

SimSmartMobility: lang zullen we (model)leren!

Thijs Muizelaar – Connecting Mobility – thijs.muizelaar@connectingmobility.nl

Diana Vonk Noordegraaf – TNO – diana.vonknoordegraaf@tno.nl

Hans van Lint – Technische Universiteit Delft – j.w.c.vanlint@tudelft.nl

Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 23 en 24 november 2017, Gent

Samenvatting

Overheden en marktpartijen investeren momenteel veel in Smart Mobility toepassingen en dit roept vragen op over de effecten van deze innovatieve mobiliteitsoplossingen. SimSmartMobility is een platform voor simulaties van Smart Mobility – een soort SimCity voor Smart Mobility – en richt zich op het beantwoorden van deze vragen. In dit paper wordt ingegaan op de vraag waarom simulaties nodig zijn en op welke vlakken ze kunnen bijdragen aan de ontwikkeling van Smart Mobility. Hoe simulaties kunnen bijdragen in de verschillende stappen van de evaluatiecirkel (een iteratieve benadering voor Smart Mobility toepassingen met ex-ante en ex-postevaluaties) wordt aangegeven, en verschillende uitdagingen en kansen met betrekking tot de betrouwbaarheid en validiteit worden aangestipt. Vervolgens wordt de focus van SimSmartMobility behandeld: de eerste zaken waar aan gewerkt wordt en die bijdragen aan een goed uitgangspunt voor toekomstige simulaties. In dit kader is een prototype van het SimSmartMobility platform ontwikkeld, waarmee al enkele cases doorgerekend zijn, waaronder een iVRI-case die kort besproken wordt. De paper sluit af met een aantal hoofdlijnen van de te ontwikkelen kennisagenda voor de komende jaren, waar publieke, private en kennispartijen samen met elkaar invulling aan kunnen geven.

1. Inleiding

Overheden en marktpartijen investeren momenteel veel in Smart Mobility toepassingen¹ en dit roept vragen op over de effecten van deze innovatieve mobiliteitsoplossingen, welke oplossingen echt werken en waarom, en wat de effecten zijn als oplossingen op grotere schaal (dan in de huidige pilots en projecten) worden toegepast. Dit was de aanleiding om SimSmartMobility te ontwikkelen, een platform voor simulaties van Smart Mobility – een soort SimCity voor Smart Mobility – gericht op het op gang brengen van een leerproces over de effecten van Smart Mobility maatregelen. SimSmartMobility is een initiatief van Connecting Mobility, TNO en de Technische Universiteit Delft.

Simulaties via SimSmartMobility maken de effecten van Smart Mobility-toepassingen vooraf inzichtelijk en kwantitatief, en ze vergroten de validiteit van inzichten. Met de beantwoording van what-if vragen (zie voor voorbeelden de volgende paragraaf) worden onderbouwde beleidskeuzes en investeringsbeslissingen ondersteund. SimSmartMobility laat zien wat het effect van Smart Mobility diensten en producten is op doorstroming, bereikbaarheid, veiligheid en leefbaarheid. Het platform sluit aan op simulatiemodellen die zijn gefundeerd op wetenschappelijk onderzoek naar rij- en reisgedrag.

De doelen van SimSmartMobility zijn om bestuurders en beleidsmakers van (regionale, landelijke en/of internationale) overheden en vertegenwoordigers van (nationaal en/of internationaal) bedrijfsleven handelingsperspectief te geven met betrekking tot primair Smart Mobility-toepassingen, om een versnelling en kwaliteitsimpuls te realiseren van de ontwikkelingen van Smart Mobility toepassingen op nationaal en internationaal niveau en om Nederland in het buitenland daarmee als koploper in deze ontwikkelingen te positioneren, in de praktijk en in de wetenschap.

Begin 2017 is het prototype van SimSmartMobility gelanceerd. Via het platform kunnen aan elkaar gekoppeld worden:

- verschillende use cases (zoals een Coöperatieve Adaptive Cruise Control en in-car snelheidsadvies bij kruispunten),
- verschillende netwerken (zowel snelwegen als provinciale en stedelijke wegen), en
- verschillende (verkeers)modellen (momenteel microsimulatiemodellen Vissim, OTS en Aimsun, en modellen voor luchtkwaliteit, geluid en veiligheid).

De initiatiefnemers hebben begin 2017 een meerjarige samenwerkingsovereenkomst gesloten en de verbinding gemaakt met meer dan 25 publieke en private partijen die de intentie hebben uitgesproken om samen te werken aan het verder vormgeven van SimSmartMobility. Momenteel wordt gewerkt aan het opzetten van deze publiek-private samenwerking in de vorm van een programma gericht op het (vooraf) geven van inzicht in de effecten van Smart Mobility-diensten, het verder ontwikkelen van de tooling en het ontwikkelen van de community en kennisdeling.

¹ Met Smart Mobility bedoelen we alle innovatieve informatie- en communicatietechnologieën (ICT)-oplossingen in mobiliteit van (dynamisch) verkeersmanagement, (connected en/of coöperatieve) intelligente transport systemen, Mobility-as-a-Service en (gedeeltelijk) automatisch rijden (Muizelaar, Vonk Noordegraaf en Van Lint, 2016).

Op de Automotive Week 2017 heeft Nederland zich gepresenteerd als implementatie en testland voor slimme mobiliteit en is de samenwerking tussen Nederlandse testfaciliteiten – waar de simulatieomgeving SimSmartMobility er één van is – gepresenteerd (Van den Broek en De Bruijn, 2017). Aansluitend is de Dutch Smart Mobility Embassy² gelanceerd tijdens het ITS Europe Congress in Straatsburg en op de IAA in Frankfurt, waar SimSmartMobility als een van de vele testfaciliteiten in Nederland wordt gepresenteerd.



Figuur 1: Testomgeving Smart Mobility gepresenteerd (Van den Broek en De Bruijn, 2017).

In dit paper bespreken we waarom we willen (model)leren in het werkveld van Smart Mobility, welke scope en focus we daar voor SimSmartMobility in aanbrengen, illustreren we aan de hand van een voorbeeld – slimme verkeersregelingen – wat de toegevoegde waarde van modelleren met SimSmartMobility is en sluiten we af met een voorstel voor de kennisagenda voor de simulatie van Smart Mobility.

2. (Model)leren

De effecten van Smart Mobility toepassingen in Nederland worden momenteel veelal bepaald door middel van expert judgements en in beperkte mate ook met quick scan analyses of simulaties. Daarnaast worden er veel pilots en praktijkproeven uitgevoerd, waarbij in een eventuele ex-ante evaluatie vaak ook weer gebruik wordt gemaakt van expert judgment, en maar zeer beperkt van simulaties of modellering. In dit hoofdstuk gaan we in op waarom we simulatie voor Smart Mobility zo belangrijk vinden, hoe het bijdraagt aan de uitvoering van leer- of evaluatiecirkel en benoemen we een aantal uitdagingen betreffende de validiteit van simulaties voor Smart Mobility.

² Zie ook <https://www.smartmobilityembassy.nl/>

2.1 Waarom simuleren en modelleren?

SimSmartMobility is gestart vanuit de visie dat simulatie een noodzakelijke stap is in de testketen van expert judgement, quick scan analyses (met rekenregels en eenvoudige tools), simulaties, praktijktesten (field operational tests), pilots en implementaties. De letterlijke visie zoals die wordt gedeeld door iedereen met de intentie om samen te werken luidt dan ook:

"Het is noodzakelijk om beter inzicht te hebben in de effecten van Smart Mobility zodat er meer inhoudelijk en procesmatig handelingsperspectief ontstaat, er gericht en bewuster *geïnvesteerd* kan worden en gericht geleerd wordt in pilots, projecten en programma's. Dit leidt tot een versnelling van de ontwikkeling en toepassing van Smart Mobility diensten. Een essentieel onderdeel hierin is voldoende aandacht is voor (ex-ante) evaluaties en het toepassen van simulatiemodellen en bijbehorende kennisontwikkeling."

Naar mate de investeringen in Smart Mobility toenemen, neemt ook het belang aan een betere onderbouwing dan mogelijk is met expert judgements en quick scan analyses toe en simulatie kan dit bieden. Daarnaast geldt dat met een toename van het aantal Smart Mobility implementaties in de praktijk, veelal naast de huidige maatregelen en systemen (hybride situatie) de complexiteit en daarmee de risico's op ongewenste effecten groter worden. Met simulaties kan meer grip worden verkregen op de onzekerheden in de effecten van Smart Mobility toepassingen. Verder geldt dat veel vragen over Smart Mobility over hypothetische, toekomstige situaties gaan omdat momenteel deze maatregelen nog niet of op zeer kleine schaal in de praktijk worden toegepast. Simulaties lenen zich bij uitstek voor het verkennen van dit soort hypothetische of toekomstige situaties (what-if vragen en scenario's). Tot slot geldt dat simulaties een kostenefficiëntere manier van leren zijn dan het direct uittesten in de praktijk via een praktijkproef of pilot.

Samengevat komen we zo tot de volgende waarom van modelleren en simuleren:

"We model things that we propose to build, so that we can explain them to others, better understand them, and discover and avoid potential problems."

Simulaties bieden hierbij onder andere de mogelijkheid om:

- expliciete aannames te maken over Smart Mobility diensten en systemen en hun impact op bv. gedragsverandering, die vervolgens toetsbaar zijn in praktijksituaties zodat de leercirkel gesloten kan worden;
- vooraf inzicht te geven in de effecten van maatregelen op doorstroming, veiligheid, duurzaamheid, kosten-baten etc.;
- verschillende omstandigheden en interacties tussen maatregelen te verkennen;
- smart mobility maatregelen (algoritmes, systemen) te verbeteren voordat deze in de praktijk worden toegepast.

Leren over Smart Mobility maatregelen met simulaties biedt hiermee ondersteuning aan (politieke) besluitvorming en het continue leren over de impact van Smart Mobility op het bereiken van beleidsdoelen.

Typische vragen in het Smart Mobility werkveld waar simulaties bij kunnen ondersteunen zijn:

- Welk effect heeft een Smart Mobility maatregel op de doorstroming, bereikbaarheid, verkeersveiligheid en leefbaarheid?
- Kunnen Smart Mobility maatregelen investeringen in andere maatregelen (zoals het investeren in infrastructuur) uitstellen of overbodig maken of kunnen we daarin slim combineren?
- Hoe groot zijn de effecten bij grotere aantallen gebruikers / penetratiegraden / hogere opvolgingspercentages?
- Hoe goed werkt een Smart Mobility maatregel in een bepaalde regio of op een bepaald wegvak en waarom werkt de maatregel daar beter of minder goed dan op andere locaties?
- Hoe goed werken de Smart Mobility diensten van verschillende leveranciers en wat zijn de sterke en zwakke punten (de ene slimme verkeersregeling is de andere niet qua insteek en effecten)?
- Wat zijn de interactie-effecten als verschillende Smart Mobility maatregelen gecombineerd worden ingezet?
- Wat is het effect van een Smart Mobility dienst bij verschillende aannames over het gedrag van reizigers en wat betekent dat voor beleidsdoelen?

In al deze vragen kan simulatie een belangrijke rol spelen, doordat er via modellen en aannames inzichtelijk kan worden gemaakt wat er verandert en welke gevolgen dat heeft voor bepaalde mobiliteitsgerelateerde KPI's zoals bereikbaarheid, doorstroming of CO₂-uitstoot. En door voldoende variatie aan te brengen middels scenario's (bv. door variatie in penetratiegraad, opvolggedrag, combinaties van systemen, verschillende netwerken en verkeerspatronen) is er veel te leren over de werking van het gehele systeem (zowel het bestaande vervoersysteem als de Smart Mobility maatregelen die hierin actief zijn).

Met name het beantwoorden van what-if vragen middels dergelijke scenario's is voor de toekomst erg belangrijk, omdat daarin een verkenning schuilgaat die uiteindelijk kan/zal leiden tot investeringsbeslissingen. Daarbij zijn een aantal veronderstellingen over de implementatie en uitrol van Smart Mobility maatregelen van belang:

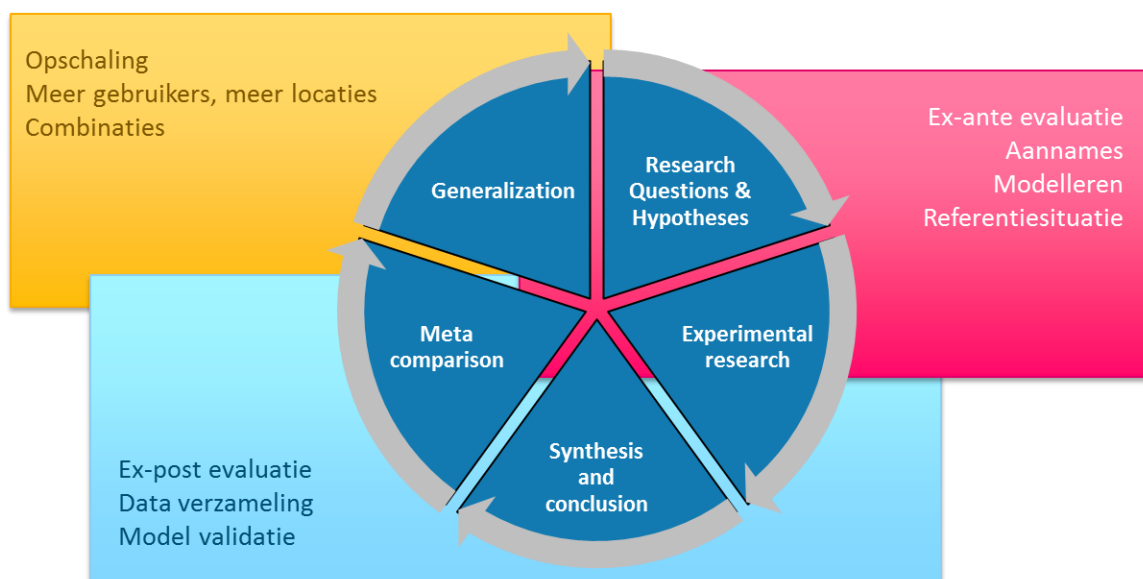
- We nemen aan dat opschaling en uitrol van Smart Mobility diensten gaat met een schuine las; oftewel, er zal een periode zijn waarin veel verschillende systemen naast elkaar blijven functioneren;
- Implementatie van Smart Mobility diensten begint bij de eenvoudigere situaties; een autonoom rijdend voertuig zal bv. bij parkeren of filerijden eerder in staat zijn het volledig zelfstandig te doen, dan in een complexe situatie bij een ongeregelde kruising met fietsers, voetgangers, etc. De complexiteit van de situaties waarin Smart Mobility diensten actief zullen zijn zal met de tijd gaan groeien;
- Behalve de tijdsgebonden toename in complexiteit vanwege het type situaties waarin actief wordt gewerkt met Smart Mobility, is er ook een toename te verwachten van de veelheid van diensten en systemen die actief zijn, vanuit verschillende fabrikanten en leveranciers. De complexiteit van de interactie tussen de diensten zal in de tijd dus ook gaan toenemen, met elk weer aangrijpingspunten op andere niveaus van reizigersgedrag.
- Gerelateerd aan de tijdsgebonden uitrol, hoort ook de geografische of locatiediversiteit. Naarmate de tijd vordert zullen op steeds meer locaties diverse

diensten beschikbaar zijn, maar daarbij is van belang dat er, zeker internationaal gezien, geen eenduidigheid is in infrastructuur en vervoerspatronen. Elk gebied of netwerk heeft daarin weer specifieke elementen, waardoor een systeem of dienst weer net een andere impact heeft.

- Vanuit de veronderstelling dat de opschaling en uitrol een tijd nodig heeft, zal er langzaam een steeds grotere impact gaan ontstaan, waarbij dat nu in de praktijk nog lastig meetbaar is qua beleidsdoelen (vanwege de lage penetratiegraad), zal dat in de loop van de tijd steeds zichtbaarder worden. Daarbij is het wel van belang om goed zicht te hebben op de impact die Smart Mobility diensten hebben op het gedrag van verschillende typen reizigers. Early adopters (die meedoen in proeven en pilots) zijn niet per definitie representatief voor het gedrag van de early of late majority. Continu betrokken blijven bij het meten van de impact op gedrag om ook de impact op de beleidsdoelen goed in te kunnen schatten is van groot belang.

2.2 De leercirkel en simulatie

Door de Ronde Tafel Effecten is voor C-ITS en Automated driving een aanpak voor evaluatie (Taale, H., J.W.C. van Lint en I. Wilmink (2016)) opgesteld die bestaat uit 5 stappen (zie Figuur 2). In elk van de vijf stappen is simulatie een hulpmiddel bij het uitvoeren van de proeven en de evaluaties daarin.



Figuur 2: Simulatievragen in de vijf stappen van de evaluatiecirkel.

Aan de voorkant helpt simulatie door een ex-ante evaluatie uit te voeren middels modellen en simulaties. Het dwingt om aannames expliciet te maken en zo goed mogelijk te vertalen in rekenregels en algoritmes die gaan over gedragsbeïnvloeding door Smart Mobility. De aannames over gedragsverandering worden zo transparant en in een later stadium mogelijk ook toetsbaar in de praktijkstudie. Er kan gerichter worden gekeken naar welke data dan daarvoor nodig zijn. De ex-ante evaluatie geeft door het modelleren ook meteen inzicht in potentiële impact op verkeerskundige of vervoerskundige indicatoren, uiteraard afhankelijk van de schaalgrootte van de geplande proef (indien er een realistisch scenario wordt gebruikt horend bij de omvang van de proef). Ook dat

helpt weer in de voorbereiding van de dataverzameling en de uitvoering. Als laatste helpt, of sterker nog dwingt, een ex-ante evaluatie om na te denken over een referentiesituatie; in welke situaties wil ik gaan meten en effecten vinden en vertalen naar inzichten? En hoe zorg ik ervoor dat de simulatie daarin een goede referentiesituatie biedt? Dit geeft ook aanleiding om scherp te kijken naar de kalibratie en validatie van de gebruikte modellen.

Tijdens de uitvoering van een proef of pilot kan simulatie helpen bij de monitoring, door snel te kunnen verklaren waarom iets gebeurt. Een directe link tussen de monitoring en een modelomgeving biedt daarin mogelijkheden om sneller bij te sturen op de proef en versnelt zo het leren.

Na afloop helpt simulatie bij een ex-post evaluatie, door de gedane aannames en verzamelde data aan elkaar te relateren. Het gebruikte model en de aangenomen rekenregels en algoritmes over de gedragsverandering kunnen worden gekalibreerd en gevalideerd met deze real-world data, wat met goede analyse kan leiden tot inzichten die breder toepasbaar zijn, want deze inzichten geven juist verbanden aan die de verklaring zijn tussen de genomen maatregel en de gevonden verkeerskundige effecten.

In de laatste twee stappen van de evaluatiecirkel wordt op een ander niveau naar een project gekeken. Eerst door de gevonden resultaten te vergelijken met resultaten uit andere studies. Worden vergelijkbare inzichten opgedaan, zijn er specifieke uitzonderingen? Dit helpt als een extra check op de validatie van de eerder gedane aannames en opgedane inzichten, maar kan uiteraard alleen als er al meerdere proeven en studies zijn gedaan. Laatst en meest interessant voor vervolg is de generalisatiestap, waarbij simulatie bij uitstek het middel is. Hiermee kan een hele range aan scenario's en what-if vragen worden gesteld en beantwoord, simpelweg doordat simulatie het mogelijk maakt om te variëren in belangrijke parameters zoals de referentiesituatie, het aantal gebruikers, veranderend opvolgedrag, etc. etc.

Simulatie is daarmee een belangrijk hulpmiddel voor een evaluatiecirkel. Deze cirkel is weliswaar opgezet voor C-ITS en automatisch rijden, maar zeer goed toepasbaar bij vele verkeer- en vervoerskundige evaluatiestudies. Een ontwikkeling als MaaS is daarmee ook goed in een dergelijk raamwerk te beschouwen, waarbij waarschijnlijk wel andere simulatiemodellen gebruikt zullen worden.

2.3 Betrouwbaarheid en validiteit van simulaties

Simulatie en modellen die daar voor gebruikt worden zijn en blijven een (in meer of minder mate versimpelde) representatie van de werkelijkheid, nooit de werkelijkheid zelf (daarvoor heb je juist de praktijkproeven en pilots). De uitdaging is om de representatie van de werkelijkheid wel zodanig te laten zijn dat de uitkomsten uit het model en de simulatie bruikbaar zijn. De validiteit van het geheel wat gebruikt wordt voor het verkrijgen van uitkomsten dient dus op orde te zijn.

In het PLATOS Colloquium van 2009³ is dat thema ook al aan bod gekomen. Verkeersmodellen betreffen een scala aan verschillende niveaus van keuzes en gedrag, van bijvoorbeeld activiteitskeuze en modaliteitskeuze tot de keuzes in rijgedrag over rijstrook, snelheid en volgfstand. En in al die keuzes spelen een enorme hoeveelheid factoren een rol, waarbij voor een volledige representatie al die factoren meegenomen zouden moeten worden in een model. Dat betekent ook dat er evenzoveel vrijheidsgraden in een model ontstaan, waardoor het niet meer te kalibreren en valideren is. De uitdaging zit daarmee dus in het beperken en valide aannames doen, waarbij van groot belang is wat er wordt aangenomen – dat kan verschillen per bekeken toepassing. En afgeleid, welke vragen met een model beantwoord dienen te worden, of welke toepassing het model kent (en is dat gelijk tussen ontwikkelaar en gebruiker van het model?).

Voor de ontwikkeling van Smart Mobility betekent dat in veel gevallen dat met informatie, advies, ondersteuning of automatisering een verandering in individueel reizigersgedrag wordt beoogd. In principe betekent dat dus dat de verkeersmodellen die gebruikt worden voor inschatting van de effecten van Smart Mobility in staat moeten zijn om die gedragsverandering (van de reiziger zelf, maar zeker ook van de reizigers die geen toegang hebben tot de bron die de gedragsverandering veroorzaakt) valide te modelleren. En juist daar is nog een flinke ontwikkeling te doen, door juist die “human factors” beter te verwerken in de rekenregels in de modellen (Hoogendoorn, R.G. en H. Meurs, 2015).

Bij het modelleren van de nieuwe ontwikkelingen vanuit Smart Mobility is het des te belangrijker dat ook in de referentiesituatie al het juiste gedrag (valide en representatief) wordt gemodelleerd, gegeven de soort maatregel of dienst die wordt gesimuleerd. Als een slimme invoegassistent wordt ontwikkeld en gesimuleerd, is een goede inschatting van het effect alleen mogelijk als realistisch invoeggedrag is gemodelleerd. Om de goede keuzes te maken is veel gedetailleerde informatie nodig over de werking van de modellen, rekenregels en gebruikte aannames. Daarnaast moet de combinatie van model, netwerk en verkeerssituatie aansluiten bij de vraag (zie bv. Calvert et al., 2016). Bijvoorbeeld: in een netwerk moeten realistische routeringsmodelijkheden zijn als de maatregel te maken heeft met routekeuze en er moet een zodanige verkeerssituatie zijn die ook ruimte biedt om een effect aan te tonen van de maatregel, met de kanttekening dat duidelijk moet zijn hoe vaak een dergelijke situatie voorkomt. Dat geeft ook meteen een volgende uitdaging weer: welke werkwijze wordt gekozen voor een simulatiestudie en hoe worden de resultaten geïnterpreteerd. Beperkingen in tijd, geld of modellen beïnvloeden daarmee de validiteit en betrouwbaarheid van de uitkomsten.

Smart Mobility en de trend dat steeds en steeds meer data beschikbaar komen bieden daar wel mogelijkheden. In onderzoeksprojecten zoals UDRIVE, Ecodriver en Talking Traffic kunnen we individueel rijgedrag steeds beter valideren. Met andere bronnen (zoals de OV-Chipkaart data, data van logistieke dienstverleners, fleetowners, werkgevers, etc.) is dat ook mogelijk voor reisgedrag.

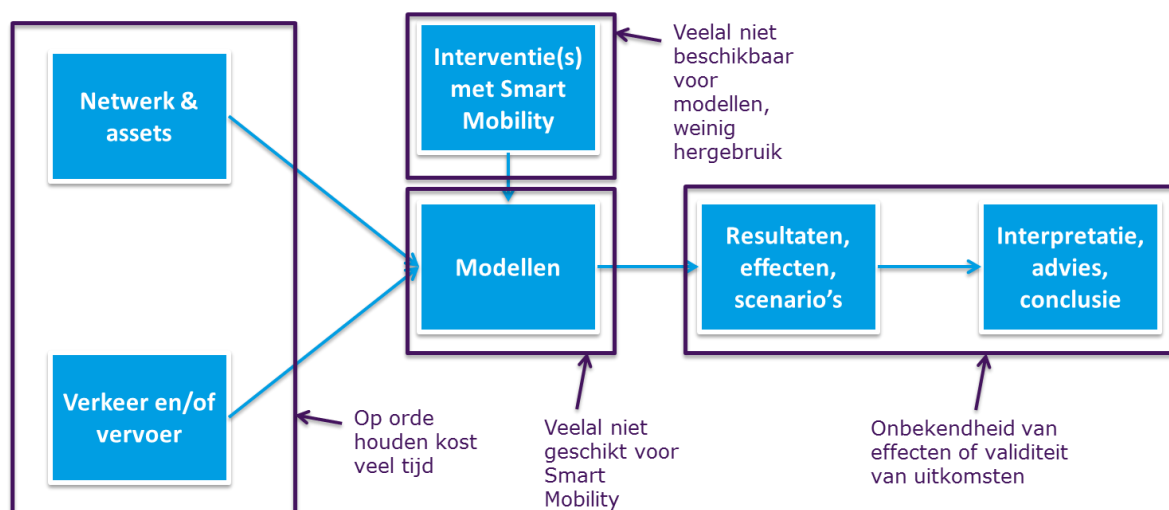
³ <http://www.platos-colloquium.nl/index.php/presentaties-2000-2010/83-2009-keuzemodel-versus-modelkeuze>

3. De focus van SimSmartMobility

Uit het voorgaande hoofdstuk blijkt dat simulatie voor het leren over de effecten van Smart Mobility en gerichter onderzoeken een flinke meerwaarde biedt, en dat er tegelijkertijd een aantal grote uitdagingen is, bv. rondom de validiteit. Met SimSmartMobility willen we hierin faciliteren en sturen. Enerzijds via inhoudelijke ontwikkelingen op gebied van modellen, Smart Mobility diensten, validiteit, uniformiteit, standaardisatie, etc. en anderzijds via samenwerking. In dit artikel focussen we op de inhoudelijke ontwikkelingen.

De scope waar SimSmartMobility zich inhoudelijk op richt gaat over Smart Mobility, waarbij we kijken naar het huidige verkeersmanagement en complexe veelomvattende diensten en ontwikkelingen zoals Mobility-as-a-Service en autonome voertuigen. Omdat de doelen gericht zijn op het in kaart brengen van de effecten, is het wel noodzakelijk om de referentiesituatie daarin goed mee te nemen, inclusief maatregelen die daarbij horen zoals verandering in infrastructuur of bestaande VRI-regelingen of OV-diensten. Binnen de scope richten we ons ook op een transparant gebruik en toepassing van referentiesituaties, historisch, actueel of in de toekomst. Middels SimSmartMobility moeten ook alle KPI's die voor mobiliteit relevant zijn op een eenduidige manier berekend en getoond kunnen worden. Dat gaat breder dan puur doorstroming, ook bereikbaarheid, leefbaarheid en veiligheid zijn daarin van steeds groter belang. En belangrijk is dat daarvoor niet alleen verkeer en vervoermodellen gebruikt worden, maar ook modellen voor luchtkwaliteit, emissies, geluid, etc.

Vanuit een globale analyse van de stappen en benodigheden voor een simulatiestudie van een Smart Mobility maatregel (zie Figuur 3) is er een aantal ontwikkelingen die gaan bijdragen een steeds grotere kwaliteit.



Figuur 3: Analyse van een simulatiestudie voor Smart Mobility

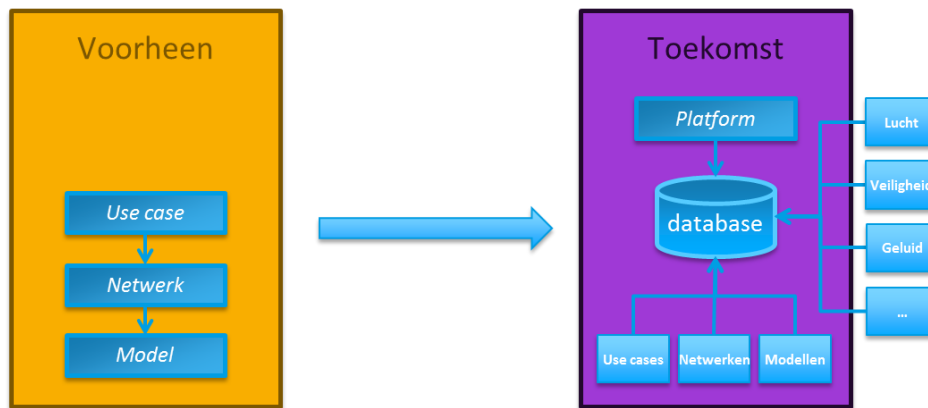
Ten eerste: de basisinput voor een verkeersmodel bestaat altijd uit een netwerk met bijbehorende assets (verkeerssystemen zoals bv. een VRI met een regeling) en een verkeer- of vervoerpatroon (HB matrix, routes, etc.). Deze input dient gekalibreerd en representatief te zijn. Het op orde houden van deze input voor een modelstudie kost

altijd veel tijd en effort, waarbij er mogelijkheden zijn om dat proces te versnellen door meer en andere bronnen te gebruiken en waar mogelijk te automatiseren. Efficiënter maken van het verwerken van de input betekent ook lagere kosten voor een simulatiestudie, waardoor het aantrekkelijker wordt om voor een kleine onderzoeksvraag ook een simulatie in te zetten. Daarnaast is eenvoudiger hergebruik van beschikbare netwerken en verkeerspatronen een potentiële verbetering, waardoor er makkelijker en sneller tussen verschillende modellen gewisseld kan worden. De input hergebruiken in verschillende situaties en generiek toegankelijk maken, helpt ook in het aantrekkelijker maken van simulaties voor vraagstukken.

Bij het modelleren van een Smart Mobility maatregel is vervolgens altijd een model en een gemodelleerde maatregel nodig. Uit een eerder gedane analyse blijkt dat de toegang tot de gemodelleerde maatregelen beperkt is, als die al zijn uitgevoerd (Vonk Noordegraaf, D., Faber, F. en Muizelaar, T. (2016)). Het stimuleren van hergebruik, kennisdelen en van elkaar leren tussen marktpartijen die simulatiestudies uitvoeren en overheden die daar vaak opdrachtgever voor zijn is zo niet of nauwelijks mogelijk. Daarnaast is, zoals in het vorige hoofdstuk reeds beschreven, er een flinke ontwikkeling nodig in de modellen zelf, om het menselijke rij- en reisgedrag om de impact van Smart Mobility goed in beeld te kunnen krijgen.

Het laatste blok gaat over het omgaan met de resultaten en daaruit komen tot conclusies en advies. Dit betreft weer de uitdaging om van nog vaak niet operationele systemen en diensten (of maar op kleine schaal) toch iets te zeggen over impact en conclusies te trekken over wat er daarna te doen staat. Wat leren we door de simulatiestudie over vervolgstappen, in een evaluatie van een project of als startpunt voor onderzoeksvragen voor een volgend project? Daar valt een flinke stap in te maken, die aansluit op de gedachten achter het raamwerk voor M&E dat is ontwikkeld voor de monitoring en evaluatie van Smart Mobility diensten in Nederland (Malone et al., 2017). Meer uniformiteit in de behandeling van en werkwijze om te komen tot resultaten kan daarin bijdragen en maakt onderdeel uit van SimSmartMobility

Een deel van de ambitie is terug te vinden in Figuur 4. Het ideaalplaatje is dat via een database (en daarmee gestandaardiseerd) een keuze is te maken tussen het toe te passen model, het netwerk met bijbehorende verkeerspatroon en de maatregelen waarvan een impact moet worden bepaald. Voor de modellen gaat het dan om meer alleen verkeer, ook lucht, geluid en veiligheid horen daarbij en moeten samen zorgen voor effectbepaling. Het platform ontsluit dit alles voor de gebruiker, inclusief een grafische interface, waarbij de gewenste KPI's op een eenduidige manier worden getoond, waarbij zoveel mogelijk ook transparantie is in alle gebruikte elementen. Dat waarborgt ten dele de validiteit van de uitkomsten.



Figuur 4: SimSmartMobility als platform voor ontsluiting

Het bereiken van dit eindbeeld vraagt een langjarige ontwikkeling met publieke, private en kennispartijen. Vanuit dat eindbeeld zijn TNO, TUDelft en Connecting Mobility dan ook begonnen met een eerste prototype wat in januari 2017 is gelanceerd, waarin reeds een aantal Smart Mobility diensten is doorgerekend.

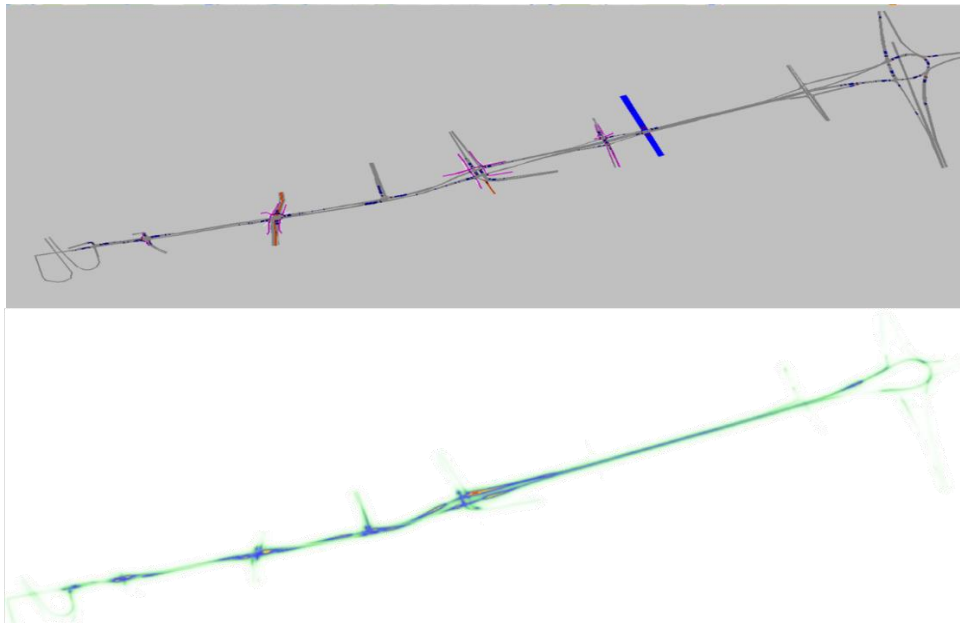
4. Inzicht in de effecten van slimme verkeersregelingen

Eén van de Smart Mobility use cases die met SimSmartMobility is doorgerekend is een intelligente regeling voor een kruispunt (hierna de use case iVRI genoemd). In deze paragraaf laten we zien wat simulaties voor een concrete case – in dit geval het initiatief 'N470 geeft energie' van de provincie Zuid-Holland, samen met partners – kan betekenen. Dit initiatief is gericht op de vraag welke innovaties gebruikt kunnen worden om wegen energiezuiniger en milieuvriendelijker te maken. Eén van de mogelijkheden om de weg energiezuinig(er) te maken is het slim benutten van de wegcapaciteit en het gericht managen van de zich daarop bewegende verkeersstromen. Om te verkennen hoe groot het potentiële effect van intelligente verkeersregelingen op de N470 is, is een simulatiestudie uitgevoerd, waarbij de huidige situatie wordt vergeleken met een aantal situaties waarin de verkeerslichten anders worden aangestuurd. De verkeersregeling die de lichten aanstuurt is in een aantal stappen efficiënter gemaakt: door een ander, voorspellend, regelconcept toe te passen, door gebruik te maken van informatie uit de voertuigen, en door de voertuigen te voorzien van een snelheidsadvies. In de simulaties zijn vier varianten onderscheiden:

- Huidige situatie met een voertuigafhankelijke regeling (HS).
- Voorspellend regelen (Model Predictive Control) met informatie uit de voertuigen (VR).
- Voorspellend regelen met informatie uit de voertuigen en snelheidsadvies aan de voertuigen (VR-SA).
- Het maximaal haalbare (een fictieve situatie waarbij voertuigen van conflicterende richtingen op de kruispunten 'door elkaar heen' kunnen rijden (UB – 'upper bound').

De simulaties zijn uitgevoerd met twee microscopische modellen die binnen SimSmartMobility beschikbaar zijn: het verkeerssimulatiemodel VISSIM en het emissiemodel EnViVer (zie Figuur 5 voor visualisaties van deze modellen). VISSIM simuleert verkeer op het niveau van individuele voertuigen, fietsers en voetgangers. EnViVer bepaalt op basis van de door VISSIM gegenereerde snelheidsprofielen voor ieder

voertuig de emissies van CO₂, NO_x en PM₁₀. Hierin wordt onderscheid gemaakt tussen personenauto's, lichte en zware vrachtauto's. Met het wagenpark van nu (en van de nabije toekomst) geven de veranderingen in CO₂ die geconstateerd worden na invoering van een maatregel ook een goede indicatie van de veranderingen in energiegebruik.



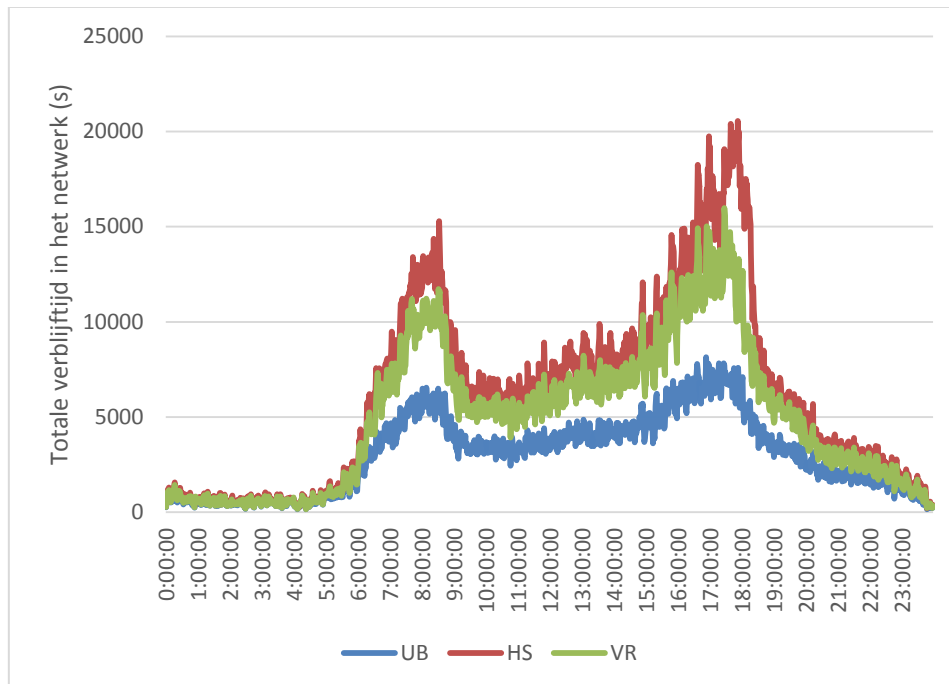
Figuur 5: De N470 ten zuiden van Delft (boven: VISSIM verkeerssimulatie, onder: resultaat van een EnViVer emissieberekening).

De simulaties laten duidelijk zien dat het mogelijk is het verkeer op de kruispunten van de N470 tussen de A4 en de A13 beter af te wikkelen. Er zijn zowel voordelen qua emissies en energiegebruik als qua reistijden/vertragingen te behalen. Zie Tabel 1 en **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** voor wat voorbeelden van resultaten. Tabel 1 laat zien dat het reductiepotentieel groot is. Ongeveer 43% van de extra door de kruispunten veroorzaakte CO₂ in de avondspits kan weggenomen worden – 13% van de totale CO₂-emissies. Ook voor NO_x en PM₁₀ is een aanzienlijk reductiepotentieel te zien.

Tabel 1: N470 - Procentuele reductie van de emissies t.o.v. de huidige situatie (avondspits)

| VARIANT | CO ₂ | | NO _x | | PM ₁₀ | |
|---------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|-------------|
| | Netwerk | Kruispunten | Netwerk | Kruispunten | Netwerk | Kruispunten |
| HS | 2465 kg | 833 kg | 4144 g | 1844 g | 192 g | 46 g |
| VR | 6% | 22% | 9% | 22% | 6% | 32% |
| VR-SA | 13% | 43% | 13% | 31% | 7% | 35% |
| UB | 30% | 100% | 41% | 100% | 19% | 100% |

Figuur 6 laat zien hoe de reistijden over de dag variëren (traject met vijf kruispunten, beide richtingen, inclusief zijtakken). De rode lijn is de huidige situatie. De blauwe lijn toont de reistijden als men ongehinderd door zou kunnen rijden en de groene lijn toont de variant waarin voorspellend geregeld wordt. De figuur geeft aan dat met voorspellend regelen vrijwel de hele dag lagere reistijden gerealiseerd worden dan met de huidige regeling. Omdat de aanvullende meerwaarde van snelheidsadvies voor de reistijd beperkt is, is deze variant hier voor de overzichtelijkheid niet getoond. De verschillen zijn het grootst in de spitsen.



Figuur 6: Totale verblijftijd (s) over de dag

In de variant waarbij én de kruispunten beter worden geregeld én alle weggebruikers gehoor geven aan de snelheidsadviezen kan in het studiegebied ongeveer 40% van de door de kruispunten veroorzaakte CO₂-emissie in een etmaal worden weggenomen. Voor het traject van 5 kruispunten betekent dit een vermindering van de uitstoot per etmaal van respectievelijk 2449 kg en 780 kg. Ook wanneer geen gehoor wordt gegeven aan de snelheidsadviezen kan, door beter te regelen, de door de kruispunten veroorzaakte CO₂-emissie met 13% worden gereduceerd.

Anders dan bij sommige andere applicaties, waarbij tussen voertuigen onderling gecommuniceerd wordt (bijvoorbeeld C-ACC of schokgolfdemping) is er hier geen afhankelijkheid van de uitrustingsgraad (en de opvolgingsbereidheid) van de omringende voertuigen en is er geen minimale penetratiegraad nodig om effect te halen. Ieder voertuig dat bereid is gehoor te geven aan de snelheidsadviezen heeft meerwaarde. De simulaties van de iVRI-regelingen op de N470 zijn een mooi voorbeeld van de aanpak van SimSmartMobility. Er is een verkeerssimulatiemodel gekoppeld aan een emissiemodel (beide modellen met hun eigen visualisatiemiddelen). Doordat deze case al een keer is gesimuleerd, kan de toegepaste regeling kan vrij eenvoudig hergebruikt worden op andere locaties. Ook is ervaring opgedaan hoe andere regelingen (van andere leveranciers) kunnen worden vertaald naar modelparameters. Verder is het N470-netwerk nu ook in SimSmartMobility beschikbaar om andere Smart Mobility-maatregelen op te testen.

5. Naar een kennisagenda voor de simulatie van Smart Mobility

SimSmartMobility is als samenwerking opgezet om bij te dragen aan de inzichten over de effecten van Smart Mobility in Nederland. Simulaties dragen bij aan het versnellen van het leren over de werking en effecten van Smart Mobility en kunnen bijdragen aan prioritering en investeringskeuzes voor de komende jaren. En de hoeveelheid en variatie aan vragen waarmee je kunt werken aan een antwoord en inzicht zijn enorm.

Tegelijkertijd ontstaan er kansen door de ontwikkeling van Smart Mobility om het simuleren zelf ook te versnellen en versimpelen, doordat meer en meer data beschikbaar komen. Het benutten van de kansen en invulling geven aan de ambitie en gezamenlijke visie vragen om een kennisagenda voor de komende jaren, waar publieke, private en kennispartijen samen met elkaar invulling aan kunnen geven.

Op hoofdlijnen is er een aantal onderwerpen waar ontwikkeling nodig is:

- Versimpelen van kalibratie van een model door gebruik van meer en andere data en automatisering;
- Verbeteren van de werking van verkeersmodellen door het uitdiepen, toevoegen, detailleren van menselijk gedrag in deze modellen;
- Verbeteren en ontwikkelen van interactie en integratie tussen verschillende modellen op gebied van verkeer onderling en met relevante andere modellen voor bv. luchtkwaliteit en veiligheid;
- Uitbreiden en herbruikbaar maken van implementaties van Smart Mobility diensten en use cases, beginnend bij waar nu de grootste vragen rondom zijn;
- Uniformiteit, transparantie en afspraken over kwaliteit voor hoe om te gaan met de resultaten uit simulaties en als onderdeel daarvan eenduidigheid over KPI's;
- Toepassen van de ontwikkelingen in alle stappen voor concrete vraagstukken (leren door het ook te doen).

Op korte termijn is de focus op het leren door te doen in concrete toepassingen en vanuit die ontwikkeling ook aandacht te hebben voor de andere onderdelen. Voor bijvoorbeeld het gebruiken van de mogelijkheden (andere meer netwerkgerichte regelingen, andere vormen van verkeersdata dan alleen lusdata, informatie over de status en toestand van de VRI richting weggebruikers, etc.) van intelligente VRI's die binnen Talking Traffic worden ontwikkeld, zijn vele kansen om op alle onderwerpen (zie bovenstaande opsomming) stappen te zetten. Er zijn vele interessante vragen, het biedt de mogelijkheid om use-cases herbruikbaar te maken en doordat er binnen Talking Traffic een ex-post evaluatie plaatsvindt is het ook mogelijk om de gedragskant van de use-cases bij een intelligente VRI te verwerken in nieuwe gedragsregels in een verkeersmodel. Als er daarnaast vanuit meerdere regio's en met meerdere partijen gewerkt wordt aan simulatiestudies op dit vlak, is er ook een mogelijkheid om samen te komen tot afspraken over het omgaan met de resultaten.

Een andere potentiële kans zit bij de koppeling tussen een dashboard- of monitoringsfunctionaliteit en het kunnen simuleren van veranderingen daarin (what-if). Dit biedt kansen voor het versnellen en versimpelen van de input voor simulaties, en tegelijkertijd voor eerste simulaties van vele mogelijk Smart Mobility diensten. Door ook hier weer samen te werken ontstaat in potentie meer uniformiteit.

De belangrijkste conclusie van SimSmartMobility is echter dat we nog lang zullen kunnen en moeten (model)leren. Daar gaan we vol voor.

De auteurs bedanken Isabel Wilmink (TNO) voor een review op dit paper.

Referenties

Van den Broek, J. en De Bruijn, D.J. (2017) Presentatie "Nederland Implementatie land voor Slimme Mobiliteit" gehouden op 30 maart 2017 tijdens de Automotive Week 2017 in Helmond.

Calvert, S., M. Minderhoud, H. Taale, I. Wilmink en V. Knoop (2016). Traffic assignment and simulation models. State-of-the-art background document. TrafficQuest Report. Version 2.0

Connecting Mobility (2017) <https://www.connectingmobility.nl>

Hoogendoorn, R.G. en H. Meurs (2015) Menselijk gedrag in verkeersmodellen, NM magazine 2015, nr. 3, pp. 16

Malone, K. F. Faber, M. de Kievit en T. Vonk (2017). Raamwerk voor monitoring en evaluatie van Smart Mobility diensten in Nederland, TNO, in opdracht van Connecting Mobility

Muizelaar, T., Vonk Noordegraaf, D. en Van Lint, H. (2016) Slim kiezen vraagt om inzicht in effecten van Smart Mobility. Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 24 en 25 november 2016, Zwolle.

Taale, H. (2016). Om het effect van C-ITS te bepalen, moeten we meer gebruik maken van modellen. NM Magazine, jaargang 11, nr. 2, pp. 14.

Taale, H., J.W.C. van Lint en I. Wilmink (2016). Evaluation of C-ITS and Automated Driving, A cyclic approach in five parts, Dutch Round Tables for Smart Mobility (http://rondetafels.ditcm.eu/sites/default/files/Effecten_evaluationCITSAutomation_2016_1122.pdf)

Vonk Noordegraaf, D., F. Faber en Th. Blondiau (2016). Inventarisatie van evaluatiemethoden voor C-ITS, memo voor TrafficQuest, 13 januari 2016.

Vonk Noordegraaf, D., Faber, F. en Muizelaar, T. (2016) 'SimSmartMobility Fase 1: Verkenning van vraag en aanbod' Connecting Mobility, http://www.ditcm.eu/images/News/nieuwsartikel_TNO_150816/20160811%20TM%20Rapport%20SimSmartMobility%20fase%201%20-%20definitief.pdf