

Het toetsen van telematica-toepassingen op verkeersveiligheids- effecten

R-96-15

J.M.J. Bos & drs. S. Oppe

Leidschendam, 1996

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

Documentbeschrijving

Rapportnummer: R-96-15
Titel: Het toetsen van telematica-toepassingen op verkeersveiligheids-effecten
Auteur(s): J.M.J. Bos & drs. S. Oppe
Onderzoeksmanager: Drs. S. Oppe
Projectnummer SWOV: 54.520
Projectcode opdrachtgever: HVVL 95.116
Opdrachtgever: De inhoud van dit rapport berust op gegevens die zijn verkregen in het kader van een project, dat is uitgevoerd in opdracht van de Adviesdienst Verkeer en Vervoer van Rijkswaterstaat. Het project is begeleid door ir. H.J. Moning.

Trefwoorden: Accident prevention, warning, incident detection, accident, driver information, telecommunication, data processing, accident rate, traffic, safety, specifications, behaviour, evaluation (assessment), measurement.

Projectinhoud: In dit rapport wordt een uitwerking gegeven van een toetsings-procedure en de bijbehorende toetsingscriteria, waarmee telematica-toepassingen kunnen worden beoordeeld op de (al dan niet beoogde) effecten die ze hebben op de verkeersveiligheid.

Aantal pagina's: 61 pp.
Prijs: f 25,-
Uitgave: SWOV, Leidschendam, 1996

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV



Stichting
Wetenschappelijk Postbus 1090
Onderzoek 2260 BB Leidschendam
Verkeersveiligheid Duindoorn 32
SWOV telefoon 070-3209323
 telefax 070-3201261

Samenvatting

In dit rapport wordt een uitwerking gegeven van een toetsingsprocedure en de bijbehorende toetsingscriteria, waarmee telematica-toepassingen kunnen worden beoordeeld op de (al dan niet beoogde) effecten die ze hebben op de verkeersveiligheid.

Eerst wordt een overzicht gegeven van de diverse bronnen waarvan is nagegaan of zij relevantie hebben voor toetsing op veiligheid. Het betreft diverse nationale en internationale onderzoeks- en beleidsdocumenten. In deze overzichten wordt de problematiek vanuit verschillende invalshoeken benaderd.

In het rapport wordt aandacht besteed aan de 'prospectieve' analyse van telematicasystemen (analyse gedurende het ontwikkelingsproces) en 'retrospectieve' analyse (analyse van systemen die in een proefgebied worden geïmplementeerd of al in de praktijk worden toegepast). Voor de retrospectieve analyse van de veiligheidseffecten van systemen is het fase-model van het verplaatsings- en vervoersproces gevolgd.

Er wordt een stapsgewijze benadering geschetst die kan worden gebruikt bij het concreet formuleren van veiligheidscriteria voor zeer diverse telematica-systemen. De uitwerking van deze stappen levert de voorwaarden waaraan telematica-toepassingen uit verkeersveiligheids-overwegingen dienen te voldoen en de toetsingscriteria die daarbij moeten gelden.

Voor een aantal applicaties zijn in de literatuur al uitwerkingen te vinden. Deze vormen een belangrijke hulp bij het concretiseren van de aanpak. Een aantal praktijkvoorbeelden is uitgekozen om de toetsingsprocedure en de bijbehorende veiligheidscriteria in meer detail toe te lichten.

Voorts wordt voor een voor de verkeersveiligheid zeer relevant toepassingsgebied, te weten verkeersmanagement op niet-autosnelwegen, aangegeven op welke veiligheidsproblemen telematicasystemen zich zouden moeten richten, indien zij zouden worden ontwikkeld om de veiligheid te vergroten. Er wordt een voorbeeld gegeven van een gecombineerd systeem van routegeleiding en snelheidsregeling, waarbij eveneens wordt aangegeven hoe zo'n systeem kan worden geëvalueerd.

Ten slotte is er een verkorte versie van dit rapport gemaakt, waarin, op basis van de informatie uit het rapport, de belangrijkste conclusies voor het toetsen van telematicasystemen op veiligheid zijn samengevat.

Summary

The testing of telematics applications for their road safety effects

This report describes the elaboration of a test procedure and matching test criteria for assessing the intentional and unintentional effects of telematics applications on road safety.

It begins with an overview of the various documentary sources available and discusses whether they are relevant to a test on safety. These sources consist of a variety of national and international research and policy documents. The overview examines the problem from different angles. The report then describes a 'prospective' analysis (an analysis carried out during the development process) and a 'retrospective' analysis (analysis of systems being implemented in a test bed or already being implemented in practice) of telematics systems. The phase model for the transport and displacement process was used in the retrospective analysis of the safety effects of systems.

This is followed by an account of a step-by-step process which can be used in the practical development of safety criteria for a wide range of telematics systems. The development of these steps defines the conditions which telematics applications must meet in order to ensure road safety, and also specifies the test criteria which must be used.

A number of applications have already been elaborated in literature on the subject. These examples are important in assessing the practical implementation of the approach. The report selects a number of practical examples to describe the test procedure and the accompanying test criteria in more detail.

The report then uses a highly relevant area of application for road safety, namely traffic management on non-motorway roads, to indicate which road safety problems telematics systems should target if they are to be developed to increase safety. It gives an example of a combined system of route mapping and speed regulation, and indicates how such a system can be evaluated.

Finally, there is a shortened version of the report which summarises the main conclusions for the testing of the road safety effects of telematics systems, based on the information contained in the report.

Inhoud

1.	<i>Inleiding</i>	7
2.	<i>Het specificeren van de evaluatieprocedure en de toetsingscriteria</i>	10
2.1.	Vragen van belang voor de specificatie	10
2.2.	Bestaande overzichten vanuit diverse doelstellingen	12
2.2.1.	Het derde kaderprogramma	12
2.2.2.	De voorstudie technologiebeleid	13
2.2.3.	De voortgangsnota telematica verkeer en vervoer	14
2.3.	Voor verkeersveiligheid belangrijke gebieden van telematica-toepassingen	14
2.3.1.	Niveaus in het verkeersproces	14
2.3.2.	Indeling van toepassingen volgens de niveaus	15
2.4.	Fasen in het ontwikkelingsproces van systemen	17
2.5.	Samenvatting	18
3.	<i>Belangrijkste beoordelingsaspecten</i>	20
3.1.	Bestaande overzichten van beoordelingsaspecten	20
3.1.1.	De HOPES-lijst	20
3.1.2.	De MMI-checklist	21
3.1.3.	De Code of Practice	22
3.1.4.	Specificaties van de HOPES-lijst	24
3.1.5.	De Traffic-Safety Checklist	25
3.1.6.	Andere bronnen	25
3.2.	Beoordelingsaspecten volgens niveau in het verplaatsingsproces	25
3.2.1.	Functie van een evaluatie	26
3.2.2.	Belangrijke elementen in de aanpak	26
3.2.3.	Evaluatie-aspecten naar applicatiecategorie	27
3.3.	Samenvatting	30
4.	<i>Mogelijkheden om verkeersveiligheid te meten</i>	31
4.1.	Soorten evaluatie-onderzoek	31
4.1.1.	De stapsgewijze opzet van het onderzoek	31
4.1.2.	Stadia in de ontwikkeling van een applicatie	32
4.1.3.	Prospectief en retrospectief onderzoek	32
4.1.4.	Produkt- en procesevaluatie	33
4.1.5.	Directe en indirecte methoden	33
4.2.	Meetmethoden	33
4.3.	Keuze van onderzoeksmethode en toetsingscriteria	34
4.3.1.	Onderzoeksmethoden en toetsingscriteria op het gebied van de mobiliteit	35
4.3.2.	Onderzoeksmethoden en toetsingscriteria op het gebied van de verkeersstromen	36
4.3.3.	Onderzoeksmethoden en toetsingscriteria op het gebied van het verkeersgedrag	36
4.3.4.	Onderzoeksmethoden en toetsingscriteria op het gebied van de rijtaak	37

4.3.5.	Onderzoeksmethoden en toetsingscriteria op het gebied van de ongevallen	38
4.4.	Praktijkvoorbeeld	39
4.4.1.	Keuze van het voorbeeld	39
4.4.2.	De toegepaste ‘incident warning’-systemen	40
4.4.3.	Hypothesen over het effect van de systemen	42
4.4.4.	Maten en criteria	45
4.5.	Samenvatting	47
5.	<i>Uitwerking voor toekomstige telematica-toepassingen</i>	49
5.1.	Keuze van de toepassingen en de motivering vanuit veiligheid	49
5.2.	Verkeersmanagementsystemen	52
5.3.	Systeemkarakteristieken van de telematica-toepassingen	53
5.4.	Evaluatiemethoden en toetsingscriteria	55
5.5.	Voorbeeld van een systeem voor routegeleiding en snelheidsregeling	56
5.6.	Samenvatting	58
	<i>Literatuur</i>	59

1. Inleiding

Telematica-toepassingen op het gebied van verkeer en vervoer bestrijken een ruim domein; systemen van zeer diverse aard behoren ertoe. Deze systemen verschillen van elkaar op het punt van de doelstelling waarvoor ze ontworpen zijn, het niveau waarop ze ingrijpen in het verkeers- en vervoerssysteem, en de effecten die ze sorteren op de veiligheid. Ook de fase waarin toetsing op veiligheid mogelijk is dan wel plaatsvindt en de methode van evaluatie loopt voor de verschillende systemen uiteen. Het toetsen van dergelijke systemen op veiligheid is daarom niet eenvoudig.

Het voorliggende rapport is bedoeld als hulpmiddel voor ontwerpers van telematica-systemen en voor instanties die telematica-systemen voor verkeer en vervoer moeten beoordelen op hun implicaties voor de verkeersveiligheid. Verder voor beleidmakers, wegbeheerders en andere actoren die telematica ontwikkelingen binnen verkeer en vervoer willen monitoren, stimuleren of actief helpen ontwikkelen ter verhoging van de veiligheid, of die verschillende scenario's met elkaar willen vergelijken op criteria waaronder veiligheid.

Het rapport houdt rekening met de accenten die in de *Voortgangsnota telematica verkeer en vervoer* (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1993) op een aantal telematica-toepassingsgebieden worden gelegd. Voorts vormt dit rapport een uitwerking van de veiligheidsaspecten die worden genoemd in de nota *Bouwstenen beleidsvisie telematica verkeersveiligheid* (Oppe, Roszbach & Heijer, 1995).

De nota *Bouwstenen beleidsvisie telematica verkeersveiligheid* vermeldt de toepassingen die voor de verkeersveiligheid het belangrijkste kunnen zijn. Het fasemodel van het verplaatsings- en vervoersproces geeft daarbij aan welke soorten effecten bij de verschillende toepassingen aan de orde zijn. De indeling van de toepassingen in hoofdgebieden, die met het fasemodel als invalshoek ontstaat, wordt in dit rapport uitgewerkt.

Om evaluatie-criteria te kunnen formuleren is behalve een indeling ook een analyse nodig van de werking van de gebruikte systemen. Deze benadering vanuit de evaluatie op veiligheid vraagt eveneens om aandacht voor specifieke aspecten van systemen.

Voor het vaststellen van een toetsingsprocedure en bijbehorende criteria ten slotte, is ook een indeling van belang die meer is gericht op de *doelstelling* van de systemen, zoals die bijvoorbeeld wordt gebruikt binnen het derde kaderprogramma DRIVE II.

Het toetsen van telematica-systemen op veiligheidseffecten is niet iets volstrekt nieuws. De toetsingscriteria sluiten dan ook aan op meer algemeen geformuleerde of te formuleren criteria voor veiligheids-evaluatie. Wel is het zo dat telematica-systemen vaak innovatief zijn en zoals gezegd zeer divers van aard, waardoor de kans bestaat op niet voorziene gevolgen voor de veiligheid.

Er wordt een stapsgewijze benadering gevolgd die kan worden gebruikt bij het concreet formuleren van veiligheidscriteria voor zeer diverse telematica-systemen. De uitwerking van deze stappen levert de voorwaarden waaraan telematica-toepassingen uit verkeersveiligheidsoverwegingen dienen te voldoen en de toetsingscriteria die daarbij moeten gelden. Een belangrijke bron bij het opstellen van deze voorwaarden en

criteria vormen diverse reeds bestaande richtlijnen voor de evaluatie van telematica-toepassingen, die in globale zin een aantal relevante methoden en toetsingsaspecten aangeven.

Voor een aantal applicaties zijn in de literatuur al uitwerkingen te vinden. De beschreven uitwerkingen waren een belangrijke hulp bij het concretiseren van de aanpak. Eén zo'n praktijkvoorbeeld is uitgekozen om de toetsingsprocedure en de bijbehorende veiligheidscriteria in meer detail toe te lichten.

Ten slotte is voor een voor de verkeersveiligheid zeer relevant toepassingsgebied, te weten voor systemen voor verkeersmanagement op niet-autosnelwegen, nagegaan hoe toetsingscriteria kunnen worden geformuleerd voor het beoordelen van de betreffende (nog te ontwikkelen respectievelijk toe te passen) telematica-systemen op hun gevolgen voor de verkeersveiligheid.

In hoofdstuk 2 worden eerst een aantal vragen gesteld die de relevante veiligheidsaspecten op hoofdlijnen in kaart brengen. Daarbij worden bestaande overzichten kort samengevat. Vervolgens wordt de werking van systemen behandeld op de verschillende niveaus van het verkeersproces (mobiliteit, verkeersstromen, verkeersgedrag, rijtaak en ongevallen) waarop een systeem kan ingrijpen op de veiligheid. Gezien de gevarieerdheid van de systemen is het niet mogelijk om op projectniveau criteria aan te geven waarop getoetst dient te worden. Wel kan worden aangegeven volgens welke procedure de opzet van een evaluatie-onderzoek tot stand dient te komen en hoe bijbehorende toetsingscriteria dienen te worden vastgesteld.

In hoofdstuk 3 komen de belangrijkste beoordelingsaspecten per niveau aan de orde. Ook hier wordt eerst een samenvatting gegeven van de relevante informatie uit bestaande overzichten, waarna de beoordelingsaspecten per niveau worden behandeld.

Om de uitwerking van de toetsingsprocedure en keuze van de bijbehorende toetsingscriteria voor een gekozen project concreet te maken, is in hoofdstuk 4 een voorbeeld uitgewerkt van een systeem waar een dergelijke evaluatie al is toegepast. Aangegeven wordt hoe de relevante veiligheidsaspecten kunnen worden gemeten. De evaluatiemethoden die daarbij kunnen worden gebruikt en de bijbehorende toetsingscriteria worden weer per niveau behandeld. Het hoofdstuk wordt afgesloten met de uitwerking van een in het DRIVE II-project *HOPES* uitgevoerd evaluatie-onderzoek waarbij 'incident warning'-systemen zijn beoordeeld op hun veiligheidsconsequenties. Ook hierbij is weer een vertaling gemaakt naar de diverse niveaus van het verkeersproces.

In hoofdstuk 5 is ten slotte een uitwerking gegeven van een voor de veiligheid zeer relevant gebied, waarop telematica mogelijk een zinvolle bijdrage zou kunnen leveren, maar waarvoor nog geen systemen bestaan. Het betreft verkeersmanagement-systemen voor 80 km/uur-wegen buiten de bebouwde kom en 50 km/uur-wegen binnen de bebouwde kom. Aangegeven is waar deze systemen zich op zouden moeten richten om de veiligheid te verhogen, en verder welke methoden en criteria moeten worden gebruikt om verkeersveiligheidseffecten aan te tonen.

Een groot aantal telematica-systemen betreft een ander belangrijk gebied: telematica-toepassingen *in het voertuig*. De toetsing van dergelijke 'in-car'

telematica-systemen zal in het project: 'Automatisering van de rijtaak' uitgebreid aan de orde komen.

2. Het specificeren van de evaluatieprocedure en de toetsingscriteria

2.1. Vragen van belang voor de specificatie

Zoals gezegd zijn er diverse aspecten van belang voor het evalueren van systemen op veiligheid. De onderstaande vragen kunnen worden gebruikt bij het opstellen van een evaluatie-onderzoek en het vaststellen van toetsingscriteria. De vragen betreffen de aard van de systemen, hun bedoeling, hun samenhang, de situatie waarin en de omstandigheden waaronder zij functioneren, hun mogelijke uitwerking op de veiligheid van verkeersdeelnemers en hun gedrag, en de van dit alles afgeleide wijze van toetsing.

De eerste vier vragen betreffen de systemen, hun doelstellingen en samenhang:

1. Is er sprake van een enkelvoudig telematica-systeem of is het systeem samengesteld uit deelsystemen?
2. Wat is het doel van elk deelsysteem en op welk niveau is dit doel gedefinieerd?
3. Hoe wordt dit doel voor elk deelsysteem bereikt en op welke niveaus kan het ingrijpen op de veiligheid?
4. Met welke deelsystemen, andere telematica-systemen of klassieke systemen interfereert het deelsysteem (versterkt of verzwakt het de werking van andere systemen of levert de combinatie verwarring op enzovoort)?

De volgende vragen betreffen de uitwerking van het systeem op het verkeer en de veiligheid:

5. Welke directe of indirecte veiligheidsconsequenties zijn er op de verschillende niveaus?
6. Voor welke wegen of verkeerssituaties is het systeem bedoeld of heeft het consequenties?
7. Voor welke verkeersdeelnemers heeft het potentiële gevolgen?

De volgende vragen betreffen het innovatieve karakter:

8. In welke fase van ontwikkeling of toepassing bevindt het systeem zich?
9. Is er elders al ervaring opgedaan met het toetsen van het systeem; wat kan men daarvan leren?

De laatste vragen betreffen de methode van evalueren:

10. Welke evaluatiemethode komt voor toetsing in aanmerking?
11. Welke indicatoren kunnen worden gebruikt voor effectmeting?

Ad 1. De aard van het systeem

Het is niet altijd duidelijk wat onder een systeem wordt verstaan. Soms is een systeem een samenstel van diverse deelsystemen, die gericht kunnen zijn op hetzelfde doel, maar die elkaar ook wederzijds kunnen aanvullen, versterken, verzwakken in hun veiligheidsconsequenties. Een verkeersmanagement-systeem kan bijvoorbeeld bestaan uit één tot zeven subsystemen, waaronder bijvoorbeeld een waarschuwingssysteem voor incidenten. Wij komen hier later nog op terug.

Ad 2. Systeem-doel

Een Incident Warning System (IWS), op zichzelf staand of als onderdeel van een verkeersmanagement-systeem, is bedoeld om bestuurders te waarschuwen en aanpassing van het gedrag te bereiken. De doelstelling van zo'n deelsysteem is altijd specifiekere dan die van het totale systeem. De evaluatie kan dan ook het beste aansluiten op het specifieke doel.

Ad 3. Systeem-werking

Een IWS kan bij waarschuwing voor een file, behalve op het beoogde gedragsniveau, ook consequenties hebben voor het verkeersniveau, wanneer verkeersdeelnemers bijvoorbeeld een andere route kiezen. Het betreft hier een neveneffect dat met de doelstelling niet beoogd is, maar dat wel relevant is voor de veiligheid.

Ad 4. Interactie tussen systemen

Zo'n verandering van route als gevolg van de filewaarschuwing van het IWS-systeem kan worden versterkt door de aanwezigheid van een routegeleidingssysteem in het voertuig.

Ad 5. Veiligheidsconsequenties

De waarschuwing kan een positief effect hebben op de veiligheid op de weg waarop de waarschuwing wordt gegeven, maar als een aantal verkeersdeelnemers inderdaad een andere route kiest, die gevaarlijker is, dan beïnvloedt dit het totaal effect op veiligheid. Toetsing dient dus ook het invloedsgebied van het systeem te omvatten. Zie bijvoorbeeld ook de HOPES-checklist en de in Engeland ontwikkelde 'Code of practice' (Southall & Robertson, 1994).

Ad 6. Toepassingsbereik en neveneffecten

Systemen die worden toegepast op een bepaald type weg kunnen niet zomaar worden toegepast op andere typen wegen, zonder daarvoor apart opnieuw de veiligheidseffecten te hebben bezien. Zo kan een systeem dat op zichzelf genomen goed werkt op een snelweg of autoweg, problemen opleveren bij toepassing op wegen met langzaam verkeer of in situaties met kruisend verkeer.

Ad 7. Invloed op verkeersdeelnemers

Toepassing van verkeersafhankelijke 'groene golven', kan een positief effect hebben op de gereden snelheden en daarmee op de veiligheid. Als echter de wachttijden van het langzaam verkeer daardoor toenemen en dit vervolgens een toename van het aantal roodlichtovertredingen door voetgangers en fietsers tot gevolg heeft, zou het netto-veiligheidseffect wel eens negatief kunnen zijn. Zie ook hiervoor onder andere de HOPES-checklist.

Ad 8. Fasering

Sommige systemen bevinden zich nog in de ontwikkelingsfase. Dit is bijvoorbeeld het geval bij zeer veel 'in-car'-toepassingen van telematica. Voor toetsing op veiligheid gedurende het ontwikkelingsproces (prospectieve evaluatie) zijn andere methoden nodig dan voor toetsing op veiligheid van systemen die in een proefgebied worden geïmplementeerd of al in de praktijk worden toegepast (retrospectieve evaluatie).

Ad 9. Beschikbare kennis

Een belangrijk aspect van goed evaluatie-onderzoek is dat bij rapportage, ook wanneer de evaluatie negatieve resultaten oplevert of niet goed mogelijk blijkt, wordt aangegeven welke problemen optraden, waar in het vervolg rekening mee moet worden gehouden. Ook als de gebruikte methode niet toepasbaar is, kunnen de opgedane ervaringen zeer leerzaam zijn voor anderen.

Ad 10. Evaluatiemethode

De volgende methoden worden vaak toegepast bij retrospectieve evaluatie: ongevallens studie, verkeers-, gedrags- en conflictanalyse in het veld of in een kleinschalig proefproject vaak aangevuld met een enquête. In de ontwikkelingsfase wordt vaak gebruik gemaakt van simulatorstudies en onderzoek met geïnstrumenteerde voertuigen. Verder is het daarbij van belang om ook vooraf al een systeemanalyse op veiligheid toe te passen.

Ad 11. Indicatoren

Bij een vaststelling van de mogelijke veiligheidsconsequenties en de gekozen onderzoeksmethode, dient vervolgens precies te worden aangegeven hoe deze effecten kunnen worden gemeten. Elk specifiek veiligheidsprobleem, gecombineerd met elke methode, zal in de regel zijn eigen indicatoren en toetsingscriteria hebben.

Uit bovenstaande vragen blijkt duidelijk dat niet een simpele checklist is te maken die kan worden gebruikt bij het beoordelen van alle mogelijke telematicasystemen op de veiligheidseffecten en voor het kiezen van de daarbij te hanteren criteria. Om enige ordening aan te brengen in de diverse aspecten die van belang zijn voor het evalueren van systemen op veiligheid, geven we hieronder een beknopt overzicht van de belangrijkste invalshoeken op basis waarvan telematica-systemen kunnen worden ingedeeld. We gaan daarbij uit van de bestaande literatuur: hierin zijn beschrijvingen te vinden van verschillende telematica-systemen die al bestaan of nog in ontwikkeling zijn of waaraan wordt gedacht.

2.2. Bestaande overzichten vanuit diverse doelstellingen

2.2.1. Het derde kaderprogramma

Het derde kaderprogramma voor 'Research and technology development in advanced road transport telematics' past een indeling toe in zeven hoofdgebieden. In dit omvangrijke pakket projecten van de Europese Commissie, DG XIII (Information Technologies and Industries, and Telecommunications, aangeduid als DRIVE II), wordt voortgebouwd op de resultaten van DRIVE I en worden relaties gelegd met EUREKA.

Het Programma (DRIVE, 1993) noemt de volgende telematica-toepassingen:

1. *Demand Management*, met als belangrijke deelgebieden: *Road pricing*, *Car parking*, *Public transport*, en *Public response*.
2. *Travel and Traffic Information Systems*, met als deelgebieden: *Travel information*, *Traffic information*, *Trip planning*, en *Navigation/guidance*.

3. *Integrated Urban Traffic Management Systems*, met als deelgebieden: *Integration of traffic control with public transport at strategic and operational levels*, *Integration of urban traffic control with inter-urban traffic control at strategic and operational levels*, en *Integration of urban traffic control with information services at strategic and operational levels*.
4. *Integrated Inter-urban Traffic Management Systems*, met als deelgebieden: *Incident and congestion detection and road condition monitoring and traffic prediction*, *Traffic control and toll collection*, en *Operating centres and link with urban traffic management*.
5. *Driver Assistance & Cooperative Driving*, met als deelgebieden: *Driver task modelling (co-driver systems)*, *Driver workload*, *Behavioural adaptation*, *Drivers' needs and acceptance*, en *Impact assessment*.
6. *Freight and Fleet Management*, met als deelgebieden: *Mobile data communication*, *Electronic data exchange*, *Tracking and tracing of goods and vehicles*, en *Hazardous goods monitoring and control*.
7. *Public Transport Management*, met als deelgebieden: *Data modelling and applications software*, *AVM/VSCS systems (advanced vehicle management/vehicle scheduling and control system)*, *Passenger information*, *Bus priority*, en *Fare collection systems (electronic ticket machines)*.

Het overzicht geeft een goed beeld van de diversiteit aan onderwerpen in het wegverkeer waarvoor telematica-toepassingen worden ontworpen of bedacht.

Niet elk van de genoemde toepassingen heeft rechtstreeks consequenties voor de verkeersveiligheid, maar vele toepassingen hebben tevens veiligheidsimplicaties.

De soorten gevolgen van de toepassingen voor de veiligheid lopen bij deze indeling nogal door elkaar heen. Zo kunnen applicaties in de sfeer van 'road pricing', parkeren, verkeersinformatie of toeritdosering alle van invloed zijn op de omvang van verkeersstromen en op hun verdeling over het wegennet, en daarmee op vergelijkbare wijze op het risico.

Het overzicht is echter ook voor een veiligheidsbeoordeling nuttig, vooral bij de uitwerking van de bovengenoemde vraag 4, om na te gaan welke systemen kunnen worden gecombineerd om bepaalde doelstellingen te bereiken of welke systemen daarbij als alternatief kunnen gelden.

2.2.2. De voorstudie technologiebeleid

De *Voorstudie technologiebeleid verkeer en vervoer* (Jansen, 1994) geeft een overzicht van hoofdgroepen telematica-toepassingen vanuit de verschillende technologieën. Het resulteert in de volgende zes technologiebundels:

1. Materialen en materiaalgebruik
2. Aandrijving
3. Voertuig-interne interfaces
4. Advanced traffic management systems
5. Advanced traveller information systems
6. Advanced vehicle control systems

Het onderwerp 'materialen en materiaalgebruik' is met name in de eigenlijke ongevalsfase voor de verkeersveiligheid relevant, maar is geen

telematica-toepassing. Dit geldt ook voor een onderwerp als 'aandrijving'. De onderwerpen van de andere technologiebundels komen feitelijk ook in andere indelingen voor, waaronder het schema van DRIVE II, zij het op verschillende plaatsen en niet altijd expliciet. Deze indeling wordt verder niet gebruikt bij de uitwerking van een toetsingsprocedure.

2.2.3. *De voortgangsnota telematica verkeer en vervoer*

De *Voortgangsnota telematica verkeer en vervoer* (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1993) noemt vijf gebieden van telematica-toepassingen als onderwerpen van strategische beleidskeuzen. De volgende vijf beleidsconcepten zijn geformuleerd:

1. Een ketenbenadering van het goederenvervoer
2. Dynamische verkeersbeheersing
3. Multimodale reisinformatie
4. De chipcard technologie
5. De telematica-infrastructuur

De nota plaatst de verkeersveiligheid binnen het kader van een duurzaam veilig verkeers- en vervoerssysteem, waarin telematica een grote rol kan spelen. Bij de ontwikkeling van de telematica-toepassingen is de verkeersveiligheid dan vooral een belangrijke randvoorwaarde als element van facetbeleid. Het betekent dat in het bijzonder de veiligheidsimplicaties van toepassingen op de genoemde gebieden moeten kunnen worden aangegeven. De gebruikte indeling past overigens niet goed bij de vraagstellingen van de verkeersveiligheidsevaluatie en was daar ook niet voor bedoeld. Daarom wordt ook deze indeling verder niet gebruikt bij de uitwerking.

2.3. **Voor verkeersveiligheid belangrijke gebieden van telematica-toepassingen**

2.3.1. *Niveaus in het verkeersproces*

Hoewel telematica-toepassingen onderling nogal verschillen, hoeft het niet zo te zijn dat ook de mechanismen volgens welke zij de verkeersveiligheid beïnvloeden, uiteenlopen. In de gevallen waarin sprake is van gelijke of nauw verwante mechanismen en soortgelijke effecten, zullen ook de systematieken waarmee de toepassingen op hun implicaties voor de verkeersveiligheid worden beoordeeld en getoetst, verwant kunnen zijn. Vanuit het oogpunt van verkeersveiligheid en de evaluatie daarvan zijn dergelijke toepassingen dan ook in eenzelfde hoofdgroep in te delen. Ook al zal elke telematica-toepassing specificatie behoeven, binnen elke hoofdgroep kan toch tot op zekere hoogte een meer algemene en systematische aanpak van de toetsingsproblematiek worden ontwikkeld.

Het in de inleiding genoemde SWOV-rapport *Bouwstenen beleidsvisie telematica verkeersveiligheid* (Oppe, Roszbach & Heijer, 1995), gebruikt als ordeningsprincipe de invalshoek van het *fasemodel van de verkeersonveiligheid*. Het fasemodel geeft in het totale verplaatsings- en vervoersproces de momenten aan waarop de verkeersrisico's zich manifesteren. Ook in het SWOV-rapport *Verkeersveiligheid in het Rijn-Corridor-project* (Bos, 1995) wordt deze indeling gekozen en worden de onderstaande vier

procesniveaus als volgt onderscheiden, waarbij de verkeersveiligheid op de latere niveaus een steeds meer centrale plaats inneemt:

1. Het definiërende niveau, waarop het genereren van mobiliteit plaatsvindt en bestemming, vervoerswijze(n), tijdschema en route worden gekozen;
2. Het niveau waarop de reisparameters gedurende de rit worden aangepast aan de actuele verkeerssituatie of bijvoorbeeld aan tussentijdse wijzigingen in (sub)doelen van de rit;
3. Het niveau waarop de rijnsnelheid, de volgafstand en de rijstrook worden gekozen, waarop wordt besloten om in te halen, af te remmen of af te slaan bijvoorbeeld en waarop verkeersconflicten moeten worden vermeden;
4. Het operationele niveau, waarop de eigenlijke rijhandelingen worden uitgevoerd alsmede nevenhandelingen als het bedienen van instrumenten, en waarop tevens informatie moet worden opgenomen en verwerkt.

Aan deze ordening dient voor het geval van feitelijke onveiligheid nog een vijfde niveau te worden toegevoegd:

5. Het ongevals niveau, waarop ervoor moet worden gezorgd dat ernst en afloop van het ongeval voor de betrokkene(n) zo beperkt mogelijk blijven en de veiligheid van overige verkeersdeelnemers (en anderen) zo min mogelijk in gevaar komt.

2.3.2. Indeling van toepassingen volgens de niveaus

Bovengenoemde SWOV-rapport (Oppe, Roszbach & Heijer, 1995) gaat uit van de hoofddoelen van de verschillende telematica-toepassingen. Een telematica-toepassing wordt ingedeeld volgens de fase in het verplaatsings- en vervoersproces waarop hij is gericht en primair ingrijpt. We vatten hieronder de indeling kort samen. Daarbij wordt explicieter dan in de nota zelf onderscheid gemaakt tussen effecten op de niveaus van het verkeersgedrag en de rijtaak, omdat deze effecten een andere aanpak van het toetsingsvraagstuk vereisen. Telematica-toepassingen naar niveau:

1. Toepassingen die primair bedoeld zijn om vooraf de mobiliteit te beïnvloeden naar omvang, modaliteit, en tijd en routekeuze. De nota *Bouwen beleidsvisie telematica verkeersveiligheid* (Oppe, Roszbach & Heijer, 1995) noemt als systemen met een veelbelovend veiligheids perspectief met name fleetmanagement van het goederenvervoer gecombineerd met 'on-board'-systemen voor vrachtauto's, systemen (en voorzieningen als overslagplaatsen, parkeerterreinen en fietsenstallingen) voor multimodaal transport en vervoer, systemen voor informatie over openbaar vervoer en afroep- en reserveringssystemen. De keuze voor deze systemen past binnen de beleidsconcepten uit de aangehaalde *Voortgangsnota telematica verkeer en vervoer* (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1993). Overigens dienen aan de ontwikkeling van systemen met een negatieve veiligheidsprognose uiteraard in een zeer vroeg stadium op grond van de veiligheidstoetsing randvoorwaarden te kunnen worden gesteld.
2. Toepassingen die primair bedoeld zijn om het actuele verkeer in goede banen te leiden, het 'gedrag van verkeersstromen' te beïnvloeden. De nota noemt hier systemen voor dynamisch en integraal verkeersmanagement (waaronder VRI-coördinatie en dynamische voorrangregelingen), dynamische parkeergeleiding, (radio)verkeersinformatie,

dynamische routegeleiding (voor zowel langzaam als snelverkeer), systemen voor 'tidal flow' en verkeerstoedeling, en systemen voor wal/voertuig-communicatie op niet-autosnelwegen en binnen de bebouwde kom. Ook de keuze voor deze systemen past binnen de genoemde *Voortgangsnota*.

3. Toepassingen die primair bedoeld zijn om incidenten en uiteindelijk ongevallen te voorkomen, het 'gedrag van weggebruikers' te beïnvloeden. Hiertoe behoren systemen voor 'incident management' en waarschuwingssystemen langs de weg (voor files, wegwerkzaamheden, gladheid of mist). Bij deze systemen ligt het accent al duidelijker op de veiligheid; ze worden in de *Voortgangsnota* dan ook niet apart genoemd.
4. Toepassingen die primair bedoeld zijn om de uitvoering van de rijtaak te ondersteunen of (gedeeltelijk) over te nemen, of die anderszins op het handelingenniveau op de bestuurders van invloed zijn. Hieronder vallen allerlei 'in-car'-systemen, 'intelligent cruise control', ABS of systemen die ingrijpen bij het naderen van kritische voertuigcondities (kantelen van vrachtauto's), maar dus ook de opname- en verwerkingsaspecten van waarschuwings- of informatiesystemen in de auto (eigen voertuigsystemen of de radio bijvoorbeeld), in het verkeer of langs de weg.
5. Toepassingen die primair bedoeld zijn om de gevolgen van een ongeval te beperken. Het gaat hier om systemen voor de vermindering van de botsnelheid, voor botsveiligheidsvergroting, voor toegespitste hulpverlening, voor regeling van het verkeer ter plaatse en voor het voorkomen van secundaire ongevallen. Relevant is hier ook het aspect van de in het voertuig en langs de weg gebruikte materialen, dat genoemd wordt in de *Voorstudie technologiebeleid verkeer en vervoer* (Jansen, 1994).

Deze indeling is met name bruikbaar bij een verdere uitwerking van vraag vijf uit het eerder genoemde schema.

In de aangehaalde nota *Bouwstenen* wordt nog eens vastgesteld dat telematica-beleid binnen de verkeersveiligheid vooral facetbeleid is van het telematica-beleid voor verkeer en vervoer, en dat het dus belangrijk is na te gaan bij welke ontwikkelingen daarin kan worden aangesloten en bij welke ontwikkelingen vanuit de veiligheid randvoorwaarden moeten worden gesteld.

In elk geval moet ook steeds worden gelet op de wisselwerking tussen verschillende telematica-toepassingen onderling, op interacties tussen wel- en niet-gebruikers, op de uitvoering van de rijtaak, op problemen die sommige gebruikers met een toepassing kunnen hebben, en op de gevolgen in extreme situaties of als het systeem faalt.

De indeling van toepassingen naar het niveau waarop zij primair ingrijpen in het verkeersproces of waarop zij bedoeld zijn of geacht worden in te grijpen, houdt dan ook niet in dat alleen naar de effecten binnen dit niveau zou moeten worden gekeken. De te ontwikkelen toetsingssystematiek zal dus weliswaar per niveau verschillen en zich per niveau richten op effecten op dat niveau, maar de toetsing van een toepassing kan vrijwel nooit tot een enkel niveau beperkt blijven.

2.4. Fasen in het ontwikkelingsproces van systemen

Sommige telematica-systemen zijn al in een vergevorderd stadium van ontwikkeling en enkele zijn al ver genoeg ontwikkeld om te kunnen worden toegepast. Voor de meeste systemen geldt echter dat ze zich nog slechts in het conceptuele stadium bevinden. Het toetsen op veiligheid is voor de verschillende ontwikkelings- en toepassingsstadia geheel verschillend, zowel wat de wijze van toetsing betreft als de daarvoor geldende indicatoren.

Zo zal bij de ontwerpfasen vooral sprake zijn van een zogenaamde prospectieve evaluatie en bij toepassing van het systeem in een proef of op ruimere schaal in het verkeer, van een retrospectieve evaluatie.

Een aantal van de nog in ontwikkeling zijnde telematica-toepassingen, zoals de ontwikkeling van 'co-driver'-systemen, zijn primair bedoeld om de verkeersveiligheid te vergroten. Deze systemen kunnen tevens van invloed zijn op de doorstroming en de wegcapaciteit. Bij de meeste toepassingen geldt echter het omgekeerde en is de verkeersveiligheid niet het eerste doel en moet gescreend worden op mogelijke bijkomende veiligheidsimplicaties. Sommige toepassingen, bijvoorbeeld de autotelefoon, zijn zelfs niet op het verkeer gericht.

Omdat het van belang is om in een zo vroeg mogelijk stadium van ontwikkeling van telematica-systemen naar mogelijke consequenties voor de veiligheid te kijken is het van belang om de ontwikkelingen op het gehele gebied te volgen.

In beide gevallen is het belangrijk om vroeg genoeg in het ontwerpproces van de telematica-toepassingen op verkeersveiligheidsconsequenties te kunnen toetsen en ontwikkelingen te kunnen bijsturen. Later, bij feitelijke invoering, zal dan retrospectief onderzoek worden gedaan naar de feitelijk in het verkeer optredende veiligheidseffecten. Er moet steeds rekening mee worden gehouden dat weggebruikers zich anders aanpassen aan nieuwe situaties en anders omgaan met nieuwe applicaties dan werd voorzien in de ontwerpfasen en dat zich onverwachte neveneffecten voordoen.

In het DRIVE II-project HOPES zijn aparte richtlijnen opgesteld die kunnen worden toegepast bij prospectief (Carsten, 1993) en retrospectief (Oppe, 1992) evaluatie-onderzoek.

Bij het prospectieve onderzoek is de specifieke werking van het telematica-systeem, het beoogde gebruik en het niet-beoogde, maar mogelijk te verwachten gebruik onderwerp van onderzoek, alsook de *mogelijke* gevolgen voor de veiligheid.

Het retrospectieve onderzoek is in het algemeen meer klassiek van aard en beperkt zich tot de toetsing van het gebruik van een gegeven systeem, de eventuele verkeers- of gedragsreacties op dat gebruik en de *zichtbare* gevolgen daarvan voor de veiligheid.

Ook deze indeling naar fase van de ontwikkeling is dus zeer relevant voor de keuze van de toetsingsprocedure en de bijbehorende veiligheidscriteria. Met de eerder genoemde indelingen naar doelstelling en naar de aard van het veiligheidseffect bepaalt deze indeling de belangrijkste verschillen in toetsingsprocedure.

Uit de resterende vragen volgt verder dat aanvullend aan deze drie hoofdindelingen ook andere aspecten bij de keuze van belang zijn. Zo vragen telematica-toepassingen op het individuele niveau een andere wijze van toetsing dan toepassingen op het collectieve niveau; hetzelfde geldt voor

toepassingen in het snelverkeer ten opzichte van toepassingen voor het langzame verkeer en voor toepassingen op snelwegen versus die op secundaire wegen of op wegen binnen de bebouwde kom.

2.5. Samenvatting

Bij het vaststellen van de toetsingsprocedure is het van belang om aan de hand van een aantal vragen te komen tot een specificatie van de te gebruiken toetsingsmethodiek en een keuze van de toetsingscriteria. De belangrijkste factoren bij die specificatie zijn het doel van het telematica-systeem, de mogelijke bijwerkingen, het niveau (de niveaus) waarop veiligheidseffecten mogen worden verwacht en de fase waarin de systeemontwikkeling of toepassing zich bevindt.

Vanuit de doelstelling zal men vaak combinaties van systemen mogen verwachten die samen (kunnen) voorkomen, en die elkaar kunnen vervangen, aanvullen of tegenwerken. De binnen DRIVE II gehanteerde indeling van telematica-systemen kan goed worden gebruikt als leidraad.

Het is ook van belang om te letten op de fasen van ontwikkeling waarin een systeem zich bevindt. In het DRIVE II-project HOPES zijn specifieke richtlijnen ontwikkeld voor evaluatie tijdens de ontwerpfase (prospectieve evaluatie) en de toepassingsfase (retrospectieve evaluatie).

Vanuit de verkeersveiligheid gezien zijn er vijf hoofdtypen van veranderingen in het verkeer, die belangrijke implicaties hebben voor onveiligheid en risico's. Voor een evaluatie van deze veranderingen op het aspect verkeersveiligheid vereist elk type zijn eigen methodiek.

Telematica-toepassingen worden volgens deze vijf hoofdtypen als volgt gerubriceerd:

1. toepassingen die resulteren in veranderingen in de mobiliteit;
2. verkeersmanagement systemen die de verdeling van verkeersstromen over het wegennet en de stroomkenmerken beïnvloeden;
3. toepassingen die zich richten op het (meer individuele) verkeersgedrag van de verkeersdeelnemers;
4. toepassingen op het gebied van de rijtaak, taakbelasting en attitudes;
5. toepassingen voor de detectie van ongevallen, voor vermindering van hun ernst en voor het management van hulpverlening en verkeersafhandeling.

Telematica-toepassingen kunnen onder deze hoofdtypen worden ingedeeld op grond van de punten waarop zij ingrijpen, of op grond van de belangrijkste veiligheidseffecten die ze zullen hebben. Hierop kunnen ze vervolgens worden getoetst. Los van hun indeling zullen ze bovendien moeten worden getoetst op de andere niveaus waarop ze hun uitwerking hebben.

Is in de vooranalyse vastgesteld dat er mogelijk of waarschijnlijk veiligheidseffecten zijn die getoetst dienen te worden en is vervolgens vastgesteld volgens welke methode toetsing dient plaats te vinden, dan moet daarna een uitwerking worden gemaakt van de gekozen toetsingsprocedure en moeten bijbehorende criteria worden vastgesteld.

In hoofdstuk 4 wordt een verdere uitwerking gegeven van de belangrijkste beoordelingsaspecten die voor een concrete toetsing in aanmerking komen.

3. Belangrijkste beoordelingsaspecten

In het vorige hoofdstuk zijn drie belangrijke invalshoeken genoemd die van belang zijn voor evaluatie en toetsing van telematica-systemen. Voorts is aangegeven dat het voor de toetsing van belang is in welke fase van ontwikkeling het systeem is en verder dat systemen uiteindelijk niet los van elkaar beoordeeld kunnen worden. Wel verdient het voorkeur de (deel)systemen in eerste instantie op eigen titel te beoordelen. De eerste stap daarbij is, dat wordt nagegaan op welke niveaus van het verkeersproces het systeem op de veiligheid ingrijpt.

In dit hoofdstuk zal dieper worden ingegaan op de diverse veiligheidsaspecten die op de verschillende niveaus aan de orde kunnen zijn. Eerst zal worden nagegaan van welke bestaande overzichten hierbij gebruik kan worden gemaakt. Vervolgens zullen de relevante aspecten meer systematisch per niveau worden behandeld.

3.1. Bestaande overzichten van beoordelingsaspecten

3.1.1. *De HOPES-lijst*

Een belangrijke lijst is binnen DRIVE in het project HOPES (Draskóczy, 1994) ontwikkeld. De lijst bevat de volgende tien evaluatievelden die voor de verkeersveiligheid als de meest relevante zijn te beschouwen:

1. Direct effects of an in-car system on the user;
2. Direct effects of a road-side system on the user;
3. Indirect, behaviour modifying effects of the system on the user;
4. Indirect, behaviour modifying effects of the system on the non-user;
5. Modification of interaction between users and non-users;
6. Modifying accident consequences;
7. Modifying exposure;
8. Modifying modal choice;
9. Modifying route choice;
10. Modifying speed choice.

Bij deze indeling is eigenlijk sprake van een voorselectie van thema's, zoals deze ook aan het begin van hoofdstuk 3 is gebruikt. Een aantal indelingen speelt daarbij een rol: het verschil tussen 'in-car'-systemen en 'road side'-systemen, de directe en indirecte effecten op gebruikers en niet-gebruikers en hun interactie, een aan de verkeersfasen gerelateerde ordening van veiligheidseffecten, waaraan ten slotte het meest veiligheidsrelevante verkeerskenmerk, de snelheid, wordt toegevoegd. Een verdere uitwerking van deze aspecten heeft plaats in de al eerder genoemde 'Guidelines' voor prospectieve en retrospectieve evaluatie, de 'Guidelines' voor diverse gebieden van de telematica, zoals 'urban management' en 'inter-urban management', 'in-car'-systemen enzovoort, en ten slotte in de evaluatie-onderzoeken die binnen HOPES zijn uitgevoerd als onderdeel van het project.

3.1.2. *De MMI-checklist*

Ook in het project PROMETHEUS is een lijst ontworpen met evaluatieaspecten. Deze MMI-checklist (PRO-GEN Safety Group, 1993: 35-40) vermeldt als belangrijkste met name de volgende vragen over uitwerkingen die Man/Machine-Interfaces van 'in-vehicle'-applicaties in verband met de verkeersveiligheid mogelijkwijs hebben:

Task(s) and subtask(s)

1. How are the user (driver) task(s)/subtask(s) expected to change as a result of the introduction of the new system?
2. Can the use of the system be in conflict with other user's (driver's) tasks? If yes, which and how?
(examples:
 - . the driver has to look at a display or listen to system messages - less attention paid to the traffic environment;
 - . system use - less careful timing - shorter safety margins;
 - . system informs about danger - driver does not learn to recognise dangerous situations - driver drives too fast);
3. Can a 'loss of human skill' be expected when the technical system is available? If yes, in what way?
(example: in a car with automated subfunctions the driver does not have to use the controls as frequent as without automated subfunctions);
4. Can the user (driver) behaviour be expected to change when the technical system is available? If yes, in what way?
(example: driving on the limit, because the system will act as a 'safety net');
5. Can the user's (driver's) stress level be expected to change when the technical system is available? If yes, in what way?
(examples:
 - . the demands from the new system will increase the stress level;
 - . automated functions may result in a very low stress level);

Driver-vehicle (man-machine) interaction

6. Is the intention that the technical system should provide information, advice, warnings, or assistance? Or is the intention to take over the control of the vehicle, i.e. to intervene?
7. Should the system be activated when a preset criterion is reached, or when the user (driver) initiates the system, or continuously (contrary to event based)?
8. If the system takes over the control of the vehicle, how should the proces of 'giving back the control' be designed?
9. Will suggestions (advice or warnings) and actions (assistance or intervention) from the technical system be possible to override? If no, why not; if yes, how?
10. Is activation of the system and the following interaction between the user (driver) and the technical system critical in time? What timing requirements have to be met in any case?
11. Is there a risk that the new system will modify, distort, remove, or contradict the feedback a user (driver) gets if he/she performs the task in an unequipped vehicle (feedback related to visual, auditive, tactile, force, kinaesthetic, etc. 'channels')?

12. How is the load on the user (driver) distributed between the senses in the specific traffic situation(s) considered? What are the implications for the choice of sense modality(ies) to be used in the interaction?

Safety aspects

13. What will happen and which are the consequences if the user (driver) is supported by the technical system and that technical system fails?
14. Is there a risk that the system will increase the variability in the behaviour among road users (different vehicles) in the traffic system? Will that variability make predictions about the actions of other road users more difficult, leading to more incorrect judgements?
15. Is there a risk that the user (driver) of a car equipped with the technical system:
 - . does not perceive and detect the system message?
 - . misinterprets the system message?
 - . does not obey a system advice or warning?
 - . does not take 'correct' action?If yes, what are the consequences?
What is (are) the reason(s) why the user (driver) of a car equipped with a technical system does so?
16. Can the technical system be used in other ways than those intended by the system designer(s)? If yes, in what ways?
How will such not intended use of the system influence the risk level?
17. Is there a risk that the user (driver) will be less motivated to strive for safe driving when the technical system is introduced (the user (driver) might believe that the system will take care of more than it actually does)?
18. Is there a risk that the technical system misleads the user (driver) to have an unrealistic (overestimated) idea of his/her own ability and skill as a user (driver)?

In deze checklist komen vele aspecten aan de orde die te maken hebben met taken, vaardigheden en attitudes van de weggebruikers en zo van invloed zijn op hun gedrag in het verkeer en op de verkeersveiligheid. In essentie wordt de problematiek grotendeels benaderd vanuit het gezichtspunt van wat er fout kan gaan. Het is vooral gericht op de prospectieve evaluatie van systemen.

3.1.3. *De Code of Practice*

Een belangrijke specificatie van aspecten waarop telematica-toepassingen in verband met de verkeersveiligheid moeten worden getoetst is ook te vinden in de *Code of Practice and Design Guidelines* (Southall & Robertson, 1994). De code 'for the design, manufacture, installation and use of driver information systems' bevat als belangrijkste de volgende onderdelen:

Algemeen

1. The system must be designed so that it does not unduly distract the driver, nor give rise to potentially dangerous driving behaviour by the driver or other road users;
2. Information systems must be compatible and consistent with existing vehicle equipment;

3. Use of the system must not result in the vehicle becoming unsafe to drive during normal use or during total or partial failure of the system;
4. Use of the system must not present an additional hazard to other road users;
5. The system must not present an electrical, chemical or mechanical hazard to vehicle occupants during normal use and reasonably foreseeable misuse and should not increase risk of injury in the event of an accident;
6. The system must not present an electromagnetic hazard to the vehicle's control systems, its occupants, or other road users;
7. The system must not present a hazard to the vehicle occupants or other road users as a result of unintended or naive use by inexperienced operators, or by children;

Interactie van bestuurder en systeem

8. The system should not produce visual patterns or sounds liable to startle the driver;
9. The system should be easy to use and one must be able to switch it off without adversely affecting the control of the vehicle;
10. Audible information should not prevent reception of external warning sounds;
11. The system should not require the driver to make time-critical responses when providing input to the system. The driver should be able to dictate the pace of interaction with the system and still derive the benefits;
12. The system should not provide information which is likely to adversely affect appropriate reactions by the driver in critical situations;
13. Information provided should, as far as reasonably practicable, be sufficiently timely and accurate to assist the driver;
14. Nationally and/or internationally agreed standards for icons, symbols, words, acronyms or abbreviations should be used wherever possible;
15. The driver should be able to assimilate visually displayed information with glances of duration appropriate to the driving situation;
16. Text messages should be relevant to the driving situation, easily read, and limited in length;
17. Text input by keyboard should be avoided while driving. Long and repetitive sequences of actions should be avoided;

Verantwoordelijkheden van de installateur

18. The system should not obstruct or interfere with existing vehicle controls or instrumentation, especially those required for safe driving;
19. The system should not obscure the driver's view out of the vehicle;
20. If the system is intended for use by front seat passengers as well as the driver, it must be located at a place where reasonable use by the passenger does not interfere with the driver in any way;
21. Where more than one information system is installed within a vehicle the complete installation should be assessed for safety and usability in realistic situations;

Verantwoordelijkheden van de bestuurder

22. Drivers should only use in-vehicle information systems when it is safe to do so;

23. Communications transmitting equipment requiring permanent 'hands-on' operation should not be used while driving;
24. Communications equipment, even with hands-free operation should be used with care. Drivers should warn conversants that they are driving and may break off conversation to attend to driving tasks;
25. Drivers should ensure that the use of an information system by a passenger does not interfere with safe operation of the vehicle.

De *Code of practice* stelt op essentiële punten voorwaarden aan de telematica-applicaties. Ze werkt daarbij een aantal aspecten wat anders uit dan de MMI-checklist, die een meer open vraagstelling hanteert, maar dan tegelijk ook minder richting geeft aan het ontwerpproces.

De beide benaderingen beschrijven voor een groot deel dezelfde probleemgebieden van de verkeersveiligheid en vullen elkaar aan. Ze laten echter wel enkele evaluatie-aspecten onaangeroerd, met name de mobiliteits-aspecten.

3.1.4. Specificaties van de HOPES-lijst

Op een aantal van de tien evaluatievelden van de reeds genoemde HOPES-lijst heeft enige nadere uitwerking plaatsgevonden (Draskóczy, 1994). Dit leidde tot de formulering van de volgende mechanismen van mogelijke gedragsveranderingen in het verkeer:

1. Modification of driving task.
Factors affecting driver performance will be:
 - . Task load;
 - . The importance and relevance of the message;
 - . The pacing and timing of messages;
 - . The content (complex, multiple), form and mode of the messages;
 - . The nature of the display;
 - . The way information is presented on the display;
 - . Other ergonomic characteristics of the unit;
 - . The age of the driver (spare capacity problems) and level of experience of the driver;
 - . Short term - learning - and long term adaptation - compensation - ;
2. Delegation of responsibility - relying on the system for aspects of the driving task;
3. Behaviour diffusion - uncertainty in situations where drivers are not supported by the system or when the system fails;
4. Imitating effects - non-users imitate the new way of driving of users;
5. Isolation effects - interference of new equipment with normal non-verbal communication between drivers or with vulnerable road users;

De genoemde mechanismen zijn zeker relevant om er mogelijke effecten van de telematica-toepassingen mee te kunnen opsporen en inschatten. In feite vormen ze een soort 'verklaring' of 'achtergrond' van waaruit betere verwachtingen zijn te krijgen over de veranderingen die in het gedrag van bestuurders mogelijkwijze optreden en over de veiligheidsbeïnvloeding die daarmee kan ontstaan.

3.1.5. *De Traffic-Safety Checklist*

Binnen het PROMETHEUS-project is naast de MMI-checklist nog een lijst ontworpen met evaluatie-aspecten. Deze PRO-GEN Traffic-Safety Checklist (ERTICO, 1994: 2185) vermeldt in verband met de verkeersveiligheid met name ook de volgende mechanismen van mogelijke veranderingen in het gedrag van weggebruikers:

1. Risk compensation;
2. Delegation of responsibility (subjects unlearn to take own initiative when necessary [because equipment normally does]);
3. Imitation effects (from equipped by unequipped road users);
4. Reductions and impairments of inter-personal communication with other road users;
5. Generalisation of behaviour (transfer of behaviour from equipped to unequipped roads).

Het mechanisme van de 'generalisation of behaviour' is een relevante aanvulling op de beschreven uitwerkingen van de HOPES-lijst. De andere mechanismen komen ook in deze uitwerkingen voor, maar zijn daar deels wat algemener geformuleerd (bijvoorbeeld 'long term adaptation' in plaats van alleen 'risk compensation').

3.1.6. *Andere bronnen*

Gundy (1994: 19-24) wijst in zijn rapport over 'driving support systems' op de volgende vier bronnen van mogelijke onveiligheid:

1. Use of non-standard elements in the systems, in relation to individual differences between drivers and to international differences;
2. Unexpected interactions between sub-systems and modes;
3. Understimulation of drivers [by autonomously implementing driving tasks];
4. en Atrophy of un-used skills [by systems taking over elements of driver tasks].

'Skills atrophy' valt als vorm van 'Delegation of responsibility' binnen de beschreven HOPES-specificaties. De overige punten kunnen worden gezien als andere uitwerkingen van de HOPES-lijst en zijn als zodanig belangrijke aanvullingen op de al gegeven specificaties.

Heijer & Polak (1994: 6-7) ten slotte, noemen in hun rapport over verkeersstroomgeleiding als belangrijk punt de verandering die in de beeldvorming van de weggebruikers over elkaars rijgedrag en in de onderlinge voorspelbaarheid van dat gedrag onder de verschillende omstandigheden kan optreden als gevolg van de telematica-toepassing en die op de verkeersveiligheid van grote invloed kan zijn. Ook dit punt moet als een relevante aanvulling worden beschouwd.

3.2. **Beoordelingsaspecten volgens niveau in het verplaatsingsproces**

Uit de gegeven beschrijvingen kan worden vastgesteld dat de aangehaalde literatuur naast meer algemene beoordelingsaspecten twee specifieke invalshoeken geeft:

- het leveren van checklists met diverse aandachtspunten;
- aspecten die worden ontleend aan werkzame mechanismen van gedragsverandering.

Beide hebben hun eigen merites en zijn voor de verkeersveiligheid van waarde. De checklists bijvoorbeeld zijn vooral bedoeld voor toepassing in de conceptie- en ontwikkelstadia van een telematica-applicatie, maar dit betekent niet dat ze ook alleen dan bruikbaar zouden zijn.

Voor de aspecten waarop moet worden beoordeeld is niettemin van groot belang, waar de beoordeling toe dient.

3.2.1. *Functie van een evaluatie*

Het toetsen op verkeersveiligheid heeft niet in elk stadium van ontwerp en invoering van een telematica-toepassing geheel dezelfde functie. In algemene zin kunnen drie hoofdfuncties worden onderscheiden; vergelijk Carsten (1995; 1993: 1) en Risser & Gnavi (in ERTICO, 1994: 2186):

- het veiligheidseffect en alle veiligheidsimplicaties ervan vast te stellen of in te schatten, zowel de beoogde en niet beoogde positieve effecten als de mogelijke negatieve (bijkomende) effecten;
- zichtbaar te maken hoe het effect tot stand komt en welke risico's er aan het systeem en het gebruik ervan kleven;
- en ten slotte de ontwerpers te kunnen voorzien van gegevens om het systeem te verbeteren en beter op het gebruik af te stemmen (dan wel het te ontraden), en daarbij op veiligheidsmarges en beschikbare speelruimten te letten, op mogelijke gedragsmodificaties en op de acceptatie van het systeem door de gebruikers.

Met name is het niet altijd eenvoudig om voor de optredende verkeersveiligheidseffecten goede 'verklaringen' te vinden. De eerder genoemde mechanismen van gedragsverandering bij de verkeersdeelnemers en verdere theorievorming daarover kunnen bij het formuleren van hypothesen een belangrijk hulpmiddel zijn.

De in het vorige hoofdstuk beschreven indeling van de telematica-toepassingen in categorieën die zijn afgeleid van het niveau in het verkeers- en vervoersproces waarop de toepassingen primair werken, geeft op zich al een eerste verklaringsstructuur voor de optredende verkeers- onveiligheid.

Er is dus reden de beoordelingsaspecten per categorie op te stellen en tegelijk de drie genoemde soorten aspecten in het resultaat te integreren.

3.2.2. *Belangrijke elementen in de aanpak*

In de beschreven literatuur kwam eveneens naar voren dat het evaluatievraagstuk op een aantal manieren kan worden benaderd. Vaak zullen verschillende benaderingen van hetzelfde probleem elkaar aanvullen, in elk geval is voor de volgende drie punten aandacht vereist:

- Ten eerste moet men bij de beoordeling niet alleen algemene en gemiddelde effecten bestuderen, maar tevens kijken naar wat er, gezien vanuit de verkeersveiligheid, fout kan gaan bij het gebruik en met name ook bij het uitvallen of disfunctioneren van de applicaties of bij onverwachte wisselwerkingen tussen verschillende soorten applicaties.

- Het tweede punt, dat hieraan enigszins verwant is, betreft de aandacht voor individuele verschillen tussen verkeersdeelnemers en voor verschillen tussen groepen verkeersdeelnemers, naast uiteraard de aandacht voor groepsverschillen tussen wel- en niet-gebruikers van de applicatie.
- In de derde plaats heeft men te maken met het soort analyse dat kan worden uitgevoerd. Dit hangt deels samen met de keuze van de beschikbare methoden en met het moment in de ontwikkelingsgang van een applicatie.

Heijer trekt in zijn bijdrage over 'Intelligent cruise control & Intelligent manoeuvring control' (in Carsten, 1993: 25) vanwege de grote kans op heterogeniteiten en onvoorspelbaarheden in het verkeersgedrag de conclusie dat: "...any new development in traffic should at least maintain the current level of safety and preferably improve it. It is therefore recommended that safety assessment be an integral part of the design process instead of a mere check at the end of the development phase." We gaan hier straks nader op in.

3.2.3. *Evaluatie-aspecten naar applicatiecategorie*

Toepassingen op het gebied van de mobiliteit

Essentie van de toepassingen in deze categorie is dat zij beogen om vanuit de pre-verkeersfase de mobiliteit te beïnvloeden. Een aantal veranderingsprocessen op het definiërende niveau duren langer omdat zij te maken hebben met planologische en werkgelegenheidscondities en bijvoorbeeld met de infrastructuur van het openbare vervoer. Tevens kunnen ook telematica-toepassingen de mobiliteit beïnvloeden door een herverdeling na te streven van de uiteindelijk gemaakte verplaatsingen naar vervoerswijze, tijd, plaats en route, en door beïnvloeding van de oorsprong en bestemming van verplaatsingen en daarmee van de hoeveelheid en de lengte van de verplaatsingen. Hiervoor kunnen diverse instrumenten met diverse soorten werking worden ingezet.

Verkeersveiligheidsaspecten

Voor de verkeersveiligheid hoeven niet alle soorten mobiliteitsveranderingen van belang te zijn en evenmin de manier waarop ze ontstaan. Het gaat er om dat sommige vervoerswijzen veiliger zijn dan andere, dat omstandigheden van duisternis meer risico opleveren, dat het secundaire wegennet en verkeersaders binnen de bebouwde kom in principe gevaarlijker zijn dan auto(snel)wegen en verblijfsgebieden, en dat méér verkeer op een gegeven weg in principe ook tot méér ongevallen leidt. Op deze aspecten van de mobiliteit moet dus op dit niveau worden getoetst. Burton (1994: 15) waarschuwt, daarbij: "...to include all routes to which traffic might have been displaced."

De reeds aangehaalde nota *Bouwstenen* formuleert het algemener door te stellen, dat niet alleen op de effecten moet worden gelet van geïsoleerde systemen, maar vooral ook op het functioneren van deze systemen temidden van andere.

Toepassingen op het gebied van de verkeersstromen

De toepassingen in deze categorie zijn in hoofdzaak bedoeld om het bestaande verkeer te stroomlijnen. Anders dan bij de toepassingen van de

eerste categorie gaat het hier minder om structurele veranderingen in de mobiliteit dan om zodanige aanpassingen van de verkeersstromen dat de goede en veilige afwikkeling van het actuele verkeer verbetert. Dat kan gebeuren door overbelasting van delen van het wegennet te voorkomen, door snelheidsregimes aan de omstandigheden aan te passen, door de voortgang van verkeersstromen te bevorderen, onderbreking ervan te minimaliseren en stroomweerstand te verlagen, en bijvoorbeeld door weggebruikers te helpen bij het gericht vinden van hun (tussen)bestemmingen en daarmee het ontstaan van zoekgedrag, omwegverplaatsingen en riskante handelwijzen tegen te gaan.

Verkeersveiligheidsaspecten:

Een aantal van de genoemde aspecten is op dit niveau voor de verkeersveiligheid van belang; andere belangrijke aspecten komen elders aan de orde. Zo vallen bijvoorbeeld de mobiliteitsimplicaties, onder de vorige categorie. Daarnaast zijn sommige van de relevante aspecten, bijvoorbeeld het optreden van zoekgedrag, zo'n specifiek gegeven dat ze beter passen als bijzonderheid in de uitwerking van de desbetreffende applicatie. Wat overblijft als aspecten waarop de applicaties op dit niveau moeten worden getoetst, betreft met name kenmerken van de verkeersstromen die indirect in relatie staan tot de verkeersveiligheid, zoals de verdeling van het verkeer over de tijd en over het wegennet, de aanpassing van snelheden, snelheidsverschillen en volgafstanden, de dichtheid van manoeuvres die in de verkeersstromen worden uitgevoerd (inhaling, rijstrookwisseling), en van optredende conflicten tussen de diverse soorten verkeersdeelnemers.

Toepassingen op het gebied van het verkeersgedrag

Bedoeling van de toepassingen in deze categorie is ervoor te zorgen dat opgetreden onregelmatigheden in de verkeersstromen niet uitmonden in onveiligheid of nog meer onveiligheid en dat verkeersdeelnemers zich niet onveilig gedragen. In plaats van op verkeersstromen zijn deze toepassingen vooral gericht op de afzonderlijke bestuurders en hun gedrag. Ging het in de vorige categorie om de algemene zorg van de wegbeheerder voor een goede doorstroming van het verkeer door het wegennet, in deze categorie zijn in de verkeersstromen al zekere grenzen overschreden of worden door verkeersdeelnemers grenzen overschreden en moet er door bestuurders op onverwachte plaatsen of momenten al worden (af)geremd of (bij)gestuurd, bijvoorbeeld omdat een rijstrook geblokkeerd is vanwege een ongeval of verloren lading, of door een verkeersopstopping of file. De toepassingen, waaronder voorzieningen langs de weg (matrixsignalering), in combinatie met ontvangers in het voertuig (wal/voertuigcommunicatie) of uitsluitend in het voertuig (zoals radioverkeersinformatie of eigen detectie van te grote snelheidsverschillen), kunnen de bestuurders attent maken op potentieel gevaar. Verder kunnen rijstroken worden vrijgemaakt, adviezen worden gegeven over snelheden of omleidingsroutes.

Verkeersveiligheidsaspecten:

Aspecten waarop de toepassingen in verband met de verkeersveiligheid op dit niveau moeten worden getoetst betreffen de functionaliteit van de systemen (duidelijkheid en eenduidigheid van boodschappen, de betrouwbaarheid en timing ervan, enzovoort) en de observeerbare reacties daarop

van de weggebruikers. Behalve de vraag of de systemen, als ze worden ingeschakeld, *correct werken*, is ook van belang na te gaan of de systemen mogelijk *ten onrechte niet werken*, zoals in een situatie waarin ten onrechte geen filemelding plaatsvindt - waardoor evenzeer een verstoring kan optreden als door het gebeuren van een onvoorzien voorval zoals een ongeval (Heijer & Polak, (1994: 7).

Toepassingen op het gebied van de operationele aspecten van de rijtaak

Deze categorie bevat de toepassingen die erop gericht zijn de eigenlijke rijtaak te verlichten (bijvoorbeeld systemen van routegeleiding, afstandhouden enzovoort), alsmede elementen uit toepassingen die van invloed zijn op de feitelijke omstandigheden waaronder de bestuurder handelingen moet uitvoeren en informatie moet opnemen en verwerken (zoals het moeten bedienen van apparaten, het lezen van berichten in de auto of langs de weg of het interpreteren van signalen uit het verkeer). Het gaat daarbij mede om de context waarbinnen de applicatie functioneert en door de bestuurder wordt gebruikt, bijvoorbeeld om de verwachtingen die de bestuurder heeft van de werking van de applicatie en de mate waarin hij zich er op verlaat. De psychologische en sociale mechanismen die maken dat verkeersdeelnemers anders kunnen gaan reageren zijn hier een belangrijk onderwerp van onderzoek.

Verkeersveiligheidsaspecten:

Veiligheidsaspecten waarop op dit niveau moet worden getoetst hebben betrekking op de taakbelasting (onder- en overbelasting), de aandacht voor de besturing van het voertuig, de weg en het andere verkeer, de opgebouwde verwachtingen van de bestuurder, de alertheid om op de verkeerssituaties te reageren, de fysieke conditie (vermoeidheid, intoxicatie en dergelijke), de positie van de bestuurder in verband met het kunnen waarnemen en handelen voor de uitvoering van rijtaakonderdelen, en de daarvan afgeleide consequenties voor het directe rijgedrag (snelheidskeuze, koersbepaling, plaats op de weg, afstandhouden enzovoort).

Toepassingen op het gebied van de ongevallen

De telematica-toepassingen in deze categorie beogen de gevolgen te beperken van ongevallen die toch nog plaatsvinden. Ze kunnen dat doen door de botsingen tussen voertuigen onderling of met voetgangers en de botsingen met obstakels of zonder feitelijke botsobjecten minder zwaar te maken, met name door de botssnelheid te verlagen (ABS bijvoorbeeld). Dit kan ook door de weerstand tegen de botsingen te vergroten, zodat de kans op slachtoffers en het risico van ernstig letsel afnemen, bijvoorbeeld door automatische gordelspanners. Verder door de hulpverlening aan de toch nog gewond geraakte betrokkenen te verbeteren, bijvoorbeeld door verbetering van de communicatie ten behoeve van een snelle signalering, snelle diagnose, routemanagement voor de hulpdiensten, snelle en gerichte hulp, en waar nodig reservering van de benodigde ziekenhuis capaciteit. Ten slotte kan het opkomende verkeer worden gewaarschuwd en de verdere verkeersafwikkeling worden verbeterd.

Verkeersveiligheidsaspecten:

Alle genoemde aspecten lijken voor de verkeersveiligheid direct van belang. Ze vormen dus, voor zover van toepassing voor een gegeven telematica-applicatie, tevens aspecten van de evaluatie van die applicatie.

3.3. Samenvatting

Voor elk van de vijf onderscheiden hoofdcategorieën van telematica-toepassingen is in dit hoofdstuk nagegaan op welke belangrijke aspecten de toepassingen binnen de categorieën zouden moeten worden getoetst. De aspecten zijn ontleend aan het niveau waarop de toepassingen in het verplaatsings- en vervoersproces aangrijpen of effecten zullen hebben en op grond waarvan ze ook in categorieën werden bijeengebracht.

De aspecten betreffen binnen elk niveau en dus ook binnen elke categorie de soorten beïnvloedingen van verkeer en weggebruikers die op dat niveau aan de orde zijn en die met de verkeersveiligheid te maken hebben.

Telematica-toepassingen die ook op andere niveaus dan op dat van de categorie waarin ze zijn ingedeeld een uitwerking in het verkeer hebben, dienen ook op die andere niveaus en volgens de daar genoemde aspecten op verkeersveiligheid te worden getoetst.

Voor de genoemde aspecten moeten nog meetbare indicatoren worden vastgesteld, op zichzelf is doorgaans immers niet al duidelijk wat er zou moeten worden gemeten en op wat voor manier dat zou moeten.

Het volgende hoofdstuk gaat nader in op de indicatoren die op de verschillende niveaus in het verkeersproces voor de verschillende veiligheidsaspecten gekozen moeten worden. Bij de keuzen spelen de beschikbare meetmethoden en de mogelijkheden die zij bieden een hoofdrol.

4. Mogelijkheden om verkeersveiligheid te meten

In het voorgaande hoofdstuk is voor elk niveau, dat vanuit de verkeersveiligheid in het verplaatsings- en vervoersproces moet worden onderscheiden, een overzicht gegeven van de aspecten die voor de verkeersveiligheid het meest van belang zijn.

Om na te kunnen gaan of zich op deze aspecten onder invloed van een telematica-toepassing inderdaad modificaties in het gedrag van de weggebruikers (zullen) voordoen, moeten kenmerken daarvan worden gemeten.

Daarvoor is het nodig om geschikte onderzoeksmethoden te hebben, over geëigende meetmethoden te beschikken en meetbare indicatoren voor de aspecten te kunnen geven, zodat een toetsingsopzet en toetsingscriteria kunnen worden vastgesteld. Daarom wordt eerst ingegaan op de methodologie. In de literatuur worden verschillende mogelijkheden genoemd; er zijn ook verschillende methoden toegepast. Eén van de gerapporteerde toepassingen wordt ten slotte nader bekeken.

4.1. Soorten evaluatie-onderzoek

4.1.1. *De stapsgewijze opzet van het onderzoek*

De procedure die we volgen en die we hierboven al aanduiden omvat vier stappen:

- als eerste stap de keuze voor het soort evaluatie-onderzoek dat zal worden uitgevoerd. We komen er hierna op terug;
- als tweede stap de hypothesevorming over de aard van de uitwerking die de applicatie in verband met de verkeersveiligheid zal hebben. Globaal is deze stap in het voorgaande hoofdstuk gezet met het invullen van de belangrijkste beïnvloede aspecten;
- als derde stap het kiezen van een passende methode om op de relevante aspecten te kunnen meten, alsmede het aangeven van indicatoren die daarbij kunnen worden gebruikt. Uit de indicatoren worden de toetsingscriteria afgeleid. Dit onderwerp komt straks bij de operationalisatie van de aspecten nog aan de orde;
- en als laatste stap het ontwerpen van een onderzoeksopzet die het mogelijk maakt om met behulp van de meetgegevens tot een uitspraak over de veiligheidseffecten van de telematica-toepassing te komen, dat wil zeggen deze te toetsen.

Een dergelijke stapsgewijze aanpak wordt onder meer ook beschreven door Carsten (overigens zonder de eerste stap; Carsten, 1995: 1).

Onze aanpak verschilt hiervan gradueel, doordat wij proberen uit te gaan van de niveaus waarop zich in het verkeersproces voor de verkeersveiligheid belangrijke wijzigingen kunnen voordoen en niet zozeer van de soort applicatie die zo'n wijziging (mede) tot stand zou moeten brengen.

In de uiteindelijke uitwerking is het uiteraard in beide gevallen nodig om te weten wat de applicatie doet en welke mechanismen van gedragsverandering relevant zouden kunnen zijn.

4.1.2. *Stadia in de ontwikkeling van een applicatie*

Het moment waarop een applicatie aan een verkeersveiligheidsbeoordeling wordt onderworpen bepaalt mede welke onderzoeksmethoden, welke meetmethoden en welke indicatoren kunnen worden gebruikt. Grayson, Franzén & Rothengatter (1993: 6-22) geven er een aantal belangwekkende beschouwingen over waarvan wij hierna gebruik zullen maken.

De ontwikkeling van een applicatie zal globaal verlopen in de volgende drie stadia:

- het ontwerpstadium, waarin concepties worden gevormd en uitgewerkt;
- het pilotstadium, waarin prototypen worden gemaakt en uitgeprobeerd;
- en het stadium van implementatie, waarin de applicatie in het verkeer wordt ingevoerd.

Verschillende stadia in de ontwikkeling van een applicatie vergen verschillende soorten aanpak van de evaluatie.

4.1.3. *Prospectief en retrospectief onderzoek*

In het ontwerpstadium van een telematica-toepassing bestaan uiteraard geen gebruiksgegevens over de toepassing. Analyse van de mogelijke verkeersveiligheidsimplicaties kan dan ook alleen met behulp van prospectieve onderzoeksmethoden worden uitgevoerd (vergelijk onder meer Oppe, 1994: 3).

Er bestaan allerlei vormen van prospectief evaluatie-onderzoek, bijvoorbeeld kan de handelingenstructuur bij het gebruik van de applicaties worden geanalyseerd, kan de werking van de applicaties worden gesimuleerd of kunnen door inzet van prototypen meetexperimenten worden uitgevoerd met geïnstrumenteerde voertuigen die al dan niet aan het werkelijke verkeer deelnemen.

Het grote belang van prospectief onderzoek is dat de verkeersveiligheidsimplicaties kunnen worden ingeschat nog voordat een applicatie ontwikkeld is en dat dus invloed kan worden uitgeoefend op het ontwikkelproces. "It should not be imagined, however, that prospective traffic safety evaluation will be able to make accurate predictions about the safety impact of new systems. Safety studies as a predictive tool are still in their infancy," zo waarschuwt Carsten (1993: 1).

Retrospectief evaluatie-onderzoek heeft tot doel om werkelijk in het verkeer optredende veiligheidseffecten vast te stellen. Sommige daarvan kwamen in de prospectieve analyses niet of anders naar voren, omgekeerd kunnen er ook effecten uitblijven die op grond van de prospectieve analyses wél werden verwacht. Voor dit type onderzoek is het daarom nuttig als de applicatie al een zekere mate van implementatie en gebruik kent.

Ook van de retrospectieve onderzoeksmethoden bestaan verschillende vormen, waarvan gedrags-, conflict- en ongevalsanalyse de belangrijkste zijn. Deels zijn prospectieve onderzoeksvormen ook hier bruikbaar. Een uitgebreid overzicht is te vinden in Oppe (1993), waarin zowel theoretische aspecten, concepten en definities worden beschreven als evaluatiemethoden en onderzoeksopzetten en beschikbare technieken voor ongevals- en conflictanalyses, en voor gedrags- en opinie-onderzoeken.

4.1.4. *Produkt- en procesevaluatie*

Verondersteld kan worden dat applicaties op de onderscheiden niveaus in het verplaatsingsproces (mede) een soort directe ‘veiligheidsprodukten’ opleveren. Op het mobiliteitsniveau is dat bijvoorbeeld een vermindering van het aantal verreden autokilometers op 80 km/uur-wegen, op het ongevalsniveau bijvoorbeeld een verlaging van het gemiddelde aantal blijvend gehandicapten per ongeval.

In principe kan worden geprobeerd vast te stellen of in te schatten, of het ‘produkt’ inderdaad ontstaat. Dit kan op verschillende manieren gebeuren, prospectief of retrospectief, en in de vormen die hierboven al werden aangeduid.

Behalve het ‘produkt’ kan echter ook het proces op veiligheid worden geëvalueerd, in de zin dat wordt nagegaan of de mechanismen die de applicatie gebruikt om resultaat te boeken inderdaad werken, hoe ze werken, hoe ze door context, omgeving en andere mechanismen worden beïnvloed en of er niet (ook) geheel nieuwe mechanismen (mee- of tegen-) werken.

4.1.5. *Directe en indirecte methoden*

Sommige kenmerken waarop geanalyseerd moet worden, zijn, al dan niet op rechtstreekse wijze, zelf waar te nemen. Soms echter is het nodig om indirecte indicatoren te construeren die beter, gemakkelijker of betrouwbaarder te meten zijn. In enkele gevallen vormen indirecte maten de enige mogelijkheid om verkeersveiligheidsaspecten te kunnen meten. Verkeersrisico als zodanig is zo’n kenmerk dat niet direct meetbaar is.

In het algemeen, gezien de te verwachten omvang van de optredende verkeersveiligheidseffecten en de diverse andere factoren die tegelijk met de telematica-toepassing op het verkeer inwerken, zal het niet haalbaar zijn om ongevalanalyses uit te voeren. Er moeten dan alternatieven worden bedacht, zoals bijvoorbeeld conflictanalyses, waarbij conflicten dan worden gezien als indicatoren voor de veiligheid van het verkeersproces en als substituuut voor de kans op ongevallen.

Naarmate de evaluatie echter indirecter is en minder het feitelijk optredende veiligheidseffect zelf betreft, is een grotere zorgvuldigheid vereist bij de interpretatie van de uitkomsten, om te voorkomen dat in werkelijkheid (door niet voorziene complicaties of neveneffecten) toch nadelige effecten op de verkeersveiligheid optreden.

4.2. **Meetmethoden**

Het meten van de verschillende soorten produkt- en procesvariabelen gebeurt voor de onderscheiden ontwikkelingsstadia van de applicatie deels met specifiek op de stadia gericht onderzoeksinstrumentarium. Het eerder aangehaalde rapport van Grayson et al. noemt met betrekking tot de evaluatie van Man/Machine-Interfaces de volgende mogelijkheden:

- Task analysis;
- Driver observation;
- Interviews en questionnaires (subjective approaches, met daaronder Expert evaluations, Observational evaluation, en Survey evaluations; ook attitudemeting kan hieronder vallen, vergelijk Forward, Chaloupka & Risser (in Carsten, 1993: 56 e.v.);
- Instrumented vehicles;

- Driving simulators;
- Laboratory studies.

Hieraan kunnen nog worden toegevoegd technieken die op een meer geaggregeerd niveau werken en gebruik maken van traffic en safety models:

- Verkeers(veiligheids)modellen, vergelijk Poppe (in Carsten, 1993: 37 e.v.) en Forward (idem: 41 e.v.).

Tevens dienen mogelijkheden te worden toegevoegd die toepasbaar zijn als de applicatie in het verkeer in gebruik is genomen:

- Meten van de mobiliteit;
- Observatie van het gedrag van verkeersstromen;
- Technieken voor observatie van gedrag van weggebruikers;
- Conflictanalyse;
- Ongevalsanalyse (waaronder in-depth accident investigation).

Ten slotte moet ook nog gelet worden op de technische structuur en werking, met het materiaalgebruik en de afstemming op en integratie met andere apparatuur:

- Technische analyse.

De verschillende meetmethoden hebben hun eigen indicatoren voor de veiligheid. Bij geïnstrumenteerde voertuigen gaat het bijvoorbeeld om het kijkgedrag van de bestuurder en om het stuurgedrag. Voor de beschrijving van dat gedrag werden specifieke meetbare indicatoren ontwikkeld. Metingen verricht in het normale bestaande verkeer hebben overigens in principe de handicap dat er hooguit sprake kan zijn van een quasi-experimental design. Dat geldt ook voor onderzoek gebaseerd op ongevalgegevens. In dit geval komt daar nog bij dat de verkeersrisico's pas worden gemeten als ze inderdaad zijn uitgemond in feitelijke onveiligheid en de schade dus al is opgelopen.

Sommige van de genoemde onderzoeksinstrumenten en meettechnieken kunnen op grotere schaal worden ingezet, andere horen typisch bij kleinschalig onderzoek dat bijvoorbeeld plaatsvindt in het stadium waarin de eerste prototypen van de applicatie worden uitgetest. De verschillende mogelijkheden zijn in de literatuur al uitgebreid beschreven (zie met name ook Grayson, Fránzen & Rothengatter (1993), en voor conflict- en ongevalsanalyses Oppe (1992); we volstaan met de verwijzingen. Hieronder wordt een korte samenvatting gegeven van de diverse evaluatiemethoden en bijbehorende criteria naar niveau.

4.3. Keuze van onderzoeksmethode en toetsingscriteria

In deze paragraaf wordt aangegeven welke onderzoeksmethoden in aanmerking komen op de diverse niveaus en welke toetsingscriteria daarbij kunnen worden gebruikt om de bovengenoemde veiligheidseffecten te meten.

Bij het vaststellen van de verkeersveiligheidsconsequenties van mobiliteitsveranderingen gaat het voornamelijk om indirecte consequenties van veranderingen in het verkeer en daarmee om de expositie, de blootstelling aan gevaar. De veiligheidsconsequenties kunnen dan worden afgeleid uit de afname van de expositie gekoppeld aan de mate van risico per eenheid

van expositie en van verschillen in risico onder de veranderde condities waaronder de verplaatsingen worden verricht.

Bij de volgende niveaus gaat het om meer directe toetsing van de mate van gevaar, dus om de vaststelling van de veiligheidsconsequenties van een eerder gekozen verplaatsing, met het bijbehorende voertuig, de route en tijdstip.

De meest directe criteria hierbij zijn de gevolgen in termen van hoeveelheid, type, aard en ernst van ongevallen. Deze indicatoren zijn vaak niet voor evaluatie te gebruiken, omdat de toepassing van telematica-systemen op kleine schaal plaatsvindt, waardoor onvoldoende informatie beschikbaar is of de evaluatieperiode te lang zou worden. Ook is het vaak moeilijk de effecten van het systeem op het aantal ongevallen te scheiden van andere invloeden, vooral bij een langere evaluatieperiode.

Verder wordt, vooral bij de prospectieve toetsing, gekeken naar potentiële effecten die verschillende uitvoeringsvormen van het systeem kunnen hebben en die men niet allemaal in de praktijk kan of wil toetsen.

Daarnaast geldt dat de werking van de telematica-systemen geacht wordt zodanig in te grijpen op het verkeersproces, dat veranderingen op deze proceskenmerken de beoogde veiligheid moeten opleveren.

De eerste stap in het evaluatieproces is nagaan of het systeem ook werkelijk in staat is om het verkeersproces positief te beïnvloeden en te zien of er geen negatieve bijeffecten zijn. Dit geeft ook informatie over mogelijke verbeteringen aan het systeem om beoogde doelstellingen te halen.

Een dergelijke procesevaluatie laat zien of het systeem functioneert zoals bedoeld en of er sprake is van neveneffecten die de veiligheid verlagen. Daarom worden vaak criteria gebruikt, waarvan uit onderzoek bekend is dat zij van invloed zijn op de veiligheid.

Hoewel systemen die bedoeld zijn veranderingen te bewerkstelligen op het niveau van de verkeersstromen, het verkeersgedrag en het rijtaakniveau, uiteindelijk alle getoetst zouden moeten worden op de ongevallenconsequenties, zullen wij ons voorlopig beperken tot die criteria die gedefinieerd kunnen worden in termen van kenmerken van de respectievelijke niveaus.

Criteria die rechtstreeks zijn gekoppeld aan de ongevalsconsequenties zullen worden behandeld bij het ongevalsniveau, ook al werkt het systeem zelf niet in op het ongevalsniveau, maar op een eerder niveau.

4.3.1. *Onderzoeksmethoden en toetsingscriteria op het gebied van de mobiliteit*

Hierbij gaat het zoals gezegd om indirecte veiligheidsindicatoren, die niet gericht zijn op het risico, maar om vast te stellen of er een verandering is in de mate van expositie.

De daarbij te hanteren methode is het doen van directe *verkeerstellingen en metingen*, of indirect het bevragen van verkeersdeelnemers door middel van *enquêtes*, om op die wijze informatie te krijgen over feitelijke of potentiële veranderingen in mate, tijdstip en wijze van verkeersdeelname, gevolgde routes enzovoort. Daarbij in aanmerking komende toetsingscriteria zijn:

veranderingen in:

- het aantal ritten
- de verplaatsingsafstand per rit
- de gemiddelde intensiteit

- de intensiteitsverdeling
- de mate van congestie
- de bezettingsgraden van voertuigen
- de samenstelling van het verkeer
- de omvang van het vrachtverkeer
- het percentage vrachtverkeer
- de functie van wegen

substitutie van autokilometers door:

- openbaar vervoer
- langzaam verkeer

herverdeling van verkeer over:

- de tijd van de dag
- de typen wegen binnen een netwerk

4.3.2. *Onderzoeksmethoden en toetsingscriteria op het gebied van de verkeersstromen*

Hierbij gaat het niet zozeer om de hoeveelheid verkeer, maar de wijze waarop het verkeer wordt afgewikkeld en de consequenties voor de veiligheid. De traditionele benadering is die, waarbij globale verkeersparameters zoals gemiddelden en varianties van snelheidsverdelingen, volgafstanden etc. worden gemeten. De meest gebruikte methode is die van het *verwerken van meetlusgegevens*. Aanvullend daarop wordt vaak gebruik gemaakt van *verkeersobservaties door observatoren* in het veld of van *video-observaties*.

Beperking van de laatste methoden vormen de relatief hoge kosten die ermee gemoeid zijn. Momenteel zijn op diverse plaatsen ontwikkelingen gaande om ook uit de meetlusgegevens meer informatie af te leiden over de voertuiginteracties en om de praktische bruikbaarheid van video-observaties te vergroten door deze automatisch te analyseren. De criteria die door combinatie van de methoden of door de genoemde uitbreidingen in aanmerking komen zijn:

veranderingen in:

- rijsnelheden
- snelheidsverdelingen
- snelheidsverschillen
- verdeling van volgtijden
- verdeling van volgafstanden
- aantal rijstrookwisselingen
- aantal inhaalmanoeuvres
- aantal incidenten
- duur van incidenten
- aantal verkeersconflicten

4.3.3. *Onderzoeksmethoden en toetsingscriteria op het gebied van het verkeersgedrag*

Evaluatie van het (individuele) verkeersgedrag kan plaatsvinden door observatie van verkeersdeelnemers in het verkeer of in specifieke omstandigheden, zoals op een testbaan of in een rijnsimulator. Het gaat daarbij om direct observeerbare manoeuvres, waarbij de interactie tussen verkeersdeelnemers een grote rol speelt. Vaak spelen specifieke, minder duidelijk van te voren te definiëren aspecten van het verkeersgedrag een rol, die

eigen kunnen zijn aan specifieke groepen verkeersdeelnemers, bijzondere omstandigheden van de verkeers- of wegsituatie, het weer en dergelijke. Afhankelijk van de bedoeling van het systeem en de wijze waarop het ingrijpt, zullen de criteria nader gespecificeerd dienen te worden. Ook speelt met name hier (en op het volgende niveau) een rol hoe de systemen ingrijpen op de verkeerstaak: is alleen sprake van informatie verschaffen, dan wel van verdergaand ingrijpen.

De methoden die kunnen worden gebruikt zijn *gedragsobservatie*, *conflict-observatie*, *observatie in het (geïnstrumenteerde of niet-geïnstrumenteerde) voertuig*. Tevens kan zoals gezegd gebruik worden gemaakt van *rij-simulatoren*. Hierbij is het van groot belang hoe realistisch de simulator de rijtaak en omgeving nabootst en of in die omgeving ook andere weggebruikers zijn opgenomen. Dit laatste is van belang om interactie met andere verkeersdeelnemers onder gecontroleerde omstandigheden te onderzoeken.

Aanvullend kan gebruik worden gemaakt van *interviews* om te proberen motieven voor het gedrag te achterhalen. Gebleken is echter dat de uitkomsten daarvan, in relatie tot het vertoonde gedrag, vaak onbetrouwbaar zijn. Men is zich vaak niet bewust van het eigen vertoonde gedrag, zelfs als men direct na dat gedrag wordt ondervraagt (bijvoorbeeld direct na een kruispunt waarop dat gedrag is vertoond). De methode kan vaak beter worden toegepast *in combinatie met observaties vanuit het voertuig*. Nadeel is dan wel dat men interfereert met het gedrag. Bij *verbale rapportering* door de verkeersdeelnemer zonder directe interventie is dit nadeel kleiner.

Bij het onderzoek op dit en het volgende niveau dient vooral ook gelet te worden op het gedrag onder extreme omstandigheden of bij samenloop van omstandigheden, met name bij interactie met andere verkeersdeelnemers. Criteria die (na uitwerking) in aanmerking komen zijn:

- type inhaalmanoeuvres
- aantal remmanoeuvres
- rijstrookkeuze
- late uitvoeringen
- riskante invoegingen
- korte volgfstanden
- niet geven van ruimte bij invoegen
- verkeersconflicten naar manoeuvre
- complexe manoeuvres
- conflicten langzaam verkeer/snelverkeer
- verkeersfouten en -overtredingen
- compensatoir gedrag

4.3.4. *Onderzoeksmethoden en toetsingscriteria op het gebied van de rijtaak*

Bij het evalueren op het niveau van het verkeersgedrag gaat het om individuele verschillen tussen verkeersdeelnemers en vooral ook om de interactie tussen verkeersdeelnemers. Bij evaluatie op rijtaakniveau gaat het vooral om de individuele performance van bestuurders en de condities waaronder de rijtaak moet worden uitgevoerd. Het betreft voor een groot deel functie-onderzoek van waarnemen, beslissen en handelen. Dit onderzoek kan in het verkeer alleen worden uitgevoerd door *observatie vanuit het (meestal geïnstrumenteerde) voertuig*. Belangrijk hierbij is controle op de condities waaronder het rijtaakonderzoek plaatsvindt. Verder zullen effecten die men onderzoekt slechts duidelijk zichtbaar worden onder

extreme condities, of onder condities die in het gewone verkeer (nog) niet voorkomen. Daarom is de meest toegepaste vorm van onderzoek het *laboratoriumonderzoek*. De criteria die daarbij worden gekozen zijn:

- aantal oogbewegingen
- aantal hoofdbewegingen
- belastingsmaten als GSR, hartslag enzovoort
- operationele fouten in de rijtaak (stuurfouten, schakelfouten enzovoort)
- strategische en tactische fouten (voorsorteren, snelheidskeuze enzovoort)
- aandachtsmaten
- vermoeidheidsindicaties
- reactietijden (bijvoorbeeld bij boodschappen of in speciale situaties)

4.3.5. *Onderzoeksmethoden en toetsingscriteria op het gebied van de ongevallen*

Zoals gezegd zullen we hier zowel het gebruik van ongevallenanalyse voor de evaluatie van systemen onderbrengen als de uitwerkingen van systemen op de afloop van ongevallen.

We zullen eerst nagaan welke ongevalseffecten kunnen worden onderscheiden als gevolg van systemen die daarop zijn toegespitst. Een belangrijke groep maatregelen betreft de organisatie van de hulpverlening en de verkeersregeling na een ongeval.

Met betrekking tot telematica gaat het vooral om 'incident management'-systemen, die ondersteunen bij het organiseren van de hulpverlening aan slachtoffers en het voorkomen van zogenaamde tweede ongevallen. Voor slachtoffers gaat het daarbij om de eerste hulpverlening, bij ernstige slachtoffers tevens om een vroegtijdige diagnose, verder om de snelheid van behandeling teneinde de gevolgen zo veel mogelijk te beperken. De onderzoeksmethode betreft *post-crash onderzoek en pre- en post-klinisch onderzoek*. Toetsingscriteria die daarvoor kunnen worden gebruikt zijn:

benodigde tijd voor:

- signalering van ongevallen
- politie alarmering
- hulpverlening gewonden
- andere hulp zoals bestrijding van branden enzovoort
- ontruimen rijbaan en afhandelen verkeer
- vervoer naar ziekenhuis
- kans op overlijden
- kosten medische zorg
- verpleegduur slachtoffers
- mate van blijvende invaliditeit

Bij toepassing van ongevallenanalyses om effecten op de voorgaande niveaus vast te stellen, is meestal sprake van een voor/na-studie met een controle-conditie en een experimentele conditie. Juist bij dit onderzoek is de kans op verborgen fouten in de evaluatie-procedure groot. Dit komt met name doordat de toekenning van de ongevallen aan condities of omstandigheden waaronder deze optreden meestal niet eenduidig is vast te stellen, zelfs niet als sprake is van een controle-conditie. Een ander nadeel is zoals gezegd de relatieve zeldzaamheid waarmee ongevallen lokaal voorkomen.

Soms is het mogelijk om de ongevallenanalyse te combineren met een conflictanalyse. Eerst wordt een vergelijking gemaakt tussen de typen ongevallen en conflicten in de voorfase, vervolgens tussen de conflicten in de voor- en nafase. Vooral wanneer systemen gericht zijn op het voorkomen van specifieke typen ongevallen is een dergelijke methode toepasbaar. Ook kan de ongevallenanalyse worden gebruikt om de potentiële effecten van systemen op typen van ongevallen te schatten. Daarnaast kan een ongevallenstudie richting geven aan onderzoek naar het verkeersgedrag.

Wanneer er voldoende ongevallen zijn om een goede voor/na-studie met controlegroep uit te voeren, dan verdient een dergelijke toetsing de voorkeur boven alle andere vormen van effectmeting. Bij een onverwachte uitkomst is het dan echter wel de vraag aan welke aspecten van het verkeersproces deze uitkomst moet worden toegeschreven. De ongevallenanalyse geeft daar zelf geen antwoord op. Om die oorzaken te achterhalen is dan alsnog een analyse nodig van het verkeersproces.

Om een indruk te geven van de aantallen ongevallen waaraan gedacht moet worden: bij honderd ongevallen in de voorfase is een ongevallenreductie van 20% nodig om een redelijke kans te maken dat effect ook werkelijk aan te tonen in een naperiode van dezelfde lengte. Zulke grote effecten zijn echter zeldzaam.

De toetsingcriteria die gebruikt kunnen worden zijn:

veranderingen in:

- aantal ongevallen
- typen ongevallen
- ernst ongevallen
- aantal betrokkenen bij ongevallen
- ongevalsrisico's

Oppe (1993) geeft behalve een meer gedetailleerde beschrijving van de hierboven genoemde methoden ook een uitvoerige beschrijving van mogelijke fouten die gemaakt kunnen worden bij het uitvoeren van evaluatieonderzoek en met name bij de evaluatie van ongevallen.

4.4. **Praktijkvoorbeeld**

De uitwerking die in evaluatieonderzoek aan de te gebruiken meetmethoden en veiligheidsindicatoren kan worden gegeven, zal aan de hand van een praktijkvoorbeeld worden geïllustreerd.

4.4.1. *Keuze van het voorbeeld*

Gekozen is voor de veiligheidstoetsing die in 1994 werd uitgevoerd voor 'incident warning'-systemen (IWS). De toetsing vond plaats binnen DRIVE II en was gepland als voor-na onderzoek voor drie verschillende typen IWS op drie gedeelten van snelwegen: één in België, één in Frankrijk en één in Portugal. Omdat geen van de drie systemen tijdig functioneerde, is besloten om na de drie voor-onderzoeken op de snelwegen ook een voor/na-onderzoek te verrichten op een enkelbaans bergweg in Portugal, die was uitgerust met eenzelfde type IWS als het systeem dat zou worden toegepast op de snelweg in Portugal. Gepland was om de drie

verschillende systemen onderling op hun effecten te vergelijken (zie voor een geheel overzicht Kulmala, Franzén & Dryselius (1995)).

De keuze viel op dit voorbeeld vanwege de tamelijk brede onderzoeksopzet en de inzet van meerdere onderzoeksmethoden en soorten meetinstrumenten. De evaluatie kon daardoor op verschillende manieren en met verschillende soorten indicatoren plaatsvinden. Met name ging het om analyses van ongevallen voor en na de implementatie van het IWS, van conflicten en andere kenmerken van het weggedrag van verkeersdeelnemers zonder en met werkend systeem, en van effecten op verkeersstroomkenmerken als rijnsnelheid- en volgtijdverdelingen, mede in relatie tot de voertuigintensiteiten en aandelen vrachtverkeer.

Zoals gezegd kreeg het project in de uitvoering met een aantal tegenslagen te maken en kwam uiteindelijk een deel van de gezochte meetgegevens niet beschikbaar (zie voor details Oppe, Lindeijer & Heijer, 1995). Dientengevolge zijn ook niet alle geplande analyses verricht. Voor het beschrijven van de methode in onderstaand voorbeeld is dat echter geen groot probleem.

4.4.2. De toegepaste 'incident warning'-systemen

De opzet voor het hele project is in een groot aantal stappen concreet gemaakt. Belangrijk onderdeel vooraf was een studie van de ongevallen die op de geselecteerde wegvakken gebeurden. Daarbij werd aangegeven op het ontstaan van welke soorten ongevallen een 'incident warning'-systeem van invloed kan zijn, hoe zo'n systeem er uit moet zien en op welke aspecten derhalve de evaluatie dient te worden gericht.

Vier wegen zijn geselecteerd voor de implementatie van een 'incident warning'-systeem en de begeleiding ervan met evaluatie-onderzoek.

1.

De eerste geselecteerde weg betreft de autosnelweg E17, ringweg Antwerpen richting centrum, net voor de Kennedytunnel onder de Schelde door. Het onderzoek is uitgevoerd binnen EUROTRIANGLE.

Ter plaatse treedt veel congestie op, waarop autobestuurders kennelijk anticiperen door hun snelheid te matigen. Mogelijk is in principe ook dat een deel van het verkeer bij congestie zou uitwijken naar een andere route, in de buurt zijn verschillende af- en opritten aanwezig.

Uit analyse van de onveiligheid bleek dat ruwweg de helft van het totale aantal ongevallen relevant is voor een 'incident warning'-systeem. Hoofdp probleem bij deze ongevallen vormen het veranderen van rijstrook, inhalen, in- en uitvoegen en weven (Oppe, Lindeijer & Barjonet, 1994).

Voor een 'incident warning'-systeem is het dus van belang om behalve te waarschuwen voor een te hoge snelheid, een incident of voor congestie, tevens het verkeer te kunnen adviseren om niet van rijstrook te wisselen.

Het geïnstalleerde 'incident warning'-systeem is zo uitgevoerd dat de verkeersdeelnemers door middel van pictogrammen algemeen kunnen worden gewaarschuwd, op een lagere toegestane maximumsnelheid en op een afgesloten rijbaan kunnen worden geattendeerd, en met pijlen bij een rijbaanversmalling naar de goede rijstrook te kunnen worden gevoerd. Daarnaast heeft de wegbeheerder een met de hand te bedienen bord ter

beschikking voor het geven van de boodschap: 'file'. Tevens is gepoogd de verkeersstroom deels om te leiden naar een alternatieve verbinding of naar een parkeerplaats van waar eenvoudig op openbaar vervoer kan worden overgestapt.

2.

De tweede geselecteerde weg betreft de autosnelweg A1, vlakbij een tolstation net buiten Lissabon. Dit onderzoeksproject was onderdeel van PORTICO.

Congestie komt hier weinig voor. Hoofdprobleem zijn de hoge rijnsnelheden en de grote snelheidsverschillen tussen voertuigen op dezelfde rijstrook en op verschillende rijstroken. In ongeveer de helft van het totaal aantal ongevallen codeert de politie excessief hoge snelheid als oorzaak van het ongeval. Op het totaal is het aantal enkelvoudige ongevallen die bij hoge snelheid gebeuren groot.

Het waarschuwingssysteem bestaande uit een serie lichten langs de weg, die vijf verschillende operatiemodi hebben: ze kunnen branden, niet branden of knippen met bepaalde frequenties en achtereenvolgend, voorwaarts of achterwaarts, in een golfbeweging aangaan, afhankelijk van het probleem waarvoor wordt gewaarschuwd.

3.

De derde geselecteerde weg betreft de autosnelweg A6, doorgaande Noord-Zuid verbinding, in de buurt van Lyon. Het gaat om een onderzoeksproject binnen MELYSSA.

Congestie treedt hier minder vaak op dan bij de Kennedytunnel in Antwerpen, maar wel weer veel vaker dan bij het tolstation van Lissabon. Hoofdprobleem zijn de relatief hoge rijnsnelheden. Ongevalanalyses wijzen op kop/staart-botsingen en file-ongevallen als belangrijkste typen onveiligheid die relevant zijn voor een 'incident warning'-systeem. Parallel aan de weg lopen de RN6 en de D933 die voor sommige autobestuurders alternatieve routes zouden kunnen vormen.

Het geïmplementeerde waarschuwingssysteem werkt met pictogrammen om te waarschuwen voor een incident waarop men toerijdt. Het systeem heeft drie aanvullende tekstopties waarmee de boodschap steeds verder kan worden gespecificeerd: eerst het soort incident, vervolgens als toevoeging de afstand tot het incident, en ten slotte als extra toevoeging de aanbeveling van een actie aan de autobestuurder. Als uitgebreidste boodschap bijvoorbeeld: het pictogram congestie, begeleid door de tekst 'warning, congestion in 1 km, reduce speed'.

4.

De laatste weg betreft de IP5, een bochtige enkelbaans tweestrooks bergweg met stijgingen en dalingen, die vanaf de Portugese Atlantische haven van Aveiro landinwaarts naar het Spaanse achterland voert. Dit onderzoeksproject was eveneens onderdeel van PORTICO.

Hoofdprobleem voor de verkeersveiligheid wordt gevormd door het snelheids- en inhaalgedrag van de voertuigen bij de gegeven bochtigheid en het slechte uitzicht van de weg, en de rol van het vrachtverkeer daarbij. Gedetailleerde ongevalgegevens waren niet beschikbaar.

Het waarschuwingssysteem is in principe hetzelfde als dat van de A1, zij het dat sommige operatiemodi zijn veranderd om andere betekenissen te kunnen krijgen.

Het systeem geeft niet alleen algemene waarschuwingen, maar richt zich ook direct op aspecten van het individuele voertuiggedrag die samenhangen met de belangrijkste veiligheidsproblematiek. Dit gebeurt door de mogelijkheid een aantal van de tegemoet gereden lichten gedurende korte tijd te laten knipperen voor een voertuig dat inhaalt op een plaats waar dit is verboden, voor een vrachtauto die de geldende snelheidslimiet van 80 km/uur overschrijdt en voor een personen- of bestelauto die deze limiet met meer dan 20 km/uur overschrijdt.

4.4.3. *Hypothesen over het effect van de systemen*

In het uitgevoerde evaluatie-onderzoek zelf is geen onderscheid gemaakt naar het niveau waarop de veiligheidseffecten van een 'incident warning'-systeem zich mogelijkwijs voordoen.

Bij het formuleren van hypothesen over de effecten gaat het er niet alleen om aan te sluiten bij de bedoelingen van het geïmplementeerde systeem. Een belangrijk deel van de feitelijk optredende effecten en neveneffecten zou dan buiten beeld kunnen blijven. Per niveau geven we hierna de hypothesen, op het toetsen waarvan het uit te voeren onderzoek zou moeten zijn ingericht.

Uitgangspunt is daarbij dat een aangebracht en operationeel 'incident warning'-systeem veiliger moet zijn als het werkt en niet onveiliger als het niet werkt.

Het is niet te verwachten dat een IWS veel invloed heeft op de mobiliteit.

Het verkeersstroomniveau

Een regelmatig in werking tredend IWS kan de doorstromingsproblemen van een weg accentueren. Zelfs bestaat de mogelijkheid dat een systeem, als het niet goed functioneert of verkeerd is afgesteld, problemen oproept voor de automobilist. Autobestuurders kunnen dan bijvoorbeeld reageren door een andere route te kiezen terwijl dit niet nodig is.

Voor twee van de wegen uit het voorbeeld waarop een IWS werd geïnstalleerd is deze problematiek actueel:

- de ringweg Antwerpen, met enerzijds zijn vele op- en afritten, anderzijds de nagestreefde omleiding en overstap op openbaar vervoer als onderdelen van het geïmplementeerde systeem;
- en de autosnelweg bij Lyon, waarvoor twee parallelle alternatieven bestaan, die echter van lagere orde en dus in principe onveiliger zijn dan de autosnelweg zelf (onder normale omstandigheden).

Voor de verkeersveiligheid zijn een dergelijke herverdeling van verkeer over het wegennet en een wijziging in de modal split van groot belang. Het is dan ook nodig dat een evaluatie zich tot deze elementen uitstrekt.

Vervolgens treden bij een incident veranderingen op in een aantal kenmerken van de verkeersstromen die relaties hebben met de verkeersveiligheid, zoals rijnsnelheden en volgtijden. Aannemelijk is dat een werkend IWS op deze veranderingen invloed heeft.

Toegespitst op de locaties van de waarschuwingssystemen en op de verkeersveiligheidsproblematiek daar, gaat het vooral om de volgende kenmerken:

- ringweg Antwerpen: veranderingen in aantallen rijstrookwisselingen, inhalingen en weefmanoeuvres, alsmede in snelheid- en volgafstand-verdelingen;
- tolweg Lissabon: veranderingen in niveau en verdeling van rijnsnelheden en volgafstanden, en in het aandeel van zeer hoge rijnsnelheden;
- autosnelweg langs Lyon: veranderingen in niveau en verdeling van rijnsnelheden en volgafstanden;
- bergweg vanaf Aveiro: veranderingen in aantallen inhalingen en in de frequentie waarmee de 'vluchtstrook' wordt gebruikt, alsmede in niveau en verdeling van rijnsnelheden en volgafstanden;

Het verkeersgedragniveau

Bedoeling van een IWS is de autobestuurders vroegtijdig te waarschuwen voor gevaar in het voortraject zoals een file of langzaam rijdend verkeer, verloren lading, een geblokkeerde vluchtstrook of een verstopte af- of toerit. Verwacht mag worden dat de bestuurders op de waarschuwingen reageren met een verhoging van hun oplettendheid en met anticiperend gedrag, bijvoorbeeld het terugnemen van snelheid en het achterwege laten van inhaalmanoeuvres.

Bijgevolg zullen zich met name minder 'disturbances' en 'conflicten' voordoen dan in eenzelfde situatie zonder IWS, dat wil zeggen minder gevallen waarin autobestuurders plotseling, snel en actief in hun koers of snelheid moeten ingrijpen om een botsing te voorkomen.

Als niet alle bestuurders op een vergelijkbare manier op de incidentmelding reageren kunnen er echter ook nieuwe gevaren ontstaan. Snelheids-verminderingen hebben in elk geval vroegtijdige verkortingen van volg-afstanden tot gevolg, wat soms gepaard kan gaan met een toename van rembewegingen en een hoger risico.

Toegespitst op de onderzoekslocaties, op de soort van geïnstalleerde waarschuwingssystemen en op de verkeersveiligheidsproblematiek daar gaat het vooral om de volgende gedragskenmerken:

- ringweg Antwerpen: veranderingen in de frequentie waarmee autobestuurders actief in hun koers of snelheid moeten ingrijpen om een botsing te voorkomen (het optreden van 'disturbances' in de verkeersstroom en van conflicten) wat zij doen door remhandelingen uit te voeren en plotseling uitwijkende stuurbewegingen te maken;
- tolweg Lissabon: veranderingen in het snelheidsgedrag van auto's die relatief hard rijden;
- autosnelweg langs Lyon: veranderingen in de frequenties waarmee zich 'disturbances' en conflicten voordoen, en in het snelheids- en volggedrag op individueel niveau.
- bergweg vanaf Aveiro: veranderingen in de aantallen 'gevaarlijke' inhalingen, onderscheiden naar personen/bestelauto's en vrachtauto's en in relatie tot de gereden snelheden, de aanwezigheid van tegemoetkomend verkeer, de verdere rijstrookbezetting en de noodzakelijke acties van andere verkeersdeelnemers, voorts veranderingen in de aantallen uitgevoerde remhandelingen en uitwijkende stuurbewegingen, alsmede in de frequentie waarmee tegen de geldende verkeersregels wordt gehandeld en hoe gevaarlijk dat onder de gegeven omstandigheden is;

Het rijtaakniveau

De autobestuurder krijgt een aantal extra handelingen te verrichten als het IWS werkt. Hij moet de pictogrammen bekijken en herkennen of het soort waarschuwingssignalen interpreteren, wat bij sommigen tevens tot onzekerheid kan leiden (zelfs bij op zich voldoende standaardisatie van de symbolen), en hij moet de oplichtende tekst van de borden lezen en overwegen met de informatie of het advies eventueel iets te ondernemen. Voor zover hij uit het verkeer zelf nog geen signalen krijgt van een 'incident' zal hij bovendien willen beoordelen of de melding (nog) wel helemaal klopt. Hij kan via de autotelefoon een bericht doorgeven bijvoorbeeld over verloren lading op of langs de weg, waarop dan door de wegbeheerder zonodig wordt gereageerd met het in werking stellen van het warning-systeem.

Tegelijk dient hij gepast te blijven reageren op de wegsituatie en op het verkeersgedrag van zijn medeweggebruikers en moet hij letten op hun reacties op de melding.

Vanuit de verkeersveiligheid gezien staat tegenover deze toegenomen complexiteit van de bestuurderssituatie, dat de oplettendheid van de autobestuurders wordt verhoogd en zij door te anticiperen op de verkeerssituatie complexe manoeuvres verderop kunnen voorkomen.

Ook op de langere termijn kan het systeem gevolgen hebben voor de veiligheid, maar het hier beschreven project was van te korte duur om die te kunnen vaststellen. Het gaat om de sociaal-psychologische context waarbinnen de autobestuurders opereren en om de effecten van gewenning aan het IWS, afhankelijk van de betrouwbaarheid waarmee dit functioneert. De gewenning kan bij een systeem, waarvan de autobestuurders menen dat het correct werkt, op de duur tot gevolg hebben dat problemen ontstaan als het systeem uitvalt of op wegen zonder systeem. Bij een niet betrouwbaar gebleken systeem kan het betekenen dat de autobestuurders niet reageren en dus door de melding feitelijk alleen maar extra van het verkeer worden afgeleid, ook op wegen waar een IWS wel betrouwbaar werkt.

Behalve effecten op lange termijn zijn er ook effecten op korte termijn. De nieuwheid van het systeem leidt zowel voor de wegbeheerder als voor de autobestuurders tot aanloop problemen. Deze zijn in het onderzoek te omzeilen door enige aanpassingstijd in acht te nemen. Overigens zijn deze tijdelijke effecten niet aanvaardbaar als deze sterk negatief zouden zijn voor de veiligheid.

Evaluatie-onderzoek kan verder worden toegespitst op de uitvoeringsvormen van de 'incident warning'-systemen en op de verkeers- en verkeersveiligheidssituatie ter plaatse. In dit verband zijn de volgende aspecten te noemen:

- ringweg Antwerpen: complexe verkeerssituatie door veel voertuigbewegingen, rijstrookwisselingen, in- en uitvoeringen, weven, inhalen en gepasseerd worden; pictogrammen en tekstboodschappen met mededelingen en adviezen door het systeem, waarop de autobestuurder een reactie kan overwegen, die hij vervolgens ook moet uitvoeren;
- tolweg Lissabon: 'excessief' hoge rijksnelheden, weinig tijd om waar te nemen en te reageren; de verschillende operatiemodi van het IWS, zoals bij de bergweg vanaf Aveiro weer deels voor algemene, deels voor individuele waarschuwingen;

- autosnelweg langs Lyon: relatief hoge rijksnelheden bij tamelijk druk verkeer en dus veel onverwachte situaties; pictogrammen en tekstboodschappen worden door het systeem meer of minder uitgebreidheid gegeven; de autobestuurder kan hier eventueel op reageren.
- bergweg vanaf Aveiro: slecht uitzicht op het verkeer door bochtigheid en heuvelachtigheid van de weg, vrachtauto's met lagere rijksnelheid die het uitzicht belemmeren, gewoonte om elkaar voor het inhalen ruimte te geven door uit te wijken naar de vluchtstrook; de vijf verschillende operatiemodi van het geïmplementeerde systeem, zijn deels bedoeld voor algemene waarschuwingen, deels gericht op de individuele bestuurder die te hard rijdt of inhaalt waar dat niet is toegestaan; de werking van het systeem geldt voor één rijrichting, dus niet voor de tegengestelde richting op dezelfde baan.

Het ongevalsniveau

Heeft een ongeval plaatsgevonden dan kan IWS ertoe bijdragen dat geen secundaire ongevallen gebeuren of dat ze ingeval ze toch ontstaan minder ernstig zijn vanwege de lagere rijksnelheden, of minder extra schade toevoegen aan het primaire ongeval.

De geïnstalleerde systemen zijn nog niet via videobewaking gecombineerd met het oproepen en geleiden van de hulpverlening of met radioverkeersinformatie.

Evaluatie op dit onderdeel zal vooral moeten zijn gebaseerd op de beoordeling van gehanteerde procedures en uitvoeringsaspecten. Voor feitelijk ongevallenonderzoek is de onderzoeksgroep vaak nogal klein, al kunnen 'case studies' wel problemen aan het licht brengen.

4.4.4. *Maten en criteria*

In de opzet en de uitvoering van het projectvoorbeeld zijn, zoals al werd aangegeven, niet alle hypothesen afgedekt. Uit de in de literatuur beschreven resultaten van reeds elders verricht onderzoek komen aanvullende gegevens die in dit verband relevant zijn.

Genoemd kunnen worden retrospectieve studies waarin het effect van IWS op de aantallen ongevallen werd bepaald en simulatorstudies die de responsietijd van autobestuurders op een tegemoet gereden verkeersincident hebben gemeten en andere die de variatie in responsgedrag vaststelden afhankelijk van de mate waarin de waarschuwingssignalen waren gespecificeerd. In beide gevallen leverde de situatie zónder IWS de criteriumwaarden op waaraan de situatie met IWS werd getoetst.

Het veldwerk van het projectvoorbeeld zelf, voor zover we dat hierna zullen beschrijven, heeft zich geconcentreerd op observaties van het werkelijke verkeer langs de weg (zie ook Heijer, Lindeijer & Oppe, 1994). De evaluatie van IWS richt zich daarmee niet rechtstreeks op de concrete uitkomsten van de onveiligheid in termen van de aantallen en soorten ongevallen en slachtoffers, maar op externe kenmerken van het verkeersproces die met de veiligheid samenhangen.

Toetsingscriteria voor het effect van 'incident warning' zijn ook hier ontleend aan de vergelijking van situaties zónder en met IWS. Vaak gaat het om het vergelijken van dezelfde situaties vóór en ná implementatie van het systeem, of met en zónder dat het in werking is of functioneert, in het geval van de bergweg vanaf Aveiro diende tevens de rijrichting naar de

haven als situatie zónder IWS en de tegenrichting landinwaarts naar Spanje als situatie mèt IWS. Zijn op het IWS na, de weg-, verkeers- en verdere omstandigheden vergelijkbaar en lijken geen andere factoren van invloed op verschillen in de criteriumvariabelen, dan wordt een oorzaak-gevolg relatie aangenomen tussen de opgetreden verkeersveiligheids-effecten en de aanwezigheid en werking van IWS.

In het onderzoek is een poging gedaan een verkeerstoestand te definiëren waarin de kans dat incidenten ontstaan sterk is toegenomen maar waarin die er nog (net) niet toe leidt dat ze ook feitelijk plaatsvinden. Wordt een dergelijke toestand in de verkeersstroom bereikt, dan hoeft niet te worden afgewacht tot een incident gebeurt, het 'warning'-systeem kan reeds in werking treden en helpen voorkomen dat zich werkelijk incidenten voordoen. Het 'incident' waarvoor het 'warning'-systeem in actie moet komen is preventief naar voren gehaald om de veiligheid te bevorderen. Om een dergelijke kritische verkeerstoestand te kunnen beschrijven is gelet op de interactie tussen individuele verkeersdeelnemers. Anders dan bij de technieken voor conflictobservatie gaat het niet om geïsoleerde gebeurtenissen in het verkeer, maar om continue kenmerken van de verkeersstroom.

In het onderzoek wordt verondersteld dat er bij incidenten, verstoringen optreden in de toeleidende verkeersstromen die de onveiligheid vergroten. Ze zouden zich in mindere mate voordoen als de autobestuurders door een IWS worden gewaarschuwd voor incidenten op de voor hen liggende route en bijvoorbeeld een snelheidsadvies krijgen. De veranderingen in gedrag zouden reeds ter plaatse van het IWS kunnen optreden, of pas in de buurt van het incident.

De hierboven geformuleerde hypothesen over de aard van de invloed die de onderscheiden 'warning'-systemen hebben op de verstoringen van de verkeersstromen en op het verkeersgedrag van de verkeersdeelnemers moeten in het onderzoek zelf concreet in termen van te meten kenmerken worden ingevuld.

Hierna beperken we ons tot het evaluatie-onderzoek dat betrekking heeft op het 'warning'-systeem langs de bergweg vanaf Aveiro, omdat dit onderzoek een goed beeld geeft van diverse aspecten die op de twee niveaus van verkeersstromen en verkeersgedrag, voor het evaluatieproces van belang zijn.

Voor evaluatie op het niveau van de verkeersstromen zijn met behulp van loop-detector data verschillende kenmerken bepaald: rijnsnelheden, volgtijden, voertuiglengten en hiervan afgeleide maten als de variatie-coëfficiënt van volgafstanden per rijstrook en de bedekkingsgraad van de weg, alsmede snelheids- en volgtijdverdelingen. Deze gegevens zijn vervolgens gekoppeld aan videobeelden, om de loop-detector metingen te controleren en om inhaalmanoeuvres en vluchtstrookgebruik goed te kunnen bepalen.

Voor evaluatie op het niveau van het verkeersgedrag zijn gegevens uitgelezen van gemaakte video-opnamen. Twee uitleessystemen werden toegepast die elk hun eigen protocollen hebben (en nog in ontwikkeling zijn): het scoren op 'disturbances' met geen, een laag of een hoog ingeschat risico en het scoren op 'conflicten' naar hun ernst.

- Bij de observatie van verstoringen kan worden gekeken naar het inhaalgedrag: rechts inhalen, inhalen bij inhaalblokkades door voertuigen die al aan het inhalen zijn, en het elkaar ruimte geven voor het inhalen door gebruik van de 'vluchtstrook'; naar 'opduwen' van de voorligger en geven van te weinig manoeuvreerruimte aan andere verkeersdeelnemers; naar andere overtredingen van verkeersregels; en naar overig 'gevaarlijk' verkeersgedrag, zoals het zichzelf of anderen in gevaar brengen of het vertonen van door anderen niet te verwachten gedrag. Daarbij is van belang te letten op de betrokkenheid van vrachtauto's, op de rijstrookbezetting en het totale aantal betrokkenen, op de volgfstanden, het aantal manoeuvres of acties, zoals remmen en wisselen van rijstrook en de complexiteit van de situatie.
- Bij conflictobservaties worden hier met name de TTC (Time To Collision) gebruikt. TTC staat voor de tijd die minimaal nodig is om een ongeval te voorkomen. Verder gebruikt men de EB (Emergency Braking) maat. Deze staat voor de relatie tussen reactietijd en nabijheid.

Aan de hand van wat zich feitelijk in het verkeer afspeelde zijn in het onderzoek voor 'disturbances' en conflicten operationele definities opgesteld. Volgens deze definities zijn met de twee methoden scores bepaald, die voor de categorie van ernstige veiligheidsproblemen onderling werden gecheckt, waarna het effect van het IWS werd getoetst als verschil tussen de situaties zónder en mèt IWS op de rijrichting naar Spanje (het systeem is slechts bedoeld voor verkeer in deze richting).

Daarbij kunnen nog enkele bijzonderheden worden vermeld.

- Verkeersdeelnemers werden niet expliciet geïnformeerd over de betekenis van de diverse signalen. Zij weten dus niet voor welk soort probleem zij worden gewaarschuwd of wat ze eventueel moeten doen of laten. In het evaluatie-onderzoek moesten de signalen dan ook gelden als een vorm van 'unspecified warning' (Kulmala, Fránzen & Dryselius, 1995: 6).
- In de naperiode had weliswaar het vrachtverkeer eenzelfde omvang als in de voorperiode, maar het personenautoverkeer bleek intussen, al dan niet incidenteel, aanzienlijk te zijn afgenomen. Het leidde tot feitelijk onvergelykbare situaties en zodoende tot de onmogelijkheid om de effecten van het 'warning'-systeem goed vast te stellen. Zo was in de naperiode het aantal inhalingen sterk minder dan in de voorperiode, wat echter niet zozeer het effect was van het IWS, als wel van de lagere auto-intensiteit. Wordt hiervoor lineair gecorrigeerd dan verdwijnt het effect, wat aantoont hoe belangrijk expositiegegevens zijn.

Voor meer details wordt verwezen naar de diverse evaluatierapporten.

4.5. Samenvatting

Voor elk niveau in het verkeersproces waarop telematica-toepassingen ingrijpen zijn een aantal onderzoeks- en meetmethoden beschikbaar en in ontwikkeling om een toepassing op zijn veiligheidsgevolgen te evalueren. Behalve voor de aspecten waarvoor een applicatie is bedoeld, moet het systeem ook altijd worden onderzocht op meer algemene veiligheidsgevolgen en neveneffecten ook op andere niveaus.

De onveiligheidsindicatoren die daarbij moet worden gemeten, moeten worden afgeleid van de uitwerkingen die de applicatie op de verschillende niveaus in het verkeersproces kan hebben.

Er is een korte beschrijving gegeven van de evaluatie-methoden die op elk niveau kunnen worden toegepast en van de bijbehorende toetsingscriteria.

Aan de hand van een gerapporteerd onderzoek is toegelicht hoe de niveau-indeling leidt tot de meer systematische formulering van hypothesen over te verwachten effecten op kenmerken die met de verkeersveiligheid samenhangen. Vervolgens is nagegaan hoe deze hypothesen in de praktijk operationeel werden gemaakt in termen van indicatoren en bijbehorende meetmethoden. Toetsingscriteria voor de effecten gaan daarbij in het algemeen uit van veranderingen die zich in de meetwaarden op de indicatoren voordoen tussen situaties zónder en mèt de applicatie maar bij overigens vergelijkbare omstandigheden.

In het volgende hoofdstuk wordt de evaluatiemethode voor een belangrijk verkeersveiligheidsprobleem, waarvoor nog geen telematica voorzieningen aanwezig zijn, nader uitgewerkt. Gekozen is voor verkeersmanagement systemen die kunnen worden toegepast ook buiten de autosnelweg, gezien de grote veiligheidswinst die te behalen is op de gekozen wegtypen.

In het telematica-project 'Automatisering van de rijtaak' zal een toetsings-procedure worden ontwikkeld voor een ander belangrijk toepassingsgebied, waarvoor al wel veel systemen bestaan. Het betreft daar de evaluatie van 'in-car'-systemen op het niveau van de rijtaak.

5. Uitwerking voor toekomstige telematica-toepassingen

De in dit rapport beschreven benadering van het evaluatievraagstuk berust er in essentie op dat telematica-toepassingen op verkeersveiligheidsimPLICaties worden getoetst volgens de niveaus in het verplaatsingsproces waarop zij werken en op kenmerken die op deze niveaus met de verkeersveiligheid verband houden. Deze benadering wordt hierna op een tweetal belangrijke probleemvelden van de verkeersveiligheid uitgewerkt voor telematica-toepassingen die potentieel ingezet kunnen worden om een bijdrage te leveren aan de afwikkeling van het verkeer en die daardoor mede van invloed zijn op de verkeersveiligheid, dan wel direct proberen de veiligheid te vergroten.

5.1. Keuze van de toepassingen en de motivering vanuit veiligheid

Voor een concretisering van de tot dusverre ontwikkelde aanpak zijn als onderwerpen gekozen allereerst de menging van verschillende verkeerssoorten op 80 km/uur-wegen buiten de kom en vervolgens als aanvulling hierop de menging van het verkeer met voetgangers en fietsers op verkeersaders binnen de kom. Deze keuze is ingegeven door de volgende overwegingen.

De neiging bestaat om bij telematica-toepassingen in het verkeer te denken aan motorvoertuigen (personen- en vrachtauto's), en wel op het autosnelwegennet (verkeersinformatie, signalering en waarschuwingssystemen bijvoorbeeld). Dat komt zeker voor een deel omdat de problemen die ontstaan bij het uitrusten van zowel auto's als snelwegen met allerlei elektronische hulpmiddelen minder groot zijn. Met name zouden de capaciteitsproblemen op snelwegen zonder uitbreiding van de harde infrastructuur met behulp van telematica voor een deel redelijk snel op te lossen zijn.

Het valt echter te voorzien dat, als hierbij gekozen wordt voor verdere ontlasting van de snelwegen, de capaciteitsproblemen nog sterker dan nu al het geval is doorschuiven naar het onderliggende wegennet van 80 km/uur-wegen, met alle gevolgen van dien voor de verkeersveiligheid. Opnieuw zou telematica dan uitkomst kunnen bieden, waarbij het voor de hand ligt vooral ook de verkeersveiligheid te willen verbeteren. Op het onderliggende wegennet is immers reeds thans de veiligheid een belangrijk vraagstuk, niet in de laatste plaats door de ongevallen met (brom)fietsers.

De problematiek van 80 km/uur-wegen en de manier waarop die zou kunnen worden aangepakt heeft een zekere gelijkenis met die van de verkeersaders binnen de bebouwde kom. Ook op deze wegen gaat het niet alleen om de stroomfunctie van de weg, maar ook om de efficiënte afwikkeling van gemengd langzaam en snelverkeer en daarmee strijdige kenmerken als discontinuïteiten, in- en uitritten en situaties met kruisend verkeer. Bovendien maken ook hier ongevallen met (brom)fietsers, en nu tevens ongevallen met de andere kwetsbare categorie van de voetgangers, een belangrijk deel uit van de onveiligheid. En ook op 80 km/uur-wegen kan naar mogelijkheden van telematica-toepassingen worden gekeken om de problemen aan te pakken.

Alvorens tot een verdere uitwerking te komen zullen we eerst de veiligheidsproblemen op deze typen van wegen kort samenvatten.

Uit diverse verkeersveiligheidsstudies (zie Goldenbeld, 1995; Van Minnen 1992; Noordzij, 1989; Hagenzieker & Noordzij, 1992; Noordzij, 1995; Slangen, 1992) komen verschillende soorten verkeersveiligheidsproblemen naar voren.

Noordzij (1989; tabellen 3.1 t/m 3.4) geeft aantallen verkeersdoden, opgeteld over 1986 en 1987. Onderstaande tabel vat de belangrijkste uitkomsten samen, voor 80 km/uur-wegen buiten en 50 km/uur-wegen binnen de bebouwde kom, opgesplitst naar vervoerswijze en tegenpartij. Uit de tabel blijkt dat vooral rechte weggedeelten van 80 km/uur-wegen onveiligheid opleveren. Het betreft allereerst auto-inzittenden die bij eenvoudige ongevallen omkwamen en vervolgens auto-inzittenden die verongelukten in botsingen tussen auto's onderling.

Aantal doden		80 km/uur buiten de kom		50 km/uur binnen de kom		Totaal alle wegen	
Vervoers- wijze	Tegen- partij	r.w.	k.p.	r.w.	k.p.	r.w.	k.p.
Auto	auto	166	97	22	41	1120	389
	vr.auto	88	61	<	25		
	rest	50	<	21	<		
	geen	400	32	113	37		
Bromfiets	auto	<	35	<	29	129	130
	vr.auto	<	<	<	32		
Fiets	auto	70	96	50	124	242	380
	vr.auto	<	23	42	86		
Voet- ganger	auto	54	<	106	68	262	126
	vr.auto	<	<	32	<		
Totaal		939	405	493	501	1916	1097
Het symbool: < staat voor aantallen kleiner dan 20. De afkorting r.w. = recht weggedeelte; k.p. = kruispunt							

Aantallen verkeersdoden op 50- en 80 km/uur-wegen in de periode 1986-1987, uitgesplitst naar vervoerswijze en tegenpartij.

Op de derde plaats zijn het fietsers die in botsingen met auto's omkwamen op kruispunten van 50 km/uur-wegen binnen de bebouwde kom. Belangrijke categorie vormen verder de wegvakken van 50 km/uur-wegen, met een groot aantal auto-inzittenden dat omkwam bij (wederom) eenvoudige ongevallen, en voetgangers die verongelukten doordat zij werden aangereden door een auto.

Opvallend is ook nog de rol van zware voertuigen als tegenpartij bij de onveiligheid.

Uit de diverse beschrijvingen komt het volgende beeld naar voren:

- Een belangrijke categorie onveiligheid wordt gevormd door eenvoudige ongevallen op wegvakgedeelten zowel van 80 km/uur-wegen buiten de bebouwde kom als van 50 km/uur-verkeersaders binnen de kom. Het gaat in hoofdzaak om auto-ongevallen, maar ook een groot deel van de ongevallen met brom- en snorfietzers behoort tot deze categorie.
De auto-ongevallen buiten de kom lijken vooral te maken te hebben met bochten in de weg en smalle berm, binnen de kom met botsingen tegen geparkeerde auto's, de ongevallen van brom- en snorfietzers met vallen, van de weg raken en eveneens botsen met geparkeerde auto's en obstakels op of langs de weg. In dergelijke gevallen zou deels sprake kunnen zijn bijvoorbeeld van zicht- of zichtbaarheids- en opvallendheidsproblemen, of van problemen met de voertuigbeheersing door de toestand van het wegdek of vanwege de rijnsnelheid onder de gegeven omstandigheden.
- Een tweede belangrijke categorie onveiligheid betreft botsingen van auto's onderling of met (brom)fietsen op wegvakgedeelten van 80 km/uur-wegen. Vooral het inhalen lijkt de problemen op te leveren. Hetzelfde soort botsingen van auto's en (brom)fietsers die door deze werden ingehaald doet zich binnen de bebouwde kom voor op wegvakken van 50 km/uur-verkeersaders.
- Ook de derde belangrijke categorie onveiligheid betreft botsingen van auto's onderling of met (brom)fietsen, maar dan op kruispunten van 80 km/uur-wegen. De botsingen ontstaan vooral bij het recht oversteken van met name de tweede weghelft. Hetzelfde soort botsingen van auto's en (brom)fietsers doet zich ook weer voor binnen de bebouwde kom op kruispunten van 50 km/uur-verkeersaders. Aan de botsingen van de beide laatste categorieën onveiligheid zouden (uit)zichtproblemen mede ten grondslag kunnen liggen, onvoldoende kijkgedrag of ook bijvoorbeeld verkeerde inschattingen van het verkeersgedrag van de medeweggebruikers, in een aantal gevallen eventueel ook een onjuiste beoordeling van de voorrangssituatie ter plaatse.
- Een vierde belangrijke categorie onveiligheid, overigens niet noodzakelijkerwijze pas de vierde in rangorde, vormen de aanrijdingen van voetgangers (vaak kinderen) door auto's op wegvakken van 50 km/uur-verkeersaders binnen de kom.
- Een volgende typische categorie onveiligheid ook op deze wegvakken zijn de botsingen van (brom)fietsers in het bijzonder met auto's die uit een uitrit of parkeergelegenheid weg rijden.
- Eveneens op deze wegvakken ontstaan vaak botsingen tussen auto's onderling of met (brom)fietsen, waarbij de botspartners van tegengestelde richting komen en één van beide afslaat.
- Afsluitend kan hier nog de categorie onveiligheid worden vermeld van de kop/staart-botsingen van auto's die zich op kruispunten voordoen van zowel 80 km/uur-wegen buiten de bebouwde kom als 50 km/uur-verkeersaders binnen de kom. In alle laatst genoemde gevallen zijn rijnsnelheden, abrupt remgedrag of onverwachte verkeerssituaties en beoordelings- of inschattingsfouten mogelijkerwijze factoren die mede tot het ontstaan van de ongevallen hebben bijgedragen.

- Ten slotte moet worden gewezen op de niet onbelangrijke plaats die zware voertuigen als tegenpartij bij de diverse soorten botsingen innemen.

De toetsingssystematiek die hierna wordt uitgewerkt voor deze beide probleemvelden betreft telematica-toepassingen op het gebied van het verkeersmanagement. Op dit gebied liggen voor de verkeersveiligheid belangrijke mogelijkheden.

5.2. Verkeersmanagementsystemen

Binnen de verkeersmanagementsystemen zijn de telematica-toepassingen naar de volgende functies te onderscheiden:

- *Rerouting en Route Guidance.* Deze toepassingen kunnen helpen congestieproblemen te verminderen, zoekgedrag van autobestuurders te voorkomen en het verkeer over veiliger routes te leiden.
- *Parking guidance en Parking management.* Deze toepassingen kunnen zoekgedrag voorkomen en het verkeer over de kortste en veiligste route naar een vrije parkeerplaats loodsen.
- *Openbaar vervoer management.* Deze zijn bedoeld om het openbaar vervoer te bevorderen, onder meer door goede faciliteiten te bieden aan automobilisten die gebruik willen maken van de combinatie auto en openbaar vervoer.
- *Incident warning.* Deze systemen zijn bedoeld om verkeersdeelnemers te waarschuwen voor onverwachte omstandigheden. Behalve de bovengeschreven systemen kan ook gedacht worden aan waarschuwingsystemen voor weersgesteldheden zoals gladheid, mist of wind.
- *Congestie management.* Deze systemen zijn bedoeld om congestie en de gevolgen ervan tegen te gaan. Behalve aan incidentmanagement en snelheidsmanagement kan ook gedacht worden aan 'rerouting', groene golven enzovoort.
- *Emergency management.* Dit is vaak een onderdeel van incident management, maar richt zich daarnaast ook bijvoorbeeld op vervoer van gevaarlijke stoffen en dergelijke.
- *Snelheidsmanagement.* Deze systemen worden vaak gecombineerd met andere deelsystemen, zoals incidentmanagement en congestie management. Daarnaast ook om meer algemeen te hoge snelheden of te grote snelheidsverschillen in te perken.
- *Verkeersregeling.* Deze systemen hebben soms ook verkeersafhankelijke telematicacomponenten, zoals systemen voor een verkeersafhankelijke/voetgangersafhankelijke regeling van voetgangersoversteken.

Van verkeersmanagement-systemen die zijn gericht op een verhoging van de verkeersveiligheid mag worden verwacht dat zij met name aangrijpen op de in § 6.1 beschreven problemen. Bij de evaluatie van dergelijke systemen kan dus eerst de mogelijke effectiviteit beoordeeld worden, dat wil zeggen de vraag in hoeverre zij gericht zijn op de belangrijkste ongevalstypen.

Specifieke toetsingscriteria dienen hierop te worden afgestemd. Daarbij hoeven niet noodzakelijkerwijze de problemen elk afzonderlijk te worden opgelost door de telematica-systemen zelf, maar zou, uitgaande van het concept 'duurzaam-veilig', gebruik gemaakt kunnen worden van een com-

binatie van telematica met andere maatregelen, zoals maatregelen die gericht zijn op de infrastructuur.

Ten slotte moet worden nagegaan welke mogelijke (negatieve) bijeffecten de systemen kunnen hebben voor de veiligheid.

5.3. **Systeemkarakteristieken van de telematica-toepassingen**

In de gegeven beschrijving van de verkeersveiligheidsproblemen op 80 km/uur-wegen buiten en op 50 km/uur-verkeersaders binnen de bebouwde kom zijn een aantal directe aanknopingspunten aanwezig voor ondersteuning van het verkeersmanagement met behulp van telematica. Voor de oplossing van een aantal van de problemen lijken echter maatregelen op het gebied van vormgeving en inrichting van de wegen en de kruispunten, eventueel in combinatie met telematica-voorzieningen meer voor de hand te liggen. Dit zou vooral het geval kunnen zijn, wanneer verkeersmanagement systemen worden gecombineerd met 'in-car'-systemen. Dergelijke maatregelen kunnen dan stapsgewijs leiden tot een duurzaam-veilige verkeersomgeving.

Voor de 80 km/uur-wegen gaat het in de eerste plaats om locatie en situatie afhankelijke snelheidsregulering en om waarschuwing voor specifieke situaties, zoals de nadering van kruispunten, uitritten of oversteekplaatsen voor fietsers en bromfietzers. Ten slotte kan worden gedacht aan regelingen voor zwaar verkeer.

Voor de 50 km/uur-wegen liggen de belangrijkste toepassingen, naast ook hier weer de snelheid, op het gebied van het openbaar vervoer, het parkeren, de regelingen tussen langzaam en snelverkeer, met name het oversteken van voetgangers.

De volgende systemen kunnen worden onderscheiden voor 80 km/uur-wegen:

- IWS-systemen

Met specifieke aandacht naast incidenten voor snelheden in bochten, bij wegversmallingen, kruispunten, uitritten en oversteekplaatsen voor fietsers en bromfietzers. Bovendien kan worden gedacht aan waarschuwing voor weersomstandigheden als mist, gladheid of wind, gecombineerd met de signalering van langzaam verkeer en met snelheid. Toepassing op locatie lijkt voorlopig beperkt, maar een dergelijk systeem zou zeer ruim toepasbaar zijn in combinatie met 'in-car'-routegeleidingssystemen waarbij de exacte locatie van het voertuig in het wegennet gegeven is.

- Rerouting en routegeleiding van zwaar verkeer

Gebleken is dat bij opvallend veel ongevallen zware voertuigen zijn betrokken. Door deze voertuigen zoveel mogelijk op geschikte tijden over aangepaste routes te geleiden en zoekgedrag van de bestuurders te voorkomen zou hun aandeel in de onveiligheid kunnen worden teruggebracht.

- Rerouting van het personenautoverkeer

In combinatie met IWS, zouden systemen voor spreiding van het verkeer over tijd en wegen met name ook het inhaalgedrag kunnen beïnvloeden en daarmee de veiligheid dienen. Daarbij zouden de systemen een onderscheid moeten maken tussen wegen die al meer richting auto(snel)weg zijn vormgegeven en ingericht, en wegen waarvoor zo'n stroomfunctie minder

bestaat. Rerouting naar 'lagere orde-wegen', meestal overwogen om congestie te bestrijden, heeft een negatief effect op de verkeersveiligheid en is dus geen optie.

- Snelheidsmanagement

Grotere snelheidsverschillen tussen de auto's hebben meer inhaalmanoeuvres tot gevolg. Te hoge snelheden leveren bovendien in onverwachte situaties of omstandigheden moeilijkheden op met de beheersbaarheid van de auto. Beide oorzaken blijken tot belangrijke aantallen ongevallen aanleiding te geven. Met systemen voor het instellen en handhaven van snelheidsregimes, voor het bevorderen van continuïteit in de verkeersstromen (groene golven mede op basis van actuele detectie van verkeer) en systemen voor het waarschuwen voor aankomend gevaar (een bocht, rood verkeerslicht, file, mist) wordt de verkeersveiligheid vergroot. Overigens gaat het met name bij de 80 km/uur-wegen wel om een uitgebreide wegenstructuur, met veel variatie in kenmerken en functies. Er zijn drie uitvoeringsvormen van belang voor de regulering van de snelheid: waarschuwen voor bijzondere situaties en adviseren van snelheden; snelheidstoezicht en signalering van overtredingen; feitelijk ingrijpen in de verreden snelheid. Voor elk van deze mogelijkheden kunnen telematica-toepassingen worden ontwikkeld.

De volgende toepassingen komen, naast snelheidsmanagement en rerouting van personen- en vrachtverkeer, in aanmerking voor 50 km/uur-wegen:

- Openbaar Vervoer management

De auto is dominant in het ontstaan van ernstige verkeersonveiligheid. Daarbij moet niet alleen worden gedacht aan het eigen risico, maar vooral ook aan het risico dat door andere verkeersdeelnemers wordt gelopen als gevolg van de auto. Het vergemakkelijken van de overstap van reizen met de auto naar reizen met het OV levert dan ook een bijdrage aan de verkeersveiligheid. Daarbij kan worden gedacht aan informatie over wachttijden en geleiding naar vertrekplaatsen, reserveringssystemen en systemen voor vervoer op afroep.

- Parkeergeleiding en -management

Als auto's over de veiligste en kortste routes naar een vrije parkeerplaats worden geleid, en zoekgedrag van de bestuurders zoveel mogelijk wordt voorkomen, wordt ook de verkeersveiligheid impliciet vergroot.

- Verkeersafhankelijke verkeersregeling

Voor het autoverkeer is daarvan al vaak sprake. Uitbreiding tot langzaam verkeer, met name voetgangers is gewenst. Daarbij kan ook worden gedacht aan het signaleren van de aanwezigheid van langzaam verkeer.

Overigens is niet duidelijk op welke manier (brom)fietsers en voetgangers door verkeersmanagement zouden zijn te ondersteunen in het veilig volbrengen van hun verplaatsingen, anders dan door systemen langs de weg of via ingrepen aan de kant van het snelverkeer.

5.4. Evaluatiemethoden en toetsingscriteria

Voor de meeste systemen die genoemd zijn geldt dat zij slechts goed te evalueren zijn in combinatie met andere systemen. Daarom dient bij de prospectieve analyse van systemen ook gezocht moeten worden naar combinaties van systemen met een maximale efficiëntie voor doorstroming en veiligheid. Bij de prospectieve veiligheidstoetsing zullen, naast de eerder genoemde meer algemene toetsingscriteria met name de volgende punten aan de orde moeten komen:

- Kunnen de doelen die bij de diverse systemen gesteld zijn leiden tot verwarrende of tegenstrijdige boodschappen? Worden er geen tegenstrijdige gedragsreacties verwacht?
- Treedt er geen 'overload' op bij het uitvoeren van de rijtaak en vooral bij informatiesystemen: is er geen overload aan informatie?
- Leiden de systemen de aandacht niet teveel af van de primaire rijtaak, waardoor andere essentiële informatie wordt gemist?
- Roepen de systemen verschillende gedragsreacties op, waardoor de variatie in rijgedrag wordt vergroot?
- Is er een zodanige hiërarchie in de boodschappen dat belangrijke informatie voorrang krijgt?
- Wordt rekening gehouden met de mogelijke gedragsreacties van verkeersdeelnemers zonder een systeem, met name het langzame verkeer?

Hoofdgedachte hierbij is, dat vooral in complexe verkeerssituaties extra informatie al snel zal leiden tot een negatieve interferentie met de rijtaak. Dit geldt vooral in situaties waarbij het informele verkeersgedrag een belangrijk element is. Met name dus in situaties met veel langzaam verkeer, in- en uitritten, kruisingen, oversteken en dergelijke. Tijdigheid, eenvoud en duidelijkheid van boodschappen en van gewenst gedrag zijn essentieel.

Eigenlijk moet van (combinatie van) systemen die gericht zijn op het geven van extra informatie in complexe situaties niet te veel worden verwacht. Deze systemen zouden met name wel gericht kunnen worden op het informeren over bijzondere situaties als bochten, oversteken en dergelijke op routes waar veel enkelvoudige ongevallen plaatsvinden en dan vooral tijdens duister.

Voor het vergroten van de veiligheid in meer complexe situaties zal vooral gedacht moeten worden aan een goede verdeling van het verkeer over het netwerk en een beperking van de snelheid. We zullen daarom hieronder als voorbeeld de toetsing van een dergelijk gecombineerd routegeleidings- en snelheidsbeperkend systeem nader uitwerken.

Bij de retrospectieve evaluatie zal eveneens het totale systeem op zijn veiligheidsconsequenties moeten worden onderzocht.

Ook hierbij geldt weer dat toepassingen die bestaan uit het leveren van informatie moet bedacht worden dat de systemen enerzijds de complexiteit van de rijtaak trachten te verminderen, maar daar anderzijds aan bijdragen, vooral als er sprake is van meerdere deelsystemen en eventueel verwarrende of tegenstrijdige boodschappen.

Onder de systemen die de gecompliceerdheid verminderen is snelheidsmanagement het belangrijkste. Hierdoor wordt zowel de tijd voor het nemen van beslissingen, als die voor het uitvoeren van de daaruit afgeleide handelingen vergroot, waardoor ongevallen eerder kunnen worden

voorkomen. Verder zullen bij lagere snelheden ook de gevolgen van ongevallen geringer zijn. Waarschuwingssystemen maken verkeersdeelnemers wel attent op mogelijke problemen bij het rijden, maar alleen een feitelijke snelheidsvermindering zal in de meeste gevallen effectief zijn.

Evaluatie van waarschuwingssystemen zal zich dan ook moeten richten op feitelijke gedragsveranderingen. *Gedragsobservaties en snelheidsmetingen* in het bijzonder zijn daarvoor de meest geschikte methoden. Vervolgens kunnen afgeleiden van die gedragsveranderingen worden gemeten.

Conflictobservaties, vooral toepasbaar op kruispunten en oversteken of andere lokale situaties, kunnen worden gebruikt om meer direct de gevolgen van de gedragsveranderingen voor de veiligheid te meten.

Uiteindelijk zullen *ongevallenanalyses* moeten uitwijzen of verbeteringen ook feitelijk tot minder ongevallen (van een bepaald type) leiden. Daarbij is het vaststellen van veranderingen in de *expositie* essentieel voor een goede interpretatie van de effecten.

Bij systemen die gericht zijn op re-routing spreekt het vanzelf dat, behalve naar het effect op de route zelf, ook gelet moet worden op de effecten op de wegen waarover het verkeer wordt omgeleid. In combinatie met parkeermanagement gaat het dan niet alleen om de reductie in afgelegde afstand, maar ook om de risico's op de alternatieve routes. *Oorsprong-, route- en bestemmingsonderzoek* is nodig om deze effecten te meten.

Bij systemen ter bevordering van het openbaar vervoer al of niet in combinatie met het gebruik van de auto zal, naast *onderzoek naar de feitelijke veranderingen in passagiersaantallen*, gezocht kunnen worden naar mogelijkheden tot verbetering. Door middel van *interviews* kan worden gevraagd naar de redenen waarom autobestuurders geen of juist wel gebruik maken van de geboden faciliteiten. Verder dient bij de evaluatie ook rekening te worden gehouden met het voor- en na-transport, lopend of op de fiets.

Bij verkeersafhankelijke regelingen kunnen de effecten worden bepaald door gebruik te maken van *conflictanalyse* en door het registreren van *verkeersovertredingen als functie van de wachttijd*. Verder kan worden onderzocht of vooral voetgangers beter gebruik maken van de oversteekvoorzieningen.

5.5. Voorbeeld van een systeem voor routegeleiding en snelheidsregeling

Eerder is aangegeven dat vooral voor wegen met complexe verkeerssamenstelling of verkeerssituaties vooral de snelheidsbeïnvloeding belangrijk is. Het gaat hierbij om een flexibel systeem, waarbij de snelheid situatieafhankelijk wordt geregeld. Dit kan in principe door middel van voertuig/wal-communicatie worden geregeld, maar ook met behulp van een 'in-car'-systeem in combinatie met de positie van het voertuig op het wegennet. Dit zou kunnen worden gerealiseerd met een aangepast GPS-systeem, waarbij een nauwkeurige plaatsbepaling mogelijk is.

Een dergelijk systeem zou, mits er een slimme snelheidsregeling wordt toegepast, een zodanige routegeleiding kunnen adviseren, dat in combinatie met de voor elke route gekozen snelheidsregeling, een minimale ritduur het gevolg is. Het routegeleidingssysteem is dus adviserend, maar de

bij een gekozen route behorende snelheidsbeperkingen worden afgedwongen.

Verandering van een snelheidsbeperking zou bijvoorbeeld met een auditief signaal en een korte visuele of auditieve toelichting gemotiveerd kunnen worden.

We zullen hier niet ingaan op de mate van acceptatie van een dergelijk systeem voor gebruikers, wel op gebruiksaspecten bij gebruik van het systeem.

Positieve effecten voor de veiligheid: er mag een groot positief effect worden verwacht van een dergelijk systeem op de veiligheid. Dit met name voor de enkelvoudige ongevallen bij duisternis, maar ook voor kop/staart-ongevallen en ongevallen tussen snel en langzaam verkeer op rechte wegvakken en kruisingen. Verder mag worden verwacht dat de ongevallen-ernst afneemt.

Negatieve aspecten betreffen vooral de inschakel- en uitschakel-effecten, en het gedrag bij uitval van het systeem.

In de prospectieve fase dient vooral aandacht te worden gegeven aan de mogelijk negatieve effecten. Er dient eerst getoetst te worden bij ervaren en onervaren bestuurders op een testroute, welke problemen zich voordoen bij het overschakelen op een dergelijk systeem. Daarbij moet ook worden gekeken naar het weer terugkeren tot de uitgangssituatie zonder systeem. Leidt dit tot rustiger rijgedrag, of tot onaangepast gedrag in bijzondere situaties, zoals bochten? In hoeverre vaart de bestuurder blind op het systeem?

Bijzondere aandacht is nodig voor het 'fail-safe' zijn van het systeem; de bestuurder dient hierover direct informatie te krijgen. Bovendien moet worden uitgezocht hoe bestuurders reageren op uitval van het systeem.

Prospectief gezien is het vooral belangrijk om een goede analyse te verrichten van het netwerk waarvoor het systeem bedoeld is. Hierbij kan ook worden gedacht aan een fasering in het systeem, waarbij de snelheid eerst op een beperkt aantal belangrijke lokaties wordt begrensd en later meer genuanceerde beperkingen worden toegevoegd.

De geloofwaardigheid van het systeem is erg belangrijk. Door het interviewen van bestuurders achteraf en een verbaal protocol tijdens de testritten kan worden getoetst welke snelheidsbeperkingen acceptabel zijn. Later, na gewinning zouden verdere restricties opnieuw op acceptatie kunnen worden getoetst.

Retrospectief gezien kan toetsing op de positieve aspecten plaatsvinden door een vergelijking te maken tussen de aantallen ongevallen (en hun ernst) van een voldoende grote groep met een dergelijk systeem uitgeruste auto's en een representatieve steekproef van niet uitgeruste auto's.

De representativiteit moet betrekking hebben op het voertuig, het gebruik ervan en de karakteristieken van de bestuurder.

Behalve een ongevallenstudie zou (met name in een proefsituatie, of in een situatie met wel en niet met het systeem uitgeruste auto's) een toetsing verricht moeten worden op een mogelijke vergroting van de variatie in snelheidsgedrag en op gedragsreacties van verkeersdeelnemers met niet uitgeruste voertuigen. Voorts zou getoetst moeten worden op de reacties van het langzame verkeer. Bij niet volledige toepassing kan generalisering van verwachtingen een negatief effect opleveren.

Deze effecten kunnen worden nagegaan door verkeersgedrags en verkeersconflictstudies op specifieke locaties, of door snelheidsmetingen op wegvakken, eventueel gecombineerd met gedragsobservaties. Ten slotte zou door middel van interviews ook gevraagd moeten worden naar de ervaringen van het langzaam verkeer.

5.6. **Samenvatting**

In dit hoofdstuk is toepassing van telematica als onderdeel van verkeersmanagement uitgewerkt voor 80 km/uur-wegen buiten de bebouwde kom en voor 50 km/uur-wegen binnen de bebouwde kom.

Eerst is een overzicht gegeven van de belangrijkste veiligheidsproblemen op deze typen van wegen zoals die in de literatuur worden vermeld.

Vervolgens is een overzicht gegeven van de verschillende onderdelen waaruit een totaal systeem kan zijn opgebouwd. De eerder genoemde deelsystemen zijn behandeld in relatie tot de belangrijkste veiligheidsproblemen.

Ten slotte is voorbeeldsgewijs kort aangegeven hoe geïmplementeerde systemen op veiligheidsaspecten getoetst kunnen worden. Dit is in meer detail uitgewerkt voor een routegeleidingssysteem, in combinatie met een systeem voor snelheidsbeperking.

Literatuur

Bos, J.M. (1995). *Verkeersveiligheid in het Rijn-Corridor project; Een evaluatie van de enquêtevragen*. A-95-3. SWOV, Leidschendam.

Burton, R. (1994). *Guidelines for Assessment of Transport Telematics Applications in Urban Traffic Management & Information*. CEC DRIVE.II ERTICO CORD Proj. V2056 WP600, Deliv. AC07. vol4. June 1994.

Carsten, O.M.J. (1993). *Framework for Prospective Traffic Safety Analysis*. CEC DRIVE.II HOPES Proj. V2002 WPcom4, Deliv.6. March 1993.

Carsten, O.M.J. (1995). *Guidelines on Safety Evaluation: In-Vehicle Information Systems*. CEC DRIVE.II HOPES Proj. V2002. July 1995.

Draskóczy, M. (1994). *Mandatory Safety Quality Assurance*. CEC DRIVE.II HOPES Proj. V2002 WP22, Deliv.19. Included:

- Carsten, O.M.J. *Guidelines on Safety Evaluation of In-Vehicle Information Systems* (January 1994).
- Kulmala, R. *Guidelines on Safety Evaluation of Inter-Urban Traffic Management and Information Systems* (April 1994).
- Draskóczy, M. *Guidelines on Safety Evaluation of Hazardous Goods Monitoring and Control Systems* (May 1994).
- Draskóczy, M. *Guidelines on Safety Evaluation of RDS-TMC systems* (April 1994).

DRIVE (1993). *Transport telematics: STIG Programme (1991-94). DRIVE 1993: Research and Technology Development (RTD) in advanced road transport telematics*. CEC DG.XIII DC-6, TT100.

ERTICO (1994). *Proceedings of the First World Congress on Applications of Transport Telematics and Intelligent Vehicle-Highway Systems*. ERTICO, Paris, December 1994.

Goldenbeld, Ch. (1995). *Modulenboek Gedragsbeïnvloeding in de Regio: Achtergronden bij module x: Snelheid 80 km/uur-wegen*. [Concept AVV].

Grayson, G., Fránzen, S. & Rothengatter, T. (1993). *Framework for MMI Safety Analysis, & Appendix: Review of DRIVE I MMI Literature*. CEC DRIVE.II HOPES Proj. V2002 WPcom3, Deliv. 5A & 5B. March 1993.

Gundy, C.M. (1994). *Safety implications of electronic driving support systems; An orientation*. R-94-85. SWOV, Leidschendam.

Hagenzieker, M.P. & Noordzij, P.C. (1992). *Onderzoek naar de ongevallen met ernstige afloop in West-Zeeuwsch-Vlaanderen met behulp van processen-verbaal en verkeersongevallen-registratieformulieren*. R-92-34. SWOV, Leidschendam.

Heijer, T., Lindeijer, J.E. & Oppe, S. (1994). *SWOV-contributions to the HOPES Annual report 1994 concerning WP31.2, WP31.3 and WP31.4*. D-94-19. SWOV, Leidschendam.

Heijer, T. & Polak, P.H. (1994). *Telematica en verkeersstroomgeleiding; Een onderzoek naar kwantitatieve veiligheidscriteria ten behoeve van verkeersstroomgeleiding*. R-94-78. SWOV, Leidschendam.

Jansen, G.R.M. (1994). *Voorstudie Technologiebeleid Verkeer en Vervoer (2e interim-rapport)*. TNO Beleidsstudies en Advies, sector verkeer en vervoer.

Kulmala, R., Fránzen, S. & Dryselius, B. *Safety Evaluation of Incident Warning Systems: Integration of Results*. CEC DRIVE.II HOPES Proj. V2002 WP31, Deliv. 35. June 1995.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1993). *Voortgangsnota Telematica Verkeer en Vervoer*. SDU, 's-Gravenhage.

Minnen, J. van (1992). *Inherent veilig op 80 km/uur-wegen; Enkele ideeën en suggesties m.b.t. de aanpak van de "80 km/uur-wegen" in het kader van het project "Inherent veilig"*. R-92-5. SWOV, Leidschendam.

Noordzij, P.C. (1989). *Rangordening van problemen met het gedrag van weggebruikers; Bijdrage aan het flankerend beleid ten aanzien van weggebruikers*. R-89-21. SWOV, Leidschendam.

Noordzij, P.C. (1995). *Kenmerken van ongevallen met brom- en snorfietsen; Vervolgonderzoek met aanvullende gegevens*. R-95-28. SWOV, Leidschendam.

Oppe, S., Roszbach, R. & Heijer, T. (1995). *Bouwstenen beleidsvisie telematica verkeersveiligheid*. R-95-74. SWOV, Leidschendam.

PRO-GEN Safety Group (1993). *Proceedings - PROMETHEUS, PRO-GEN Safety Workshop, Stuttgart, Jan 21-22, 1993*. PROMETHEUS, PRO-GEN Safety Group, August 1993.

Southall, D. & Robertson, J. (1994). *Driver Information Systems: Code of Practice and Design Guidelines (Design, Manufacture, Installation and Use of DIS's)*. ICE Ergonomics Ltd., Leicestershire.

Oppe, S. (1992). *Framework for Retrospective Traffic Safety Analysis - Part A: Guidelines & Part B: Examples*. CEC DRIVE.II HOPES Proj. V2002 WPcom4, Deliv. 7A & 7B. December 1992.

Oppe, S. (1993). *Guidelines for Retrospective Safety Analysis*. [Intern -openbaar-HOPES-rapport].

Oppe, S. (1994). *Safety evaluation of ATT-systems for Urban Traffic Management. Urban Traffic Management and Information (UTMI)*. CEC DRIVE.II HOPES Proj. 2002. Evaluation Task Force. September 1994.

Oppe, S., Lindeijer, J.E. & Barjonet, P. (INRETS). *Incident Warning Systems: Accident Review*. R-94-50. SWOV, Leidschendam.

Oppe, S., Lindeijer, J.E. & Heijer, T. (1995). *Incident Warning Systems - The Analysis of Traffic Behaviour*. CEC DRIVE.II HOPES Proj. V2002 WP31, Deliv. 22. May 1995.

Slangen, D.L.M. (1992). *De relatie tussen snelheid en onveiligheid op 80 km/uur-wegen en verkeersaders in de bebouwde kom; Een analyse en aanpak*. R-92-43. SWOV, Leidschendam.

