



Rijtaakindicatoren voor C-ITS-projecten

EEN VERKENNING NAAR EEN EENVOUDIG TOE TE PASSEN SET
RIJTAAKINDICATOREN VOOR DOORSTROMING EN VEILIGHEID

Ilse Harms, Connecting Mobility, Matthijs Dicke, DITCM Innovations.
Review Diana Vonk Noordegraaf, DITCM Innovations. Advies: Isabel
Wilmink, TNO, Bert van Velzen, Grontmij, Jeroen Hogema, TNO
DITCM INNOVATIONS | WWW.DITCM.EU
10-2-2016

Rijtaakindicatoren voor C-ITS-projecten

Samenvatting

Deze notitie biedt een set indicatoren voor rijgedrag op bestuurdersniveau, zogenoemde rijtaakindicatoren. Het gaat hierbij om het gedrag dat ontstaat bij het besturen van een voertuig. Het doel van deze notitie is om middels het gebruik van de beschreven indicatoren de vergelijkbaarheid van effecten tussen projecten te vergroten en het inzicht in de effecten van verschillende in-car diensten op het niveau van de voertuigbestuurder te verbeteren. Bijvoorbeeld om anticiperend rijden te stimuleren, verkeersveiligheid te bevorderen of zuinig rijden te ondersteunen.

1 Inleiding

Coöperatieve of connected ITS (C-ITS) is de verzamelnaam voor voertuigen die communiceren met elkaar en met de wegwant (bijvoorbeeld met verkeerslichten). Het voertuig verzamelt informatie over de omgeving, maakt op basis van die informatie keuzes en informeert de bestuurder over bijvoorbeeld de gewenste snelheid, waarschuwt voor files of wegwerkzaamheden et cetera.

C-ITS is een slimme mobiliteitsoplossing om de bereikbaarheid en leefbaarheid te verbeteren en de verkeersveiligheid te verhogen. Met de ontwikkeling van C-ITS ontstaat ook de behoefte aan het bepalen van de bijdrage van C-ITS aan deze maatschappelijke doelen.

De ontwikkelingen binnen C-ITS zijn momenteel nog veelal technologisch gedreven. De techniek wordt ingezet om de mens te informeren, te waarschuwen, te adviseren en/of te sturen. Zolang de mens (gedeeltelijk) aan het stuur zit van een auto (of in ieder geval keuzes maakt ten aanzien van route, snelheid, afstand tot voorligger) is het nodig om inzicht te hebben in wat het effect is van C-ITS op het gedrag van bestuurders. Dit gedrag is namelijk bepalend of de gegeven boodschap gezien, begrepen en opgevolgd wordt. Meten welk effect C-ITS heeft op bestuurders is belangrijk om:

- 1) Te leren welke effecten C-ITS diensten hebben op bestuurders
- 2) Te leren welke effecten C-ITS diensten hebben op de doorstroming en verkeersveiligheid als gevolg van veranderingen in de rijgedragingen van bestuurders

1.1 Waarom is deze notitie nodig?

Vanuit diverse C-ITS projecten is aangegeven dat er behoefte is aan een set indicatoren voor het meten van rijgedrag. Er is onderzoek uitgevoerd welke indicatoren in de evaluatie van (C-)ITS maatregelen gebruikt kunnen worden (zie hoofdstuk 2 voor een overzicht van deze studies). Maar een werkbare set van indicatoren voor rijgedrag is (nog) niet beschikbaar.

In deze notitie wordt een set indicatoren voor rijgedrag op bestuurdersniveau voorgesteld. Het gaat hierbij om het gedrag dat ontstaat bij het besturen van een voertuig. Omdat dit ook wel de prestatie op de rijtaak wordt genoemd, duiden we de set van indicatoren aan als rijtaakindicatoren. Met deze set van rijtaakindicatoren worden opvolging en het effect van maatregelen bepaald. Dit maakt het beter mogelijk de effecten tussen de projecten te vergelijken. Met het inzicht dat door het meten van deze indicatoren ontstaat, worden diensten verbeterd en wordt duidelijker welke bijdrage de diensten hebben aan maatschappelijke doelen. Bij in-car diensten bijvoorbeeld kan de interface van de dienst een groot effect hebben op het opvolggedrag. Maar ook de keuze waarover advies gegeven wordt. Bijvoorbeeld een snelheidsadvies of een rijstrookwisseling om een aanrijding te voorkomen. Bij een goede set aan indicatoren zijn de effecten van deze verschillende in-car diensten inzichtelijk en onderling vergelijkbaar te maken.

1.2 Verbetering op huidige praktijk

In-car diensten worden voor een groot deel ingezet om de doorstroming te verbeteren. Voor de beoordeling van het effect van de diensten wordt vaak gevraagd om deze met een doorstromingsmaat te bepalen. Bijvoorbeeld de verhouding tussen intensiteit en capaciteit waarbij de effecten worden weergegeven in een verandering in voertuigverliesuren. In-car diensten ter bevordering van de verkeersveiligheid worden beoordeeld op de afname van het aantal (bijna) ongevallen. Het uitdrukken van de effecten in dit soort geaggregeerde maten geeft geen inzicht in de individuele reacties op een dienst of advies. Deze individuele reacties zijn erg belangrijk om te bepalen met welke aanpassingen het effect van een dienst verbeterd kan worden. Bij een keuze van de juiste indicatoren is het mogelijk om een directe monitoring op individueel niveau uit te voeren. Omdat metingen uitgevoerd moeten worden om daaruit een indicator af te leiden is het ook mogelijk om de informatie aan

te passen op basis van de meting. Zo is directe feedback op snelheid of de manier van rijden mogelijk. Dit speelt voornamelijk bij verkeersveiligheid een rol.

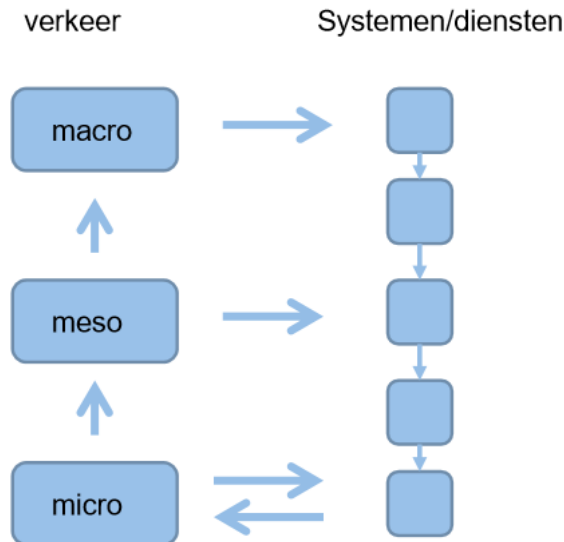
Het opstellen van een set aan indicatoren om het rijgedrag van bestuurders te meten is een eerste stap die nodig is om grip te krijgen op de complexiteit van het meten van menselijk gedrag ten aanzien van C-ITS diensten. Niet alleen de indicatoren zijn van belang. Het gebruik van de indicatoren moet een aanzet zijn om uiteindelijk op basis van metingen van de indicatoren een interventie te kunnen doen op het rijgedrag en vervolgens te meten wat het effect van de interventie is op de doorstroming en/of verkeersveiligheid.

Markt en overheid meten nu voornamelijk met de middelen die ze zelf hebben. De markt meet voornamelijk op basis van informatie binnen het voertuig, bijvoorbeeld via de CAN-bus of via smart phone. De overheid moet het voornamelijk doen met wegkantinformatie. Het ontwikkelen van een set van indicatoren die zowel voor de markt als overheid werkbaar is (dat wil zeggen zonder dat ze elkaar nodig hebben), is een uitdaging en wellicht niet mogelijk op korte termijn. Een samenwerking op het gebied van het delen van data is noodzakelijk voor overheid en serviceproviders.

1.3 Aggregatieniveaus van metingen

Effecten zijn te meten op micro-, meso- en macroniveau. Deze indeling is een leidraad die duidelijk maakt hoe ver doorgeredeneerd wordt bij cases (zie ook Stilldits document Standardisation of indicators and logging of data (C-ITS)).

- Micro - Binnen de auto op het niveau van een individuele bestuurder (inclusief input aan stuur en pedalen)
- Meso - Het rijden van de auto (voertuig-bestuurdercombinatie) in relatie tot de weg en omliggende auto's
- Macro - Het rijden in relatie tot de verkeersstroom en als verkeersstroom



Figuur 1: schema van de aggregatieniveaus waarop onderzoek uitgevoerd wordt (overgenomen uit: Standardisation of indicators and logging of data (C-ITS)).

De linkerzijde schetst de opbouw van het verkeer van micro tot macro, de lijn waarlangs ook het traceren van de effecten van coöperatieve systemen loopt. Een toepassing zoals een coöperatief systeem (rechterdeel) betreft informatie van de verschillende aggregatieniveaus. De afbakening tussen meso en de andere niveaus is overigens niet scherp.

1.4 Een vereenvoudigde benadering

De verkenning zoals weergegeven in hoofdstuk 2 heeft in combinatie met de resultaten van een expertsessie over rijtaakindicatoren ertoe geleid dat de keuze is gemaakt om te starten met een eenvoudige set aan indicatoren. Daarbij is de uitdaging om:

- Te komen tot een werkbare set indicatoren die aan de andere kant niet te simplistisch mag zijn.
- Nauwkeurigheid en volledigheid na te streven maar voorkomen dat de set onwerkbaar wordt.

Om goed het effect in te schatten van informatie op het rijgedrag is het nodig rekening te houden met de gedragingen van andere voertuigen en de omgeving waarin het voertuig zich bevindt. Dit is echter zeer complex, waardoor de keuze is gemaakt om een start te maken met gedrag op het microniveau.

2 Wat is er al bekend/gedaan

In ander verband is al onderzoek uitgevoerd naar rijtaakindicatoren. We maken gebruik van de kennis die opgedaan is in die projecten. Binnen DITCM Innovations is door een werkgroep een uitwerking gemaakt van benodigde indicatoren van rijgedrag. Deze uitwerking is opgenomen in het conceptrapport “Standardisation of indicators and logging of data ITS”. Dit rapport is uitgebreider dan deze notitie (microniveau) en gaat naast de rijtaakindicatoren ten aanzien van het gedrag van de bestuurder ook in op het rijden van de auto in relatie tot de weg en omliggende auto’s (mesoniveau) en het rijden in relatie tot de verkeersstroom (macroniveau). Door ook rekening te houden met het meso- en macroniveau is een uitgebreidere evaluatie van in-car diensten mogelijk. Met name het interpreteren van de invloed die indicatoren op elkaar hebben is beter uit te voeren. Kanttekening is dat het onderzoek daardoor ook ingewikkelder en tijdrovender wordt.

Door Connecting Mobility is in 2014 een artikel gepubliceerd over “Rijtaak en doorstromingsproblematiek”. Dit document focust op de kansen die er op het operationeel en tactisch niveau van de rijtaak liggen om de verkeersdoorstroming te verbeteren. Het artikel benoemt vijf aangrijpingspunten maar deze zijn nog niet vertaald in een set van indicatoren.

In opdracht van Connecting Mobility voert TNO een opdracht uit voor de ontwikkeling van een monitoringsraamwerk. Hierin wordt een methodiek voorgesteld om impact van C-ITS inzichtelijk te maken op beleidsniveau en opschaling van pilots naar hoger geografisch niveau mogelijk te maken. Deze opdracht loopt en heeft nog geen set van indicatoren opgesteld.

Voor informatie over het opzetten van een onderzoek met behulp van rijtaakindicatoren verwijzen we naar de documenten die opgeleverd zijn voor het Europese FESTA project. In dit project zijn ruim 150 rijtaakindicatoren geïnventariseerd voor in-car projecten. Daarmee is het rapport een goed startpunt om te leren over de mogelijkheden, maar een eenvoudige set indicatoren geeft het project niet.

Voor het ministerie van Infrastructuur en Milieu ontwikkelde TNO in 2011 de publicatie Leidraad Evaluatiestudies Benuttingsmaatregelen. Deze publicatie richt zich vooral op de effectbepaling van wegwijk-ITS.

Deze eerdere studies bevatten nog geen werkbaar set rijgedragindicatoren voor C-ITS.

3 Ontwikkeling van een set rijtaakindicatoren

Het hoofddoel van de notitie 'Rijtaakindicatoren voor C-ITS projecten' is om te komen tot een set van rijtaakindicatoren die kan bijdragen aan het inzichtelijk maken van projectresultaten in C-ITS projecten op het niveau van de voertuigbestuurder en aan het beter onderling vergelijken van de projectresultaten. Subdoel is om grip te krijgen met welke indicatoren het rijgedrag van de voertuigbestuurder te meten is.

Een brede inzetbaarheid van de indicatoren is een belangrijk doel om te komen tot standaardisatie.

3.1 Afbakening

Per indicator worden een aantal meetmethoden gegeven. We richten ons in deze notitie vooral op het gedrag van de bestuurder en hoe dit gedrag in beeld is te krijgen door het meten van indicatoren. We leggen daarbij de nadruk op de reactie van de bestuurder op C-ITS. Bijvoorbeeld een snelheidsadvies of advies over rijstrookkeuze. Deze set van indicatoren is bedoeld voor applicaties gericht op doorstroming. Ook is bekeken of deze set toepasbaar is voor verkeersveiligheid. Aangezien C-ITS applicaties die primair de doorstroming verbeteren ook een positieve impact hebben op de leefomgeving besteden we in deze notitie geen aparte aandacht aan indicatoren voor het verbeteren van de leefomgeving.

Om effectief te kunnen informeren, waarschuwen, adviseren of sturen is een analyse van de verkeerssituatie, de huidige staat van het voertuig en de staat van de bestuurder nodig. Deze moet daarna omgezet worden in een gewenste actie van de bestuurder. We gaan in deze notitie niet in op de manier waarop de informatie wordt verzameld en hoe het gewenste gedrag tot stand gebracht moet worden. Dat de weggebruiker informatie, een waarschuwing of een advies krijgt nemen we als gegeven. We leggen ook geen link naar oorzakelijke verbanden tussen de indicatoren en het effect op doorstroming en/of verkeersveiligheid. Daarvoor verwijzen we naar de notitie "Standardisation of indicators and logging of data (C-) ITS (in concept)".

Deze notitie beperkt zich tot een set aan indicatoren die generiek ingezet kunnen worden. Deze zijn gekozen door literatuurstudie en inbreng van experts. Het uitgangspunt daarbij is te komen tot een eenvoudige set van indicatoren die werkbaar is en breed inzetbaar is, zonder de benadering te

simplistisch te maken waardoor het trekken van conclusies uit de data niet meer zinvol is.

De staat van de bestuurder (vermoeidheid, stress, taakbelasting, afleiding, attitude, mate van sensation seeking et cetera) nemen we in deze notitie niet mee. Dit zijn situationele factoren die belangrijk zijn voor de interpretatie van de metingen van gedragsverandering. Er zijn echter zoveel mogelijke indicatoren die van belang kunnen zijn, dat deze apart uitgewerkt dienen te worden.

De indicatoren moeten dusdanig eenvoudig zijn dat (auto)fabrikanten geen concessies hoeven te doen aan de kwaliteit die ze leveren aan klanten. Dat wil zeggen dat het meten van de indicatoren geen gevolgen heeft voor de kwaliteit van aangeboden diensten in de auto. Een eenvoudige implementatie is gewenst.

Bij het opstellen van deze notitie hebben we ervaren hoe ingewikkeld de interactie tussen de bestuurder en de verkeerssituatie is. Filevorming is daarbij een veel besproken onderwerp. Maar het meten waardoor files ontstaan in relatie tot het gedrag van alle verkeersdeelnemers is complex. Daarom wordt de uiteindelijke set van indicatoren eerst getest op eenvoudiger situaties.

4 Wat is een indicator?

Bij onderzoek naar de effecten van een dienst is een globale aanpak als volgt. In een onderzoeksdomein wordt een algemeen doel gesteld. Bijvoorbeeld het verbeteren van de verkeersveiligheid bij wegwerkzaamheden. Daar hoort een doelstelling bij, het stellen van een meetbare norm. Bijvoorbeeld: afname van het aantal bijna-ongevallen ter hoogte van wegwerkzaamheden. Om dit te bereiken wordt bijvoorbeeld een dienst gelanceerd die een vooraankondiging doet dat er verderop wegwerkzaamheden zijn, een Road Works Warning systeem (RWW). Daarbij wordt een onderzoeksvraag opgesteld: "Wat is de bijdrage van RWW aan de verkeersveiligheid". Daarbij horen een aantal verwachtingen:

- 1) Verkeer met RWW wisselt na waarschuwing eerder van rijstrook dan verkeer zonder RWW
- 2) Verkeer met RWW houdt na waarschuwing grotere afstand tot voorligger(s)

- 3) Bij de inzet van RWW zijn er minder “bijna-ongevallen” ter hoogte van de wegwerkzaamheden

De indicatoren die hierbij ingezet kunnen worden zijn:

- Wordt er gewisseld van rijstrook (en is de wisseling naar de bedoelde rijstrook?)
- Positie van wisselen rijstrook (afstand tot wegwerkzaamheden).
- Afstand tot voorligger voorafgaand aan signaal en na signaal (bijvoorbeeld in meters, seconden of in time-to-collision).
- Snelheid voorafgaand aan signaal en na signaal (snelheid in m/s).
- Aantal (bijna-) ongevallen rondom de wegwerkzaamheden (bijvoorbeeld te bepalen met videocamera's in combinatie met remvertraging en stuurgedrag).

Per indicator zijn er verschillende meetmethoden die toegepast kunnen worden. Bijvoorbeeld snelheid kan via de CAN-bus, via GPS, met radar vanaf de wegwijkant of door middel van lussen gemeten worden.

Bovenstaande is mogelijk in een situatie waarin het verkeer blijft doorstromen. Als het verkeer rondom de wegwerkzaamheden tot stilstand komt dan zijn de genoemde indicatoren minder goed bruikbaar. In de file is de snelheid erg beperkt en heeft de verandering in snelheid bijvoorbeeld geen betekenis als indicator voor gedragsverandering als gevolg van informatie over wegwerkzaamheden.

4.1 Het meten van indicatoren

Indicatoren kunnen onder andere op de volgende manier gemeten worden:

- Via mobiele devices die in het voertuig gebruikt kunnen worden. Met name GPS en G-krachten en daarvan afgeleide maten. Bijvoorbeeld de smartphone van de bestuurder of het navigatiesysteem.
- Via het voertuig. Bijvoorbeeld gebruik van informatie uit de CAN-bus, informatie uit systemen in de auto zoals Lane Departure Warning Systems (LDWS) en cruisecontrol of via het installeren van meetapparatuur voor het meten van g-krachten, snelheid, acceleratie en deceleratie et cetera.

- Langs of op de weg, bijvoorbeeld lussen, camera's of radar voor het meten van de doorstroming (in termen van snelheden of intensiteiten).
- Door middel van vragen aan de bestuurder (vragenlijst of via spraak tijdens het rijden).
- Door middel van het meten van bestuurdersgedrag (zoals oogmetingen, bepalen werkbelasting en keuzes in de navigatie van de app).

Deze meetmethoden hebben voor- en nadelen. Gebruik maken van devices die een bestuurder meeneemt in de auto heeft als voordeel dat het een zeer toegankelijke methode is. Vrijwel iedereen heeft een smartphone. Gebruik van een app geeft toegang tot metingen die de smartphone kan uitvoeren. Het nadeel is dat de kwaliteit afhankelijk is van het type toestel en dat het aantal te meten indicatoren beperkt is. Rijstrookkeuze en gebruik van signalering is bijvoorbeeld momenteel met een smartphone niet te meten. De afstand tot de voorligger kan met een camera bepaald worden, maar vergt wel juiste plaatsing en calibratie. Daarbij is het de vraag of de weggebruiker dit zelfstandig kan uitvoeren. Belangrijk om te beseffen is dat de onderzoeker zijn meetapparaat in handen legt van de weggebruiker. De beslissing om het meetapparaat (lees app) aan te zetten ligt bij de deelnemer. Ten behoeve van onderzoek is dat een risico. De onderzoeker heeft weinig tot geen invloed over de ingezette meetapparatuur.

Het inbouwen van meetapparatuur in de auto of gebruik maken van gegevens uit de CAN-bus levert metingen op die nauwkeuriger zijn dan via een smartphone. Het nadeel is dat toegang krijgen tot de gegevens arbeidsintensief is. Er moet een handeling verricht worden op de CAN-bus, er moet een kastje worden ingebouwd of er moet een kastje beschikbaar gesteld worden. Dit betekent vrijwel altijd een drempel tot deelname in projecten waarin een dienst wordt aangeboden. Zijn deelnemers eenmaal die drempel over dan is het voordeel dat dit meestal hoog gemotiveerde deelnemers zijn (prettig als het gaat om gedragsverandering) en dat de meting automatisch verloopt. De bestuurder kan weinig tot geen invloed uitoefenen op de continuïteit van het meten van de indicatoren. Profiteren van de voordelen van het gebruik van meetapparatuur in de auto kan door bijvoorbeeld leasemaatschappijen, taxibedrijven en koeriersdiensten te betrekken. Die kunnen voor hun klanten de apparatuur inbouwen. Nadeel is dat slechts een specifieke doelgroep bereikt wordt.

Wegkant informatie heeft als voordeel dat informatie verzameld kan worden over verkeersstromen. Meten op individueel niveau is erg lastig en bovendien niet te koppelen aan andere gegevens. Resultaten uit weggangmetingen zijn grotendeels uitspraken over omstandigheden en worden bijna altijd geaggregeerd gebruikt. Voordeel is wel dat de weggebruiker er geen invloed op heeft. Er kan altijd gemeten worden.

Voor projecten waarbij het doel is om met behulp van feedback het rijgedrag te veranderen is het meten via een device van de bestuurder tegelijk een voordeel en een nadeel. Het voordeel is dat de bestuurder door het aanzetten van de meting al bewust bezig is met het gewenste gedrag. Dit helpt om de gewenste gedragsverandering te krijgen. Nadeel voor onderzoek is dat het bepalen van een 0-situatie moeilijker is. Deze meet een onderzoeker het liefste zonder dat de weggebruiker daar erg in heeft. Dit is om te voorkomen dat een weggebruiker tijdens de 0-meting al gedrag aanpast door er bewust van te zijn waar de test over gaat.

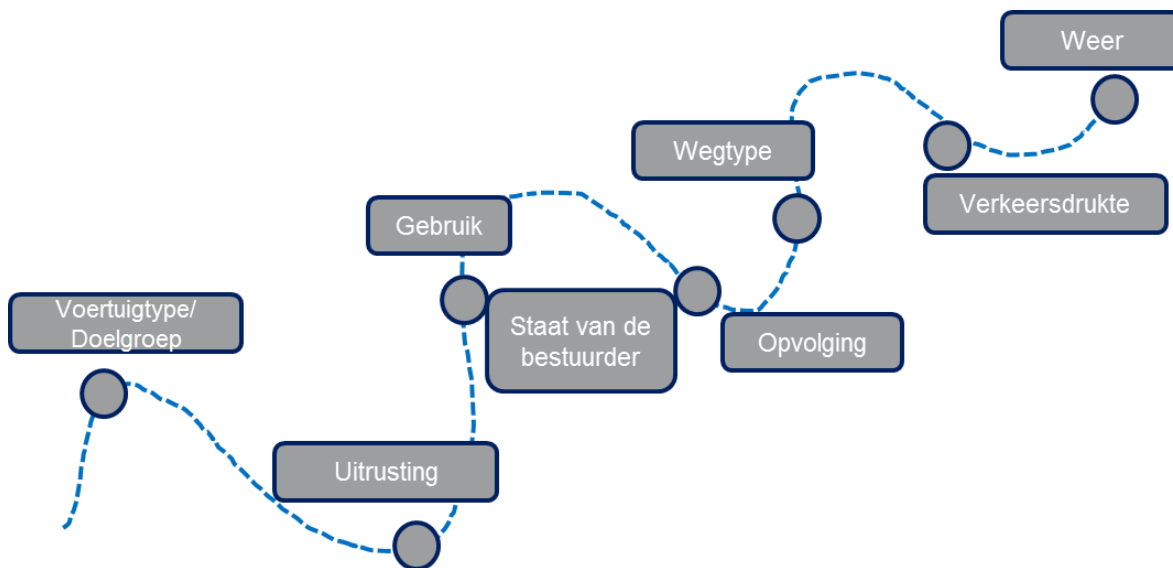
4.2 Indicatoren meten is eenvoudig, verbanden leggen is complex

Het is belangrijk de effecten van C-ITS op de juiste manier te meten en te interpreteren. Het meten van de meeste indicatoren is eenvoudig. Maar verbanden leggen tussen de indicatoren is complex. Deze complexiteit ontstaat doordat:

- 1) De achtergronden van het onderzoeksobject volledig moeten worden begrepen. Bijvoorbeeld de achtergronden van het ontstaan van files.
- 2) Identiek rijgedrag in identieke omgevingen leidt tot verschillende gedragingen van het overig verkeer en daarmee tot verschillende effecten op verkeersveiligheid en doorstroming.
- 3) De relatie tussen informatie en gedragsverandering lastig aan te tonen is.
- 4) Context een grote invloed heeft op het gedrag van de bestuurder, terwijl de context complex is om te meten.
- 5) Contextvariabelen verstoord kunnen worden.

In de onderstaande figuur wordt ter illustratie een aantal factoren en mogelijke relaties weergegeven die invloed kunnen hebben op de rijtaak. Een indicator relevant voor doorstroming is deceleratie. Dit is eenvoudig te meten. Echter, leidt deceleratie van een voertuig tot een file? Hiervoor is eerst nodig om te

snappen wanneer een file ontstaat (wanneer remt één voertuig zo hard dat meer voertuigen moeten remmen en er uiteindelijk een file ontstaat?) – complexiteit 1. Vervolgens maakt de situatie uit (is het bijvoorbeeld druk of rustig op een weg?) – complexiteit 2. Ook zijn relaties tussen de informatie en het gedrag lastig vast te stellen (remt iemand omdat hij het advies opvolgt of vanwege een bocht of een file?) – complexiteit 3. Naast situationele variabelen spelen er ook contextfactoren, zoals de staat van de bestuurder en het wegtype, een rol – complexiteit 4. En deze kunnen sterk fluctueren, zoals het weer – complexiteit 5.



Verbanden leggen tussen indicatoren is moeilijk omdat een goed begrip nodig is van het domein waarin gemeten wordt. Bijvoorbeeld bij het ontwikkelen van indicatoren om te meten wat het effect is van een systeem dat het ontstaan van files beïnvloedt. De onderzoeker moet snappen welke factoren effect hebben op het ontstaan van files, welke gedragingen van de bestuurder daar effect op hebben, met welke maatregelen de bestuurder tot ander gedrag te brengen is, op welke manier de maatregel gepresenteerd moet worden aan de bestuurder, hoe de effecten te meten zijn en welke contextvariabelen een verstoring effect hebben op het meten van het effect.

Hoewel deze notitie niet ingaat op het doorgronden van de situatie waarin bepaald gedrag plaatsvindt, is het wel belangrijk te beseffen dat een goed begrip van het onderwerp van onderzoek (bijvoorbeeld het ontstaan van spookfiles) nodig is om te komen tot een juiste set van indicatoren. In de publicatie “Standardisation of indicators and logging of data (C-) ITS (in

concept)” staat een voorbeeld uitgewerkt van een spookfiledienst. Aan de hand van dit voorbeeld wordt uitgelegd hoe indicatoren werken.

4.2.1 De achtergronden van het onderzoeksobject begrijpen

Om indicatoren te ontwikkelen om te bepalen wat de bijdrage is van een dienst aan het verminderen van congestie moet de onderzoeker goed weten in welke situatie welk menselijk gedrag kan leiden tot files. Zo gaat bij het er bij het begrijpen van de context van het ontstaan van spookfiles om te weten te komen welke gedragingen bijdragen aan het ontstaan van spookfiles.

Daarnaast moet duidelijk zijn in welke situaties een dergelijke gedraging wel of niet tot een spookfile leidt. Ook hier zijn indicatoren op microniveau voor te bepalen (te meten via de acties van de bestuurder).

De volgende factoren kunnen een invloed hebben¹:

- Aantal voertuigen op de weg
- Acceleratie (positief=optrekken of negatief=remmen)
- Snelheidskeuze
- Rijstrookkeuze
- Volgafstand
- Hiaten en hiaat-acceptatie
- Vetergang (afwijken van de rechte lijn door koerscorrecties of storende krachten)

In bepaalde situaties is dat kritiek:

- Als er een strook af gaat of bijkomt
- Bij in- en uitvoegen
- Weefvakken
- Afleiding (ongeval, reclame, bellen, omgeving)
- Werkzaamheden

¹ Resultaat van brainstorm in expertsessie (11 september 2015, met medewerking van Bert van Velzen, Isabel Wilmink en Jeroen Hogema).

- Weeromstandigheden
- Incidenten
- Flitsers
- Smallere rijstroken
- Barriers
- Tunnels

Deze factoren (en zeker de combinatie van factoren) zijn complex. Het is moeilijk te bepalen wat leidt tot een file op een bepaald moment. Het afstemmen van de indicatoren om het gedrag van de weggebruiker te meten is evenzo moeilijk. Omdat de genoemde factoren complex zijn wordt eerst bepaald welke indicatoren helpen om te bepalen of gehandeld wordt op basis van gegeven informatie aan de bestuurder.

4.2.2 Gedrag leidt niet altijd tot hetzelfde resultaat

Een gedraging heeft in de ene situatie een andere uitwerking dan exact dezelfde gedraging in een andere situatie. Hard remmen op een lege weg leidt doorgaans niet tot een file. Dezelfde reactie kan op een drukke weg wel leiden tot instabiel verkeer met als gevolg een file. Maar of de verkeersstroom instabiel wordt met een file als gevolg hangt ook weer af van de reactie van het overige verkeer. In exact dezelfde verkeersomstandigheden bij exact hetzelfde remgedrag van een automobilist kan de uitkomst verschillend zijn als gevolg van diversiteit in de reactie van het overige verkeer.

4.2.3 De relatie tussen informatie en gedragsverandering is lastig aan te tonen

C-ITS diensten bieden onder andere informatie en/of advies aan de automobilist. Bijvoorbeeld om een bepaalde snelheid te gaan rijden om een spookfile te voorkomen of het advies om de snelheid aan te passen en/of van rijstrook te wisselen bij het naderen van wegwerkzaamheden. Het gedrag van een automobilist na het geven van informatie of een waarschuwing is te meten. Het is echter niet zomaar aan te tonen dat het gedrag een direct gevolg is van de informatie of waarschuwing. Ondanks dat de automobilist de intentie heeft om een advies op te volgen is het in de praktijk niet altijd mogelijk. Het overige verkeer kan in de weg zitten waardoor remmen niet past in de situatie

of een rijstrookwisseling niet mogelijk is. Andersom kan het ook voorkomen dat de weggebruiker het gewenste gedrag uitvoert, maar dat dit niet het gevolg is van het gegeven advies, maar door het gedrag van een voorligger. Bijvoorbeeld remmen omdat een voorligger snelheid mindert.

Wat in ieder geval bij de indicatoren meegenomen moet worden is of het systeem aan heeft gestaan, of en wanneer er informatie is gegeven, wat het advies was, wat de aanleiding voor het advies was.

4.2.4 Context (situatieve factoren) maakt leggen van verbanden complex

De besproken situaties in 4.2.2 en 4.2.3 vallen onder de noemer situationele variabelen. Dit is de context waarin de indicator gemeten wordt, bijvoorbeeld de intensiteit/dichtheid in relatie tot capaciteit op het moment waarop informatie gegeven wordt. Deze heeft effect op het overige verkeer en de keuzes die een automobilist maakt. Dit heeft invloed op het effect van de informatie op de weggebruiker. Anders gezegd: door de informatie heeft de weggebruiker de intentie om het gedrag aan te passen, maar door de situatie komt het niet tot het gewenste gedrag. Ook is het mogelijk dat door de situatie, nog zonder dat er informatie is getoond, een gedragsverandering ontstaat die gelijk is aan het gewenste effect door middel van de informatie.

4.2.5 Verstoring van contextvariabelen

Contextvariabelen zijn doorgaans minder veranderlijk dan de situationele variabelen. Het zijn variabelen zoals het type weg, breedte van de weg, aantal stroken, geldende snelheidslimiet, weersomstandigheden et cetera. De keuze van de snelheid kan beïnvloed worden door deze contextvariabelen. Op een smalle weg wordt bijvoorbeeld minder hard gereden.

Naast de context van het verkeer is ook de bestuurder zelf van invloed. Afleiding, stress, vermoeidheid, waarneming en taakbelasting spelen een belangrijke rol.

5 Rijtaakindicatoren ten behoeve van doorstroming

Om te komen tot rijtaakindicatoren die meten of een advies is opgevolgd nemen we als uitgangspunt dat we kennis hebben in welke omstandigheden

het opvolgen van informatie leidt tot een positief effect op de doorstroming. Als het gedrag dat tot files leidt zodanig wordt beïnvloed dat de files uitblijven dan is het mogelijk om met evenveel verkeer minder file te hebben. Een van de mogelijkheden om de bestuurder te beïnvloeden is het geven van feedback op het rijgedrag en het adviseren over gewenst rijgedrag.

Gedrag dat te maken heeft met het ontstaan van congestie is weergegeven in paragraaf 4.2.1. Indicatoren die daar bij horen zijn weergegeven in de volgende tabel. In deze tabel zijn de indicatoren weergegeven die gemeten kunnen worden. Vervolgens is voor de metingen via een device van de weggebruiker zelf, het meten in het voertuig van de weggebruiker en het meten buiten het voertuig aangegeven met welke methoden de indicator gemeten kan worden.

Indicator	Meten met mobiele device weggebruiker	Meten in voertuig	Meten buiten voertuig
Snelheid (puntsnelheid, gemiddelde snelheid, continue snelheid)	GPS	CAN-bus, GPS, radar	Radar, lusdata, camera
Afstand tot de voorligger	Via camerafunctie	Headway, time-to-collision, via adaptive cruise control	Camera of lusdata
Rijstrookkeuze en aantal wisselingen	Rijstrookkeuze niet mogelijk, aantal wisselingen wellicht wel	Loggen rijstrook wisseling via laterale positie, afstand tot belijning	Camera op wegdeel
Acceleratie (met name bij oplossen file)	G-krachten en opbouw snelheid via GPS	Acceleratie en jerk (snelheid waarmee acceleratie opbouwt) via CAN-bus	Camera (maar niet optimaal)

Aantal voertuigen op de weg (situatieve variabele)	Niet mogelijk, wel mogelijk via communicatie met weggantsystemen	Niet mogelijk, wel mogelijk via communicatie met weggantsystemen	Via lusdata, floating car data (indirect)
Longitudinale positie	GPS	GPS, video	GPS, video
Laterale positie	In theorie mogelijk maar praktisch met weggebruiker niet uitvoerbaar	Camera op voertuig	Camera op wegdeel
Gebruik signalering van auto, bv richtingaanwijzer	Niet mogelijk	CAN-bus	Camera op wegdeel
Remgedrag	GPS en G-krachten	Sensor op rempedaal, deceleratie via CAN-bus	Camera op wegdeel, waarnemen remlichten
Reactie op signalering voorligger	Camerawaarneming	Camera waarneming (bv remlichten achterligger)	Camera op wegdeel (bv remlichten achterligger)

6 Rijtaakindicatoren verkeersveiligheid

Het interpreteren van indicatoren voor verkeersveiligheid in relatie tot contextuele variabelen lijkt eenvoudiger dan voor doorstroming. Dat heeft er mee te maken dat een beoordeling of iemand verkeersveilig aan het verkeer deelneemt over langere afstand bepaald kan worden. Het gaat dan niet om gedrag op een bepaald moment, maar om gedrag over een langere periode. Bijvoorbeeld: gedurende lange tijd sneller dan de maximum snelheid rijden, een hoog aantal krachtige rembewegingen maken et cetera. In een aantal situaties zal de omgeving een rol spelen, maar logischerwijze niet bij allemaal.

	Metten met mobiele device	Metten in	Metten buiten
--	----------------------------------	------------------	----------------------

	weggebruiker	voertuig	voertuig
Snelheid (puntsnelheid en gemiddelde snelheid)	GPS	CAN-bus, GPS, radar	Radar, lusdata, camera
Snelheid naderen kruispunt en voorliggers	GPS in combinatie met kaartmateriaal	CAN-bus, GPS, radar, map matching	Radar, camera, lusdata
Aantal overschrijdingen maximum snelheid	GPS in combinatie met kaart maximumsnelheden	CAN-bus, GPS, map matching, informatie over geldende snelheidslimiet	Alleen op bepaalde plekken te meten met lussen, radar, camera
Acceleratie/Deceleratie	GPS, G-krachten	Acceleratie, jerk (snelheid waarmee acceleratie opbouwt) via CAN-bus	Video
Afstand tot voorligger (TTC)	Camerafunctie in combinatie met snelheid via GPS	Radar	Wegkant radar, camera, video
Tijdsduur binnen bepaalde TTC	Camerafunctie in combinatie met snelheid via GPS	Radar	Beperkt vast te stellen met video
Remkracht	Niet te meten, af te leiden uit G-krachten	Sensor op rempedaal, CAN-bus	Camera op wegdeel die vertraging waarneemt
Aantal keren dat bovengemiddeld geremd wordt	G-krachten, GPS	CAN-bus	Niet optimaal
Aantal	Camerafunctie	Loggen	Camera op

rijstrookwisselingen		rijstrook wisseling	wegdeel
-----------------------------	--	------------------------	---------

7 Beperkingen meetmethodieken voor rijtaakindicatoren

Deze notitie heeft als uitgangspunt om gewenste indicatoren in kaart te brengen ongeacht de methodiek van meten. We beseffen dat we daarmee voorbij gaan aan het feit dat voor het meten eventueel aanpassingen gedaan moeten worden aan de wegkant of in het voertuig. Bijvoorbeeld het aansluiten op de CAN-bus of het uitlezen van gegevens uit de CAN-bus. Een andere mogelijkheid is om na te gaan wat met de huidige techniek meetbaar is zonder teveel aan te moeten passen aan voertuig of wegkant. Bijvoorbeeld door de mobiele telefoon als uitgangspunt te nemen en te onderzoeken welke indicatoren daarmee gemeten kunnen worden. Aandachtspunt hierbij is de kwaliteit van de sensoren. Zo kan de locatienauwkeurigheid per type GPS ontvanger sterk verschillen en is de nauwkeurigheid van de G-krachten sensor verschillend per apparaat. Welke (locatie)nauwkeurigheid nodig is, hangt af van de toepassing. Bij het uitvoeren van eenvoudig onderzoek lijkt het dus heel logisch om de set van indicatoren (grotendeels) te meten met behulp van smartphones. Echter, uit pilots is gebleken dat bijvoorbeeld plaatsbepaling naast meting ook map matching vergt en minder eenvoudig is dan het lijkt. Meer onderzoek en het delen van ervaringen op dit vlak lijkt dan ook gewenst. Een goede start is al gemaakt met het inzetten van apps die terugkoppeling geven op rijgedrag en/of belonen bij milieubesparend gedrag.

8 Conclusie en aanbevelingen

8.1 Conclusie

Deze notitie introduceert een set van rijtaakindicatoren voor doorstroming en verkeersveiligheid. Op basis van expertinschattingen zijn deze gekozen omdat ze in ieder C-ITS project relatief eenvoudig zijn te meten. Of deze set werkbaar is moet blijken uit het gemak waarmee in projecten de metingen uitgevoerd kunnen worden. Het moet bijvoorbeeld blijken hoe gemakkelijk het is om van ieder type auto de data uit de CAN-bus te lezen en te interpreteren en te koppelen aan events. Ook het plaatsen van camera's aan de wegkant of gebruik van radar via de wegkant zal niet in alle gevallen eenvoudig te realiseren zijn.

Het trekken van conclusies op basis van deze variabelen wordt bemoeilijkt door situationele en contextuele variabelen. Deze moeten in onderzoek zoveel mogelijk meegenomen worden in de metingen. Bij consequente toepassing hiervan wordt het mogelijk steeds meer te leren over de complexiteit van het meten van rijtaakindicatoren.

Er is nog weinig onderzoek uitgevoerd naar indicatoren voor rijgedrag op bestuurdersniveau en hoe deze standhouden bij het evalueren van het effect van C-ITS op doorstroming en verkeerveiligheid. Een eenvoudige set van indicatoren is een belangrijke eerste stap naar het meten van effecten.

8.2 Aanbevelingen

De set van indicatoren kan in ieder C-ITS project meegenomen worden in de metingen. Deze standaard meenemen in de projecten biedt veel meerwaarde. De indicatoren kunnen op meerdere manieren gemeten worden (bijvoorbeeld in-car of via de wegkant). Een inschatting maken welke methode tot de beste metingen leidt is raadzaam. Het is daarbij de uitdaging het onderzoek en de verwerking van data zo op te zetten dat de invloed van contextvariabele en situationele variabelen minimaal is. Beter nog is het precies herkennen van deze variabelen wanneer ze wel of geen invloed hebben. Een methode daarvoor moet nog ontwikkeld worden.

Het onderzoek moet doorgroeien naar onderzoek naar het effect van C-ITS diensten op doorstroming en verkeersveiligheid. Inzicht in de bijdrage van gedrag van bestuurders op doorstroming en verkeersveiligheid moet ontwikkeld worden en meetbaar gemaakt worden. De stap daarna is om op basis van deze kennis een dienst te ontwikkelen die met behulp van gemeten indicatoren een advies geeft over rijgedrag. Daarbij moet het effect meetbaar en interpreteerbaar gemaakt worden in relatie tot de context.

De gekozen indicatoren moeten getoetst worden op hun meetbaarheid en hun bijdrage aan inzicht in opvolgedrag van informatie/advies door bestuurders. Het is daarvoor nodig om gebruik te maken van use cases om ervaring op te doen en richting validatie van indicatoren te komen.

De staat van de bestuurder (vermoeidheid, stress, taakbelasting, afleiding, attitude, mate van sensation seeking et cetera) is niet meegenomen bij de te meten indicatoren. Dit zijn metingen die aan de persoon gedaan moeten worden. Voor wetenschappelijk onderzoek zijn deze goed te meten, in

praktijktoepassingen zijn deze minder voor de hand liggend. Ontwikkeling van meetmethoden om deze indicatoren te meten zonder dat de bestuurder dit merkt is van belang.

Er zijn verschillende mogelijkheden om tot een use case te komen waarin de set met indicatoren toe te passen is. Voorkeur is om verkeershandelingen te onderzoeken die op zichzelf staan. Bijvoorbeeld: wegrijden uit een file, invoegen op een snelweg, wisselen van rijstrook, aanpassen snelheid. Deze handelingen passen goed bij mogelijke use cases zoals:

- Truck platooning en effecten op het overige verkeer
- Road Works Warning systemen