning van een verzekeraar.

Het project is onder andere ingegaan op:

- De rol van de bestuurder en zijn of haar behoeften en wensen voor in-voertuig intelligentie;
- Een simulatie-omgeving inclusief een adequate bestuurders modellering als een integraal onderdeel voor het ontwerpen, voorspellen en evalueren van effecten en effectiviteit van in-voertuig intelligentie;
- De effecten van intelligente voertuigsystemen zoals de file-assistent en Adaptive Cruise Control;
- De inhoudelijke relatie tussen intelligente voertuig-weg systemen en weggebruikers in termen van zowel motieven, bestemmingen, routes en operationele rij- of supervisetaken als de regelsaspecten daarbij;
- De noodzaak van praktijkervaring door het op de weg testen van concepten voor systemen met intelligentieniveaus die variëren van informatief, daadwerkelijke ondersteuning tot volledig geautomatiseerde (sub)systemen;
- Een voorbeeld business case voor in-voertuig intelligentie met onderzoek naar implementatie-aspecten via geavanceerde stakeholderanalyse.

Enkele voorbeeldresultaten zijn een afname van 60% van voertuigverliesuren bij gebruik van de file-assistent in congestie door 50% van alle voertuigen, 19% afname van voertuigverliesuren bij een intelligente, decentrale regeling met platoons, en een CO₂ reductie van 10-12% bij gebruik van ACC door alle voertuigen.

Onderzoek naar intelligente voertuigen heeft een sterke internationale scope. Disseminatie activiteiten waren daarom zowel nationaal als internationaal. Er was een sterke verbinding met internationale projecten, bijvoorbeeld CVIS, Safespot, eImpact, Eurofot, InSafety, EU Networks of Excellence, bijvoorbeeld HUMANIST en NEARCTIS, Global programs in de VS (PATH CA, VII) en Japan (Smartway). Daarnaast zijn op relevante congressen en seminars diverse artikelen gepubliceerd en gepresenteerd (ITS World Congress, TRB Annual Meeting, HFES Annual Meeting, IEEE, etc.).

Summary

The Intelligent Vehicles project referred to in-vehicle telematics applications in an intelligent road-vehicle system ranging from informing, actively assisting the driver at the navigation, maneuvering and control level to actually taking over (parts of) the driving task by autonomous control systems. There is a lot to gain by transitioning from road-based management towards a combination of both road-based and vehicle-based management, no longer only guiding traffic flows but also giving guidance to individual cars. Such a system offers clear perspectives for a sustainable road-vehicle system, with new improved levels of safety, traffic performance, reliability and reduced negative impacts on our living environment. The central objective was to use in-vehicle telematics as a breakthrough technology to improve quality of travel and sustainable traffic and to value the potential of in-car telematics in the context of an intelligent road-vehicle system in terms of safety, throughput, reliability and environment.

From the knowledge side, TNO, TU Delft, U. of Twente and the SWOV have taken part in the project, from the industry ST-Software and STOK (Stichting ter Ontwikkeling KM verzekeren), and from the government there was cooperation with the Roads to the Future project The Assisted Driver.

The project was set-up around a private car pilot and a professional pilot. The private car pilot aimed at taking a step beyond the current ADAS-equipped vehicles. ACC, Stop & Go, Congestion Assistant and advanced navigation systems with cooperative vehicle- infrastructure or vehicle-vehicle systems were included in this pilot. The goal of the professional pilot was to investigate how variable insurance costs can be used to influence the route choice of professional drivers based upon a safest-route advice. This was worked out in a real-world test with professional drivers, by presenting a safest-route advice on the navigation system of the drivers, with a reward by a reduction of the insurance costs and a feedback mechanism on driving behaviour.

The key innovative element in this research is the fact that in-car technology is getting increasingly important, while there is still little knowledge of the effects on the driver, traffic flow and the environment. Existing methods and tools for impact assessments of new traffic technologies need to be adapted to be able to handle in-car technologies correctly. This involved driving simulator studies and pilots with instrumented vehicles and adaptation of traffic simulation tools. These methods and tools were developed in a number of subprojects around the private pilot. Next to the development of tools for the evaluation of the systems, research about implementation aspects was carried out, including the valuation of outcomes, i.e. the (relative) importance given to both current and future outcomes by crucial stakeholders and how these outcomes can be translated into appropriate implementation strategies and promising business cases.

Some example results are a decrease of 60% delay time in congestion when 50% of the vehicles use the congestion assistant, a decrease of 19% delay time for intelligent, decentralized control with platoons, and a CO₂ reduction of 10-12% when all vehicles are using an ACC system.

Research on intelligent vehicles has a strong international dimension. Dissemination activities were therefore both national and international. There was a strong connection with international projects, e.g. EU projects, for example CVIS, Safespot, eImpact, EuroFOT, InSafety, EU Networks of Excellence, for example HUMANIST and NEARCTIS, Global programs in the USA (PATH CA, VII) and Japan (Smartway). Furthermore, a great number of papers have been published and presented at relevant congresses and seminars (ITS World Congress, TRB Annual Meeting, IEEE etc.).

1. Introductie

De strategie van de Nederlandse overheid is de laatste tijd verschoven van het bouwen van wegen naar een combinatie van bouwen en benutten. Verkeersveiligheid en milieu zijn hierbij belangrijke randvoorwaarden. Als voorbeeld, onveiligheid kost de Nederlandse samenleving jaarlijks circa 800 doden, 18.000 ziekenhuisgewonden en circa 12 miljard aan maatschappelijke kosten. Er moet rekening worden gehouden met de groeiende verkeersvraag en innovatieve manieren om gestelde doelen zowel ten aanzien van doorstroming, veiligheid en milieu te behalen. De combinatie van intelligente voertuigen en innovatieve ontwikkelingen in verkeersmonitoring en verkeersmanagement lijkt een oplossing te kunnen bieden. Gelet op de huidige prestaties van verkeersmanagement, wordt het duidelijk dat er nog veel te winnen is door over te gaan van weggebonden verkeersmanagement naar een combinatie van zowel weggebonden als voertuiggebonden management. Hierdoor kan niet langer het verkeer alleen op verkeersstroomniveau, maar ook op het niveau van individuele voertuigen worden begeleid. Dit kan leiden tot een duurzaam weg-voertuigstelsel, met verbeterd veiligheidsniveau, verkeersprestatie, betrouwbaarheid en verminderde negatieve gevolgen voor onze leefomgeving.

De centrale doelstelling van het project Intelligent Vehicles was om in-car telematica als een baanbrekende technologie te gebruiken om de kwaliteit van reizen en duurzaam wegverkeer te verbeteren en de waarde van de mogelijkheden van in-car telematica (in het kader van intelligente coöperatieve voertuig-weg systemen) te waarderen in termen van veiligheid, doorstroming, betrouwbaarheid en milieu. Er komen steeds meer mogelijkheden in het voertuig om de bestuurder te helpen comfortabel, veilig en zuinig te rijden. De vraag is of bestuurders op deze systemen zitten te wachten, of deze inderdaad leiden tot een betere veiligheid en vermindering van de emissies en of de systemen leiden tot minder of juist meer files. Het onderzoek geeft inzicht in de effecten van bestuurder-ondersteunende systemen op het comfort en verkeersveiligheid (people), schadelijke emissies (planet) en files (profit) in relatie tot de acceptatie door de autobestuurder. De ontwikkeling en implementatie van intelligente voertuigen in combinatie met innovatieve ontwikkelingen in verkeersmonitoring en verkeersmanagement dragen bij aan het algemene welzijn omdat het de huidige en toekomstige problemen in verkeer en vervoer helpt verminderen, cq. voorkomen. Hiervan zullen ook het milieu en de economie vanzelfsprekend profiteren.

Uitgangspunten voor het project waren:

- Partnerschap tussen industrie, overheid en kennisinstellingen,
- Het in de praktijk ervaring opdoen met in-voertuigsystemen in interactie met verkeersmonitoring en -managementsystemen,
- Het leren omgaan met transitieën zoals het mengen van oude en nieuwe technologieën en de confrontatie van allerlei - soms tegenstrijdige - belangen van actoren; en
- Het bereiken van synergieën met bestaande (inter)nationale projecten.

Het project gaat onder andere in op:

- De rol van de bestuurder en zijn of haar behoeften en wensen voor in-voertuig intelligentie;
- Een simulatie-omgeving inclusief een adequate bestuurders modellering als een integraal onderdeel voor het ontwerpen, voorspellen en evalueren van effecten en effectiviteit van in-voertuig intelligentie;
- In-voertuig intelligentie die geïntegreerde autonome regeling en bestuurdersondersteunende systemen omvat, betrekking hebbend op enerzijds de operationele rijtaak op navigatie-, manoeuvre en regelniveau en anderzijds het verkeersmanagement en transportefficiëntie;
- De inhoudelijke relatie tussen intelligente voertuig-weg systemen en weggebruikers in termen van zowel motieven, bestemmingen, routes en operationele rij- of supervisetaken als de regelaspecten daarbij;
- De noodzaak van praktijkervaring door het op de weg testen van concepten voor systemen met intelligentieniveaus die variëren van informatief, daadwerkelijke ondersteuning tot volledig geautomatiseerde (sub)systemen;
- Een voorbeeld business case voor in-voertuig intelligentie met onderzoek naar implementatie-aspecten via geavanceerde stakeholderanalyse.

2. Onderzoeksopzet/aanpak

Vanaf het begin is de insteek geweest om het project te definiëren rondom twee pilots om zo de aansluiting met de praktijk te waarborgen en af te stemmen op de interesse van niet-onderzoek gerichte partijen. De private pilot is gericht op effecten en transitie- en implementatie-aspecten van ADAS (Advanced Driver Assistance Systems) toepassingen voor de private markt van de individuele bestuurder en is geënt op de Wegen-naar-de Toekomst pilot De Rij-Assistent. De tweede pilot is gericht op de professionele markt. In deze pilot is een extra functionaliteit in navigatiesystemen beproefd om naast de kortste en de snelste route ook een veiligste route te kunnen kiezen, gekoppeld aan een financiële beloning van een verzekeraar.

Vanuit de kennisinstellingen hebben TNO, TU Delft, Universiteit Twente en de SWOV deelgenomen aan het project, vanuit het bedrijfsleven ST-Software en STOK (Stichting ter Ontwikkeling KM verzekeren) en vanuit de overheid was er samenwerking met het Wegen naar de Toekomst project De Rij-Assistent.

De Private pilot had als doel een stap verder te gaan met bestuurdersondersteunende systemen uitgeruste voertuigen. Tegenwoordig rijden voertuigen uitgerust met ACC (Adaptive Cruise Control) en LDWA (Lane Departure Warning Assistant), echter nog in relatief kleine getale. Deze pilot was gericht op het onderzoeken van combinaties van systemen die niet alleen potentie hebben op het gebied van rijcomfort, maar ook op het gebied van verkeersmanagement, veiligheid en milieu. Combinaties van ACC met Stop & Go of ACC met LK (Lane Keeping), ACC + friction monitoring en geavanceerde navigatiesystemen met voertuig-infrastructuur of voertuig-voertuigsystemen zijn voorbeelden die onderzocht zijn binnen dit project. In dit deelproject is onder andere ook samengewerkt met een deelproject uit Transumo ATMO op het gebied van bestuurdersmodellering voor het analyseren van verkeersveiligheid op kruisingen.

Het doel van de Professional pilot was om te onderzoeken in hoeverre variabele verzekeringskosten kunnen worden ingezet om de routekeuze van professionele bestuurders zodanig te beïnvloeden dat de verkeersveiligheid wordt bevorderd. Dit is uitgewerkt in een veiligste-route functionaliteit die toegevoegd is aan een in-car navigatiesysteem met een financiële prikkel voor individuele bestuurders om de veiligste-route ook daadwerkelijk te volgen.

De realisatie en implementatie van de professional pilot is uitgevoerd door STOK (Stichting ter Ontwikkeling van Kilometerverzekering). De theoretische onderbouwing, uitwerking en evaluatie van het concept is uitgevoerd door de kennispartners in Transumo IV (TNO, UT, SWOV, TU Delft). De betrokken verzekeraar, die het beloningsbudget ter beschikking heeft gesteld, is Univé. Het deelnemende bedrijf dat met zijn service monteurs als proefpersonen heeft gediend voor het systeem, is "Energy Service Noord-West" (een dochter van Nuon).

Het belang van in-car technologieën neemt de komende jaren alleen maar toe. Bestaande methoden en technieken voor de evaluatie van effecten in termen van verkeersafwikkeling, veiligheid en milieu moesten worden uitgebreid om effecten van nieuwe in-car technologieën goed en betrouwbaar in te kunnen schatten. De noodzakelijke uitbreiding van methoden en technieken werd gerealiseerd in diverse deelprojecten rondom de twee genoemde pilots met onder andere rijsimulatorstudies (o.a. van Driel, Hoedemaeker & van Arem, 2007; Schaap, van Arem & van der Horst, 2008), empirische praktijkproeven (Feenstra e.a., 2009), aanpassingen van verkeersstroommodellen (onder ander ITS-Modeller, een modelleerraamwerk waarmee in-car en coöperatieve systemen kunnen worden ontwikkeld, getest en geëvalueerd op verkeersstroomeffecten, verkeersveiligheid en milieu; Klunder, Faber & Li, 2009), implicaties van (de)centraal regelen van voertuigen in verkeersstromen (oa. Baskar, 2009) en stakeholder-analyses met behulp van vragenlijsten en workshops (Walta, Marchau, Walker & Brookhuis, 2007).

3. Resultaten en effecten

Procesmatig

Het Intelligent Vehicles (IV) project was, ondanks de tripartite Transumo aanpak, voornamelijk een wetenschappelijk en onderzoeksgericht project. De onderwerpen waren zodanig gekozen dat ze een logisch geheel vormen, maar afzonderlijk in deelprojecten uitgewerkt konden worden. Het uiteindelijke resultaat laat een mooie samenhang tussen alle onderwerpen zien, ondanks dat er geen sprake was van nauwe samenwerking tussen de deelprojecten. Deze samenhang kwam op het eindsymposium van het project in september 2009 nog eens duidelijk naar voren.

De brug naar de praktijk is geslagen in de beide pilots. De activiteiten in de private pilot waren mede gebaseerd op het door de overheid geïnitieerde Wegen naar de Toekomst project De Rij-assistent. In het IV project konden de resultaten van deze op zich beperkte praktijkproef worden opgeschaald naar mogelijke effecten van grootschalige toepassing en is meer inzicht verkregen in de potentie van in-voertuig rijtaakondersteuning of het overnemen van de rijtaak door automatische systemen. In de professionele pilot heeft STOK een theoretisch concept, uitgedacht door TNO, de UT en de SWOV, daadwerkelijk laten ontwikkelen en uitgetest op een groep proefpersonen, waarbij diverse industriële partners betrokken waren. Deze pilot heeft laten zien dat de vertaling van theorie naar praktijk nog niet vanzelfsprekend is. Allereerst de techniek; groot struikelblok daarbij was dat navigatiesystemen doorgaans niet open-source zijn, zodat het vinden van een geschikt systeem en het correct werkend krijgen van het systeem aanzienlijk meer tijd kostte dan verwacht. Daarnaast bleek de groep testdeelnemers door eerdere ontwikkelingen in het bedrijf (o.a. implementatie van een systeem om de werknemers te volgen) argwanend te staan tegenover nieuwe ontwikkelingen. Ook verliep de communicatie met deze groep zeer moeizaam. Uiteindelijk heeft dit alles geresulteerd in een praktijkproef van beperkte omvang die het trekken van steekhoudende conclusies niet goed mogelijk heeft gemaakt, anders dan dat het goed inzicht heeft gegeven in de huidige mogelijkheden en onmogelijkheden van de beschikbare techniek voor een real-time systeem voor veiligste-route advies en beloning.

Verskil in werkwijze en bekendheid met onderzoeksprojecten tussen industriële en kennispartners heeft er toe geleid dat de communicatie tussen deze partijen soms moeizaam is verlopen en het voor de IV-projectleiding moeilijk was om tijdens het project een goed beeld van de voortgang te krijgen en zonodig bij te sturen of hulp te bieden.

Direct inhoudelijke samenwerking met andere Transumo projecten heeft maar beperkt plaatsgevonden. Bekendheid met de inhoud van de andere Transumo projecten uit het Verkeersmanagement cluster was er enerzijds door actieve deelname aan het clusteroverleg, aan themamiddagen en bijeenkomsten TRADUVEM, en anderzijds doordat enkele projectmedewerkers ook in andere Transumo projecten uit dit cluster werkzaam waren.

Lessons learned:

Een geleerde les betreffende de projectuitvoering is dat het projectmanagement van een dergelijke complexe en onderzoeksgerichte professionele pilot beter niet volledig bij een industriële partij gelegd kan worden. Aangezien een industriële partij vooral gericht is op de praktische uitvoering, is er te weinig aandacht voor de wetenschappelijke randvoorwaarden om tot een goed onderzoek te kunnen leiden. Ook krijgen onderzoeksgerichte projecten bij industriële partijen vaak minder prioriteit. In het algemeen blijkt de tijdshorizon voor kennisinstellingen en bedrijfsleven behoorlijk verschillend te liggen, het bedrijfsleven richt zich vooral op concrete, snel realiseerbare doelen voor de korte termijn (maximaal 1 jaar), de kennisinstellingen richten zich meer op de langere termijn met inzet van AIO's (termijn tenminste 4 jaar) en meer gericht op toekomstige concepten dan op direct commercieel toepasbare producten.

Omdat het project Intelligent Vehicles een van de eerste goedgekeurde projecten was, hebben we in het begin veel te maken gehad met steeds veranderende spelregels en vooraf niet geplande verzoeken voor het aanleveren van extra informatie, bijdragen en deelnemen aan Transumo bijeenkomsten, clusteroverleggen, etc. Dit alles heeft ertoe geleid dat er onevenredig veel tijd en energie (en dus geld) is gaan zitten in het optuigen van het project (van der Horst & Malone, 2006a). We beseffen terdege dat Transumo met handen en voeten gebonden was aan de BSIK regels en de extra strenge eisen die V&W eraan stelde. Controle op controle met jaarlijkse accountantsverklaringen per partner, de trage totstandkoming van het project (meer dan een jaar), de onzekerheid over continuering halverwege (vanwege de knip) en de jaarcontracten, enkele keren naar beneden bijstellen van de BSIK bijdrage, hebben zeker in het begin bijgedragen aan een trage start en het afhaken van een belangrijke industriële partner. Voor de meeste kennispartijen moest ruim meer dan de helft van het budget uit eigen middelen worden

bekostigd. Echte innovatie door middel van stimulering vanuit de overheid zal beter gedijen als aansturing van de projecten meer gebaseerd kan worden op vertrouwen (met natuurlijk verantwoording achteraf) in plaats van op wantrouwen vanuit de idee dat partijen er kennelijk alleen op uit zijn geld op te strijken zonder daar inhoudelijk iets voor te presteren. In de loop van het traject heeft Transumo de processen en procedures wel gestroomlijnd en verbeterd vanuit het besef dat projectleiders en Transumo een gezamenlijk belang hadden.

Inhoudelijk

In de diverse wetenschappelijke subprojecten zijn veel inhoudelijk gerelateerde leerpunten opgedaan en is nieuwe kennis beschikbaar gekomen over mogelijke impact van intelligente voertuigen. Daarnaast zijn nieuwe methodologieën en tools ontwikkeld en is aangetoond dat die effectief en efficiënt kunnen worden ingezet voor het beantwoorden van vragen over nut en noodzaak. Onderstaand is van elk van de deelprojecten een korte omschrijving gegeven en worden de belangrijkste resultaten vermeld.

Friction Monitoring

Binnen het TRANSUMO project IV en het EU-project REACT is een systeem ontwikkeld om de wrijving tussen band en wegdek te schatten ('meten') voor implementatie in het voertuig. Het resulterende algoritme heet de 'friction monitor' en werkt op basis van bestaande sensoren in het voertuig. De friction monitor is continu actief in de auto waardoor continu de wrijving wordt geschat. Hierdoor heeft het de potentie het verkeer veiliger en efficiënter te maken door minder ongevallen ten gevolge van glad wegdek. De friction monitor werkt goed bij hogere slip niveaus (forse manoeuvres) en redelijk bij lagere slipniveaus (normale manoeuvres). Een eerste versie is geïmplementeerd in een test voertuig en geëvalueerd. Het voertuig is ook bij enkele nationale manifestaties gedemonstreerd. Het schatten van de wrijving bij rechtuit rijden dient nog wel verder onderzocht te worden (Willemsen, 2007).

De File-assistent

Een voorbeeld van toepassing van nieuwe in-car technologieën is de File-assistent die is ontwikkeld en getest in een rijnsimulator (zie figuur 1) om effecten op rijgedrag, werkbelasting en acceptatie te onderzoeken en met de ITS-Modeller voor de evaluatie van verkeerskundige effecten (Van Driel, 2007). De File-assistent waarschuwt de bestuurder bij het naderen van een file, helpt de bestuurder via een actief gaspedaal tijdig snelheid te verminderen en neemt in de file het regelen van de snelheid en van de afstand tot de voorligger over. Verkeerssimulaties laten zien bijvoorbeeld bij een versmalling van vier naar drie rijstroken dat als 10% uitgerust is met een file-assistent de totale verliestijd in de file al met 30% afneemt, en als 50% van de voertuigen is uitgerust, is de afname zelfs 60%. Een file-assistent maakt het verkeer vlotter, veiliger en comfortabeler en het verdient sterke aanbeveling een dergelijk concept ook daadwerkelijk op de weg in werkelijk verkeer te testen.

De Rij-Assistent

In de praktijkproef met de Rij-Assistent reden negentien voertuigen uitgerust met ACC en LDWA vijf maanden lang op de weg rond (Alkim, Bootsma & Looman, 2007). Met name de praktijkgegevens over het in- en uitschakelen van de ACC zijn gebruikt om het bestaande microsimulatiemodel ITS-Modeller te calibreren en te valideren, wat leidde tot een meer realistische inschatting van effecten van ACC-systemen (Pauwelussen & Minderhoud, 2008; Klunder, Li & Minderhoud, 2009). Hiertoe zijn o.a. coöperatieve gedragsmodellen ontwikkeld en geïmplementeerd in de ITS modeller: deze modellen geven een realistischere representatie van het invoeggedrag van bestuurders zonder ondersteunende systemen, zoals het inhouden om ruimte te maken voor invoegers. Deze modellen zijn nodig om de effecten van systemen zoals ACC beter te kunnen simuleren, omdat deze niet altijd de mogelijkheid hebben voor coöperatief gedrag. Het meenemen van het aan- en uitschakelgedrag van de ACC bleek een groot effect te hebben op de verkeersstroom (dit werd niet eerder meegenomen in verkeerssimulatiestudies) en ACC kan (zelfs bij grotere volgafstand dan bestuurders doorgaans zelf hanteren) de

voertuigverliesuren doen afnemen met 45% en de capaciteit laten toenemen met 7%. Zonder files wordt dit resultaat al gehaald bij een 10% ACC-penetratiegraad. Tevens zijn er aan de hand van de gemeten data van de rij-assistent en met behulp van simulaties gedetailleerde emissie-effecten bepaald van de ACC. Dit liet o.a. zien dat wanneer alle voertuigen ACC gebruiken, een CO₂ reductie van zo'n 10-12% haalbaar is.

Decentraal regelen met intelligente voertuigen

Toekomstige scenario's, waarin alle voertuigen intelligent worden geregeld, zijn onderzocht in een studie naar next-generation verkeersregelingen en verkeersmanagement. Hierbij vindt een verschuiving plaats van de wegwijk naar het voertuig en de individuele gebruiker, alsook naar netwerkbreed verkeersmanagement. Intelligente voertuigen worden aangestuurd in 'platoons', dat wil zeggen in groepen van enkele elkaar op korte afstand volgende voertuigen. Dit leidt tot een betere benutting van de wegcapaciteit en tot meer vloeiende verkeersstromen (Baskar, De Schutter & Hellendoorn, 2007). Simulaties laten zien dat op netwerkniveau ten aanzien van voertuigverliesuren wel 25% verbetering bereikt kan worden (Baskar, 2009). In dit deelproject is een simulatiemodel (inclusief deelmodellen voor ISA, ACC, lane change, en car following) opgezet dat geschikt is om te gebruiken als predictiemodel binnen de MPC (model predictive control) methode voor een coöperatief voertuig-weg verkeersmanagementsysteem op basis van een hiërarchische structuur en platooning.

Bestuurdersgedrag op kruispunten

Tot nu toe zijn er vooral bestuurdersmodellen beschikbaar die zich richten op een enkel niveau van de rijtaak (of strategisch, of manoeuvre-, of regelniveau). Het innovatieve in dit deelproject is het modelleren van het proces hoe bestuurders schakelen tussen de verschillende niveaus, wat juist op kruispunten in stedelijk gebied van belang is. In een rijsimulatorstudie zijn effecten van onverwachte gebeurtenissen op het bestuurdersgedrag onderzocht zoals het plotseling afremmen van een voorligger of een voertuig dat van links komt en geen voorrang verleent. De momentane werkbelasting blijkt van invloed op de duur van het effect van onverwachte gebeurtenissen. Bij hoge werklast keren bestuurders eerder naar hun oorspronkelijk rijgedrag terug (Schaap, van Arem & van der Horst, 2008). Afleiding/werklast blijkt dus een belangrijke component waarmee bij de interactie tussen ADAS en bestuurders en de benodigde systeem response rekening gehouden moet worden.

Snelheidsondersteuning met intelligente voertuigen

Innovatieve voertuigmaatregelen hebben een toegevoegde waarde ten opzichte van meer traditionele maatregelen voor snelheidsbeheersing zoals infrastructuur, handhaving en voorlichting omdat het intelligente voertuig het mogelijk maakt informatie over zowel statische als dynamische snelheidslimieten altijd en overal aan de bestuurder kenbaar te maken. Morsink et al. (2007) geven een goed overzicht van onderzoek naar positionering, effecten, acceptatie en implementatiemechanismen van intelligente voertuigmaatregelen gericht op snelheidsbeheersing. ISA (Intelligent Speed Adaptation) systemen kunnen in de informerende versie een reductie in dodelijke ongevallen van 20% bewerkstelligen, schattingen van effecten voor een snelheidsafdwingende ISA gaan wel tot 50% reductie in dodelijke ongevallen, maar de acceptatie van dergelijke ISA systemen ligt een stuk lager. Misschien wordt er overall een beter resultaat bereikt met een informerende ISA die op grote schaal geaccepteerd wordt dan een dwingende ISA die maar voor een kleine groep weggebruikers geaccepteerd wordt. Een typisch implementatie vraagstuk. Binnen dit deelproject is ook voor andere intelligente voertuigsystemen (o.a. Electronic Stability Control (ESC), Lane Departure Warning System (LDWS), Advanced Cruise Control (ACC) en Emergency call (eCall) een inschatting gemaakt van mogelijke veiligheidseffecten (Christoph, 2009). Deze systemen lijken elk afzonderlijk een positief effect te hebben, maar er blijkt nog weinig bekend over mogelijk overlappende effecten of interacties tussen de verschillende systemen.

Effect van in-car informatie op routekeuze

Met het beschikbaar komen van steeds meer bronnen voor verkeersinformatie neemt de vraag toe wat het effect is van deze bronnen op het verkeer op de weg. Ook wordt deze informatie steeds vaker verschoven van de wegwijk naar in het voertuig, zoals met navigatiesystemen. In het project zijn een tweetal modellen ontwikkeld om het routekeuzegedrag en het effect op de verkeersstromen te kunnen onderzoeken. Om het gedrag van de weggebruiker in beeld te kunnen brengen is een routekeuzesimulator ontwikkeld waarmee het routekeuzegedrag van proefpersonen in (fictieve) netwerken kan worden vastgelegd en geanalyseerd. Om het effect van verkeersinformatie op de verkeersstromen op netwerk niveau te kunnen bepalen, is het "modelling framework" ITS modeller uitgebreid met een routekeuzemodel (Klunder, Faber & Li, 2009). Hiermee is een case-study uitgevoerd op het netwerk tussen Utrecht en Amersfoort, waarbij het effect van in-car informatie wordt vergeleken met het effect van informatie aangeboden op DRIPs (Dynamische Route Informatie Panelen). Enkele resultaten van deze case-study zijn dat verkeersinformatie zorgt voor een afname van de reistijd in geval van een ongeval. Het effect van een DRIP was groter dan van in-car informatie. Voorgenomen stappen voor verder onderzoek en toepassing van het routekeuzemodel zijn:

- Validatie van de effecten van verkeersinformatie
- Toepassen routekeuze model voor wegbeheerders (Bepalen van de optimale locatie voor DRIPs, bepalen van geschikte boodschap op DRIPs)
- Toepassen routekeuze model voor service providers: bepalen van de voordelen van persoonlijke in-car informatie en navigatie diensten

Daarnaast is een web survey opgezet om het routekeuzegedrag van een grotere groep proefpersonen vast te leggen, bij het veiligste route-advies van de professional pilot. In een voor- en na-vragenlijst zijn keuzes voorgelegd met en zonder financiële incentive en een veiligheidsscore. De resultaten laten zien dat het veiligheidsadvies niet van invloed is op de routekeuze van de bestuurders, maar de financiële incentive wel. Incentives zijn daarom een bruikbaar en efficiënt hulpmiddel om bestuurders een bepaalde route te laten volgen (Bie, van Arem & Lo, 2008; Feenstra et al., 2009).

Implementatie aspecten

In het projectonderdeel implementatie aspecten is kennis ontwikkeld over de vraag van welke partijen (publiek en/of privaat) kan worden verwacht dat ze actie gaan ondernemen om de gebruikersadoptie van Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) te vergroten, en hoe dit afhangt van de acties die andere partijen ondernemen. Hiertoe is een Stated Preference onderzoek ontwikkeld waarin actoren een aantal situaties kregen voorgelegd, bestaande uit een bepaald type ADAS en de implementatie opties die door andere actoren werden gebruikt, waarop zij konden reageren door hun waardering aan te geven voor het toepassen van een aantal implementatie opties als reactie op de aangegeven situatie. Dit onderzoek is uitgevoerd door middel van een websurvey onder respondenten vanuit de overheid, automobiellindustrie en verzekeraars. Op basis van de verkregen gegevens is een analyse gemaakt van de bereidheid van deze actoren om actie te gaan ondernemen, en hoe deze bereidheid afhangt van het type ADAS en de acties van anderen. Daarnaast is op basis van de gegevens uit de websurvey de waarschijnlijkheid van bepaalde interacties tussen de actoren onderzocht (o.a. Walta, et al., 2008).

Veiligste route-algoritme STOK pilot

STOK heeft een volwaardig backoffice-systeem en een applicatie voor een open navigatieplatform ontwikkeld i.s.m. software- en applicatieontwikkelaars, waaronder Falk voor de implementatie en real-time berekening van het veiligste route algoritme in een bestaand navigatiesysteem. In het back-office systeem komen registratie, analyse, communicatie (met zowel de eindgebruiker alsmede de aangesloten partners) samen op één platform. Het systeem kan via de navigatiesystemen in de voertuigen en via een webportaal communiceren met de eindgebruiker. De pilot is uitgevoerd bij 30 onderhoudsmonteurs voor een groot energiebedrijf. STOK heeft de praktische uitvoering van de pilot gedaan en heeft de deelnemende overige partijen gecommiteerd aan het project: de vervoerder, verzekeraar (Univé), leverancier van

navigatiesystemen en ontwikkelaar van navigatiesoftware inclusief veiligste route-advies (Falk). De daadwerkelijke proef is voorjaar en zomer 2009 uitgevoerd. Resultaten zijn gerapporteerd in [Feenstra e.a., 2009].

De professional pilot heeft een duidelijk inzicht gebracht in de mogelijkheden en onmogelijkheden van de beschikbare techniek voor een dergelijk real-time systeem voor route-advies en beloning. Erg veel tijd is opgegaan in het mobiliseren van verzekeraars en navigatieleveranciers. Verzekeraars zijn van nature sceptisch en gebaseerd op statische actuariële modelvorming, hoewel ze wel van het nut van een dynamisch model zijn doordrongen. Voor de ontwikkeling van het navigatieplatform was het grootste probleem dat de meeste navigatiesystemen niet of slechts gedeeltelijk beschikken over een open interface, zodat de gewenste functionaliteit niet aan het systeem toegevoegd kon worden. Voor het deelnemende bedrijf stuitte het project aanvankelijk op argwaan bij de proefpersonen, omdat zij vreesden dat de monitoring informatie ook voor andere doeleinden gebruikt zou worden voor het controleren van de werknemers (werktijden etc). Uiteindelijk zijn al deze problemen zo goed mogelijk opgelost en zijn we erin geslaagd de deelnemende voertuigen daadwerkelijk uit te rusten met een prototype van het systeem met een veiligste route advies, het routegedrag van de deelnemers te monitoren en navenant te belonen.

4. Verankering en doorwerking

Onderzoek naar intelligente voertuigen heeft een sterke internationale insteek. Een dergelijk groot investeringsproject gericht op het versterken van de kennis over intelligente voertuigen op het gebied van verkeersmanagement moet zowel internationaal georiënteerd zijn, als ook nationaal om de implementatie-aspecten te kunnen adresseren. Disseminatie activiteiten zijn daarom zowel nationaal als internationaal. Er is een sterke verbinding met internationale projecten:

- EU projecten, bijvoorbeeld CVIS, Safespot, eImpact, Eurofot, InSafety.
- EU Networks of Excellence, bijvoorbeeld HUMANIST en NEARCTIS
- Global programs in de VS (PATH CA, VII) en Japan (Smartway)

Daarnaast zijn relevante congressen en seminars regelmatig bezocht door de projectmedewerkers, waarbij kennis werd uitgewisseld en relationele netwerken werden opgebouwd en onderhouden. Binnen het project werkten mensen uit diverse landen (India, China, Iran) en zijn diverse buitenlandse experts geconsulteerd (bijvoorbeeld op de vakgebieden beprijzen en bestuurdersgedrag).

Nederland zit bij de meest vooruitstrevende Europese landen op het gebied van IV / ADAS. TRANSUMO IV heeft hier aan bijgedragen door de o.a. de ervaring over het opzetten en uitvoeren van FOTs met de professionele pilot. De professionele pilot heeft tevens aangetoond dat verzekeraars en bedrijven waarvan de werknemers veel werkgerelateerde ritten uit moeten voeren, bereid zijn samen te werken met industriële partijen om het verkeersgedrag te beïnvloeden, aangezien dat voor alle partijen tot lagere kosten kan leiden. De resultaten van het onderzoek naar routekeuzebeïnvloeding met een financiële prikkel kunnen impact hebben op verkeers- en vervoersbeleid, zowel op nationaal als op Europees niveau. Aangezien in het project is aangetoond dat (financiële) incentives een win-win situatie kunnen creëren, opent dit nieuwe mogelijkheden in het verkeers- en vervoersbeleid. Ook geeft dit door mogelijke winstgevendheid bedrijven en verzekeraars de kans om mee te doen aan een dergelijk project.

Daarnaast hebben diverse onderzoeken in Transumo IV, waaronder het werk van promovenda Leonie Walta in InSafety, een belangrijk aandeel gehad in de Nederlandse onderzoeksbijdrage. Van het project InSafety wordt bovendien binnenkort een boek uitgebracht door Springer Verlag. Het Transumo IV eindsymposium heeft de effecten van intelligente voertuigen inzichtelijk gemaakt voor een groot (Nederlands) publiek. Het symposium was goed bezocht door met name publieke organisaties (o.a. wegbeheerders) en de private sector. Dit creëert draagvlak bij deze partijen voor de implementatie van deze intelligente voertuigsystemen. Ook worden momenteel gesprekken met Nederlandse gemeenten gevoerd over de toepassing van het in TRANSUMO ontwikkelde routekeuzemodel voor de evaluatie van verkeersinformatie systemen.

Het project heeft ruim aandacht besteed aan kennisverspreiding en communicatie. Enkele voorbeelden:

- De definitieve versie van het rapport Speed Support through the Intelligent Vehicle is opgeleverd. Ook is hierover een lezing gegeven tijdens KIVI NIRIA RAI symposium Op weg naar Integrale Veiligheid (maart 2007, SWOV).
- Een belangrijk evenement was het TNO symposium Coöperative Vehicles in Eindhoven, waar diverse kennispartners hun bijdrage aan het TRANSUMO project IV actief hebben uitgedragen met papers, presentaties en stand bijdragen. Ook is deelgenomen aan diverse workshops in het kader van IV gerelateerde EU projecten (REACT, HUMANIST, E-IMPACT, InSafety). Speciaal is aandacht besteed aan het uitdragen van de plannen.
- In Maart 2008 heeft TNO geparticipeerd op het Platos colloquium, over het Transumo ATMO en Transumo IV onderwerp betreffende het modelleren van bestuurdersgedrag op kruisingen voor veiligheidsanalyses. Als afsluiting heeft het IV project een symposium gehouden om haar resultaten aan een groot publiek bekend te maken. Het symposium heeft zo'n 60 bezoekers gehad en heeft enthousiaste reacties opgeleverd.
- De uitkomsten van de deelprojecten werden op internationale wetenschappelijke conferenties gepubliceerd (o.a. IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV'07), IEEE Conference on Decision and Control (CDC'07), ITS World Congress Beijing (2007) en Stockholm (2009), TRB Annual Meeting, 11th World Congress on Transportation Research, Berkeley, International Symposium on Transport Simulation in Australië (ISTS'08)). Een artikel over de resultaten van het deelproject over hierarchical control is verschenen in het internationale, peer-reviewed tijdschrift IEEE Transactions on Control Systems Technology.

5. Projectsucces

De centrale doelstelling van het Transumo-project Intelligent Vehicles was om in-car telematica als een baanbrekende technologie te gebruiken om de kwaliteit van reizen en duurzaam wegverkeer te verbeteren en de mogelijkheden van in-car telematica (in het kader van intelligente coöperatieve voertuig-wegsystemen) te waarderen in termen van veiligheid, doorstroming, betrouwbaarheid en milieu. Er komen steeds meer mogelijkheden in het voertuig om de bestuurder te helpen om comfortabel, veilig en zuinig te rijden.

De planet-aspecten die voor het project het meest van belang zijn, zijn verbetering van de lokale luchtkwaliteit en vermindering van CO₂ uitstoot (klimaatverandering). Intelligente voertuigen kunnen hieraan bijdragen door enerzijds de emissie per kilometer te verminderen door bijvoorbeeld het voertuig- en bestuurdersgedrag aan te passen op regelniveau en het verkeer te homogeniseren, en anderzijds door het gedrag van de bestuurder op het strategische niveau te beïnvloeden (routekeuze en/of vertrektijdstop) om congestie en lokale normoverschrijdingen te verminderen.

In het project is op verschillende manieren aan deze duurzaamheidsaspecten gewerkt: direct door het bepalen van de emissie-effecten van intelligente voertuigsystemen zoals Adaptive Cruise-Control (tot 10-12% CO₂ reductie mogelijk bij 100% ACC uitgeruste voertuigen), indirect door het ontwerpen en evalueren van systemen die de doorstroming van het verkeer verbeteren (decentraal regelen en automatisch platoon rijden bijvoorbeeld geeft een winst van 25% in voertuigverliesuren) en door na te gaan hoe bestuurdersgedrag en routekeuze beïnvloed kan worden. Een literatuurstudie naar effecten van in-voertuig ondersteuning ter bevordering van zuinig rijden heeft laten zien dat besparingen van 5 tot 25% mogelijk zijn. Het WnT project De Belonitor was gericht op veiliger rijgedrag (zich houden aan de maximum snelheid en veilige afstand tot voorligger aanhouden) liet ook een besparing op het brandstofverbruik zien van 5.5%. Aanpassing van het routekeuzegedrag is onderzocht in de professional pilot van het IV project, door het verstrekken van een veiligste route-advies op een navigatiesysteem aan professionele bestuurders, gekoppeld aan een financiële beloning van de verzekeraar. Deze

toepassing zou ook op milieu gericht kunnen worden in plaats van op verkeersveiligheid, bijvoorbeeld door een schoonste route-advies te verstrekken of zuinig rijgedrag te belonen. De kennis die in deze pilot is opgedaan, is ook bruikbaar voor de ontwikkeling van een dergelijk systeem en het beïnvloeden van bestuurdersgedrag op het vlak van duurzaamheid. Het verminderen van congestie heeft doorgaans ook een positief effect op de luchtkwaliteit. In gevallen waarin dit niet het geval is (doordat de doorstroming bijvoorbeeld zoveel verbeterd wordt dat de hoeveelheid verkeer veel groter wordt), dient een afweging gemaakt te worden tussen deze conflicterende doelen. Ook daaraan is in het IV project aandacht gegeven door toepassing van de 'netwerkmanager'. Ook een op veiligheid gericht in-voertuig systeem als ISA (Intelligent Speed Adaptation) kan naast positieve veiligheidseffecten ook resulteren in minder uitstoot. Een ISA studie in Zweden (lund) liet een reductie in CO₂ zien van 11%, in NO_x van 7% en in HC van 8%, maar deze effecten zijn wel ster afhankelijk van type weg en soort ISA.

De systemen die in het IV project onderzocht zijn, betreffen toepassingen en concepten die op grote schaal toegepast kunnen worden. Voorbeelden zijn bestuurdersondersteunende systemen zoals Adaptive Cruise-Control, de fileAssistent, Intelligent Speed Adaptation, Platooning, beïnvloeding van routekeuzegedrag middels in-voertuig informatie en/of een beloningssysteem. Enkele van deze systemen zijn al op de markt (ACC), of staan op het punt de markt te betreden (ISA), terwijl andere naar verwachting nog lange tijd nodig zullen hebben voordat ze in de praktijk toegepast kunnen worden (platooning).

In het project zijn de emissie-effecten gekwantificeerd met behulp van het TNO emissiemodel Versit+(micro). Dit model is gecalibreerd met een zeer grote hoeveelheid meetdata en kan nauwkeurige emissieberekeningen doen op basis van verkeersgegevens van individuele voertuigen op seconde basis. Omdat het model volledig eigendom van en ontwikkeld door TNO is, is het model volledig flexibel toe te passen op bijvoorbeeld andere samenstellingen van het wagenpark. Een light versie van dit model is commercieel beschikbaar. In combinatie met Vissim is dit model eigendom van Vialis en TNO onder de naam Enviver. Met Versit+(micro) zijn in het IV project reeds de CO₂, NO_x en PM10 emissies geschat uit de data van de geïnstrumenteerde voertuigen met ACC en Lane Departure Warning in de proef met de RijAssistent (Wegen naar de Toekomst) en uit gesimuleerde data van dit ACC systeem met het verkeerssimulatiemodel ITS modeller van TNO.

Daarnaast zijn in het project nieuwe modelleertools ontwikkeld, zoals het routekeuzemodel, wat bij zal dragen aan het beter inschatten van de effecten van verschillende soorten verkeersinformatie. Met de grote toename van navigatiesystemen en DRIPs zal dit steeds grotere effecten krijgen op het verkeer.

Ten aanzien van de huidige problematiek in het wegverkeerssysteem wordt veel heil verwacht van allerlei ICT-toepassingen. Een combinatie van intelligente voertuigen en intelligente wegen zal uiteindelijk de meest optimale en effectieve oplossingen geven. De potentie van co-operative road-vehicle systems is inmiddels zowel nationaal als internationaal onderkend. De partners in het TRANSUMO Intelligent Vehicles-project nemen actief deel aan allerlei samenwerkingsverbanden waarbij diverse functionaliteiten vanuit het intelligente voertuig op hun merites worden onderzocht. De IV-professionele pilot richtte zich op het terugdringen van congestie, het verminderen van schadelast, nieuwe mogelijkheden voor accurate beprijzing van mobiliteit, verbetering in verkeersmanagement en, uiteindelijk ook, vermindering van CO₂. Zowel autoverzekeringsmaatschappijen als hun klanten (bedrijven en particulieren) hebben belang bij het ontwikkelen van diensten die het mogelijk maken te (laten) betalen afhankelijk van waar en hoe men rijdt. Inzicht in hoe mensen reageren op beprijzingsmechanismen is ook van groot belang voor de Nederlandse overheid die anders betalen voor mobiliteit als een van de speerpunten van haar beleid heeft gemaakt.

Trefwoorden

Intelligent Vehicles, ADA systemen, File-Assistent, Platooning, Hierarchical control, ACC, Friction monitoring, micro-simulatie, ITS modeller, bestuurdersgedrag op kruispunten, routekeuze, veiligste route, CO₂, emissies, ISA, stakeholder analysis, traffic safety, throughput,

Literatuurverwijzingen

Alkim, T., Bootsma, G. & P. Looman (2007). *De Rij-Assistent: Systemen die het autorijden ondersteunen*. Delft: Rijkswaterstaat Wegen naar de Toekomst.

Baskar L.D. (2009). *Traffic Management and Control in Intelligent Vehicle Highway Systems*. PhD thesis. Delft: Delft University of Technology.

Baskar, L.D., De Schutter, B. & H. Hellendoorn (2007). Hierarchical traffic control and management with intelligent vehicles. In: *Proceedings of the 2007 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV'07), Istanbul, Turkey*, 834-839.

Bie, J., B. van Arem, H.K. Lo (2008). The effect of a safety-based incentive structure on route choice behaviour over time: a day-to-day dynamical system approach. *Proceedings: The 10th TRAIL Congress, 14-15 October 2008, Rotterdam* [available at: <http://www.aida.utwente.nl/research/publications/TRAIL2008-Bie.pdf>]

Christoph, M. (2009). *Effectschatting Intelligente Voertuigsystemen*. (SWOV-rapport R-2009-...). Leidschendam: Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (to be published).

Driel, C.J.G. (2007). *Driver support in congestion- an assessment of user needs and impacts on driver and traffic flow*. PhD Thesis. Enschede: University of Twente.

Driel, C.J.G. van, M. Hoedemaeker & B. van Arem (2007). Impacts of a Congestion Assistant on driving behaviour and acceptance using a driving simulator, *Transportation Research Part F, vol. 10, no. 2*, 139-152.

Feenstra, P.J, Klunder, G.A., Paau, S. & L. Walta (2009). *Professional Pilot Transumo IV - Study on a Safest-route Functionality with Financial Incentive for Professional Drivers*. (TNO report DV....). Soesterberg: TNO Human Factors (in press).

Klunder, G.A., Faber, F. & M. Li (2009). *Transumo Intelligent Vehicles – subproject Modelling Framework. Implementation and results of extended models for the ITS modeller: Cooperative driver behaviour, ACC and route choice model*. (TNO report TNO-034-DTM-2009-03819). Delft: TNO Mobility and Logistics.

Klunder, G., Li, M. & M. Minderhoud (2009). Traffic Flow Impacts of ACC Deactivation and (re)Activation with Cooperative Driver Behaviour. (TRB-Paper 09- 2789). Paper presented at 88th TRB Annual Meeting 11-15 January 2009. Washington, D.C:Transportation Research Board.

Morsink, P., Goldenbeld, Ch., Dragutinovic, N., Marchau, V., Walta, L.& K. Brookhuis (2007). *Speed support through the intelligent vehicle; Perspective, estimated effects and implementation aspects*. (SWOV-report R-2006-25). Leidschendam: SWOV.

Pauwelussen, J. & M. Minderhoud (2008). The effects of de-activation and (re)activation of ACC on driving behaviour analyzed in real traffic. *2008 IEEE Intelligent Vehicles Symposium. Eindhoven University of Technology. Eindhoven, The Netherlands, June 4-6, 2008*, 257-262.

Schaap, T.W., B. van Arem & A. R. A. van der Horst (2008). Drivers' behavioural reactions to unexpected events: influence of workload, environment and driver characteristics. In: H. J. van Zuylen, A. J. van Binsbergen (eds). *TRAIL In Perspective, Selected Papers 10th International TRAIL Congres*. ISBN 978-90-5584-112-7, pp. 213-231.

Schaap, T.W., Horst, A.R.A. van der & B. van Arem (2008). Influence between levels of the driving task and the level of unexpectedness: design of a driving simulator experiment. *Proceedings European Conference on Human Centred Design for Intelligent Transport Systems. Lyon, April 3-4, 2008. Bron Cedex: INRETS*, 131-140.

Walta, L., Marchau, V., Walker, W. & K. Brookhuis (2007). Methodologies to Investigate Stakeholder Prioritization of Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) Policies. *11th World Congress on Transportation Research, Berkeley, CA*.

Walta, L., Marchau, V. & K. Brookhuis (2008). Stakeholder opinions on Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) policies. *Proceedings of the 10th AATT conference, May 2008, Athens*.

Willemsen, D.M.C. (2007), Sensing Traffic Together. *Transport Matters* (digitale nieuwsbrief van TNO Verkeer en Vervoer).

Bijlage 1: Publicaties (artikelen en rapportages):

Baskar, L.D., De Schutter, B., Hellendoorn, H., Papp, Z. & T. van den Boom (2006). Hierarchical traffic control and management with intelligent vehicles. (Tech. rep. 06-040). Delft: Delft University of Technology. Delft Center for Systems and Control.

Baskar, L., De Schutter, B. & H. Hellendoorn (2006). Decentralized traffic control and management with intelligent vehicles. *Proceedings of the 9th TRAIL Congress 2006 - TRAIL in Motion - CD-ROM, Rotterdam, The Netherlands*, 16 pp. (Copyrighted, mag niet op Transumo Extranet geplaatst worden!)

Baskar, L.D., De Schutter, B. & H. Hellendoorn (2007). Hierarchical traffic control and management with intelligent vehicles. In: *Proceedings of the 2007 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV'07), Istanbul, Turkey*, 834-839. Copyrighted, mag niet op Transumo Extranet geplaatst worden!

Baskar, L.D., De Schutter, B. & H. Hellendoorn (2008). Model predictive control for intelligent speed adaptation in intelligent vehicle highway systems. *Proceedings of the 17th IEEE International Conference on Control Applications, San Antonio, Texas*, 468-473. Copyrighted, mag niet op Transumo Extranet geplaatst worden.

Baskar, L., De Schutter, B. & H. Hellendoorn (2008). Intelligent speed adaptation in intelligent vehicle highway systems - A model predictive control approach. *Proceedings of the 10th TRAIL Congress 2008 - TRAIL in Perspective - CD-ROM, Rotterdam, The Netherlands*, 13 pp. Copyrighted, mag niet op Transumo Extranet geplaatst worden.

Baskar, L.D., De Schutter, B. & H. Hellendoorn (2008). Model-based predictive traffic control for intelligent vehicles: Dynamic speed limits and dynamic lane allocation. *Proceedings of the 2008 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV'08), Eindhoven, The Netherlands*, 174-179. Copyrighted, mag niet op Transumo Extranet geplaatst worden.

Baskar, L.D., De Schutter, B. & H. Hellendoorn (2008). Dynamic speed limits and on-ramp metering for IVHS using model predictive control. *Proceedings of the 11th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2008), Beijing, China*, 821-826. Copyrighted, mag niet op Transumo Extranet geplaatst worden.

Baskar, L.D., De Schutter, B., J. Hellendoorn & A. Tarau (2009). Traffic management for intelligent vehicle highway systems using model-based predictive control. TRB Paper 09-2107. *Proceedings of the 88th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC*, 15 pp. Copyrighted, mag niet op Transumo Extranet geplaatst worden.

Baskar, L.D., De Schutter, B. & J. Hellendoorn (2009). Traffic management for intelligent vehicle highway systems using model-based predictive control. *Submitted to IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. Copyrighted, mag niet op Transumo Extranet geplaatst worden.

Baskar, L.D., De Schutter, B. & H. Hellendoorn (2009). Optimal routing for intelligent vehicle highway systems using mixed integer linear programming. *Proceedings of the 12th IFAC Symposium on Control in Transportation Systems, Redondo Beach, California*, 569-575. Copyrighted, mag niet op Transumo Extranet geplaatst worden.

Baskar, L.D., De Schutter, B. & J. Hellendoorn (2009). Optimal routing for intelligent vehicle highway systems using a macroscopic traffic flow model. *Accepted for the 12th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC2009), St. Louis, Missouri*. Copyrighted, mag niet op Transumo Extranet geplaatst worden.

Baskar, L.D., De Schutter, B., Papp, Z. & J. Hellendoorn (2009). Traffic control and intelligent vehicle highway systems: A survey. Accepted for publication in *IET Intelligent Transport Systems*. Copyrighted, mag niet op Transumo Extranet geplaatst worden.

Baskar, L.D. (2009). *Traffic Management and Control in Intelligent Vehicle Highway Systems*. PhD thesis. Delft: Delft University of Technology. Copyrighted, mag niet op Transumo Extranet geplaatst worden.

Berg, M. van den, De Schutter, B., and J. Hellendoorn (2005). Information providing as a control measure in an integrated traffic control approach. *Proceedings of the 8th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC '05), Vienna, Austria*, 91-96. (Copyrighted, mag niet op Transumo Extranet geplaatst worden!)

Bie, J., Arem, B. van & H.K. Lo (2008). The effect of a safety-based incentive structure on route choice behaviour over time: a day-to-day dynamical system approach. *Proceedings: The 10th TRAIL Congress, 14-15 October 2008, Rotterdam* [available at: <http://www.aida.utwente.nl/research/publications/TRAIL2008-Bie.pdf>]

Christoph, M. (2009). *Effectschatting Intelligente Voertuigsystemen*. (SWOV-rapport R-2009-...). Leidschendam: Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (to be published).

Corona, D., Lazar, M., De Schutter, B. & M. Heemels (2006). A hybrid MPC approach to the design of a Smart adaptive cruise controller. *Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Control Applications (CCA 2006), Munich, Germany, 231-236*. (Copyrighted, mag niet op Transumo Extranet geplaatst worden!)

Corona, D., I. Necoara, De Schutter, B. & T. van den Boom (2006). Robust hybrid MPC applied to the design of an adaptive cruise controller for a road vehicle. *Proceedings of the 45th IEEE Conference on Decision and Control, San Diego, California, 1721-1726*. (Copyrighted, mag niet op Transumo Extranet geplaatst worden!)

Corona, D. & B. De Schutter (2006). Adaptive cruise controller design: A comparative assessment for PWA systems. *Proceedings of the 2nd IFAC Conference on Analysis and Design of Hybrid Systems (ADHS'06), Alghero, Italy, 253-258*. (Copyrighted, mag niet op Transumo Extranet geplaatst worden!).

Corona, D. & B. De Schutter (2007). Comparison of a linear and a hybrid adaptive cruise controller for a Smart. *Proceedings of the 46th IEEE Conference on Decision and Control, New Orleans, Louisiana, 4779-4784*. Copyrighted, mag niet op Transumo Extranet geplaatst worden.

Corona, D. & B. De Schutter (2008). Adaptive cruise control for a SMART car: A comparison benchmark for MPC-PWA control methods. *IEEE Transactions on Control Systems Technology, vol. 16, no. 2, 365-372*. Copyrighted, mag niet op Transumo Extranet geplaatst worden.

Driel, C.J.G. van & B. van Arem (2005). Investigation of user needs for driver assistance: results of an Internet questionnaire. *European Journal of Transport and Infrastructure Research, vol. 5, nr 4 (2005), 297-316*.

Driel, C.J.G. van & B. van Arem (2005). *Integrated driver assistance from the driver's perspective. Results from a user needs survey*. (CE&M research report 2005R-002.VVR-002, ISSN 1568-4652). Enschede: University of Twente.

Driel, C.J.G. van & B. van Arem (2005). Integrated driver assistance: results from a user needs survey. *In: Proceedings 12th World Congress on ITS, "Enabling Choices in Transportation". San Francisco, CA, USA, 6-10 November 2005*.

Driel, C.J.G. van & B. van Arem (2007). Driver needs, acceptance and willingness to pay related to a Congestion Assistant. (TRB paper 07-0134) *TRB Annual Meeting, 21-25 January 2007, Washington DC, USA*.

Driel, C.J.G. van, Hoedemaeker, M. & B. van Arem (2007). Impacts of a Congestion Assistant on driving behaviour and acceptance using a driving simulator. *Transportation Research Part F, vol. 10, no. 2, 139-152*

Driel, C.J.G. van & B. van Arem (2006). *Impacts of a Congestion Assistant on driving behaviour, workload and acceptance. A driving simulator study*. (CE&M research report 2006R-002/VVR-001, ISSN 1568-4652). Enschede: University of Twente.

Driel, C.J.G. van & B. van Arem (2006). Driver acceptance of a Congestion Assistant. Results from a driving simulator study. *In Proceedings 9th TRAIL Congress, Selected papers, 93-111, TRAIL Research School, Delft, The Netherlands*.

Driel, C.J.G. (2007). *Driver support in congestion- an assessment of user needs and impacts on driver and traffic flow*. PhD Thesis, University of Twente.

Driel, C.J.G. van & B. van Arem (2008). Traffic flow impacts of a congestion Assistant. TRB paper 08-125. *TRB Annual Meeting, 13-17 January 2008, Washington DC, USA*.

Dubbelaar, B. (2009). *Short term driver behavior prediction - an online approach*. Master thesis. Delft: TU Delft, Delft Centre of Systems and Control.

Faber, F. (2007). *Route switching in microscopic traffic simulation*. (TNO rapport). (afstudeerscriptie). Delft: TNO Mobiliteit en Logistiek.

Faber, F. & G. Klunder (2008). Route switching in microscopic traffic simulation - How traffic information affects the route cost utility value. *3rd International Symposium on Transport Simulation (ISTS08), Gold Coast 6-8 August 2008, Queensland, Australië.*

Feenstra, P.J. & A.R.A. van der Horst (2006). *Literature review of in-vehicle support for fuel-efficient driving related to pricing mechanisms.* (TNO report TNO-DV 2006 D216).

Soesterberg: TNO Defence, Security and Safety, BU Human Factors

Feenstra, P., & G. Klunder (2008). *Incentive structure Professional Pilot TRANSUMO IV.* (Memo TNO-034-DTM-2008-00495). Delft: TNO M&L.

Feenstra, P., G. Klunder, & T. Vonk (2008). *Vragenlijst voor de Transumo proef, voorafgaand aan de voormeting.* (Intern TNO Memo). Soesterberg: TNO HF.

Feenstra, P., G. Klunder, & T. Vonk (2008). *Vragenlijst voor de Transumo proef.* (Intern TNO Memo). Soesterberg: TNO HF.

Feenstra, P., G. Klunder, & T. Vonk (2008). *Vragenlijst voor de Transumo proef, nameting.* (Intern TNO Memo). Soesterberg: TNO HF.

Feenstra, P.J, Klunder, G.A., Paau, S. & L. Walta (2009). *Professional Pilot Transumo IV - Study on a Safest-route Functionality with Financial Incentive for Professional Drivers.* (TNO report DV...). Soesterberg: TNO Human Factors (in press).

Hof, T., Driel, C.J.G. van, Arem, B. van, Hoedemaeker, M. & K.A. Brookhuis (2006). Mental workload while driving with a congestion assistant. *In Proceedings 16th World Congress on Ergonomics, 10-14 July 2006, Maastricht, The Netherlands.*

Horst, A.R.A. van der & Malone, K.M.A. (2005). Jaarverslag Intelligent Vehicles 2005. Zoetermeer: Transumo.

Horst, A.R.A. van der & Malone, K.M.A. (2006a). Notitie proces totstandkoming project Intelligent Vehicles. Soesterberg: TNO.

Horst, A.R.A. van der & Malone, K.M.A. (2006b). Jaarverslag Intelligent Vehicles 2006. Zoetermeer: Transumo.

Horst, A.R.A. van der & Klunder, G.A. (2007). Jaarverslag Intelligent Vehicles 2007. Zoetermeer: Transumo.

Horst, A.R.A. van der & Klunder, G.A. (2008). Transition to Sustainable Mobility with Intelligent Vehicles. Presentation Management Board TRANSUMO, November 2008. Zoetermeer: Transumo.

Horst, A.R.A. van der & G.A. Klunder (2009). Duurzame mobiliteit met Intelligente Voertuigen. *Civiele Techniek, 2009 (3), 13-15.*

Horst, A.R.A. van der & G.A. Klunder (2009). Goed voor veiligheid. Rijgedrag en milieu. De mogelijkheden van intelligente voertuigen. *NM Magazine, oktober 2009, 41-44.*

Houtenbos, M., Hegeman, G. & C.J.G. van Driel (2005). Determining opportunities for overtaking assistance: combined efforts of a user needs survey and an interaction model. *In Proceedings 12th World Congress on ITS, "Enabling Choices in Transportation". San Francisco, CA, USA, 6-10 November 2005.*

Katwijk, R.T. van, Koningsbruggen, P. van, De Schutter, B. & J. Hellendoorn (2004). A test bed for multi-agent control systems in road traffic management. *Proceedings of the 8th TRAIL Congress 2004 - A World of Transport, Infrastructure and Logistics - Selected Papers (P.H.L. Bovy, ed.), Rotterdam, The Netherlands, 309-329, Nov. 2004.* (dateert van voor de officiële start van het IV-project, maar ze werden wel binnen het kader van de projectdoelstellingen geproduceerd en vermelden ook expliciet BSIK-TRANSUMO als funding)

Katwijk, R.T. van, Koningsbruggen, P. van, De Schutter, B. & J. Hellendoorn (2005). Test bed for multi-agent control systems in road traffic management. *Transportation Research Record, no. 1910, 108-115.* (Copyrighted, mag niet op Transumo Extranet geplaatst worden!)

Katwijk, R.T. van, Koningsbruggen P. van, De Schutter, B. & J. Hellendoorn (2005). A test bed for multi-agent control systems in road traffic management. Paper 05-0774 *In Proceedings of the 84th Annual Meeting of the Transportation Research Board January 2005, Washington, DC, 22 pp.* (Copyrighted, mag niet op Transumo Extranet geplaatst worden.)

Klunder, G., Horst, A.R.A. van der & B. van Arem (2008). TRANSUMO IV project summary paper. *Prepared for meeting with Scientific Advisory Board TRANSUMO, June 2008.*

Klunder, G., Li, M. & M. Minderhoud. (2009). Traffic Flow Impacts of ACC Deactivation and (re)Activation with Cooperative Driver Behaviour. (TRB-Paper 09-2789). Paper presented at 88th TRB Annual Meeting 11-15 January 2009, Washington, D.C.

Klunder, G., Faber, F. & P. Feenstra (2008). *Veiligste route algoritme professional pilot TRANSUMO IV*. (Memo TNO-034-DTM-2008-00493). Delft: TNO M&L.

Klunder, G.A., A.R.A. van der Horst (2009). *Notitie 'Planet kant Transumo: milieu-aspecten Transumo IV'*. Delft: TNO M&L.

Klunder, G.A., Faber, F. & M. Li (2009). *Transumo Intelligent Vehicles – subproject Modelling Framework. Implementation and results of extended models for the ITS modeller: Cooperative driver behaviour, ACC and route choice model*. (TNO report TNO-034-DTM-2009-03819). Delft: TNO Mobility and Logistics.

Malone, K. & A.R.A. van der Horst (2005). Transition to Sustainable Mobility with Intelligent Vehicles. Research Project Overview. *12th World Congress on ITS, "Enabling Choices in Transportation"*. San Francisco, CA, USA, 6-10 November 2005.

Morsink P.L.J., Goldenbeld Ch. & N. Dragutinovic (2006). Snelheidsbeheersing: een sterkere rol voor het voertuig?, *Proceedings van het NVVC 2006 'Samen Veiliger'*. beschikbaar via www.nvvc-congres.nl, 25 april 2006, Rotterdam (inclusief presentatie).

Morsink P. & F. Wegman (2006). Vision on ITS within Sustainable Safety based policy in the Netherlands. (Paper nr. 1110). *13th World Congress on Intelligent Transport Systems and Services, 8-12 October 2006, London* (inclusief presentatie).

Morsink, P., Nes, N. v., Walta, L. & V. Marchau (2008). In-car speed assistance to improve speed management. *Proceedings of the 15th ITS World Congress, New York*.

Morsink, P., Goldenbeld, Ch., Dragutinovic, N., Marchau, V., Walta, L. & K. Brookhuis (2007). *Speed support through the intelligent vehicle; Perspective, estimated effects and implementation aspects*. (SWOV-report R-2006-25). Leidschendam: SWOV.

Ismail Habib Muhammad (2009). *Multi-agent based control architecture in intelligent transportation systems with infrastructure based sensing*. Master thesis. August 2009, TU Delft, Faculty of Electrical Engineering, Mathematics and Computer Science.

Muizelaar, T. & G. Klunder (2008). *Project plan Professional Pilot TRANSUMO IV. Version 4*. Enschede: University of Twente.

Pauwelussen, J. & M. Minderhoud (2008). The effects of de-activation and (re)activation of ACC on driving behaviour analyzed in real traffic. 2008. *IEEE Intelligent Vehicles Symposium. Eindhoven University of Technology. Eindhoven, The Netherlands, June 4-6, 2008*, 257-262.

Schaap, T.W. & B. van Arem (2006). A comprehensive driver behavior model for the evaluation of intelligent intersections. *13th World Congress on Intelligent Transport Systems and Services, 8-12 October 2006, London*.

Schaap, T.W. & B. van Arem (2006). An evaluation of behaviour simulation modelling tools for urban intersection driving. *Proceedings of the 9th TRAIL Congress 2006 - TRAIL in Motion - CD-ROM, Rotterdam, The Netherlands, 11 pp., Nov. 2006*.

Schaap, T.W. (2006). *Modeling of driving behavior and behavioral adaptation to advanced driver assistance systems when driving on urban intersections. PhD Research plan description*. Enschede: University of Twente, Centre for Transport Studies. (Not for publication)

Schaap, T.W. (2009). Rapport over rijssimulatorstudie gedrag op kruispunten. (in preparation).

Schaap, T.W., Horst, A.R.A. van der & B. van Arem (2008). Influence between levels of the driving task and the level of unexpectedness: design of a driving simulator experiment. *Proceedings European Conference on Human Centred Design for Intelligent Transport Systems. Lyon, April 3-4, 2008. Bron Cedex: INRETS*, 131-140. (rewarded best contribution)

Schaap, T.W., A.R.A. van der Horst, B. van Arem and K.A. Brookhuis (2008). Drivers' reactions to sudden braking by lead car under varying workload conditions; towards a driver support system. *IET Intelligent Transport Systems, Vol. 2, Issue 4*, 249-257.

Schaap, T.W., B. van Arem and A. R. A. van der Horst (2008). Drivers' behavioural reactions to unexpected events: influence of workload, environment and driver characteristics. In: *H. J. van Zuylen, A. J. van Binsbergen (eds). TRAIL In Perspective, Selected Papers 10th International TRAIL Congress*. ISBN 978-90-5584-112-7, 213-231.

Schaap, T.W., B. van Arem, A.R.A. van der Horst (2008). Drivers' behavioural reactions to unexpected events: influence of workload, environment and driver characteristics. *Proceedings: The 10th TRAIL Congress, 14-15 October 2008, Rotterdam*.

Tillema, F. & B. van Arem (2006). *Research design to investigate: Dutch freight operator's needs and acceptance of advanced traffic information systems and telematics*. Enschede: University of Twente.

Verduijn, T.M. (2006). *Intelligent Vehicles Professional Pilot: Experimental plan*. (TNO rapport 2006-D-R-0083). Delft: TNO Mobility en Logistics.

Walta, L. (2006). Stakeholder Analysis of Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) a State of the Art. *To be presented at the TRB 85th Annual meeting January, 22-26, 2006*. Washington, D.C.: Transportation Research Board.

Walta, L. (2006). An approach to modelling stakeholder decision behaviour regarding Advanced Driver Assistance Systems (ADAS). *Proceedings of the 9th TRAIL Congress 2006 - TRAIL in Motion - CD-ROM, Rotterdam, The Netherlands, 10 pp.*, Nov. 2006.

Walta, L., Marchau, V., Walker, W. & K. Brookhuis (2007). Methodologies to model stakeholder preferences regarding Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) policies. *Paper submitted to WCTR 2007*.

Walta, L., Marchau, V., Walker, W. & K. Brookhuis (2007). Methodologies to Investigate Stakeholder Prioritization of Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) Policies. *11th World Congress on Transportation Research, Berkeley, CA*.

Walta, L., Marchau, V. & K. Brookhuis (2007). *Stakeholder Opinions Regarding ADAS Implementation: Exploring ADAS Policy Options and Criteria. Workshop report*. Delft: Delft University of Technology.

Walta, L., Marchau, V. & K. Brookhuis (2008). Stakeholder opinions on Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) policies. *Proceedings of the 10th AATT conference, May 2008, Athens*.

Walta, L., Marchau, V., Brookhuis, K. & B. van Arem (2008). The influence of actors on the diffusion of Advanced Driver Assistance Systems (ADAS): Modeling actor decision-making. *Proceedings of the 10th TRAIL congress, Rotterdam*.

Walta, L. (2009, to appear). *Modeling stakeholder preferences regarding Advanced Driver Assistance Systems implementation. PhD research proposal*. Delft: TU Delft (not for publication).

Weijermars, W & A. Dijkstra (2008). Verkeersveiligheid van routes en van routekeuze; Indicatoren om de veiligheid van routes te beschrijven. In: *Bijdragen aan Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk, 20/21 november 2008, Santpoort*.

D.M.C. Willemsen, et al., TNO Netherlands and Ecole des Mines (2006). *M1.2: FINAL Evaluation of Sensors and Indicators for REACT*. TNO-WP1-M1.2. Helmond: TNO Automotive (CONFIDENTIAL).

Willemsen, D.M.C. (2007). Sensing Traffic Together, *Transport Matters 2007* (digitale nieuwsbrief van TNO Verkeer en Vervoer).

Bijlage 2: Presentaties en demo's

Toelichting via de TROS Nieuwsshow plaats op de relevantie voor bestuurdersondersteunende systemen van de vrijgave van de 24 Ghz radar frequentie, januari, 2005.

Schaap, N. en Muizelaar, T. (2005). Presentaties I.8 en II.7 voor de AIDA User group, 26-9-2005, Houten.

Malone, K. (2005). Transition to sustainable mobility with Intelligent Vehicles: Research project overview. ITS World Congress, San Francisco, CA, USA.

Driel, C. (2005). Van (2005). Integrated driver assistance: results from a user needs survey. ITS World Congress, San Francisco, CA, USA.

Walta, L. (2005). Stakeholder preferences of Advanced Driver Assistance Systems op ITS World Congress, San Francisco, CA, USA.

Horst, A.R.A. van der (2005-2009). Deelname diverse TRANSUMO cluster Verkeersmanagement meetings + bijeenkomsten projectleiders.

Horst, A.R.A. van der (2005). Deelname TRANSUMO projecten dag 20 september 2005, Delft.

Horst, A.R.A. van der & Malone, K. (2004-2005). Besprekingen relatie TRANSUMO IV – WnT, 13-12-2004; 17-02-2005; 18-8-2005.

Driel, C. van en Schaap, N. (2005). Presentaties I.8 en I.10 voor de AIDA User group, 12 december 2005 in Mobilion Utrecht.

Arem, B. van (2005). Deelname aan Brainstorm over: "Hi-Grids" Foundation vanuit werk in TRANSUMO IV, DECIS, Delft; contact met ICIS, 13 december 2005, Delft.

Horst, A.R.A. van der (2005). Project Intelligent Vehicles VM04.033. Presentatie TRANSUMO projectendag 20 september 2005, Delft.

Arem, B. van (2006). Presentation Dutch projects (waaronder Intelligent Vehicles). International Task Force Vehicle Highway Automation. 7-8 October 2006, London.

Horst, A.R.A. van der (2006). Transition to Sustainable Mobility with Intelligent Vehicles. Presentatie TRANSUMO dag In-car devices, 19 oktober 2006, Utrecht.

Klunder, G. (2006). Development of ADA-equipped vehicles for private car demonstration: demo Demonstration WnT symposium pilot Rij-assistent, 23 oktober 2006, Hilversum.

Willemsen, D.M.C., Teerhuis, A. (2006), Friction Monitor, presentatie op de REACT final Demo voor Europese industrie en overheden, München.

Willemsen, D.M.C. (2006), EU-project REACT: Friction Monitor, presentatie op de stand van TNO bij ITS London, oktober 2006.

Willemsen, D.M.C. Kreukels, dr. J.H. (2006), REACT: Sensing Traffic Together, presentatie op TNO stand van het Wegen naar de Toekomst event, Amsterdam, november 2006.

Willemsen, D.M.C., Chassis Control, presentatie op de automotive marktdagen van TNO, november 2006.

Horst, A.R.A. van der (2006). Human Machine Interface: succesvolle interactie tussen bestuurder en in-voertuig systeem. Presentatie Bits & Chips and ATC symposium IT in Automotive en Vervoer. Evoluon, Eindhoven, 8 juni 2006.

Morsink P.L.J., Goldenbeld Ch. & N. Dragutinovic (2006). Snelheidsbeheersing: een sterkere rol voor het voertuig? Presentatie op het NVVC 2006 'Samen Veiliger'. Morsink P. & F. Wegman

(2006). Vision on ITS within Sustainable Safety based policy in the Netherlands. Presentation 13th World Congress on Intelligent Transport Systems and Services, 8-12 October 2006, London.

Horst, A.R.A. van der (2006). Deelname Transumo projectendag, 19 december 2006.

Horst, A.R.A. van der (2007). A driver model for urban intersections. Presentatie op het TNO Symposium, Cooperative vehicle-infrastructure systems: an intelligent way forward? 28 maart 2007.

Willemsen, D.M.C., Willemsen, D.M.C., TRANSUMO IV / EU-project REACT: Friction Monitor, presentatie op het TNO Symposium, Cooperative vehicle-infrastructure systems: an intelligent way forward? 28 maart 2007.

Horst, A.R.A. van der (2007). Intelligente Voertuigen: Technieken van de toekomst. 20 november 2007. Transumo Kennismiddag Verkeersmanagement, Mobilion, Utrecht.

Morsink, P., Nes, N. v., Walta, L. & V. Marchau (2008). In-car speed assistance to improve speed management. Presentation on the 15th ITS World Congress, New York.

Morsink, P. Speed support through the intelligent vehicle. Presentatie voor het ITS Road Safety Safety Seminar Intertraffic 2008. Amsterdam, 2 April 2008.

Pel, B. (2008). Interview met Richard van der Horst over Intelligent Vehicles. Erasmus University Rotterdam, 17 maart 2008.

Bressers, N. (2009). Interview met Richard van der Horst over Intelligent Vehicles. Erasmus University, Rotterdam, 26 maart 2009.

Horst, A.R.A. van der (2009). Presentatie en demo Transumo project Intelligent Vehicles, Transumo Kennismarkt Bijeenkomst ten behoeve van de kennisoverdracht naar het HBO-Onderwijs, 9 april 2009, Utrecht.

Klunder, G. (2009). ACC en file-assistent. Eindsymposium Transumo project Intelligent Vehicles, 8 september 2009, Soesterberg.

Baskar, L.D. (2009). Platooning/decentraal regelen. Eindsymposium Transumo project Intelligent Vehicles, 8 september 2009, Soesterberg.

Faber, F. (2009). Modelleren routekeuzegedrag. Eindsymposium Transumo project Intelligent Vehicles, 8 september 2009, Soesterberg.

Horst, A.R.A. van der (2009). Veiliger met Intelligente Transportsystemen (ITS). Eindsymposium Transumo project Intelligent Vehicles, 8 september 2009, Soesterberg.

Schaap, N. (2009). Bestuurdersmodellering op kruispunten. Eindsymposium Transumo project Intelligent Vehicles, 8 september 2009, Soesterberg.

Paau, S. (2009). Professioneel navigeren met veiligste route advies. Eindsymposium Transumo project Intelligent Vehicles, 8 september 2009, Soesterberg.

Feenstra, P. (2009). Het gebruik van het veiligste route advies. Eindsymposium Transumo project Intelligent Vehicles, 8 september 2009, Soesterberg.

Horst, A.R.A. van der (2009). ITS en Milieu. Eindsymposium Transumo project Intelligent Vehicles, 8 september 2009, Soesterberg.

Walta, L. (2009). Implementatieopties voor intelligente voertuigen. Eindsymposium Transumo project Intelligent Vehicles, 8 september 2009, Soesterberg.

Horst, A.R.A. van der et al. (2009). Presentatie en demo's Transumo project Intelligent Vehicles. Transumo Kennisfestival Duurzame Mobiliteit, 17 november 2009, Houten.

Bijlage 3: Kennis- en productontwikkeling

Design and specify measurements to be made and framework for TRANSUMO field trial, in collaboration with WnT (zie "Research Framework Full Traffic Veldproef Rij-Assistent", Tabel 1, p. 17)

Onderzoek naar routekeuzegedrag op internet: online survey hosted at <http://www.routekeuze.eu/>. M4, M6, M7b

Routekeuzesimulator: interactieve simulatietool voor routekeuze met real-time informatie en belonging om de veiligste route op te volgen, gebaseerd op het microsimulatiemodel Paramics en ontwikkeld in Java. M4, M6, M12

Routekeuzemodel voor de ITS modeller: uitbreiding van het microsimulatiemodel ITS modeller met een routekeuzemodule waarin de individuele verkeersdeelnemers in de simulatie verschillende soorten verkeersinformatie aangeboden kunnen krijgen, en op basis daarvan hun routekeuzegedrag aanpassen. Toepassing in case-studie op het netwerk Utrecht-Amersfoort. W6

Implementatie ACC en cooperatieve gedragsmodellen in de ITS modeller: deze modellen geven een realistischere representatie van het invoeggedrag van bestuurders zonder ondersteunende systemen, zoals het inhouden om ruimte te maken voor invoegers. W6

Effectschatting van ACC op emissies d.m.v. emissieberekeningen uit de metingen van de proef met de Rij-Assistent en simulaties.

Software en documentatie van de regelmethode ontwikkeld in het subproject Platooning/decentraal regelen (PhD onderzoek van Lakshmi Dhevi Baskar).

Back-office-systeem en een applicatie voor een open navigatieplatform voor veiligste routeadvies en beloning i.s.m. software- en applicatieontwikkelaars. W6, M1, M4, M5, M7b, M8

Regelmethode voor een coöperatief voertuig-weg verkeersmanagementsysteem op basis van een hiërarchische structuur en platooning, opzet simulatiemodel voor hierarchical traffic control en uitwerking in case-studies (ISA, lane changes, en toeritdosering). W6, M4

Kennisontwikkeling over de vraag van welke partijen (publiek en/of privaat) kan worden verwacht dat ze actie gaan ondernemen om de gebruikersadoptie van Advanced Driver Assistance Systems te vergroten, en hoe dit afhangt van de acties die andere partijen ondernemen. Hiertoe is gebruik gemaakt van een voor dit onderzoeksveld nieuwe methodologie om met de name de interacties tussen de partijen systematisch te onderzoeken. M1, M4, M6, M10

Bijlage 4: Mijlpalen

Mijlpalen voor wetenschappelijke output	
<i>Wetenschappelijke publicatie</i>	
W1	Dissertaties/theses 4
W2	Wetenschappelijke publicaties 40
W3	Wetenschappelijke seminars 7
<i>Internationalisering</i>	
W4	Aansluiting internationale netwerken 15
W5	Participatie internationale deskundigen
<i>Toepassingen</i>	
W6	Toepassingen (valorisatie) 6

Mijlpalen voor economische en maatschappelijke output	
<i>Duurzame kennisinfra</i>	
M1	Meer-partij onderzoek 23
M2	Best practices 3
M3	Samenwerkingsverbanden 3
<i>Kennis duurzame mobiliteit</i>	
M4	Conceptontwikkeling 31
M5	Kennis over technologische vernieuwing 11
M6	Kennis van gebruikers 17
<i>Ervaring voor implementatie</i>	
M7a	Gebruikersoriëntatie 5
M7b	Gebruikersparticipatie 5
M8	Praktijkcases 1
M9	Proeftuinprojecten 2
M10	(Ontwikkelen) transitiekennis 3
<i>Concretisering</i>	
M11	Investeringsprojecten
M12	Commerciële tools 2

Mijlpalen innovatietraject, incl. kennistransfer	
<i>Communicatie-uitingen</i>	
K1a	Website*
K1b	Factsheets projecten
K1c	TRANSUMO brochure/leaflet
K1d	TRANSUMO jaarverslag
K1e	TRANSUMO jaarcongres
<i>Toegepaste publicaties</i>	
K2	Onderzoeks(tussen)rapportages 15
K3	Vakpublicatie 13
K4	(Bijdragen) Vaksymposia 29
K5	Lezingen, interviews 11

Onderwijs	
K6	Onderwijscases HBO/WO 1
K7	Afstudeerprojecten/stages 2
Communities	
K8	Communities/Networks of Practice

Toelichting:

Door middel van **wetenschappelijke publicaties** worden de relevante) resultaten van Transumo wereldkundig gemaakt.

- W1 Aantal afgeronde dissertaties/theses;
- W2 Aantal wetenschappelijke publicaties (alleen als ze onderworpen zijn geweest aan een internationale reviewprocedure; ook gereviewde congresproceedings);
- W3 Aantal wetenschappelijke seminars (voor, door of met Transumo georganiseerd);
- W4 Aantal ondernomen activiteiten die aansluiten bij internationale programma's en netwerken (publieke en private initiatieven zoals de EU KP's, National Science Foundation etc.;
- W5 Participatie van aantal internationale onderzoekers in het project;
- W6 Aantal wetenschappelijke doorwerking/toepassingen/valorisaties.

Duurzame kennisinfrastructuur:

- M1 Deelname aan (aantal) ,meer-partij, interdisciplinaire onderzoekstrajecten, inclusief het Transumoproject zelf (dus altijd minimaal 1);
- M2 Aantal Best Practices samenwerking (rapportages over best-practices in (het opzetten van) succesvolle samenwerking);
- M3 Aantal aangegane samenwerkingsverbanden (duurzaam, verankerd in convenanten tussen kennisinstellingen, bedrijven en overheden).

Kennis over duurzame mobiliteit: Transumo genereert nieuwe kennis over duurzame mobiliteit die vervolgens toegepast kan worden in de praktijk.

- M4 Aantal ontwikkelde concepten in project (nieuwe diensten, optimaliseringsprocessen e.d.);
- M5 Aantal nieuwe toepassingen van bestaande technologieën in project (accent ligt op de transitie- en implementatievraagstukken);
- M6 Aantal (deel) trajecten in project waarin expliciet kennis van gebruikers wordt toegepast (alleen als er expliciet onderzoek wordt gedaan naar gebruikerswensen/behoefte).

Ervaring t.b.v. succesvolle implementatietrajecten: Transumo wil benaderingswijzen die tot succesvolle implementaties en transitie in de mobiliteitssector kunnen leiden aanschouwelijk en aantoonbaar maken.

- M7a Gebruikersoriëntatie in projecten (projecten waarin concreet is aangegeven wat het nut van het onderzoek is voor (eind-) gebruikers);
- M7b Gebruikersparticipatie in projecten (projecten waarin gebruikers feitelijk participeren);
- M8 Aantal praktijkcases in project (waar concepten/ideeën in de praktijk worden getoetst en op basis van bevindingen van praktijkcases worden aangepast);
- M9 Proeftuinprojecten (projecten die uitgevoerd worden binnen een proeftuin);
- M10 Bijdragen aan of benutten van transitiekennis (projecten waarin expliciete aandacht aan het verwerven/toepassen van transitiekennis wordt gegeven).

Concretisering:

- M11 Aantal uit het project voortvloeiende investeringsprojecten (aankondigingen van feitelijke investeringsvoornemens of besluiten);
- M12 Aantal uit project ontwikkelde commerciële of vercommercialiseerbare tools.

Communicatie-uitingen: bijdrage van project in Transumo-brede communicatie

K1a-K1c (hoeft niet ingevuld te worden, alle projecten dragen bij).

Toegepaste publicaties:

- K2 Aantal onderzoeks(tussen)rapportages;
- K3 Aantal vakpublicaties (publicatie van (tussen)resultaten van in niet wetenschappelijke tijdschriften, kranten e.d.);
- K4 Aantal (bijdragen) aan Vaksymposia (presentaties/papers tijdens door derden georganiseerde vaksymposia);
- K5 Aantal gegeven lezingen, interviews.

Bijlage 5: Afkortingen

ACC	Adaptive Cruise Control
ADAS	Advanced Driver Assistance Systems
ATMA	Advanced Traffic Management
ATMO	Advanced Traffic Monitoring
CVIS	Cooperative Vehicle-Infrastructure Systems
DRIP	Dynamisch Route Informatie Paneel
eImpact	Assessing the Impacts of Intelligent Vehicle Safety Systems
EuroFOT	EUROpean large-scale Field Operational Tests on in-vehicle systems
FOT	Field Operational Test
HFES	Human Factors and Ergonomics Society
HUMANIST	HUMAN centred design for Information Society Technologies
ICT	Information and Communication Technology
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ISA	Intelligent Speed Adaptation
ITS	Intelligent Transport Systems
IV	Intelligent Vehicles
LDWA	Lane Departure Warning Assistant
NEARCTIS	Network of Excellence for Advanced Road Cooperative Traffic management in the Information Society
PATH CA	California Partners for Advanced Transit and Highways
REACT	Realizing Enhanced Safety and Efficiency in European Road Transport
Safespot	Cooperative vehicles and road infrastructure for road safety
STOK	Stichting ter Ontwikkeling Kilometer verzekeren
SWOV	Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid
TNO	Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek
TRADUVEM	TRAnsities naar DUurzaam VERkeersManagement
TRANSUMO	TRANSition to SUsustainable MObility
TRB	Transportation Research Board
TU Delft	Technische Universiteit Delft
UT	Universiteit Twente
Versit+	VERkeersSITUatie + (TNO emissiemodel)
VII	Vehicle Infrastructure Initiative

