

Systematiek voor het toetsen van telematica-systemen op verkeers- veiligheidseffecten

Een samenvatting

Documentbeschrijving

Rapportnummer:	R-96-16
Titel:	Systematiek voor het toetsen van telematica-systemen op verkeersveiligheidseffecten
Ondertitel:	Een samenvatting
Auteur(s):	Drs. S. Oppe & J.M.J. Bos
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.
Trefwoorden:	Accident prevention, warning, incident detection, accident, driver information, telecommunication, data processing, accident rate, traffic, safety, specifications, behaviour, evaluation (assessment), measurement.
Projectinhoud:	Dit rapport is bedoeld als leidraad bij het toetsen van telematica-systemen op hun (mogelijke) gevolgen voor de verkeersveiligheid. Zowel de inbreng van relevante informatie bij het ontwikkelen van systemen komt aan de orde, als het toetsen ervan in de experimentele fase of bij grootschalige implementatie. Het rapport is een samenvatting van het uitgebreidere SWOV-rapport R-96-15.
Aantal pagina's:	14 pp. + 20 pp.
Prijs:	f 20,-
Uitgave:	SWOV, Leidschendam, 1996

Samenvatting

Telematica wordt gezien als een belangrijk hulpmiddel bij het ontwikkelen van het verkeers- en vervoerssysteem van de toekomst en de voertuigen daarbinnen. Sommige telematica-systemen worden expliciet ontwikkeld ter vergroting van de verkeersveiligheid, maar bij de meeste systemen is veiligheid geen hoofd- of neven-doel. Het is daarom van belang om van (combinaties van) systemen te kunnen beoordelen wat de veiligheidsconsequenties zijn.

In dit rapport, dat een samenvatting is van een uitgebreider rapport, wordt aangegeven met welke veiligheidseffecten, in welke fase van ontwikkeling van het systeem en ook in welke fasen van het verkeersproces, rekening dient te worden gehouden.

Het rapport maakt onderscheid tussen de fase van systeemontwikkeling, experimentele toepassing en toepassing op grote schaal. Verder wordt onderscheid gemaakt tussen de veiligheidseffecten op het niveau van de mobiliteit, de verkeersstromen, het verkeersgedrag, de rijtaak en uiteindelijk op het ongevals-niveau.

Er worden korte beschrijvingen gegeven van de aandachtspunten voor de veiligheid, per niveau van ontwikkeling, per verkeersniveau en verder naar de belangrijkste toepassingsgebieden van telematica. Tevens zijn er standaardformulieren ontwikkeld voor de beoordeling van concrete telematicasystemen op verkeersveiligheid, zowel in de ontwikkelingsfase als voor experimentele toetsing.

In de bijlagen worden diverse voorbeelden gegeven van toepassing van een verkeersveiligheidsanalyse op basis van de standaardformulieren. Deze voorbeelden betreffen een prospectieve analyse van 'Intelligent Cruise Control (ICC)'-systemen, gericht op de ontwikkelingsfase van het systeem en retrospectieve analyses, gericht op experimentele toepassing van 'Incident Warning Systems' (IWS).

Ten slotte wordt een voorbeeld gegeven van een mogelijk te ontwikkelen Verkeersmanagement Systemen voor het lagere orde wegennet en de daaraan gerelateerde positieve en negatieve veiligheidseffecten.

Summary

System to test the road safety effects of telematics applications

Telematics are regarded as an important aid in developing future traffic and transport systems and the vehicles using these systems. Some telematics systems are specifically devised to increase road safety, but in most systems safety is not a primary or secondary goal. It is therefore important to be able to assess the safety consequences of systems or combinations of systems.

This report, which summarizes a more extensive document, discusses which safety effects must be taken into account, at which stages of the development of the system they must be considered and in which phase of the traffic process.

The report identifies the following phases: systems development, experimental application and large-scale application. It also distinguishes between safety effects relating to mobility, traffic flow, traffic behaviour, the reasons for travel and ultimately the level of accidents.

The report gives brief accounts of the safety aspects to consider at each level of development, at each level of traffic and in the main areas of application for telematics. It also produces standard forms for the assessment of the road safety aspects of specific telematics systems, both during the development phase and during the experimental testing.

The annexes to the report contain various examples of the application of a road traffic safety analysis based on standard forms. These examples include a prospective analysis of 'Intelligent Cruise Control' (ICC) systems, aimed at the development phase of the system, and retrospective analyses, aimed at the experimental application of 'Incident Warning Systems' (IWS).

Finally, the report gives an example of a possible Traffic Management System for secondary road networks, and describes the positive and negative road safety effects of such a system.

Inhoud

1.	<i>Opmerkingen vooraf</i>	6
1.1.	Doel en achtergrond	6
1.2.	Opzet van het rapport	7
2.	<i>Het toetsen van telematica-systemen op verkeers- veiligheid</i>	9
2.1.	Vragen vooraf bij de toetsing van systemen	9
2.2.	Toetsing van systemen per fase	9
2.3.	Prospectieve veiligheidsanalyse van systemen in ontwikkeling	11
2.3.1.	Relatie systeem en gebruiker bij een prospectieve analyse	12
2.4.	Retrospectieve veiligheidsanalyse van toepasbare systemen	13
	<i>Bijlage 1 t/m 5</i>	15
	<i>Literatuur</i>	34

1. Opmerkingen vooraf

1.1. Doel en achtergrond

Dit rapport is bedoeld als leidraad bij het toetsen van telematica-systemen op hun (mogelijke) gevolgen voor de verkeersveiligheid. Er wordt zowel aandacht besteed aan de inbreng van de voor de verkeersveiligheid relevante informatie bij het ontwikkelen van systemen, als aan het toetsen ervan in de experimentele fase of bij grootschalige implementatie. Het rapport is een samenvatting van het uitgebreidere SWOV-rapport *Het toetsen van telematica-toepassingen op verkeersveiligheidseffecten* (Bos & Oppe, 1996), waarin dieper wordt ingegaan op de achtergronden van de toetsing.

Wat geldt voor het vaststellen van criteria voor het meten van veiligheidseffecten in het algemeen, geldt ook voor criteria voor veiligheidstoetsing van telematica-systemen. Door de grote variatie in systemen en toepassingen is een volledige beschrijving in een kort bestek niet mogelijk. Er bestaan reeds richtlijnen en checklists die bedoeld zijn als handleiding bij het evalueren van veiligheidseffecten van telematica-systemen, maar die beperken zich noodgedwongen tot een aantal hoofdlijnen of tot een uitwerking voor specifieke systemen. Hier is gekozen voor een tussenweg, waarbij het de bedoeling is om, op een ruim gebied, principe-uitspraken te doen over de belangrijkste veiligheidseffecten van systemen. Verder wordt aandacht besteed aan de veiligheidseffecten op de afzonderlijke niveaus van het verkeersproces.

Door deze brede opzet is het niet mogelijk om gedetailleerde uitwerkingen te geven. Wel worden enkele meer gedetailleerde analyses in voorbeelden uitgewerkt. Het is daarbij de bedoeling om eventuele positieve en negatieve veiligheidseffecten op te sporen en om na te gaan bij welke aspecten toetsing op veiligheid relevant is.

In het algemeen geldt echter dat een veiligheidsanalyse voor een bepaald systeem of toepassing bij voorkeur op maat wordt gemaakt en uitgevoerd. Voor systemen gericht op de *rijtaak* wordt in een apart project een gedetailleerd toetsingsprotocol ontwikkeld; dit is wel bedoeld om als concrete leidraad te worden gebruikt bij toetsing van die systemen op veiligheid.

Bij de totstandkoming van richtlijnen voor toetsing is onder meer gebruik gemaakt van in de projecten PROMETHEUS en DRIVE ontwikkelde criteria. Voor informatie hierover en voor een nadere uitwerking wordt verwezen naar het bijbehorende achtergrondrapport (Bos & Oppe, 1996).

In dit rapport wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste vragen die bij een toetsing op veiligheid aan de orde zijn. Er zijn standaard-formulieren ontwikkeld, die kunnen worden gebruikt om de mogelijke positieve en negatieve veiligheidseffecten op te sporen.

Met behulp van enkele voorbeelden wordt het gebruik van de formulieren bij de beoordeling van specifieke telematica-systemen op hun consequenties voor de veiligheid, toegelicht.

1.2. Opzet van het rapport

In de meeste overzichten staat een categorie-indeling van systemen naar hun doelstelling centraal. In dit rapport is echter gekozen voor een procesanalyse van systemen op hun veiligheid, die aansluit bij de fasen in de ontwikkeling van het systeem en de gevolgen van de toepassing van het systeem voor de gebruiker en voor het verkeersproces. Hierdoor worden de veiligheidseffecten beter zichtbaar. Aanvullend wordt in *Bijlage 1* een overzicht gegeven van de systemen naar hun doelstelling en de daarmee verband houdende veiligheidsaspecten. Hierbij is een aan DRIVE ontleende indeling gebruikt.

In hoofdstuk 2 wordt de veiligheidsanalyse uitgewerkt. In het onderstaande schema is de gebruikte opzet schematisch weergegeven. Er wordt onderscheid gemaakt tussen systemen die in ontwikkeling zijn, systemen die in de experimentele fase verkeren en systemen die in aanmerking komen voor toepassing op grote schaal. Hiermee parallel lopen drie mogelijke analyses: de *prospectieve* analyse, die kan worden toegepast bij systemen in ontwikkeling, de *retrospectieve* analyse van systemen in de experimentele fase en de *ongevalsanalyse* van systemen die op grote schaal zijn toegepast.

De eerste twee analyses richten zich op de proceskant van het systeem, terwijl de ongevalsanalyse zich richt op de uitkomst ervan in termen van ongevallen. De ongevalsanalyse is niet specifiek voor het toetsen van telematica-systemen en wordt dan ook hier niet apart behandeld.

Ontwikkelingsstadia	Analysemethoden	Hulpmiddelen	Voorbeelden
Systeemontwikkeling	Prospectieve proces-analyse	Standaard formulier 1 globale beschrijving	<i>Bijlage 2</i>
		Standaard formulier 2 veiligheidseffect	
Experimentele toepassing	Retrospectieve procesanalyse	Standaard formulier 1 globale beschrijving	<i>Bijlage 3 en 4</i>
		Standaard formulier 3 veiligheidseffect	
Toepassing op grote schaal	Ongevalsanalyse	Klassieke veiligheidsanalyse op de output; hier niet uitgewerkt.	

Het is van belang om de (mogelijke) effecten op de veiligheid zo vroeg mogelijk te onderkennen. Daarom wordt eerst de prospectieve veiligheidsanalyse behandeld, die kan worden toegepast bij de ontwikkeling van systemen.

Hierbij wordt gebruik gemaakt van een standaardformulier waarin de globale beschrijving van het systeem en de veiligheidseffecten kunnen worden vastgelegd. Er is een tweede standaardformulier ontwikkeld, om de genoemde veiligheidseffecten op een systematische manier op te sporen, op basis van de belangrijkste factoren die bij het gebruik van het systeem relevant zijn. De uitkomsten kunnen vervolgens worden samengevat in de globale beschrijving.

Vervolgens wordt in hoofdstuk 2 aangegeven hoe met behulp van een retrospectieve veiligheidsanalyse de veiligheidseffecten van bestaande systemen kunnen worden vastgesteld. Ook hierbij wordt gebruik gemaakt van het standaard formulier voor de globale beschrijving. Voor de opsporing van de veiligheidseffecten is een apart formulier ontwikkeld, op basis van de fasen uit het verkeersproces.

In de *Bijlagen 2, 3 en 4* wordt een aantal voorbeelden gegeven van toepassing van de genoemde standaardformulieren op telematica-systemen. In *Bijlage 2* wordt een voorbeeld uitgewerkt van de toepassing van een prospectieve analyse op een concreet systeem.

In *Bijlage 3* worden twee voorbeelden gegeven van de toepassing van een retrospectieve analyse op bestaande systemen.

In *Bijlage 4* wordt ten slotte een uitwerking gegeven van een retrospectieve analyse van een mogelijk, maar nog niet ontwikkeld systeem voor de toepassing van telematica op het onderliggend wegennet. Met name op dit gebied liggen grote mogelijkheden voor veiligheidsrelevante toepassingen van telematica, terwijl de meeste toepassingen zich nu nog richten op het primaire wegennet. Bij de feitelijke ontwikkeling dient ook voor deze systemen eerst een prospectieve analyse te worden uitgevoerd, waaruit aanvullende veiligheidsaspecten naar voren kunnen komen.

2. Het toetsen van telematica-systemen op verkeersveiligheid

2.1. Vragen vooraf bij de toetsing van systemen

De volgende vragen kunnen helpen bij het vaststellen of een bepaald telematica-systeem positieve of negatieve effecten heeft op de veiligheid.

1. Wat is de *aard van het systeem*: is het systeem enkelvoudig of samengesteld?

Toelichting: Bij verscheidene deelsystemen, zoals bijvoorbeeld het geval is bij een verkeersmanagement-systeem, moeten niet alleen de deelsystemen zelf worden geëvalueerd, maar ook hun onderlinge samenhang. De combinatie kan een positieve meerwaarde hebben of juist leiden tot problemen of conflicten bij het regelen van verkeersstromen.

2. Wat is het *systeem-doel*: waarop richt het systeem zich en hoe verhoudt zich dat tot de andere verkeersdoelen?

Toelichting: Het is evident dat een systeem dat primair of secundair tot doel heeft de verkeersveiligheid te verbeteren, op zijn effectiviteit moet worden beproefd, maar er kunnen bij systemen (of zij nu wel of niet bedoeld zijn om de veiligheid te vergroten), ook onverwachte *neven-effecten* op de veiligheid optreden. Vooral het onderkennen van deze effecten eist vaak specialistische kennis over het verkeersgedrag en de veiligheid.

3. *Hoe grijpt het systeem in*: op welke fase in het verkeersproces grijpt het systeem in?

Toelichting: Met name de beantwoording van deze vraag kan mogelijke neveneffecten aan het licht brengen op andere niveaus van het verkeersproces dan uitsluitend het niveau waarop het is bedoeld.

2.2. Toetsing van systemen per fase

Bij het toetsen van telematica-systemen op veiligheid komen drie fasen in aanmerking: de ontwikkelingsfase, de experimentele implementatie en de feitelijke (grootschalige) implementatie. Hiermee lopen grofweg drie toetsingsprocedures parallel: de prospectieve analyse, de retrospectieve analyse en de ongevalsanalyse, elk met hun eigen mogelijkheden van toepassing.

1. De prospectieve veiligheidsanalyse

Deze kan tijdens de ontwikkeling van systemen worden toegepast.

Factoren als de systeembetrouwbaarheid en de relatie tussen vormgeving van het systeem en het gebruik ervan staan centraal.

De analyse richt zich vooral op de effecten van het systeem op de rijtaak, de mens-machine interactie, 'worst case'-problemen, interactie-, interferentie- en cascade effecten. Op het niveau van het verkeersgedrag kan een analyse plaatsvinden van de effecten op speciale gebruikersgroepen zoals jongeren en ouderen, en van de effecten op niet-gebruikers van het systeem.

2. De retrospectieve veiligheidsanalyse

Deze is vooral van belang bij het testen van een systeem in het feitelijke verkeer. Tijdens de introductie wordt gelet op de effecten op de mobiliteit en de veiligheidsgevolgen daarvan, daarnaast op diverse aspecten van het verkeersproces.

Evenals bij de prospectieve analyse staat de analyse van het proces centraal en niet de uitkomst ervan, zoals bij de ongevalsanalyse. Bij de retrospectieve analyse kunnen hypothesen die tijdens de prospectieve analyse zijn geformuleerd, worden getoetst. Het gaat daarbij om de consequenties voor de verdeling van het verkeer over het netwerk, de geleiding van verkeersstromen, de interactie tussen verkeersdeelnemers, het verkeers (conflict-)gedrag van de gebruikers, de relatie tussen gebruikers en niet gebruikers van het systeem, de omstandigheden waaronder het systeem moet functioneren, gevolgen voor de rijtaak en de mogelijke effecten op de ongevallemafloop. Voor toetsing op de feitelijke afloop is de toepassing vrijwel altijd te kleinschalig.

3. De ongevalsanalyse

Hierbij wordt van geïntroduceerde systemen achteraf vastgesteld welke effecten gemeten kunnen worden in termen van feitelijke ongevallen en slachtoffers, of daarmee gecorreleerde grootheden als verkeersconflicten, op basis waarvan prognoses van ongevallen mogelijk zijn.

Deze analyse heeft als voordeel dat feitelijke gevolgen voor de veiligheid kunnen worden vastgesteld, terwijl de vorige analyses slechts een indirecte toets op veiligheid beogen. Een ongevalsanalyse vraagt echter een lange evaluatie-periode, waardoor gebreken van systemen niet vroegtijdig aan het licht kunnen komen, terwijl ook de oorzaken van ongevallen vaak niet kunnen worden vastgesteld.

De ongevalsanalyse is niet specifiek voor telematica-systemen en wordt dan ook in dit overzicht verder buiten beschouwing gelaten. Wel wordt bij de retrospectieve analyse aandacht besteed aan de mogelijke effecten van telematica-systemen voor de gevolgen van ongevallen.

Het schema hieronder geeft een overzicht van de toepasbaarheid van de analyses in de verschillende fasen van het verkeersproces.

Daarna volgt, in § 2.3, een overzicht van de belangrijkste aspecten die bij de prospectieve analyse aan de orde zijn.

Vervolgens wordt in § 2.4 een overzicht gegeven van de retrospectieve analyse en van de indicatoren die daarbij gebruikt kunnen worden in de diverse fasen van het verkeersproces.

Zoals eerder vermeld blijft een behandeling van de ongevalsanalyse hier buiten beschouwing.

Toepasbaarheid van toetsingsprocedures naar fasering in de tijd en verkeersfase.			
	ontwikkelingsfase/ prospectieve analyse	experimentele implementatie/ retrospectieve analyse	grootschalige implementatie/ ongevalsanalyse
Verkeersfasen:			
mobiliteit	beperkt toepasbaar	toepasbaar	toepasbaar
verkeersstromen	beperkt toepasbaar	goed toepasbaar	toepasbaar
verkeersgedrag	beperkt toepasbaar	goed toepasbaar	beperkt toepasbaar
rijtaak	goed toepasbaar	toepasbaar	beperkt toepasbaar
ongevallen	niet toepasbaar	niet toepasbaar	goed toepasbaar

2.3. Prospectieve veiligheidsanalyse van systemen in ontwikkeling

Een prospectieve veiligheidsanalyse kan in principe worden toegepast op alle telematica-systemen. Voor alle systemen zal gelden dat al bij het opzetten van het systeem wordt nagedacht over de effectiviteit ervan en de voorwaarden waaronder het moet functioneren. De prospectieve analyse waarvoor hier aandacht wordt gevraagd richt zich vooral op de relatie tussen het systeem dat wordt ontwikkeld en de gebruikers van het systeem. Dit zullen meestal de verkeersdeelnemers zelf zijn, maar er zijn ook systemen die worden gebruikt op een hoger regelniveau, zoals verkeerscontrole-systemen.

In de literatuur worden voorbeelden gegeven van toepassing op telematica-systemen voor verkeersdeelnemers. Hier liggen ook de beste toepassingsmogelijkheden. Op deze toepassingen wordt dan ook dieper ingegaan, maar veel daarbij naar voren komende aspecten gelden eveneens voor de hogere regelniveaus van het verkeerssysteem. Juist daar zou een prospectieve analyse goed kunnen worden gebruikt voor het vastleggen van de gebruiksregels en het trainen van gebruikers.

Bij de prospectieve analyse staat de procesanalyse van het systeem centraal. Daarbij zijn de volgende vragen van belang:

- waarvoor is het systeem bedoeld?
- hoe moeten deze doelen worden bereikt?
- welke gevolgen heeft dit voor de uitvoering van de (rij)taak?
- welke eisen stelt het systeem aan de gebruiker?
- wat zijn de mogelijke neveneffecten op andere taakelementen?
- onder welke condities wordt het systeem geacht te werken en onder welke condities zouden problemen kunnen ontstaan?
- wat is de kans dat het systeem faalt en wat zijn daarvan de gevolgen voor de veiligheid?
- onder welke omstandigheden wordt dit falen kritisch?

Het gaat bij de procesanalyse uiteindelijk om de volgende drie punten:

- het opsporen van mogelijke veiligheidsproblemen;
- het inschatten van de kans dat die problemen ontstaan;
- het schatten van de gevolgen als de problemen zich feitelijk voordoen.

Hieruit volgt een lijst met aandachtspunten en bijbehorende prioriteiten. Deze kunnen vervolgens worden gespecificeerd in termen van zogenaamde 'worst case'-scenario's of in de vorm van te toetsen hypothesen: wat kan er mogelijk misgaan bij het gebruik van het systeem? Vervolgens kan in de ontwikkelingsfase al worden getoetst of aanpassingen van het ontwerp nodig zijn. Bij de rijtaak door gebruik te maken van rijsimulatoren en geïnstrumenteerde voertuigen, of door het doen van laboratorium experimenten.

Er zijn lange lijsten opgesteld van aandachtspunten die van belang zijn voor een prospectieve analyse. Sommige overzichten zijn bedoeld als checklist, andere meer om te wijzen op mechanismen die een rol spelen. Het achtergrondrapport (Bos & Oppe, 1996) geeft daarvan een overzicht. In § 4.1.1. worden alleen de belangrijkste aspecten genoemd van de relatie tussen het systeem en de gebruiker ervan. Deze aspecten vormen de basis van de prospectieve veiligheidsanalyse zoals uitgewerkt in het voorbeeld in hoofdstuk 5.

2.3.1. Relatie systeem en gebruiker bij een prospectieve analyse

Een belangrijke invalshoek voor de beoordeling is het onderscheid naar het *waarnemen, beslissen en handelen van de gebruiker*. Systemen kunnen worden ingedeeld in:

- a. systemen die vooral bedoeld zijn om gebruikers te informeren over zaken die van belang zijn voor het beslissen en handelen, maar deze over laten aan de gebruiker zelf - bijvoorbeeld incident-, ongevals- en weerwaarschuwingssystemen;
- b. systemen die gericht zijn op het nemen van beslissingen, vaak in termen van gedragsvoorschriften, waarvan verwacht wordt dat ze worden opgevolgd - bijvoorbeeld een route-geleidingssysteem;
- c. systemen die ingrijpen op het handelen (met of zonder mogelijkheid om deze ingreep te 'overrulen') - bijvoorbeeld een intelligente snelheidsadaptor.

Gaande van (a) naar (c) wordt het belang van het *fail-safe* zijn van het systeem steeds groter, vooral indien onder (c) de ingreep niet kan worden 'overruled'. Aansluitend geldt dat ook het 'worst case'-scenario in toenemende mate aandacht verdient.

Dit onderscheid hangt nauw samen met het *taakniveau* van de uit te voeren verkeerstaak. Informatieverschaffing zal meestal plaatsvinden ter ondersteuning van strategische en tactische beslissingen. Het geven van instructies vindt meestal plaats op het tactische en manoeuvre-niveau en het ingrijpen op het manoeuvre-niveau.

Dit leidt tot de volgende factoren die een rol spelen bij een prospectieve analyse:

- *De wijze van aanbidding van informatie* speelt vooral bij (a) en (b) een rol: de duidelijkheid en timing van boodschappen is belangrijk. Het tijdstip van informatieverschaffing bij taken op het strategisch niveau zal meestal weinig kritisch zijn, maar bij taken op het tactische en manoeuvre-niveau is het tijdstip meestal in sterke mate relevant.
- *De interferentie met de rijtaak*. Hierbij speelt vooral hiërarchie van boodschappen een rol. Verder ook gebruiksgemak, tegenstrijdigheid van boodschappen of instructies en overbelasting of onderbelasting van de gebruiker.
- *Interferentie met het overige verkeer*. Hierbij moet vooral worden gelet op de hiërarchie tussen de (al of niet geautomatiseerde) taken en boodschappen van ook andere (telematica-)systemen.
- *Omstandigheden* waaronder het systeem functioneert. Dit betreft de toestand van de gebruiker, de weers- en verkeersomstandigheden, de toestand van het voertuig en de weg en de interactie met de overige verkeersdeelnemers.
- *Indirecte gevolgen*. Dit betreft niet beoogde veranderingen in het rijgedrag en generalisering van het veranderd gedrag naar situaties waarop het systeem geen betrekking heeft. Verder gaat het om consequenties voor andere weggebruikers en voor het verkeer als geheel.
- *Individuele verschillen*. Het gaat hierbij om verschillen van weggebruikers in vaardigheid, ervaring, motivatie enzovoort.

De genoemde factoren met de daarbij behorende veiligheidsaspecten worden in de volgende tabel nader uitgewerkt. De tabel zal als uitgangspunt dienen bij de uitwerking van het voorbeeld in *Bijlage 2*.

Prospectieve analyse naar de belangrijkste factoren bij de taakuitvoering.	
Informatie aanbieder	Duidelijkheid en timing van boodschappen: boodschappen moeten kort en duidelijk zijn en zodanig tijdig worden gegeven dat beslissingen positief en niet negatief beïnvloed worden; het gebruikersgemak van het systeem; de wijze waarop boodschappen worden overgedragen (auditief of visueel en de plaats van het visuele display); de tijd nodig om de informatie op te nemen; de mogelijkheid tot het opvragen van informatie; de gevolgen van het missen van informatie.
Interferentie met de rijtaak	Hiërarchie van boodschappen: boodschappen dienen te worden onderdrukt op momenten dat de rijtaak alle aandacht vergt; tegenstrijdigheid van boodschappen of instructies; overbelasting van de gebruiker (teveel informatie of informatie op het verkeerde moment); onderbelasting (aandachtsverlies); het leren omgaan met het systeem; de gevolgen van het inschakelen en uitschakelen van het systeem.
Interferentie met overig verkeer	Hiërarchie tussen de (al of niet geautomatiseerde) taken en boodschappen van ook andere (telematica)systemen; gevolgen van cascade-werking: de systemen moeten worden beoordeeld in de totale configuratie.
Omstandigheden	De toestand van de gebruiker (vermoeidheid of intoxicatie); de weers- en verkeersomstandigheden; de toestand van het voertuig en de weg; de interactie met de overige verkeersdeelnemers.
Indirecte gevolgen	Gewenning en irritatie bij de gebruiker; te veel vertrouwen op het systeem; het optreden van compenserend gedrag; misbruik van het systeem; generalisering van het veranderd gedrag naar situaties waarop het systeem geen betrekking heeft; imitatie van het gedrag door andere gebruikers zonder systeem; consequenties voor andere weggebruikers (met name het langzame verkeer) en voor het verkeer als geheel (bijvoorbeeld een mogelijke toename van variatie in gedrag).
Individuele verschillen	Versillen tussen weggebruikers in vaardigheid, ervaring en motivatie; speciale aandacht voor gebruik door jongeren (ervaring en motivatie) en ouderen (functieverlies).

2.4. Retrospectieve veiligheidsanalyse van toepasbare systemen

Zoals uit het schema aan het begin van dit hoofdstuk al blijkt, ligt het voor de hand om bij de retrospectieve analyse te kiezen voor een uitwerking van de fasen van het verkeersproces en niet van de aspecten van de rijtaak, zoals bij de prospectieve analyse is gebeurd.

In het verkeersproces worden vijf fasen onderscheiden waarin, telkens op een andere wijze, effecten kunnen optreden op de veiligheid. Deze fasen zijn:

- *de mobiliteitsfase*, waarin wordt beslist over een verplaatsing, de verkeersmodus en het tijdstip;
- *de verkeersstromen*, waarin wordt beslist over de route en de globale verkeersparameters; hieronder vallen ook de veiligheidsaspecten van de verkeersafwikkeling in het algemeen;
- *het verkeersgedrag*, de manoeuvres van bestuurders en de interactie tussen verkeersdeelnemers;
- *de rijtaak*, die kan worden gezien als deel van het verkeersgedrag, maar vanwege de specifieke relatie met telematica-systemen hier apart wordt bekeken;
- *de ongevalsfase*, waarin sprake is van feitelijke ongevallen en de gevolgen daarvan.

In het volgende schema wordt aangegeven op welke veiligheidsaspecten getoetst dient te worden in de diverse fasen van het verkeersproces en welke indicatoren kunnen worden gebruikt. *Bijlage 5* geeft een blanco formulier dat kan worden gebruikt bij het scoren van een systeem op veiligheid.

Retrospectieve analyse per niveau:		
Mobiliteit	Veiligheids-effecten:	de hoeveelheid verkeer (congestie); de verkeerssamenstelling (vrachtauto, personen auto, langzaam verkeer); keuze tijdstip; de functie van de weg versus het feitelijke verkeer; substitutie door veiliger modi (openbaar vervoer).
Mobiliteit v.v.	Methoden:	verkeerstellingen en -metingen; enquête.
	Indicatoren:	aantal ritten, afstand per rit, intensiteit, congestie, bezettingsgraad, percentage vrachtverkeer, substitutie autokilometers door openbaar vervoer of langzaam verkeer, verdeling verkeer over tijd van de dag, verdeling over wegennet.
Verkeersstromen	Veiligheids-effecten:	re-routing over onderliggend wegennet; ontwerpsnelheid vs. feitelijke snelheid; verstoringen in verkeersstromen; interactie voertuigen; incidenten.
	Methoden:	verwerking meetlusgegevens, verkeersobservaties van video of in het veld.
	Indicatoren:	percentage re-routing, rijnsnelheden, snelheidsverdelingen, snelheidsverschillen, volg-tijdverdeling, volgafstanden, rijstrookwisselingen, inhaalmanoeuvres, aantal incidenten, duur incidenten, aantal verkeersconflicten.
Verkeersgedrag	Veiligheids-effecten:	verkeersovertredingen; onverwacht/risicant verkeersgedrag; verkeersconflicten (door: inhalen, volgen, remmen, diffuus gedrag, verkeerde signalen).
	Methoden:	gedragsobservatie, conflictobservatie, geïnstrumenteerd voertuig, rijnsimulator, verbaal rapport, interview.
	Indicatoren:	type inhaalmanoeuvre, aantal remmanoeuvres, rijstrookkeuze, kritisch in- of uitvoegen, korte volgafstand, toestaan invoegen, verkeersconflicten naar manoeuvre, complexe manoeuvres, conflicten met langzaam verkeer, verkeersfouten en -overtredingen, compensatoir gedrag.
Rijtaak	Veiligheids-effecten:	vermoeidheid/overbelasting; alertheid/arousal/onderbelasting; adaptatie/compensatie; routine/rijstijl; onverwachte gebeurtenissen/onervarenheid.
	Methoden:	Observatie vanuit (geïnstrumenteerd) voertuig in het veld of op testbaan, laboratoriumonderzoek.
	Indicatoren:	aantal oogbewegingen, hoofdbewegingen, psycho-fysische maten als GSR, hartslag etc., operationele fouten, strategische en tactische fouten, vermoeidheidsindicaties, reactietijden.
Ongevallen	Veiligheids-effecten:	de omvang en verdeling van ongevallen naar locatie, type etc; secundaire ongevallen; ernst ongevallen; hulpverlening; blijvend letsel.
	Methoden:	post-crash onderzoek, pre- en post-klinisch onderzoek.
	Indicatoren:	aantal ongevallen naar ernst, type, verkeersdeelname etc. tijd nodig voor: signaleren van ongevallen, alarmering politie, hulpverlening gewonden, andere hulp (brand etc.), ontruimen rijbaan, afhandelen verkeer, vervoer ziekenhuis; kans op overlijden, kosten medische zorg, verpleegduur slachtoffers, mate van blijvende invaliditeit.

Bijlage 1 t/m 5

1. *Veiligheidsaspecten van telematica-systemen naar klassen van systemen.*
2. *Voorbeeld van een prospectieve analyse: Intelligent Cruise Control.*
3. *Voorbeeld van een retrospectieve analyse: Incident Warning Systems.*
4. *Toetsing van systemen op het 'lagere orde'-wegennet.*
5. *Voorbeelden van standaardformulieren.*

A. Veiligheidsaspecten naar type systeem

Bij de classificatie van systemen naar doelstelling of toepassingsgebied wordt vaak gekozen voor de onderstaande indeling, die is ontleend aan het DRIVE II-programma (Transport Telematics 1993). Wij zullen deze indeling volgen en kort de belangrijkste veiligheidsaspecten aangeven.

De volgende 'areas' worden daarin onderscheiden:

1. Demand management
2. Traffic and travel information
3. Integrated urban traffic management
4. Integrated inter-urban traffic management
5. Driver assistance and cooperative driving
6. Freight and Fleet management
7. Public transport management

A1. 'Demand management'

'Demand management' is vooral gericht op het beperken van de hoeveelheid verkeer. Dit soms in het algemeen, soms gericht op bepaalde (typen) wegen of op wijzen van verkeersdeelname.

De belangrijkste instrumenten zijn 'road pricing', 'smart cards', 'parking information', 'carpooling', 'park and ride' en 'traffic management'.

De veiligheidseffecten zullen mogelijk vooral positief zijn, maar er kunnen zich ook negatieve effecten voordoen.

Beperking van het gemotoriseerde verkeer is in het algemeen een zeer effectieve veiligheidsmaatregel.

Van vervanging van autokilometers door openbaar vervoer mag een groot effect worden verwacht, omdat het risico per verreden kilometer zeer veel lager is. Door aanvullende maatregelen, zoals park- and ride, parkeer-informatie enzovoort, kan het effect worden vergroot.

Bij evaluatie van de effecten van substitutie van autokilometers door openbaar vervoer, indien dit gepaard gaat met aanvullend langzaam verkeer, moet ook gelet worden op de mogelijk negatieve veiligheidseffecten van het in principe onveiliger langzaam verkeer. Daarbij moet in de evaluatie rekening worden gehouden met het risico voor de verkeersdeelnemers zelf (passief risico) en het risico dat ze voor anderen betekenen (actief risico). Het langzame verkeer is door de geringe massa in het laatste opzicht veel minder gevaarlijk dan het snelverkeer.

Als het demand management zich beperkt tot een gedeelte van het wegennet (bijvoorbeeld de autosnelweg), dan geldt dat bij de evaluatie ook de negatieve veiligheidseffecten op het onderliggende betrokken moeten worden.

A2. 'Traffic and travel information'

Deze systemen zijn meestal consument gericht. Het betreft 'in-car'-systemen als routegeleidingssystemen, navigatiesystemen, waar

schuwingssystemen, verkeersinformatiesystemen enzovoort. De genoemde systemen zijn, behalve de waarschuwingssystemen, niet primair op de veiligheid gericht, maar ze hebben vaak wel een (positief of negatief) effect op de veiligheid.

Van routegeleidingssystemen wordt verwacht dat zij tot kortere ritten leiden en veiliger zijn omdat niet naar een route gezocht hoeft te worden. Maar verkeersinformatiesystemen en route-geleidingssystemen kunnen ook leiden tot meer ritten over wegen van het onderliggend wegennet, zonder verkeersfunctie. Verder kan het gebruik van zulke systemen ook zelf interfereren met de primaire rijtaak.

A3. *'Integrated urban traffic management'*

Hoewel deze systemen meestal vanuit het oogpunt van doorstroming worden ontworpen, kunnen zij in potentie een grote bijdrage leveren aan de verkeersveiligheid.

Gezien de complexiteit van het verkeer binnen de bebouwde kom bevinden deze systemen zich nog nauwelijks in de experimentele fase. In latere voorbeelden wordt op een aantal veiligheidsaspecten nog nader ingaan.

A4. *'Integrated inter-urban traffic management'*

Evenals de bovengenoemde systemen voor 'urban traffic management', hebben de systemen voor inter-urban traffic management naast hun effecten op de doorstroming vooral ook een potentieel veiligheidseffect. Uit ervaringen met dergelijke systemen op de autosnelweg is gebleken dat de meest positieve effecten waarschijnlijk niet de doorstroming maar de veiligheid betreffen. Voorbeelden hiervan volgen nog.

A5. *'Driver assistance and cooperative driving'*

Deze systemen zijn even als de 'traffic and travel information'-systemen 'in-car'-systemen. Ze zijn echter vooral bedoeld om de veiligheid van het verkeer te vergroten, door te waarschuwen voor botsingen, de snelheid te regelen of foute manoeuvres te beperken. Ook deze systemen bevinden zich nog voornamelijk in het conceptuele stadium, al zijn deel-systemen wel in experimentele vorm uitgetest.

De grootste problemen bij het ontwerpen van deze systemen betreffen het vaststellen welke informatie, in welke vorm, wanneer moet worden aangeboden. Een belangrijk probleem betreft ook de hiërarchie van de boodschappen. Verder is ook de 'system safety' van dergelijke systemen van groot belang: hoe betrouwbaar is het systeem? Wat gebeurt er als het systeem uitvalt of niet goed functioneert?

Bij de evaluatie van dit type systemen staat de analyse van de rijtaak en de mens/machine-interactie centraal. Voor dergelijke systemen worden aparte toetsingscriteria op veiligheid ontwikkeld.

A6. *'Freight and Fleet management'*

De belangrijkste doelstelling van 'freight and fleet management' is het vergroten van de efficiëntie van het goederenverkeer. De belangrijkste instrumenten hierbij liggen op het gebied van de communicatie tussen de thuisbasis en de voertuigen. Dergelijke systemen hebben behalve

efficiency-effecten ook veiligheidsgevolgen, bijvoorbeeld wanneer door een betere planning minder ritten worden gemaakt. Besparing in kilometers vrachtverkeer betekent ook een besparing in de relatief grote gevolgen van het deelnemen van vrachtauto's aan het verkeer voor de veiligheid, met name in een afname van de meest ernstige ongevallen. Een flexibeler inzet van vrachtauto's (bijvoorbeeld 's nachts) kan eveneens tot minder ongevallen (met langzaam verkeer) leiden. Ook is bij een verbetering van de logistiek (bijvoorbeeld bij plaatsbepaling van de voertuigen van de vloot op elk moment, of door 'on-line'-informatie over voertuigbewegingen bij de thuisbasis), in principe een betere toetsing op de naleving van veiligheidsvoorschriften mogelijk. Verder is de logistiek met betrekking tot gevaarlijke stoffen relevant voor de verkeersveiligheid. 'Hazardous Goods Management and Control-systemen maken een betere planning mogelijk en ook een beter toezicht op het naleven van voorschriften. Verder kunnen bestuurders on-line gewaarschuwd worden voor specifieke omstandigheden of situaties.

A7. 'Public transport management'

Hier staat de substitutie van autoverkeer door openbaar vervoer centraal. Het gaat daarbij om het geven van prioriteit aan het openbaar vervoer, verbeteren van de informatie, bijvoorbeeld over vertrek- en wachttijden en aanvullende voorzieningen, zoals 'park- and ride' of (informatie over) parkeervoorzieningen in combinatie met openbaar vervoer. Zoals al aangegeven bij 'demand management' is substitutie door openbaar vervoer in het algemeen gunstig voor de veiligheid, maar er zijn ook negatieve neven-effecten waarmee rekening moet worden gehouden. Betere informatieverschaffing aan reizigers over vertrek- en wachttijden kan helpen de taakbelasting van bestuurders van bussen te verminderen. Een realistisch systeem van rijtijden, waarbij met incidentele vertragingen rekening wordt gehouden, kan deze belasting nog verder verlagen, hetgeen ten goede komt aan de veiligheid.

B. Voorbeeld van uitwerking bij de ontwikkeling van een systeem

Een dynamisch (verkeersafhankelijk) verkeersmanagementsysteem kan bestaan uit verschillende componenten, waarvan er sommige zijn gericht op de doorstroming en andere op de veiligheid.

- Een sub-systeem voor dynamische regeling van het verkeer over een netwerk is gericht op het vergroten van de doorstroming. Bepaalde vormen van uitvoering ontmoedigen het met verhoogde snelheid alsnog proberen te profiteren van een groene golf, omdat bij oranje het volgende verkeerslicht zeker niet tijdig bereikt wordt. Een dergelijke uitvoeringsvorm heeft een positief neveneffect op de veiligheid.
- Wanneer door het toepassen van de groene golf de wachttijd voor het kruisende langzaam verkeer aanzienlijk toeneemt, groeit de kans dat deze verkeersdeelnemers het rode licht negeren, met een bijbehorend negatief effect op de veiligheid.
- Een verkeersgeleidingssysteem, aangevuld met een waarschuwingssysteem voor incidenten, waarin ook waarschuwingen voor congestie worden gegeven, kan verkeersdeelnemers ertoe brengen een andere route te kiezen. Door toevoeging van een 're-routing'-systeem kan gezocht worden naar een alternatieve route die de onveiligheid niet

vergroot. Het is echter ook mogelijk dat weggebruikers met een routegeleidingssysteem in hun auto een alternatieve route kiezen die vanuit veiligheid niet gewenst is. Daarom zal zo'n systeem niet alleen geëvalueerd moeten worden op het beoogde netwerk, maar ook op het invloedsgebied er omheen en verder op de interactie met andere (telematica-)systemen. Het is bijvoorbeeld mogelijk dat aanvankelijk positieve resultaten worden bereikt, die later weer ongedaan worden gemaakt door interfererende systemen. Vooral bij verkeers(gedrag)-beïnvloedende maatregelen is eenmalige toetsing meestal niet voldoende.

Bijlage 2

Voorbeeld van een prospectieve analyse: Intelligent Cruise Control

Gekozen is voor de uitwerking van een systeem voor Intelligent Cruise Control (ICC), eventueel in combinatie met een systeem voor Intelligent Manoeuvering Control (IMC).

Het voorbeeld is ontleend aan een HOPES-bijdrage in DRIVE II (Framework for prospective traffic safety analysis: Deliverable 6, 1992).

Het voorbeeld betreft een systeem waarbij sprake is van ingrijpen in de rijtaak, met de mogelijkheid om deze te overrulen.

De indeling van § 4.1 volgend, wordt eerst een korte beschrijving gegeven van de systeendoelen en de belangrijkste daarmee verbandhoudende veiligheidsaspecten. Daarna volgt de analyse naar systeemaspecten die is gebruikt om de genoemde veiligheidseffecten op te sporen.

Prospectieve analyse van een systeem voor Intelligent Cruise Control (ICC), eventueel in combinatie met een systeem voor Intelligent Manoeuvering Control (IMC)	
systembeschrijving en doel	Het ICC-systeem ondersteunt de bestuurder bij het aanpassen van zijn snelheid en volgafstand aan de lokale kenmerken van de (verkeers)omgeving. Een IMC-systeem verleent aanvullend assistentie bij het inhalen. Het systeem kan door de bestuurder worden 'overruled'.
dominante veiligheidsaspecten	<ul style="list-style-type: none"> - de informatie waarop de ondersteuning is gebaseerd; - de interferentie met de overige taken van de bestuurder; - de omstandigheden waaronder het systeem ingrijpt; - de gevolgen voor de (verkeers)omgeving - het disfunctioneren of uitvallen van het systeem.
Gedetailleerde uitwerking van mogelijke problemen naar systeemaspect:	
informatie aanbieding	Voor de momentane informatie over positie en snelheid van andere voertuigen is kritisch, met name bij IMC, waarbij het informatie over verscheidene rijstroken betreft; systemen gebaseerd op te gecompliceerde informatie maken de kans op foute systeembeslissingen groter;
interferentie rijtaak	Interferentie met voorgenomen manoeuvres, bijvoorbeeld afremmen juist voor inhaalmanoeuvre; gecombineerd met het overrulen van het systeem kan dit leiden tot inconsistent en onvoorspelbaar gedrag;
interferentie verkeer	Te strakke veiligheidsgrenzen leiden tot onacceptabele volgafstanden (constant ingehaald worden; congestie-verhogend); door anderen niet verwacht gedrag bij inhalen (bijvoorbeeld afremmen na rijstrookverandering);
omstandigheden	Voor de instabiliteit van de voertuigstromen (versnellingen, vertragingen, rijstrookwisselingen van andere voertuigen) zou het systeem onvoorspelbaar kunnen worden; zijn er omstandigheden waaronder het systeem zichzelf uitschakelt; hoe merkt een bestuurder dat het systeem niet meer functioneert;
indirecte gevolgen	Het attentie-niveau van bestuurders kan afnemen doordat zij teveel gaan vertrouwen op het systeem, ook in situaties waarin het systeem niet heeft voorzien (zoals gesneden worden); wat gebeurt er indien de bestuurder afwisselend in een voertuig met en zonder het systeem rijdt;
individuele verschillen	Aanpassing van het systeem aan de persoonlijke voorkeur (rijstijl) van bestuurders moet mogelijk zijn voor optimale interactie met de overige rijtaakonderdelen; dit vraagt speciale aandacht bij het leren gebruiken van het systeem.

Bijlage 3

Voorbeeld van een retrospectieve analyse: Incident Warning Systems

In deze bijlage geven we twee uitwerkingen van Incident Warning Systems, waarin wordt aangegeven welke aspecten van het systeem voor toetsing in aanmerking komen.

De eerste uitwerking betreft bestaande waarschuwingssystemen voor incidenten, zoals toegepast op autosnelwegen.

De tweede uitwerking betreft een toepassing op een enkelbaansweg buiten de bebouwde kom.

Er wordt ook in deze voorbeelden eerst een globale samenvatting gegeven van het systeem en de belangrijkste veiligheidsaspecten. Daarna wordt de retrospectieve veiligheidsanalyse meer specifiek uitgewerkt volgens het in § 4.2 gegeven schema. Deze uitwerking vormt de basis voor de veiligheidseffecten in de globale beschrijving.

A. Uitwerking voor toepassing op autosnelwegen

Onderstaande uitwerking is gebaseerd op systemen die zijn toegepast binnen de DRIVE-II projecten PORTICO (in Portugal, nabij Lissabon), MELYSSA (in Frankrijk, nabij Lyon) en EURO-TRIANGLE (in Antwerpen).

Globale veiligheidseffecten van IWS op de autosnelweg	
Systeem:	Incident Warning System.
Doel:	Waarschuwen, congestie, stilstaande auto's, verloren lading, ongevallen.
Aard systeem:	waarschuwing van automobilisten via matrixborden met tekst, pictogrammen of (licht)signalen.
Ontwikkelingsfase:	Ontwikkeling en experimentele toepassing.
Verwante systemen:	Weerwaarschuwingssystemen.
Toepassingsbereik:	Autosnelweg, mogelijk ook alternatieve routes.
Interacties:	'In-car'-waarschuwingssystemen, routegeleidingssystemen, verkeersmanagement-systemen.
Veiligheid:	Mogelijke effecten: <i>positief</i> : algemene of specifieke waarschuwing voor gevaar, homogener verkeer, lagere snelheden, rijstrook houden, afstand houden, minder riskante manoeuvres; <i>negatief</i> : verplaatsing verkeer naar onderliggend wegennet, schokgolf effect, schrikreacties, diffuus gedrag, onverwacht gedrag, vertrouwen op systeem.

In de hiernavolgende tabel is per fase aangegeven welke veiligheidseffecten in aanmerking kunnen komen voor toetsing, met welke methode kan worden getoetst en welke indicatoren daarbij kunnen worden gebruikt.

Veiligheidseffecten van IWS op de autosnelweg, per niveau:		
Mobiliteit	Niet van toepassing: de waarschuwingssystemen zijn bedoeld voor lokale boodschappen.	
Verkeersstromen	Doel:	Snelheid verlagen, verkeer homogeniseren, volgtijden verkorten, rijbaanwisselingen beperken, gebruik rijstroken beperken. Mogelijk veiligheidsproblemen: vergroting druk op onderliggend wegennet door re-routing na de waarschuwing; mogelijk schokgolfeffect door gelijktijdige reactie van bestuurders.
	Methode:	Verwerking meetlusgegevens of video-observaties.
	Indicatoren:	Gemiddelde snelheid, snelheidsverdeling, volgtijden en -afstanden, rijstrookwisselingen, inhaalmanoeuvres, verkeersconflicten, zowel bij de plaats van de boodschap als bij de plaats van het incident. Percentage rerouting op experimentele en alternatieve route; snelheden, conflicten en incidenten op alternatieve route.
	Aanvullende indicatoren:	Percentage re-routing op experimentele en alternatieve route; rij-snelheden en snelheidsverdelingen, aantal incidenten, aantal verkeersconflicten op alternatieve route.
Verkeersgedrag	Doel:	Voorkomen kritieke verkeerssituaties door beperkengevaarlijke manoeuvres, door inhalen, grote snelheidsverschillen, korte volgafstanden enzovoort.
	Methoden:	Gedragsobservatie, conflictobservatie, geïnstrumenteerd voertuig.
	Indicatoren:	Kritieke inhaalmanoeuvres, aantal remmanoeuvres, rijstrookkeuze, korte volgafstand, verkeersconflicten naar manoeuvre, complexe manoeuvres, verkeersfouten (bijvoorbeeld geen indicatie bij rijbaanwisseling) en -overtredingen (bijvoorbeeld rechts inhalen).
Rijtaak	Doel:	Attentie-niveau verhogen; anticiperen op onverwachte situaties; rijgedrag aanpassen (snelheid, volgtijd en -afstand, inhalen enzovoort). Mogelijk veiligheidsproblemen: schrikreacties; onverwacht diffuus gedrag; verlagen van het algemene attentie-niveau door het vertrouwen op het systeem.
Rijtaak v.v.	Methoden:	Observatie vanuit (geïnstrumenteerd) voertuig in het veld.
	Indicatoren:	Aantal oogbewegingen, hoofdbewegingen, psycho-fysische maten als GSR, hartslag enzovoort, anticiperend gedrag (snelheid verlagen, volgafstand vergroten, kortere reactietijden bij remmen); schrikgedrag, diffuus gedrag.
Ongevallen	Doel:	Vermindering aantal en ernst van ongevallen en het aantal tweede ongevallen.
	Methoden:	'Post-crash'-onderzoek, pre- en post-klinisch onderzoek.
	Indicatoren:	Aantal ongevallen en tweede ongevallen met en zonder systeem en ernst van de ongevallen (kans op overlijden, kosten medische zorg, verpleegduur slachtoffers, mate van blijvende invaliditeit). Verder: tijd nodig voor het signaleren van ongevallen, alarmering politie, hulpverlening gewonden, andere hulp (brand enzovoort), ontruimen rijbaan, afhandelen verkeer, vervoer ziekenhuis.

B. Uitwerking voor een enkelbaans weg buiten de bebouwde kom

Hieronder wordt een globale en een specifieke uitwerking gegeven van de toetsing op veiligheid van het PORTICO-waarschuwingssysteem, zoals dit is toegepast op een enkelbaansweg buiten de bebouwde kom. In de tabel voor de specifieke uitwerking wordt aangegeven welke aspecten van het systeem voor toetsing in aanmerking komen, met welke methode kan worden getoetst en welke indicatoren daarbij kunnen worden gebruikt.

Uitwerking voor een IWS op een enkelbaansweg buiten de bebouwde kom.	
Systeem:	Incident Warning System.
Doel:	Algemene waarschuwing bij hoge snelheden, voor riskant inhalen, stilstaande auto's, ongevallen.
Aard systeem:	Waarschuwing van (individuele) automobilisten via lichtsignalen bij incidenten of verkeerd gedrag.
Toepassingsbereik:	Enkelbaans niet-autosnelweg.
Veiligheid	<p>mogelijke effecten:</p> <p><i>positief</i>: verlagen snelheid, beperken gevaarlijk rijgedrag, anticiperen op gevaar, minder riskant gedrag, minder inhaal gedrag, minder variatie in snelheid;</p> <p><i>negatief</i>: schrikreacties, schokgolf effect, opzettelijk 'triggeren' van systeem, vertrouwen op systeem.</p>

Veiligheidseffecten voor toepassing op enkelbaans bergweg, per niveau:		
Mobiliteit	Niet van toepassing;	
Verkeersstromen	Doel:	Snelheid verlagen, verkeer homogeniseren, snelheidsovertredingen beperken, inhalen beperken, vooral van langzaam rijdende vrachtauto's. Mogelijke veiligheidsproblemen: schrikreacties en schokgolfeffecten.
	Methode:	Verwerking meetlusgegevens of video observaties.
	Indicatoren:	Gemiddelde snelheid, snelheidsverdeling, volgtijden en -afstanden, rijstrookwisselingen, inhaalmanoeuvres, verkeersconflicten, zowel bij de plaats van de boodschap als bij de plaats van het incident.
Verkeersgedrag	Doel:	Voorkomen kritieke verkeerssituaties (vooral door inhalen, met name dubbel inhalen en inhalen van beide zijden tegelijk); reduceren van grote snelheidsverschillen (vooral ten opzichte van vrachtauto's) en korte volgfstanden.
Verkeersgedrag v.v.	Methoden:	Gedragsobservatie, conflictobservatie, geïnstrumenteerd voertuig.
	Indicatoren:	Kritieke en complexe inhaalmanoeuvres, aantal remmanoeuvres, korte volgfstanden, verkeersfouten (bijvoorbeeld inhalen in bochten zonder zicht) en overtredingen (bijvoorbeeld te snel rijden).
Rijtaak	Doel:	Attentie-niveau verhogen; anticiperen op onverwachte situaties; aanpassen rijgedrag, zoals afzien van inhalen (met name in bochten) en vergroten volgfstand. Mogelijke veiligheidsproblemen: schrikreacties; mogelijk riskant (inhaal)gedrag bij niet geactiveerd systeem; opzettelijk 'triggeren' van systeem.
	Methoden:	Observatie vanuit (geïnstrumenteerd) voertuig in het veld.
	Indicatoren:	Aantal oogbewegingen, hoofdbewegingen, psycho-fysische maten als GSR, hartslag enzovoort, anticiperend gedrag (snelheid verlagen, volgfstand vergroten, minder vaak inhalen, kortere reactietijden bij remmen), schrikgedrag bij waarschuwing door systeem.
Ongevallen	Doel:	Vermindering aantal en ernst van ongevallen en het aantal tweede ongevallen.
	Methoden:	'Post-crash'-onderzoek, pre- en post-klinisch onderzoek.
	Indicatoren:	Aantal ongevallen en tweede ongevallen (met en zonder systeem in werking) en ernst van de ongevallen (kans op overlijden, kosten medische zorg, verpleegduur slachtoffers, mate van blijvende invaliditeit). Verder: tijd nodig voor het signaleren van ongevallen, alarmering politie, hulpverlening gewonden, andere hulp (brand enzovoort), ontruimen rijbaan, afhandelen verkeer, vervoer ziekenhuis.

Toetsing van systemen op het 'lagere orde'-wegennet

Hoewel de hierboven besproken systemen primair gericht zijn op het vergroten van de veiligheid, betreft het geen systemen met de hoogste verwachting van een veiligheidseffect. Vooral op het 'lagere orde'-wegennet (80 km/uur- en de 50 km/uur-wegen; verkeersaders bibeko) vinden de meeste ongevallen plaats. Voor de belangrijkste veiligheidsproblemen op deze wegtypen zijn nog nauwelijks telematica-systemen ontwikkeld. In het uitgebreide SWOV-rapport (Bos & Oppe, 1996) is eerst een analyse gemaakt van de belangrijkste veiligheidsproblemen op de genoemde wegen. Daarna is aangegeven welke telematica-systemen ontwikkeld zouden kunnen worden om de problemen te helpen oplossen. Vervolgens is voor twee mogelijke systemen nagegaan hoe die getoetst kunnen worden op veiligheid. De voorbeelden zijn hieronder samengevat.

A. Verkeersmanagement systeem voor 80 km/uur-wegen

De belangrijkste veiligheidsproblemen hebben hier te maken met de menging van langzaam- en snelverkeer, met name het vrachtverkeer, met problemen op kruisingen en bij discontinuïteiten, gecombineerd met weersomstandigheden.

Gedacht kan worden aan een 'dynamisch management'-systeem, bestaande uit de volgende sub-systemen: een snelheidsmanagement-systeem (SM), een incident waarschuwingssysteem (IWS), routegeleiding zwaar verkeer (RZV) en rerouting van personenautoverkeer (RPV). Het betreft een globale uitwerking van de veiligheidseffecten. Voor een uitwerking naar niveau in het verkeersproces wordt verwezen naar hoofdstuk 2.

Uitwerking voor een Verkeersmanagement Systeem op 80 km/uur-wegen	
Systeem:	Dynamisch Verkeersmanagement Systeem
Sub-systemen:	Snelheids Management (SM) Incident Warning System (IWS) Routegeleiding Zwaar Verkeer (RZV) Rerouting Personenauto Verkeer (RPV)
Doel:	SM: Flexibel collectief en individueel snelheids management, afhankelijk van specifieke omstandigheden (bochten, kruispunten, oversteken, langzaam verkeer, schooltijden, weersomstandigheden). IWS: Algemene of specifieke waarschuwing voor stilstaande voertuigen, incidenten, gevaarlijke bochten, kruispunten, oversteken, gladheid, mist, langzaam verkeer, schoolgaand verkeer. RZV: Tijdsafhankelijke regeling en routegeleiding, ontlasting wegen met langzaam verkeer. RPV: In combinatie met snelheidsmanagement, ontmoedigen van sluiptoutes of gebruik tijdens (school)spits.
Toepassingsbereik:	Niet-autosnelwegen buiten de bebouwde kom.
Veiligheid	Mogelijke effecten: <i>positief</i> : beperking snelheden, snelheidsverschillen, gevaarlijk rijgedrag, anticiperen op gevaar, minder riskant gedrag, minder inhaal gedrag, alertheid bij gevaarlijke locaties, langzaam verkeer. <i>negatief</i> : te veel boodschappen, opzettelijk triggeren van systeem, vertrouwen op systeem, ook door langzaam verkeer.
Veiligheidseffecten per niveau:	Hier niet verder uitgewerkt.

B. Verkeersmanagement systeem voor 50 km/uur-wegen

De belangrijkste veiligheidsproblemen hebben ook hier te maken met de menging van langzaam- en snelverkeer, waarbij met name de voetgangers een rol spelen. De regeling van het verkeer op kruispunten is hier nog belangrijker door de geringe maaswijdte van het wegennet. Verder is de omvang van het openbaar vervoer en de relatie met het overige verkeer een belangrijke factor en ten slotte de gevolgen van het parkeerprobleem voor de veiligheid.

Ook hier kan gedacht worden aan een dynamisch management systeem, dat naast de genoemde sub-systemen als een snelheidsmanagement systeem en systemen voor routegeleiding van zwaar verkeer en rerouting van personenverkeer, ook subsystemen heeft voor openbaar vervoersmanagement (OVM), parkeergeleiding en -management (PGM) en voor verkeersafhankelijke verkeersregeling.

Uitwerking voor een Verkeersmanagement Systeem op 50km/uur-wegen	
Systeem:	Dynamisch Verkeersmanagement Systeem.
Sub-systemen:	Snelheids Management (SM); Openbaar Vervoer Management (OVM); Parkeer Geleiding en -Management (PGV); Verkeersafhankelijke Verkeersregeling (VV); Routegeleiding Zwaar Verkeer (RZV) Rerouting Personenauto Verkeer (RPV).
Doel:	<p>SM: Flexibel collectief en individueel snelheids management, afhankelijk van specifieke omstandigheden (bochten, kruispunten, oversteken, langzaam verkeer, schooltijden weersomstandigheden).</p> <p>OVM: Door tijdige en betrouwbare informatie op maat, bevorderen van gecombineerd gebruik auto en openbaar vervoer danwel vervangen auto.</p> <p>PGM: Verkorten ritten, voorkomen onnodige of ongewenste ritten.</p> <p>VV: Uitbreiding regeling met betrekking tot langzaam verkeer.</p> <p>RZV: Tijdsafhankelijke regeling en routegeleiding, ontlasting wegen met langzaam verkeer.</p> <p>RPV: In combinatie met snelheidsmanagement, ontmoedigen van sluiproutes of gebruik van routes tijdens (school)spits.</p>
Toepassingsbereik:	Wegen binnen de bebouwde kom.
Veiligheid	<p>Mogelijke effecten:</p> <p><i>positief:</i> bevordering veilig openbaar vervoer en beperking (voor anderen) onveilig autoverkeer, beperking onnodige ritten of ritafstanden, beperking snelheden, snelheidsverschillen, gevaarlijk rijgedrag, anticiperen op gevaar, minder riskant gedrag, minder inhaalgedrag, minder zoekgedrag, alertheid bij gevaarlijke locaties en bij langzaam verkeer.</p> <p><i>negatief:</i> te veel boodschappen, verwarring bij verscheidene boodschappen, vertrouwen op systeem, ook door langzaam verkeer.</p>
Veiligheidseffecten per niveau:	Hier niet verder uitgewerkt.

C. Voorbeeld van een uitwerking voor een gecombineerd routegeleidings- en snelheidsregulerend systeem voor 80 km/uur- en 50 km/uur-wegen.

Dit laatste voorbeeld betreft een minder omvangrijk systeem dat op het gehele wegennet kan worden toegepast, maar waarbij de toetsing is toegesneden op het onderliggende wegennet.

Het is een systeem waarbij geen specifieke telematica-voorzieningen nodig zijn voor de infrastructuur, maar waarbij wordt uitgegaan van een volledige 'roadmap' waarop, door gebruik te maken van een Global Positioning System, de positie van het voertuig in het netwerk kan worden aangegeven. Voor elke route of locatie in het netwerk kan dan specifieke informatie worden doorgegeven of snelheden worden opgelegd.

Behalve de globale toetsing is er ook een uitwerking voor de retrospectieve analyse naar het niveau van het verkeersproces.

Uitwerking voor een gecombineerd routegeleidings- en snelheidsregulerend systeem voor 80 km/uur-wegen en 50 km/uur-wegen.	
Systeem:	Dynamisch Routegeleidings- en Snelheidsregulerend Systeem.
Sub-systemen:	Dynamisch Routegeleidings Systeem; systeem voor dynamische snelheidsregulering
Doel:	Routegeleiding: ondersteuning bij het vinden van de route en het bevorderen van de keuze voor de meest geschikte route. Snelheidsregulering: het dwingend reguleren van maximale, locatieafhankelijke snelheden.
Toepassingsbereik:	Netwerken binnen en buiten de bebouwde kom.
Veiligheid	Mogelijke effecten: <i>positief</i> : beperking ongevallenkans en letselernst door lagere snelheden, kleinere snelheidsverschillen, minder gevaarlijk rijgedrag en inhaalgedrag, alertheid bij gevaarlijke locaties, of bij oversteken langzaam verkeer. <i>negatief</i> : mogelijke gedragsreacties van niet uitgeruste verkeersdeelnemers, vergroten snelheidsverschillen en variatie in gedrag (ook van langzaam verkeer) bij gedeeltelijke invoering, te veel vertrouwen op systeem (ook door langzaam verkeer).

Bij een retrospectieve analyse van een experimentele toepassing van dergelijke systemen kunnen de in hiernavolgende tabel vermelde veiligheidsaspecten aan de orde komen.

In de tabel wordt aangegeven welke aspecten van het systeem voor toetsing in aanmerking komen, met welke methode kan worden getoetst en welke indicatoren daarbij kunnen worden gebruikt.

Uitwerking voor een gecombineerd routegeleidings- en snelheidsregulerend systeem voor 80 km/uur-wegen en 50 km/uur-wegen. Per niveau:		
Mobiliteit	Veiligheids-effecten:	Positief effect van scheiding verkeer naar route en tijdstip. Verkleining kans op incidenten bij toename congestie, op incidenten met vrachtverkeer en tussen snel/langzaam verkeer.
	Methoden:	Verkeerstellingen en -metingen; enquête.
	Indicatoren:	Samenstelling verkeer naar wegtype en tijdstip; percentage vrachtverkeer naar wegtype en tijdstip; verdeling snel- en langzaam verkeer over wegennet; mate en duur congestie.
Verkeersstromen	Veiligheids-effecten:	Homogener, rustiger verkeer; minder sluipverkeer; verkleining botskans als gevolg van snelheidsvermindering; geringere letselernst als gevolg van snelheidsvermindering.
	Methoden:	Verwerking meetlusgegevens, verkeersobservaties van video of in het veld.
Verkeersstromen v.v.	Indicatoren:	Mate van re-routing, rijnsnelheden, snelheidsverdelingen, snelheidsverschillen, kritisch in- of uitvoegen, inhaalmanoeuvres, aantal incidenten.
Verkeersgedrag	Veiligheids-effecten:	Minder gevaarlijke manoeuvres (inhalen, remmen); kleinere snelheidsverschillen; minder verkeersconflicten; mogelijk kortere volgafstanden; mogelijk compenserend gedrag door andere weggebruikers; bij gedeeltelijke invoering: mogelijk juist grotere variatie in gedrag.
	Methoden:	Gedragsobservatie, conflictobservatie, geïnstrumenteerd voertuig, rijnsimulator, verbaal rapport, interview.
	Indicatoren:	Aantal kritieke manoeuvres, aantal inhaal- en remmanoeuvres, rijstrookkeuze, volgafstand, toestaan invoegen, aantal verkeersconflicten (snel/snel en snel/langzaam verkeer) complexe manoeuvres, verkeersfouten en -overtredingen, compensatoir gedrag.
Rijtaak	Veiligheids-effecten:	Rustiger rijstijl; mogelijk lager attentie-niveau door vertrouwen op systeem.
	Methoden:	Observatie vanuit (geïnstrumenteerd) voertuig in het veld of op testbaan, laboratoriumonderzoek.
	Indicatoren:	Attentie-niveau, aantal oogbewegingen, hoofdbewegingen, psycho-fysische maten als GSR, hartslag enzovoort, operationele fouten, strategische en tactische fouten, reactietijden.
Ongevallen	Veiligheids-effecten:	Minder en minder ernstige ongevallen; minder en minder ernstige vormen van blijvend letsel; minder gevolgen voor kwetsbare verkeersdeelnemers.
	Methoden:	Post-crash onderzoek, pre- en post-klinisch onderzoek.
	Indicatoren:	Aantal ongevallen, ernst ongevallen, aantal eenvoudige ongevallen, aantal ongevallen met langzaam verkeer, aantal ongevallen op specifieke locaties.

1. Formulier voor de globale beschrijving van een systeem en de dominante veiligheidseffecten

Globale beschrijving van telematica-systemen	
Systeem:	
Doel:	
Aard systeem:	
Ontwikkelingsfase:	
Verwante systemen:	
Toepassingsbereik:	
Interacties:	
Dominante veiligheidsaspecten:	

2. **Formulier voor het scoren van een systeem op veiligheid, bij een prospectieve analyse.**

Gedetailleerde uitwerking van mogelijke veiligheidsproblemen bij een prospectieve analyse, naar aspecten van het systeem:	
Informatie aanbieding	
Interferentie rijtaak	
Interferentie verkeer	
Omstandigheden	
Indirecte gevolgen	
Individuele verschillen	

3. **Formulier voor het scoren van een systeem op veiligheid, bij een retrospectieve analyse**

Retrospectieve analyse per niveau:		
Mobiliteit	Veiligheids-effecten:	
	Methoden:	
	Indicatoren:	
Verkeersstromen	Veiligheids-effecten:	
	Methoden:	
	Indicatoren:	
Verkeersgedrag	Veiligheids-effecten:	
	Methoden:	
	Indicatoren:	
Rijtaak	Veiligheids-effecten:	
	Methoden:	
	Indicatoren:	
Ongevallen	Veiligheids-effecten:	
	Methoden:	
	Indicatoren:	

Literatuur

Bos, J.M.J. & Oppe, S. (1996). *Het toetsen van telematica-toepassingen op verkeersveiligheidseffecten*. R-96-15. SWOV, Leidschendam.