

Onderzoek naar de beperking van verkeershinderperceptie tijdens wegwerkzaamheden met behulp van ITS

EEN INVENTARISATIE EN AANBEVELING



Onderzoek naar de beperking van verkeershinderperceptie tijdens wegwerkzaamheden met behulp van ITS

EEN INVENTARISATIE EN AANBEVELING

Bachelor eindopdracht

Status:	Definitief verslag
Afbeelding titelpagina:	Vector Informatik GmbH (2015)
Auteur:	L. M. A. Soyer
Studentnummer:	S1327410
Contact:	L.M.A.Soyer@Student.UTwente.nl
Opleiding:	Civiele Techniek
Faculteit:	Construerende Technische Wetenschappen
Onderwijsinstelling:	Universiteit Twente, Enschede
Universiteitsbegeleider:	Prof. Dr. M. H. Martens
Examinatoren:	Dr. Ir. C. M. Dohmen-Janssen Ir. J. G. De Kiewit Dr.sc.techn. A. Hartmann
Stagebedrijf:	Heijmans
Afdeling:	Heijmans Integrale Projecten (later: Heijmans Infra)
Stage locatie:	Rosmalen
Bedrijfsbegeleider:	M. D. van Gameren
Stageperiode:	April 2015 tot en met juni 2015

Voorwoord

Voor u ligt het onderzoeksrapport van het onderzoek naar de beperking van verkeershinderperceptie met behulp van Intelligent Transport Systems, uitgevoerd in opdracht van Heijmans N.V. Dit onderzoeksrapport is met veel plezier geschreven ter afronding van mijn Bachelor Civiele Techniek aan de Universiteit Twente (UT). Niet alleen sluit deze opdracht aan bij de kennis die ik in de afgelopen 3 jaar heb opgedaan tijdens mijn Bachelor (en minor Psychologie), ook is ITS een onderwerp dat zeer actueel is en waarvan de beperking van hinderperceptie een van de vele mogelijkheden is waardoor de komende decennia onze rijervaring compleet zal veranderen. Vanaf 20 april 2015 ben ik gedurende 10 weken bezig geweest om dit onderzoeksrapport de vorm te geven zoals deze nu voor u ligt.

Hoewel het zoeken van informatie, het aanbrengen van structuur en het schrijven van het rapport niet altijd met dezelfde eenvoud ging, kon ik altijd rekenen op de ondersteuning van Peter Veeke en Matthias van Gameren wanneer ik vastliep. Vooral tijdens het begin van mijn stage, bij het beantwoorden van de eerste deelvraag, heeft Peter mij geholpen om een goede structuur aan te brengen in het hoofdstuk. Door de begeleiding van Matthias (de wekelijkse terugkoppelingen en de feedbackmomenten) is mijn verslag naar een hoger niveau getild. Mijn dank hiervoor is groot.

Een speciaal woord van dank gaat uit naar prof. dr. M. H. Martens. Hoewel zij normaliter geen bachelor opdrachten begeleidt, heeft zij voor mij een uitzondering gemaakt. Ondanks haar drukke schema heeft ook zij altijd voor mij klaar gestaan. Mevrouw Martens, dank u wel.

Ook wil ik Peter Veeke, Jeroen Brouwer, Abraham Bot en Mirelle van der Beek – Van Kol bedanken voor hun medewerking aan de interviews en hun kennis, ervaring en visie op het onderwerp.

De totstandkoming van dit rapport heb ik ook te danken aan mijn broer, Ramon Hogervorst en zijn vriendin, Marloes Appeldoorn. Zij hebben mij gedurende 10 weken onderdak geboden, wat mij veel uren reistijd heeft bespaard. En hoewel de verbouwing van zijn net aangeschafte woning de nodige vrije uren in beslag heeft genomen, was dit een welkome afwisseling van inspanning. Daarnaast wil ik hem bedanken voor de steun en wijze raad die hij mij heeft geboden gedurende mijn stageperiode. Ook wil ik mijn vriendin, Elianne Schouten, bedanken voor al haar steun en advies.

Tot slot wil ik al mijn collega's van Heijmans bedanken. De warme ontvangst, openheid, slechte grappen en dagelijkse soep deceptie maakten dat mijn tijd bij Heijmans omgevlogen is. Matthias, Peter, Jacco, Pieter, Leon, Noud, Hans, Stan, Jan, Joost en John, bedankt.

Er rest mij nu niets anders dan u veel leesplezier te wensen.

Luc Soyer

Rosmalen, 26 juni 2015

Abstract

Dutch roads are used increasingly intensive every day, making widening of roads necessary and frequent maintenance inevitable. The result is a greater amount of roadworks, increasing the chances of hindrance to occur. Consequently, the Dutch governmental organisation responsible for the main roads, Rijkswaterstaat, values reduction of hindrance experienced by road users increasingly when tendering new projects. Heijmans (a large construction company in the Netherlands), reckons there are opportunities to achieve this reduction by using Intelligent Transport Systems (ITS). They currently however lack a clear overview of the available and usable ITS to attain this goal. This research report provides an overview of the theoretical background to explain the origin of experienced hindrance during roadworks as well as an analysis of (in the future) available ITS that may limit the amount of experienced hindrance.

Prevention and reduction of experienced hindrance from roadworks can be achieved by focusing on the reduction of environmental factors that cause hindrance as well as supporting the driver processing the experienced hindrance. Environmental factors that may induce hindrance are amongst others congestion and conditions that may increase the primary driving task. A driver can be effectively supported in their coping with hindrance by providing accurate, reliable and for the driver useful information about the condition of the road.

Currently, ITS develop with advances on communication infrastructure and on communication. The communication infrastructure is the manner in which data communication is organized, whereas communication is the technique that makes data exchange possible. Innovations on these two areas make it possible to initiate developments in the way data is gathered and on how users can be informed about the actual road conditions.

Five different ITS have been chosen by means of a list of requirements and goals that are deemed as most effective in reducing the experienced hindrance during roadworks. These requirements and goals are devised from conclusions drawn after the study of factors that induce road hindrance as well as a superficial analysis of guidelines that may contribute to a successful implementation of ITS.

Results of a Multi Criteria Analysis show that In Vehicle Information and the usage of Carriage Way Metering seem most promising in reducing experienced hindrance. The criteria that have been used in the MCA are determined after a brainstorm session with Heijmans employees in order to fine-tune the outcome to their specific requirements. In Vehicle Information is a technique that can be used in order to present a large range of types of information to the user. This makes it possible to help the user process undesirable events. Carriage Way Metering may reduce congestion when a lane has been pulled, by optimizing the amount of vehicles on the stretch of road of which the capacity has been reduced.

It is expected that in the upcoming five years, few of the in this report discussed techniques to reduce experienced hindrance from roadworks will be operational. Most ITS are currently in their infancy as many have not been put into practice, not to mention the technical and legal struggles many will encounter. Nonetheless, this does not imply that ITS are not prospective in the distant future, say 10 years. For that reason, further studies on In Vehicle Information and Carriageway Metering are endorsed as it can provide additional (and quantitative) information on the effectivity and applicability of these systems and possible future usage. Lastly, it is recommended to direct future studies to the field of human factors because of its importance in successful operation.

Samenvatting

De Nederlandse wegen worden steeds drukker bereden. Wegverbredingen zijn op steeds meer plaatsen nodig en onderhoud dient steeds sneller plaats te vinden. Het resultaat hiervan is een grotere hoeveelheid wegwerkzaamheden op de Nederlandse rijkswegen, met de bijhorende hinder. Rijkswaterstaat hecht hierdoor steeds meer waarde aan de beperking van hinderperceptie (ervaren hinder) bij de aanbesteding van nieuw werk. Heijmans ziet hierin kansen om deze beperking van hinderperceptie te bewerkstelligen door middel van *Intelligent Transport systems*, ofwel ITS. Het is echter momenteel onduidelijk voor Heijmans welke ITS kansrijk kunnen zijn om de beperking van verkeershinderperceptie tijdens wegwerkzaamheden te bewerkstelligen. Dit onderzoeksrapport biedt een overzicht van de theoretische achtergrond van hinderperceptie in het verkeer alsmede inventarisatie van ITS die kunnen bijdragen in de beperking hiervan.

Voorkoming en beperking van verkeershinderperceptie dient gericht te zijn op het wegnemen van omgevingsfactoren die hinder veroorzaken, alsmede het ondersteunen van de bestuurder bij het verwerken van factoren die hinder veroorzaken. Omgevingsfactoren die hinder veroorzaken zijn onder andere congestie, lange omrijdroutes en situaties die de rijtaakbelasting verhogen (smalle rijstroken). De bestuurder kan vooral ondersteund worden in het verwerken van factoren die hinder veroorzaken door het verstrekken van nauwkeurige, betrouwbare en voor de bestuurder relevante informatie.

Momenteel maken ITS voornamelijk ontwikkelingen door op het gebied van communicatie infrastructuur en op het gebied van communicatie. Communicatie infrastructuur is de manier waarop datacommunicatie georganiseerd is. Onder communicatie wordt de manier waarop de uitwisseling van data plaatsvindt verstaan. Innovaties op deze twee gebieden maken het mogelijk om de manier van datacollectie alsmede de manier waarop de weggebruiker geïnformeerd wordt over de huidige wegsituatie, te vernieuwen.

Er zijn 5 systemen gekozen met behulp van een overzicht van eisen en doelen die het meest geschikt lijken voor een succesvolle beperking van verkeershinderperceptie. Deze eisen en doelen zijn afkomstig uit het literatuuronderzoek naar de oorzaken van verkeershinderperceptie, alsmede een globale analyse van richtlijnen voor een succesvolle implementatie van ITS.

Na het invullen van een multicriteria analyse (MCA) is gebleken dat *In Vehicle Information* en een Voertuig Doseer Systeem het meest kansrijk lijken voor de beperking van verkeershinderperceptie tijdens wegwerkzaamheden. De criteria die zijn gebruikt in de MCA zijn in overleg met Heijmans bepaald om zo het resultaat meer op de eisen en wensen van hen af te stemmen. *In Vehicle Information* is een techniek waarmee een breed scala aan (weg)informatie kan worden gepresenteerd aan de weggebruiker. Dit systeem kan de weggebruiker ondersteunen bij het verwerken van hinderfactoren door het weergeven van informatie, adviezen en waarschuwingen. Het Voertuig Doseer Systeem is een techniek dat sterk verwant is aan een toeritdoseerinstallatie. Het is een soort verkeersinstallatie die de instroom van het aantal voertuigen naar een bepaald wegvak beperkt. Hiermee kan de doorstroom op een wegvak waarbij een rijstrook is onttrokken geoptimaliseerd worden.

Momenteel staan ITS nog in de kinderschoenen. Een grootschalige implementatie op korte termijn wordt dan ook niet verwacht. Toch kan er optimistisch naar de toekomst gekeken worden. Er is gebleken dat er veel potentie ligt bij ITS om hinderperceptie tijdens wegwerkzaamheden te beperken. De aanbeveling is dan ook om aanvullend onderzoek te doen naar de toekomstige mogelijkheden en bruikbaarheid van *In vehicle Information*. Ook de toepasbaarheid en effectiviteit van het Voertuig Doseer Systeem dienen nader onderzocht te worden. Bij beide systemen wordt tevens aangeraden om onderzoek te doen naar Human Factors omdat dit een grote invloed heeft op een succesvolle implementatie.

Inhoudsopgave

Voorwoord	i
Abstract	ii
Samenvatting	iii
Inhoudsopgave	iv
Lijst van figuren & tabellen	v
Lijst van afkorting	vi
1. Onderzoeksplan	7
1.1. Inleiding	7
1.2. Literatuuronderzoek naar oorzaken van verkeershinder, de ontwikkeling van verkeershinder en de achtergrond van ITS	8
1.3. Afbakening van het onderzoek	11
1.4. Onderzoeksvragen.....	12
1.5. Onderzoeksmodel	13
1.6. Methode van onderzoek	13
1.7. Leeswijzer.....	14
2. Theoretische achtergrond van hinderperceptie	15
2.1. Basisconcepten van stress	15
2.2. Omgevingsfactoren van stress in het verkeer	18
2.3. Belangrijke psychologische concepten bij stressverwerking.....	19
2.4. Conclusie	21
3. Opkomende technieken binnen ITS	22
3.1. Historische ontwikkeling van ITS	22
3.2. ITS ontwikkelingen op het gebied van communicatie infrastructuur	23
3.3. ITS ontwikkelingen op het gebied van communicatie	29
3.4. ITS ontwikkelingen op het gebied van datacollectie	32
3.5. ITS ontwikkelingen op het gebied van informatievoorziening	35
3.6. Conclusie	38
4. Mogelijkheden ITS in beperking hinderperceptie	40
4.1. Richtlijnen voor de voorspelling van effectiviteit van ITS	40
4.2. Overzicht van eisen en doelen aan ITS ten behoeve van de beperking van hinderperceptie	42
4.3. Potentieel kansrijke ITS	44
4.4. Interview met een omgevingscoördinator van Heijmans	45
4.5. Conclusie	45
5. Veelbelovende systemen voor Heijmans	46
5.1. Methodiek van de afweging	46
5.2. Toelichting op de gekozen criteria	46
5.3. Bepaling van de weging van de criteria.....	48
5.4. Invullen van de MCA	49
5.5. Conclusie	50
Algemene Conclusie	51
Aanbeveling	53
Referenties	54
Inhoudsopgave Bijlagen	58

Lijst van figuren & tabellen

Figuren

Figuur 1:	Percentage van de totale filedruk veroorzaakt door wegwerkzaamheden in de periode 31-08-2010 tot en met 31-08-2014 (Van Veluwen & De Vries, 2014, p. 16).....	10
Figuur 2:	ITS als middelpunt voor gebruikers, wegen en voertuigen (Figueiredo et al., 2001)	10
Figuur 3:	ITS categorisatie, gebaseerd op de bovenbeschreven categorisatievoorstellen .	11
Figuur 4:	Onderzoekstructuur	13
Figuur 5:	Schematische weergave van het stress proces, met in het zwart de herwaardering	16
Figuur 6:	Eigen bewerking van het TMDS, zoals beschreven door Matthews (2002, pp. 196-197)	17
Figuur 7:	VANET infrastructuur, vrij vertaald van Patil (2012) .	24
Figuur 8:	Datacommunicatie bij VANET (<i>current scheme</i>) en ZIGBEE (<i>proposed scheme</i>), naar Godoy et al. (2013, p. 147)	26
Figuur 9:	Alarm- en waarschuwingzones naar Godoy et al. (2013, p. 149).....	27
Figuur 10:	Infrastructuur van communicatie bij mobiel netwerk (versimpeld)	28
Figuur 11:	Schematisatie van de verkeerssituatie bij implementatie van VDS'en bij de afkruising van een rijstrook	29

Tabellen

Tabel 1:	Resultaten uit empirisch onderzoek, ingedeeld naar 3 hoofdcategorieën.....	18
Tabel 2:	Overzicht van innovaties met betrekking tot infrastructuur.....	38
Tabel 3:	Overzicht van innovaties met betrekking tot communicatie	38
Tabel 4:	Overzicht van innovaties met betrekking tot datacollectie	39
Tabel 5:	Overzicht van Innovaties met betrekking tot informatievoorziening.....	39
Tabel 6:	Eisen aan en doelen van ITS ten behoeve van de voorkoming van omgevingshinder	43
Tabel 7:	Eisen aan en doelen van ITS ten behoeve van de verwerking van stressoren	43
Tabel 8:	Eisen aan en doelen van het systeem ten behoeve van datacollectie	43
Tabel 9:	Toetsing ITS aan de hand van hoofddoel 1	44
Tabel 10:	Toetsing ITS aan de hand van hoofddoel 2.....	44
Tabel 11:	Toetsing ITS aan de hand van hoofddoel 3.....	44
Tabel 12:	Bepaling van weging van de criteria in de MCA.....	48
Tabel 13:	MCA met symbolische score toekenning	49
Tabel 14:	Omrekenings tabel symbolische score naar numerieke vermenigvuldigingsfactor	49
Tabel 15:	Overzicht van de maximale score (wegin) per categorie	49
Tabel 16:	Numerieke scoretoekenning aan de verschillende ITS innovaties	49
Tabel 17:	beoordeling van effectiviteit ten behoeve van de scoretoekenning	73
Tabel 18:	Beoordeling van maakbaarheid en uitvoerbaarheid ten behoeve van de scoretoekenning	73
Tabel 19:	Beoordeling van verwachte duur van onderscheidendheid ten behoeve van de scoretoekenning	74
Tabel 20:	Beoordeling van betrouwbaarheid ten behoeve van de scoretoekenning.....	74
Tabel 21:	beoordeling van overdraagbaarheid ten behoeve van de scoretoekenning	74

Lijst van afkorting

ABS	Antiblokkeersysteem
ATIS	Advanced Traveller Information System
ATMS	Advanced Traffic Management System
CFD	Coöperatieve File Detectie
CN	Central Node
DRIP	Dynamisch Route Informatie Paneel
EFCD	Extended Floating Car Data
EMVI	Economisch Meest Voordelige Inschrijving
FCD	Floating Car Data
GaaS	Gateway-as-a-server
GPS	Global Positioning Systems
HMI	Human-Machine Interaction
IA	Intolerance of Ambiguity
ITS	Intelligent Transport Systems
IU	Intolerance for Uncertainty
IVI	In Vehicle Information
IVS	In Vehicle Signage
MN	Mobile Node
NDW	National Data Warehouse
OBU	On Board Unit
PKI	Public Key Infrastructure
PVD	Probe Vehicle Data
RN	Road Node
RSU	Road Side Unit
RWW	Road Works Warning
SAME	SAmpled Measurement Estimation
TCN	Traffic Congestion Notification
TMDS	Transactional Model of Driver Stress
TOME	Timer-based Ordered Measurement Estimation
TTSC	Transactional Theory of Stress and Coping
V2I	Vehicle to Infrastructure
V2V	Vehicle to Vehicle
VANET	Variable Ad hoc Network
VDS	Voertuig Doseer Systeem
VMS	Variable Message Sign
VRI	Verkeersregelininstallatie

1. Onderzoeksplan

1.1. Inleiding

Het wordt steeds drukker op de weg. Uit cijfers van de Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (SWOV, 2013) blijkt dat er steeds meer voertuigen op de weg zijn en dat deze ook steeds meer kilometers afleggen. Hierdoor ontstaat er steeds meer druk op de rijkswegen. Voor de samenleving en het bedrijfsleven heeft het veel waarde om mobiel te zijn en daarom is het belangrijk om een goede wegenstructuur te realiseren. Bovendien is een goed wegennetwerk belangrijk voor het goederentransport. Om dit te kunnen bewerkstelligen is het noodzakelijk de druk van het wegennetwerk af te halen. Hoewel Beter Benutten inzet op het beter benutten van het wegennet¹, zal er ook nog worden ingezet op het verbreden van snelwegen. De Rijksoverheid schrijft: "Tot 2028 trekt de overheid zo'n 25 miljard euro uit om nieuwe wegen aan te leggen en knelpunten op te lossen" (2015). Ook andere bronnen wijzen hierop, zo blijkt uit een rapport van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2012). Hierin wordt duidelijk dat het ministerie veel gaat investeren in het rijkswegennet. Verder zullen door een stijgende hoeveelheid verkeer op de weg de wegen sneller slijten (Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid, 2013). Ook vanwege de modernisatie van de bestaande infrastructuur en bebording zullen in de toekomst wegwerkzaamheden onvermijdelijk blijven.

Verkeershinder door deze wegwerkzaamheden is voor veel weggebruikers een groot irritatiepunt. Hierbij kan gedacht worden aan hinder in de vorm van objectieve verkeershinder, (direct meetbare optredende hinder zoals file of snelheidsbeperkingen tijdens werkzaamheden) en subjectieve verkeershinder (verkeershinderperceptie) (Hermelink, Van Berkum, & Ter Huurne, 2010). De verwachting van Heijmans is dat verkeershinderperceptie beperkt kan worden door middel van *Intelligent Transport Systems* (ITS) en heeft de opdracht gegeven om dit uit te zoeken.

Intelligent Transport Systems is een overkoepelende term voor telematica, alle typen van communicatie in voertuigen, tussen voertuigen onderling en tussen voertuigen en een vaste locatie (European Telecommunications Standards Institute, 2015). Reeds enige jaren geleden werd al aangegeven dat met de komst van ITS veel mogelijkheden in het verschiep liggen om hinderperceptie potentieel in te perken (Deakin, Frick, & Skabardonis, 2009), maar de combinatie tussen ITS en hinderperceptie heeft nog geen concrete resultaten opgeleverd (Hermelink et al., 2010). Om te kunnen bepalen of ITS kansrijk kunnen zijn, dient allereerst bekend te zijn hoe hinderperceptie ontstaat. Momenteel is er echter geen instrument beschikbaar om subjectieve verkeershinder te kunnen voorspellen (Hermelink et al., 2010).

Door een vroegtijdige verkenning van de mogelijkheden om hinderperceptie te beperken door middel van ITS, kan voor Heijmans een voordeel gehaald worden door kennis op dit gebied op te doen. Hierdoor kan voorsprong op de concurrentie gerealiseerd worden, omdat het minimaliseren van verkeershinder(perceptie) vaak een van de beoordelingscriteria is bij aanbestedingen. Het doel van dit onderzoeksrapport is als volgt geformuleerd:

Het doel van dit onderzoek is het in kaart brengen van de mogelijkheden die Intelligent Transport Systems in de toekomst kunnen bieden om verkeershinderperceptie tijdens wegwerkzaamheden te verminderen.

¹ Zie <http://www.beterbenutten.nl/overons>

1.2. Literatuuronderzoek naar oorzaken van verkeershinder, de ontwikkeling van verkeershinder en de achtergrond van ITS

In de komende paragrafen wordt een literatuuronderzoek gepresenteerd met daarin basisinformatie met betrekking tot oorzaken van verkeershinder(perceptie) (paragraaf 1.2.1.) en de ontwikkeling van het beleid omtrent verkeershinder tijdens wegwerkzaamheden (paragraaf 1.2.2.). Deze paragrafen liggen ten grondslag aan het bereiken van de doelstelling, zoals geformuleerd in paragraaf 1.1.

1.2.1. Oorzaken van verkeershinder

Binnen het concept verkeershinder zijn twee vormen van verkeershinder te onderscheiden. Men kan spreken over subjectieve verkeershinder of objectieve verkeershinder. Subjectieve verkeershinder is verkeershinderperceptie, terwijl objectieve verkeershinder kwantitatief meetbaar optredende verkeershinder is.

Subjectieve verkeershinder is verkeershinder die mensen ervaren. Deze subjectieve hinder kan dan ook meer of minder zijn dan de objectieve verkeershinder. Weggebruikers overschatten vaak de feitelijke hinder wanneer deze onverwacht optreedt of wanneer men onvoldoende wordt geïnformeerd over hinder en de oorzaak hiervan. Uit een literatuuronderzoek uitgevoerd door Glas, Brave, Van Hofwegen, en Both (2010) blijkt dat (een gebrek aan / foutieve) informatie tijdens wegwerkzaamheden heel vaak wordt genoemd als oorzaak van ervaren verkeershinder. Voorbeelden hiervan zijn onder andere: te laat waarschuwen (met als gevolg geen andere route meer kunnen kiezen), onduidelijke informatie, geen informatie over alternatieve routes en niet actuele informatie. Uit het *Evaluatieonderzoek wegwerkzaamheden op het traject A12 Woerden – De Meern*, geeft slechts 10% aan dat zij niet geïnformeerd hadden hoeven worden (Bank & Wolf, 2003). Dit betekent dat 90% waarde hecht aan informatie. Uit deze evaluatie bleek ook dat mensen er waarde aan hechten om tijdens de uitvoering op de hoogte te worden gesteld van de werkzaamheden. Ook uit het gebruikerstevredenheid onderzoek, uitgevoerd door TNS-NIPO (2013), blijkt dat de hinder top vijf in 2013 bestond uit foutieve of ontbrekende informatieverstrekking.

Een ander belangrijk aspect van verkeershinderperceptie is de onzekerheid in het verlies van tijd, zo blijkt onder andere uit een rapport van Rijkswaterstaat (Wildervanck, 2011). Hierbij is vooral het onverwachte karakter ten opzichte van de normale situatie van vertraging een groot probleem. Ook de onzekerheid van de duur van de vertraging maakt dat vertraging wordt ervaren als zeer hinderlijk.

Volgens een rapport van Rijkswaterstaat over publieksvriendelijkheid tijdens werk in uitvoering, bestaat hinderervaring, in volgorde van afnemende weging, uit: onzichtbaar werken, vertraging in tijd, foutieve, late, of ontbrekende communicatie, omleidingen en inrichting van het werkvak (Wildervanck, 2011). Deze informatie is volledig afkomstig uit empirisch onderzoek. Een goede toevoeging is daarom een onderzoek naar de theorie van hinderperceptie om het gat in de kennis met betrekking tot de theoretische achtergrond van verkeershinderperceptie op te vullen.

1.2.2. Ontwikkeling verkeershinderbeleid tijdens wegwerkzaamheden

Deze paragraaf dient als historische context van de verkeershinder problematiek. Door in kaart te brengen wat het historische beleid is geweest en wat huidige trends zijn op dit gebied is het mogelijk om te bepalen welke ITS een kans op succesvolle implementatie maken in de toekomst. Dit hoofdstuk is gebaseerd op een interview met dhr. P.J.A.M. Veeke, raadgevend adviseur bij Heijmans Integrale Projecten², voorheen werkzaam als Sr. Adviseur Informatie Verkeer en Vervoer en Sr. Beleidsmedewerker Verkeer en Vervoer bij Rijkswaterstaat. Een samenvatting van dit interview is opgenomen in bijlage B.1, pagina 61.

Het verkeershinderbeleid heeft de afgelopen decennia een belangrijke ontwikkeling doorgemaakt. De ervaring van Peter Veeke bij zijn vorige werkgever (Rijkswaterstaat) is dat verkeershinder altijd aandacht heeft gehad, maar met name door het tweede Structuurschema Verkeer en Vervoer (SVV-II), uitgekomen rond 1989/1990, kreeg dit meer aandacht. In de SVV-II werd de visie gepresenteerd dat er niet altijd bijgebouwd kan blijven worden om alle files op te heffen. Hiertoe werd een ander prijsbeleid (bijvoorbeeld de kilometerheffing) voorgesteld om de verkeersgroei te beheersen en goede doorstroming te bieden.

In de periode na 2000 heeft Rijkswaterstaat gekozen om meer richting een publieksgerichte netwerkmanager te verschuiven. Het verkeersbeleid van Rijkswaterstaat ontwikkelde zich in de eerste jaren na 2000 daardoor naar een beleid met het accent op betrouwbare bereikbaarheid (normen voor de te waarborgen snelheden op trajecten) in plaats van congestiekans. Dit uitte zich in 2004 in de Nota Mobiliteit. In deze nota was onder andere opgenomen dat het streven was om de maximale reistijdtoename in de spits niet groter te laten zijn dan 2%. Hierdoor werden verschillende *bottlenecks* in het wegennetwerk in kaart gebracht en werden wegenprojecten aanbesteed met een volledige specificatie van de opdrachtgever.

Ook begon Rijkswaterstaat zich steeds meer van gebruikerstevredenheid aan te trekken. Dit kwam mede doordat ze zich wilde positioneren als publieksgerichte netwerkmanager. Dit had tot gevolg dat Rijkswaterstaat vanaf 2004 verschillende handboeken en werkwijzers over bijvoorbeeld communicatie bij wegwerkzaamheden ging uitgeven om hinder zo veel mogelijk te beperken. Concreet betekende dit onder andere dat er richtlijnen voor de filezwaarte³ en de groei hiervan en prestatie indicatoren⁴ werden opgesteld. Ook werd de filezwaarte gepind (vastgesteld) naar oorzaak, waar vervolgens ook richtlijnen voor zijn uitgeschreven. Zo mocht file veroorzaakt door wegwerkzaamheden bijvoorbeeld 10% van de totale filedruk veroorzaken. In de periode tussen 2000 en 2010 ontwikkelde deze zienswijze zich steeds meer waarna dit ook werd overgenomen door de regionale overheden. Dit mondde onder andere uit in de verschillende gebruikerstevredenheidsonderzoeken die werden uitgevoerd vanaf 2006/2007.

Nieuwe trends

Rond 2013 begon Rijkswaterstaat de financiële crisis van 2008 te voelen. Dit resulteerde in een grootschalige bezuinigingsoperatie bij de organisatie. Omdat de filezwaarte als gevolg van wegwerkzaamheden al langere tijd ver onder de norm van 10% van de totale filedruk ligt (Van Veluwen & De Vries, 2014), zie ook Figuur 1, is er door Rijkswaterstaat besloten om de hinderkaders te versoepelen, op voorwaarde dat er geen files zijn en het gebruikerstevredenheid er niet onder leidt.

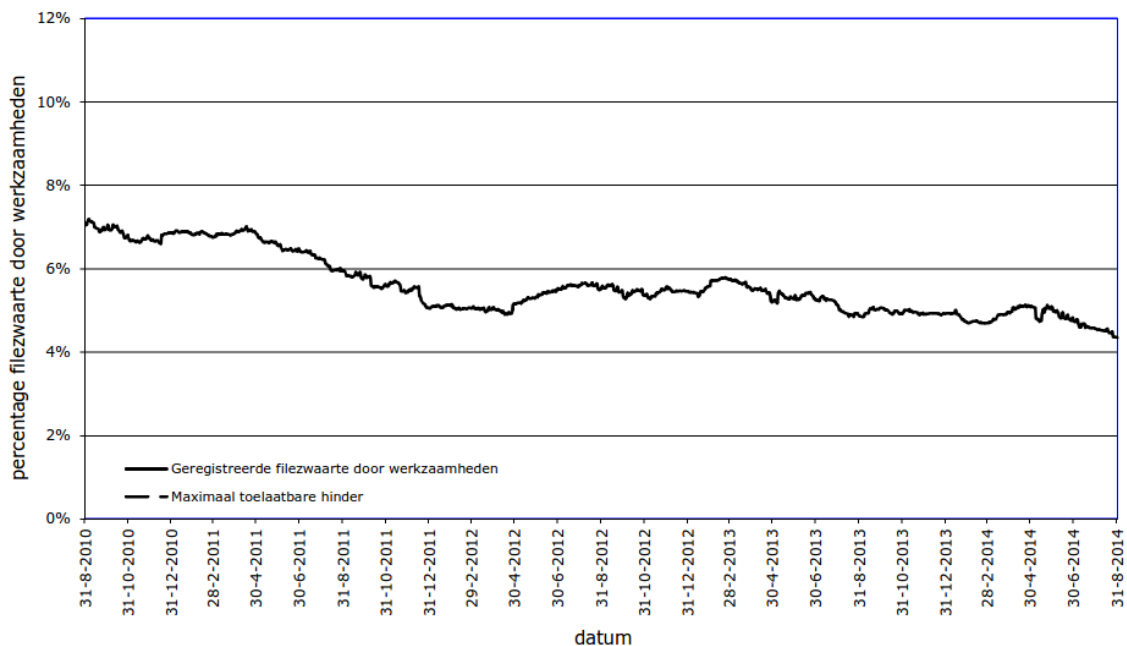
De heer Veeke verwacht in de toekomst een ontwikkeling waarbij er ruimte is voor meer verkeershinder zolang de gebruiker tevreden is/blijft. Dit zal zich uiten bij de EMVI

² Later: Heijmans Infra

³ Filezwaarte is het aantal kilometers file vermenigvuldigd met het aantal minuten dat deze file er staat, ook de term kilometerminuten wordt hiervoor gebruikt.

⁴ Prestatie indicatoren zijn indicatoren welke de prestatie van het wegennetwerk aangeven. De prestatie wordt vervolgens vergeleken met de richtlijnen.

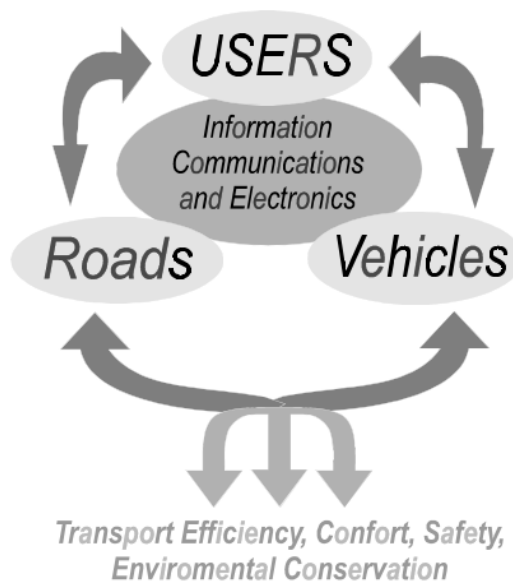
aanbesteding, waarbij de fictieve korting haalbaar door objectieve hinder te beperken lager zal zijn dan de fictieve korting haalbaar bij subjectieve hinderbeperking.



Figuur 1: Percentage van de totale filedruk veroorzaakt door wegwerkzaamheden in de periode 31-08-2010 tot en met 31-08-2014 (Van Veluwen & De Vries, 2014, p. 16)

1.2.3. Achtergrond informatie Intelligent Transport Systems (ITS)

ITS past communicatie, informatie en elektronische technologie toe om transportproblemen met betrekking tot congestie, veiligheid, doorstroming en milieu te verminderen. Maar ook het verhogen van comfort behoort tot het doel van ITS. ITS kan worden weergegeven als het middelpunt tussen de weg, gebruikers en voertuigen (Figueiredo, Jesus, Tenreiro Machado, Rui Ferreira, & Martins de Carvalho, 2001). Volgens Figueiredo et al. is het doel van ITS technologie te gebruiken om zodoende 'intelligente' wegen, voertuigen en gebruikers te creëren.

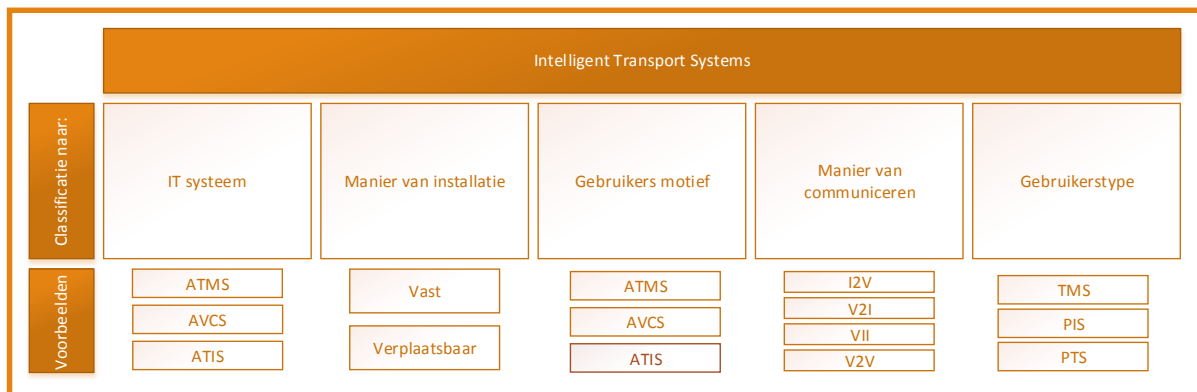


Figuur 2: ITS als middelpunt voor gebruikers, wegen en voertuigen (Figueiredo et al., 2001)

Bolech (2013) sluit zich daar bij aan. Volgens Van Berkum (2012, p. 11.02) "... richt ITS zich meer op het gebruik van de mogelijkheden van de meet- en regeltechniek, de informatie- en communicatietechniek (ICT) binnen het werkgebied verkeer en vervoer". Gecombineerd

levert dit een doelstelling van ITS om 'intelligente' wegen, voertuigen en gebruikers te creëren door middel van het gebruik van de mogelijkheden van de meet- en regeltechniek en de informatie- en communicatietechniek (ICT) binnen het werkgebied verkeer en vervoer.

Intelligent Transport Systems is een overkoepelende term voor alle technologieën met betrekking tot verkeer en infrastructuur en de communicatie daar tussen (Deakin et al., 2009). *Intelligent Transport Systems* kunnen op meerdere manieren gecategoriseerd worden. Spyropoulou (2011) stelt dat dit hoofdzakelijk op drie manieren gebeurt: classificatie naar IT systeem (*Advanced Traffic Management System* (ATMS), *Automated Vehicle Control System* (AVCS) *Advanced Traffic Information System* (ATIS), etc.); naar manier van installatie (vast of verplaatsbaar); of naar gebruikers motief (commercieel, persoonlijk, openbaar vervoer, etc.). Daarnaast kan op een vierde manier geclassificeerd worden: naar manier van communiceren. Hierbinnen kunnen volgens Stevens en Shladover (2010) Infrastructuur naar Voertuig (I2V), Voertuig naar Infrastructuur (V2I), Voertuig Infrastructuur integratie (VII) en Voertuig naar Voertuig (V2V) worden onderscheiden. Tot slot schrijft Vanderschuren (2006) over een indeling die volgens ERTICO⁵ neer komt op een indeling naar gebruikerstype: Traffic management systems (TMS), Passenger information systems (PIS) en Public Transportation Systems (PTS). Een overzicht hiervan is opgenomen in Figuur 3.



Figuur 3: ITS categorisatie, gebaseerd op de bovenbeschreven categorisatievoorstellen

1.3. Afbakening van het onderzoek

Dit onderzoek zal zich richten op verkeershinderperceptie bij wegwerkzaamheden op rijkswegen. Hier zullen de komende jaren grote (onderhouds)projecten tot uitvoering komen (Van A naar Beter, z.d.). Daarnaast zal gekeken worden naar ITS ontwikkelingen die de komende 5 jaar een rol kunnen gaan spelen in de beperking van verkeershinderperceptie tijdens wegwerkzaamheden. Ontwikkelingen op het gebied van automatische voertuigen worden niet meegenomen. De reden hiervoor is dat dit onderzoek wordt uitgevoerd voor Heijmans. Als gevolg hiervan moeten ITS onderzocht worden die Heijmans zelf zou kunnen ontwikkelen. De ontwikkeling van automatische voertuigen voldoet niet aan dit criterium.

⁵ ERTICO is een door de Europese Commissie opgericht netwerk, met als doel een platform te creëren om de samenwerking tussen de publieke en private sector op gebied van ITS te bevorderen en zodanig ITS implementatie te bevorderen (Ertico ITS Europe, z.d.).

1.4. Onderzoeksvragen

Om de doelstelling (het in kaart brengen van de mogelijkheden die toekomstige Intelligent Transport Systems bieden om verkeers-hinderperceptie te verminderen) te kunnen halen is het belangrijk om onderzoeksvragen te formuleren. Met behulp van de onderzoeksvragen wordt structuur in het onderzoek aangebracht waardoor het bereiken van de doelstelling makkelijker behaald kan worden. De geformuleerde hoofdvraag wordt ontleed door middel van vier deelvragen.

1.4.1. Hoofdvraag

Om de doelstelling te bereiken staat in dit onderzoeksrapport de onderstaande vraag centraal:

Welke aan automobilititeit gerelateerde ontwikkelingen op het gebied van ITS kunnen bijdragen aan het beperken van verkeershinderperceptie en zijn voor Heijmans interessant om verder te onderzoeken?

1.4.2. Deelvragen

Om tot de beantwoording van de hoofdvraag te komen, wordt deze ondersteund door een viertal deelvragen. De eerste deelvraag luidt:

1. *Welke psychologische concepten liggen ten grondslag aan de hinderperceptie wegwerkzaamheden?*

Deze deelvraag is bedoeld voor het leggen van het fundament van het onderzoek. Om te kunnen bepalen of een techniek een probleem oplost, dient immers bekend te zijn wat het probleem is en hoe deze ontstaat. De tweede deelvraag luidt:

2. *Welke aan automobilititeit gerelateerde ITS ontwikkelingen gaan binnen 5 jaar een rol spelen?*

Deze vraag is opgesteld ter inventarisatie van de mogelijkheden en ontwikkelingen van ITS. Aan de hand van de resultaten van deze deelvraag kan doorgewerkt worden naar de derde deelvraag, welke luidt:

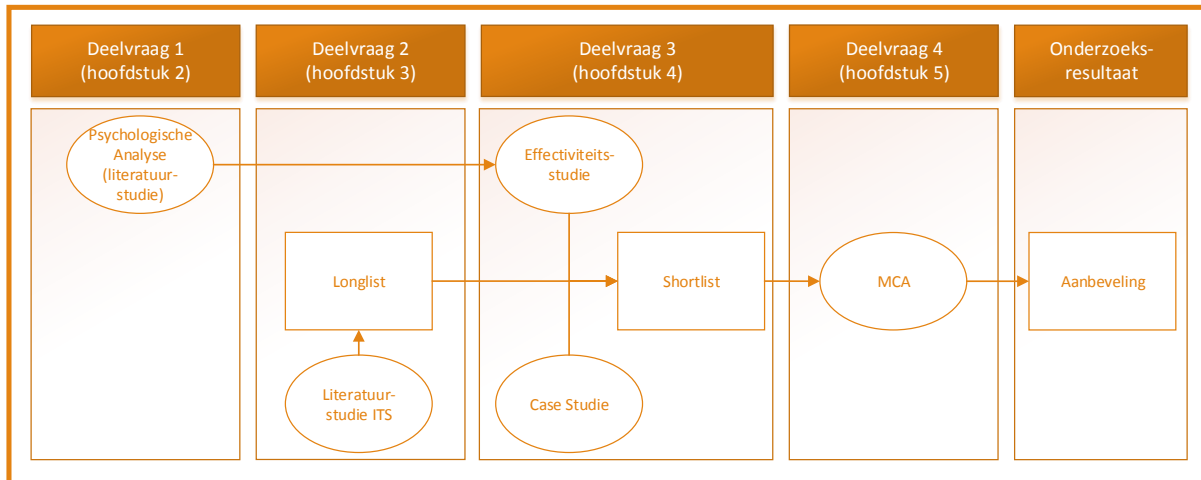
3. *Welke mogelijkheden bieden concepten uit deelvraag twee in het beperken van verkeershinderperceptie tijdens wegwerkzaamheden?*

Bij deze deelvraag komen de antwoorden van de eerste twee vragen tezamen. Het effect van de geïnventariseerde technieken kan bepaald worden aan de hand van de uit deelvraag één bepaalde theorieën. Omdat bij deelvraag 3 bepaald is welke technieken en methoden effect kunnen hebben kan vervolgens bepaald worden welke ITS het meest kansrijk zijn voor Heijmans. Deelvraag 4 luidt dan ook:

4. *Welke ontwikkelingen zoals beschreven in het antwoord op deelvraag 3 zijn het meest kansrijk voor Heijmans?*

1.5. Onderzoeksmodel

Concreet kan de onderzoek structuur als volgt worden weergegeven (Figuur 4):



Figuur 4: Onderzoekstructuur

De eerste deelvraag (hoofdstuk 2) wordt geschreven met als doel het gebrek aan theoretische kennis over hinderperceptie op te vangen. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 de tweede deelvraag beantwoord met als doel het opstellen van een longlist aan innovatieve ITS ontwikkelingen welke kunnen bijdragen aan de beperking van hinderperceptie. Vervolgens kan door middel van de psychologische analyse, de longlist en een casestudy een short list worden opgesteld van kansrijke ITS voor de beperking van hinderperceptie, hetgeen het doel is van hoofdstuk 4. In hoofdstuk 5 wordt opvolgend stilgestaan bij de specifieke wensen die Heijmans heeft voor de ITS. Uiteindelijk resulteert dit in een aanbeveling met als onderwerp systemen die kansrijk zijn voor Heijmans.

1.6. Methode van onderzoek

In dit hoofdstuk wordt de methode van onderzoek toegelicht. Per deelvraag is uitgelicht welke methode is aangehouden om tot de beantwoording van de vraag te komen.

De eerste deelvraag (Welke psychologische concepten liggen ten grondslag aan de hinderperceptie wegwerkzaamheden?) is beantwoord door middel van literatuuronderzoek. Veel van de literatuur is afkomstig uit psychologieboeken en wetenschappelijke artikelen, maar er is ook gebruik gemaakt van artikelen in magazines. Bij het zoeken van wetenschappelijke artikelen is gebruik gemaakt van *SCOPUS* en *Google Scholar*. De antwoorden gevonden op deze deelvraag zijn het fundament voor de beantwoording van de derde deelvraag (Welke mogelijkheden bieden concepten uit deelvraag twee in het beperken van verkeershinderperceptie tijdens wegwerkzaamheden?). Zoekwoorden die zijn gebruikt zijn opgenomen in Bijlage A.

De tweede deelvraag (Welke aan automobilitieit gerelateerde ITS ontwikkelingen gaan binnen 5 jaar een rol spelen?) is ook beantwoord door middel van literatuuronderzoek. Er is gezocht naar waar kansen liggen met betrekking tot ITS. Ter aanvulling van dit literatuuronderzoek zijn twee interviews afgenomen: Jeroen Brouwer (TomTom) en Abraham Bot (Coöperatieve ITS Corridor, Rijkswaterstaat). Deze interviews hebben bijgedragen aan de inventarisatie van ontwikkelingen die nog niet zijn opgenomen in de literatuur.

Om de derde deelvraag (Welke mogelijkheden bieden concepten uit deelvraag twee in het beperken van verkeershinderperceptie tijdens wegwerkzaamheden?) te kunnen beantwoorden is gebruik gemaakt van de eerste twee deelvragen. Een combinatie tussen de studie naar hinderperceptie en het onderzoek naar de ITS is gebruikt om in te schatten welke

technieken perspectief bieden voor de toekomst. In dit hoofdstuk is bijkomend stilgestaan bij richtlijnen voor een succesvolle implementatie. Daarnaast heeft er een interview plaatsgevonden met Mirelle van der Beek – van Kol (Omgevingscoördinator Heijmans). Aan de hand van haar informatie en expertise is in overleg bepaald welke technieken in theorie kansrijk kunnen zijn in de beperking van hinderperceptie.

De vierde en laatste deelvraag (Welke ontwikkelingen zoals beschreven in het antwoord op deelvraag 3 zijn het meest kansrijk voor Heijmans?) is beantwoord met behulp van een Multi-Criteria Analyse (MCA). Omdat deze deelvraag specifiek toegespitst is op Heijmans, zijn de criteria opgesteld in samenwerking met Matthias van Gameren (Project Adviseur) en Peter Veeke (Raadgevend Adviseur). Aan de hand van de MCA die is opgesteld, is bepaald welke technieken kansrijk zijn voor Heijmans.

1.7. Leeswijzer

Dit onderzoeksrapport is zodanig opgebouwd dat ieder hoofdstuk één deelvraag beantwoordt, met uitzondering van hoofdstuk 1.

De eerste deelvraag (hoofdstuk 2) is opgebouwd door allereerst te kijken naar de algemene definitie van hinder, waarna er vervolgens specifiek wordt geconcentreerd op de oorzaak van verkeershinderperceptie met voorbeelden van verkeershinderperceptie tijdens wegwerkzaamheden. Het resultaat is een aanbeveling over hoe ITS kunnen bijdragen aan de beperking van hinderperceptie tijdens wegwerkzaamheden.

De tweede deelvraag (hoofdstuk 3) is onderverdeeld in 5 paragrafen waarin respectievelijk de historische ontwikkeling van ITS, ITS ontwikkelingen op het gebied van communicatie infrastructuur, ITS ontwikkelingen op het gebied van data communicatie, ontwikkelingen op het gebied van datacollectie en ontwikkelingen op het gebied van informatievoorziening worden gepresenteerd. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een overzicht van de besproken ontwikkelingen, de kenmerken en de voor- en nadelen daarvan. Dit overzicht is te vinden op pagina's 38 en 39.

De derde deelvraag (hoofdstuk 4) presenteert de mogelijkheden van ITS in de beperking van hinderperceptie tijdens wegwerkzaamheden, rekening houdend met de resultaten afkomstig van de tweede deelvraag en aanvullende richtlijnen voor een succesvolle implementatie van ITS. Ook worden in dit hoofdstuk eisen en doelen geformuleerd en wordt een overzicht gepresenteerd met daarin informatie over welk systeem aan welke eisen voldoet en welke doelen kan bereiken. Ter afsluiting wordt een lijst van 5 interessante systemen weergegeven. Deze lijst zal worden gebruikt in de MCA.

In hoofdstuk 5 staat de vierde deelvraag centraal, waarin het onderzoeksresultaat zal worden toegespitst op de wensen van Heijmans. Hierin zal de afwegingsmethodiek centraal staan, en wordt een top 5 meest kansrijke ITS voor Heijmans gepresenteerd.

Het verslag wordt afgesloten met het geven van de belangrijkste conclusies van het onderzoek alsmede een aanbeveling voor Heijmans.

De bijlagen hebben een afwijkende nummering. Deze worden in plaats van 1-5 genummerd van A-E.

2. Theoretische achtergrond van hinderperceptie

Hinderperceptie is een lastig begrip vanwege de hoge mate van subjectiviteit. Dit maakt het lastig om één methode te ontwikkelen om daarmee voor iedereen de hinderperceptie te beperken. Uit empirisch onderzoek worden vaak conclusies getrokken met betrekking tot oorzaken van hinder. Omdat het gros van de informatie dat nu bekend is, afkomstig is van empirisch onderzoek. Hierdoor is er sprake van een gebrek aan theoretische onderbouwing om hinderperceptie te verklaren. Het is dan ook mogelijk dat conclusies over de oorzaak van hinderperceptie, afkomstig van het empirische onderzoek, niet de echte oorzaak van de hinder weergeven. Een voorbeeld hiervan is onzichtbaar werken. Veel mensen geven aan onzichtbaar werken als hinderlijk (Glas et al., 2010), terwijl de werkelijke oorzaak onbegrip zou kunnen zijn.

Om te voorkomen dat er gewerkt wordt aan symptoombestrijding in plaats van de oorzaak aan te pakken, zal in dit hoofdstuk hinder worden benaderd vanuit een theoretisch perspectief. Het concept stress zal hierin centraal staan. Uit verschillende literaire werken valt te concluderen dat stressoren⁶ frustratie, angst en vermoeidheid kunnen veroorzaken. Omdat stress een ruim begrip is, verdient het de opmerking dat in dit onderzoeksrapport stress in het weggebruikersperspectief wordt gezien, en dus niet stressoren afkomstig van werk of levensbedreigende situaties. Literaire werken verwijzen dan ook naar het concept "Driver Stress". Zie hiervoor onder andere Matthews (2002), Westerman en Haigney (1999) en Hennessy en Wiesenthal (1997).

Om duidelijk te krijgen op welk vlak ITS effectief kan zijn in de beperking van hinderperceptie (deelvraag 3, zie Figuur 4), wordt in de eerste paragraaf (paragraaf 2.1.) het concept stress toegelicht en geplaatst in het weggebruikers perspectief. In de tweede paragraaf (paragraaf 2.2.) wordt geconcentreerd op omgevingsfactoren die stress kunnen veroorzaken in het verkeer, in de derde paragraaf (paragraaf 2.3.) worden enkele psychologische theorieën gepresenteerd welke kunnen bijdragen in de verwerking van stressoren. Het doel van dit hoofdstuk is het verkrijgen van aanknopingspunten om in hoofdstuk 4 te bepalen welke ITS effectief zijn om de hinderbeleving te verminderen.

2.1. Basisconcepten van stress

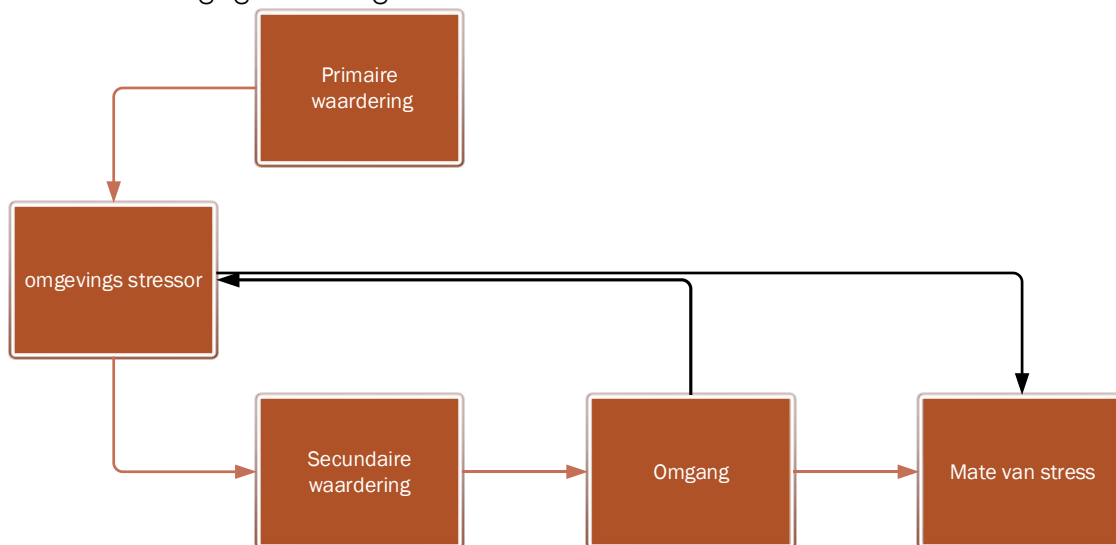
Stress is een lastig concept daar er geen consensus over de precieze definitie bestaat (Ogden, 2007). De meest breed gedragen definitie van stress komt uit de *transactional theory of stress and coping (TTSC)*. Deze stelt dat stress niet alleen bestaat als een gebeurtenis (stressor), maar het resultaat is van een transactie tussen een individu en zijn omgeving (Lyon, 2011). Ook Hill en Boyle (2007) kunnen zich in deze omschrijving vinden, zij stellen stress als een psychologische reactie door zowel interne als externe invloeden op een taak.

De transactie die de TTSC omschrijft gebeurt met behulp van verschillende waarderingen: de primaire en de secundaire waardering. Bij de primaire waardering van een gebeurtenis interpreteert het individu de situatie. Er wordt door het individu bepaald of een situatie dreigend is of niet en wat de consequenties hiervan zijn. Volgens Ogden (2007) zijn er vier mogelijk classificaties waarbinnen de gebeurtenis geschaald kan worden: irrelevant, onschuldig en positief, schadelijk en dreigend of schadelijk en een uitdaging. Aan de hand hiervan bepaalt het individu welke mogelijke strategieën hij kan toepassen om de situatie aan te pakken. Dit is de secundaire waardering en slaat dus vooral op het individu zelf. Of en in welke mate een gebeurtenis als stressvol wordt ervaren, wordt bepaald door de manier waarop de primaire en de secundaire waardering geschieden (Hill & Boyle, 2007). Stress kan dus bij zowel de primaire waardering als bij de emotionele (secundaire) waardering ontstaan. Volgens Matthews (2002) ontstaat stress bij de secundaire waardering vooral wanneer het individu twijfelt over eigen competenties.

⁶ Een stressor is een stressvolle gebeurtenis. Een voorbeeld hiervan is een sollicitatiegesprek of een (bijna) auto ongeluk (Taylor, 2006).

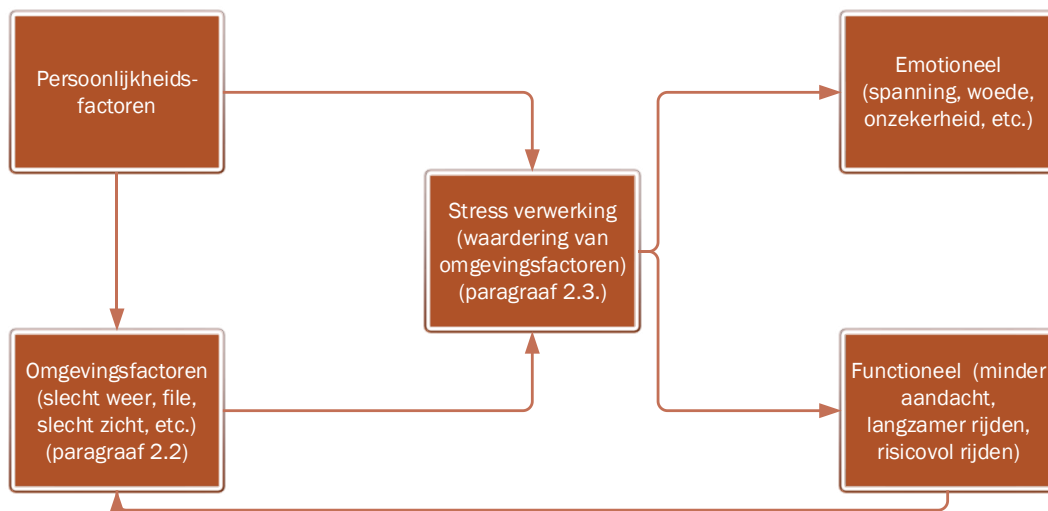
Na de secundaire waardering wordt een stadium bereikt waarin het individu omgang met de situatie zoekt. Dit kan volgens het TTSC op vier manieren: directe actie, zoeken naar informatie, niets doen of een manier van omgang zoeken in de vorm van stress management of andere manieren om uiteindelijk rust te vinden zoals het uiten van woede (Lyon, 2011; Ogden, 2007). Matthews (2002) geeft nog een belangrijke toevoeging. Hij stelt dat de manier van omgang met de stressoren effect heeft op de cognitie en informatieverwerking bij een bepaalde situatie. Zo kan het bijvoorbeeld zijn dat er in een stressvolle situatie informatie niet aankomt bij een individu.

Het is mogelijk dat wanneer er voor een bepaalde strategie gekozen wordt om de stressor te verwerken, deze stressor op een later moment opnieuw geëvalueerd dient te worden. Als uit de primaire waardering blijkt dat de gebeurtenis niet meer dreigend is, zal er een minimale mate van stress optreden. Dit proces heet herwaardering (Lyon, 2011). Dit proces is schematisch weergegeven in Figuur 5.



Figuur 5: Schematische weergave van het stress proces, met in het zwart de herwaardering

Figuur 5 geeft het algemene stressproces weer. Matthews (2002) pleit echter voor een aanpassing van het model bij de toepassing voor bestuurdersstress. Hij is het met de TTSC eens dat stress een transactioneel proces is tussen omgeving en waardering. Het verschil zit in het feit dat Matthews stelt dat persoonlijkheid (primaire waardering in de TTSC) ook invloed heeft op de secundaire waardering. Dit wordt onderbouwd door onder andere de onderzoeken van Smith en Ellsworth (1985), Hill en Boyle (2007) en Hemenover en Zhang (2004). Een andere aanpassing van Matthews is dat cognitieve stress processen (secundaire waardering in het TTSC) leiden tot twee manieren van omgang met stress: emotioneel of functioneel. Dit wordt bevestigd door Gleitman, Gross, en Reisberg (2011). Deze aanpassing leidt tot het *Transactional Model of Driver Stress (TMDS)*, weergegeven in het volgende stroomschema (Figuur 6):



Figuur 6: Eigen bewerking van het TMDS, zoals beschreven door Matthews (2002, pp. 196-197)

Concluderend kan gesteld worden dat:

op basis van dit model (Figuur 5) Matthews (2002) aanbeveelt om interventies om stress te beperken te richten op omgevingsfactoren (paragraaf 2.2), en de waardering en verwerking van stressoren door de weggebruiker (paragraaf 2.3).

2.2. Omgevingsfactoren van stress in het verkeer

Nadat in de vorige paragraaf het concept stress is verklaard en een model is gepresenteerd voor de aanpak van verkeershinderperceptie wordt in deze paragraaf specifiek gekeken naar wat de meest voorkomende omgevingsstressoren zijn in het verkeer aan de hand van empirisch onderzoek waarna de verklaring daarvan wordt gezocht in de literatuur. Het doel van deze paragraaf is het bieden van een handvat om te kunnen bepalen welke ITS kunnen bijdragen aan het beperken van stress in het verkeer dat veroorzaakt wordt door de omgeving.

2.2.1. Resultaten uit empirisch onderzoek

Rijkswaterstaat heeft de afgelopen jaren verschillende onderzoeken uitgevoerd naar hinderbeleving (Bank & Wolf, 2003; Glas et al., 2010; Koffrie, Hoernig, & Van der Veen, 2012-2014; Schaap, 2012; TNS NIPO, 2013; Van de Pol et al., 2009; Wildervanck, 2008, 2010, 2011). Hieruit is gebleken dat er 12 concepten zijn die meermaals terugkomen als hinderlijk (Tabel 1). Deze kunnen geschaald worden naar 3 hoofdcategorieën. De oorzaak hiervan zal worden besproken in de paragrafen 2.2.2. - 2.2.4.

Tabel 1: Resultaten uit empirisch onderzoek, ingedeeld naar 3 hoofdcategorieën.

Categorie omgevingshinder	Hinderconcept
Reistijdverlies (2.2.2.)	Te veel reistijd vertraging
	Omrijdroutes zijn te lang
Controle (2.2.3.)	Ongeloofwaardige informatie (onzichtbaar werken)
	Storen aan andere weggebruikers
	Onverwachte en onvoorspelbare werkzaamheden en vertraging
	Gevoel van machteloosheid
Verhoging van de Rijtaakbelasting (2.2.4.)	Te veel informatie tegelijk
	Onduidelijke informatie
	Informatie niet op tijd
	Het niet kunnen opvolgen van borden
	Te smalle rijstroken
	Onduidelijke alternatieven

2.2.2. Reistijdverlies

De meest voor de hand liggende oorzaak van stress door reistijdverlies is congestie, zo schrijven Hennessy (2011) en Novaco (1992). Congestie zorgt voor een grotere reisweerstand⁷. Novaco (1992) stelt dat deze reisweerstand gecorreleerd is aan een hoge bloeddruk. Stoksols, Novaco, Stoksols, en Campbell (1978) schrijven bijkomend dat wanneer er sprake is van een grote reisweerstand, een grotere mate van congestie ervaren wordt, dan wanneer dit niet het geval is. Het is echter discutabel of het daadwerkelijk congestie (en daarmee dus reisweerstand) zelf is dat de stress veroorzaakt. Congestie betekent immers een verlies aan tijd. Het is inmiddels mogelijk om met navigatiesoftware als TomTom HD Traffic precies op de hoogte te zijn waar de vertraging is en hoe lang deze duurt. Hierdoor kan het zijn dat mensen deze tijd kunnen benutten als 'moment voor jezelf'. Dit geldt echter lang niet voor iedereen daar een grote groep mensen nog geen navigatiesoftware bezit. Ook zal het overgrote deel van de mensen liever thuis op de bank zitten dan in de auto in de file.

Tijd is een belangrijk aspect als er naar stress gekeken wordt stellen Salomon en Mokhtarian (1997). Dit zou onder andere komen door het dynamische aspect van besluitprocessen alsmede door de tijd die een individu nodig heeft om zijn plannen te kunnen wijzigen. De tijd die een individu krijgt om plannen aan te passen is zeer belangrijk omdat dit bepaalt welke keuzen een individu kan maken. Salomon en Mokhtarian (1997) merken echter op dat individuen vaak bevooroordeeld zijn met bepaalde keuzen. Dit resulteert in het feit dat men toch zijn eigen route volgt zelfs al zijn er alternatieve routes aangeboden. Dit kan ontstaan door

⁷ Reisweerstand is een maat die de hoeveelheid weestand aangeeft om van herkomst naar bestemming te komen

een gebrek aan vertrouwen in de omleidingsroute. De oorzaak hiervan kan liggen bij het feit dat in het verleden omleidingsroutes ook vol stonden met files. Ook Hennessy (2011), Hill en Boyle (2007) en Hennessy en Wiesenthal (1999) stellen dat tijdsdruk veel stress kan veroorzaken op de weg. Hennessy (2011) schrijft bijvoorbeeld dat mensen doelen hebben als "thuis zijn binnen 30 minuten" of taken die nog gedaan moeten worden. Als dit niet mogelijk is door congestie of andere vormen van verhoogde reisweerstand ontstaat stress.

Volgens Salomon en Mokhtarian (1997) bestaat het leven uit drie hoofddomeinen: thuis, werk en vrije tijd. Deze drie domeinen zijn continu met elkaar in strijd door conflicterende eisen. Zo is bij een vraag voor een hoger inkomen de tijd die met de familie besteed kan worden in gevaar. Tijdens congestie wordt tijd die niet bestemd was om te besteden aan werk⁸, toch opgeëist. Dit leidt tot stress.

Tijdsdruk kan niet direct worden weggenomen. Daarom zal er met name worden geconcentreerd op de beperking van reistijdverlies.

2.2.3. Controle

Een andere stressveroorzaker is de ervaring van het gebrek aan controle. Als deze laag is, of niet aanwezig, kan dit leiden tot stress. Wanneer de rit lastiger wordt, zal het individu het moeilijker vinden om controle over de situatie te bewaren, wat leidt tot meer stress. Daarnaast wordt het individu gevoeliger voor andere stressoren (Koslowsky, Aizer, & Krausz, 1996). Hennessy en Wiesenthal (1999) stellen in overeenstemming met Koslowsky, Aizer, en Krausz (1996) dat men de notie van controle moet hebben om stress te verminderen of te elimineren. Ook Matthews (2002) stelt dat controle zeer belangrijk is. Hennessy (2011) stelt verder dat tegenwerkende ritomstandigheden waar geen controle over is, maar ook geen controle over te krijgen valt (andere bestuurders of het weer), stress veroorzaakt.

2.2.4. Verhoogde rijtaakbelasting

Onder verhoging van de rijtaakbelasting vallen alle zaken die de bestuurder belasten met moeilijkere rijomstandigheden ten opzichte van de normale situatie. Verhoogde rijtaakbelasting leidt tot hinder, zo kan geconcludeerd worden uit *MinderHinder gezien vanuit de weggebruiker* (Glas et al., 2010). Voorbeelden hiervan zijn smalle rijstroken, slingerwegen of tekortkomingen met betrekking tot informatieverstrekking. Ook de combinatie van smalle rijstroken over lange wegvakken verhoogt de rijtaakbelasting blijkt uit onderzoek van (Martens & Brookhuis, 1998). Belemmering van zicht is ook een factor die stress kan veroorzaken stellen Hill en Boyle (2007). Ook Hennessy en Wiesenthal (1999) noemen zichtobstructie als stressor. Hiertoe rekenen zij ook verblinding door andere automobilisten of felle bouwverlichting.

2.3. Belangrijke psychologische concepten bij stressverwerking

Het is niet altijd mogelijk de omgeving aan te passen om stress te voorkomen. Stressperceptie kan ook worden verminderd door het stressverwerkingsproces te bevorderen (Figuur 5). Stress is echter niet objectief en óf iets stress veroorzaakt, is sterk persoonsafhankelijk, zo blijkt onder andere uit Hemenover & Zhang (2004), Hennessy (2011), Koslowsky et al. (1996) en Westerman & Haigney (1999). Dat betekent niet dat er geen voorspelling kan worden gedaan. Op basis van psychologische theorieën kan bepaald worden waardoor stressoren worden gewaardeerd als zijnde stressvol. Er zullen vier theorieën worden beschreven welke de verwerking van stressoren kunnen beïnvloeden. Dit zijn: Perceptie van controle (2.3.1.), Intolerantie voor Ambigüiteit en Onzekerheid (2.3.2.), Time Urgency (2.3.3.) en Learned Helplessness (2.3.4.).

⁸ Reistijd wordt geschaald onder de tijd die besteed wordt aan werk

2.3.1. Perceptie van controle

Een belangrijk concept is, zoals eerder beschreven, de perceptie van controle. Mensen voelen zich bedreigd wanneer er geen controle is over de situatie (Matthews, 2002). Denk bijvoorbeeld aan het worden gestuurd met een blinddoek om. Veel mensen ervaren dit als ongemakkelijk. Ook in het boek *Psychology* schrijven Gleitman et al. (2011) dat er een grote hoeveelheid bewijs is dat mensen controle nodig hebben over de situatie waarin zij verkeren en dat ze profijt hebben van situationele controle. Bij gebrek hieraan ontstaat stress, zo stellen ook Hennessy en Wiesenthal (1997, 1999). Tot slot schrijven Wortman, Panciera, Shusterman, en Hibscher (1975, p. 301) dat er veel experimenten zijn gedaan die aantonen dat "*failure to control aversive events is stress-producing*", ofwel dat het gebrek aan controle van schadelijke gebeurtenissen stress veroorzaakt.

2.3.2. Intolerantie voor Ambigüiteit en Onzekerheid

Onzekerheid is reden voor een verhoogd stressniveau stellen onder andere Greco en Roger (2003). Ook ambigüiteit⁹ van een situatie kan leiden tot stress (Grenier, Barette, & Ladouceur, 2005). In een artikel van Grenier et al. (2005) beschrijven ze intolerantie voor ambigüiteit (IA) en onzekerheid (IO). Hoewel Intolerantie voor Onzekerheid en Intolerantie voor Ambigüiteit twee termen zijn die wisselend worden gebruikt, zit er volgens Grenier et al. (2005) een verschil tussen beide. IA refereert naar de persoonlijke neiging om een ambigue situatie als dreiging of bron van discomfort te zien. Intolerantie voor onzekerheid refereert naar een onvoorspelbare toekomst die als vervelend wordt beschouwd. Individuen reageren op ambigue situaties, welke ervaren worden als complex, onoplosbaar, onvoorspelbaar en onzeker, op een drietal van manieren: 1. Cognitief (zwart / wit¹⁰) 2. Emotioneel (stress of woede) 3. Gedrag (afwijzen of ontwijken van een ambigue situatie). Op basis hiervan kan gesteld worden dat zowel ambigue als onzekere situaties als stressvol kunnen worden aangemerkt.

2.3.3. Time Urgency

Time Urgency is een ander concept dat verkeershinderbeleving vergroot. *Time Urgency* is het principe van tijdsdruk, een obsessie gekoppeld aan de perceptie dat tijd schaars is en dat alles wat gedaan wordt snel moet (Robinson, 2010). Mensen die vaak last hebben van deze tijdsdrang hebben vaker last van een hoge bloeddruk. In het verkeer wekt dit veel stress op, helemaal als er sprake van congestie is.

2.3.4. Learned Helplessness

Tot slot schrijven Evans en Stecker (2004) over de toepasbaarheid van het concept *Learned Helplessness* bij stressvolle gebeurtenissen in het verkeer. *Learned helplessness* is voor het eerst beschreven door Seligman en Maier (1967) en Overmier en Seligman (1967). Uit hun onderzoeken blijkt dat wanneer een organisme meermaals wordt blootgesteld aan onontkoombare vervelende prikkels (zoals pijn) zonder dat deze weg kan, dit organisme op den duur ook geen moeite meer zal doen om een uitweg te vinden.

Evans en Stecker (2004) claimen dat wanneer er sprake is van meermaals falen in het omgaan met stressvolle gebeurtenissen (zoals file) deze aangeleerde hulpeloosheid zal optreden. Het belangrijkste gevolg hiervan is dat mensen minder snel in actie komen omdat ze het gevoel hebben dat ze minder in controle zijn. Dit wordt ondersteund door Wortman et al. (1975, p. 302) waarin staat dat "*[...] it is fairly well established that if subjects fail to solve problems that are important to them, [...] the subjects will experience considerable stress and will show performance decrements on subsequent tasks.*"

⁹ In het Engels heeft Ambiguity een andere betekenis dan in het Nederlands. Om misverstanden te voorkomen wordt gebruik gemaakt van het Nederlandse woord ambigüiteit en alle afleidingen daarvan met de Engelse betekenis. In het Engels heeft ambiguity de volgende betekenis: "of doubtful or uncertain nature; difficult to comprehend, distinguish, or classify" (<http://dictionary.reference.com/browse/ambiguous>)

¹⁰ Mensen denken in uitersten om met de situatie om te gaan en zijn niet vatbaar voor een compromis en tonen geen begrip voor de situatie

2.4. Conclusie

Op basis van de aanbeveling van Matthews (2002), zie ook pagina 18, zal er gezocht worden naar manieren om de weggebruiker te verlichten van omgevingsstress en te ondersteunen in de cognitieve waardering van stressopwekkende gebeurtenissen. Doordat stress niet voor iedereen op dezelfde manier zal worden veroorzaakt (voor sommigen is een file geen enkel probleem bijvoorbeeld) en omdat een bepaalde mate van ervaren hinder bij wegwerkzaamheden altijd op kan treden zal het niet mogelijk zijn stress, en daarmee hinderperceptie, volledig weg te nemen. Door de in dit hoofdstuk besproken concepten te gebruiken als leidraad is het echter wel mogelijk om juist op die elementen in te spelen die daadwerkelijk de hinderperceptie kunnen beperken.

2.4.1. Aanbevelingen ten behoeve van de beperking van omgevingsstressoren

Maatregelen die bij moeten dragen aan de beperking van omgevingsstressoren zijn in de vorm van congestiebeperking en de beperking van vertragingstijd (door omleidingsroutes). Ook de beperking van rijtaak belastende situaties vermindert stress. Hierbij kan gedacht worden aan de bevordering van overzicht alsmede overzichtelijke situaties en opvolgbare, betrouwbare reisadviezen.

2.4.2. Aanbevelingen ten behoeve van de bevordering van de stressverwerking

Bij de bevordering van de stressverwerking is het van belang mensen de notie van controle te geven. Ook het voorkomen van ambiguïteit en onzekerheid is zeer belangrijk in de beperking van hinderperceptie. *Time Urgency* is een concept dat lastig aan te pakken is met maatregelen. Er kan echter wel na worden gedacht over beperking van de consequenties van mensen die veel tijdnoed ervaren. Hierbij kan gedacht worden aan modellen die vertraging in een vroegtijdig stadium kunnen voorspellen. Tot slot kan stress voorkomen worden door mensen bewust te maken van hun eigen capaciteiten om *Learned Helplessness* te voorkomen (Evans en Stecker, 2004). Een betrouwbare en geloofwaardige informatievoorziening speelt hierin een sleutelrol. Als een individu bijvoorbeeld stress ervaart door de werkzaamheden en de informatie daarover is duidelijk en overzichtelijk, kan dit helpen bij de verwerking van de stress Grenier et al. (2005).

3. Opkomende technieken binnen ITS

In dit hoofdstuk wordt de tweede deelvraag beantwoord, welke luidt: "Welke aan automobilititeit gerelateerde ITS ontwikkelingen gaan binnen 5 jaar een rol spelen?". In hoofdstuk 2 is geconcludeerd dat ITS vooral gericht moet zijn op het beperken van reistijdverlies, het geven van (de notie van) controle, het beperken van de rijtaakbelasting en betrouwbare communicatie naar de weggebruiker. Voor ITS betekent dit dat er een vraag naar data ontstaat om de weggebruiker kwalitatief goede informatie te geven, welke ook op het juiste moment kan worden aangeleverd. Daarnaast zijn ook systemen die de gebruiker kan ondersteunen bij uitdagendere rijomstandigheden (zoals smallere rijstroken en beperkt zichtveld) interessant.

Om dit te kunnen bereiken dient het mogelijk te worden om *real-time* informatie in te winnen, te verwerken en naar de weggebruiker te sturen zonder vertraging. Tegelijkertijd dient deze informatie betrouwbaar te zijn omdat deze anders zijn geloofwaardigheid verliest. Momenteel zijn de gebruikte technieken (verschillende (ongebruiksvriendelijke) apps, DRIP's, VMS's, etc.) nog niet toereikend hierin. Dit betekent dat er systemen ontwikkeld dienen te worden die het mogelijk maken om betrouwbare informatie op het juiste moment aan de juiste weggebruiker te verstrekken. Een belangrijke kanttekening hierbij is dat Heijmans deze ontwikkelingen niet alleen kan ontwikkelen en uitvoeren. Er zal op zoek moeten worden gegaan naar partners die samen willen en kunnen werken om zodoende de verkeershinderperceptie te beperken.

Een ITS bestaat basaal uit twee hoofdcomponenten. Allereerst is er een systeem nodig waarmee communicatie kan plaatsvinden. Onder dit systeem vallen bijvoorbeeld wegwakkaarsystemen en zenders in de auto. In dit hoofdstuk zal hiervoor de term infrastructuur van de communicatie worden gebruikt. Anderzijds is er de manier van communiceren (data uitwisseling V2V of V2I). Hieronder wordt de soort datastroom verstaan (via WiFi, het mobiele netwerk, etc.).

Dit hoofdstuk is als volgt opgebouwd. Eerst wordt er kort aandacht besteed aan de historische ontwikkeling van ITS (paragraaf 3.1.). Vervolgens zullen ontwikkelingen op het gebied van de infrastructuur van de communicatie (paragraaf 3.2.) worden gepresenteerd, alsmede ontwikkelingen op het gebied van communicatie (paragraaf 3.3.). Door deze ontwikkelingen wordt het mogelijk om te innoveren op het gebied van datacollectie (paragraaf 3.4.) en op het gebied van informatievoorziening (paragraaf 3.5.). In paragraaf 3.2. - 3.5. wordt stilgestaan bij de werking van de techniek, de mogelijkheden die de techniek met zich meebrengt en de voordelen, nadelen en onzekerheden van de techniek. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een conclusie (3.6.) met daarin de kernelementen van de verschillende ontwikkelingen en de voor en nadelen in een overzichtelijke tabel per categorie.

3.1. Historische ontwikkeling van ITS

ITS zijn tegenwoordig breed geïmplementeerd, zowel zichtbaar als onzichtbaar. Zo zijn belangrijke knooppunten bij ringwegen bijvoorbeeld voorzien van digitale borden (DRIP's) die aangeven wat de beste route is om de stad te bereiken of om de stad heen te rijden. Ook de matrixborden boven de weg is een voorbeeld van een ITS. Door de alsmaar innoverende technieken die geïmplementeerd worden kunnen deze systemen steeds meer. Om de ontwikkeling van de ITS in goede banen te leiden en de intellectuele positie van Nederland op dit gebied te versterken is op overheidsinitiatief 'Beter geïnformeerd op weg'¹¹ opgericht. In hun routekaart geven zij weer hoe de huidige situatie met betrekking tot ITS gekarakteriseerd kan worden (De Mooij, 2013). Zij zien een gebrek aan synergie tussen overheid en marktpartijen. Waar de overheid collectieve route- en reisadviezen verstrekt, doen veel marktpartijen dit op individueel niveau. Dit zorgt voor overlap, conflict of concurrentie. Daarnaast zien ze een optredende verandering, door individuele beïnvloeding van de reis, in routekeuze, met als gevolg significant andere verkeersstromen, waardoor oude modellen minder betrouwbaar

¹¹ Tegenwoordig Connecting Mobility

raken. Verder constateert Beter Geïnfomeerd op weg dat de markt voornamelijk inzet op onderdelen met een verdien capaciteit en is deze vooral gericht op reis- en route-adviezen, verhogen van veiligheid en het verhogen van comfort van weggebruikers. Het gevolg hiervan is dat het mogelijk is dat potentieel kansrijke technieken niet worden gebruikt omdat ze niet winstgevend genoeg zijn. Ook wordt opgemerkt dat er een roep is om standaardisatie. Door Europese samenwerkingsverbanden die opkomen, dienen er (open) Europese standaarden te worden opgesteld. Tot slot zien zij veel onbenutte kansen door de "historisch gegroeide versnippering" (De Mooij, 2013, p. 14). Er wordt geclaimd dat door krachtenbundeling, weggebruikers meer kwaliteit en dienstverlening kunnen verwachten. De huidige versnippering zou de publiek-private investeringsstrategieën in de weg staan.

Lopende projecten

Momenteel zijn er veel lopende projecten die gebruik maken van ITS. Enkele voorbeelden hiervan zijn: Filegolven A13, Spookfiles A58 en Brabant In-Car III (Connecting Mobility, z.d.). Deze projecten hebben echter weinig raakvlak met wegwerkzaamheden en hinderperceptie. Volgens H. Driever (persoonlijke communicatie, 8 april 2015), werkzaam bij Connecting Mobility, zijn er op dit moment 2 projecten die wel een groot raakvlak hebben met verkeershinderperceptie en ITS. Deze projecten zijn Reisinformatiediensten SAA en de Coöperatieve ITS-Corridor. Bij het laatst genoemde project worden coöperatieve diensten geïnstalleerd tussen Rotterdam en Wenen. Om meer informatie over dit project te krijgen is er contact gezocht met Abraham Bot, projectleider van de Coöperatieve ITS Corridor. Een samenvatting van het interview dat met hem is afgenomen is opgenomen in Bijlage B, paragraaf B.3, op pagina 66.

3.2. ITS ontwikkelingen op het gebied van communicatie infrastructuur

De gebruikte infrastructuur van de communicatie bepaalt het type systeem en daarmee automatisch de sterke en zwakke kanten van een systeem. In de komende drie paragrafen worden de drie in de literatuur meest genoemde infrastructuur vormen besproken. Paragraaf 3.2.1. behandelt Vehicular Ad-hoc NETWORK (VANET), paragraaf 3.2.2. staat stil bij ZIGBEE, paragraaf 3.2.3. wordt stilgestaan bij het mobiel netwerk en in paragraaf 3.2.4. wordt tot slot stilgestaan bij een voertuig doseer systeem. In iedere paragraaf wordt eerst een algemene introductie gegeven waarna vervolgens stilgestaan is bij de werking, de mogelijkheden en de voor- en nadelen (en uitdagingen).

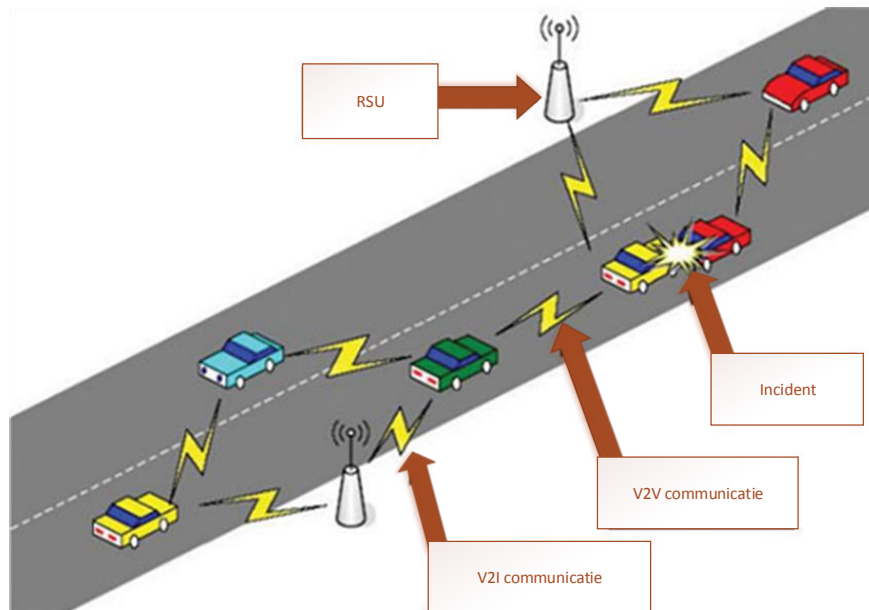
3.2.1. Vehicular Ad-hoc NETWORK (VANET)

Het *Vehicular Ad-hoc NETWORK* (VANET) werkt met behulp van stations langs de wegwijk (RSU's) en met zenders in de auto. De eerder besproken Coöperatieve ITS Corridor werkt met behulp van dit VANET. VANET is een opkomende technologie die snel geïmplementeerd kan worden stellen Baiocchi, Cuomo, De Felice, en Fusco (2015). Verder schrijven Baiocchi et al. (2015) dat VANET's in de toekomst gebruikt kunnen worden voor ATIS en ATMS. Deze bruikbaarheid ontstaat door de snelle manier van communiceren, zowel V2V als V2I, waardoor er minimale vertraging optreedt tussen datacollectie en informatieverziening. Uit de praktijk blijkt ook dat VANET's mondjesmaat beginnen op te komen. Een voorbeeld hiervan is de Coöperatieve ITS Corridor. Dit project is een samenwerking tussen Nederland, Duitsland en Oostenrijk om de corridor tussen Rotterdam, Frankfurt en Wenen te voorzien van coöperatieve diensten.

Werking

Het VANET werkt met behulp van een stations langs de wegwijk (RSU's) en met zenders in de auto. Een RSU creëert een gateway (toegang tot het internet) doordat deze is aangesloten op het internet. Deze RSU's staan op een vaste locatie langs de weg. Dit betekent dat wanneer een auto zich verplaatst, er steeds contact moet worden gelegd met een nieuwe RSU, afhankelijk van het bereik van de gebruikte manier van communicatie. De meest gebruikte manier van communicatie in VANET's is de WiFi-P technologie. Voor een uitleg van deze technologie, alsmede de voor- en nadelen, wordt verwezen naar paragraaf 3.3.1. Auto's in

het VANET kunnen met elkaar communiceren (V2V) maar ook met de infrastructuur (V2I) en worden gezien als een rijdende sensor (*Probe Vehicle*). Zie ook onderstaand figuur.



Figuur 7: VANET infrastructuur, vrij vertaald van Patil (2012).

Recent onderzoek, uitgevoerd door Baiocchi et al. (2015), laat zien dat VANET onderverdeeld kan worden in twee verschillende protocollen: *Sampled Measurement Estimation* (SAME) en *Timer-based Ordered Measurement Estimation* (TOME). Het SAME protocol zorgt voor een globale datacollectie, waarbij om een bepaald aantal meter een sample (een willekeurige auto) wordt gekozen waar data uit gehaald wordt. TOME echter, is een protocol dat grootschalige datacollectie verzorgt en waarvan het doel is om met gemiddelden (van bijvoorbeeld snelheid of ruitenwissersnelheid) de situatie op de weg accuraat weer te geven. Het staat buiten kijf dat TOME zal leiden tot een significante netwerkbelasting terwijl SAME een geringe hoeveelheid netwerkbelasting met zich meebrengt. SAME voorkomt dat er een te grote datastroom zal optreden en het systeem overbelast raakt. Een gevolg van overbelasting zou kunnen zijn dat informatie vertraagd wordt verzonden en hierdoor onbetrouwbaar wordt. Om dit te voorkomen dient er zorgvuldig om te worden gegaan met de keuze voor intensieve datacollectie.

De resultaten van het onderzoek van Baiocchi et al. (2015) wijzen uit dat SAME data kan verzamelen binnen enkele seconden met een relatieve fout¹² kleiner dan 10%. TOME blijkt zeer nauwkeurige (gevalideerd met traditionele wegwakensystemen) schattingen te maken binnen enkele tienden van een seconde. Hoewel het onnatuurlijk lijkt dat SAME langzamer is dan TOME, is dit te verklaren met de manier waarop SAME data wint en de manier TOME data inwint. SAME zendt berichten eerst van auto naar auto om zodoende een globaal beeld te krijgen, terwijl TOME iedere auto los als informatie bron gebruikt en daarmee een stabiele stroom van nieuwe data krijgt.

Mogelijkheden

Veel ITS diensten die momenteel dure infrastructuur nodig hebben, zoals betrouwbare verkeersmonitoring en ongevalsdetectie kunnen verbeterd of vervangen worden met behulp VANET. Dit levert een kostenbesparing op voor de wegbeheerder, betere dienstverlening voor de serviceprovider (nauwkeurigere data) en veiligere verkeerssituaties voor de weggebruiker (door middel van real-time waarschuwingen).

¹² Een relatieve fout is het relatieve verschil tussen de gemeten waarde (de benadering door het model) en de 'echte' waarde: $relatieve\ fout = \frac{benaderde\ waarde - 'echte'\ waarde}{echte\ waarde}$

Verder laten volgens Baiocchi et al. (2015) verschillende studies zien dat data uit voertuigen betrouwbare schattingen van doorstroming en herkomsten en bestemmingen kan geven. In hetzelfde artikel beschrijven ze dat filedetectie met behulp van VANET's sneller kan geschieden dan waarop dit nu gebeurt. Met behulp van VANET's kan dit tussen de 48 seconden en twee minuten.

Tot slot verwachten Liu, Khorashadi, Ghosal, Chuah, en Zhang (2012) dat er veel potentiële applicaties zijn voor het VANET. Hierbij kan gedacht worden aan bijvoorbeeld het verzamelen van informatie met betrekking tot de wegconditie en doorstroming, maar ook commerciële toepassingen zijn denkbaar zoals het presenteren van kortingen of informeren over de dichtstbijzijnde locatie om te dineren.

Voordelen, nadelen en uitdagingen

Hoewel veel voor- en nadelen afhangen van de manier van communicatie en het gekozen protocol (SAME of TOME) zijn er een aantal voordelen en nadelen die VANET specifiek zijn.

Een nadeel van VANET is dat er minimaal een penetratiegraad van 50% benodigd is om betrouwbaar te kunnen functioneren. Dit betekent dat, zeker in de begin fase, deze techniek voor veel doeleinden niet nuttig zal zijn. Daarnaast is een nadeel dat VANET ongerichte dataverspreiding met zich meebrengt (Yuan, Liu, Li, Zhang, & Yang, 2014). Alle communicatie zal circulair worden verspreid. Zeker bij een wegconstructie waarbij een parallelbaan gerealiseerd is, kan dit ongewenste informatievoorziening en datacollectie met zich meebrengen. Als er bijvoorbeeld file staat op de parallelbaan, kan zowel de wegbeheerder als de weggebruiker de melding krijgen dat er file staat op de hoofdrijbaan en hiervoor gewaarschuwd worden. Hierdoor neemt de geloofwaardigheid van filewaarschuwingen af. Een mogelijke oplossing hiervoor wordt aangedragen in paragraaf 3.3.2.

Een voordeel van VANET is dat er zeer snelle filedetectie mogelijk is. Daarnaast is het een voordeel dat, met name bij het SAME protocol, de data slechts een kleine belasting vormt voor het netwerk. Concreet betekent dit dat er veel data verzameld kan worden zonder dat het netwerk overbelast raakt.

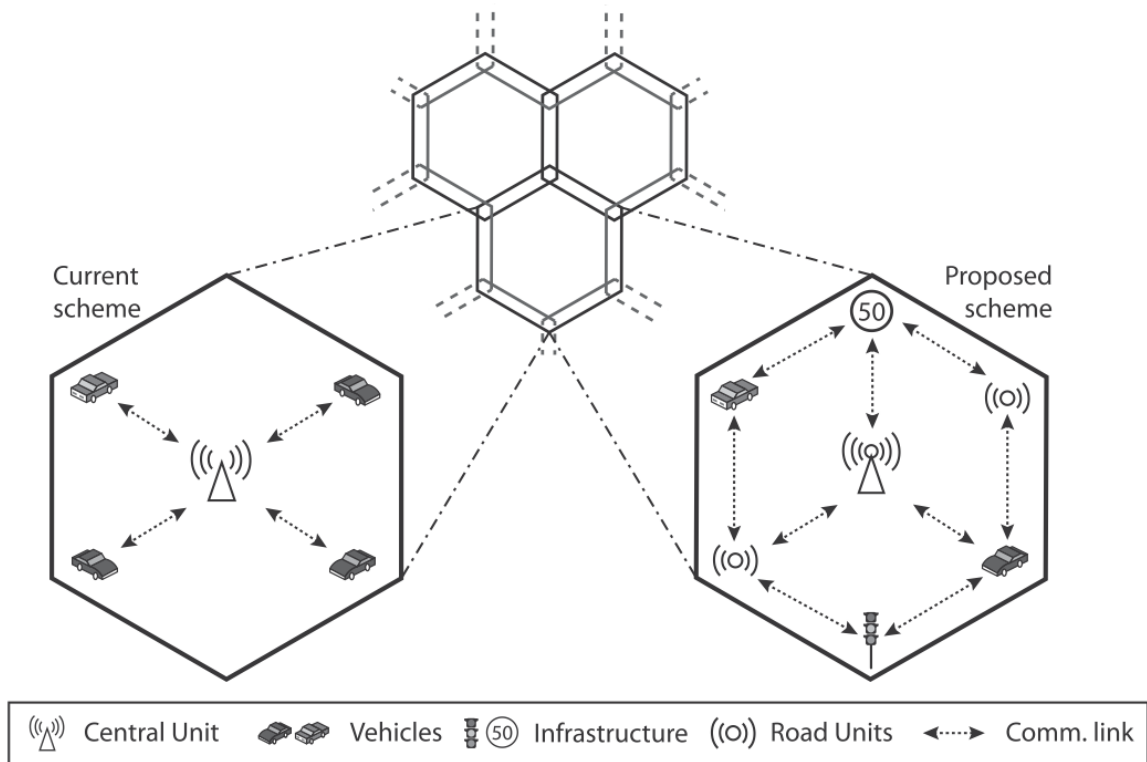
Een onzekerheid met betrekking tot VANET ligt in de penetratiegraad. Door de benodigde hoge penetratiegraad werkt het systeem pas wanneer er veel auto's zijn uitgerust met zenders welke compatibel zijn met VANET. Mocht de infrastructuur niet gerealiseerd worden voordat 50% van de auto's compatibel is, kan het zijn dat de automobielenindustrie geen investering in de technologie wil doen. Omgekeerd kan het zijn dat wanneer de infrastructuur gerealiseerd is, de automobielenindustrie niet mee wil werken omdat bijvoorbeeld de techniek te duur blijkt te zijn. Deze onzekerheid wordt ook gezien bij het project Coöperatieve ITS Corridor, zie hiervoor bijlage B.3 (pagina 66), interview met Abraham Bot.

3.2.2. ZIGBEE

ZIGBEE is een communicatie infrastructuur die momenteel veel wordt toegepast in huiselijke sferen. Desalniettemin stellen Godoy, Milanés, Pérez, Villagrà, en Onieva (2013) voor om ZIGBEE te gebruiken als ITS infrastructuur. Zij stellen dat het systeem voor deze functie ook zeer geschikt is, en het enkele voordelen kent ten opzichte van de VANET infrastructuur.

Werking

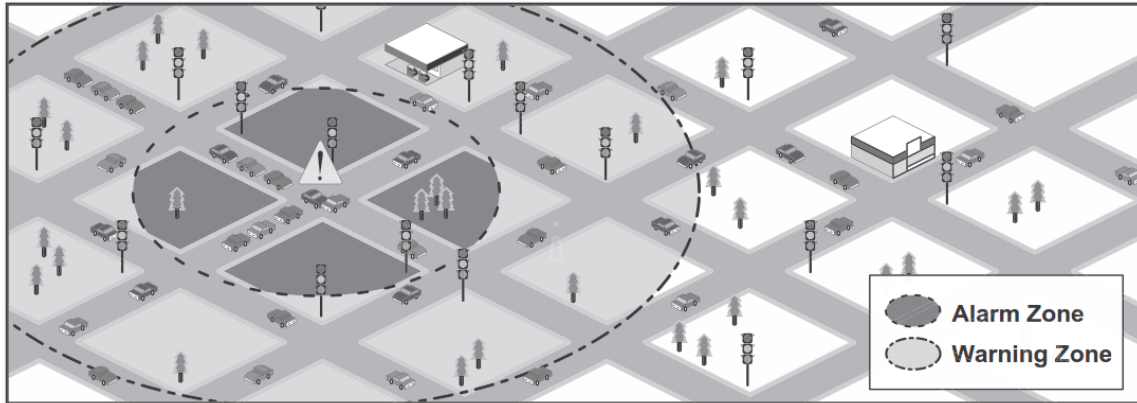
ZIGBEE werkt door middel van het creëren van een web (*mesh*) waarbinnen gecommuniceerd kan worden. Dit staat in contrast met het VANET systeem, waar er sprake is van puntcommunicatie (alle communicatie gaat naar 1 punt). Deze situatie is schematisch weergegeven in Figuur 8 (volgende pagina).



Figuur 8: Datacommunicatie bij VANET (current scheme) en ZIGBEE (proposed scheme), naar Godoy et al. (2013, p. 147)

ZIGBEE voor de verkeersinfrastructuur bestaat uit twee systemen. Het eerste systeem is statisch van aard en bepaalt op welke manier gecommuniceerd wordt (via welke route). Dit wordt vorm gegeven door een vast protocol en bestaat uit alle elementen die vast staan ten opzichte van de bewegende auto's. Dit statische gedeelte bestaat uit een *Coördinator Node*, *Central Unit* en *Road Nodes* (RN's). Het tweede systeem kan als dynamisch beschreven worden en omvat alle variabele communicatiepaden. Hierbinnen vallen de zenders die in de auto's zitten. Deze zenders zullen verder *Mobile Nodes* (MN's) worden genoemd. Deze MN's dienen als gateway tussen het ZIGBEE netwerk en de *On-Board Unit* (OBU). Deze OBU zal ontvangen gegevens interpreteren en verwerken. De gebruiker zal dit proces niet merken daar dit zich alleen in de OBU afspeelt.

De *Coördinator Node* zal worden geïnstalleerd in de *Central Unit*, welke samen de *Central Node* (CN) vormen. De *Coördinator Node* zal dienen als de tweezijdige gateway tussen het ZIGBEE netwerk en de *Central Unit*. De RN's zullen dienen als ontvanger van de berichten verzonden door de MN's. De RN's zullen vervolgens deze berichten doorsturen naar de *Central Unit*. Deze zal op zijn beurt belast zijn met de taak om deze berichten te analyseren en zodoende de status van de RN's bepalen. De status van een RN wordt bepaald door drie niveaus: alarm, waarschuwing en normaal. Afhankelijk van de status van een RN zal deze signalen uitzenden met een respectievelijke frequentie van 1, 3 en 5 seconden. Vervolgens zal de *Central Unit* een alarm en waarschuwingszone bepalen (Figuur 9, volgende pagina), afhankelijk van de informatie die de RN's toezenden. Binnen deze alarmzone zullen alle RN's in de alarmfase worden gezet, waardoor bestuurders directe informatie kunnen ontvangen over de situatie op de weg (weer, doorstroming, etc.), zonder vertraging.



Figuur 9: Alarm- en waarschuwingszones naar Godoy et al. (2013, p. 149)

Mogelijkheden

Het dynamische protocol dat ZIGBEE gebruikt, maakt het mogelijk om real-time communicatiepaden vast te stellen. Een andere mogelijkheid die ZIGBEE biedt, is het creëren van verschillende statusfasen met de verschillende zendintervallen.

Voordelen, nadelen en uitdagingen

De ZIGBEE technologie is goedkoop en verbruikt weinig energie. Hierdoor zijn er minimale kosten gemoeid met het creëren van een interactieve datacommunicatie. Het grootste voordeel van het ZIGBEE netwerk is dat het in tegenstelling tot VANET niet afhankelijk is van één communicatieroute van het dataverkeer. Concreet betekent dit dat wanneer er een RN kapot is, informatie via een andere route alsnog de CN kan bereiken.

Een ander voordeel is dat een RSU verschillende statusfasen kan hebben met verschillende data zendintervallen. Hierdoor kan de gebruiker beter geïnformeerd worden, waardoor deze eerder kan anticiperen en niet geconfronteerd wordt met onverwachte gebeurtenissen.

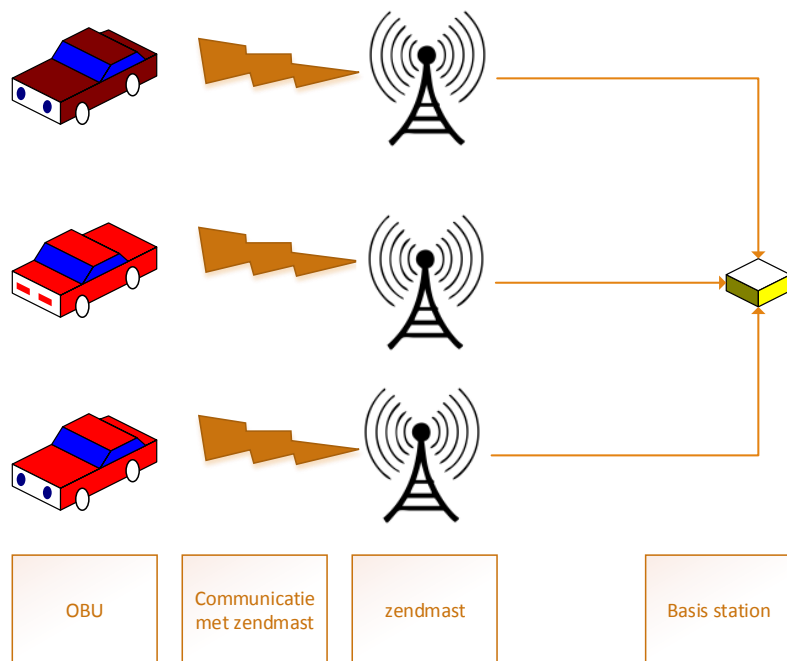
Een onzekerheid die deze techniek met zich meebrengt is de jonge status van de infrastructuur. Het systeem is tot op heden alleen nog getest op een testparcours, en het is onduidelijk hoe het systeem reageert wanneer er bijvoorbeeld file is (wanneer er veel MN's in het netwerk zijn). Daarnaast is het momenteel nog niet mogelijk om ZIGBEE te gebruiken voor real-time verkeersplanning en controle. Het systeem dient louter als gebruiker-informerend systeem. Tot slot moet verder onderzoek uitwijzen wat de consequenties zijn van meerdere problemen op een wegsegment (meerdere ongelukken, meerdere files, etc.).

3.2.3. Mobiele Netwerk

Tot slot is er de mogelijkheid om door middel van een mobiel netwerk te communiceren. Deze infrastructuur wordt al een aantal jaar gebruikt (onder andere door TomTom) maar omdat nieuwe mogelijkheden zich voordoen en voor de volledigheid is er voor gekozen om ook deze infrastructuur op te nemen in het overzicht.

Werking

Data afkomstig uit verschillende sensoren in de auto kan *In-Car* worden ingewonnen met behulp van hardware in de auto (een OBU). Dit staat ook bekend als *Floating Car Data* (FCD), zie ook paragraaf 3.4.3. Hierbij kan gedacht worden aan voertuig locatie, voertuig snelheid, gebruik van ruitenwissers, ABS, remmen, etc. Nadat deze data is verkregen, kan, door bijvoorbeeld een simkaart in de auto te plaatsen, deze data verstuurd worden naar een GSM mast. Vanuit deze mast zal een signaal worden verstuurd naar een centraal punt waarop meerdere masten zijn aangesloten. Dit kan door middel van radiofrequenties of glasvezel. Dit is schematisch weergegeven in Figuur 10.



Figuur 10: Infrastructuur van communicatie bij mobiel netwerk (versimpeld)

Mogelijkheden

Veel mogelijkheden hebben betrekking op de manier van communicatie bij deze infrastructuur. Momenteel gebeurt dit nog veel via 3G. Door de opkomende 4G en 4G+ wordt het mogelijk om sneller en meer data te verzenden.

Voordelen, nadelen en uitdagingen

Het grootste voordeel is ongetwijfeld dat de volledige infrastructuur in principe al staat. Dit maakt het makkelijk om snel te beginnen met datacollectie. Daarnaast is het door de grote hoeveelheid gebruikers mogelijk om een bepaalde techniek langer in leven te houden wanneer deze verouderd, zo zegt Jeroen Brouwer (*Product Manager* bij TomTom) in een interview (Bijlage B.2, pagina 62). Daarnaast is een voordeel dat er reeds een hoge penetratiegraad is. Tegenwoordig hebben immers veel mensen een mobiele telefoon. Een nadeel echter is de afhankelijkheid van een mobiel netwerk. Wanneer er een storing optreedt bij een netwerkprovider, is verlies van data onvermijdelijk.

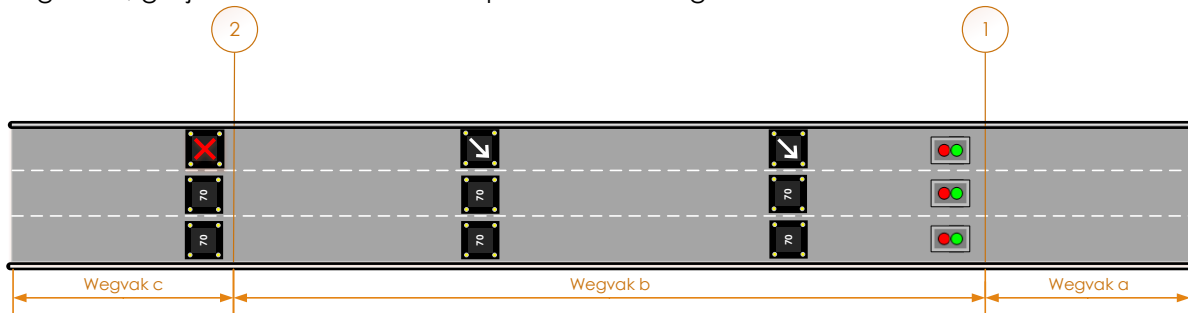
3.2.4. Voertuig Doseer systeem (VDS)

Een Voertuig Doseer Systeem (VDS) is een techniek om *real-time* verkeersmanagement bij rijstrookonttrekking uit te voeren, onderzocht door Tympakianaki et al. (2014). De aanleiding van zijn onderzoek heeft betrekking op het feit dat werkvakken op snelwegen veelal een afsluiting van een rijstrook behoeven. Dit heeft een capaciteitsreductie tot gevolg, hetgeen kan leiden tot congestie en een verhoogde kans op ongevallen.

Momenteel worden, bij de afsluiting van een rijstrook, bovenstrooms verdrijfmaatregelen getroffen zoals bijvoorbeeld pijlen op matrixborden, andreasstrips, actiewagens en borden aan de wegwand (CROW, 2013). Het nadeel van deze methodiek is dat deze (met uitzondering van de matrixborden) statisch en niet direct op de verkeerssituatie kan inspelen. Die zorgt bij meerdere rijstroken voor een oneven verdeling van voertuigen over de rijstroken. Om dit probleem op te lossen stellen Tympakianaki et al. (2014) voor om intelligente VDS'en toe te passen. Het doel van deze techniek is om de doorstroming te maximaliseren en de vertraging te minimaliseren bij capaciteitsreductie, door de doorstroom te manipuleren door middel van een VDS. Hierdoor is het mogelijk dat er minder congestie optreedt waardoor de vertragingstijd afneemt. De techniek staat nog in de kinderschoenen, ondanks het feit dat er voor het eerst over geschreven werd in 2008 (Tympakianaki et al., 2014).

Werking

Om de werking van deze techniek te verduidelijken wordt de komende paragraaf ondersteund door Figuur 11. Bij lijn 1 staan het verkeerslichten welke twee kleuren hebben; rood en groen. Doordat de verkeerslichten met een continue frequentie groen worden, zal de stroom auto's voor de verkeerslichten (wegvak a) in theorie met een continue snelheid kunnen rijden. De afstand tussen de werkelijke rijstrook afkruising (lijn 2) en de verkeerslichten (wegvak b) hebben Tympakianaki et al. (2014) niet definitief geoptimaliseerd, en er is meer onderzoek naar nodig. Door de groentijden te optimaliseren, zorgt dit voor een continue stroom auto's op wegvak b, gelijk aan de maximale capaciteit van wegvak c.



Figuur 11: Schematisatie van de verkeerssituatie bij implementatie van VDS'en bij de afkruising van een rijstrook

Mogelijkheden

Doordat de verkeerslichten met een constante snelheid voertuigen doorlaten in combinatie met een korte roodlicht tijd kan met een constante snelheid worden gereden. Door deze techniek wordt het mogelijk om voertuigen met zo min mogelijk vertraging door wegwerkzaamheden te begeleiden omdat vóór wegvak c geen capaciteitsreductie optreedt door optrekkende en afremmende auto's¹³.

Voordelen, nadelen en onzekerheden

De grootste onzekerheid omvat de praktische effectiviteit en de leeftijd van de techniek. Doordat de techniek nog in de kinderschoenen staat en er nog geen uitvoerige (praktijk)proeven hebben plaatsgevonden, is het onzeker of de techniek significante verschillen met de huidige situatie kan opleveren. Een bijkomende onzekerheid is dat het onzeker is of een VDS toegepast mag worden op de hoofdrijbaan van de snelweg. Ook is het onduidelijk wat het effect van deze techniek zal zijn op de weggebruikers, rood licht roept immers een rem reactie op bij de meeste weggebruikers. Het voordeel bij deze techniek is dat er in plaats van een optrekkende en afremmende stroom auto's rijdt, een continue verkeersbeweging mogelijk is, waardoor de (perceptie van) vertraging zou kunnen afnemen.

3.3. ITS ontwikkelingen op het gebied van communicatie

In deze paragraaf wordt ingegaan op innovaties op de manier van communiceren (datazending tussen verschillende zenders/ontvangers). Er wordt stilgestaan bij een viertal manieren van datatransmissie: WiFi-P (paragraaf 3.3.1.), *Doppler Frequency Shift* (paragraaf 3.3.2.), *De Cloud* (paragraaf 3.3.3.) en het Mobiel netwerk (paragraaf 3.3.4.). Deze technieken kunnen het mogelijk maken om nauwkeurigere data te verzamelen en hierdoor de weggebruiker beter te informeren.

¹³ Het aantal auto's dat per tijdseenheid een imaginaire lijn snijdt bepaalt de doorstroom. Bij een hogere gemiddelde snelheid, zullen meer auto's deze imaginaire lijn passeren binnen dezelfde tijdseenheid. Met als gevolg een hogere doorstroom.

3.3.1. WiFi-P

WiFi-P is een techniek die gebruik maakt van een protocol over het WiFi netwerk om informatie te verzenden en ontvangen. Technolution (2015) schrijft dat we aan de vooravond van een grote schaa sprong staan door de afronding van de zogeheten *ITS G5 Chipsets*. Verder wordt beschreven dat "Een nieuw scala aan toepassingen hiermee in het verschiet [ligt]" (Technolution, 2015, p. 3). Momenteel loopt er een groot project waarbij de WiFi-P netwerken worden gebruikt. Dit project is de Coöperatieve ITS Corridor. Zie voor aanvullende informatie over dit project het interview met Abraham Bot, Bijlage B, paragraaf B.3.

Werking

De WiFi-P technologie kan worden toegepast in het VANET. In auto's zitten intelligente platformen waardoor auto's onderling (V2V) en met de infrastructuur (V2I) kunnen communiceren zonder dat de bestuurders daar notie van hebben. Dit gaat door middel van een WiFi protocol dat speciaal is aangepast voor de toepassing op ITS. Deze manier van communicatie wordt ook beschreven als WAVE (*Wireless Access in Vehicular Environments*) en maakt gebruik van een frequentie van 5.9 GHz.

Bij de Coöperatieve ITS Corridor geschiedt de versleuteling van data via een internationaal bedachte structuur om gegevens te versleutelen. Deze structuur heet de *Public Key Infrastructure* (PKI). Deze infrastructuur zorgt er voor dat er zekerheid heerst over de authenticiteit en de identiteit van de auto van de verzonden data.

Mogelijkheden

De WiFi-P technologie maakt het mogelijk om zowel op korte als op langere afstanden tweezijdig te communiceren met de weggebruiker en wegbeheerder. Concrete invullingen hiervan zijn bijvoorbeeld het opvragen van data (zie paragraaf 3.5.2.), maar ook bijvoorbeeld het kunnen weergeven van informatie *In-Car* met betrekking tot de werkzaamheden. Dit kunnen spraakberichten zijn met informatie over wat er wordt gedaan, waarom en hoe lang het duurt, maar ook bijvoorbeeld tekstberichten met berichten als: "Hier koelt momenteel het asfalt af, over 1 week kunt u weer gebruik maken van alle rijstroken. Bedankt voor uw begrip."

Met de WiFi-P technologie wordt het mogelijk om de weggebruiker te ondersteunen in zijn rijtaak waardoor het verkeer veiliger wordt. Daarnaast worden ook commerciële partijen gediend door de mogelijkheid om reclame te maken bij weggebruikers op de *In-Car* systemen. De effecten hiervan op de verkeersveiligheid dienen nader onderzocht te worden.

Uitdagingen

De WiFi-P technologie kent momenteel vier onduidelijkheden welke opgelost moeten worden voordat er kan worden begonnen aan een grootschalige implementatie van het systeem: de inhoud van de berichten, de penetratiegraad, de reikwijdte en de beveiliging. De beveiliging van dataoverdracht bestaat uit vier noemenswaardige uitdagingen. Deze hebben betrekking op 1) eventuele vernieuwing van protocollen, 2) lengte van de sleutel, 3) internationaal gebruik en 4) volgbaarheid. In deze paragraaf zullen deze uitdagingen kort worden toegelicht, voor uitgebreide uitleg wordt verwezen naar Bijlage B.3., pagina 66.

Tot op heden is de WiFi-P technologie redelijk gestandaardiseerd, maar is het nog niet in praktijk getest. Een andere uitdaging heeft betrekking op de penetratiegraad. Wanneer de infrastructuur klaar is, is onduidelijk hoeveel auto's daadwerkelijk gebruik kunnen maken van de technologie; veel zullen nog niet uitgerust zijn met ontvangers en zenders. Ook ligt er een uitdaging bij de reikwijdte. Het effect van de beperkte reikwijdte (500m-1000m) van een WiFi-P station is nog niet in kaart gebracht.

Op beveiligingsniveau ligt er een uitdaging bij het feit dat wanneer het protocol vernieuwd moet worden, dit makkelijk moet kunnen gebeuren, zonder dat de auto naar de garage moet of dat de gebruiker hier last van heeft. Er is tot op heden nog geen duidelijkheid over de manier waarop dit zou kunnen. Verder is er onduidelijkheid over de configuratie van de PKI. De

betrokken landen, de automobiel industrie en de Europese Unie zijn nog intensief in gesprek hierover. Zo zijn er sleutels of certificaten nodig ten behoeve van de uitwisseling van berichten. Ieder land moet dit zelf regelen en het moet zo georganiseerd worden dat bijvoorbeeld een Oostenrijkse auto ook in Nederland berichten moet kunnen wisselen. Daarnaast brengt een internationaal karakter een extra dimensie aan de versleuteling. Iedere autoriteit heeft zijn eigen beveiligingscertificaat. Dit maakt de herkenning en acceptatie van certificaten uitdagender. Tot slot is er rekening te houden met de privacy van de weggebruikers. Abraham Bot stelt dat er niet zomaar informatie uit voorbij rijdende auto's gehaald en opgeslagen mag worden zonder opgaaf van reden en toestemming van de weggebruiker. Ook als deze data geanonimiseerd is, dient er altijd een geldige reden te zijn voor de dataopslag. Daarnaast is bij geanonimiseerde data ook altijd een ritpatroon te identificeren omdat beveiligingscertificaten navolgbaar zijn. Digitale certificaten kunnen gezien worden als een digitaal kenteken.

Voor en nadelen

De nadelen liggen momenteel in de onzekerheid van de techniek. Het is goed mogelijk dat wanneer de infrastructurele standaardisatie voltooid is, de WiFi-P technologie al weer verouderd is waardoor er aanpassingen moeten worden gedaan. Daarnaast is ook de onzekerheid op het beveiligingsniveau een nadelige factor bij de technologie

Het grootste nadeel ligt bij de beperkte reikwijdte. Door deze beperking is het nodig om veel RSU's te installeren. Hoewel de plaatsing van een enkele RSU geen grote investering is, zal nationale implementatie van deze technologie een dure investering worden. Het gevolg hiervan zou kunnen zijn dat, net als inductielussen, deze techniek maar op een beperkt aantal plaatsen wordt aangebracht.

3.3.2. Doppler Frequency Shift

Het bepalen van de locatie van auto's kan tot op zekere hoogte met redelijke nauwkeurigheid. Het is echter momenteel nog niet mogelijk om te bepalen op welke rijstrook een specifiek voertuig rijdt en of deze op de hoofdrijbaan of op de parallelbaan rijdt. Daarnaast is het ook lastig om informatie te sturen naar auto's op dezelfde rijbaan, of juist niet. Yuan et al. (2014) bieden een oplossing voor de distinctie tussen verkeer op de snelweg en de parallelstrook. Deze oplossing maakt gebruik van de *Doppler frequency shift method*.

Werking

Voertuigen in verschillende rijstroken kunnen een andere frequentie van een draadloos signaal opvangen wanneer deze wordt uitgezonden door twee verschillende RSU's. Door dit verschil 'weet' de auto waar hij zich bevindt.

Mogelijkheden

De mogelijkheden van dit systeem zijn beperkt tot het verzenden van berichten naar bepaalde doelgroepen (alleen voertuigen op de hoofdrijbaan, alleen voertuigen op de parallelbaan, beide, alleen stadsvoertuigen, etc.). Deze techniek maakt het hierdoor mogelijk om communicatie te richten op de juiste doelgroep.

Voor- en nadelen

Omdat dit systeem gebruik maakt van het VANET en het VANET nog niet werkzaam is, is het lastig om in dit vroege stadium de voor- en nadelen te schetsen. Op basis van de eigenschappen van het systeem met betrekking tot gerichte informatievoorziening, kan beargumenteerd worden dat dit voor een verlaging van de rijtaakbelasting kan zorgen doordat bestuurders alleen informatie krijgen die op hen van toepassing is. De informatievoorziening wordt hierdoor geloofwaardiger omdat er alleen informatie wordt gegeven die relevant is. Dit kan zorgen voor een afname van onduidelijkheid en verwarring. Een nadeel van de doppler benadering is dat het slechts een theorie is, waardoor het nog niet duidelijk is óf het kan werken en wat hiervoor nodig is.

3.3.3. De Cloud

Zoals Jeroen Brouwer en Abraham Bot al aangaven in de interviews (zie bijlage B.2 en B.3), bestaat er nog onduidelijkheid over waar en door wie voertuiginformatie dient te worden opgeslagen. Lin, Shen, en Weng (2013) bieden naast de voor de hand liggende oplossingen als op grote servers, in het voertuig of aan de wegwijk, nog een vierde mogelijkheid: in de *Cloud*.

Werking

Traditioneel wordt er in een VANET of ZIGBEE netwerk een *gateway* (toegang tot het internet) gecreëerd op een vaste locatie langs de weg (een RSU vormt meestal zo'n *gateway*). Omdat de reikwijdte van bijvoorbeeld WiFi redelijk beperkt is, kan dit een probleem vormen als de afstand tussen het voertuig en het wegwijkstelsel te groot is. De oplossing die door Lin et al. (2013) wordt aangedragen is de zogeheten *Gateway-as-a-Server* (GaaS). Deze GaaS maakt het mogelijk voor een voertuig om gegevens op te slaan in deze *cloud*, waardoor er niet continu connectieoverdracht plaats hoeft te vinden tussen de verschillende RSU's (vergelijkbaar met de *Handover* bij het mobiele netwerk).

Mogelijkheden

De mogelijkheden van de GaaS liggen bij de potentie om een stabiel netwerk te creëren waarin gegevensoverdracht plaats kan vinden, ook wanneer er drukte is op de weg. Daarnaast kan met deze technologie een stabiele V2V gegevensoverdracht genereren, ook wanneer de connectietijd laag is.

Voor- en nadelen

De voordelen van dit systeem liggen in het feit dat de dataoverdracht stabiel is dan wanneer er gebruik wordt gemaakt van bijvoorbeeld VANET. Een nadeel van dit systeem is dat er nog weinig onderzoek is gedaan en dat het tot op heden louter theoretisch is onderbouwd.

3.3.4. Mobiel netwerk

Communicatie met een GSM Netwerk zal een van de eerste technieken zijn op het gebied van datatransmissie die grootschalig geïmplementeerd zou kunnen worden. Uit het interview met Abraham Bot (bijlage B.3, pagina 66) komt naar voren dat ook Rijkswaterstaat onderzoek doet naar de mogelijkheden van het inzetten van het mobiele netwerk bij datatransmissie.

Werking

De precieze werking van het systeem is toegelicht in paragraaf 3.2.3. Waar de methode van datatransmissie nog in kan verschillen is welke generatie telecommunicatie wordt gebruikt. Momenteel gebeurt dit aan de hand van 3G, maar op termijn zal dit kunnen verschuiven naar 4G of 5G, of een geheel nieuwe manier. De ontwikkelingen op dit gebied gaan snel.

Voor- en nadelen

Voor de voor- en nadelen van communicatie met het mobiele netwerk wordt verwezen naar paragraaf 3.2.3.

3.4. ITS ontwikkelingen op het gebied van datacollectie

In komende paragrafen worden vier ontwikkelingen gepresenteerd op het gebied van datacollectie. Dit zijn: *Satellite Navigation Systems* (SATNAV), paragraaf 3.4.1.; Data Fusie, paragraaf 3.4.2. en Floating Car Data, paragraaf 3.4.3. Betrouwbare datacollectie is niet alleen belangrijk voor de fundering van informatievoorziening naar de weggebruiker om zo te voorkomen dat er ongeloofwaardige informatie wordt verspreid, betrouwbare en nauwkeurige informatie is ook van belang bij het plannen en uitvoeren van verkeersmaatregelen (Demissie, De Almeida Correia, & Bento, 2013). Als verkeersmaatregelen gebaseerd zijn op betrouwbare gegevens zou het kunnen dat er een betere doorstroom mogelijk is.

3.4.1. Satalite Navigation Systems (SATNAV)

In deze paragraaf wordt een blik geworpen op de huidige vorm van datawinning met behulp van SATNAV en een blik op welke mogelijkheden de toekomst kan brengen. Deze paragraaf is grotendeels gebaseerd op het interview afgenomen op dinsdag 12 mei 2015 met Jeroen brouwer, *productmanager* bij TomTom. Een uitgebreide samenvatting van dit interview staat in bijlage B.2, pagina 62.

Werking

In navigatiesoftware, de meeste mobiele telefoons en de beter uitgeruste auto's zit een zender welke GPS signalen opvangt en opslaat. Deze zender zendt vervolgens iedere minuut tot iedere twee minuten de locatie van de auto door naar de eigenaar van de zender. Dit gebeurt met behulp van de mobiele netwerken (3G).

Mogelijkheden

Doordat de locatiegegevens van een voertuig iedere minuut bekend, zijn kan hieruit worden afgeleid wat de snelheid van het voertuig bij benadering is. Dit brengt de mogelijkheid met zich mee om de actuele doorstroom op de wegen in kaart te brengen. Hieruit kan bepaald worden waar er congestie optreedt. Daarnaast kan er ook gevalideerd worden waar snelheidsbeperkingen gelden zodat de weggebruikers vroegtijdig gewaarschuwd kunnen worden.

Een techniek die momenteel steeds meer geïmplementeerd wordt, genaamd *Telematics*, maakt het mogelijk om *real-time* voertuigen te volgen. In tegenstelling tot de GPS datacollectie die op grote schaal en anoniem gebeurt, maakt deze techniek het mogelijk om voertuigen te identificeren en deze te volgen. Momenteel wordt deze techniek al gebruikt bij bijvoorbeeld bussen en bedrijfsauto's.

Voordelen en nadelen

Het grootste nadeel van deze techniek om de locatie en snelheid te achterhalen is dat de nauwkeurigheid te wensen over laat. De data die wordt verkregen wordt slechts 1 tot 2 keer per 2 minuten verstuurd. Dit betekent dat er altijd een bepaalde vertraging tussen de data en de 'echte' situatie zit, waardoor informatie later bij de weggebruiker komt. Vlahogianni, Karlaftis, en Golias (2014) stellen dat een aanvullend nadeel is dat datacollectie met behulp van GPS een mate van onzuiverheid kent. Galileo kan hier een uitkomst voor bieden (zie kader). Een voordeel van SATNAV is dat de penetratiegraad van de voertuigen met GPS zenders zeer groot is. Hierdoor is er een grote hoeveelheid data beschikbaar.

GALILEO

Galileo is de Europese tegenhanger van GPS. Daar waar GPS een bepaalde mate van onnauwkeurigheid heeft voor civiel gebruik, zal Galileo dit niet hebben. Hoewel het project tot op heden vertraging heeft opgelopen, zal deze techniek een extra dimensie bieden bij het gebruik van satellieten voor dataverkrijging. Een voorbeeld hiervan is de mogelijkheid om tot op rijstrookniveau te kunnen bepalen waar een auto rijdt. Dit maakt het mogelijk om bijvoorbeeld per rijstrook de doorstroom te bepalen en reisadvies nog beter af te stemmen op de verkeerssituatie zoals die op dat moment is.

3.4.2. Data Fusie

Datafusie is een methode om data afkomstig uit verschillende bronnen (sensoren) te fuseren. Momenteel is het lastig om een betrouwbare dataset te krijgen waarop voorspellingen kunnen worden gedaan of advies op kan worden gebaseerd. Door data afkomstig uit verschillende bronnen te fuseren, bijvoorbeeld snelheid gemeten door GPS en gemeten in een VANET, kunnen onnauwkeurigheden worden opgevangen. Dit kan leiden tot een betrouwbaardere informatievoorziening. Logghe en Hoogendoorn (2015) schrijven dat als de techniek mee werkt, datafusie garant staat voor flinke datakwaliteitsverbetering. Ook Vlahogianni et al. (2014) erkennen de waarde van datafusie.

Werking

Men bepaalt welke data benodigd is uit een bepaald gebied en met welke kwaliteitseisen deze data verkregen moet worden. Dit staat in schril contrast met de huidige manier van dataverwerking. Volgens Logghe en Hoogendoorn (2015) wordt er momenteel een set data aangeleverd en “moet [de verkeerskundige] het er maar mee doen”. Nadat bepaald is welke data benodigd is en wat de nauwkeurigheid daarvan moet zijn, kan worden bepaald hoe en waar data moet worden ingewonnen. Dit is de eerste stap van datafusie en komt neer op het ‘gewone’ meten. Vervolgens moet bij stap 2 de data consistent worden gemaakt. Dit komt er veelal op neer dat de data wordt gekoppeld aan plaats en tijd. Stap 3 betreft het fuseren van de consistente data. Deze stap geschiedt met behulp van verschillende rekenmethoden of algoritmes. De keuze van het algoritme of de rekenmethode bepaalt de kwaliteit van de gefuseerde data. De laatste stap, stap 4, is het verrijken van de data. Dit verrijken gebeurt door met behulp van de gefuseerde data afgeleide verkeersparameters te bepalen.

Mogelijkheden

Gaten in data kunnen worden opgevuld door data uit een andere bron. Dit bevordert de dekking, nauwkeurigheid, betrouwbaarheid en tijdigheid van verkeersinformatie. Daarnaast kan het ook minder kosten met zich meebrengen omdat datafusie goedkoper is dan het bouwen van verschillende wegkantsystemen.

Voordelen, nadelen en onzekerheden

Momenteel is er volgens Logghe en Hoogendoorn (2015) nog geen *businessmodel* geschreven voor datafusie. Er is nog geen duidelijkheid over de keuze of de wegbeheerder de dienst datafusie wil inkopen (de gefuseerde data), of de techniek. Verder is – door het gebrek aan een *businessmodel* – nog geen systeemarchitectuur beschikbaar. Ook rust er ook nog enige onzekerheid op de kwaliteit van informatie van de nieuwe bronnen. Hierdoor kan gefuseerde data uiteindelijk minder accuraat worden. Tot slot is nog onduidelijk welke mate van kwaliteit nodig is.

3.4.3. Floating Car Data

Floating Car Data (FCD) betreft alle informatie die uit een rijdend voertuig gehaald kan worden. Welke informatie dit precies is, hangt af van de gekozen infrastructuur, het gekozen communicatiemiddel en de techniek in de auto zelf. Momenteel is het alleen mogelijk om locatie en snelheid van een voertuig te bepalen. In de literatuur wordt ook gesproken over *Probe Vehicle Data* (PVD). Het verschil tussen FCD en PVD ligt bij het feit dat FCD wordt gebruikt wanneer er op individueel voertuig niveau data wordt verkregen en PVD wanneer dit in coöperatieve *setting* gebeurt. Beide systemen hebben echter hetzelfde doel: informatie uit het voertuig verkrijgen.

Extended Floating Car Data (EFCD)

Naast de ‘gewone’ FCD die momenteel verkregen kan worden presenteerde Jeroen Brouwer de *Extended Floating Car Data* (EFCD). Met deze techniek kan in de toekomst een grote verscheidenheid aan data worden verkregen uit de auto. Dit zullen de eerder genoemde data, zoals het gebruik van de remmen of ABS, kunnen zijn, maar ook tot nog toe onbekende gegevens over de

Werking

Het verkrijgen van data uit een voertuig kan gebeuren met behulp van sensoren en camera's bij de auto. Dit maakt het mogelijk om bijvoorbeeld het gebruik van de remmen of afstand tot voorligger te bepalen. Momenteel is het echter alleen mogelijk om snelheid en locatie te bepalen met behulp van FCD door middel van CAM-berichten. Bij PVD is het interessant om ook onderlinge afstand tussen auto's te kunnen bepalen en congestiedetectiesystemen¹⁴ te implementeren.

Mogelijkheden

Door het verzenden van informatie over de snelheid naar de wegbeheerder hoeven dure technieken zoals meetlussen, tellussen en inductielussen op termijn niet meer te worden onderhouden. Het gevolg hiervan is dat dit een kostenbesparing kan opleveren voor de wegbeheerder en dat de verkregen data betrouwbaarder is omdat inductielussen storingsgevoelig zijn. *Extended Floating Car Data* is een opkomende techniek welke het in de toekomst mogelijk zou moeten maken om aanvullende informatie uit het voertuig te kunnen extraheren.

Voordelen, nadelen en onzekerheden

De mogelijkheden van FCD en EFCD zijn talrijk. Er zijn heel veel gegevens te verkrijgen uit de auto. Jeroen Brouwer gaf aan dat hij verwacht dat de EFCD snel uit de auto gehaald kan worden, omdat veel auto's al beschikken over de nodige sensoren, zoals parkeercamera's, regendetectors en wegbelijningherkenning.

Nadelen van FCD hebben betrekking op de vrijgeving van deze data. Niet alleen is de data privacy gevoelig, maar ook is het commercieel interessant om deze data te bezitten. Daarom zou het kunnen voorkomen dat autofabrikanten niet alle data vrij willen geven.

Tot slot is een aanvullende onzekerheid de mate van penetratie in de beginfase. Het is een veilige aanname dat in de eerste instantie bij de uitrol van de systemen vooral de duurdere auto's deze systemen aan boord hebben. Dit leidt tot onzuivere data omdat niet iedere gebruikersgroep vertegenwoordigd is. Hierdoor wordt bepaald rijgedrag meer vertegenwoordigd dan dat de situatie op de weg is.

3.5. ITS ontwikkelingen op het gebied van informatievoorziening

In dit hoofdstuk worden net als in 3.4 technieken gepresenteerd die mogelijk worden gemaakt door de infrastructuur van de communicatie (3.2.) en de soort communicatie (3.3.). De technieken die worden gepresenteerd zijn: *In Vehicle Information* (paragraaf 3.5.1.), VANET/ZIGBEE (paragraaf 3.5.2.) en Coöperatieve File Detectie (paragraaf 3.5.3.)

3.5.1. *In Vehicle Information (IVI)*

In Vehicle Information is een overkoepelende term voor het weergeven van informatie in de auto zelf. Dit kan door middel van een scherm in het dashboard, maar ook op bijvoorbeeld het navigatiesysteem.

Werking

IVI kan op verschillende manieren werken. Concreet komt het er op neer dat er informatie wordt verstrekt aan de bestuurder van een voertuig door middel van een scherm in de auto, of auditief via bijvoorbeeld de radio. Het verzenden van deze informatie kan op verschillende manieren waarvan de meest voor de hand liggende zijn besproken in paragraaf 3.3.

¹⁴ Momenteel wordt congestie gedetecteerd aan de hand van tellussen of SATNAV (TomTom). Met behulp van PVD kan een file gevalideerd worden doordat auto's onderling informatie uitwisselen en vergelijken. Zie ook paragraaf 3.5.3. Daarnaast gebeurt deze detectie sneller doordat er niet met een externe centrale gecommuniceerd hoeft te worden.

Mogelijkheden

Deze techniek kan gebruikt worden voor het informeren van de weggebruiker in de auto. Hierbij kan gedacht worden aan het verzenden van commerciële informatie over de nieuwste aanbiedingen bij de wegrestaurants of benzine stations. Niet alleen commerciële bedrijven kunnen met de bestuurder communiceren, ook de wegbeheerder kan relevante informatie naar de bestuurder sturen met bijvoorbeeld de actuele reisinformatie of weersgesteldheid. Ook Rijkswaterstaat heeft baat bij deze technologie. Jeroen Brouwer geeft aan dat autofabrikanten de mogelijkheden onderzoeken hoe ze deze techniek kunnen implementeren. Een vorm van IVI is *In vehicle Signage (IVS)*, waarmee verkeersborden in de auto kunnen worden weergegeven. Steenbakkers stelt in Kruisman (2014, p. 7) over de toekomst van IVS: "De reiziger ontving tot nu toe reis- en snelheidsadviezen collectief via verkeersborden langs de weg. We zitten nu in een transitie waarbij deze informatie binnen afzienbare tijd individueel en op maat in de auto wordt aangeboden. En niet door RWS, maar door de markt." Dit komt overeen met de stellingname van Jeroen Brouwer. Volvo heeft momenteel een dienst die op dit principe lijkt, al zijn de beschikbare borden gelimiteerd en kloppen deze niet altijd (Volvo, 2015).

Recent (mei 2015) is een proef gestart door Rijkswaterstaat met betrekking tot IVI. Hierbij worden inspectie auto's van Rijkswaterstaat gebruikt om via het mobiele netwerk *in-car* een waarschuwing te geven als de bestuurder een afgekruste rijstrook nadert schrijft Verkeerspro (2015).

Voor- en nadelen

Een voordeel van deze technologie is dat de bestuurder op de weg kan worden voorzien van de meest uiteenlopende informatie. Van aanbiedingen van wegrestaurants of andere commerciële partijen (hoewel onbekend of weggebruikers dit willen), tot het weergeven van verkeersborden in de auto. Het belangrijkste voordeel dat deze technologie meebrengt in het kader van verkeershinderperceptie is het kunnen uitleggen van de wegwerkzaamheden, waardoor er een grotere kans op begrip is van de weggebruikers en de hinderperceptie afneemt. Bovendien is dit een technologie die voor meer partijen interessant kan zijn, dit geeft een grotere kans van slagen. Het meest belangrijke nadeel van deze technologie is dat er een grote kans is op afleiding voor de bestuurder van het voertuig, hetgeen de verkeersveiligheid niet ten goede komt.

3.5.2. VANET/ZIGBEE

Het informeren van bestuurders over de situatie stroomopwaarts kan gebeuren door middel van VANET of ZIGBEE. Informatie over de wegconditie, weersgesteldheid, gebruik van ABS of remkracht kunnen V2V verzonden worden om de weggebruikers voor elkaar en de verkeerssituatie te waarschuwen waardoor ongelukken voorkomen kunnen worden door de vergroting van de tijd die de bestuurders hebben om te anticiperen op de situatie. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de onder 3.2.1. en 3.2.2. gepresenteerde infrastructuur om data transmissie mogelijk te maken. Een toepassing van VANET in de informatievoorziening is de *Road Works Warning (RWW)*. Dit is een technologie die momenteel bij de Coöperatieve ITS Corridor wordt ontworpen en getest om voertuigen te voorzien van accurate en tijdige waarschuwingen met betrekking tot wegwerkzaamheden. Voor aanvullende details wordt verwezen naar Bijlage B, paragraaf B.3.

3.5.3. Coöperatieve File Detectie (CFD)

Coöperatieve filedetectie is een technologie welke bestaat uit een *in-car* systeem dat het mogelijk maakt om – in tegenstelling tot huidige voorstellen- files coöperatief te detecteren en valideren aldus Yuan et al. (2014).

Werking

Coöperatieve file detectie geschiedt aan de hand van drie stappen:

- 1) Het voertuig aan het begin van de file (aan de kop) is verantwoordelijk voor het herkennen van de file. Deze zal een incomplete TCN¹⁵ opstellen.
- 2) Voertuigen in het midden van de file zullen deze incomplete TCN oppikken, beoordelen met behulp van vooraf geprogrammeerde software en grenswaarden en vervolgens doorsturen.
- 3) Aan het einde van de file zijn de voertuigen belast met het herkennen van de filestaart en kan de TCN afgemaakt worden en verstuurd worden naar de andere weggebruikers.
Deze TCN kan door middel van verschillende waarschuwningsniveau 's opkomende bestuurders waarschuwen. Echter is momenteel alleen theoretisch onderzoek gedaan naar de mogelijkheden.

Mogelijkheden

Coöperatieve file detectie maakt het mogelijk om – in tegenstelling tot huidige voorstellen – files coöperatief (*in-car*) te detecteren en valideren (Yuan et al., 2014).

Voordelen en nadelen

Het voordeel van deze technologie is dat het files in-situ kan herkennen en valideren. Dit betekent dat er een kleinere datastroom naar de verkeersinformatiedienst benodigd is. Hierdoor zal het netwerk minder belast worden. Een nadeel is dat de techniek een hoge penetratiegraad benodigd en idealiter gebruikt wordt in een VANET of ZIGBEE netwerk.

¹⁵ TCN: Traffic Congestion Notification. Dit bericht bevat informatie over de mate van congestie, wegtype, rijstrooknummer, locatie van het begin van de file, de locatie van het einde van de file en de tijd.

3.6. Conclusie

In deze afsluitende paragraaf wordt een overzicht gepresenteerd waarin per categorie (infrastructuur, datacommunicatie, datacollectie en informatievoorziening) een korte beschrijving wordt gegeven, alsmede de belangrijkste voor- en nadelen.

Tabel 2: Overzicht van innovaties met betrekking tot infrastructuur

Systeem	Beschrijving	Voordelen	Nadelen
VANET (3.2.1.)	Bestaat uit mobiele en vaste sensoren. Alle communicatie gaat naar een vast punt via een vast protocol	Snelle file-detectie, kleine databelasting	Hoge penetratiegraad benodigd, onzekerheden m.b.t. realisatie
ZIGBEE (3.2.2.)	Bestaat uit een statisch protocol en een dynamisch protocol. Real-time data routes worden in het dynamische protocol opgesteld	Goedkoop, laag energieverbruik, niet afhankelijk van één communicatieroute	Kan (nog) niet gebruikt worden voor real-time verkeersplanning en het is onduidelijk wat de gevolgen van file zijn op het netwerk. Hoge penetratiegraad benodigd
Mobiel Netwerk (3.2.3.)	Communicatie door zendmasten	Infrastructuur is al gereed, hoge penetratiegraad beschikbaar	Afhankelijkheid van service providers
VDS (3.2.4)	Het gebruik van een VRI om doorstroming bij een afgesloten rijstrook te verbeteren	Continue stroom aan auto's zorgt voor minder vertraging	Nog niet in praktijk getest waardoor er onzekerheid bestaat over effectiviteit. Mag (nog) niet bij wet

Tabel 3: Overzicht van innovaties met betrekking tot communicatie

Systeem	Beschrijving	Voordelen	Nadelen
WiFi-P (3.3.1.)	Communicatie door middel van een WiFi protocol	V2I en V2V communicatie wordt mogelijk waardoor er snellere en accuratere data uitwisseling mogelijk wordt	Bepaalde reikwijdte, veel onzekerheden
Doppler Frequency Shift (3.3.2.)	Gericht sturen van informatie naar de juiste doelgroep door middel van Doppler	Informatie wordt naar de juiste doelgroep verspreid	Aanvullend onderzoek benodigd
Cloud (3.3.3.)	Data communicatie geschiedt via de Cloud	Geen dataopslag op voertuig of infrastructuur waardoor een stabiele dataconnectie kan ontstaan	Aanvullend onderzoek benodigd
Mobiel Netwerk (3.3.4.)	Maakt gebruik van het 3G netwerk	Hoge penetratiegraad beschikbaar	Afhankelijkheid van serviceprovider

Tabel 4: Overzicht van innovaties met betrekking tot datacollectie

System	Beschrijving	Voordelen	Nadelen
SATNAV (3.4.1.)	CAM berichten door middel van SATNAV data	Hoge penetratiegraad beschikbaar	Datavertraging, beperkte nauwkeurigheid
Data fusie (3.4.2.)	Combineren van data uit verschillende bronnen maakt het mogelijk om volledige databestanden te creëren	Heel veel nieuwe datamogelijkheden om nauwkeurigheid en betrouwbaarheid te ontwikkelen	Anno 2015 nog geen Business model en geen systeemarchitectuur. Onzekerheid over nauwkeurigheid van informatie
(E)FCD (3.4.3.)	Data afkomstig uit auto's; alle mogelijk data is uit sensoren in de auto te halen	Heel veel nieuwe datamogelijkheden	Privacy gevoelig, evt. beperking vanuit automobielandustrie

Tabel 5: Overzicht van Innovaties met betrekking tot informatievoorziening

System	Beschrijving	Voordelen	Nadelen
IVI (3.5.1.)	Weergeven van verkeersborden en andere informatie in de auto	Vermindering onderhoudskosten, individuele reisinformatie	Alleen wanneer iedereen het systeem in de auto heeft kunnen de borden vervangen worden
VANET/ ZIGBEE (V2V) (3.5.2.)	V2V informeren wat er bovenstreams van de voertuiglocatie gebeurt	Verhoging van de verkeersveiligheid, commerciële doeleinden	Alleen effectief bij hoge penetratiegraad, welke er nog niet is
CFD (3.5.3.)	Filedetectie door middel van V2V validatie	Hogere betrouwbaarheid van filemeldingen	Louter theoretisch onderzoek gedaan

4. Mogelijkheden ITS in beperking hinderperceptie

Dit hoofdstuk geeft antwoord op de derde deelvraag: “Welke mogelijkheden bieden concepten uit deelvraag twee in het beperken van verkeershinderperceptie tijdens wegwerkzaamheden?”. Het hoofdstuk, en daarmee de beantwoording van de derde deelvraag, bestaat uit drie kernelementen. Allereerst zal worden bepaald waar de effectiviteit van ITS van afhangt (paragraaf 4.1.). Hierbij wordt een korte terugblik geworpen op hoofdstuk 2, op wat het systeem moet bereiken (paragraaf 4.1.1.). Vervolgens wordt in paragraaf 4.1.2. een opsomming van aanvullende richtlijnen gepresenteerd. Deze worden in paragraaf 4.2. opgenomen als eisen en doelen. Daarna wordt in paragraaf 4.3. aan de hand van de eisen en doelen zoals gepresenteerd in paragraaf 4.2., de geschiktheid van de in hoofdstuk 3 opgesomde ITS bepaald. Opvolgend is paragraaf 4.4., waarin aan de hand van een interview met Mirelle van der Beek – Van Kol, omgevingscoördinator bij Heijmans, bepaald is of er systemen zijn die meer aandacht verdienen of juist geen effect zullen hebben. Het resultaat van dit hoofdstuk is een shortlist van vijf technieken die mogelijk interessant zijn voor Heijmans en waaruit een keuze kan worden gemaakt in hoofdstuk 5.

4.1. Richtlijnen voor de voorspelling van effectiviteit van ITS

Deze paragraaf biedt eerst een terugblik op hoofdstuk 2 en de bevindingen daaruit. Er is immers bepaald waar ITS zich op moet richten om de beperking hinderperceptie te bewerkstelligen. Vervolgens wordt kort stilgestaan bij andere factoren die invloed hebben op een succesvolle implementatie van ITS (paragraaf 4.1.2.).

4.1.1. Conclusies uit de psychologische analyse

De beperking van hinder kan op twee manieren gebeuren. De eerste manier is om de omgevingsstressor weg te nemen en de tweede manier is om de weggebruiker te ondersteunen in zijn/haar omgang (het cognitieve proces) met deze stressor, zie ook Figuur 6, pagina 17.

Resultaten met betrekking tot de beperking van omgevingsstressoren

ITS met als doel de beperking van omgevingsstressoren dienen gericht te zijn op:

- de beperking van congestie;
- de beperking van vertragingstijd;
- de beperking van rijtaak belastende situaties

Resultaten ten behoeve van de bevordering van de stressverwerking

ITS met als doel de bevordering van de stressverwerking dienen gericht te zijn op:

- het geven van controle aan de individuen;
- het voorkomen van onduidelijke en dubbelzinnige situaties;
- het voorkomen van onzekere situaties;
- Informatievoorziening met betrekking tot reistijdvoorspelling;
- Het bewustmaken van eigen krachten

4.1.2. Aanvullende richtlijnen voor de succesvolle implementatie van ITS

Als systemen in theorie kunnen bijdragen in de beperking van hinderperceptie, hoeft dit niet in te houden dat dit in praktijk ook zo is. Zo zullen bijvoorbeeld systemen die ongebruiksvriendelijk zijn, juist leiden tot meer irritatie.

In een rapport van Kroon, Sluijsmans, De Jong, Van der Kolk, en Van Buuren (2015) is een reeks *In-Car ITS* innovaties geanalyseerd op het vlak van *Human Machine Interactions (HMI)*, invloed op gebruikersgedrag en invloed op verkeersgedrag. Op basis van dit onderzoek zijn aanbevelingen geschreven die het succes van ITS kunnen bevorderen.

Om de ITS implementatie soepel te laten verlopen adviseren Kroon et al. (2015) om:

- afleiding door het systeem zo veel mogelijk te beperken;
- een afstemming met andere *In-Car* systemen te bewerkstelligen zodat er geen tegenstrijdige informatie wordt verschaft
- te zorgen voor een hoge betrouwbaarheid van het systeem. Dit is "essentieel voor een geslaagde applicatie." (Kroon et al., 2015, p. 13).
- voordat het systeem op de markt wordt gebracht, nieuwe gebruikers aanvullende en betrouwbare informatie te verschaffen over het te gebruiken systeem. Dit voorkomt dat het systeem tot verhoogde rijtaakbelasting leidt.
- Een uitvoerige evaluatie te houden zodra het systeem op de markt is. Dit zou de ontwikkeling van het systeem bevorderen en positieve gevolgen hebben op het opvolgedrag en het effect van het systeem.
- Te zorgen voor een brede acceptatie van het te gebruiken systeem. Belangrijke factoren die acceptatie blijken te beïnvloeden zijn: 1) diffusie (wanneer een ander het heeft, ben ik bereid het te accepteren), 2) bruikbaarheid van het systeem en 3) tevredenheid met het systeem (onder andere het nut).

Pauzie (2006) stelt verder dat *In-Car* systemen intuïtief dienen te werken, begrijpelijk zonder uitleg moeten zijn en niet te rijtaak belastend. Timmermans (2015) stelt dat weggebruikers streven naar een zo een laag mogelijke mentale inspanning.

Het is goed om op te merken dat de houding van de meerderheid van de Nederlanders ten opzichte van *Connected Mobility* overwegend positief is (Kroon et al., 2015). Dit betekent dat wanneer een ITS met betrekking tot *Connected Mobility* geïntroduceerd wordt, de acceptatie van een systeem sneller op zal treden.¹⁶ Voornamelijk reistijd en verkeersveiligheid gerelateerde applicaties worden het meest nuttig geacht.

Uit een onderzoek van Farah et al. (2012), waarin 35 proefpersonen met en zonder coöperatieve diensten¹⁷ moesten rijden, is gebleken dat bij de bestuurders mét coöperatieve diensten deze diensten een positieve uitwerking hadden op de snelheid (lager), volgafstand (groter) en het stressniveau van de proefpersonen (lager). Daarnaast blijken deze proefpersonen de gebruikte systemen zelf te willen gebruiken waaruit geconcludeerd is dat de systemen geaccepteerd worden. De gebruikte diensten zijn gebaseerd op de VANET infrastructuur voor communicatie.

De betrouwbaarheid van de verstrekte informatie is zeer belangrijk bij succesvolle implementatie. Om dit te bereiken is betrouwbare, nauwkeurige en actuele datacollectie noodzakelijk. Zie voor de mogelijkheden paragraaf 3.4. (pagina 32).

¹⁶ Opgemerkt dient te worden dat ondanks de acceptatie van een systeem aanwezig is, dit niet in hoeft te houden dat het advies dat een systeem presenteert, daadwerkelijk opgevolgd wordt. Dit heeft onder andere te maken met het feit dat veel automobilisten routinematig rijden. Ook speelt de (on)betrouwbaarheid van een systeem hierin een rol. Wanneer een systeem onbetrouwbaar blijkt, kan het systeem toch geaccepteerd zijn, terwijl het advies niet wordt opgevolgd.

¹⁷ Veiligheid gerelateerde systemen met als doel de algehele veiligheid te vergroten alsmede het mogelijk maken van coöperatieve verkeersmanagement

Over het algemeen kan gesteld worden dat reisinformatie (informatie met betrekking tot de actuele situatie op de weg) met name gebruikt en opgevolgd wordt door niet-forenzen. Anttila, Penttinen, Luoma, en Nurmela (2006) stellen dat forenzen weinig waarde hechten aan informatie met betrekking tot dagelijkse trips. Dit vindt zijn oorsprong in het gewoontegedrag van de mensen stelt Timmermans (2015). Uit een onderzoek van Rämä (2006) is echter gebleken dat automobilisten in Finland die niet over een vaste route rijden wel veel waarde hechten aan het ontvangen van informatie over de weg- en weersconditie via de telefoon. Dit dient bij voorkeur via pushberichten¹⁸ te gebeuren. De locatie van de weggebruikers kan worden bepaald door middel van het telefoonsignaal waardoor er alleen relevante informatie aan de gebruiker wordt verschaft. Verder claimen Anttila et al. (2006) dat mensen die in een onbekend gebied moeten rijden ook veel waarde hechten aan route informatie. Al moet daar volgens hen bij gezegd worden dat mensen niet overtuigd zijn van de kosten/baten verhouding van persoonlijke navigatiesystemen. Ook onderzoek van de Moraes Ramos (2015) laat zien dat reisinformatie interessant is en het routegedrag van weggebruikers kan beïnvloeden. Zij stelt dat een voorwaarde hiervan is dat de informatie gedetailleerd moet zijn en op het juiste moment verstrekt dient te worden. Volgens haar hebben de weggebruikers het meeste baat bij reisinformatie voorafgaand aan de reis. De kanttekening die zij er bij plaatst, is dat wederom de forenzen geen voordelen zien in reisinformatie met betrekking tot de actuele situatie op de weg.

Tot slot stellen Harms, Lambers, en Westerman (2013) alsmede Dicke-Ogenia en Birnie (2015) dat communicatie met als doel gedrag beïnvloeden pas kans van slagen heeft als aan vier voorwaarden wordt voldaan: de gebruiker moet de boodschap waarnemen, begrijpen, kunnen en willen uitvoeren.

4.2. Overzicht van eisen en doelen aan ITS ten behoeve van de beperking van hinderperceptie

In deze paragraaf wordt een drietal tabellen gepresenteerd om zodoende een overzicht te creëren van welke systemen aan welke doelen en eisen voldoen (paragraaf 4.3.). Dit gebeurt aan de hand van drie tabellen waarbij iedere tabel een ander hoofddoel heeft. In paragraaf 4.1.1. is bepaald dat ITS, om hinderperceptie te voorkomen, gericht moeten zijn op het beperken van de omgevingshinder en het bevorderen van de verwerking van stressoren. Daarnaast is een aanvullend doel het verzamelen van betrouwbare data (zie paragraaf 4.1.2.). De drie hoofddoelen luiden dan ook:

- 1) het voorkomen van omgevingshinder (Tabel 6);
- 2) het bevorderen van stressverwerking (Tabel 7) en
- 3) het verzamelen van data (Tabel 8)

Om te kunnen bepalen welke systemen aan welke doelen en eisen voldoen, is eerst een formulering van eisen en doelen benodigd. De eisen aan het systeem komen vanuit Heijmans of zijn opgesteld op basis van aanbevelingen om de kans op succesvolle implementatie te vergroten (zie paragraaf 4.1.2.). Bij de doelen van het systeem zijn de functiedoelen opgenomen (wat zouden de systemen moeten kunnen?). De herkomst van deze doelen is tussen haakjes opgenomen in het volgende format ([paragraafnummer], [paginanummer]).

¹⁸ Een pushbericht is een bericht dat direct op de telefoon aankomt zonder dat hiervoor een app geopend hoeft te worden of de telefoon ontgrendeld hoeft te worden. Dit is vergelijkbaar met bijvoorbeeld een notificatie wanneer een sms'je binnenkomt.

Tabel 6: Eisen aan en doelen van ITS ten behoeve van de voorkoming van omgevingshinder

Eisen aan het systeem t.b.v. de voorkoming van omgevingshinder		Doel van het systeem	
E1.1	Het systeem mag niet afleidend zijn voor de weggebruiker (4.1.2., 41)	D1.1	Congestie verlagen (2.4.1., 21)
E1.2	De techniek moet op korte termijn bruikbaar zijn (0-5 jaar) (Heijmans)	D1.2	Vertragingstijd verlagen ¹⁹ (2.4.1., 21)
E1.3	De techniek moet inpasbaar rondom het werkvak zijn ²⁰ (Heijmans)	D1.3	Rijtaakbelasting beperken (2.4.1., 21)
E1.4	De techniek moet betrouwbaar zijn op korte termijn (Heijmans)		

Tabel 7: Eisen aan en doelen van ITS ten behoeve van de verwerking van stressoren

Eisen aan het systeem t.b.v. de verwerking van stressoren		Doelen van het systeem	
E2.1	Het systeem mag niet afleidend zijn voor de weggebruiker (4.1.2., 41)	D2.1	Het systeem kan de gebruiker ondersteunen bij rijtaak belastende situaties (2.4.2., 21)
E2.2	Het systeem moet op korte termijn bruikbaar zijn (0-5 jaar) (Heijmans)	D2.2	Het geven van (de notie van) controle over de situatie aan de weggebruiker (2.4.2., 21)
E2.3	De techniek moet betrouwbaar zijn op korte termijn (Heijmans)	D2.3	Het voorkomen van onduidelijke en dubbelzinnige situaties (2.4.2., 21)
		D2.4	Het voorkomen van onzekere situaties (2.4.2., 21)
		D2.5	Het kunnen geven van nauwkeurige data met betrekking tot reistijd (2.4.2., 21)
		D2.6	De gebruiker bewustmaken van zijn eigen capaciteiten om de situatie te verwerken (2.4.2., 21)
		D2.7	Het kunnen bieden van aanvullende informatie over de wegwerkzaamheden om het begrip van de weggebruiker te bewerkstelligen (2.4.2., 21)

Tabel 8: Eisen aan en doelen van het systeem ten behoeve van datacollectie

Eisen aan het systeem t.b.v. datacollectie		Doel van het systeem	
E3.1	De weggebruiker mag niet worden belast met het systeem (4.1.2., 41)	D3.1	Informatie inwinnen over snelheid en locatie van het voertuig (3, 22)
E3.2	De techniek moet op korte termijn bruikbaar zijn (Heijmans)	D3.2	Informatie inwinnen over de staat van de weg (3, 22)
E3.3	De techniek moet inpasbaar rondom het werkvak zijn (Heijmans)	D3.3	Informatie inwinnen met betrekking tot verkeersintensiteit (3, 22)
E3.4	De techniek moet betrouwbaar zijn op korte termijn (Heijmans)		

¹⁹ Hoewel onderdeel van de verlaging van vertragingstijd het verlagen van congestie is, is er voor gekozen om deze allebei apart op te nemen. Dit vanwege het feit dat het een doel op zich is om de congestie te verlagen omdat dit de grootste bron van vertraging is, en daardoor hinder veroorzaakt. Andere oorzaken van vertraging zijn onder andere lange omrijdroutes of de beperking van de maximale snelheid.

²⁰ Het moet mogelijk zijn om de techniek alleen te gebruiken rondom het werkvak om specifieke gebruikers rondom het werkvak te kunnen bereiken.

4.3. Potentieel kansrijke ITS

Op basis van de in paragraaf 4.2 besproken eisen en doelen wordt in deze paragraaf getoetst of de in hoofdstuk 3 besproken ITS innovaties voldoen aan de eisen en doelen om de beperking van hinderbeleving te bewerkstelligen. Belangrijk om op te merken is dat in iedere toetsingstabel (Tabel 9 – Tabel 11) alleen de technieken zijn opgenomen die relevant zijn met betrekking tot het hoofddoel. Indien het onbekend is of een bepaalde techniek kan voldoen aan een bepaalde eis of doel, wordt dit in de tabel ingevuld met een vraagteken.

Tabel 9: Toetsing ITS aan de hand van hoofddoel 1

	Eisen				Doelen			Legenda	
	E1.1	E1.2	E1.3	E1.4	D1.1	D1.2	D1.3		
VANET	X		X		X	X	X	X	Voldoet
ZIGBEE	X		X		X	X	X	X	(nog) onbekend
VDS	X	X	X	?	X	X	X	X	Voldoet niet
IVI	?	X	X	X	x	x	X	X	Nvt
CFD	X				X	X			

Tabel 10: Toetsing ITS aan de hand van hoofddoel 2

	Eisen				Doelen							
	E2.1	E2.2	E2.3	E2.3	D2.1	D2.2	D2.3	D2.4	D2.5	D2.6	D2.7	
VANET	X				X	X	X	X	X	X	X	X
ZIGBEE	X				X	X	X	X	X	X	X	X
Mobiele Netwerk	?	X	X	X	X				X			
IVI	?	X	X	X	X		X	X	X	x	X	X
CFD	X					X			X			

Tabel 11: Toetsing ITS aan de hand van hoofddoel 3

	Eisen				Doelen		
	E3.1	E3.2	E3.3	E3.4	D3.1	D3.2	D3.3
VANET	X		X		X		X
ZIGBEE	X		X		X		X
Mobiele Netwerk	X	X	Nvt	X	X		X
GPS	X	X	Nvt	X	X		X
Data fusie	X	X	Nvt	X	X	X	X
(E)FCD	X	X	Nvt	X	X	X	X
CFD	X		Nvt				X

Op basis van deze tabellen (Tabel 9, Tabel 10 en Tabel 11) valt te concluderen dat op korte termijn vooral het gebruik van een VDS effectief kan zijn bij het beperken van verkeershinderperceptie. Deze techniek maakt het mogelijk om de voornaamste omgevingsstressor (congestie) aan te pakken om zo de hinderperceptie tijdens wegwerkzaamheden af te laten nemen. Desalniettemin dient er nog uitvoerig onderzoek gedaan te worden naar werkelijke effectiviteit van deze techniek. Het is onbekend hoe mensen reageren op een 'verkeerslicht-achtige constructie' op de snelweg. Het is mogelijk dat deze techniek in de beginfase tot meer stress leidt. Een goede voorlichting over de gebruikte techniek aan de weggebruikers zou echter eventuele onduidelijkheden weg kunnen nemen.

Hoewel VANET en ZIGBEE niet voldoen aan de eisen met betrekking tot de periode waarbinnen deze kunnen werken, zijn deze technieken zeker interessant om in de gaten te houden omdat deze ook omgevingsfactoren van verkeershinderperceptie kunnen beperken. Het voornaamste doel van IVI in het kader van omgevingsstressoren is het beperken van de rijtaakbelasting.

Als er gekeken wordt naar Tabel 10, kan worden geconcludeerd dat om de stressverwerking te bevorderen, vooral VANET, ZIGBEE en IVI interessant zijn om in de gaten te houden daar deze de meeste doelen kunnen dekken. Gebruik van het mobiele netwerk kan een uitkomst bieden wanneer op zeer korte termijn maatregelen getroffen moeten worden om verkeershinderperceptie te beperken.

In Tabel 11 valt op dat de (E)FCD zeer interessant is om data mee te verzamelen. Niet alleen dekt deze alle doelen tegelijk, het is ook relatief snel haalbaar om deze techniek toe te passen (zie paragraaf 3.4.3., pagina 34). Ook datafusie is een technologie die uitkomst kan bieden om betrouwbare informatie te vergaren.

Omdat de betrouwbaarheid van het systeem een van de belangrijkste factoren is om de implementatie succesvol te maken (zie paragraaf 4.1.2.), moet er rekening worden gehouden met de tijd die VANET en ZIGBEE onder andere nodig hebben om verder te ontwikkelen totdat het een betrouwbaar systeem vormt. Omdat ZIGBEE meerdere datapaden kan gebruiken (zie paragraaf 3.2.2., pagina 25 en Figuur 8, pagina 26) mag worden aangenomen deze technologie minder storingsgevoelig is en dus betrouwbaarder. Daarom gaat de voorkeur uit voor het gebruik van ZIGBEE, meer dan VANET.

Samenvattend zijn de volgende technieken interessant en kansrijk om de verkeershinderperceptie tijdens wegwerkzaamheden op de rijkswegen te beperken, bepaald uit de toetsing van de eisen en doelen:

- VDS
- ZIGBEE
- IVI
- (E)FCD
- Datafusie

4.4. Interview met een omgevingscoördinator van Heijmans

Het interview dat in deze paragraaf wordt gepresenteerd is afgenomen bij Mirelle van der Beek – Van Kol. Zij is omgevingscoördinator bij Heijmans en beheert het klachtenregister tijdens een project. Het project dat met haar is besproken is de wegverbreding van de A2 tussen Den Bosch en Eindhoven. Daarnaast heeft zij op basis van haar ervaringen bij andere projecten een aantal tips gegeven welke systemen kansrijk zijn om hinderperceptie te beperken. Een uitgebreide samenvatting van dit interview is opgenomen in bijlage B.4., pagina 70.

Mirelle geeft aan dat met behulp van betere informatievoorziening de perceptie van hinder beperkt kan worden. Wanneer de gebruiker meer kennis heeft van wat er gebeurt, waarom het gebeurt en waarom hij er baat bij heeft dat het gebeurt, zal deze de hinder sneller accepteren. Ook moet er rekening gehouden worden met het feit dat de weggebruiker koppig is en door zal rijden "tot aan het hek". Het belangrijkste dat Mirelle mee wil geven is dat wanneer informatie die verstrekt wordt niet betrouwbaar is, deze informatie beter niet verstrekt kan worden. Dit tast namelijk de geloofwaardigheid van informatievoorziening in de toekomst ook aan. Betrouwbare en nauwkeurige datacollectie is daarom zeer belangrijk.

4.5. Conclusie

Op basis van het interview met Mirelle van der Beek - van Kol blijkt het niet nodig om de lijst met kansrijke ITS aan te passen. Dit betekent dat in het volgende hoofdstuk deze technieken zullen worden gebruikt om te bepalen wat de meest kansrijke systemen zijn voor Heijmans:

- VRI
- ZIGBEE
- IVI
- (E)FCD
- Datafusie

5. Veelbelovende systemen voor Heijmans

In dit hoofdstuk worden de in hoofdstuk 4 gekozen ITS in een multicriteria analyse (MCA) geplaatst. De criteria zijn in samenwerking met Matthias van Gameren (Project Adviseur) en Peter Veeke (Raadgevend Adviseur) opgesteld om zodoende de aanbeveling nog meer op de eisen en wensen van Heijmans af te stemmen. Dit hoofdstuk is als volgt opgebouwd: allereerst zal de methodiek van de afweging worden toegelicht. Vervolgens zullen de criteria worden toegelicht, waarna er stil wordt gestaan bij het toekennen van de weging. Vervolgens zal de MCA worden ingevuld. Het resultaat van dit hoofdstuk is een rangschikking van de vijf gekozen ITS uit het vorige hoofdstuk waarop de uiteindelijke conclusie en aanbeveling is gebaseerd.

5.1. Methodiek van de afweging

Om de afweging zo objectief mogelijk te laten plaatsvinden is er gekozen voor een multicriteria analyse. Deze methode maakt het mogelijk om de criteria die worden gebruikt voor de afweging los van de gekozen ITS op te stellen, waardoor de afweging objectiever wordt. Om de criteria op te stellen heeft een bespreking plaatsgevonden waarin een brainstormsessie is gehouden. Binnen deze brainstormsessie werd begonnen met het opnoemen van criteria die voor Heijmans belangrijk zijn bij het bepalen van de kansen van een ITS voor het bedrijf. Dit resulteerde in een lijst van 14 criteria (Bijlage C). De 14 criteria zijn vervolgens nogmaals kritisch beschouwd, waarbij criteria zijn weggestreept die veel overlap hadden met andere criteria (causale relatie) en criteria die minder relevant zijn voor het perspectief van Heijmans in deze MCA. Dit perspectief is:

Heijmans wil winstgevend zijn door projecten met een onderscheidende aanpak aan klanten aan te bieden

Dit heeft uiteindelijk geresulteerd in een lijst van zes criteria die zijn opgenomen in de MCA.

De weging van elk van de zes criteria is vervolgens bepaald door de criteria onderling een op een tegen elkaar af te wegen en te bepalen welke van de twee criteria belangrijker is. Dit is wederom samen met Peter Veeke en Matthias van Gameren gedaan.

Bij het invullen van de MCA is gekozen voor een systeem waarbij er gekozen kan worden uit ++ (scoort heel goed), +, +/-, - en -- (scoort heel slecht). Omdat de toekenning van scores over het algemeen een subjectief proces is, is er voor gekozen om dit zo objectief mogelijk te maken. Dit is gedaan door het gebruik van een beoordelingsmodel per criteria. Dit model is opgenomen in Bijlage D. Vervolgens is aan ieder symbool een waarde toegekend, waarbij ++ gelijk is aan 1, en -- gelijk aan 0. Deze getallen zijn vervolgens vermenigvuldigd met de weging van het criterium. Voor een techniek die minimaal scoort op een bepaald criterium, zal dus niet scoren op dat criterium. Tot slot zijn alle scores bij elkaar opgeteld, resulterende in een score van tussen de 0 en 100, waarbij 100 het hoogst haalbare is.

5.2. Toelichting op de gekozen criteria

De criteria zoals opgenomen in de MCA zijn: effectiviteit, prijs, maakbaarheid en uitvoerbaarheid, duur van onderscheidenheid, betrouwbaarheid en overdraagbaarheid. Deze zes criteria zullen in deze paragraaf worden toegelicht.

Effectiviteit

Bij het criterium 'effectiviteit' wordt de mate waarin een techniek effectief is beoordeeld. Onder deze effectiviteit wordt verstaan: de potentiële mogelijkheden die de technieken kunnen bieden in het beperken van verkeershinderperceptie tijdens wegwerkzaamheden. Omdat momenteel nog niet kwantitatief onderbouwd kan worden wat de effectiviteit van de systemen zal zijn, geeft dit criterium alleen weer of een systeem effectief kan zijn aan de hand

van de in paragraaf 4.2. opgestelde doelen. Tevens is effectiviteit een randvoorwaarde. Als een systeem niet effectief is, zal deze logischerwijs niet geïmplementeerd worden. Dit criterium geeft alleen weer of een systeem effectief kan zijn aan de hand van de in paragraaf 4.2. opgestelde doelen.

Prijs

Prijs is een criterium dat in bijna iedere MCA een rol speelt. De keuze om dit criterium op te nemen in de MCA werd bepaald door het feit dat wanneer een systeem een kosten/baten verhouding heeft die kleiner is dan 1, deze techniek vaak niet rendabel zal zijn om toe te passen. Ook bij dit criterium geldt dat er geen harde cijfers zijn om te bepalen of een techniek duur zal worden of niet. Op basis van logica kan de conclusie getrokken worden dat een systeem dat een grote infrastructurele aanpassing benodigt, duurder zal zijn dan een systeem dat gebruik kan maken van de huidige infrastructuur. Er zal gekeken worden naar het absolute onderlinge verschil, waar op beoordeeld zal worden

Maakbaarheid en uitvoerbaarheid

Bij dit criterium ligt de nadruk op de complexiteit van de implementatie. Een systeem dat voor Heijmans interessant is, moet simpel van aard zijn (in ieder geval maakbaar) en moet uitvoerbaar zijn in de praktijk. Dit betekent onder andere dat de implementatie niet afhankelijk moet zijn van de medewerking van derden (zoals ter beschikking stelling van grond).

Duur van onderscheidenheid

Heijmans NV is een beursgenoteerd bedrijf en net als ieder ander bedrijf dient het winst te maken. Heijmans neemt werk aan door winnende aanbiedingen te doen op tenders (vaak op basis van EMVI gunning). Het gebruik van ITS om hinderperceptie tijdens wegwerkzaamheden te beperken is een middel om onderscheidend te zijn tijdens de tenderfase en om bij EMVI gunning beter te kunnen scoren op bijvoorbeeld meerwaarde. Het is echter zo dat een techniek niet altijd innovatief zal blijven. Kopieën zullen worden gemaakt waardoor de techniek en de effecten daarvan op den duur niet meer als meerwaarde zullen worden gezien maar als norm. Op deze manier raakt Heijmans haar voorsprong kwijt. Hoe langer het echter duurt totdat de concurrentie ook beschikt over de technieken, des te voordeliger is het voor Heijmans. In dit criterium zal hierop beoordeeld worden en dus bekeken worden in welke mate het een toegankelijke innovatie betreft (makkelijk te kopiëren en implementeren) of niet. De startdatum voor de duur van onderscheidenheid is vastgesteld op het moment dat de innovatie voor het eerst geïmplementeerd wordt bij een project.

Betrouwbaarheid

Betrouwbaarheid is, zoals al meerdere keren betoogd, een zeer belangrijk concept om succes van de technologie te voorspellen. Niet alleen resulteert een onbetrouwbaar systeem in een lage mate van vertrouwen en een slechte acceptatie van het systeem van de gebruiker, ook voor Heijmans biedt een onbetrouwbaar systeem weinig kansen. Wanneer een systeem onbetrouwbaar blijkt, heeft dit gevolgen voor de datacollectie (slechte data) hetgeen kan leiden tot verkeerde verkeersmaatregelen of foutieve informatieverstrekking. Daarnaast brengt matige betrouwbaarheid van de effectiviteit van het systeem het lastiger om beloften tijdens de aanbesteding waar te maken, hetgeen kan leiden tot boetes waardoor de winstgevendheid in het geding kan raken.

Overdraagbaarheid

Heijmans werkt aan uiteenlopende projecten met elk hun eigen kenmerken en uitdagingen. Het gevolg hiervan is dat geen enkel project hetzelfde is. Als een systeem met minimale aanpassingen gebruikt kan worden bij verschillende projecten, is deze voor Heijmans waardevoller dan een systeem waarbij dat niet mogelijk is.

5.3. Bepaling van de weging van de criteria

De weging is bepaald aan de hand van een keuzemodel. Voor ieder criterium is bepaald welke van twee criteria belangrijker is. Op deze manier ontstaat een rangorde van gewichtigheid. De wegingsfactoren zijn bepaald door voor ieder criterium de volgende berekening te maken:

Vergelijking 1: Formule voor de bepaling van de wegingsfactor per criterium

$$\text{Wegingsfactor} = \frac{100\%}{6 (\text{aantal criteria})} + ax - bx$$

Met:

- a = aantal keer dat een criterium is vastgesteld als zijnde belangrijker
- $x = \frac{100\% - 6(\text{aantal criteria}) - 5\% (\text{minimale waarde})}{5 (\text{aantal afwegingen})}$
- b = aantal keer dat een criterium is vastgesteld als zijnde minder belangrijk

Voorbeeldberekening:

Ter illustratie wordt gebruik gemaakt van criterium E.

a = 3 (belangrijker dan B, D en F)

$$x = \frac{100\% / 6 - 5\%}{5} = \frac{11,667}{5} = 2.333\%$$

b = 2 (minder belangrijk dan A en C)

$$\text{wegingsfactor} = \frac{100\%}{6} + 3 \times 2.333\% - 2 \times 2.333\% = 16.667 + 7.0 - 4.667 = 19\%$$

De ingevulde wegingstabel is opgenomen onder Tabel 12.

Tabel 12: Bepaling van weging van de criteria in de MCA

Criteria	A	B	C	D	E	F	Wegingsfactor
A Effectiviteit		A is belangrijker	C is belangrijker	A is belangrijker	A is belangrijker	A is belangrijker	24%
B Prijs			C is belangrijker	D is belangrijker	E is belangrijker	F is belangrijker	5%
C Maakbaarheid en uitvoerbaarheid				C is belangrijker	C is belangrijker	C is belangrijker	29%
D Duur van onderscheidenheid					E is belangrijker	D is belangrijker	14%
E Betrouwbaarheid						E is belangrijker	19%
F Overdraagbaarheid							10%

5.4. Invullen van de MCA

Nu de verschillende criteria en de weging bepaald zijn, kan worden aangevangen met het uitvoeren van de MCA. Deze paragraaf is als volgt ingericht: in Tabel 13 is de MCA ingevuld met symboluscores. Deze scoretoekenning wordt uitgebreid uiteengezet in Bijlage D en Bijlage E. Vervolgens worden in Tabel 14 en Tabel 15 respectievelijk de vermenigvuldigingsfactoren en de maximaal haalbare score per criterium gepresenteerd. Tabel 16 is vervolgens ingevuld door de symbolen van Tabel 13 te vervangen door de bijhorende vermenigvuldigingsfactoren en deze te vermenigvuldigen met de in Tabel 15 opgenomen maximale scores. Het resultaat hiervan is de ingevulde MCA met daarin de eindscores van de verschillende innovaties op een schaal van 0-100, afgerond op gehele getallen.

Tabel 13: MCA met symboluscore toekenning

	VDS	ZIGBEE	VDS	(E)FCD	Datafusie
Effectiviteit	+/-	++	+	-	-
Prijs	-	+/-	++	--	+
Maakbaarheid en uitvoerbaarheid	++	--	++	++	--
Duur van onderscheidendheid	--	-	--	-	--
Betrouwbaarheid	+/-	+/-	+/-	+/-	--
Overdraagbaarheid	++	++	++	+	++

Tabel 14: Omreken tabel symboluscore naar numerieke vermenigvuldigingsfactor

Score	Numerieke vermenigvuldigingsfactor
--	0,00
-	0,25
+/-	0,50
+	0,75
++	1,00

Tabel 15: Overzicht van de maximale score (weging) per categorie

Criterium	weging
Effectiviteit	24
Prijs	5
Maakbaarheid en uitvoerbaarheid	29
Duur van onderscheidenheid	14
Betrouwbaarheid	19
Overdraagbaarheid	10

Tabel 16: Numerieke scoretoekenning aan de verschillende ITS innovaties

	VDS	ZIGBEE	IVI	(E)FCD	Datafusie
Effectiviteit	12	24	18	6	6
Prijs	1,25	2,5	5	0	3,75
Maakbaarheid en uitvoerbaarheid	29	0	29	29	0
Duur van onderscheidendheid	0	3,5	0	3,5	0
Betrouwbaarheid	9,5	9,5	9,5	9,5	0
Overdraagbaarheid	10	10	10	7,5	10
Totaal	62	50	72	50	20

5.5. Conclusie

De conclusie en daarmee de beantwoording van de vierde deelvraag: “Welke ontwikkelingen zoals beschreven in het antwoord op deelvraag 3 zijn het meest kansrijk voor Heijmans?” is dat de IVI systemen het meest kansrijk zijn voor de beperking van verkeershinderbeleving tijdens wegwerkzaamheden voor Heijmans. Hoewel deze techniek geen punten scoort op de duur van onderscheidenheid, scoort deze technologie hoog op de maakbaarheid en uitvoerbaarheid, effectiviteit en betrouwbaarheid. Daarnaast is de VDS goed voor een tweede plek, en verschilt ten opzicht van de IVI alleen qua prijs en effectiviteit (De VDS is voor minder doelen geschikt). Datafusie is een techniek die minder goed presteert dan verwacht, deze blijkt niet interessant voor Heijmans. ZIGBEE verliest vooral punten op maakbaarheid en uitvoerbaarheid, terwijl (E)FCD vooral punten laat liggen bij de effectiviteit.

Algemene Conclusie

Doordat er steeds meer voertuigen op de Nederlandse Rijkswegen rijden, zijn er vaker wegwerkzaamheden om de weg te verbreden of om onderhoud te plegen. Het gevolg hiervan is dat er hinder optreedt voor de weggebruiker. Rijkswaterstaat wilt als publieksgerichte netwerkmanager de klanttevredenheid zo hoog mogelijk houden. Dit uit zich in de nadruk op de beperking van (ervaren) hinder tijdens de werkzaamheden bij EMVI-gunning. Als aannemer ziet Heijmans hier kansen. De verwachting van Heijmans is dat verkeershinderperceptie (ervaren hinder) tijdens wegwerkzaamheden beperkt kan worden door middel van *Intelligent Transport Systems* (ITS).

In dit onderzoeksrapport is onderzocht welke *Intelligent Transport Systems* (ITS) een rol kunnen spelen in de beperking van hinderperceptie tijdens wegwerkzaamheden. Er is allereerst onderzoek gedaan naar wat veel voorkomende oorzaken van hinderperceptie zijn en hoe dit verklaart kan worden. Hieruit is geconcludeerd dat het lastig is om voor iedere weggebruiker de verkeershinderperceptie tijdens wegwerkzaamheden volledig weg te nemen. Dit komt doordat de oorzaken van hinderperceptie voor verschillende wegwerkzaamheden, en dus voor verschillende mensen, uiteenlopen. Wel kan hinderperceptie worden beperkt.

Uit literatuuronderzoek is gebleken dat in het algemeen hinderperceptie kan worden beperkt door omgevingsstressoren (bijvoorbeeld reistijdverlies, congestie en verhoogde rijtaakbelasting) weg te nemen of de weggebruiker te helpen met het verwerken van beleefde hinder. Het ondersteunen van de weggebruiker bij het verwerken van de beleefde hinder kan worden bewerkstelligd door het voorkomen van onduidelijke situaties en door te zorgen dat mensen zich zeker voelen van hun rijvaardigheid. Verder is nauwkeurige en snelle datacollectie van belang om weggebruikers te informeren over de werkzaamheden die plaatsvinden en de reden daarvoor. Dit kan weggebruikers ondersteunen bij de beperking van hinderperceptie. Communicatie met de weggebruiker speelt hierbij een sleutelrol.

Uit een inventarisatie van de ontwikkelingen is gebleken dat ITS zowel infrastructureel²¹ als op het gebied van datacommunicatie ontwikkelingen doormaakt. Enkele voorbeelden hiervan zijn VANET, ZIGBEE, en innovaties van het mobiele netwerk. Hierdoor wordt het mogelijk om een nieuwe manier van communicatie met de weggebruiker (bijvoorbeeld *In Vehicle Information*) en van datacollectie (bijvoorbeeld *Floating car data* en *innovaties bij satelliet navigatie*) te bewerkstelligen. Innovaties op het gebied van datacollectie spelen een belangrijke rol bij het vergaren van betrouwbare informatie met betrekking tot de situatie op de weg. Met deze informatie kan de weggebruiker voorzien worden van betrouwbare informatie die voor hem/haar relevant is. Dit blijkt zeer belangrijk voor de geloofwaardigheid en de acceptatie van ITS, waardoor de kans op een succesvolle implementatie vergroot wordt.

Aan de hand van een eisen en doelenpakket alsmede een multicriteria analyse (MCA) is bepaald welke systemen de meeste kans maken op een succesvolle implementatie om hinderperceptie bij wegwerkzaamheden te beperken. De eisen en doelen zijn afkomstig vanuit Heijmans en de effectiviteitsstudie. De criteria in de MCA zijn bepaald in samenwerking met Heijmans. De gekozen criteria zijn in volgorde van weging (hoog naar laag): maakbaarheid en uitvoerbaarheid, effectiviteit, betrouwbaarheid, duur van onderscheidendheid, overdraagbaarheid en prijs.

Uit deze analyse is gebleken dat *In Vehicle Information* (IVI) van de geïnventariseerde ontwikkelingen het interessantste is om in de gaten te houden (eindscore 72/100). Dit systeem is inzetbaar voor het informeren van de weggebruiker over de actuele situatie op de weg (weer, verkeersintensiteit, wegwerkzaamheden, etc.). Hiermee kan de weggebruiker te allen tijde op de hoogte worden gehouden van de actuele ritomstandigheden, waardoor er in theorie geen onverwachte vertraging meer zal optreden. Ook zal hiermee kunnen worden

²¹ Met welk systeem datacommunicatie plaatsvindt

bereikt dat de weggebruiker meer begrip krijgt voor de wegwerkzaamheden die plaatsvinden, doordat de weggebruiker in de auto uitgelegd kan worden welke werkzaamheden plaatsvinden en wat de reden daarvan is. IVI scoort op bijna alle criteria hoog. Alleen op duur van onderscheidendheid scoort het systeem laag doordat de techniek makkelijk te kopiëren is.

Ook gebruik van een Voertuig Doseer systeem (VDS) op de snelweg bij rijstrookonttrekking tijdens wegwerkzaamheden kan ook een uitkomst bieden in het beperken van hinderperceptie (eindscore 62/100). Hoewel het gebruik van een VDS op de hoofdrijbaan van een snelweg veel obstakels kent, biedt het systeem zeker mogelijkheden om de beperking van congestie rondom werkvakken te bewerkstelligen. Kanttekeningen zijn momenteel dat het niet zeker is hoe effectief deze techniek zal zijn in het beperken van congestie tijdens rijstrookonttrekking. Hoewel de techniek in theorie kansrijk lijkt, is deze nog niet in praktijk getest. Ook is het onduidelijk hoe de acceptatie van de weggebruikers zal zijn. De mogelijkheid bestaat dat het plaatsen van een verkeerslicht op de snelweg juist leidt tot meer hinderperceptie. Ook is het onduidelijk of het is toegestaan om een VDS op de hoofdrijbaan (tijdelijk) te installeren. Net als IVI scoort het VDS laag op het criterium 'duur van onderscheidendheid'. Het systeem scoort middelmatig op prijs en effectiviteit. Dit laatste is te verklaren doordat het systeem alleen omgevingshinder kan beperken, terwijl IVI ook kan ondersteunen bij het bevorderen van de stressverwerking.

Hoewel ZIGBEE niet hoog eindigde na het invullen van de MCA (eindscore 50/100) kan dit systeem in de toekomst veel kansen bieden. ZIGBEE heeft vooral op de moeilijkheidsgraad van de maakbaarheid van het systeem alsmede de moeilijkheidsgraad van de uitvoerbaarheid punten verloren (0 in plaats van 29). Dit komt voornamelijk doordat het systeem nog in de kinderschoenen staat. In de toekomst is het mogelijk er op dit vlak verbeteringen optreden, waardoor ZIGBEE kansrijker wordt. Dit uitte zich ook in de MCA, waardoor dit systeem daar geen punten op scoorde. Momenteel zijn er nog geen testen gedaan met ZIGBEE in Nederland. Een variant op ZIGBEE, VANET, wordt momenteel wel getest in Nederland, maar doordat deze techniek beperkter is in zijn mogelijkheden door de manier van datacommunicatie (puntcommunicatie in plaats van een web) is deze techniek storingsgevoeliger.

ITS maakt in een rap tempo ontwikkelingen door en gesteld kan worden dat momenteel slechts de punt van de ijsberg zichtbaar is. Hoewel de in dit onderzoeksverslag besproken technieken met de kennis van nu lastig binnen 5 jaar realiseerbaar lijken, kan dit zeer snel veranderen door de vooruitgang in techniek dit momenteel geboekt wordt. Veel besproken technieken staan nog in de kinderschoenen. Theoretische analyses van de besproken technieken wijzen echter uit dat er veel kansen zijn voor ITS maar dat er uitvoerige praktijktesten moeten plaatsvinden om effectiviteit te bewijzen. Juist omdat er in theorie heel veel mogelijkheden worden beschreven wordt er verwacht dat er in de verdere toekomst veel kansen in het verschiet liggen om hinderperceptie tijdens wegwerkzaamheden te beperken. In de komende jaren is de verwachting dan ook dat hier veel stappen gemaakt zullen worden.

Aanbeveling

Op basis van de getrokken conclusies wordt Heijmans aanbevolen om toekomstig onderzoek voornamelijk te richten op het verstrekken van actuele informatie met betrekking tot werkzaamheden met behulp van *In vehicle Information (IVI)*. Het systeem is makkelijk maakbaar en uitvoerbaar en kan gerealiseerd worden tegen geringe kosten. Tevens kan gezocht worden naar partners waar Heijmans mee samen kan werken om de ontwikkeling van IVI en het gebruik ervan te stimuleren.

Aanvullend verdient het de aanbeveling om te concentreren op Human Factors. In welke mate zijn weggebruikers bereid om advies via IVI op te volgen, en hoe kunnen deze systemen zo gebruiksvriendelijk worden gemaakt? Hoewel er in hoofdstuk 4 kort bij stil is gestaan, dient er uitvoerig onderzoek gedaan te worden om deze vragen te beantwoorden. Ook de mogelijkheid van implementatie en de effectiviteit die de techniek kan bewerkstelligen moet nader onderzocht worden. Harms, Lambers, en Westerman (2013) alsmede Dicke-Ogenia en Birnie (2015) schrijven dat communicatie met als doel gedrag beïnvloeden pas kans van slagen heeft als aan vier voorwaarden wordt voldaan: de gebruiker moet de boodschap waarnemen, begrijpen, kunnen en willen uitvoeren. Naar de prestatie van IVI op deze vier vlakken dient aanvullend onderzoek te worden gedaan.

Hoewel huidige signalen er op wijzen dat de techniek een kans van slagen met zich meebrengt, zal in de beginfase vooral gekeken moeten worden naar hoe *In-Car* systemen eventuele wegkant systemen kunnen aanvullen in plaats van vervangen. Op deze manier kan het voor de weggebruiker makkelijker zijn om aan het nieuwe systeem te wennen waardoor de kans op acceptatie vergroot wordt. Belangrijk is volgens Dicke-Ogenia en Birnie (2015) om de rust, eenvoud en integratie van de getoonde beelden in de auto met het weg- en verkeersbeeld een te laten zijn. Ook dit is een aanbeveling die aan Heijmans wordt gedaan.

Voor het Voertuig Doseer Systeem (VDS) op de snelweg is het belangrijk dat de effectiviteit van de technologie (dat wil zeggen, de kwantitatieve onderbouwing) in het beperken van de congestie verder onderzocht wordt. Tot nu toe is slechts theoretisch onderzoek gedaan en zijn praktijkproeven uitgebleven. Verder is het belangrijk dat voordat er wordt overgegaan op een grootschalige implementatie van deze techniek, de weggebruiker goed zal worden ingelicht over de werkwijze van de techniek en de effecten die deze heeft op de beperking van de congestie. Indien dit niet gebeurt, zou dit er toe kunnen leiden dat er juist een averechts resultaat behaald wordt, betekenend dat er juist meer hinderperceptie plaats zal vinden. Tot slot dient uitgezocht te worden of het wettelijk is toegestaan om op de hoofdrijbaan tijdelijk een VDS met een rood en groen licht te gebruiken.

De laatste aanbeveling die gedaan wordt aan de hand van dit rapport heeft betrekking op ZIGBEE en VANET. Hoewel in dit verslag de voorkeur voor ZIGBEE is uitgesproken, neemt dit niet weg dat VANET ook zeer interessant kan worden in de toekomst. Momenteel zijn er lopende projecten die het VANET gebruiken, terwijl er nog geen ZIGBEE projecten lopen. Een manier voor Heijmans om betrokken te raken bij de ontwikkeling en implementatie van deze systemen, is door mee te denken bij pilot projecten (zoals de Coöperatieve ITS Corridor) die hier gebruik van maken. De verwachting is dat deze systemen volgend decennium een belangrijke rol gaan spelen bij de ontwikkeling van ITS en er zijn partijen nodig die deze wegkantssystemen willen bouwen en onderhouden. Door nu al in te spelen op VANET kan in een later stadium worden overgegaan op ZIGBEE. Doordat Heijmans dan al enige ervaring heeft, is de implementatie van ZIGBEE mogelijk succesvoller.

Momenteel kan in theorie meer dan in praktijk. Juist omdat ITS momenteel opkomen en er veel onderzoek naar wordt gedaan, zijn er genoeg redenen om te stellen dat Heijmans deze markt moet betreden. Door de ontwikkelingen op het gebied van ITS nauwlettend in de gaten te houden en actief op zoek te gaan naar kansen om deze nieuwe markt te betreden, kan Heijmans blijven bouwen aan de contouren van morgen.

Referenties

- Anttila, V., Penttinen, M., Luoma, J., & Nurmela, J. (2006). *Deliverable A.4: Identification of drivers needs and functional abilities in relation to new ITS systems and services*. Gedownload op 28 mei 2015, van http://www.noehumanist.org/documents/Deliverables/TFA/A4-HUMANIST_A_INR_Deliverable_vA.pdf
- Baiocchi, A., Cuomo, F., De Felice, M., & Fusco, G. (2015). Vehicular Ad-Hoc Networks sampling protocols for traffic monitoring and incident detection in Intelligent Transportation Systems. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 56, 177-194. doi: 10.1016/j.trc.2015.03.041
- Bank, M., & Wolf, M. (2003). *Evaluatie-onderzoek wegwerkzaamheden A12 Woerden - De Meern*. Gedownload op 23 april 2015, van <http://publicaties.minienm.nl/download-bijlage/56455/woerden.pdf>
- Bolech, M. (2013, juni). *Energiezuinig rijden in de elektrische auto*. Gedownload op 23 april 2015, van http://www.anwb.nl/bestanden/content/assets/anwb/pdf/auto/themas/elektrisch-rijden/energiezuinig-rijden-in-een-ev_v1.1.pdf
- Connecting Mobility. (z.d.). *ITS overzicht NL*. Geraadpleegd op 23-04-2015, van <http://itsoverzicht.connectingmobility.nl/>
- CROW. (2013). *Maatregelen op autosnelwegen - Werk in Uitvoering 96a*. Ede: CROW.
- Cruca, H., & Bossink, W. (2011). *Handleiding EMVI Rijkswaterstaat 2011*. Gedownload op 23 april 2015, van http://www.rijkswaterstaat.nl/images/Handleiding%20EMVI%202011_tcm174-331409.pdf
- De Mooij, B. (2013). *Beter geïnformeerd op weg*. Gedownload op 22-04-2015, van <http://www.connekt.nl/uploads/2013/11/bgow-hoofddocument.pdf>
- de Moraes Ramos, G. (2015). *Dynamic Route Choice Modelling of the Effects of Travel Information using RP Data*. (PhD), Technical University of Delft, Delft.
- Deakin, E., Frick, K. T., & Skabardonis, A. (2009). Intelligent Transport Systems. *ACCESS Magazine*, 29-34. <https://escholarship.org/uc/item/3mb3n3j4>
- Demissie, M. G., De Alemeida Correia, G. H., & Bento, C. (2013). Intelligent road traffic status detection system through cellular networks handover information: an exploratory study. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 32, 76-88. doi: 10.1016/j.trc.2013.03.010
- Dicke-Ogenia, M., & Birnie, J. (2015). Human Factors bij de transitie van wegwagen naar in-car. *NM Magazine*, 10, 12-14.
- Ertico ITS Europe. (z.d.). *Vision & Mission*. Geraadpleegd op 23 april 2015, van <http://ertico.com/vision-and-mission/>
- European Telecommunications Standards Institute. (2015). *Intelligent Transport Systems*. Geraadpleegd op 22 maart 2015, van <http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/intelligent-transport>
- Evans, G. W., & Stecker, R. (2004). Motivational consequences of environmental stress. *Journal of Environmental Psychology*, 24(2), 143-165. doi: 10.1016/S0272-4944(03)00076-8
- Farah, H., Koutspoulos, H. N., Saifuzzaman, M., Kölbl, R., Fuchs, S., & Bankosegger, D. (2012). Evaluation of the effect of cooperative infrastructure-to-vehicle systems on driver behaviour. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 21, 42-56. doi: 10.1016/j.trc.2011.08.006
- Figueiredo, L., Jesus, I., Tenreiro Machado, J. A., Rui Ferreira, J., & Martins de Carvalho, J. L. (2001). Towards the development of intelligent transportation systems. *Intelligent Transport Systems*, 88, 1206-1211.
- Glas, G., Brave, E., Van Hofwegen, K. H., & Both, J. M. G. M. (2010). *Minder Hinder gezien vanuit de weggebruiker*. Gedownload op 22 april 2015, van http://www.rijkswaterstaat.nl/images/Minder%20Hinder%20gezien%20vanuit%20de%20weggebruiker_tcm174-329616.pdf
- Gleitman, H., Gross, J., & Reisberg, D. (2011). *Psychology* (S. L. Snavely Ed. 8 ed.). New York: W. W. Norton & Company Inc.

- Godoy, J., Milanés, V., Pérez, J., Villagrà, J., & Onieva, E. (2013). An auxiliary V2I network for road transport and dynamic environments. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 37, 145-156. doi: 10.1016/j.trc.2013.09.012
- Greco, V., & Roger, D. (2003). Uncertainty, stress and health. *Personal and Individual Differences*, 34(6), 1057-1068. doi: 10.1016/S0191-8869(02)00091-0
- Grenier, S., Barette, A.-M., & Ladouceur, R. (2005). Intolerance of Uncertainty and Intolerance of Ambiguity: Similarities and differences. *Personality and Individual Differences*, 39(3), 593-600. doi: 10.1016/j.paid.2005.02.014
- Harms, I., Lambers, M., & Westerman, M. (2013). Human Factors in verkeersmanagement. *NM Magazine*, 1, 18-21.
- Hemenover, S. H., & Zhang, S. (2004). Anger, Personality and optimistic stress appraisals. *Cognition and Emotion*, 18(3), 363-382. doi: 10.1080/02699930341000103
- Hennessy, D. A. (2011). Social, Personality, and Affective Constructs in Driving *Handbook of Traffic Psychology* (pp. 149-163): Elsevier.
- Hennessy, D. A., & Wiesenhal, D. L. (1997). The relationship between traffic congestion, driver stress and direct versus indirect coping behaviours. *Ergonomics*, 40(3), 348-361. doi: 10.1080/001401397188198
- Hennessy, D. A., & Wiesenhal, D. L. (1999). Traffic Congestion, Driver Stress and Driver Aggression. *Aggressive Behaviour*, 25(6), 409-423. doi: 10.1002/(SICI)1098-2337(1999)25:6<409::AID-AB2>3.0.CO;2-0
- Hermelink, W., Van Berkum, E., & Ter Huerne, H. (2010). *Raamwerk voor het inzichtelijk maken van verkeershinder bij wegonderhoud*.
- Hill, J. D., & Boyle, L. N. (2007). Driver stress as influenced by driving maneuvers and roadway conditions. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 10(3), 177-186. doi: 10.1016/j.trf.2006.09.002
- Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid. (2013). *Mobiliteitsbalans 2013*. Gedownload op 24 april 2015 van <http://www.kimnet.nl/sites/kimnet.nl/files/mobiliteitsbalans-2013.pdf>
- Koffrie, J., Hoernig, P., & Van der Veen, P. (2012-2014). *Werkwijzer MinderHinder: Deel B, de uitwerking*. Gedownload op 23 april 2015, van http://www.rijkswaterstaat.nl/zakelijk/zakendoen_met_rws/werkwijzen/gww/communicatie_bij_werkzaamheden/werkwijzer_verkeershinder/
- Koslowsky, M., Aizer, A., & Krausz, M. (1996). Stressor and personal variables in the commuting experience. *International Journal of Manpower*, 17(3), 4-14. doi: 10.1108/01437729610119478
- Kroon, E. C. M., Sluijsmans, G., De Jong, H., Van der Kolk, G. H., & Van Buuren, R. A. (2015). *State of practice: Gedrag in 'smart mobility' projecten*. Gedownload op 28 mei 2015, van <http://www.connectingmobility.nl/336546.aspx?t=State+of+Practice%3A+gedrag+in+%27smart+mobility%27+projecten+is+uit!>
- Kruisman, M. (2014). Rijkswaterstaat zet vaart achter ITS. *Beter Benutten*, 7.
- Lin, Y.-W., Shen, J.-M., & Weng, H.-C. (2013). Cloud-supported Seamless Internet Access in Intelligent Transportation Systems. *Wireless Personal Communications*, 72(4), 2081-2106. doi: 10.1007/s11277-013-1137-5
- Liu, B., Khorashadi, B., Ghosal, D., Chuah, C.-N., & Zhang, H. M. (2012). Analysis of the information storage capability of VANET for highway and city traffic. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 23, 68-84. doi: 10.1016/j.trc.2011.10.004
- Logghe, S., & Hoogendoorn, S. (2015). Floating Device Data en wegkantdata slim combineren: Eén plus één is drie? *NM Magazine*, 10, 34-36.
- Lyon, B. L. (2011). Stress, Coping and Health. In V. H. Rice (Ed.), *Handbook of Stress, Coping and Health: implications for nursing research, Theory and Practice* (pp. 1-20): Sage.
- Martens, M. H., & Brookhuis, K. A. (1998). *4-0 en 3-1 contraflow-systemen; effecten op rijgedrag*. Gedownload op 9 juni 2015, van <http://publicaties.minienm.nl/download-bijlage/32553/contraflow-rijgedrag.pdf>
- Matthews, G. (2002). Towards a transactional ergonomics for driver stress and fatigue. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 3(2), 195-211. doi: 10.1080/14639220210124120
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu. (2012). *Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte*. Gedownload op 24 april 2015, van

- <http://www.rijksoverheid.nl/bestanden/documenten-en-publicaties/rapporten/2012/03/13/structuurvisie-infrastructuur-en-ruimte/structuurvisie-infrastructuur-en-ruimte-4.pdf>
- Novaco, R. W. (1992). Commuter Stress. *ACCESS Magazine*. <http://escholarship.org/uc/item/1bj2912n>
- Ogden, L. (2007). Stress. In J. Ogden (Ed.), *Health Psychology: a textbook* (pp. 221-237). Maidenhead: Open University Press.
- Overmier, J. B., & Seligman, M. E. P. (1967). Effects of inescapable shock upon subsequent escape and avoidance responding. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 63, 28-33. doi: 10.1037/h0024166
- Patil, V. P. (2012). Design, Development and Testing of Parking Availability System Based on Vehicular Ad hoc Network. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 2(10), 254-261.
- Pauzie, A. (2006). *Deliverable A.4: Identification of drivers needs and functional abilities in relation to new ITS systems and services*. Gedownload op 28 mei 2015, van http://www.noehumanist.org/documents/Deliverables/TFA/A4-HUMANIST_A_INR_Deliverable_vA.pdf
- Rämä, P. (2006). *Deliverable A.4: Identification of drivers needs and functional abilities in relation to new ITS systems and services*. Gedownload op 28 mei 2015, van http://www.noehumanist.org/documents/Deliverables/TFA/A4-HUMANIST_A_INR_Deliverable_vA.pdf
- Rijksoverheid. (2015). *Wegen*. Geraadpleegd op 20 april 2015, van <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/wegen>
- Robinson, J. (2010). *The Speed Trap of Time Urgency*. Geraadpleegd op 7 mei 2015, van <http://www.worktolive.info/articles/bid/109942/The-Speed-Trap-of-Time-Urgency>
- Salomon, I., & Mokhtarian, P. L. (1997). Coping with congestion: understanding the gap between policy assumptions and behaviour. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2(2), 107-123. doi: 10.1016/S1361-9209(97)00003-5
- Schaap, T. W. (2012). *Driving Behaviour in Unexpected Situations*. (Ph.D.), University of Twente, Den Haag.
- Seligman, M. E. P., & Maier, S. F. (1967). Failure to escape traumatic shock. *Journal of Experimental Psychology*, 74, 1-9. doi: 10.1037/h0024514
- Smith, C. A., & Ellsworth, P. C. (1985). Patterns of cognitive appraisal in emotion. *Journal of personality and social psychology*, 48(4), 813-838. doi: 10.1037/0022-3514.48.4.813
- Spyropoulou, I. (2011). *Available Intelligent Transport Systems: An In-depth Overview* [Powerpoint Presentation]. Opgehaald van http://www.noehumanist.org/documents/DesignGuidelines-useracceptance-and-Impact-of-ITS/Available-ITS-and-designguidelines/I1_ismyropoulou.pdf
- Stevens, A., & Shladover, S. (2010). Editorial: Selected papers from the 15th World Congress on Intelligent Transport Systems (ITS). *IET Intelligent Transport Systems*, 4(1), 1-2. doi: 10.1049/iet-its.2010.9001
- Stoksols, D., Novaco, R. W., Stoksols, J., & Campbell, J. (1978). Traffic Congestion, Type A Behaviour and Stress. *Journal of Applied Psychology*, 63(4), 467-480. doi: 10.1037/0021-9010.63.4.467
- SWOV. (2013). *Mobiliteit op de Nederlandse wegen*. Gedownload op 24 april 2015, van https://www.swov.nl/rapport/Factsheets/NL/Factsheet_Mobiliteit.pdf
- Taylor, S. E. (2006). *Stress Health Psychology* (6 ed., pp. 168-201): McGraw-Hill.
- Technolution. (2015). Talking Traffic. *NM Magazine*, 10, 3.
- Timmermans, H. (2015). De invloed van reisinformatie op het keuzegedrag van automobilisten. *NM Magazine*, 10, 34-36.
- TNS NIPO. (2013). *Gebruikerstevredenheidsonderzoek automobilisten*. Gedownload op 24 april 2015, van <http://www.rijksoverheid.nl/bestanden/documenten-en-publicaties/rapporten/2013/12/20/gebruikerstevredenheidsonderzoek-automobilisten-2013/gto-automobilisten-landelijk-2013.pdf>
- Tympakianaki, A., Spiliopoulou, A., Kouvelas, A., Papamichail, I., Papageorgiou, M., & Wang, Y. (2014). Real-time merging traffic control for throughput maximization at motorway

- work zones. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 44, 242-252. doi: 10.1016/j.sbspro.2012.06.1130
- Van A naar Beter. (z.d.). *Werkzaamheden*. Geraadpleegd, van www.vananaarbeter.nl/werkzaamheden
- Van Berkum, E. C. (2012). *Verkeer*. Enschede: Universiteit Twente.
- Van de Pol, H., Van Jaarsveld, M., Reijngoud, T., Van den Brink, N., Verschoor, E., & Hazelhorst, W. O. (2009). *Werkwijzer MinderHinder: Deel A, de hoofdlijn*. Gedownload op 23 april 2015, van http://www.rijkswaterstaat.nl/zakelijk/zakendoen_met_rws/werkwijzen/gww/communicatie_bij_werkzaamheden/werkwijzer_verkeershinder/
- Van Veluwen, A., & De Vries, I. (2014). *Publieksrapportage Rijkswegennet*. Gedownload op 23 april 2015, van <http://www.rijksoverheid.nl/bestanden/documenten-en-publicaties/rapporten/2014/10/21/publieksrapportage-rijkswegennet/publieksrapportage-rijkswegennet.pdf>
- Vanderschuren, M. (2006). *Intelligent Transport Systems for South Africa*. (PhD), University of Cape Town & University of Twente, Cape Town.
- Vector Informatik GmbH. (2015). *Development & Test Tool CANoe.Car2x*. Geraadpleegd, van https://vector.com/vi_canoe_car2x_functions_en.html
- Verkeerspro. (2015). Pilot rond Flevoland moet veiligheid op de weg vergroten. Opgehaald van <http://www.verkeerspro.nl/verkeerskunde/2015/05/21/pilot-rond-flevoland-moet-veiligheid-op-de-weg-vergroten/>
- Vlahogianni, E. I., Karlaftis, M. G., & Golias, J. C. (2014). Short-term traffic forecasting: Where we are and where we're going. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 43, 3-19. doi: 10.1016/j.trc.2014.01.005
- Volvo. (2015). *Road sign information*. Geraadpleegd op 23 juni 2015, van <http://support.volvocars.com/uk/cars/pages/owners-manual.aspx?mc=V526&my=2016&sw=15w05&article=7409e75cded43033c0a8015156925937>
- Westerman, S. J., & Haigney, D. (1999). Individual differences in driver stress, error and violation. *Personality and Individual Differences*, 29(5), 981-998. doi: 10.1016/S0191-8869(99)00249-4
- Wildervanck, C. (2008). *10 Gouden regels om rekening te houden met de weggebruiker*. Gedownload op 7 mei 2015, van <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/brochures/2008/11/01/10-gouden-regels-om-rekening-te-houden-met-de-weggebruiker.html>
- Wildervanck, C. (2010). *Het MinderHinderboekje*. Gedownload op 7 mei 2015, van <http://www.crow.nl/vakgebieden/verkeer-en-vervoer/bibliotheek/kennisdocumenten/minder-hinder-praktische-publieksvriendelijkheid-b?onderwerp=83;&page=1&searchsort=date&pagesize=10&parenturl=/Vakgebieden/Verkeer-en-Vervoer/Bibliotheek>
- Wildervanck, C. (2011). *MinderHinder in Praktijk*. Gedownload op 23-04-2015, van www.rijkswaterstaat.nl/images/MinderHinder%20in%20Praktijk%20-%20Publieksvriendelijkheid%20bij%20Werk%20in%20uitvoering_tcm174-329615.pdf
- Wortman, C. B., Panciera, L., Shusterman, L., & Hibscher, J. (1975). Attributions of causality and reactions to uncontrollable outcomes. *Journal of Experimental Social Psychology*, 12(3), 301-316. doi: 10.1016/0022-1031(76)90060-3
- Yuan, Q., Liu, Z., Li, J., Zhang, J., & Yang, F. (2014). A traffic congestion detection and information dissemination scheme for urban expressways using vehicular networks. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 47, 114-127. doi: 10.1016/j.trc.2014.08.001

Inhoudsopgave Bijlagen

Bijlage A. Gebruikte zoekwoorden	59
Bijlage B. Samenvattingen van interviews	61
B.1. Samenvatting interview met Peter Veeke (Heijmans)	61
B.2. Samenvatting interview met Jeroen Brouwer (TomTom)	62
B.3. Samenvatting interview met Abraham Bot (Rijkswaterstaat)	66
B.4. Samenvatting interview met Mirelle van der Beek – Van Kol (Heijmans)	70
Bijlage C. Keuzeprocess voor de criteria van de MCA.....	72
Bijlage D. Beoordelingsmodel t.b.v. scoretoekenning	73
Bijlage E. Toelichting op de toekenning van de scores	75
E.1. Voertuig Doseer Systeem (VDS)	75
E.2. ZIGBEE.....	76
E.3. In Vehicle Information (IVI).....	77
E.4. (E)FCD	78
E.5. Datafusie	79

Bijlage A. Gebruikte zoekwoorden

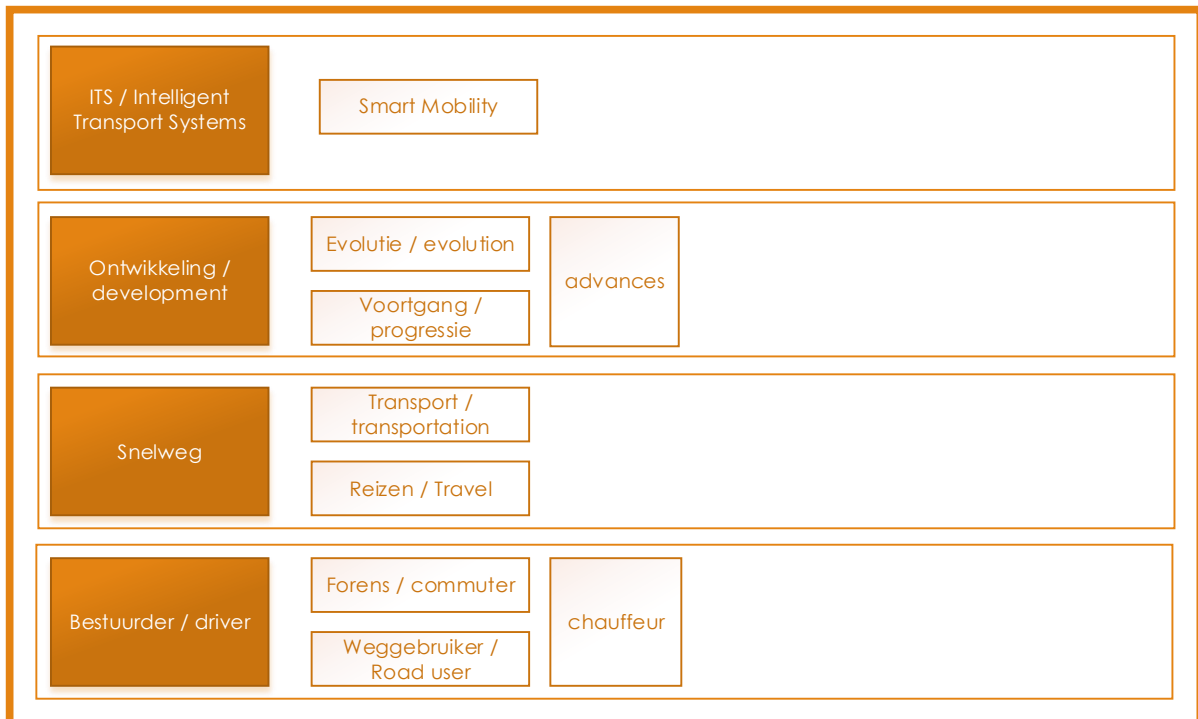
In deze bijlage wordt een inzicht gegeven in de gebruikte zoekwoorden bij het zoeken naar literatuur voor het beantwoorden van de verschillende deelvragen. In paragraaf A.1. wordt inzicht gegeven in de zoektermen bij de beantwoording van de eerste deelvraag (Welke psychologische concepten liggen ten grondslag aan de hinderperceptie wegwerkzaamheden?) en in paragraaf A.2. wordt inzicht gegeven in de zoektermen die zijn gebruikt bij de beantwoording van de tweede deelvraag (Welke aan automobilititeit gerelateerde ITS ontwikkelingen gaan binnen 5 jaar een rol spelen?).

A.1. Gebruikte zoekwoorden ter beantwoording van deelvraag 1

De gebruikte zoektermen bestaan uit (een combinatie van) onderstaande termen

Hinder / hindrance	Irritatie / irritation	Storend / bothering	Overlast / nuisance
	Vervelend / annoying	Ongemak / discomfort	Moeite / trouble
Perceptie / Perception	Beleving	Houding / attitude	Beoordeling / Judgment
	Ervaring / experience	Viewpoint	Gevoel / feeling
Verkeer / Traffic	Transport / transportation		
	Reizen / Travel		
Bestuurder / driver	Forens / commuter	chauffeur	
	Weggebruiker / Road user		
Theorie / Theory	Benadering / Approach	Hypothese / Hypothesis	
	Concept	Wetmatigheid / Law	
Wegwerkzaamheden / Road Works	Weg onderhoud / road maintenance		
	Road upkeep		

A.2. Gebruikte zoektermen ter beantwoording van deelvraag 2



Bijlage B. Samenvattingen van interviews

B.1. Samenvatting interview met Peter Veeke (Heijmans)

Peter Veeke is Raadgevend Adviseur bij Heijmans Integrale Projecten (later: Heijmans Infra). Zijn kennis omvat verkeers- en vervoersmodellen, verkeersonderzoek, prognoses en verkeersmanagement. Ook heeft hij voor Rijkswaterstaat gewerkt als Senior Adviseur Informatie Verkeer en Vervoer en Senior Beleidsmedewerker Verkeer en Vervoer. Tijdens dit interview stond de ontwikkeling van het verkeershinderbeleid bij Rijkswaterstaat centraal.

Periode vóór 2000

De ervaring van Peter bij zijn vorige werkgever (Rijkswaterstaat) is dat verkeershinder altijd wel aandacht heeft gehad, maar vooral door het tweede Structuurschema Verkeer en Vervoer (SVV-II), uitgekomen rond 1989/1990, meer aandacht heeft gekregen. In de SVV-II werd de visie gepresenteerd dat er niet altijd bijgebouwd kan blijven worden om alle files op te heffen. Hiertoe werd een ander prijsbeleid (bijvoorbeeld de kilometerheffing) voorgesteld. Om de verkeersgroei te beheersen en goede doorstroming te bieden.

Periode 2000-2013

In de periode na 2000 heeft Rijkswaterstaat gekozen om meer richting een publieksgerichte netwerkmanager te verschuiven, met als doel de weggebruikers vlotte, betrouwbare verbindingen te verschaffen. Het verkeersbeleid van Rijkswaterstaat ontwikkelde zich in de eerste jaren na 2000 naar een beleid met het accent op betrouwbare bereikbaarheid (normen voor de te waarborgen snelheden op trajecten) in plaats van congestiekans. Dit uitte zich in 2004 in de Nota Mobiliteit. In deze nota was onder andere opgenomen dat het streven was om de maximale reistijdtoename in de spits niet groter te laten zijn dan 2%. Om dit te bewerkstelligen is een kader ontwikkeld. Op basis van dit kader werden *bottlenecks* in het wegennetwerk in kaart gebracht, en werd onderzocht of deze *bottlenecks* daadwerkelijk problemen vormden in het wegennetwerk. Op basis hiervan werden vervolgens infraprojecten uitgeschreven en aanbesteed. Dit was veelal in de vorm van gunning op laagste prijs, en volledige specificatie van eisen en middelen.

Door deze projecten merkte Rijkswaterstaat dat wanneer er aan de weg gewerkt wordt, dit meestal een verkeersbeperking tot gevolg heeft. Dit kon opgelost worden door ook in de tijdelijke situatie voldoende ruimte te bieden voor de weggebruikers of door voor een afvlakking van de piekvraag te zorgen. Rijkswaterstaat was van mening dat een goed wegennet zeer belangrijk is voor de economie en dat er dus ook in de tijdelijke situatie voldoende capaciteit beschikbaar moet zijn. Dit was echter niet bij alle projecten mogelijk (ruimtelijke beperkingen) waardoor er bij sommige projecten onderzocht diende te worden hoe piekafvlakking mogelijk gemaakt kon worden.

Ook begon Rijkswaterstaat zich steeds meer van gebruikerstevredenheid aan te trekken. Dit kwam mede doordat ze zich wilde positioneren als publieksgerichte netwerkmanager. Dit had tot gevolg dat Rijkswaterstaat vanaf 2004 verschillende handboeken en werkwijzers over bijvoorbeeld communicatie bij wegwerkzaamheden ging uitgeven om hinder zo veel mogelijk te beperken. Concreet betekende dit onder andere dat er richtlijnen voor de filezwaarte²² en de groei hiervan en prestatie indicatoren²³ werden opgesteld. Ook werd de filezwaarte gepind (vastgesteld) naar oorzaak, waar vervolgens ook richtlijnen voor zijn uitgeschreven. Zo mocht file veroorzaakt door wegwerkzaamheden bijvoorbeeld 8% van de totale filedruk veroorzaken. In de periode tussen 2000 en 2010 ontwikkelde deze zienswijze zich steeds meer waarna dit ook werd overgenomen door de regionale overheden. Dit mondde onder andere uit in de verschillende gebruikerstevredenheidsonderzoeken die werden uitgevoerd vanaf 2006/2007.

²² Filezwaarte is het aantal kilometers file vermenigvuldigd met het aantal minuten dat deze file er staat, ook de term kilometerminuten wordt hiervoor gebruikt.

²³ Prestatie indicatoren zijn indicatoren welke de prestatie van het wegennetwerk aangeven. De prestatie wordt vervolgens vergeleken met de richtlijnen.

Bij deze ontwikkeling is ook de 7-klapper van Rijkswaterstaat zeer belangrijk geweest. Niet alleen harde hinder (bijvoorbeeld vertraging) maar ook verkeershinderbeleving kreeg aandacht van de overheidsorganisatie. In deze 7-klapper zijn 7 stappen beschreven om hinder zoveel mogelijk te beperken. Enkele voorbeelden hiervan zijn het slimme bouwen (prefab in plaats van in-situ) en het slimme plannen (niet meerdere grote werken tegelijk). Het gebeurde voorheen met enige regelmaat dat er grote wegwerkzaamheden plaatsvonden op bijvoorbeeld de omleidingsroutes.

Een onderlinge afstemming tussen verschillende regionale overheden zorgde voor een betere samenwerking. Het resultaat hiervan was een afstemming van grote werkzaamheden en het werken in werkslots²⁴. De omleidingsroutes zijn hierdoor vrij voor het verkeer.

De eerste versies van de 7-klapper zijn uitgegeven tussen 2006 en 2008. Om de infrastructurele werken niet langer meer louter op prijs aan te besteden, maar ook op kwaliteit (in het kader van publieksgerichte organisatie) is Rijkswaterstaat overgegaan op de Economisch Meest Voordelige Inschrijving (EMVI)²⁵. Ook trad er een verschuiving op van de standaard contractvorm (bouwen zoals gespecificeerd door opdrachtgever) richting de *Design & Construct of Design Build Finance Maintain (and Operate)* contractvorm. De opkomst van EMVI alsmede de verschuiving in contractvorm veroorzaakte een prikkeling van de creativiteit van de aannemer. Aannemers moesten methoden bedenken om de hinder te beperken en bedachten hiervoor allerlei methoden. De grote aannemers scoorden over het algemeen altijd maximaal bij de beperking van verkeershinder door wegwerkzaamheden. In de praktijk heeft dit er toe geleid dat bij wegwerkzaamheden meestal minder objectieve hinder (vertraging) wordt veroorzaakt dan maximaal toegestaan.

Periode 2013 tot heden (2015)

Rond 2013 begon Rijkswaterstaat de financiële crisis van 2008 te voelen. Dit resulteerde in een grootschalige bezuinigingsoperatie bij de organisatie. De vraag die hierbij centraal stond luidde: "Hoe kan bereikt worden dat er minder uitgaven gedaan hoeven te worden aan de infra, zonder dat dit een afname aan kwaliteit impliceert?".

Het antwoord lag bij de aanbesteding. Omdat de objectieve hinder door wegwerkzaamheden ver onder de norm lag, is er besloten om de hinderkaders te versoepelen. Dit resulteerde er onder andere in dat de op een wegvak geldende werkbare uren²⁶ dynamischer werd. De werkbare uren werden langer, op voorwaarde dat er geen files zijn en het gebruikerstevredenheid er niet onder lijdt.

De heer Veeke verwacht in de toekomst een ontwikkeling waarbij er ruimte is voor meer verkeershinder zolang de gebruiker tevreden is/blijft. Dit zal zich uiten bij de EMVI aanbesteding, waarbij de fictieve korting haalbaar door objectieve hinder te beperken lager zal zijn dan de fictieve korting haalbaar bij subjectieve hinderbeperking. Verkeershinderbeperking ziet hij als onderdeel van het waarborgen van 'klanttevredenheid'. Om klanttevredenheid te kunnen bieden moet de aannemer meer vrijheid dan nu krijgen om een relatie met de klant (die weggebruiker is maar tegelijkertijd ook omgevingspartij en kritische klant) te kunnen opbouwen. Hierdoor denkt Veeke dat er een verschuiving van klantcommunicatie zal optreden van Rijkswaterstaat naar de aannemers.

B.2. Samenvatting interview met Jeroen Brouwer (TomTom)

Jeroen Brouwer is momenteel product manager bij TomTom en houdt zich bezig met Historische verkeersdata en Real Time verkeersdata. Gebruikers willen graag een betrouwbare aankomsttijd. Hierbij kan historische data helpen door te kijken naar verwachte vertraging.

²⁴ Een periode waarin een aannemer veel hinder mag veroorzaken

²⁵ EMVI is een methodiek om niet alleen te gunnen op basis van prijs, maar ook op kwaliteit. Door bijvoorbeeld op een creatieve manier verkeershinder te beperken, kan een fictieve korting worden behaald, waarna er wordt gegund op deze laagste fictieve prijs. Voor een uitgebreide toelichting wordt verwezen naar Cruca en Bossink (2011).

²⁶ De Werkbare uren is een periode van de dag waarbij je een rijstrook of vluchtstrook mag onttrekken. Dit verschilt per wegvak en per snelweg.

Real Time data wordt gebruikt bij bijvoorbeeld filevorming door een ongeluk. Daarnaast kan Historische Data ook worden gebruikt bij voor en na studies om te bepalen of een bepaalde verkeersingreep succesvol was of niet.

Producten van TomTom

TomTom is een bedrijf dat zowel zichtbaar als onzichtbaar opereert. De zichtbare tak richt zich vooral op de navigatiesystemen die gekocht kunnen worden in de winkel, maar ook bijvoorbeeld de actionwatch en de Bandit camera. De verkoop van losse TomTom navigatiesystemen daalt, omdat er veel navigatie *in-car* zit en omdat er veel gebruik gemaakt wordt van Smartphones (ook TomTom apps). Toch verwacht TomTom dat losse navigatietoestellen in trek zullen blijven bij bijvoorbeeld vakantiegangers. Dit heeft te maken met het feit dat bijvoorbeeld navigatie via de telefoon data kost. Met de huidige roamingkosten in het buitenland is dit niet rendabel.

De *In-Car* systemen die worden gebruikt zijn vaak ook afkomstig van TomTom. Dit kan zichtbaar zijn (met TomTom logo) of onzichtbaar (zonder TomTom logo). Binnen Europa zijn 80% van de *Connected Cars* verbonden met TomTom, al dan niet zichtbaar. Doordat al deze auto's verbonden zijn, verkrijgt TomTom ook veel gegevens. De auto's zijn over het algemeen verbonden met het GSM netwerk via 3G. De GPS zender slaat iedere minuut de locatie van de auto op, welke daarna doorgestuurd wordt naar TomTom. Deze gegevens worden niet alleen gebruikt voor het voorspellen van reistijden en identificeren van files, maar worden ook verstrekt aan andere partijen (*Licensing*). Hierbij kan gedacht worden aan de ANWB en andere verkeersinformatiediensten.

Tot slot houdt TomTom zich bezig met *Telematics*. Dit is een opkomende dienst die momenteel al geïmplementeerd is in bijvoorbeeld bussen en bedrijfsauto's met deze dienst kan bepaald worden waar welke auto zich op welk moment bevindt.

Datacollectie

TomTom verkrijgt zijn informatie over werkzaamheden voornamelijk van de ANWB. Deze partij levert informatie over lengte van het werkvak en duur van de werkzaamheden. Op basis hiervan programmeert TomTom zijn navigatiesoftware, maar niet voordat deze gegevens zijn gevalideerd met hun eigen data. Deze validatie geschiedt door te bepalen of er daadwerkelijk langzamer wordt gereden op de door de ANWB doorgegeven locaties. Vaak leidt dit tot enige aanpassing van de werkvak locatie. Dit proces gebeurt automatisch door verschillende algoritmes. Het duurt tussen de drie en acht uur voordat aanpassingen zijn doorgevoerd naar alle systemen. Wanneer er grote verschillen worden opgemerkt door het systeem kan dit langer duren doordat de data extra gevalideerd moet worden.

Op de vraag of TomTom liever de informatie verkrijgt direct van de aannemer of wegbeheerder reageerde Jeroen Brouwer met het antwoord dat dit wel een wenselijke situatie is, maar dat dit vanwege de schaalbaarheid niet mogelijk is. Het bedrijf is niet groot genoeg om voor ieder land met verschillende wegbeheerders en aannemers in gesprek te gaan en data te verkrijgen.

Navigatie- en informatievoorziening tijdens wegwerkzaamheden

Zodra werkzaamheden worden gesignaleerd door de TomTom software wordt het verkeer niet altijd om deze werkzaamheden heen gestuurd. De routesturing is afhankelijk van een aantal factoren. De vertragingstijd is allicht de belangrijkste. Als de vertraging minimaal is, zal meestal door de werkzaamheden heen worden genavigeerd. Ook de omrijdalternatieven spelen een rol. Als door de hoeveelheid verkeer op de omrijdroutes het verkeer daar ook niet goed doorstroomt zal ook door de werkzaamheden heen worden genavigeerd.

Momenteel geschiedt de informatievoorziening met betrekking tot wegwerkzaamheden door middel van een balkje in het navigatiesysteem. Hierin staat de afstand tot de werkzaamheden en de (verwachte) vertraging. Uit onderzoek van TomTom is gebleken dat informatie met betrekking tot reistijdvertraging zeer gewaardeerd wordt door de gebruikers van de

navigatiesystemen. Vooral informatie met betrekking op de oorzaken van de vertraging (ongeluk, drukte, werkzaamheden, etc.) wordt zeer gewaardeerd door de gebruikers van de TomTom systemen.

TomTom werkt momenteel samen met Volkswagen aan het *Highly Automated Driving Principle*. Deze techniek zorgt er voor dat de auto zelf kan inschatten wat de huidige gemiddelde snelheid is en waar vertraging optreedt. Hierdoor kan de auto inschatten hoe lang het duurt voordat er op vertraging ingereken wordt. Vervolgens kan de auto een waarschuwing om vaart te minderen afgeven of zelf ingrijpen. Hierdoor wordt precieze locatiebepaling en snelheidsbepaling belangrijker, maar ook informatie over wegwerkzaamheden krijgt een belangrijkere rol. Op de precieze locatiebepaling en de betrouwbare data met betrekking tot de wegwerkzaamheden schiet de techniek momenteel nog te kort.

Ontwikkelingen van ITS

De *Floating Car Data* (FCD) die TomTom op dit moment gebruikt is afkomstig van GPS signalen die worden doorgestuurd met behulp van 3G. Dit gebeurt iedere minuut. Omdat Nederland een van de strengste landen is met betrekking tot privacy gebeurt dit alleen als de gebruiker expliciet toestemming geeft om deze data te gebruiken. Deze data wordt volledig geanonimiseerd en is niet heridentificeerbaar volgens Jeroen Brouwer. Vervolgens worden deze gegevens gekoppeld aan de kaart zodat bepaald kan worden waar met welke snelheid gereden wordt.

Een nieuwe ontwikkeling die momenteel nog in de kinderschoenen staat maar waar TomTom wel druk mee bezig is, is de *Extended FCD* (EFCD). EFCD is een techniek waarmee niet langer alleen kan worden bepaald wat de snelheid en locatie is, maar waarmee ook aanvullende informatie uit de auto kan worden gehaald. Hierbij kan gedacht worden aan informatie over het gebruik van ruitenwissers en het anti-blokkeer-systeem (ABS) maar ook bijvoorbeeld op welke rijstrook de auto zich bevindt. Dit laatste wordt mogelijk door de vele sensoren en camera's die momenteel al in auto's worden geplaatst. Jeroen Brouwer stelt dat theoretisch heel veel informatie valt te verkrijgen met de EFCD, maar benadrukt dat de techniek echt nog in de kinderschoenen staat. Daarnaast is het belangrijk te inventariseren welke data de markt wil (*Licensing*). Er kan bijvoorbeeld worden bepaald wat de status van de weg is (onderhoud) en waar werkzaamheden zijn. Hiertoe is TomTom momenteel in gesprek met Volkswagen en andere partners over waar de kansen liggen.

Jeroen Brouwer is bekend met Galileo, het satelliet programma van de Europese Unie en tegenhanger van GPS. Hij vertelde dat het project momenteel niet ver genoeg is om daadwerkelijk over te stappen van GPS naar Galileo. Dit komt mede door vertragingen die zijn opgelopen. Hij verwacht echter wel dat het binnen 5-10 jaar operationeel is en verwacht dat TomTom zal overstappen van GPS naar Galileo.

Aansluitend vertelde hij dat hij eerder het gebruik van de EFCD verwacht dan het gebruik van Galileo. Dit is niet alleen omdat het al eerder te gebruiken is, maar ook omdat er veel meer mogelijk is. Duurdere auto's (bijvoorbeeld de Mercedes S-klasse) hebben eigenlijk al alle sensoren in de auto om autonoom te kunnen rijden. Dit betekent ook dat er al heel veel data te verkrijgen valt met die auto's.

Op de vraag op welke termijn Jeroen Brouwer verwacht dat deze data verworven zou kunnen worden antwoordt hij dat hij verwacht dat informatie over het gebruik van bijvoorbeeld ruitenwissers of ABS op korte tot zeer korte termijn beschikbaar wordt. De techniek laat het toe, maar de vraag is wie over welke data beschikt, recht op heeft en wie van welke data eigenaar is. Ook welke partij baat heeft bij welke data is nog onbekend.

Een ander vraagstuk is die van de dataopslag en verwerking. Moet dit in de auto gebeuren, of op servers? En bij wie? Is dat de wegbeheerder, de partij die de data in wint, een onafhankelijk kennis instituut of een combinatie daarvan?

Momenteel is TomTom ook bezig met *In Vehicle Signage (IVS)*, zowel statisch als dynamisch vertelde Jeroen Brouwer desgevraagd. Onder statische IVS worden bijvoorbeeld de vaste borden langs de weg welke de maximum snelheid aangeven geschaald. TomTom rijdt rond met auto's om deze borden te identificeren en informatie te valideren. Dynamische IVS is het weergeven van bijvoorbeeld de informatie die wordt weergegeven op de VMS'en en de DRIP's. De laatste categorie wordt momenteel in overleg met Rijkswaterstaat bekeken wat de mogelijkheden zijn. De ideale situatie voor beide partijen is dat de meeste borden in de wegwijk uiteindelijk kunnen worden verwijderd, en dat alle informatie *In-Car* wordt weergegeven. De grootste uitdaging hierbij is het bepalen hoe er kan worden omgegaan met de mensen die niet tot de *early adoptors* horen. Worden deze verplicht om over te gaan op de nieuwe systemen?

Tijdens wegwerkzaamheden is het complex om borden weg te halen. Dit heeft met name te maken met de manier waarop de informatie met betrekking tot deze wegwerkzaamheden wordt verstrekt. In de meeste landen binnen Europa worden werkzaamheden gemeld bij één centraal punt (in Engeland twee). In Nederland zijn dit meerdere punten²⁷. Hierdoor is het arbeidsintensief om de juiste informatie te verkrijgen, waardoor IVS ook lastiger wordt en het dus niet rendabel is om de borden tijdens wegwerkzaamheden weg te halen.

Uitdagingen met betrekking tot de ontwikkeling van Intelligent Transport Systems

Voor TomTom is op dit moment de grootste uitdaging om een goede manier te vinden om alle informatie die wenselijk is uit de auto te halen en te verwerken stelde Jeroen Brouwer. Zowel infrastructuurlijk zijn er onbeantwoorde vraagstukken, zoals welk netwerk gebruikt zou moeten worden, maar ook op welke manier gecommuniceerd kan worden. De hoeveelheid data die verkregen kan worden, wordt steeds meer. Zou het telefoonnetwerk nog wel geschikt zijn? Daarnaast dient de techniek ook commercieel interessant te zijn. Tot slot moet het overal ter wereld uit te rollen zijn. Als voorbeeld noemt Jeroen Brouwer (*Digital Audio Broadcasting*) DAB en DAB+. Dit is in Nederland en een deel van Europa functioneel, maar heel veel andere landen zijn het nog aan het onderzoeken of gebruiken het niet meer.

Desgevraagd vertelde Jeroen Brouwer over ITS waarvan hij verwacht dat ze een rol gaan spelen in de toekomst. Hij denkt dat V2V en V2I zeker interessant gaat worden maar ook hier is wederom de manier van communicatie onzeker. Juist ook omdat de techniek op het moment heel snel gaat, kan er niks met zekerheid gezegd worden. Wat duidelijk gemaakt wordt is dat de kansen vooral liggen bij technieken waarbij grootschalige hardware vernieuwing (bijvoorbeeld DAB receivers) niet nodig is. Dit betekent dat technieken die gebruik maken van nu 4G en later makkelijk kunnen worden aangepast naar 5G een grotere kans van slagen hebben. Ook omdat er veel mensen gebruik maken van dit soort signalen.

Hij vertelde verder dat alle standaarden vooral gedreven worden door de automobiel industrie. Dit komt doordat de automobiel industrie – net als TomTom – schaalbaarheid een vereiste vindt. Dit betekent dat lokale systemen weinig kans maken op echte doorbraken.

Conclusie

Uit het gesprek met Jeroen Brouwer kan geconcludeerd worden dat TomTom weinig met hinderbeleving doet. Er zijn veel technieken in de R&D-fase maar waar echte vooruitgang wordt verwacht is in de EFCD. Ook de V2I en V2V communicatie is in opmars. Momenteel zijn de grootste uitdagingen op dit gebied de manier van netwerkinfrastructuur en de manier van communicatie.

²⁷ NDW, verschillende wegbeheerders op lokaal, regionaal of landelijk niveau. De verklaring die Jeroen Brouwer hiervoor geeft is dat Nederland zich in een vroegtijdig stadium bezig hield met verkeersmanagement, maar dat dit op regionaal niveau geschiedde. Fusie van deze data is lastig door verschillende systemen.

B.3. Samenvatting interview met Abraham Bot (Rijkswaterstaat)

Abraham Bot is momenteel werkzaam bij Rijkswaterstaat bij de Centrale Informatievoorziening (CIV). Sinds twee maanden is hij projectmanager van de Coöperatieve ITS Corridor. Dit project vindt zijn oorsprong in een *Memorandum of Understanding* (MOU) welke in 2013 is gesloten tussen Nederland, Duitsland en Oostenrijk. Het doel hiervan is om op de corridor tussen Rotterdam, via Frankfurt naar Wenen een aantal Coöperatieve diensten uit te rollen. Het *learning-by-doing* project loopt sinds het najaar van vorig jaar (2014) en heeft een realisatietermijn van een paar jaar. De afgelopen periode is een klanteis specificatie (KES) opgesteld. Dit betekent dat alle stakeholders zijn gehoord en dat er duidelijkheid is over de wensen en eisen van de verschillende stakeholders. Mede op basis van de KES worden specificaties opgesteld om volgend jaar (2016) een en ander te kunnen aanbesteden, om zodoende de beoogde diensten te realiseren. De eerste *pilot tests* zullen in het najaar van 2016 plaatsvinden en de uitrol in 2017. De verkeerskundige analyse wijst uit dat de beoogde diensten als onderdeel van een coöperatieve infrastructuur zullen bijdragen aan een veiligere verkeerssituatie en een betere doorstroming.

Binnen de Coöperatieve ITS Corridor worden twee diensten naast elkaar gerealiseerd: *Road Works Warning* (RWW) en *Probe Vehicle Data* (PVD). Beide diensten zijn momenteel redelijk gestandaardiseerd, maar zijn nog niet in de praktijk toegepast. De huidige fase is dat verschillende partijen specificaties ontwikkelen om in een later stadium systemen op te laten bouwen.

RWW zorgt vooral, zoals de naam al doet vermoeden, voor het waarschuwen van voertuigen bij wegwerkzaamheden (informatievoorziening). De informatievoorziening met betrekking tot congestie of werkzaamheden bestaat uit twee vormen. Bestuurders kunnen geïnformeerd worden wanneer er een mogelijkheid is om een alternatieve route te kiezen, ruim voor de locatie van de werkzaamheden. Daarnaast kan er worden gewaarschuwd wanneer een weggebruiker vlakbij de daadwerkelijke werkzaamheden rijdt. Communicatie nabij de werkzaamheden zal conform WiFi-P zijn, informeren geschiedt waarschijnlijk via 4g (of DAB op termijn). Of er op termijn een landelijk dekkende WiFi-P-infrastructuur noodzakelijk is, is onzeker.

De PVD is bedoeld voor het inwinnen van gegevens die auto's in het coöperatieve netwerk kunnen uitzenden. Dit is mogelijk doordat in de auto's intelligente platformen zijn verwerkt waardoor de auto's onderling (V2V) en met de infrastructuur (V2I) kunnen communiceren, zonder dat de bestuurders daar notie van hebben. De achterliggende gedachte hiervan is dat de bestuurder ondersteund kan worden in zijn rijtaak. Een voorbeeld hiervan is wanneer een auto plotseling moet remmen. De betreffende auto stuurt een WiFi-sigitaal stroom opwaarts om zodoende achteropkomende auto's te waarschuwen voor de situatie. Duurdere auto's hebben dit soort systemen al. Hierbij kan gedacht worden aan *Adaptive Cruise Control* waarbij een optische sensor registreert of de voorligger te dicht bij de auto in de buurt zit waarna er afgeremd kan worden door de auto zelf. Verwacht wordt dat in de toekomst ook op basis van sensorinformatie uit de auto informatie over verkeer en weggesteldheid te herleiden is. Denk aan een regenbui of gladheid, donkerte etc. Deze informatie kan V2V of V2I gedeeld worden.

De heer Bot stelt dat de ontwikkeling van de PVD wordt bepaald door de automobiellindustrie. Alles wat in de auto zit en naar buiten wordt gecommuniceerd, wordt bepaald door de fabrikanten. Dit heeft als gevolg dat de fabrikanten ook kunnen bepalen welke data er uit de auto gehaald kan worden. Aan de informatie die uit de auto gehaald kan worden is een bepaalde commerciële waarde verbonden. Hierdoor kan het bijvoorbeeld voor een wegrestaurant aantrekkelijk zijn om op basis van informatie uit de auto gerichte reclame boodschappen naar passerende auto's te sturen.

De toekomst van datacollectie

Als de huidige generatie data-collectie technieken vervangen kan worden door informatie afkomstig van de voertuigen zelf, is er naar verwachting minder of geen behoefte aan de

huidige dure systemen langs de weg. Denk aan de vele lussen in het wegdek, waardoor ook besparingen in beeld komen. Ook is het mogelijk dat verkregen data nauwkeuriger en betrouwbaarder wordt. Momenteel wordt informatie verkregen door lussen in de weg, maar deze techniek is duur en storingsgevoelig. De achterliggende gedachte bij PVD is dat er een omschakeling gemaakt kan worden van collectief reisadvies (via DRIP's) naar een individueel reisadvies. Dit is echter pas in de toekomst mogelijk. Volgens de heer Bot is de eerste vorm van data die beschikbaar komt afkomstig uit het zogenaamde CAM-bericht. Hiermee komen snelheid en positie van het voertuig beschikbaar, maar niet veel meer dan dat.

Verdere ontwikkelingen

Op termijn wordt gedacht aan *In Vehicle Information (IVI)* en *In Vehicle Signage (IVS)*. De heer Bot ziet hier veel toekomst in en stelt dat op termijn veel zaken die langs de weg staan kunnen verdwijnen. Dit zou zowel voor de weggebruiker als voor de wegbeheerder een uitkomst bieden. De weggebruiker profiteert hiervan doordat deze minder wordt afgeleid door de vele borden langs de weg en de wegbeheerder profiteert hiervan door de daling in onderhoudskosten. Een voorbeeld van de ingezette ontwikkeling is dat momenteel de nodige DRIP's aan het verdwijnen zijn uit het wegbeeld vanwege de hoge penetratiegraad van de navigatie software. Hierdoor worden deze panelen overbodig. Uiteraard betekent dit ook dat tijdens de transitieperiode de elektronische berichten en de berichten die worden weergegeven op de VMS'en, matrixborden en DRIP's overeen moeten komen.

Rijkswaterstaat zet naast WiFi-P ook in op een andere communicatietechnologie. Deze techniek wordt vanuit denken in coöperatieve systemen ook wel het *Connected* spoor genoemd. Dit concept kenmerkt zich met de eigenschap dat informatie ook via serviceproviders en mobiele telefoons of navigatiesystemen aan de weggebruikers wordt verstrekt. De reden hiervan is dat in tegenstelling tot WiFi-P, mobiele telefonie nu een hoge penetratie graad heeft. Daarnaast is het de verwachting dat verkeersinformatie ook verstrekt kan worden via de nu veel gebruikte apps, zoals *Flitsmeister*.

Wanneer informatie via de telefoon wordt gegeven, is de verleiding groot om deze te gebruiken tijdens het rijden. Op een vraag daarover reageert Abraham Bot dat bijvoorbeeld audiosignalen een mogelijke uitkomst kunnen bieden. Wanneer informatie door middel van audioberichten door de telefoon kan worden verstrekt, voorkomt dit dat mensen de telefoon in de hand moeten nemen om verkeersinformatie te lezen. Op dit moment draait er een proef op de A58 om spookfiles te voorkomen, waarbij ook van telefoons met een eenvoudig app'je gebruikt wordt gemaakt. Er wordt ook binnen Rijkswaterstaat nagedacht of en hoe apps ingezet kunnen worden en veilig gebruikt kunnen worden.

Innovatiesnelheid

De vraag over hoe lang Abraham Bot verwacht dat het duurt voordat innovaties op het gebied van ITS daadwerkelijk *fully operational* zijn, beantwoordt hij door te verwijzen naar een onderzoek van het TNO van enkele jaren geleden, waarin wordt gesteld dat de penetratiegraad maximaal 10% van de vloot per jaar bedraagt. Dit cijfer is echter op voorwaarde dat de innovatie rendabel is voor meerdere partijen (zowel de markt als gebruiker). Het duurt naar verwachting dus tot 10 jaar voordat een nieuwe techniek volledig geïmplementeerd is.

Verder zijn nieuwe technieken doorgaans eerst in de duurdere auto's geplaatst wordt. De reden hier achter is de relatieve kostprijs van de in te bouwen techniek of systeem. Op een voertuig met een kostprijs van €40.000, - zorgt een innovatie van €1.000, - voor een relatief lagere prijsstijging dan op een voertuig dat rond de €7.000 euro kost.

Uitdagingen bij de beveiliging en data encryptie

Voor de informatiebeveiliging zal er waarschijnlijk gebruik gemaakt worden van een *Public Key Infrastructure (PKI)*. Het dient namelijk zeker te zijn dat de informatie afkomstig van een bepaalde auto richting een ander voertuig of de infrastructuur authentiek is. Een uitdaging

hierbij is dat wanneer er iets gewijzigd moet worden, dat dit makkelijk moet kunnen gebeuren zonder dat de auto bijvoorbeeld naar de garage moet of dat de gebruiker hier last van heeft.

Het configureren van PKI is een onderwerp waarbij er op internationaal gebied nog veel discussie bestaat. De betrokken landen, de automobiel industrie en de Europese Unie zijn nog intensief in gesprek hierover. Zo zijn er sleutels of certificaten nodig ten behoeve van de uitwisseling van berichten. Ieder land moet dit zelf regelen en het moet zo georganiseerd worden dat bijvoorbeeld een Oostenrijkse auto ook in Nederland berichten moet kunnen wisselen. Certificaten hebben daarnaast een eindige levensduur. Hoe organiseer je internationaal dat het vernieuwen van certificaten geen verstoring van de dienst oplevert? Ook het vervangen van crypto-protocollen moet mogelijk zijn zonder dat dit belastend is voor voertuigeigenaren. De discussie over deze onderwerpen loopt nog binnen de betrokken landen.

Daarnaast brengt het internationale karakter een extra dimensie aan de versleuteling. Iedere autoriteit heeft zijn eigen beveiligingscertificaat. De vraag is hoe een Oostenrijks certificaat in Nederland kan werken en vice versa. Daarnaast bestaat Duitsland uit verschillende deelstaten. Iedere deelstaat heeft zijn eigen autoriteit met betrekking tot het uitreiken van de certificaten. Dit maakt de herkenning en acceptatie van certificaten uitdagender.

Tot slot is er rekening te houden met de privacy van de weggebruikers. De heer Bot stelde dat er niet zomaar informatie uit voorbij rijdende auto's gehaald en opgeslagen mag worden zonder opgave van reden en eventuele toestemming van de weggebruiker. Ook als deze data geanonimiseerd is, dient er altijd een geldige reden te zijn voor de dataopslag om te voldoen aan de wettelijke kaders op dit gebied. Een bijkomende uitdaging is dat zelfs bij geanonimiseerde data, de kans bestaat dat een ritpatroon te identificeren is. Digitale beveiligingscertificaten kunnen gezien worden als een digitaal kenteken.

Onzekerheden en vraagstukken voor de toekomst

De WiFi-P technologie kent momenteel drie onzekerheden: de inhoud van de berichten, de penetratiegraad en de reikwijdte. De communicatie bij de Coöperatieve ITS Corridor gebeurt met behulp van een vast protocol genaamd WiFi-P (G5). Het enige dat tot nu toe vast en stabiel is, is hoe de *bits* goed van A naar B overgebracht kunnen worden. Structuur en inhoud van berichten is nog onderwerp van discussie. Ook de manier waarop de berichten geïnterpreteerd moeten worden is nog niet ver genoeg ontwikkeld. Daarnaast is de penetratiegraad een factor waar rekening mee gehouden moet worden. Als de infrastructuur klaar is, is onduidelijk hoeveel auto's daadwerkelijk gebruik kunnen maken van de technologie. Veel auto's zullen nog niet uitgerust zijn met WiFi-P-apparatuur. Om dit beter op elkaar aan te laten sluiten zijn ook autofabrikanten betrokken bij het project. Verder is de beperkte WiFi-P-reikwijdte (500m - 1000m) een issue. Dit leidt er namelijk toe dat om heel het hoofdwegenet te voorzien van deze stations nog steeds een grote investering is.

Een van de vraagstukken die Abraham Bot aandraagt, betreft het eigendom van de WiFi-P stations. Technieken die momenteel worden gebruikt, zoals de matrixborden boven de weg zijn ontworpen met een levensduur van meer dan twintig jaar. Het is aan te nemen dat de nieuwe generatie wegwagensystemen minder lang mee kunnen gaan door de snelle ontwikkeling die de techniek doormaakt. De vraag die dan gesteld kan worden is of Rijkswaterstaat de investering moet doen om eigen systemen te kopen of dat Rijkswaterstaat juist diensten in moet kopen.

Een onzekerheid van communicatie door gebruik te maken van het 3G/4G netwerk (het eerder genoemde *Connected* spoor) is de afhankelijkheid van dit netwerk. Mobiele telefonie-serviceproviders geven geen garanties op een 100% beschikbaarheid van hun netwerken, waardoor geen absolute zekerheid bestaat dat berichten aankomen. Hierdoor kunnen er mogelijk ongelukken plaatsvinden. De huidige service providers geven geen waterdichte garanties op beschikbaarheid.

Ook de verantwoordelijkheid voor de beoogde coöperatieve infrastructuur is nog onbekend. Rijkswaterstaat besteedt het beheer en onderhoud van wegvakken inclusief ICT-middelen uit aan marktpartijen via zogeheten prestatiecontracten. Dit zijn geen contracten waarin wordt gesteld dat een bepaald werk moet worden verricht binnen een bepaalde tijdsperiode, maar er wordt een bepaalde beschikbaarheid van de weg geëist. Dit betekent dat de aannemer die de aanbesteding heeft gewonnen, verantwoordelijk is voor het onderhouden van de weg en vaak gebruik maakt van gespecialiseerde onderaannemers voor specialistische werkzaamheden. Welke partij wordt op dat moment dan verantwoordelijk voor de WiFi-p-infrastructuur en kan deze dat ook goed onderhouden?

Tot slot is het nog onduidelijk hoe het waarschuwen voor wegwerkzaamheden moet worden vormgegeven. Is dit via de vaste stations aan de wegwijk, of via een kastje op een pijlwagen, wie bedient dit kastje dan en zo voorts. De vraag die beantwoord moet worden is welke partij waarvoor verantwoordelijk is. Hierover wordt op dit moment nagedacht en er is tot op heden nog geen eenduidig antwoord geformuleerd.

Conclusie

Coöperatieve ITS Corridor is een jong, internationaal project waarbinnen geëxperimenteerd wordt met nieuwe technieken op het gebied van informatievoorziening en datacollectie op de snelweg. Juist vanwege het internationale karakter brengt dit project veel complexe vraagstukken op veel gebieden. Maar ook op nationaal niveau zijn er veel vraagstukken waar momenteel aan oplossingen wordt gewerkt. De toekomst van de manier van communiceren en de systemen die gebruikt kunnen worden is onzeker en afhankelijk van zowel overheidsorganisaties, als de markt en de weggebruikers. Op de vraag aan Abraham Bot waar volgens hem de toekomst ligt van de ITS-ontwikkelingen is hij helder: "De auto zelf als sensor is echt de toekomst."

B.4. Samenvatting interview met Mirelle van der Beek – Van Kol (Heijmans)

Mirelle van der Beek – Van Kol is omgevingscoördinator bij Heijmans en heeft reeds bij verschillende projecten gewerkt, van groot tot klein. Als omgevingscoördinator houdt zij zich onder andere bezig met het beheren van het klachtenregister bij een project. Het klachtenregister is een systeem waarbij klachten op één centrale plek op het intranet van Heijmans worden opgeslagen. Onder haar verantwoordelijkheden vallen het opnemen van klachten en het afhandelen hiervan, alsmede tussentijdse rapportages hierover uitbrengen. Een van de grootste projecten waarbij zij omgevingscoördinator was, was de rijksweg A2 van Den Bosch naar Eindhoven, waar onder andere het aantal rijstroken van twee naar drie is gegaan. Omdat de A2 een van de jongste grote en afgeronde projecten is waar Mirelle aan gewerkt heeft, ligt in het eerste deel van het interview vooral hier de focus op. Bij het laatste deel van het interview zal voornamelijk geconcentreerd worden op de klachtenstroom in het algemeen.

Ervaringen bij de A2 tussen Den Bosch en Eindhoven

Toen werd begonnen bij dit project werd er gestart met het uitgeven van een digitale nieuwsbrief. Dit gebeurde iedere week, met hierin informatie over de werkzaamheden die die week zouden gaan plaatsvinden en waarvan Heijmans dacht dat de omgeving hinder kon ondervinden. Deze nieuwsbrief werd verzonden naar iedereen die zich hiervoor had opgegeven, van weggebruikers tot omwonenden, en bevatte informatie over onder andere wegafsluitingen, beperkingen op de snelweg en mogelijke trillings- en geluidshinder.

Op de vraag of Mirelle een trend kon herkennen bij de klachten (wat het onderwerp is van de meeste klachten) antwoordde ze dat de meeste klachten en vragen gingen over (foutieve) informatieverstrekking en informatieverzoeken met betrekking tot afsluitingen en omrijdroutes. Mirelle gaf desgevraagd aan dat klachten over zaken als onzichtbaar werken en te lange omrijdroutes meestal terecht komen bij het 0800 nummer dat Rijkswaterstaat gebruikt bij alle wegwerkzaamheden. Hierdoor heeft Heijmans geen duidelijk beeld over hoeveel klachten hierover binnen komen. Desalniettemin krijgt Heijmans af en toe wel informatie van Rijkswaterstaat hierover, en op basis hiervan concludeert Mirelle dat deze klachten niet vaak binnen komen.

De reden die Mirelle geeft waarom er twee soorten klachtensystemen bestaan is dat Rijkswaterstaat er waarde aan hecht dat er één landelijk nummer is voor alle klachten over alle werkzaamheden. Op het moment dat hierop klachten binnen komen die de medewerkers van Rijkswaterstaat niet zelf kunnen beantwoorden, wordt de klacht doorgezet naar Heijmans en neemt Heijmans de klacht op in het klachtenregister.

Algemene ervaringen

Over het algemeen geeft Mirelle aan met name klachten te ontvangen over de onduidelijkheid van omleidingen en onduidelijkheid over afsluitingen van wegen. Ook wordt af en toe de informatievoorziening met betrekking tot bereikbaarheid als ontoereikend beoordeeld door belanghebbenden.

Mirelle geeft aan dat bij grote projecten informatie via een *Social Medium* effectief is gebleken. Als voorbeeld noemt ze wederom het project A2. Hier kregen de mensen die de pagina van Heijmans 'geliked' hadden dagelijks informatie over wegafsluitingen die 's avonds plaatsvonden. Deze methode zorgde er voor dat de weggebruikers wisten of ze een aangepaste route moesten nemen als ze van of naar huis gingen. Deze methode bleek effectiever en werd beter gewaardeerd dan media waarmee deze informatie op wekelijkse basis werd verstuurd door Rijkswaterstaat.

Een andere methode waarvan Mirelle denkt dat de hinderperceptie beperkt kan worden is door middel van het 'verkopen van het project'. Door de belanghebbenden te betrekken in het project door ze op de hoogte te brengen wat er gaande is, waarom er maatregelen nodig

zijn en wat juist zij er aan hebben, zorgt voor begrip voor de situatie en daardoor voor minder hinderperceptie.

Daarnaast vertelde Mirelle dat wanneer informatie die verstrekt wordt foutief en ongeloofwaardig is, dit als zeer frustrerend wordt ervaren waardoor ook de hinderperceptie toeneemt. Als voorbeeld noemt zij de navigatiesoftware bij wegwerkzaamheden. Vaak staan borden met "GPS uit" omdat deze kaarten niet meer kloppen. Omdat niet veel mensen zich hieraan zullen houden, zou dit volgens Mirelle kunnen leiden tot onduidelijke situaties.

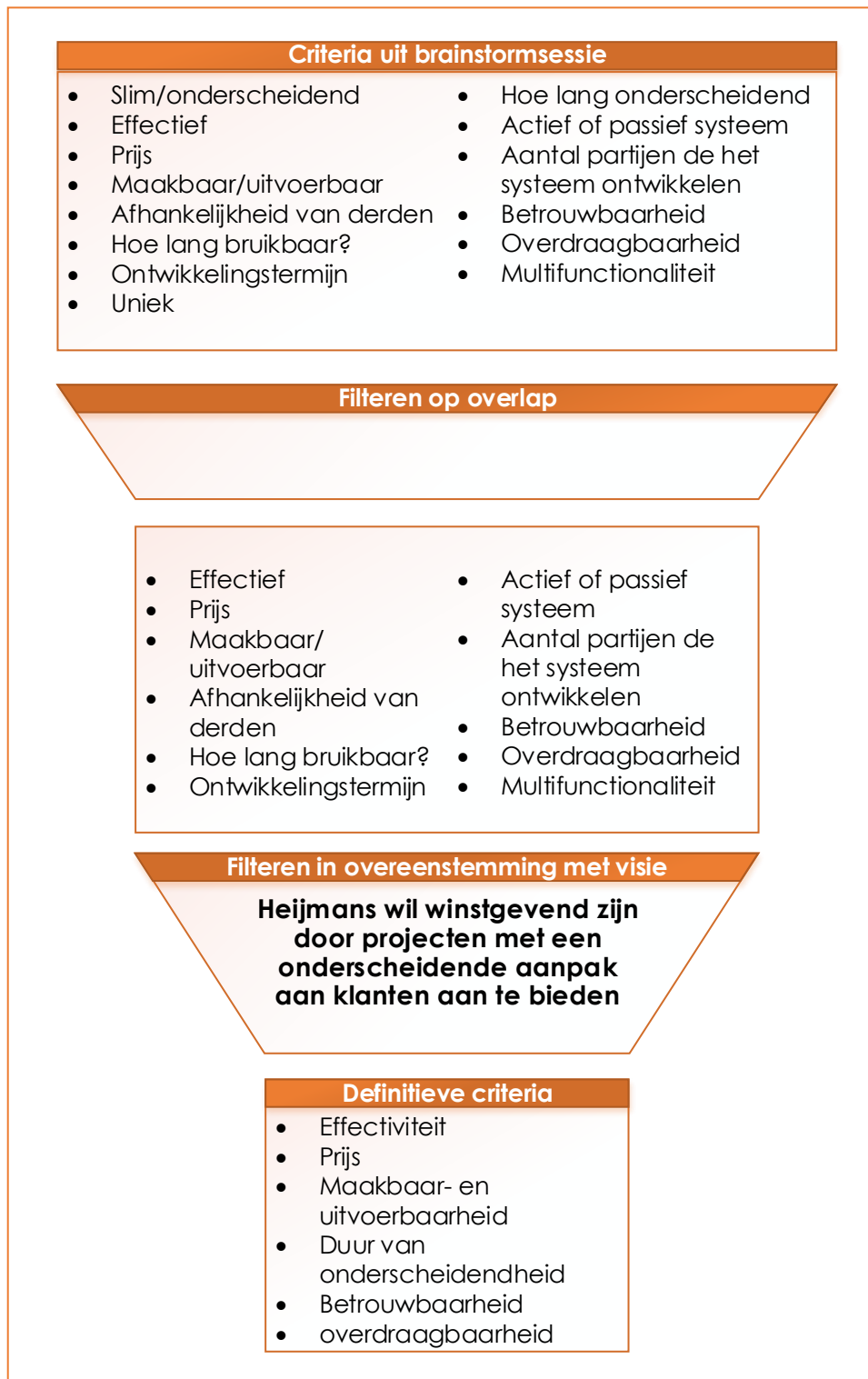
Een ander punt dat Mirelle aandraagt is dat de Nederlandse bestuurders zeer koppig zijn. Ze stelt dat "Nederlanders rijden tot aan het hek", daarmee doelende op het feit dat er doorgereden wordt totdat een fysieke barrière de doorgang tegenhoudt. Dit geldt ook voor innovaties die reisadvies geven, waardoor het lastig wordt om acceptatie van deze systemen te bereiken.

Een andere belangrijke bron van frustratie is een situatie waarbij bijvoorbeeld 4 kilometer langzamer gereden moet worden, terwijl slechts op 2 kilometer gewerkt wordt. Dit komt doordat er veel ruimte benodigd is om een werkvak te realiseren. Informatie hierover *In-Car* zou een goede manier zijn om deze hinderperceptie te beperken, vertelt Mirelle.

Daarnaast stelt Mirelle dat er niet altijd sprake is van communicatie over een rijstrookonttrekking bij kleinere werkzaamheden. Hier kan een capaciteitsbeperking en snelheidsbeperking gelden terwijl de bestuurder hier niet van op de hoogte is gesteld voordat hij zijn reis begon. Dit veroorzaakt een onverwachte situatie voor de weggebruiker, leidende tot een verhoogde hinderperceptie.

Als laatste advies geeft Mirelle dat vooral de informatievoorziening in de auto (IVS) veel mogelijkheden biedt om hinderperceptie te beperken. Met daarbij de kanttekening dat deze te allen tijde actueel en betrouwbaar dient te zijn.

Bijlage C. Keuzeproces voor de criteria van de MCA



Bijlage D. Beoordelingsmodel t.b.v. scoretoekenning

Effectiviteit

Om te bepalen hoe de technieken scoren op het criterium effectiviteit, wordt er gekeken naar de doelstellingen zoals opgenomen onder paragraaf 4.2, pagina 42. In het kader van leesbaarheid zijn deze doelen hieronder nog een keer opgenomen:

1. Congestie verlagen
2. Vertragingstijd verlagen
3. Rijtaakbelasting beperken
4. Het systeem kan de gebruiker ondersteunen bij rijtaak belastende situaties
5. Het geven van (de notie van) controle over de situatie aan de weggebruiker
6. Het voorkomen van onduidelijke en dubbelzinnige situaties
7. Het voorkomen van onzekere situaties
8. Het kunnen geven van accurate data met betrekking tot reistijd
9. De gebruiker bewustmaken van zijn eigen capaciteiten om de situatie te verwerken
10. Het kunnen bieden van aanvullende informatie over de wegwerkzaamheden om het begrip van de weggebruiker te bewerkstelligen
11. Informatie inwinnen over snelheid en locatie van het voertuig
12. Informatie inwinnen over de staat van de weg
13. Informatie inwinnen met betrekking tot verkeersintensiteit

In totaal zijn er 13 doelstellingen, de toekenning van de score geschiedt aan de hand van onderstaande tabel (Tabel 17).

Tabel 17: Beoordeling van effectiviteit ten behoeve van de scoretoekenning

score	Aantal doelen waaraan wordt voldaan				
	0-1	2-4	5-7	8-10	11-13
	--	-	+/-	+	++

Prijs

Voor de prijs wordt een inschatting gemaakt van de onderlinge kosten verhoudingen. De goedkoopste zal ++ toegekend krijgen en de duurste --.

Maakbaarheid en uitvoerbaarheid

Maakbaarheid en uitvoerbaarheid wordt beoordeeld aan de hand van de twee aspecten. Onderstaande tabel maakt meer duidelijk:

Tabel 18: Beoordeling van maakbaarheid en uitvoerbaarheid ten behoeve van de scoretoekenning

score	Moeilijk maakbaar en moeilijk uitvoerbaar	Moeilijk maakbaar en makkelijk uitvoerbaar óf makkelijk maakbaar en moeilijk uitvoerbaar	Makkelijk maakbaar en makkelijk uitvoerbaar
		--	+/-

Duur van onderscheidendheid

De duur van onderscheidendheid wordt bepaald aan de hand van de verwachting hiervan, volgens onderstaande verdeling.

Tabel 19: Beoordeling van verwachte duur van onderscheidendheid ten behoeve van de scoretoekenning

	Verwachte duur van onderscheidendheid				
	<6 maanden	7-12 maanden	13-18 maanden	19-24 maanden	>24 maanden
score	--	-	+/-	+	++

Betrouwbaarheid

De toekenning van de score aan de hand van betrouwbaarheid is net als maakbaarheid en uitvoerbaarheid ook tweeledig. Betrouwbaarheid bestaat uit enerzijds technische betrouwbaarheid en anderzijds op de betrouwbaarheid van het effect van het systeem. Waar het eerste criterium (effectiviteit) de potentiële hinderperceptie beperking omvat, ligt bij de betrouwbaarheid van het effect van het systeem de nadruk bij de garantie die gegeven kan worden op het beperken van hinder. Score toekenning geschiedt als volgt:

Tabel 20: Beoordeling van betrouwbaarheid ten behoeve van de scoretoekenning

	Technisch niet betrouwbaar en het effect is niet betrouwbaar	Technisch betrouwbaar en het effect is niet betrouwbaar óf technisch niet betrouwbaar en het effect is wel betrouwbaar	Technisch betrouwbaar en het effect is betrouwbaar
score	--	+/-	++

Overdraagbaarheid

Bij de overdraagbaarheid wordt met vier gradaties bepaald in welke mate een techniek overdraagbaar is:

Tabel 21: Beoordeling van overdraagbaarheid ten behoeve van de scoretoekenning

	Niet overdraagbaar	Moeilijk overdraagbaar	Het is enigszins overdraagbaar	Het is makkelijk overdraagbaar
score	--	-	+	++

Bijlage E. Toelichting op de toekenning van de scores

In deze bijlage wordt de toekenning van de scores zoals opgenomen in Tabel 16 toegelicht. Dit gebeurt aan de hand van het in Bijlage D gepresenteerde beoordelingschema.

E.1. Voertuig Doseer Systeem (VDS)

Effectiviteit (+/-)

Deze techniek kan congestie beperken, vertragingstijd verlagen en rijtaakbelasting beperken (makkelijker invoegen). Ook kan deze techniek helpen met het op tijd invoegen, waarbij de onzekerheid kan afnemen. Tot slot is het mogelijk om informatie in te winnen over de verkeersintensiteit op de weg. Hiermee voldoet de VDS aan 5 doelen, waardoor deze een score van +/- krijgt.

Prijs (-)

De kosten van deze techniek zijn laag, maar de techniek benodigt een hoge initiële investering. Dit komt mede doordat er gebruik wordt gemaakt van een VDS. Een VDS wordt overal in het dagelijks leven tegengekomen, waardoor er geen grote onderzoeken plaats hoeven te vinden naar de techniek zelf. Er dienen wel kosten te worden gemaakt voor het afstemmen van de VDS, en eventueel voor het plaatsen van sensoren op de weg, maar dit zijn over het algemeen eenmalige kosten. Verwacht wordt dat de prijs van deze techniek hoger zal zijn dan ZIGBEE, IVI, en datafusie, maar goedkoper dan (E)FCD. De score is dan ook -.

Maakbaarheid en uitvoerbaarheid (++)

Omdat een VDS op zichzelf geen nieuwe technologie is, is deze methode om hinderperceptie te beperken zeer maakbaar. Of deze ook uitvoerbaar is, is een vraagstuk dat buiten de scope van dit onderzoeksrapport valt. Uiteraard is het mogelijk om Voertuig Doseer Systemen neer te zetten om de doorstroom manipuleren, het is echter onduidelijk of dit juridisch ook mogelijk is. Desalniettemin dient op basis van de huidige informatie gesteld te worden dat de maakbaarheid en uitvoerbaarheid van deze techniek allebei makkelijk haalbaar zijn, waardoor ++ toegekend mag worden.

Duur van onderscheidendheid (- -)

Een VDS op een snelweg plaatsen is een methode die makkelijk te kopiëren is door andere partijen. Een uitdaging voor hen is echter het opstellen van een algoritme voor het instellen van de VDS'en. Hierdoor is de duur van onderscheidendheid gering en de verwachting is dat de maximale duur van onderscheidendheid kleiner dan 6 maanden zal zijn, leidende tot een score van - -.

Betrouwbaarheid (+/-)

Hoewel een VDS op zichzelf redelijk tot goed betrouwbaar is en redelijk stabiel in functioneren, is het lastig in te schatten hoe betrouwbaar het systeem is in het laten afnemen van hinderperceptie. De betrouwbaarheid van deze technologie om daadwerkelijk hinderperceptie te laten afnemen is onvoldoende onderzocht. Het zou ook kunnen zijn dat deze technologie juist averechts werkt door het plaatsen van een VDS op de snelweg. Praktijk onderzoek zou hier in de toekomst meer informatie over kunnen verstrekken. Vooralsnog wordt verwacht dat het zeer verschillend is hoe mensen een VDS op de snelweg interpreteren, waardoor het effect niet zeker is. Hiertoe wordt een score van +/- toegekend.

Overdraagbaarheid (++)

De VDS methodiek om hinderperceptie te beperken tijdens wegwerkzaamheden is makkelijk overdraagbaar naar projecten. Wanneer er eenmaal een standaard algoritme is opgesteld voor verschillende situaties (van vier naar drie rijstroken, van drie naar twee rijstroken, etc.), kan deze voor meerdere projecten worden gebruikt zonder grote aanpassingen. Hierdoor scoort deze techniek ++ op dit criterium.

E.2. ZIGBEE

Effectiviteit (++)

ZIGBEE maakt het mogelijk gebruikers *In Car* te informeren (over actuele reisinformatie en de wegconditie) en data te verzamelen over deze gebruikers voor verschillende partijen. Dit betekent dat ZIGBEE niet alleen kansen creëert voor het beperken van omgevingsstressoren (bijvoorbeeld eerder informeren over alternatieve routes) maar ook het verwerken van stressoren kan worden bevorderd met ZIGBEE door de mogelijkheden die het biedt ten aanzien van V2I en V2V communicatie. ZIGBEE kan dan ook gebruikt worden om alle doelstellingen te halen, afgezien van doelstelling 12. Hiertoe krijgt ZIGBEE op effectiviteit de maximale score (++).

Prijs (+/-)

De kosten van deze techniek liggen – afhankelijk van de vormgeving van de implementatie²⁸ - aan de hoge kant. De oorzaak hiervan ligt bij het feit dat het veel geld kost om de gehele wegwijk infrastructuur te bouwen en te onderhouden. Er zou echter (omdat deze techniek ook mogelijkheden biedt voor de wegbeheerder) beargumenteerd kunnen worden dat hier een vergoeding tegenover staat. De verwachting is dat de techniek goedkoper is dan de VDS, maar duurder dan IVI en datafusie.

Maakbaarheid en uitvoerbaarheid (- -)

Het ZIGBEE systeem is zeer lastig in praktijk te brengen. Als er wordt gekeken naar vergelijkbare projecten (Coöperatieve ITS Corridor), neemt dit veel tijd in beslag. Ook de uitvoerbaarheid laat te wensen over. De verwachting is dat ZIGBEE dezelfde uitdagingen tegenkomt als het VANET (zie bijlage B.3.). Hiertoe is besloten om ZIGBEE hier de minimale score op toe te kennen (- -).

Duur van onderscheidendheid (-)

De eigenschap die ZIGBEE met zich meebrengt, is dat het een technische infrastructuur benodigd welke gebruik maakt van een wegwijk systeem. Dit wegwijk systeem zal overal in Nederland gebouwd worden. Hierdoor is het lastig om concurrentie geen kennis te laten ontwikkelen op dit gebied, of geen gebruik hiervan te laten maken. De verwachting is dat mogelijkheden van ZIGBEE maximaal een jaar innovatief blijven. De score die wordt toegekend is dan ook -

Betrouwbaarheid (+/-)

Het is tot op heden onduidelijk hoe betrouwbaar het ZIGBEE systeem zal zijn, omdat het nog niet in praktijk getoetst is. Desalniettemin wordt het wel mogelijk om op meerder vlakken hinderperceptie te beperken, waardoor de kans op succes groter wordt. Hierdoor zal ZIGBEE een +/- scoren op betrouwbaarheid.

Overdraagbaarheid (++)

De VDS methodiek om hinderperceptie te beperken tijdens wegwerkzaamheden is makkelijk overdraagbaar naar projecten. Wanneer er eenmaal een standaard algoritme is opgesteld voor verschillende situaties (van vier naar drie rijstroken, van drie naar twee rijstroken, etc.), kan deze voor meerdere projecten worden gebruikt zonder grote aanpassingen. Hierdoor scoort deze techniek ++ op dit criterium.

²⁸ Hoe de ZIGBEE infrastructuur vormgegeven wordt en wie deze moet betalen is van grote invloed op de prijs. Huidige signalen zijn dat deze infrastructuur opgezet en onderhouden wordt door een marktpartij met relevante kennis op dit gebied. Afhankelijk van de rol die Heijmans hierin gaat spelen brengt deze technologie hoge kosten met zich mee. In dit onderzoeksrapport wordt van deze constructie uitgegaan.

E.3. In Vehicle Information (IVI)

Effectiviteit (+/-)

IVI scoort op doelstellingen 1-4, 6-10 (zie 73Bijlage D, pagina 73). Dit brengt de score op +/-.

Prijs (++)

De kosten van IVI zijn naar verwachting zeer laag. Dit vanwege het feit dat voor IVI gebruik wordt gemaakt van communicatie infrastructuur welke reeds gerealiseerd kan zijn. Hierdoor hoeft er slechts een investering te worden gedaan in het opstellen van de berichten en het gebruik van de communicatie infrastructuur. Dit maakt IVI de meest goedkope innovatie. De score is dan ook ++.

Maakbaarheid en uitvoerbaarheid (++)

IVI is afgezien van de benodigde communicatie infrastructuur zeer maakbaar en uitvoerbaar. De crux ligt echter bij het feit dat allereerst de eerder genoemde infrastructuur aanwezig moet zijn. Als er louter beoordeeld wordt op de maakbaarheid en uitvoerbaarheid van IVI zelf, scoort deze maximaal.

Duur van onderscheidendheid (--)

De duur van onderscheidendheid zal aan de korte kant zijn. Met IVI kan alle kanten op gegaan worden, en de berichten die meest effectief zijn, zullen worden overgenomen door andere partijen. Hierdoor scoort IVI minimaal op dit criterium.

Betrouwbaarheid (+/-)

De technische betrouwbaarheid van IVI is afhankelijk van de gebruikte communicatie infrastructuur en de partijen die deze infrastructuur beheren. Dit zorgt er voor dat Heijmans waarschijnlijk geen directe invloed heeft op het systeem en dus afhankelijk is van andere partijen. Hierdoor kan geen garantie worden gegeven over de technische betrouwbaarheid. De betrouwbaarheid van het effect van de technologie is groot. Uit meerdere bronnen valt te concluderen dat (mits voldaan aan bepaalde eisen) IVI zeer effectief kan zijn in het beperken van verkeershinderperceptie. Hierdoor scoort IVI op dit criterium +/-

Overdraagbaarheid (++)

IVI is zeer makkelijk overdraagbaar naar andere projecten, mits er gebruik gemaakt wordt van dezelfde communicatie infrastructuur. Hiertoe scoort IVI maximaal op dit criterium.

E.4. (E)FCD

Effectiviteit (-)

(E)FCD kan in principe alleen worden gebruikt als middel om data te vergaren. Hierdoor scoort (E)FCD alleen op doelstellingen 11-13 en voldoet daarmee aan slechts drie doelstellingen, waardoor de score - wordt.

Prijs (- -)

De kosten van deze methode om data te verzamelen lijken beperkt, maar zijn dit niet. Er zal moeten worden betaald voor de data die wordt ingekocht. De prijs hiervan kan variëren, maar de verwachting is dat dit duurder zal zijn dan het gebruik van IVI en een VDS, omdat voor ieder project opnieuw een investering moet worden gedaan. Hiertoe wordt de score van (E)FCD in de categorie prijs vastgesteld op - -.

Maakbaarheid en uitvoerbaarheid (++)

(E)FCD scoort op beide vlakken goed, omdat (E)FCD een techniek is die makkelijk toegepast kan worden in de toekomst en zeer uitvoerbaar is (3.4.3). Hierdoor scoort deze techniek ++.

Duur van onderscheidendheid (-)

Het opvragen van (E)FCD en het gebruik van deze data zal niet heel lang onderscheidend blijven. Afhankelijk van de informatie die kan worden opgevraagd en hoe deze informatie wordt gebruikt kan het redelijk onderscheidend blijven tot maximaal een jaar. De score wordt dan -.

Betrouwbaarheid (+/-)

(E)FCD is een redelijk betrouwbare techniek. De betrouwbaarheid van de afname van hinderperceptie is echter discutabel. Daardoor krijgt dit systeem een score van +/- in deze categorie.

Overdraagbaarheid (+)

(E)FCD kan gebruikt worden voor ieder project, al is het nodig om voor ieder project nieuwe informatie op te vragen. Afhankelijk hoe overdraagbaarheid geïnterpreteerd wordt is zowel een maximale score (bij alle projecten opvraagbaar) als minimale score (bij ieder project nieuwe informatie opvragen) verdedigbaar. Omdat er bij het criterium 'prijs' al gecorrigeerd is voor het steeds opnieuw moeten aanvragen van data, zal hier niet de minimale score worden toegekend. Omdat het criterium 'prijs' slechts een weging kent van 5%, en overdraagbaarheid 10%, is er voor gekozen om in plaats van '++', '+' toe te kennen.

E.5. Datafusie

Effectiviteit (-)

Datafusie maakt het mogelijk om betrouwbare data te vergaren. Dit betekent dat deze techniek alleen scoort op de doelen 10-13. Dit maakt een score van -.

Prijs (+)

Ook bij deze technologie zijn kosten aan de lage kant, hoewel er veel tijd geïnvesteerd moet worden in het vergaren van alle data en het creëren van algoritmes om deze data samen te voegen. De kosten kunnen geschaald worden tussen ZIGBEE en IVI, ofwel +.

Maakbaarheid en uitvoerbaarheid (- -)

De techniek datafusie is zeer moeilijk te maken en te kalibreren, ook zal de uitvoerbaarheid lastiger zijn dan bij de meeste andere technologieën. Hiertoe is een score van - - toegekend.

Duur van onderscheidendheid (- -)

Datafusie is een technologie die eigenlijk niet uniek is, wanneer de techniek uitgedacht en gemaakt is, is dit systeem op termijn ook bruikbaar voor andere partijen. De score is dan ook minimaal op dit vlak.

Betrouwbaarheid (- -)

Technische betrouwbaarheid laat nog te wensen over omdat algoritmes voor de fusie zeer gevoelig zijn, en hier geldt zeer zeker "*garbage in, is garbage out*". Dat betekent ook dat de zekerheid van de beperking van hinderperceptie beperkt is. De toegekende score is dan ook - -.

Overdraagbaarheid (++)

Datafusie is makkelijk overdraagbaar, daar er eenmaal een algoritme is om data te fuseren, dit voor meerdere projecten gedaan kan worden.

