

## DE SLIMME WEG

**BEN IMMERS, CHRIS TAMPÈRE, RUBEN CORTHOUT**  
**KU LEUVEN, Department of Mechanical Engineering**  
**Traffic, Logistic and Infrastructure**

### **Samenvatting**

*Naar verwachting zullen in de toekomst Intelligente TransportSystemen (ITS) een belangrijke rol gaan spelen bij het management van verkeersstromen, bij de ondersteuning van de bestuurder, bij de exploitatie van vervoerdiensten, etc. Als de naam ITS valt, denkt men vooral aan intelligente voertuigen. In deze bijdrage wordt de ontwikkeling en toepassing van ITS uitgewerkt voor de weg: de slimme weg. Achtereenvolgens zullen de volgende onderwerpen aan de orde worden gesteld. Waarom hebben we een slimme of intelligente weg nodig? Welke functies kan/zal de slimme weg vervullen? Hoe verhoudt de slimme weg zich tot het intelligente voertuig? De bijdrage wordt afgesloten met de globale uitwerking van een aantal concrete toepassingen van het begrip 'slimme weg'.*

### **Résumé**

*Les systèmes de transport intelligents (ITS) seront amenés à jouer un rôle important dans le futur pour la gestion des flux de circulation, pour l'assistance aux conducteurs, pour l'exploitation des services du transport, etc. Quand on évoque l' ITS, c'est surtout aux véhicules intelligents que l'on pense. Cette contribution s'intéresse au développement et aux applications de l'ITS pour la route elle-même : la route intelligente. Les sujets suivants seront successivement exposés : Pourquoi avons-nous besoin d'une route intelligente? Quelles fonctions peut / doit remplir la route intelligente? Quelle relation peut entretenir la route intelligente avec le véhicule intelligent? Elle se termine par une présentation générale de quelques applications concrètes du concept 'route intelligente'.*

## 1. Inleiding

Informatie- en Communicatietechnologie (ICT) zoekt en vindt zijn weg in de verkeers- en vervoersector. Heel zichtbaar zijn bijvoorbeeld de dynamische route- en reistijd informatiepanelen die boven de wegen verschijnen (nu nog vooral de autosnelwegen), of de dynamische parkeerverwijssystemen in steden. Minder zichtbaar zijn de systemen voor centrale bediening- en bewaking van tunnels, beweegbare bruggen en sluizen.

In de (vracht)auto's en bussen helpt ICT de mogelijkheden tot ondersteunen van de bestuurder en zelfs tot autonoom handelen te vergroten. Zo zijn auto's reeds vertrouwd met motormanagementsystemen, systemen voor de aansturing van bijvoorbeeld ABS en in toenemende mate routenavigatiesystemen. Verdergaand zijn de systemen waarbij een auto autonoom haar rijgedrag kan aanpassen aan de omgeving, zoals autonome, intelligente 'cruise control'.

Aan 'wal' kunnen vervoerders via tracking & tracing systemen dynamisch, op afstand hun vloot bewaken en aansturen. Ze kunnen hun klanten voortdurend inzicht bieden in de resterende wachttijd of waar hun lading zich bevindt.

Kort gezegd, ICT stelt ons in staat op willekeurige momenten en plaatsen met elkaar te communiceren (in spraak en data), traditioneel menselijke taken te automatiseren en generieke diensten toe te snijden op individuele wensen. Uiteindelijk leidend tot 'intelligente transportsystemen' (ITS).

In de discussies rond de 'weg', als onderdeel van ITS, spelen vele vragen. Zoals:

Wat de rol is van een intelligente of slimme weg in relatie tot bijvoorbeeld intelligente voertuigen? Gegeven de rol, welke functies horen hierbij? Hoe realistisch zijn deze functies?

In deze bijdrage wordt een aanzet gegeven tot beantwoorden van deze vragen.

Als eerste wordt in *paragraaf 2* de vraag beantwoord: waarom een 'slimme weg' als er al 'slimme voertuigen' komen? Vervolgens wordt in *paragraaf 3* 'de slimme weg' nader uitgewerkt in vereiste vermogens (kwaliteiten) van de weg. Bij slimheid hoort 'intelligentie'; in *paragraaf 4* is het begrip 'intelligentie' nader uitgewerkt. Op basis van de uitwerking van 'de slimme weg' is in *paragraaf 5* een zevental toepassingen gedefinieerd. In *paragraaf 6* zijn deze voorstellen verder uitgewerkt, gebruik makende van de definitie van 'intelligentie'.

## 2. Waarom een slimme weg?

In het voertuig zijn omvangrijke innovatieve ontwikkelingen van ICT waar te nemen. De vraag werpt zich dan ook op of, gegeven de voertuiggerelateerde ontwikkelingen, een verdere ontwikkeling van de weg nog gewenst is? Als alle belangrijke verplaatsinggeoriënteerde functies via geavanceerde technologie in het voertuig kunnen worden ondersteund, kan wellicht volstaan worden met een plak asfalt.

Om deze vraag te kunnen beantwoorden, is een beter beeld van de voertuig gerelateerde ontwikkelingen gewenst. In de onderstaande tabel is een beeld geschetst van deze ontwikkelingen, gebaseerd op Furukawa [1996], Jansen e.a. [1998] en Koningsbruggen e.a. [1996].

Tabel 1. Vermogens van een auto om een bestuurder te ondersteunen (Koningsbruggen, 1999)

Niveau	Vermogen voertuig	Voorbeeld bijbehorende technologie
<i>Statusbepaling</i> (Voertuig) Wie ben ik, waar ben ik, wat is mijn toestand?		
1	Identiteit en status voertuig	Elektronische Voertuigidentificatie Positie en snelheid voertuig Diagnosesystemen, schoksensoren Motormanagement
<i>Bedienen voertuig</i> Vergroten rijcomfort		
2	Vergroten manoeuvreergemak voor bestuurder	ABS 'Traction Control' 'Active Steering Action Control'
<i>Informereren en geleiden bestuurder</i> Wat is het reisdoel, wat is de te volgen route, hoe is de verkeerssituatie?		
3	Toevoegen van informatie voor bestuurder	Routenavigatie Verkeersinformatie
<i>Passieve veiligheid</i> Wat is er gebeurd, wat is de status van voertuig (zie boven), welke hulp is nodig		
4	Impact reductie	Intelligente air-bags
5	Melden van pech of ongeval	'Mayday' knop 'Black-box', digitale tachograaf
<i>Actieve veiligheid</i> Hoe ziet mijn omgeving eruit, past het huidige rijgedrag bij deze omgeving, zo niet, welke bijstelling is gewenst, zonodig uitvoeren gewenste bijstelling?		
6	Ondersteunen bestuurder bij waarnemen	Visuele ondersteuning bestuurder Obstakel waarschuwing 'Autonomous Collision Avoidance'
7	Bewaken taakbelasting bestuurder	Waarschuwing bij oververmoeidheid Communicatiemanager die afhandelen mobiele telefoontjes coördineert
8	Ondersteunen bestuurder bij beoordelen	Waarschuwingssystemen en Beslissingsondersteuning
9	Autonome controle	Intelligente snelheidsadaptie Autonomous Parking Intelligent Autonomous Cruise Control', Stop&Go
<i>Sociale Veiligheid</i> Voorkomen dat onrechtmatige gebruik wordt gemaakt van het voertuig		
10	Diefstalpreventie	Elektronische herkenning rechtmatige gebruiker
11	Achterhalen locatie voertuig	Tracking&tracing systemen
<i>Milieubelasting</i> Wat is de feitelijke emissie, wat is de emissienorm, bijstellen katalysator of zonodig rijgedrag		
9	Bewaken emissienormen	Inregelen en bijstellen katalysator

		Optimaliseren verbranding en ontsteking
<i>Comfort</i> Vergroot rijgemak en veiligheid (zie boven), auto als werkplek, auto als plek voor ontspanning		
10	Multi-media platform	Car-PC TV, videospelletjes voor passagiers

Het is verleidelijk toe te geven aan de gedachtegang dat 'slimme voertuigen' een 'slimme weg' overbodig maken. De bovenstaande tabel laat echter zien dat de ontwikkelingen in het voertuig zich bovenal richten op het voertuig zelf en op de bestuurder en de passagiers van het voertuig. Het is niet gezegd, dat daarmee de functie van de weg is gediend.

Er zijn diverse redenen aan te voeren waarom ook de fysieke infrastructuur (de weg) zich verder zal (moeten) ontwikkelen, en wel de volgende:

1. de weg is geen statisch systeem; de functies van de weg dienen (kunnen) als gevolg van technische, maar ook sociaal-economische ontwikkelingen voortdurend anders (te) worden ingevuld;
2. de gebruikers van de weg ontwikkelen zich en parallel daaraan en afgestemd daarop zal ook de weg zich verder dienen te ontwikkelen
3. de ontwikkelingen bij de weggebruikers worden vooral ingegeven vanuit een "gebruikersoptimum"; het gedrag van de individuele gebruiker kan evenwel het functioneren van het systeem als geheel frustreren. De benadering vanuit het systeemoptimum vraagt om een benadering vanuit het systeem in zijn geheel en daarin speelt de weg (lay-out infrastructuur, dwarsprofiel, vorm knooppunten in samenhang met het gebruik) een belangrijke rol.

Ad 1) In onze samenleving vinden voortdurend veranderingen plaats. Deze veranderingen hebben een uiteenlopend karakter; zij kunnen een technologische, een financieel-economische, een juridische, een ruimtelijke of andere achtergrond hebben. De weg (het wegennet) zal als onderdeel van de samenleving niet gevrijwaard blijven van deze veranderingen. Veranderingen in het gebruik van de ruimte vragen om een andere (gedifferentieerde) ontsluitingsstructuur. Wens tot prioritering van gebruikersgroepen vereist mogelijkheden tot differentiatie in het gebruik van het netwerk, eventueel in combinatie met een heffing voor het gebruik van bepaalde voorzieningen. Verandering in attitude van gebruiker en /of beheerder van het netwerk leidt tot andere ontwerpeisen (denk aan middenbermbeveiliging, verlichting, et cetera). Technologische veranderingen maken de toepassing van ZOAB mogelijk.

Ad 2) Verhoging van de "intelligentie" van het voertuig stelt ook specifieke eisen aan de intelligentie van de weg. In ieder geval zal de weg geen obstakel mogen zijn voor het gebruik van intelligente voertuigen. Daarnaast is het natuurlijk mogelijk dat de "intelligente" weg de intelligente voertuigen ondersteunt.; dat kan zelfs in die mate dat er sprake is van synergie-effecten. Een voorbeeld is de instelling van een variabel dwarsprofiel van een weg als functie van de intensiteit. Op basis van de intelligentie van de weg wordt vastgesteld wanneer en waar het dwarsprofiel een wijziging behoeft. De intelligentie in het voertuig richt

zich op laterale controle van het voertuig. Gecombineerd levert dit een veilige en verhoogde doorstroming van het verkeer waardoor congestie vermeden kan worden.

Ad3) Reizigers zullen de in het voertuig aangebrachte intelligentie vooral aanwenden om de afwikkeling van de eigen verplaatsing te optimaliseren. Deze handelwijze resulteert in een afwikkeling van het verkeer op het wegennet die bekend staat onder de term “users optimum”. Daarnaast is het mogelijk de afwikkeling van het verkeer zodanig te organiseren dat de som van de reistijden van alle voertuigen in het systeem niet meer verbeterd kan worden. In dat geval spreekt men van een “system optimum”. Het systeemoptimum dient niet noodzakelijkerwijs gekoppeld te zijn aan de som van de reistijden van alle voertuigen. In principe is het mogelijk deelpopulaties te onderscheiden waaraan men verschillende gewichten toekent. In alle gevallen waarbij het algemene belang (de overall afwikkeling van het verkeer in het systeem) een rol speelt, hebben we te maken met een systeemoptimum. Aangezien informatie over het gebruik van het gehele systeem een belangrijke voorwaarde is voor het vaststellen van het systeemoptimum ligt het erg voor de hand de aansturing te organiseren vanuit de weg. De slimme weg vormt in die zin de basis voor de organisatie van een systeemoptimale afwikkeling van het verkeer.

Bovenstaande uitwerkingen geven aan dat in de toekomst een belangrijke rol is weggelegd voor de “slimme” weg.

### **3. Het slimme wegdek, oftewel een slimme weg**

De rol die de slimme weg in de toekomst zal vervullen, dient in belangrijke mate gekoppeld te zijn aan de functies die de weg vervult. De volgende twee elementaire functies kunnen aan een weg (het wegennet) worden toegekend:

- verkeersdrager: de weg verschaft een stabiele, comfortabele en veilige fundering voor het rijdende en stilstaande voertuig
- verbinden van, ontsluiten van en toegang verschaffen tot activiteitsruimten: via de weg (het wegennet) worden herkomst en bestemming van verplaatsingen onderling met een zekere kwaliteit verbonden.

Voorwaarden bij invullen van de functies zijn:

- in conditie houden van de weg met oog op externe condities (mist, regen, ijzel, etc.);
- open houden van de weg en waar nodig aanduiden van de alternatieven;
- bewaken verkeerstoestand met oog op externe condities:
  - leefbaarheid, zijnde milieu en verkeersveiligheid;
  - ruimtegebruik;
  - reistijd, resulterende in een gewenste doorstroming;
- zo snel mogelijk afhandelen van incidenten (met oog op reduceren ernst letsel en kans op overlijden; incident management);
- handhaven van de verkeersregels (de geboden en verboden die van toepassing zijn op het gebruik van de weg).

In aanvulling op bovenstaande functies zien we dat als onderdeel van de weg zich allerlei nevenfuncties ontwikkelen. Deze functies zijn niet essentieel voor het functioneren van de weg, desondanks vormen zij een meerwaarde voor het transportsysteem waarvan de weg een belangrijke component is. Het zijn nevenfuncties, omdat zij hun bestaansrecht ontlend aan de koppeling aan de weg. Nevenfuncties zijn:

- parkeer- en verzorgingsplaatsen;
- wegrestaurants;
- tankstations;
- Touring – VTB/VAB pechhulpverlening.

Teneinde de eigen functie te kunnen invullen binnen de gestelde voorwaarden, dient een 'slimme weg' over een aantal vermogens te beschikken. In navolging van het voertuig (zie tabel 1) is in tabel 2 een overzicht gegeven van de 'vermogens' van een 'slimme weg'. Sommige 'vermogens' lenen zich er bij uitstek voor om deels vanuit de weg en deels vanuit het voertuig te worden gerealiseerd.

Tabel 2. Vermogens van een weg om het verkeer te ondersteunen

Niveau	Vermogen weg	Voorbeeld bijbehorende technologie
<i>Statusbepaling</i>		
1	Inspectie conditie wegdek met oog op externe condities (mist, regen, ijzel, etc.)	Gladheidsmeldsysteem <b>Handelen bij glad wegdek</b>
2	Inspectie toestand wegdek	<b>Inspectie wegdek</b>
3	Inspectie toestand kunstwerken (tunnels en bruggen)	Centrale object bediening (CBO)
4	Waarnemen momentane gebruik van de weg	Monitoring
<i>Informereren en geleiden bestuurder</i>		
5	Toevoegen van informatie voor bestuurders	Dynamische route-informatie Dynamische reistijdinformatie Monitoren t.b.v. verkeersinformatie
6	Voorrang geven aan doelgroepen	Statische doelgroepstrook <b>Routeadvies op Maat</b>
7	Vergroten manoeuvreergemak voor bestuurder	<b>Ondersteunen weven en ritsen</b> <b>Temmen schokgolf</b>
<i>Passieve veiligheid</i>		
Wat is er gebeurd, wat is de status van voertuig (zie boven), welke hulp is nodig		
8	Melden van pech of ongeval	Automatische Incident Detectie (AID)
9	Impact reductie	Incident management <b>Vrij baan voor hulpdiensten</b>
<i>Actieve veiligheid en doorstroming</i>		
10	Bewaken verkeersprocessen door ondersteunen bestuurder bij waarnemen	Signalering
11	Bewaken verkeerstoestand met oog op externe condities	Mistsignalering
12	Regulerende weg	(Dynamisch) inhaalverbod Toeritdosering Rijbaandosering

		Snelheidshandhaving en trajectcontrole <b>Ontstoppende weg</b>
13	Afstemmen aanbod capaciteit van de weg op verkeersvraag	Spitsstrook <b>Variabel dwarsprofiel</b>
14	Bewaken benutten wegcapaciteit bij autonome controle voertuigen	-
15	Waarschuwen voor verwachte, gevaarlijke situaties	<b>Anticiperende weg</b>
<i>Actieve veiligheid en milieubelasting</i>		
16	Bewaken emissienormen (meten actuele waarde en vertalen naar actuele norm voor passerende voertuigen)	-
17	Bewaken verkeersprocessen in relatie tot hun omgeving	Intelligente snelheidsadaptie
<i>Verzorging en Comfort</i>		
18	Verzorgen voertuig en bestuurder	Geleiding naar benzinstations en wegrestaurants Oproep hulp bij pech onderweg

Met dit overzicht wordt aangegeven wat onder een 'slimme weg' kan worden verstaan. In de bovenstaande tabel zijn onder de kop 'bijbehorende technologie' voorbeelden opgenomen van bestaande systemen, maar ook van mogelijk nieuwe systemen. Ieder systeem is slechts één keer genoemd, ook al kan het bijdragen aan verschillende 'vermogens' van de weg. Zo kan 'temmen schokgolf' ook bijdragen aan de actieve verkeersveiligheid.

De nieuwe systemen zijn vertaald in toepassingen. Voordat de toepassingen worden beschreven, zal eerst het begrip 'slim' oftewel 'intelligentie' verder worden ingevuld

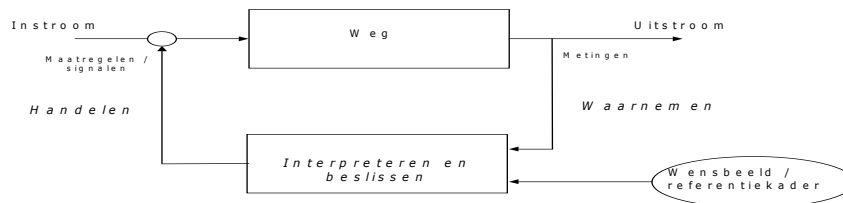
#### 4. Intelligentie als sleutelbegrip

Teneinde de beschreven 'vermogens' te kunnen invullen zal een 'slimme weg' in staat moeten zijn:

- *Waar te nemen* – de weg moet in staat zijn gegevens (direct of indirect) in te winnen waardoor het mogelijk wordt processen te volgen die gerelateerd zijn aan functies die door de slimme weg worden ondersteund;
- *Te interpreteren* – de weg moet in staat zijn de ingewonnen gegevens te interpreteren in functie van de doelstellingen die door de aan de slimme weg toegekende functies worden ondersteund;
- *Te beslissen* – gegeven de interpretatie moet de weg in staat zijn te besluiten welke maatregelen moeten worden ingezet;
- *Te handelen* – de weg zal in staat moeten zijn concrete maatregelen te implementeren waardoor de beoogde doelstellingen gerealiseerd worden. Dit handelen hoeft overigens niet autonoom te zijn, er zijn immers meer belanghebbende partijen (bijvoorbeeld weggebruiker, hulpdiensten, et cetera).

Dit proces van 'waarnemen-interpreteren-beslissen-handelen' zal een 'slimme weg', bij wijze van spreken, continu doorlopen om steeds aansluiting te blijven vinden met het momentane en verwachte verkeer. Bij het uitwerken van de toepassingen, wordt deze regelcyclus gepreciseerd

Figuur 1. De regelcyclus van de 'slimme weg' (bron: Feenstra e.a., 2000)



Bovenstaande beschrijving vormt een belangrijke aanzet voor het genereren en structureren van ideeën voor een verdere uitwerking van de Slimme Weg.

## 5. Voorstellen voor toepassing

Bij de keuze van de voorstellen is bewust een zekere variëteit in acht genomen. Deze variëteit is in de eerste plaats geënt op de doelstelling die door de slimme weg wordt ondersteund. Voorts is onderscheid gemaakt naar het aangrijpingspunt van de maatregel. In grote lijnen is onderscheid gemaakt naar punt, wegvak en netwerk. Tenslotte is aansluiting gezocht bij de twee primaire functies die de weg vervult.

Een en ander heeft geresulteerd in de volgende voorstellen voor toepassing:

- Handelen bij glad wegdek
- Inspectie wegdek
- Routeadvies op maat
- Ondersteunen van weven en ritsen
- Het temmen van de schokgolf
- Variabel dwarsprofiel
- De anticiperende weg

In de volgende paragraaf zullen de voorstellen kort worden uitgewerkt.

## 6. Uitwerking voorstellen voor toepassing

### 6.1. Detectie glad wegdek

Dit voorstel is erop gericht een systeem te ontwikkelen dat:

- gebruikers tijdig waarschuwt indien er sprake is van een glad wegdek;
- zelf de bestrijding van ijzel ter hand neemt.

Daarbij kan gedacht worden aan sensoren:

- in het wegdek die vanaf een bepaalde temperatuur een waarschuwingssysteem in werking stellen en in geval van ijzel de temperatuur van het wegdek doen verhogen;



- in het voertuig zijn aangesloten op bijvoorbeeld ABS of traction control en die aan de weg de ervaren conditie van het wegdek kenbaar maken

Deze aanpak kan wellicht uitgebreid worden met andere functies zoals water op de weg en mist.

## **6.2. Inspectie wegdek**

Ter bewaking van de kwaliteit van de weg(verharding) wordt momenteel op gezette tijden met behulp van speciale voertuigen een inspectie uitgevoerd. Het doel van deze toepassing is om een beperkt aantal voertuigen van standaard weggebruikers uit te rusten met een inspectie-unit. Deze speciaal uitgeruste voertuigen verschaffen (tegen geringe kosten) een continu beeld van de onderhoudstoestand van het wegennet.

## **6.3. Routeadvies op maat**

De huidige route-informatie die aan reizigers wordt verschaft is:

- lokaal van karakter (zowel qua inwinning gegevens als verstrekking van informatie);
- globaal van karakter (geen onderscheid naar rijstrook, geen onderscheid naar weggebruikers en de route die ze volgen of hun bestemming).

Met deze toepassing wordt beoogd een routeadvies te verstrekken dat beoogt:

- herkomst-bestemmingsrelaties te ontrafelen;
- wensroutes voor doelgroepen dynamisch in te stellen;
- reistijden voor doelgroepen en/of doelgebieden te 'garanderen'.

Let op: het verstrekte advies is gebaseerd op een systeemoptimale benadering.

## **6.4. Ondersteuning van weven en ritsen**

Ter plaatse van wegvakken waar voertuigen moeten weven en ritsen, kan veelal een forse dip in de capaciteit worden waargenomen. Deze toepassing is erop gericht het weven en ritsen van voertuigen zodanig vanuit de weg te ondersteunen dat de weef- en ritscapaciteit fors kan worden opgevoerd. Men kan daarbij denken aan een elektronische ondersteuning in de vorm van bijvoorbeeld een lichtsignaal, een en ander in combinatie met een aanpassing van het dwarsprofiel. Een tweede onderdeel van de toepassing zou eruit kunnen bestaan dat het weefvak zodanig wordt vormgegeven dat de 'blocking back' effecten tot een minimum worden gereduceerd.

## **6.5. Het temmen van de schokgolf**

Schokgolven kunnen veelvuldig op het Nederlandse autosnelwegennet worden waargenomen in situaties waar sprake is van hoge dichtheid van de verkeersstroom. Schokgolven hebben een negatieve invloed op de veiligheid en de capaciteit van een

wegvak. Het temmen van de schokgolf is erop gericht de schokgolven die optreden in de verkeersstroom tijdig te onderkennen en te neutraliseren.

### **6.6. Variabel dwarsprofiel in functie van de intensiteit op de weg**

Momenteel wordt een proef gedaan op de A27 (in Nederland) waarbij tijdens de spitsperiode het bestaande dwarsprofiel van 2\*2 wordt gewijzigd in 2\*3; dit met behoud van een (iets smallere) vluchtstrook. De voorgestelde toepassing is een verdere uitwerking van deze proef. Op congestiegevoelige wegvakken wordt het mogelijk het dwarsprofiel te wijzigen als functie van de voorspelde intensiteit. De capaciteit van een 'bottleneck' kan daardoor (tijdelijk) worden opgerekt.

### **6.7. De anticiperende weg**

De anticiperende weg kan vanuit twee insteken worden vormgegeven:

- waarschuwen van weggebruikers voor onveilige situaties (hoge kans op optreden incident). In dit geval kan worden gesproken van incident predictie;
- waarschuwen van reizigers indien er sprake is van onveilig rijgedrag (bijvoorbeeld bij de nadering van een bocht rijdt een weggebruiker met te hoge snelheid). Van deze insteek zijn reeds voorbeelden te vinden.

### **Geraadpleegde literatuur**

- [1] Feenstra R., Koningsbruggen P.H. van, Berghout L., 'Verkeerscentrale van de Toekomst – de verkeerskundige regelcyclus', TNO Inro, concept, maart 2000
- [2] Furukawa Y., 'Technical Perspective of Harmonization of Driver, Vehicle and Road', Honda R&D Co., XXVI Congress Engineering Challenge – Human Friendly Vehicles, Prague, Czech Republic, 1996
- [3] Jansen G.R.M., Vanderschuren M.J.W.A., Witziers C., 'Visie op Voertuig Intelligentie (VIVI)', TNO Inro in opdracht van AVV, Delft, september 1998
- [4] Koningsbruggen P.H. van, Wijs C. de, 'Werken aan Verkeersveilige Voertuigelektronica WAVE', de plannen van aanpak ('Over-all plan van aanpak' en speerpunt 'Visie, kansen en bedreigingen', CMG Den Haag B.V., in opdracht van AVV, Den Haag, oktober 1996
- [5] Koningsbruggen P.H. van, 'Intelligente Voertuigen – Heden en toekomst van 'in-car' systemen', TNO Inro, bijdrage aan Euroforum symposium 'Intelligente Voertuigen', Den Haag, oktober 1999
- [6] Koeleman e.a., 'Wegdek van de Toekomst. Resultaten Ontwerpateliers Vlaardingen, 12 oktober 1999', Rijkswaterstaat Wegen naar de Toekomst W-DWW-99-068/WnT.448