

*TrafficQuest rapport*

# Human factors in verkeersmanagement

*State-of-the-Art achtergronddocument*



## Colofon

Auteur	Hans Godthelp (ed.), met bijdragen van: Maartje de Goede, Jeroen Hogema, Richard van der Horst, Marieke Martens en Peter Rasker
Datum	11 januari 2012
Versie nummer	1.0
Uitgegeven door	TrafficQuest Expertisecentrum Verkeersmanagement Kluyverweg 4 2629 HT DELFT
Informatie	Henk Taale
Telefoon	+31 88 798 24 98

TrafficQuest is een samenwerkingsverband van



**TrafficQuest**  
CENTRE FOR EXPERTISE ON TRAFFIC MANAGEMENT

# Human Factors in verkeersmanagement

---

State-of-the-Art  
Achtergronddocument

---

11 januari 2012



# Inhoudsopgave

Voorwoord.....	5
1. Waar hebben we het over?.....	7
1.1. Achtergrond.....	7
1.2. Gedragsniveaus.....	8
1.3. Informeren.....	8
1.4. Geleiden en sturen.....	9
1.5. Handhaven.....	10
1.6. Verkeersdeelnemers.....	10
2. Hoever zijn we?.....	13
2.1. Algemeen.....	13
2.2. Keuzeprocessen op strategisch niveau.....	13
2.3. Keuzeprocessen op tactisch en operationeel niveau.....	18
2.4. Integrale aanpak van gedragsbeïnvloeding.....	22
3. Wat hebben we eraan?.....	23
3.1. Methoden en technieken.....	23
3.2. Hulpmiddel bij ontwerp, evaluatie en voorspelling.....	24
3.3. Modellen van verkeer en gedrag.....	25
3.4. Ontwikkelingen.....	27
3.5. Operationeel verkeersmanagement.....	28
4. Waar gaan we naar toe?.....	33
4.1. Algemeen.....	33
4.2. Modellen.....	34
4.3. Het nieuwe verkeersmanagement.....	34
Literatuur.....	36



## Voorwoord

TrafficQuest inventariseert doorlopend de stand van zaken met betrekking tot verkeersmanagement en de richting waarin ontwikkelingen plaatsvinden. Verkeersmanagement staat nog maar aan het begin van veel veranderingen. Allerlei ontwikkelingen zullen het mogelijk maken verkeersmanagement effectiever, proactiever en netwerkbreed toe te passen. Daarvoor is verder onderzoek nodig. In het boekje "De toekomst van verkeersmanagement" wordt daarom een onderzoeksagenda gepresenteerd. Dit boekje is te vinden op de TrafficQuest website ([www.traffic-quest.nl](http://www.traffic-quest.nl)).

Bij het schrijven van dit boekje, heeft TrafficQuest veel achterliggend materiaal over allerlei aspecten van verkeersmanagement verzameld. Dit materiaal wordt in een reeks van rapporten gepubliceerd worden. Deze rapporten volgen steeds het stramien:

- Waar hebben we het over?
- Hoeveel zijn we in Nederland?
- Hoeveel zijn ze elders?
- Wat hebben we eraan?
- Waar gaan we naar toe?

Dit rapport behandelt deze vragen voor het onderwerp *human factors in verkeersmanagement*. Echter, de vraag 'hoeveel zijn ze elders?' wordt niet besproken. Dat wordt voor een volgende keer bewaard.





# 1. Waar hebben we het over?

## 1.1. Achtergrond

Verkeersmanagement vraagt om een helder inzicht in de huidige en verwachte verkeerssituatie. De huidige situatie laat zich in beeld brengen door een hoogwaardig netwerk van sensoren en data systemen, die samen een inschatting van de momentane verkeerssituatie geven. Op basis van deze inschatting en de verwachte effecten van specifieke maatregelen schatten we een toekomstbeeld van het verkeer. Dit stelt ons in staat de beste maatregelen te kiezen, afhankelijk van de gestelde criteria in termen van doorstroming, veiligheid en/of milieueffecten. Om verkeersvoorspellingen te kunnen doen op basis van het huidige verkeersbeeld en de veronderstelde effecten van bepaalde maatregelen is inzicht in verkeersgedrag essentieel. In dit hoofdstuk geven we een korte schets van verkeersgedrag en de op dat gebied bestaande kennis en beoogde ontwikkeling in de komende jaren vanuit een Human Factors oogpunt. Dit wil zeggen vanuit de wetenschappelijke discipline die zich bezig houdt met het begrijpen van de interactie tussen de mens en zijn omgeving, en de verschillende processen en objecten in die omgeving. Binnen Human Factors Verkeersgedrag worden deze principes toegepast op de interactie tussen de mens en het vervoerssysteem, met als doel het menselijk welzijn en de prestatie van het systeem ten aanzien van het gedrag te optimaliseren.

Het werkveld van human factors en menselijk gedrag ontwikkelde zich na de Tweede Wereldoorlog tot een centraal thema in een aantal maatschappelijke domeinen. Menselijke taken verschoven in die tijd van zwaar fysiek presteren naar functies waarin de nadruk ligt op supervisie, informatieverwerking en besluitvorming. Het gaat daarbij vaak om complexe taken met hoge risico's: de commandovoering aan boord van het marine fregat, de operator in de energiecentrale, de verkeersmanager in de verkeerscentrale. Ook meer operationele taken veranderden in dezelfde richting: de gezagvoerder van het verkeersvliegtuig en de helikopterpiloot bevinden zich in een complexe informatieomgeving, waarin steeds vaker de vraag is welke deeltaken automatisch dan wel onder menselijke controle afgehandeld dienen te worden. Ook de autobestuurder bevindt zich meer en meer in een betrekkelijk complexe informatie omgeving. Het is dus van groot belang de betreffende human factors kennis ook in het verkeersdomein te ontwikkelen en toe te passen.

De aard van de kennisvragen en -toepassing veranderde in de loop der jaren. Waar het in de 70'er jaren ging om bijvoorbeeld de zichtbaarheid 's nachts en de lettergrootte van de routeborden, gaat het nu om de gedragseffecten van integrale route- en navigatiehulpmiddelen, in de auto en langs de weg. In de verkeerscentrale ging het in die tijd vooral om de fysieke inrichting, terwijl nu de vraag is hoe informatiestromen en organisatie te bundelen tot een daadkrachtig hulpmiddel voor verkeersmanagement. *Het is daarom steeds meer van belang de human factors expert vanaf het begin bij het ontwerpen van systemen te betrekken.*

In de context van deze ontwikkeling dienen zich wel geheel nieuwe human factors uitdagingen aan. De informatiemiddelen die de verkeersdeelnemer en de verkeersmanager omgeven krijgen steeds

meer het karakter van een zelfdenkende partner. Navigatiesystemen en cruise control waarschuwen voor ongewenste afwijkingen van de snelheid en volgafstand, of nemen zelfs taken over. De dialoog tussen het hulpsysteem en de gebruiker houdt rekening met de wensen van de gebruiker, en kan dus ook diens werklast optimaliseren. Verkeerssimulaties geven de verkeersmanager over enkele jaren een preview van de te verwachten effecten van specifieke maatregelen. Om deze innovaties optimaal te ontwerpen en als systeem samen te voegen, is kennis nodig van gedrag in relatie tot moderne media en informatiesystemen.

## 1.2. Gedragsniveaus

Verkeersgedrag is een veelomvattend begrip. [Knippenberg et al., 1989] geven in het Handboek Sociale Verkeerskunde een vrij compleet beeld. De verkeerstaak laat zich inzichtelijk maken door het onderscheiden van gedragsniveaus:

### Strategisch niveau

Vervoerskeuze:	ga ik wel of niet op stap, waarheen, wanneer?
Modaliteitskeuze:	welke vervoerwijze kies ik, stap ik over bij de P&R?
Routekeuze:	welke route kies ik?

### Tactisch niveau

Snelheidskeuze:	hoe hard rij ik?
Rijstrookkeuze:	in welke rijstrook rij ik, sla ik af, voeg ik in?
Oversteekgedrag:	gedrag bij verkeerslichten, gap acceptance
Inhaalgedrag:	kan ik inhalen?

### Operationeel niveau

Koers houden:	positie in rijstrook
Volgen:	positie ten opzichte van voorligger
Snelheid:	wenssnelheid aanhouden

Maatregelen op het gebied van verkeersmanagement zijn veelal bedoeld om op enigerlei wijze één of meer niveaus van gedrag te beïnvloeden. Verkeersmaatregelen kunnen daartoe een meer of minder dwingend karakter hebben: ze kunnen informeren, geleiden en sturen.

## 1.3. Informeren

In veel situaties en verkeerstakingen mag de verkeersdeelnemer zelf beslissen hoe zich te gedragen. Vrijheid, blijheid. Om die beslissingen te kunnen nemen voorzien we de verkeersdeelnemer van een complex van informatiebronnen: openbaar vervoer informatie, routeborden, verkeersborden, navigatiesystemen, signaleringssystemen. De effectiviteit van informatie, d.w.z. de mate waarin

gedragsbeïnvloeding plaatsvindt, hangt af van een drietal primaire aspecten: de informatie-inhoud, beslissingscriteria en de uitvoerbaarheid.

Informatie dient in de eerste plaats *toegankelijk* en *begrijpelijk* te zijn. Als informatiedragers bij mist niet zichtbaar zijn, zullen ze niet functioneren. [Van Norren, 1981] schreef al een handboek over de zichtbaarheid van informatiedragers langs de weg. Informatie kan ook ontoegankelijk zijn, omdat men er eenvoudigweg niet over beschikt. Nog niet iedereen heeft een personal computer, en dus kan niet elke verkeersdeelnemer gebruik maken van internetdiensten, bijvoorbeeld openbaar vervoer services. Zo zijn er veel redenen die de toegankelijkheid van informatie bepalen. Informatie dient vervolgens gebruiksvriendelijk en begrijpelijk te zijn. We duiden dit wel aan met informatie ergonomie. [Rijkswaterstaat, 2008] geeft in de 10 gouden regels een goed beeld en illustraties van deze aspecten. Over informatie ergonomie in traditionele verkeerscontext is inmiddels veel bekend. Bij het ontwikkelen van nieuwe media en intelligente support systemen is echter nog veel aandacht voor dit onderwerp nodig.

Als informatie de verkeersdeelnemer in begrijpelijke vorm bereikt, volgt de cruciale vraag wat men er vervolgens mee doet. Beslissingscriteria zijn het resultaat van een combinatie van economische, psychologische en sociale motieven: kosten, tijdwinst, gewoontegedrag, werktijden, handhaving. Bij het ontwerpen van verkeersmaatregelen dient gerekend te worden met dit multi-dimensionele palet van keuze criteria. En verkeersmodellen dienen ze op valide wijze te representeren. Over keuzegedrag met betrekking tot vervoermiddel, routes, snelheid en manoeuvreren is in basale vorm het nodige bekend, maar de huidige verkeersmodellen zijn vaak nog uni-dimensionaal en daarom slechts beperkt in staat de effecten van moderne verkeersmanagementmaatregelen te voorspellen.

Als de verkeersdeelnemer het samenspel van verkeerstakingen wil uitvoeren, speelt tenslotte de vraag naar de uitvoerbaarheid. De vaardigheden van verkeersdeelnemers verschillen sterk. Ervaring en leeftijd zijn daarbij van belang. Maar ook de effecten van vermoeidheid, alcohol en drugs. De combinatie van nieuwe en traditionele verkeerssystemen - in-car en en-route, bijvoorbeeld op het gebied van navigatie - kan daarbij ook nog eens de werklast verzwaren, waardoor de veiligheid in gevaar komt. Het ervaren verkeerscomfort kan hiermee sterk dalen, en tot consequenties leiden in keuzegedrag op alle taakniveaus.

## 1.4. Geleiden en sturen

Het daadwerkelijk geleiden of met enige dwang sturen van verkeersstromen gebeurt in Nederland slechts op beperkte schaal. Bij incidenten en wegonderhoud wordt het verkeer omgeleid. De toegang tot autosnelwegen vindt soms plaats met dosering. Plus- en spitsstroken bieden extra rijstroken, die momenteel alleen tijdens de spits (soms ook bij grote drukte buiten de spits) zijn opgesteld [Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2005]. Op sommige locaties en /of tijdstippen geldt een inhaalverbod voor vrachtauto's. Soms is er een autovrije zondag. Ook verkeerslichten kunnen

we als sturingsmiddel beschouwen, ze doseren de toegang tot het kruispunt (en helpen gevaarlijke conflicten te voorkomen). [Steg, 2009] en [Theeuwes, 2009] geven aan dat sturen vaak effectiever is dan informeren. [Taale en Hoogendoorn, 2009] becijferen de niet-onaanzienlijke, potentiële capaciteitswinst die bereikt kan worden door sturing van route en vertrektijdstip bij evacuatie. Over het feitelijke gedrag bij grootschalige dosering in de tijd of bij aanbevolen omleidingsroutes, bijvoorbeeld bij evacuatie of als reguliere verkeersmanagement maatregel, is echter vrij weinig bekend. Bij evacuatie geldt bijvoorbeeld dat mensen primair geneigd zijn te kiezen voor bekende routes.

## 1.5. Handhaven

Handhaving is ook een middel om (in)direct het gedrag te sturen. Over het algemeen kan worden gesteld dat het niet zo kan en mag zijn dat je een wettelijke maximum snelheid toont en er niet wordt gehandhaafd [Martens & Tertoolen, 2010]. Over de effecten van handhaving weten we inmiddels vrij veel; zo blijkt trajectcontrole, o.a. bij 80 km/h zones effectief (hier is sprake van continue strenge handhaving middels trajectcontrole). Ook is bekend dat publiciteit de effecten van handhaving aanzienlijk versterkt [Rothengatter, 1991]. Wel kan het zo zijn dat trajectcontrole op aangrenzende wegvakken weer hogere snelheden tot gevolg heeft. Mensen moeten zich realiseren dat er een redelijke pakkans is. Handhaving is met name nodig in die gevallen waarin geen (voor de weggebruiker) geloofwaardige snelheidslimieten worden getoond. Afdwingen is dan noodzakelijk.

Daarbij werkt bestraffen het beste als er een directe koppeling plaatsvindt tussen het getoonde gedrag en de straf. Daarom is een tik op stuk beleid effectiever dan een bekeuring die pas dagen of weken later wordt ontvangen. Meer en meer wordt een boete echter als een administratieve afhandeling gezien. Mensen calculeren gewoon een bepaald bedrag aan boetes per jaar als extra autokosten. Het gevaar is dat het dan nauwelijks meer corrigerend werkt; de pakkans blijft klein en de afstraffing is indirect. Dit geldt niet alleen voor snelheidsovertredingen; ook de mogelijke devaluatie van rode kruizen (getoond boven rijstroken op de snelweg) is onderwerp van onderzoek [Martens et al., 2010].

Soms werkt belonen beter dan straffen. Ook bij snelheidsgedrag zou wellicht positieve feedback kunnen helpen. Wel is het zo dat het in principe een slechte zaak is om normgedrag te gaan belonen.

## 1.6. Verkeersdeelnemers

Bij het ontwerpen en inschatten van de effecten van verkeersmaatregelen is het goed te weten dat 'DE' verkeersdeelnemer niet bestaat. Anders dan in de lucht- en scheepvaart, wordt aan het wegverkeer deelgenomen door een bonte verzameling van gebruikers, met een grote diversiteit van

kenmerken. En zoals we al noemden: variërend in leeftijd en verkeerservaring. Die gebruikers streven vaak hun eigen doelen na, ze hebben soms haast of soms juist niet, ze interpreteren en begrijpen regels en boodschappen vaak op onverwachte manier. Hun waarnemingsvermogen is haast onbegrensd, maar niet volmaakt. Ze kunnen multi-tasken, maar toch niet alles tegelijk. Ze hebben in bepaalde omstandigheden bepaalde verwachtingen. Zo wordt aan het wegverkeer deelgenomen door mensen die wel eens een 'human error' maken. Het verkeerssysteem dient daarom fail safe te zijn en geschikt voor de zwakste schakel. Het systeem dient daarbij consistent, uniform en min of meer self explaining te zijn. En dat onder alle omstandigheden, dus ook 's nachts en bij mist. [Rijkswaterstaat, 2008] geeft in 10 gouden regels een schets van deze kenmerken, zie Tabel 1.

*Tabel 1: 10 gouden regels [Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2008]*

<p><i>Eigenschappen en (on)hebbelijkheden van de weggebruiker</i></p> <p>Regel 1: De weggebruiker is nogal egoïstisch Regel 2: De weggebruiker kan niet alles tegelijk Regel 3: Je kunt het de weggebruiker wel vertellen, maar dóet hij het dan ook?</p>
<p><i>Hoe de weggebruiker naar het verkeer en verkeersmaatregelen kijkt</i></p> <p>Regel 4: De weggebruiker accepteert alleen maatregelen, die hij zinvol vindt</p>
<p><i>Hoe de weggebruiker reageert op de wegomgeving</i></p> <p>Regel 5: De weggebruiker stelt u voor verrassingen Regel 6: De weggebruiker heeft verwachtingen en gedraagt zich daarnaar Regel 7: Wat als het fout gaat met het systeem of de weggebruiker?</p>
<p><i>De eisen van de weggebruiker aan de informatie die u hem aanbiedt</i></p> <p>Regel 8: Vertel de weggebruiker wat ècht belangrijk is Regel 9: Breng de weggebruiker niet in de war</p>
<p><i>De eisen waaraan die informatieverschaffing moet voldoen</i></p> <p>Regel 10: Informatie moet voor de gebruiker zichtbaar, duidelijk en begrijpelijk zijn.</p>

Het verkeerspsychonomisch onderzoek heeft in de afgelopen 50 jaar de vaardigheden van verkeersdeelnemers voor veel situaties vastgelegd in kwantitatieve verbanden , zie o.a. [Van Norren, 1981] en [Van Knippenberg et al., 1989]. Deze gegevens zijn bruikbaar bij ontwerp en evaluatie.

## 2. Hoever zijn we?

### 2.1. Algemeen

Door de toenemende druk op ons mobiliteitssysteem is het van belang niet alleen de bestaande verplaatsingsbehoeften te optimaliseren, maar ook om deze behoeften te kunnen sturen. Dat vraagt inzicht in de gedragsmechanismen op alle in het vorige hoofdstuk genoemde gedragsniveaus. *Gedragsbeïnvloeding* is dan ook een vaak gehoorde term in discussies over de aanpak van de file-, veiligheids- en milieuproblematiek in ons mobiliteitssysteem. Met name ten aanzien van keuzeprocessen op strategisch niveau is de benadering van gewenste gedragsveranderingen vaak nog een proces van trial-and-error. De gedragsmodellen zijn vaak nog uni-dimensionaal en houden onvoldoende rekening met de complexiteit en diversiteit van de verschillende contexten waarin maatregelen worden geïmplementeerd.

Dit hoofdstuk geeft voor de verschillende gedragsniveaus een korte schets van de state-of-the-art.

### 2.2. Keuzeprocessen op strategisch niveau

#### *Gewoontegedrag*

Het gaat op dit niveau om keuzes ten aanzien van reisdoel, tijdstip van reizen, modaliteit en route. Beslissingen op de eerste drie aspecten worden meestal genomen vóór aanvang van een reis. Vervoersgedrag van personen is primair bepaald door het doel van de reis: werken, werkafspraken, recreëren, familiebezoek, enz. De overheid wil multimodaal reizen bevorderen. P+R locaties zijn daartoe vaak verbonden met informatiesystemen die er toe willen bijdragen dat we tijdens de reis besluiten over te stappen van bijvoorbeeld auto naar trein. Ook de keuze voor een bepaalde route kan zowel voor aanvang van of tijdens de reis worden bepaald.

Over het algemeen zijn Nederlanders erg consequent in het gebruik van een modaliteit en zijn we daarover ook redelijk tevreden. Alternatieven worden vaak niet of nauwelijks beschouwd, met als gevolg dat ongeveer 92% van ons reisgedrag voorspelbaar is [Gonzalez et al., 2008]. Met andere woorden, we vertonen weinig flexibiliteit in gedrag. Reiskeuzes zijn in sterke mate het resultaat van gewoontegedrag. Vooral wanneer dezelfde reis vaak wordt gemaakt, kan een in eerste instantie weloverwogen keuze voor een bepaald tijdstip, route of vervoersmiddel na verloop van tijd een gewoonte worden. Bij een dergelijk gedragspatroon worden de voor- en nadelen niet meer afgewogen, terwijl de uitgangspunten voor een dergelijke keuze wel degelijk gewijzigd kunnen zijn. Dit speelt o.a. bij woon-werk verkeer. Frequent en consistent keuzegedrag met hetzelfde doel zorgt voor een sterke associatie tussen het gedrag en het doel, waardoor een gewoonte ontstaat [Aarts & Dijksterhuis, 2000]. Meer flexibiliteit in onze reiskeuzes zou kunnen zorgen voor een betere verdeling van reizigers over de beschikbare infrastructuur, met als gevolg een betere doorstroom en minder uitstoot.

Een manier om gewoontegedrag te doorbreken is het 'deconditioneren' van gedrag, dat wil zeggen het afleren van de gewoonte. De meest voor de hand liggende manier om dit te doen is om het bestaande gedrag te vervangen door een alternatief, zodat het gewoontegedrag als het ware wordt uitgedoofd. Een voorbeeld hiervan is het gebruik van een beloning om het gebruik van openbaar vervoer te stimuleren onder autogebruikers. [Fuij & Kitamura, 2003] onderzochten het effect van een dergelijke, tijdelijke 'incentive' op het gebruik van de bus in Kyoto. Aan 23 autogebruikers in de experimentele groep deelnemers werd gedurende één maand een gratis busabonnement beschikbaar gesteld, maar niet aan een controlegroep van 20 autogebruikers. De resultaten lieten zien dat door het beschikbaar stellen van een gratis abonnement de houding ten aanzien van de bus positiever werd, er frequenter gebruik werd gemaakt van de bus en de gewoonte om gebruik te maken van de auto afnam. Dit was één maand na afloop van het experiment ook nog het geval. Deze resultaten suggereren dat een tijdelijke interventie, zoals het aanbieden van een gratis abonnement voor het openbaar vervoer, een effectief middel kan zijn om het autogebruik te verminderen en mensen meer gebruik te laten maken van het openbaar vervoer. Minpunt van dit onderzoek is dat er geen gegevens zijn over de effecten op langere termijn. Recent Nederlands onderzoek naar het effect van prijsprikkels op het rijden buiten de spits laat zien dat nadat autogebruikers geen geld meer ontvingen voor het rijden buiten de spits ze naar verloop van tijd weer terugvielen in hun oude reisgedrag, het rijden in de spits [Ben-Elia & Ettema, 2010].

#### *Kosten: geld en tijd*

Geld is een belangrijk beslissingscriterium voor veel van onze gedragingen. Ook al weegt de behoefte aan comfortabel vervoer nog steeds op tegen de hoge kosten van autorijden, specifieke maatregelen kunnen er toch voor zorgen dat we onze behoeften (gedeeltelijk) op een andere wijze gaan invullen. Het is bekend dat verhoogde benzineprijzen niet per se leiden tot verminderd auto-gebruik. Experts verwachten dat door de invoering van kilometerbeprijzing, met de hoogste prijs in de spits, mensen minder de auto zullen gebruiken in deze 'dure uren'. Het gebruik van het openbaar vervoer zal echter nauwelijks toenemen door dergelijke maatregelen. Actieve promotie van het openbaar vervoer, door (tijdelijk) gratis vervoer aan te bieden heeft daarentegen positieve effecten laten zien (bijvoorbeeld [Thøgersen, 2009]).

Reizigers prefereren reisinformatie in termen van reistijd (zie de volgende paragraaf). Tijdsbesparing levert niet alleen voordeel op voor het individu; het impliceert ook een algemene reductie van het aantal voertuigen, hetgeen positieve effecten kan hebben op de verkeerssituatie. Ondanks het feit dat verschillende studies schattingen geven van welke mate van vertraging leidt tot alternatieve routekeuzen (zie bijvoorbeeld [Taale & Schuurman, 2012]), zijn er grote verschillen tussen de verschillende schattingen. Deze verschillen worden waarschijnlijk veroorzaakt door specifieke contextuele, omgevings- en persoonlijke factoren.

Direct gerelateerd aan tijd is de afstand van een route. Ondanks het feit dat dit een belangrijke factor is die de aantrekkelijkheid van een reiskeuze bepaalt, zal kennis over afstand in de meeste gevallen gecombineerd worden met kennis over het type route, om uiteindelijk een tot een evaluatie te komen van een bepaalde route in termen van tijd. Desondanks verschillen de waargenomen tijd en afstand van een route vaak van de werkelijke waarden. Factoren die de perceptie van tijd



en afstand van een route beïnvloeden zijn bijvoorbeeld: route complexiteit en het motief om te reizen [Crompton, 2006].

### *Reisinformatie*

Een andere manier om gewoontegedrag te doorbreken is reizigers te voorzien van actuele gepersonaliseerde informatie. Reisinformatie kan de reiziger bewust maken van de keuzes die er zijn. En daarmee onzekerheid over onbekende routes en vervoersmiddelen, *en over de daaraan gekoppelde kosten in tijd en geld*, wegnemen.

Op dit moment past slechts een klein gedeelte van de reizigers zijn keuze voor een vervoersmiddel aan op basis van (reis)informatie. Oorzaken hiervoor kunnen zijn dat het OV in 90% van de gevallen niet in reistijd met de auto kan concurreren [Bakker & Zwaneveld, 2009] en dat de treinen tijdens de spits overvol zijn [Vaessens, Van Hagen & Exel, 2008].

Pre-trip informatie over vertragingen in het OV en files zijn in Nederland breed beschikbaar via internet of teletekst. Deze informatiebronnen worden door zo'n 40% van der reizigers gebruikt om een ander tijdstip van vertrek te kiezen of hun route aan te passen. Modelstudies geven aan dat in het geval van reguliere congestie reizigers de flexibiliteit hebben om 30 minuten eerder te vertrekken. Dit kan de reistijdvertragingen met 30% reduceren [Van Arem et al., 2008].

Om routekeuzes te beïnvloeden lijken Dynamische Route Informatie Panelen (DRIPs) en navigatiesystemen de aangewezen applicaties, waarvan persoonlijke navigatiesystemen volgens onderzoek de grootste effecten opleveren. Volgens een samenvattende rapportage van evaluaties [Schuurman et al., 2006] verandert in Nederland 16% van de weggebruikers hun route als gevolg van relevante informatie op een persoonlijk navigatiesysteem, terwijl slechts 6% van de weggebruikers dit doet wanneer algemene informatie wordt gegeven. De stad Rotterdam schat het effect van DRIPs op 2% - 2.5% [AGV, 2004]. Gerapporteerde effecten laten dus naast de geringe omvang, veel variatie zien. De effecten zijn vaak afhankelijk van de omstandigheden, zoals de omgevingskennis van de bestuurder, de mate van congestie, de beschikbare routealternatieven en de voorspelbaarheid van de situatie [De Goede et al., 2010]. Volgens [Chorus, 2010] zijn de mogelijke effecten van reisinformatie dan ook beperkter dan vaak wordt verondersteld. Hij stelt dat veelal alleen bewuste reizigers gebruik maken van reisinformatie, terwijl onbewuste reizigers (met sterke reisgewoonten) veel minder geneigd zijn actief informatie op te zoeken. Dit zou betekenen dat een verdere ontwikkeling van informatiesystemen weinig waarde heeft, aangezien bewuste reizigers al aardig geïnformeerd zijn, terwijl de reizigers die sterk gewoontegedrag vertonen niet ontvankelijk zijn voor informatie.

Volgens [Van den Berg et al., in voorbereiding] is deze redenering echter te kort door de bocht. [Chorus et al., 2007] doelt op de effecten van bestaande informatiesystemen. De intelligentie en personalisatie van nieuwe systemen zouden er juist geschikt voor kunnen zijn flexibeler reisgedrag te bewerkstelligen (o.a. meer multimodale trips). [Grotenhuis et al., 2007] stellen bijvoorbeeld dat het parallel presenteren van reisalternatieven er toe stimuleert reisopties te vergelijken en te combineren. Ook [Steg, 2009] laat zien dat tailoring, dat wil zeggen het op individueel niveau toespitsen van informatie, effectief is. Dit vereist wel de beschikbaarheid van geïntegreerde dyna-

mische multimodale informatiediensten, die online anticiperen op veranderende verkeersomstandigheden en persoonlijke voorkeuren en planning, zowel op de weg als in het openbaar vervoer. Op dit gebied zijn systemen beschikbaar, maar feitelijk staat het aanbod van dynamische multimodale en persoonlijk toegespitste informatie gedurende een reis nog in de kinderschoenen. Anders gezegd: hoewel de noodzaak van multimodaal reizen sterk toeneemt, worden reizigers nog steeds ontmoedigd door de complexiteit van een dergelijke reis en het ontbreken van persoonlijk relevante informatie. Ook is de manier waarop informatie wordt gepresenteerd van belang. Onderzoek van [Brookhuis et al., 2008] laat bijvoorbeeld zien dat auditieve informatie of informatie via een PDA als nuttiger wordt ervaren en minder mentale inspanning vergen onder het rijden dan tekstberichten.

### *Ontwikkelingen*

Uit het voorgaande moge blijken dat we bij het ontwikkelen van maatregelen en de daarmee verbonden, gepersonaliseerde informatiesystemen rekening moeten houden met het gewoontegedrag van reizigers. Naarmate die gewoontes sterker zijn, dreigen maatregelen minder effect te hebben [Verplanken & Aarts, 1997]. Juist voor die groep is daarom de uitdaging een slimme combinatie van maatregelen te ontwikkelen, bv. prijsprikkels en persoonlijke informatie.

De vervoersbehoefte laat zich voorts beperken door thuiswerken, video conferencing, thuiswinkelen, enz. De huidige sociaal-economische processen zijn nog slechts mondjesmaat ingericht op het zogenaamde Nieuwe Werken. Onze samenleving is grotendeels gestoeld op vaste tijd- en locatiepatronen, zowel binnen als buiten de werkcontext (winkels, zorginstellingen, kinderopvang etc.). Bedrijven worden zich meer en meer bewust van het feit dat een grotere flexibiliteit in werktijden en -locaties noodzakelijk is om de druk op ons mobiliteitssysteem te verminderen. De ontwikkelingen op dit gebied staan echter nog in de kinderschoenen. En er zijn derhalve nog grote effecten te behalen op het gebied van (kennis over) flexibelere reispatronen bij individu en bedrijf. Mobiliteitsmanagement kan zo nog een forse bijdrage leveren aan verkeersmanagement: een paar procent minder verkeer kan op sommige wegen een aanzienlijk effect op de congestie hebben. Bij bepaalde maatregelen en ontwikkelingen kunnen echter zowel gunstige als ongunstige effecten optreden. Thuiswinkelen is een voorbeeld van een dergelijke ontwikkeling waarbij mogelijke countereffecten optreden: de stroom van goederen die er door ontstaat genereert weer nieuw verkeer. Het is dus altijd de vraag of per saldo de gunstige effecten opwegen tegen de ongunstige effecten.

De volgende generatie reisinformatiesystemen zal de flexibiliteit in gedrag aanzienlijk versterken. Ze geven reizigers de mogelijkheid om niet alleen vooraf, maar ook tijdens de reis strategische keuzes te maken die matchen met de individuele agenda, omstandigheden en voorkeuren. Intelligente Transport Systemen bieden een grotere betrouwbaarheid en gebruiksvriendelijkheid van informatie en dragen zodoende bij aan de kwaliteit van het OV en dat kan leiden tot een toename in het aantal reizigers dat de vervoerskeuze aanpast. Verpersoonlijking van informatie maakt de kans groter dat gewoontegedragingen worden doorbroken (zie ook [Van den Berg et al., in voorbereiding]). Dit zal een groter comfort en een reductie in onzekerheid bieden voor de reiziger.

Anno 2011 beschikt nog slechts een beperkt deel van de navigatiesystemen over dynamische verkeersinformatie. Ook hier liggen dus nog veel kansen. De effecten van DRIPs zijn over het algemeen beperkt en verschillen sterk tussen situaties en locaties. Uiteindelijke effecten van informatiesystemen hangen o.a. af van omgevingskennis van de gebruiker, het congestieniveau, de beschikbare routealternatieven en de voorspelbaarheid van de situatie (reguliere of incidentele congestie) [De Goede et al., 2010]. Bij een grotere dichtheid van dynamische navigatiesystemen, zal wel variëteit (aangepast op individuele voorkeuren en situaties) in adviezen moeten worden aangebracht, om te voorkomen dat congestie zich 'verplaatst' naar een andere locatie in het verkeersnetwerk.

Gedragsveranderingsprocessen lijken vaak een kwestie van gezond verstand gebruiken. Echter, in veel situaties moeten we rekening houden met contra-intuïtieve aspecten. Gedrag is complex en kan van veel interacterende factoren afhankelijk zijn. Gedragsverandering is dan ook meestal niet te bewerkstelligen door slechts één maatregel (bijvoorbeeld een prijsprikkel), maar moet een proces zijn van verscheidene maatregelen op verschillende gedragsniveaus. Een enkele interventie heeft als nadeel dat het effect daarvan kan worden tegengegaan door factoren die onveranderd zijn gebleven. Ook is gedrag context specifiek. Iets dat in het ene geval werkt kan in een andere situatie volledig zijn doel voorbij schieten. Dit wordt vaak vergeten wanneer een succesvol gebleven interventie exact gekopieerd wordt naar een nieuwe situatie of omgeving, en vervolgens een totaal ander (of geen) effect blijkt te bewerkstelligen. Bovendien is de mens een emotionele besliser, met als gevolg dat afhankelijk van persoonlijke eigenschappen en ervaringen er grote individuele (of groeps)verschillen kunnen zijn in reacties op bepaalde maatregelen.

Interventies met als doel gedragsverandering vergen daarom zowel een grondige analyse van de determinanten van het te veranderen gedrag als een analyse van de best mogelijke manieren om het boogde effect te bewerkstelligen. Het uiteindelijk succes van een interventie hangt af van verschillende factoren. Om een interventie te optimaliseren is het van belang op voorhand vast te stellen wat het ideale resultaat zou zijn en of en onder welke omstandigheden dit succes te bewerkstelligen is. In het geval van reiskeuzes is het bijvoorbeeld belangrijk om naast de evaluatie van beschikbare reisalternatieven te bepalen om wat voor een soort gewoontegedrag het gaat. Zowel de sterkte van het gewoontegedrag, het specifieke karakter van de gewoonte als de motivaties die ten grondslag liggen aan dat gedrag zijn van belang. Een degelijke analyse van de relevante gedragsprocessen kunnen ook antagonistische reacties op de langere termijn, zoals rebound-effecten, adaptatie en vermijding voorkomen [Heijs, 1999]. Een ander belangrijk aspect is de duur van het effect van de interventie. Zoals eerder genoemd, kunnen succesvolle effecten op de korte termijn op de langer termijn verdwijnen en keert het oorspronkelijke gedrag terug. Tot slot, is het van belang om zich te realiseren dat sommige interventies succesvol zijn onder ideale omstandigheden (in bijvoorbeeld een experimentele setting), maar zijn deze omstandigheden in het dagelijks leven vaak niet hetzelfde. Een voorbeeld hiervan is dat wenselijk gedrag (bijvoorbeeld niet roken) onder normale omstandigheden kan worden uitgevoerd, maar zodra er sprake is van een stresssituatie keren mensen weer terug naar het oude gedrag. Daarom is het van belang dat effecten van interventies in dagelijkse omstandigheden, bij voorkeur 'real life', worden geëvalueerd. Bovendien moet er meer kennis ontwikkeld worden ten aanzien van (de onderlinge relaties tussen) relevante

gedragsdeterminanten die bepalend zijn voor mobiliteitsgedrag. Meer kennis over de determinanten van gedrag zorgt ervoor dat we beter kunnen bepalen welke combinatie van mogelijkheden tot gedragsverandering in welke specifieke situaties kan worden ingezet voor concrete mobiliteitsvraagstukken. Het Enabling Technology Program: Gedrag & Innovatie binnen TNO heeft als doel deze kennis de komende jaren verder te ontwikkelen.

### 2.3. Keuzeprocessen op tactisch en operationeel niveau

Als het verkeer zich eenmaal op een wegvak aandient is het de kunst dit zo vlot en veilig mogelijk af te wikkelen. Op de hoofdwegen betreft het beïnvloeden op tactisch en operationeel niveau met name snelheidsgedrag, rijstrookkeuze, inhaal gedrag en volggedrag.

#### *Snelheidsgedrag*

Snelheidskeuze hangt onder andere af van persoonlijke motieven, snelheidslimiet, geloofwaardigheid van de limiet, handhavingsdruk, weersomstandigheden en verkeersdruk. Op dit moment bestaan er in het kader van verkeersmanagement vier vormen van snelheidsbeïnvloeding:

- a) automatische snelheden ingegeven door de Automatic Incident Detection (AID). Het gaat hier om zogenoemde filestaartbeveiliging. Dit wordt aangeduid met snelheidslimieten van 70 of 50, aangegeven op matrixborden boven de rijstroken, waarbij de snelheidsverlagingen vergezeld gaan van flashers. 90 wordt alleen automatisch getoond op een rijbaan, die grenst aan een rijbaan waarop 70 wordt getoond. De 90 aanduiding wordt echter niet vergezeld door flashers.
- b) dynamische en/of elektronische snelheidslimieten, aangeduid als 90 of 70 maar niet voorzien van flashers. Deze vorm wordt o.a. gebruikt (1) bij werk-in-uitvoering als ondersteuning van vaste limieten die tijdelijk langs de weg worden geplaatst of (2) bij bepaalde intensiteiten om de doorstroming te verbeteren of als snelheidsdeken tussen twee limieten of files in. De duiding 90 wordt nooit voorzien van flashers.
- c) Dynamische en/of elektronische snelheidslimieten met een rode rand. Deze zijn voor de eerste maal vanwege milieudoelinden ingezet bij Overschie, en later ook op andere locaties en met andere redenen. Deze vorm van snelheidsgeleiding is in 2009 ook beproefd op pilotlocaties in het kader van de aanpak 'dynamische maximum snelheden' (Dynamax). Redenen voor de aanpassing van snelheidslimieten zijn verkeersintensiteit, milieudoelinden of ter vermindering van schokgolven. Bij Dynamax werden de snelheden 100, 80 of 60 getoond [Burgmeijer et al, 2010]. In principe gaat het dus om dezelfde maatregel als bij b, maar dan met rode rand.
- d) Dynamische niet-elektronische snelheidslimieten, zoals aangeduid met kantelborden langs de kant van de weg. Hierbij wordt altijd een rode rand getoond bij de snelheid. De nieuwe testen met de 130 km/u zouden hier ook onder vallen. Wanneer ze echter in de matrixsignaalgevers worden getoond vallen ze onder categorie c.

Het Dynamax-programma symboliseert de ontwikkeling naar meer flexibele signalering, waarbij verkeersbeïnvloeding aangepast kan worden aan momentane en/of lokale doelstellingen en verkeers- en weersomstandigheden. Het streven van de overheid is om toe te werken naar een

eenduidige aanduiding van snelheidslimieten, waarbij alle dynamische limieten worden aangeduid met een rode rand. De enige reden om snelheidslimieten nog niet te tonen met rode rand is omdat het oudere type matrixsignaalgevers dit nog niet kan. Dit betekent in de praktijk dat de weggebruiker dus geconfronteerd wordt met verschillende invullingen van eenzelfde maatregel. Dit kan er toe leiden dat men de snelheidslimiet zonder rode rand als minder dwingend kan ervaren, waardoor deze snelheden minder goed worden opgevolgd.

In het verleden was er discussie over de formele betekenis van snelheden op de matrixsignaalgevers. In de eerste dagen van de AID was dit een adviessnelheid, welke later is omgezet tot snelheidslimiet. Veel weggebruikers denken nog of wensen te denken dat het een adviessnelheid is. Aangezien de AID echter vooral een waarschuwende functie heeft en niet meer automatisch uit zou gaan als men zich daadwerkelijk aan de snelheden houdt, wordt dit niet als problematisch gezien. Het vervult zijn functie, te weten beveiliging van filestaarten of incidenten. Het concept AID werkt goed, het verhoogt de veiligheid en weggebruikers zijn er inmiddels goed mee bekend. Indien men flashers ziet naast snelheden associeert men dit sterk met file. Het is belangrijk de AID in zijn huidige vorm te handhaven vanuit Human Factors oogpunt.

Wat dynamische maximum snelheden betreft, is het ook voor de opvolging ervan van belang hoe geloofwaardig de limiet is, ofwel of men begrijpt waarom de beperking wordt getoond en of men het nut ervan ook inziet. Hoe geloofwaardiger de limiet, hoe meer men zich aan deze snelheid zal houden. Zo zal men bij sneeuw uit zichzelf al geneigd zijn de snelheid te reduceren, zelfs zonder beperking vanuit verkeersmanagement. Wanneer men echter geconfronteerd wordt met een beperking waar men de reden niet van begrijpt (bijvoorbeeld 80 op een autosnelweg zonder specifiek zichtbare reden) zal men minder geneigd zijn het gedrag aan te passen. Om deze limieten toe te lichten heeft RWS dan ook argumentatieborden ingevoerd. Zo werd bij Dynamax aangeduid dat een limiet van 80 werd ingevoerd vanwege milieudoelinden. Wanneer weggebruikers deze limiet vervolgens nog steeds niet geloofwaardig vinden, zal de gedragsaanpassing nog steeds gering zijn. Sterker nog, het zal de geloofwaardigheid van andere maatregelen ook kunnen verminderen.

Handhaving is uiteindelijk een effectieve manier om opvolging van de snelheidslimiet af te dwingen. Nadeel hierbij is echter dat de geloofwaardigheid van de maatregel zelf er niet door toeneemt, en dat de snelheden vaak lager komen te liggen dan bedoeld (onder de limiet, zoals bijvoorbeeld gevonden op de A13 bij Overschie vanwege de trajectcontrole) of alleen omlaag gaan bij de locatie van de controle zelf. Ook gaat bij trajectcontrole soms de dynamiek, en daarmee de flexibiliteit, uit de verkeersstroom, wat voor weef- en invoegproblemen kan zorgen (bijvoorbeeld op de A12 bij Voorburg) en daardoor er meer files kunnen optreden.

#### *Keuze rijstroken*

Naast snelheidsgedrag richt verkeersmanagement zich vaak ook op het ter beschikking stellen extra rijstroken (plus- en/of spitsstroken) of juist het sluiten van rijstroken. Op dit moment wordt het rode kruis voor de volgende situaties ingezet:

- Het aanduiden dat een plusstrook of een spitsstrook gesloten is.
- Het sluiten van een rijstrook om reden van doseren (verbetering doorstroming).

- Het sluiten van een rijstrook vanwege werk-in-uitvoering.
- Het sluiten van een rijstrook vanwege een incident (o.a. ongeval, gestrand voertuig, materiaal op de weg).
- Het sluiten van een rijstrook ten behoeve van speciale diensten (o.a. spoedtransporten van ambulance, Afghanistan top).

De Juridische grondslag van het rood kruis op matrixsignaalgevers boven een rijstrook ligt in artikel 73b van het Reglement Verkeersregels en Verkeerstekens [RVV, 1990], waarin is opgenomen dat de rijstrook dan niet mag worden gebruikt. Een rood kruis wordt altijd voorafgegaan door een witte verdrijfpijl voorzien van flashers. Bij werk-in-uitvoering wordt de snelheid vaak ook gereduceerd (hierbij worden geen flashers getoond) en bij incidenten gaat vaak de AID aan. Bij gesloten spits- en plusstroken en bij doseren wordt in de meeste gevallen niets boven de normale rijstroken getoond (tenzij de AID geactiveerd wordt). Het rode kruis wordt formeel weer opgeheven door het tonen van het teken 'einde alle restricties' (F9). Het gebruik van een rood kruis bij incidenten wordt beschreven in de Richtlijn Eerste Veiligheidsmaatregelen bij Incidenten [REVI, 2010], bij werk-in-uitvoering in [CROW, 2005] en bij spits- en plusstroken in het zogenaamde Landelijk protocol voor bediening spits- en plusstroken.

De sterke indruk bestaat dat het negeren van het rode kruis door weggebruikers de laatste jaren is toegenomen en er sprake is van devaluatie van het rode kruis doordat weggebruikers veelvuldig geconfronteerd worden met afgekruiste plus- of spitsstroken waar verder niets aan de hand is. Intern wordt bij de overheid de discussie gevoerd of er bij het doseren van verkeer niet beter van een ander symbool gebruik kan worden gemaakt dan van het rode kruis. Wanneer het rode kruis weer meer met gevaar wordt geassocieerd zou dit de opvolging verbeteren en daarmee de veiligheid bij de afhandeling van ongevallen en bij werk-in-uitvoering. Het signaal naar de weggebruiker zou moeten zijn: "Hier mag u echt niet rijden want als u doorrijdt komt u in de problemen". Zeker waar nu een pechgeval op een spits- of plusstrook staat levert het problemen op wanneer iemand het rode kruis negeert. Op dit moment kan met de rode kruizen boven spitsstroken geen onderscheid worden gemaakt tussen 'standaard gesloten rijstrook' en 'gevaar fysieke obstructie op deze rijstrook'. Overwogen wordt om het bord Gesloten verklaring (wit bord, rode rand) op dynamische wijze toe te passen voor dergelijke stroken, zoals ook gebruikelijk bij doelgroepstroken (zie ook [Martens et al., 2010]).

### *Inhaalgedrag*

Een inhaalverbod voor vrachtverkeer is één van de maatregelen die tot doel hebben de doorstroming van het verkeer te verbeteren. Er is nu op ongeveer 800 km snelweg tijdens de spitsuren een inhaalverbod voor vrachtverkeer van kracht. Uit oogpunt van verkeersveiligheid voldoet de maatregel aan de verwachtingen. Het aantal zeer korte volgtijden van minder dan 1 seconde op de linkerrijstrook neemt significant af. Er lijken minder kritieke situaties te ontstaan en er worden minder gevaar- en foutmanoeuvres waargenomen. Tot op heden zijn geen problemen geconstateerd bij het in- en uitvoegen. De kans op ongevallen wordt verkleind en daardoor de kans op het ontstaan van incidentele files. De effecten op de doorstroming zijn zeer locatie specifiek. Daardoor is het capaciteitseffect diffuus (-4% tot + 4%, Maatregelencatalogus Benutten [Taale en Schuurman, 2012]). Het inhaalverbod voor vrachtauto's geldt veelal in venstertijden, bijvoorbeeld tijdens

de spits. Dynamisch verkeersmanagement zou de inzet van deze regeling flexibeler kunnen maken, bijvoorbeeld als functie van de verkeersintensiteit.

In andere landen past men het Keep Your Lane principe toe met als doel rust in het verkeersbeeld te brengen. Of een dergelijke filosofie ook voor Nederland zou kunnen werken valt echter nog te bezien [Schuurman, 2011].

### *Volggedrag*

Vanuit verkeersmanagement wordt op dit moment niet direct op volggedrag gestuurd. Er wordt niet aan weggebruikers aangegeven dat ze dicht op elkaar moeten rijden (kortere volgafstand of volgtijd) of juist meer afstand moeten houden (langere volgtijd en volgafstand).

Door snelheid te beïnvloeden regelt men indirect ook de volgafstanden en volgtijden. Bij een lagere snelheid kan men veilig dicht op elkaar rijden en men doet dat ook. Wanneer verkeersmanagement ook een in-voertuig component krijgt (en dus ook meer op maat kan worden aangeboden) ontstaan er meer mogelijkheden om volggedrag te beïnvloeden. ACC systemen regelen de volgtijd, welke veelal door de bestuurder zelf in een aantal stappen is in te stellen. Hierbij blijft regelruimte voor de bestuurder, omdat sommige mensen korter volgen dan anderen. Veiligheid staat hierbij centraal: de wegbeheerder kan mensen niet aanraden om dicht op elkaar te gaan rijden aangezien nog onduidelijk is wat de effecten hiervan op veiligheid zijn. Ook kan iemand die alert is met ABS op een droog wegvak met een korte reactietijd korter volgen met dezelfde veiligheidsmarge dan iemand zonder ABS op een nat wegdek die wat minder oplet. Over de effecten van dit soort gedragsbeïnvloeding op grote schaal, is nog te weinig bekend om hierop te gaan sturen vanuit de wegbeheerder. Wel is de verwachting dat de wegcapaciteit vergroot kan worden indien een deel van de auto's is uitgevoerd met bijvoorbeeld ACC [Van Arem et al., 2008].

### *Ontwikkelingen*

Vanaf de 80'er jaren is Nederland voorloper in de ontwikkeling van moderne verkeerssignalering op autosnelwegen. Vanuit een netwerk van verkeerscentrales stuurt de verkeersmanager snelheidsaanduidingen, beschikbaarheid van rijstroken (al dan niet openstellen) en het doseren van de toegang van snelwegen (door middel van toeritdoseerinstallaties). De verkeersgeleiding is er op gericht de weggebruiker dat gedrag te laten vertonen waar doorstroming, veiligheid en milieu het meest bij gebaat zijn. De verkeersgeleidingssystemen zijn in de loop van de tijd steeds beter geworden. Dit hangt samen met de gestaag verbeterende kwaliteit van verkeersmonitoring en verkeersmodellering.

Een optimale benutting van het wegstelsel vraagt echter om verdere innovaties en meer adaptieve en flexibele verkeersgeleiding. Verkeersgeleiding die zich aanpast aan momentane verkeers- en weersomstandigheden, licht-duistersituaties, momentaan verkeersaanbod, incidenten, enzovoort. Deze ontwikkeling vraagt om intelligente sensornetwerken en slimme verkeersvoorspellingen op basis van verkeersmodellen, waarin gedrag op valide wijze is gerepresenteerd.

Een belangrijke stap voorwaarts zal volgen met de interactie tussen de slimme weg en de slimme auto. Deze interactie is tot op heden beperkt, maar dient zich aan. Navigatiesystemen kunnen zich ontwikkelen tot een integraal verkeersinformatiesysteem, met o.a. informatie over de lokale snel-

heidslimiet. Adaptieve cruise control systemen kunnen nu al helpen bij het homogeniseren van de verkeersstroom door zelf afstand te houden. In de verdere toekomst kan coöperatieve ACC zelfs op verstoringen in de verkeersstroom anticiperen die ver buiten het directe zicht van de weggebruiker liggen. De ontwikkeling naar coöperatieve systemen en informatie biedt grote mogelijkheden, maar heeft ook het gevaar in zich van inconsistenties in informatie. Wanneer de infrastructuur een snelheidslimiet aangeeft die niet strookt met een limiet die binnen het voertuig wordt getoond, zal de weggebruiker niet schromen om die limiet te gebruiken die hem of haar het beste past. In dit geval is er nog niet echt sprake van intelligentie. Vanuit Human Factors is het streven om een systeem te ontwikkelen dat de juiste informatie biedt in tijd en in plaats, die waar mogelijk ook nog individueel wordt toegesneden. Zo zou een vrachtwagen automatisch een andere limiet moeten worden voorgeschoteld dan een personenauto, en kan in de toekomst bij rijstrookkeuze ook rekening worden gehouden met individuele bestemmingen. Wanneer het doorgaande verkeer bijvoorbeeld wordt aangeraden links te houden om het verkeer beter te verdelen over de rijbaan heeft dit grote voordelen. Er zijn al plannen dit soort principes toe te passen op ringwegen, maar de informatie zal dan nog op dynamische borden boven de weg gebeuren, waarmee het per definitie nog niet op maat is.

## **2.4. Integrale aanpak van gedragsbeïnvloeding**

Voor alle onderscheiden gedragsniveaus is heel wat empirische kennis beschikbaar. De ordening van deze kennis en de vertaling naar toepassing in termen van verkeersmanagement vraagt nog wel aandacht. Bovenal is het van belang de gedragskundige kennis van de verschillende niveaus met elkaar te verbinden of nieuwe kennis op het raakvlak van de gedragsniveaus te ontwikkelen. Moderne verkeersbeïnvloeding richt zich namelijk veelal niet op een specifiek gedragsniveau. De uitdaging lijkt juist te zijn het benutten van de interacties tussen de niveaus. Gepersonaliseerde informatie kan bijvoorbeeld uitgaan van een op bepaald tijdstip beschikbare plaats op een P&R locatie. Met kennis over de momentane verkeerssituatie kan het routesysteem de optimale route en het vertrektijdstip duiden. Als basis hiertoe geldt de momentane snelheidslimiet/begrenzing. Toekomstige verkeersgeleiding kan zo de onderscheiden gedragsniveaus als een gedragskundige keten hanteren.



### 3. Wat hebben we eraan?

De gedachte dat Human Factors kennis zoals beschreven in dit document vaak een kwalitatief en betrekkelijk abstract karakter heeft is onjuist. Veel onderzoeksresultaten over menselijk presteren en gedrag liggen vast in kwantitatieve gegevens en verbanden. Zoals er bij het ontwerp van wegen gebruik gemaakt wordt van *ontwerpvoertuigen*, kunnen gegevens van menselijk presteren vertaald worden naar de *ontwerpweggebruiker*. En op een aantal terreinen gebeurt dat ook al vele jaren. [Godthelp & Tenkink, 1990] ontwikkelden bijvoorbeeld zichtcriteria (inhaalzicht, rijzicht, stopzicht) op basis van representatieve reactietijden en geaccepteerde versnellingen en vertragingen. Vaak gaan we daarbij uit van 85-percentiel waarden, waarbij de perceptie en motorische vaardigheden van jongeren, middelbaren en ouderen worden meegewogen. De meeste ontwerpnormen van de Nederlandse wegen en de plaatsing van informatiedragers zijn op deze wijze gebaseerd op gegevens van de ontwerpweggebruiker, alhoewel deze methodiek nooit als zodanig is aangeduid.

De 'klassieke' ontwerpweggebruiker beschrijft vooral de menselijke vaardigheden: wat kunnen mensen? Reactietijden, geaccepteerde vertragingen, vermogen bij nachtzien, enzovoort. Een meer hedendaagse ontwerpweggebruiker zou ook meer cognitieve gegevens moeten bevatten. Dat betreft een diversiteit van kwantitatieve verbanden, zoals beschreven in de paragrafen 2.1 en 2.2. Op tactisch gedragsniveau gaat het dan bijvoorbeeld om beschrijvingen van volgedrag, gap acceptance, snelheidsgedrag, inhaalgedrag. Maar ook om de te stellen grenzen aan de werklust. Op strategisch niveau kunnen factoren als kosten en tijd vertaald worden naar kwantitatieve modellen. Ook daarvan zijn al voorbeelden beschikbaar, maar een meer systematische benadering is nodig.

Het navolgende geeft een korte schets van de gereedschappen die de human factors bieden bij ontwerp, evaluatie en voorspelling.

#### 3.1. Methoden en technieken

Net als veel andere wetenschappen kent het vakgebied van de human factors een gelaagd stelsel van onderzoeksmethoden:

- Gedrag en prestatie kunnen *in het laboratorium* onder nauwkeurig gedefinieerde omstandigheden worden geobserveerd. Zo wordt bv. de zichtbaarheid van retro reflecterende verkeersborden bij mist vastgesteld. En de relatie tussen leesafstanden van verkeersborden bij nacht en lettergrootte.
- Het feitelijk rijgedrag bemeten we in *rijsimulatoren en geïnstrumenteerde voertuigen*. Voor de meting van werklust zijn min of meer gestandaardiseerde methoden beschikbaar, o.a. de peripheral detection task PDT. Tijdsmaten zoals TTC en TLC beschrijven het operationele gedrag, en zijn ook vertaald naar criteria, waarmee veiligheidsnormen getoetst kunnen worden.
- De interacties in het 'echte' verkeer laten zich observeren met allerlei sensoren, bijvoorbeeld *lisdetectie en video observatie*.

- Strategisch keuze gedrag (route, modaliteit) kan zowel met behulp van vragenlijsten als op basis van kentekenherkenning met camera's of met bluetooth sensoren worden bepaald. Met behulp van vragenlijsten kan ook inzicht in achterliggende motieven voor het keuzegedrag worden bepaald.

Belangrijke basis van al deze instrumenten vormt de *statistische methode*. De human factors expert is in staat deze methoden zodanig te gebruiken, dat de bevindingen vertaald kunnen worden in betrouwbare verbanden. De meeste resultaten van prestatie- en gedragsmetingen kunnen vervolgens worden omgezet in kwantitatieve verbanden, die bruikbaar zijn voor ontwerp, evaluatie en voorspelling. Vrijwel alle aspecten van het menselijke waarnemen in het verkeer liggen zo vast in kwantitatieve verbanden. Ook voor de beoordeling van de begrijpelijkheid van verkeersmiddelen zijn min of meer gestandaardiseerde methoden beschikbaar. Over menselijke adaptatie en keuzegedrag is ook veel bekend, maar van deze aspecten is de beschikbare kennis minder toegankelijk voor praktisch gebruik. Deze kennis is voor een deel nog in ontwikkeling en moet ook nog beter in kwantitatieve verbanden en gedragsmodellen worden vastgelegd. Deze benadering dient te leiden tot een nieuwe versie van de Ontwerpweggebruiker.

## 3.2. Hulpmiddel bij ontwerp, evaluatie en voorspelling

Human Factors kennis kan een belangrijke rol spelen bij het ontwerpen en evalueren van verkeerssystemen, en bij het maken verkeersvoorspellingen.

### *Ontwerp*

Veel gedragskundige kennis is vertaald in normen voor ontwerp. De meeste Nederlandse richtlijnen voor het ontwerp van wegen zijn gebaseerd op kennis over menselijke vaardigheden. Voor ITS systemen ontwikkelde de EU de Statement of Principles [EU, 2008], waarin eisen gesteld worden aan de eigenschappen van in-car systemen. ISO committee TC22/SC13/WG8 Transport Information and Control Systems on-board Man Machine Interface [2010] geeft in bredere zin criteria voor in-voertuig ITS systemen.

De human factors expert raakt zo steeds vaker in een vroeg stadium betrokken bij het ontwerp van componenten van verkeerssystemen. Componenten van verkeersmanagement en - ITS systemen worden daartoe tegenwoordig door grote groepen proefpersonen in prototype fase beproefd en geoptimaliseerd in rijnsimulators, concept-voertuigen en in veldevaluaties. Maar de ambitie van de human engineer reikt verder: ook bij het ontwikkelen van het integrale verkeersmanagement systeem is de inzet van gedragskundige kennis cruciaal. Vroege systeemkeuzes hebben baat bij inzicht in de daaraan gekoppelde gedragskundige effecten. De ontwikkeling van verkeerscentrales (zie paragraaf 3.5) geeft hiervan al een goed voorbeeld.

### *Evaluatie*

De methodologisch gereedschappen die de human factors expert biedt zijn met name noodzakelijk bij grootschalige evaluatiestudies. Nadat in het laboratorium eerste versies van prototypes zijn

geoptimaliseerd, volgt voor veel moderne verkeerssystemen de beproeving in het veld. De human factors expert kan er in belangrijke mate aan bijdragen dat de proef goed interpreteerbare gegevens oplevert. Een methodologisch goed opgezette proef geeft duidelijke bevindingen, bijvoorbeeld wanneer verschillende varianten van een systeem worden vergeleken. De methodologische gereedschapskoffer van de human factors engineer is behulpzaam en vereist bij het opzetten van grootschalige veldtests [FESTA Consortium, 2008].

### Verkeersvoorspellingen

Op termijn vormen verkeersvoorspellingen de basis van het verkeersmanagement. Maatregelen kunnen dan gekozen worden op basis van effectvoorspellingen die we maken met onze verkeersmodellen. Dit soort voorspellingen zullen echter pas bruikbaar zijn, als de daarin geïmplementeerde gedragseffecten kloppen. Verkeersmodellen moeten zijn voorzien van valide gedragsmodellen. Gedrags- en prestatie modellen vormen samen de bouwstenen van de moderne Ontwerpweggebruiker.

## 3.3. Modellen van verkeer en gedrag

Uiteindelijk leggen we onze kennis over verkeer en gedrag ook vast in theorieën en verklarende modellen. Aan de hand hiervan duiden we op wetenschappelijke wijze verbanden tussen bijvoorbeeld gedragskenmerken en verklarende factoren, hetgeen ook weer leidt tot nieuwe onderzoeksvragen. Deze paragraaf geeft een globale schets van het werkveld. Een numerieke vertaling van gedragsmodellen zal een plek moeten vinden in de bredere context van generieke verkeersmodellen. De validiteit van deze modellen is immers in belangrijke mate afhankelijk van de kwaliteit van het daarin geïmplementeerde gedrag. *Anders dan in het verleden volstaat het niet meer om het gedragsmodel als een black box te beschouwen.* En dat kan heel goed: immers, zoals het verkeersgedrag zich laat onderscheiden naar strategisch, tactisch en operationeel niveau, tonen ook de verkeersmodellen een zekere gelaagdheid: we onderscheiden macro, meso en micro simulaties. Tabel 2 laat zien hoe de verschillende gedragsniveaus in verkeersmodellen aanwezig zijn. Te zien is dat er geen verkeersmodellen zijn die alle gedragsniveaus dekken, en dat we (zonder grondige analyse) inschatten dat duidelijk is dat sommige aspecten van gedrag maar matig gemodelleerd worden.

Tabel 2: Modelling van niveaus van gedrag in verkeersmodellen

		macro	meso	micro	sub-micro
Strategisch niveau	keuze om te reizen				
	bestemmingskeuze				
	vertrektijdstipkeuze	vaak matig		soms	
	vervoerwijzekeuze				
	bereidheid tot overstappen/transfers	matig			
	Routekeuze			soms	soms

		macro	meso	micro	sub-micro
Tactisch niveau	sneldheidskeuze	verkeersstr.	verkeersstr.	indiv. vtg.	indiv. vtg.
	rijstrookkeuze (doorgaand)				
	rijstrookkeuze (afslaan)				
	rijstrookkeuze (invoegen)				
Operationeel niveau	positie in rijstrook (lateraal)			meestal niet	
	Volgedrag				
	(mate van) aanhouden wensnelheid		matig		

Legenda:

	niet gemodelleerd
	wel gemodelleerd

### *Macroscopische modellen*

De macroscopische modellen beschrijven de verdeling van het verkeersaanbod over het netwerk. Ze karakteriseren het verkeersaanbod in kwantiteit en in termen van herkomst en bestemming. Op basis van optimaliseringscriteria delen ze het verkeer toe aan modaliteiten en aan schakels van het netwerk. De modellen functioneren op het niveau van verkeersstromen met kenmerken van snelheid, intensiteit en dichtheid. Ze onderscheiden geen individueel gedrag. Kosten in termen van tijd en geld vormen de basis van de gehanteerde criteria. De toedeling is uiteindelijk zodanig dat aan iedere verkeersdeelnemer een optimale route door het netwerk gegeven wordt. De utiliteitsgedachte die hier achter zit, correspondeert in grote lijnen met de in paragraaf 3.1 geduide motieven van strategisch verkeersgedrag. De geduide psychologische context ontbreekt echter. De effecten van gewoontegedrag, de potentie van prijsprikkels en de impact van gepersonaliseerde informatie vragen om een plaats in deze modellen. De toedeling krijgt daarmee een dynamischer karakter. Hiermee kan de kwaliteit van het verkeerskundig ontwerp en van het momentane verkeersmanagement verbeteren.

### *Mesoscopische modellen*

Op mesoniveau beschrijven de modellen de verkeersstroom over (delen van) het netwerk. Gegeven het op macroniveau geduide verkeersaanbod berekent het model de karakteristieken van de verkeersstroom. De verkeersstroom bestaat uit individuele voertuigen die zich volgens macroscopische relaties gedragen. Aannames over sneldheidskeuze, volgtijdverdelingen en rijstrookgedrag liggen hieraan ten grondslag. Kennis over de beïnvloedingsmechanismen, zoals geduid in paragraaf 3.2 is daarin maar ten dele gerepresenteerd. De verkeersmodellen kunnen op dit punt echter nog een belangrijke verbetering maken. Dat vraagt wel om betere gedragsmodellen dan thans voorhanden. Over verkeersgedrag op tactisch niveau is wel redelijk veel bekend, maar voor de vertaling van deze kennis in valide gedragsmodellen is meer nodig. Het vraagt om modelmatige duidingen van de relaties tussen snelheid, volgen en inhalen onder invloed van psychologische, infrastructuurele, en voertuiggebonden kenmerken bij verschillende verkeers-, licht- en weersomstandigheden. Hiervoor zijn meer gedetailleerde (microscopische) data nodig.

### *Micro- en submicroscopische modellen*

Microsimulaties modelleren het verkeer op individueel bestuurders/voertuigniveau. Op basis van betrekkelijk basale regelmodellen en elementaire if-then regels beschrijft het model de bewegingen van voertuigen die samen op een bepaald wegvak of in een netwerk een verkeersstroom genereren. Met microsimulaties laten allerlei verkeersmanagementmaatregelen en verkeersregelmechanismen zich vlot doorrekenen. Er ontwikkelen zich steeds meer geavanceerde versies van deze modellen, waarmee zich o.a. de impact van incidenten en de effecten van ITS systemen laten kwantificeren. Moderne microsimulaties zijn voorzien van eenvoudige gedragsmodellen, waarmee op betrekkelijk elementaire wijze gedrag wordt beschreven. Juist bij innovatieve toepassingen is het van belang om het daadwerkelijk daaruit resulterende gedrag (denk bijvoorbeeld aan behavioural adaptation effects) ook in te brengen in deze modellen, teneinde valide en betrouwbare inschattingen te kunnen maken van verwachte effecten. De input van Field Operational Tests (FOT's) en naturalistic driving studies zijn daarbij essentieel. De ontwikkelingen ten aanzien van een Driver Model Library (DML) geven daartoe een goede aanzet [Absil et al., 2009]. Om gevoeligheidsanalyses op de technische kenmerken van ITS-systemen uit te voeren wordt gebruik gemaakt van sub-microsimulaties. Op lokaal niveau, bijvoorbeeld een kruispunt of een bocht, berekenen deze simulaties de afwikkeling van specifieke manoeuvres, gebruikmakend van gedetailleerde submodellen van sensoren, actuatoren en geavanceerde communicatiesystemen. De reacties van de bestuurder op de regeleigenschappen van deze systemen zijn daarin nog nauwelijks opgenomen. Een koppeling van PreScan en DML biedt goede mogelijkheden om het gedrag van de bestuurders valide in te brengen.

## **3.4. Ontwikkelingen**

Bij het toepassen van human factors kennis voor ontwerp, evaluatie en verkeersvoorspelling zijn twee ontwikkelingen van belang:

- a) de beschrijving van de ontwerpweggebruiker voor verkeersmanagement, en
- b) de implementatie van gedragsmodellen in generieke verkeersmodellen.

De moderne ontwerpweggebruiker geeft een overzicht van human design criteria op tactische en strategisch gedragsniveau. Een deel van deze kennis is beschikbaar, maar niet geordend in bruikbare vorm. Andere kennis, bijvoorbeeld de invloed van gewoontegedrag, vraagt nadere duiding en beschrijving. Gedragsmodellen vormen een manier om de ontwerpweggebruiker in numerieke zin te beschrijven. De ontwikkeling in die richting is nodig om de gedragskennis te kunnen inbouwen in verkeersmodellen.

Verkeersmodellen vormen een basisinstrument van de verkeerskunde. In het ontwerpstadium van het verkeerssysteem geven modellen schattingen van de te verwachten verkeersverdeling over het netwerk, en van de daarbij veronderstelde afwikkeling op specifieke locaties. Bij het berekenen van de effecten van een nieuw systeem of een nieuwe maatregel (ITS, ADAS, DVM, ...) is in eerste instantie de vraag welke effecten het systeem heeft op het rijgedrag. Als dat bekend is, bijvoor-

beeld op basis van rijnsimulator onderzoek, dienen deze gedragseffecten in het verkeersmodel te worden verdisconteerd.

Verkeersmodellen vormen bovenal het instrument om de effecten van specifieke maatregelen op doorstroming, veiligheid en milieu door te rekenen. Op termijn zullen (on-line versies van) verkeersmodellen ter ondersteuning van de verkeersmanager in een verkeerscentrale functioneren. De feitelijke verkeersafwikkeling kan dan met modellen worden geoptimaliseerd door momentaan voorspellingen te maken van de te verwachten verkeersstromen en de vanuit de verkeerscentrale daarop te baseren maatregelen.

Dat vraagt wel om modellen, die vele malen sneller dan real-time de effecten van maatregelen kunnen voorspellen.

De verbinding van human factors kennis en verkeersmanagementtools dient uiteindelijk haar beslag te krijgen door op macro-, meso- en microniveau de verkeersmodellen te laden met empirisch onderbouwde modellen van strategisch, tactisch en operationeel verkeersgedrag. De verschillende lagen van deze modellen kunnen zich vervolgens ook onderling verbinden. Deze aanpak weerspiegelt de in paragraaf 3.3. beoogde integratieslag tot een gedragskundige keten. Door deze nieuwe generatie verkeersmodellen te verbinden met effectmodellen op het gebied van verkeersafwikkeling, verkeersveiligheid en milieu ontstaat de mogelijkheid het rendement van maatregelen op valide wijze te voorspellen. Zie bijvoorbeeld [Wilmink & van der Horst, 2004] en [Absil et al., 2009].

### **3.5. Operationeel verkeersmanagement**

#### *Operationeel verkeersmanagement*

Het operationeel verkeersmanagement gebeurt in Nederland vanuit verkeerscentrales. Onder operationeel verkeersmanagement wordt verstaan:

- het informeren en waarschuwen van verkeer
- het geleiden en sturen van verkeersstromen
- het uitvoeren van incident management
- het afstemmen en begeleiden van werk in uitvoering
- het bewaken en bedienen van objecten

Voor het verkeersmanagement van het rijkswegennet heeft Rijkswaterstaat vijf regionale centrales en één landelijke centrale tot haar beschikking. Daarnaast zijn er nog een aantal regionale en gemeentelijke wegverkeerscentrales.

#### *Ontwikkelingen*

De ontwikkelingen voor het operationeel verkeersmanagement van het wegverkeer zijn legio en hebben grote consequenties voor de wijze van werken in de wegverkeerscentrale en de Human Factors daarin. De volgende ontwikkelingen zijn gaande:

De wegverkeerscentrale krijgt een steeds grotere rol voor betere en veilige doorstroming van het verkeer en een betere benutting van de wegcapaciteit. Mede door de toepassing van route-informatiepanelen en dynamische wisselstroken hebben wegverkeersleiders mogelijkheden om het verkeer te 'geleiden en sturen' en daarmee de doorstroming te bevorderen. Daar waar vroeger de wegverkeerscentrale bestond uit het monitoren en het bedienen van objecten op aanbod, wordt de wegverkeerscentrale meer en meer een centrale waar een netwerkbenadering plaatsvindt. Dit maakt de sturing en control van het wegverkeer tot een proactieve managementtaak.

Het areaal waarover men het verkeer wil managen breidt zich uit. De spoedwetaanpak heeft voor een enorme toename gezorgd van de kilometers rijksweg, dynamische wisselstroken en route-informatiepanelen. Daarnaast neemt het aantal te bedienen en te beheren tunnels in Nederland toe.

Naast deze infrastructurele uitbreidingen die de operationele verkeersmanagementtaak van Rijkswaterstaat vergroot, zijn er ook ontwikkelingen naar aanleiding van de mobiliteitsaanpak. De mobiliteitsaanpak staat voor een toenemende sturing en control van het wegverkeer van het onderliggende (regionale) wegennet. Dit betekent dat men op zowel bestuurlijk als operationeel uitvoerend niveau gemeenschappelijk moet optrekken om het wegverkeer op zowel het rijkswegennet als het onderliggende wegennet te managen.

Operationeel verkeersmanagement heeft te maken met een enorme toename van informatie en de uitbreiding van de netwerken waar men informatie kan delen. Het aantal weglussen, camera's en andere sensoren is al explosief gegroeid. Wegverkeerscentrales hebben letterlijk en figuurlijk zicht op grote delen van het wegennet. In de toekomst is de verwachting dat de informatie uit navigatieapparatuur van weggebruikers ook beschikbaar komt voor verkeersmanagement of leveren in-car technologie en wegwantsystemen meer en meer informatie. Tel daarbij op de mogelijkheid om (dankzij standaardisatie van de informatietechnologie, applicaties en software) de wegverkeerscentrales aan elkaar in een netwerk te koppelen en er ontstaan mogelijkheden voor *netcentrisch* verkeersmanagement.

Tot slot, zal de vraag voor operationeel verkeersmanagement toenemen, maar de beschikbare menskracht daarvoor kan uit efficiency oogpunt niet ongebreideld toenemen. Kortom, men moet meer presteren, met minder mensen.

Bovenstaande ontwikkelingen hebben grote invloed op de human factors aspecten bij de sturing en management van het verkeer en de wegverkeerscentrales. De volgende drie worden hieronder besproken:

- Cross-organisatieel, multi-team samenwerking in netwerken
- Werkbelasting, taakintegratie, en adaptieve automatisering
- Competenties en skills; proactief verkeersmanagement

### *Cross-organisatoneel, multi-team samenwerking in netwerken.*

Voor operationeel verkeersmanagement neemt de noodzaak om samen te werken met verschillende organisaties en teams toe. Cross-organisatoneel betekent dat er daadwerkelijk verschillende organisaties bij betrokken zijn; voor RWS betekent dat de multiregionale aanpak zal leiden tot meer samenwerking tussen de bestuurlijke instanties (RWS, provinciale en regionale overheden). Daarnaast lijken andere partijen ook spelers te kunnen worden op het gebied van verkeersmanagement, zoals de fabrikanten en serviceverleners van navigatieapparatuur.

Cross-organisatoneel en multi-team samenwerking vergt organisatie. Ten eerste moeten de partners de mogelijkheid hebben tot het uitwisselen van informatie in netwerken. Daarbovenop moeten ook mechanismen in het werk worden gesteld om betekenis te geven aan die informatie zodat de verschillende partners elkaars informatie ook daadwerkelijk kunnen gebruiken. De volgende stap is dat partners zo bekend zijn met elkaar dat zij weten wat ze aan elkaar hebben en welke kennis beschikbaar is. Op basis hiervan kunnen efficiënte impliciete coördinatiestructuren ontstaan, waar de teamleden van de verschillende organisaties elkaar als vanzelf kunnen vinden. In cross-organisatonele werkverbanden heeft men eveneens te maken met tegengestelde (sub)doelen. Dit en de verschillen in (bedrijfs)cultuur kunnen, bij onvoldoende aandacht in het organisatie-ontwerp, de samenwerking bemoeilijken.

Voor operationeel verkeersmanagement geldt dat de samenwerking operationeel gestalte moet krijgen op de werkvloer van de wegverkeerscentrale. De vraag is hoe dit aan pakken; gaat men tot een vergaande integratie van de taken voor verkeersmanagement van het Rijkswegennet en het regionale wegennet? Of kiest men ervoor dit te scheiden en specialistisch af te handelen op verschillende desks of misschien wel in verschillende centrales? Wat leveren de verschillende werkwijzen op, zowel aan de servicekant als aan de organisatiekant; welke coördinatieprincipes zijn nodig; hoe kan dat worden geïntegreerd in het werk van de wegverkeersleider, zonder hem of haar te overbelasten; welke ondersteunende middelen zijn daarvoor nodig? Stuk voor stuk human factors vragen die de komende tijd aan de orde komen.

### *Werkbelasting, taakintegratie, en adaptieve automatisering*

Gegeven de ontwikkelingen zoals proactief verkeersmanagement, toename in het areaal en uitbreiding van informatie en netwerken, zal er extra aandacht moeten zijn voor de werkbelasting van de wegverkeersleiders. Zeker wanneer men het werk zo efficiënt mogelijk wil uitvoeren. Voor veilige doorstroming van het verkeer zijn fitte en goed getrainde wegverkeersleiders van belang. De vraag is op welke manieren het werk zo ingericht kan worden dat verkeersmanagers optimaal worden belast; geen te hoge werklast, maar zeker ook geen te lage werklast.

Met het integreren van taken op de werkvloer kan veel efficiency bereikt worden. Hierbij worden takenpakketten ontworpen met een coherent samenstel van activiteiten die gezamenlijk bijdragen aan de taakdoelstelling. Integratie van verkeersmanagementtaken voor het rijkswegennet en het regionale wegennet is daarvan een (vaak nog niet toegepast) voorbeeld. Bij taakintegratie moet wel een aantal zaken in ogenschouw worden genomen. Qua resultaat moet de vraag beantwoord worden wat het oplevert; zoals betere service, minder mensen of effectievere communicatie en



coördinatie. Voor de mens moet de vraag beantwoord worden wat haalbaar is. Levert taakintegratie werk op dat mensen aankunnen, met voldoende regelruimte, ontplooiingsmogelijkheden en sociale interactie? Bij een optimaal taakontwerp blijven mensen gemotiveerd en leveren zij vanuit intrinsieke motivatie een bijdrage aan de kwaliteit en productiviteit van het werk.

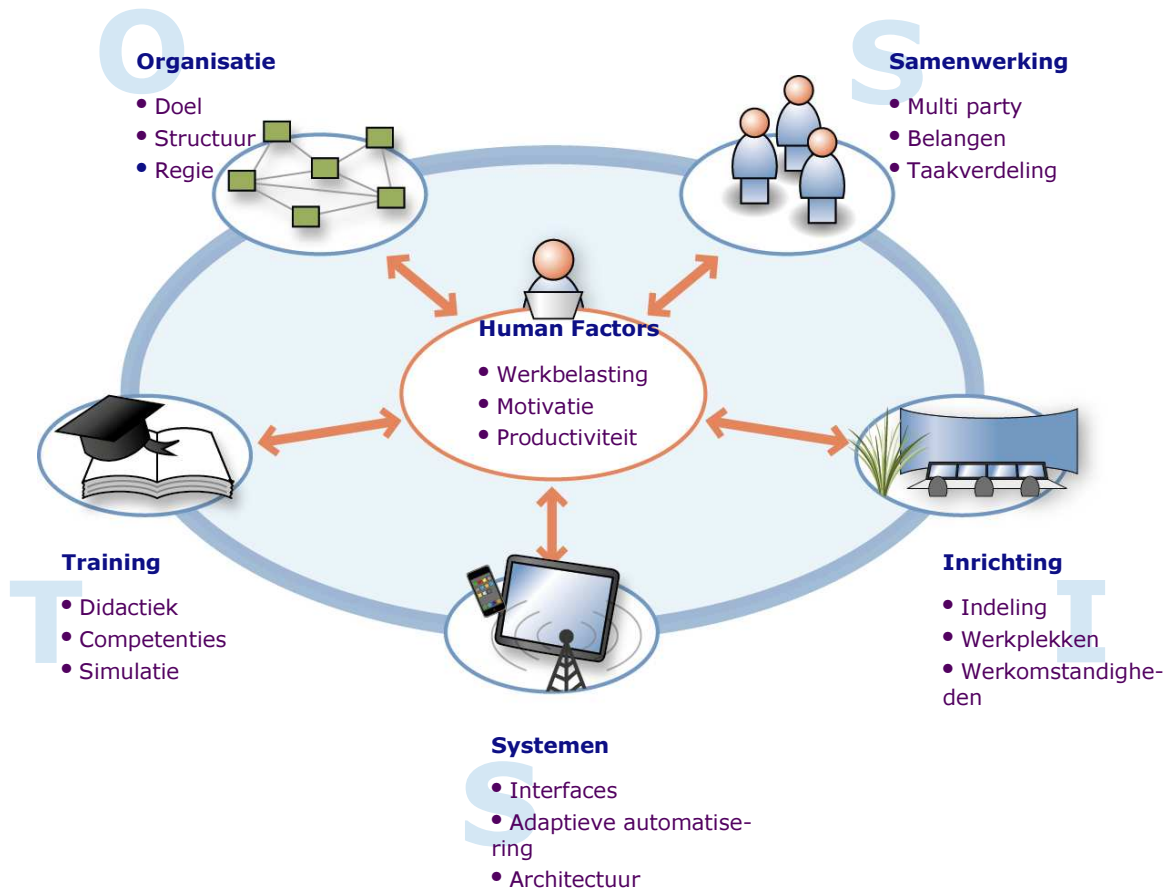
Operationeel verkeersmanagement heeft te maken met pieken en dalen in de werkbelasting. Pieken in de werkbelasting kunnen worden ondervangen door een goed taakontwerp (wissel acute taken af met uitstelbare of planbare taken) en taken als verantwoordelijk te beleggen bij teams. Bij piekbelasting kunnen teamleden elkaars werkdruk (tijdelijk) opvangen. Dat kan bijvoorbeeld door te werken in duo-teams of door snelle opschaling met mensen die kunnen worden opgepiept. In de toekomstige genetwerkte verkeerscentrale kan de werkbelasting evenredig worden verdeeld door hulp in te roepen van andere centrales.

Om de werklast te verlichten kan adaptief automatiseren van taken helpen. Het automatiseren van stuur en control taken is echter risicovol. Mensen kunnen 'out-of-the-loop' raken doordat activiteiten automatisch worden afgehandeld. Hierdoor weet de medewerker niet meer hoe de situatie precies is. Bij hoge werkbelasting kan men dan verkeerde inschattingen maken of het overzicht verliezen. Adaptieve automatisering biedt een tussenweg: hulp bij drukte, maar op rustige momenten voldoende zelf doen zodat medewerkers precies weten wat de toestand van de situatie is. Bijkomend voordeel is dat dit helpt bij het voorkomen van onderbelasting: de werkbelasting wordt optimaal gebalanceerd.

#### *Competenties en skills; proactief verkeersmanagement*

Het werk van het operationeel verkeersmanagement verandert snel. Dit betekent dat wegverkeersleiders, verkeerskundigen en coördinatoren en managers zich andere competenties en skills eigen moeten maken. De belangrijkste is de ontwikkeling van monitoring naar proactief verkeersmanagement. Management vergt dat mensen onder (tijds)druk, creatieve oplossingen moeten kunnen bedenken, proactief moeten handelen en oplossingsgericht moeten zijn. Men kan niet terugvallen op routines, maar men moet in staat zijn om 'out-of-the-box' te denken om tot de juiste maatregelen te komen (zeker bij calamiteiten). Ten opzichte van het meer reactief monitoren en op basis van gebeurtenissen (procedureel) handelen – vraagt dit andere competenties van wegverkeersleiders.

Ook wordt samenwerken belangrijker, zowel binnen als tussen teams en organisaties. Voor optimale werklastverdeling, maar ook om meer interdisciplinair te kunnen acteren. Dat betekent dat teamleden elkaars werk (of regio) moeten kennen, goed moeten kunnen communiceren en verschillende teamtaken moeten uitvoeren om een gemeenschappelijk bewustzijn op te bouwen van waaruit men effectief en efficiënt kan coördineren en samenwerken. Werken in multi-teams, cross organisationeel vergt van mensen dat zij begrip kunnen opbrengen voor elkaars bedrijfscultuur en verschillende organisatiebelangen. Diplomatiek optreden, onderhandelen en vertrouwen opbouwen zijn competenties die in een genetwerkte organisatie van belang zijn. Dat vergt ook andere competenties van de teamleiders en het leiderschap. Sturen op samenwerken, niet autoritair maar bindend leiderschap – met oog voor de verschillende belangen van verschillende partners.



*Figuur 1: Raamwerk OSIST voor integrale ontwerpbenadering van het operationeel verkeersmanagement in verkeerscentrales*

*Organisatie, samenwerken, inrichting, systemen en training*

Voor de toekomstige ontwikkeling van het operationeel verkeersmanagement is het essentieel dat de Human Factor integraal wordt meegenomen. Het raamwerk OSIST (zie Figuur 1) staat voor organisatie, samenwerken, inrichting, systemen en training en kijkt naar alle facetten die van belang zijn bij de ontwikkeling van genetwerkte organisaties en operationele ruimtes. De integrale benadering helpt bij het ontwikkelen van een blauwdruk van organisatiedoelen tot aan de taakuitvoering op de werkvloer. Dit mondt uit in een programma van eisen voor de inrichting, systemen en techniek. Door de human factor centraal te stellen, is het mogelijk om met technologie daadwerkelijk te innoveren. Technologie biedt voor operationeel verkeersmanagement legio mogelijkheden, maar alleen indien de organisatie, samenwerking en de taakuitvoering daar ook optimaal op is ingericht.

## 4. Waar gaan we naar toe?

Toekomstig verkeersmanagement is gebaseerd op intelligente informatiesystemen. De benutting van deze systemen vraagt om optimale organisatie, samenwerking en taakuitvoering van de verkeersmanager. Deze systeemaanpak vereist kennis van gedrag van de verkeersdeelnemer. Door dit gedrag in vast te leggen in een Ontwerpweggebruiker en in Gedragsmodellen ontstaan human factors hulpmiddelen, die bruikbaar zijn bij het ontwerpen van nieuwe systemen voor verkeersmanagement. De belangrijkste ontwikkelingslijnen die zich aandienen, worden in de volgende paragrafen behandeld.

### 4.1. Algemeen

Nieuwe sensoren, media en informatiesystemen bundelen zich in het komende decennium tot een nieuw stelsel van informatie, zowel voor de individuele reiziger en automobilist, als voor de verkeersmanager. De gebruiksvriendelijkheid van dit stelsel is cruciaal voor het succes. Een informatie-ergonomische aanpak is nodig om dit stelsel daadwerkelijk te doen functioneren.

De human factors expert beschikt over een set gereedschappen, waarmee nieuwe ontwerpen zowel op component- als systeemniveau kunnen worden geëvalueerd, resulterend in valide verbanden. Het is daarom steeds meer van belang de human factors expert vanaf het begin bij ontwerp en evaluatie te betrekken.

De integratie van informatiesystemen in-car en en-route verloopt al vanaf het begin van de 90'er jaren stroef. Uiteindelijk zal de coöperatie tussen voertuigen onderling en tussen voertuigen en wegkantssystemen haar plek krijgen. Juist vanuit gedragskundig perspectief kunnen scenario's de potentiële meerwaarde van deze integratie schetsen en de daartoe vereiste ontwikkelingsrichting aanduiden. In de bredere, sociale context zal het zogenaamde Nieuwe werken zich ontwikkelen: een mix van nieuwe organisaties, communicatie en daarop toegesneden werkverhoudingen. Innovaties in het verkeersmanagement kunnen daarop inspelen, en deze ontwikkeling faciliteren.

Bij de ontwikkeling van nieuwe verkeersmanagementsystemen is Human Factor kennis bruikbaar voor ontwerp, evaluatie en verkeersvoorspelling. Over verkeersgedrag op tactisch niveau is wel redelijk veel bekend, maar voor de vertaling van deze kennis naar valide voorspellingen is meer nodig. Dat vraagt om nieuwe kennis en de modelmatige duidingen van de relaties tussen snelheid, volgen, inhalen onder invloed van psychologische, infrastructurele en voertuig-gebonden kenmerken bij verschillende licht- en weersomstandigheden. Moderne gedragsbeïnvloeding richt zich niet op één specifiek gedragsniveau. De uitdaging is om juist de interacties tussen de niveaus te benutten: vertrektijdstip, snelheidsgedrag, routekeuze en modaliteitsgedrag. Deze interacties vragen vervolgens ook om een verbinding tussen de macro-, meso- en microscopische modellen.

## 4.2. Modellen

De verbinding van human factors kennis en verkeersmanagement tools dient onder andere haar beslag te krijgen door op macro-, meso- en micro niveau de verkeersmodellen te laden met modellen van strategisch, tactisch en operationeel verkeersgedrag. De verschillende lagen van deze modellen kunnen vervolgens ook onderling worden verbonden. Deze aanpak weerspiegelt de ontwikkeling van het denken in termen van een gedragskundige keten. Door deze nieuwe generatie verkeersmodellen te verbinden met effectmodellen op het gebied van verkeersafwikkeling, verkeersveiligheid en milieu ontstaat de mogelijkheid het rendement van maatregelen op valide wijze te voorspellen.

Gedragsmodellen krijgen een meer dominante plek in generieke verkeersmodellen. Echter, de implementatie van gedragsmodellen in generieke verkeersmodellen moet beter. Ze zullen daartoe valide gedrags simulaties dienen te bevatten van economische, psychologische en sociale besluitvormingsmotieven. De effecten van gewoontegedrag, de potentie van prijsprikkels en de impact van gepersonaliseerde informatie vragen om een plaats in deze modellen. Inzicht in de onderlinge samenhang van deze motieven is vooralsnog beperkt. Veel huidige modellen zijn uni-dimensioneel, en slechts gebaseerd op kostencriteria. Echter andere aspecten, zoals gewoontegedrag spelen ook een belangrijke rol veel keuze processen.

Dit speelt niet alleen op macroniveau maar ook op meso- en microniveau. De reactie van bijvoorbeeld automobilisten op de verschillende vormen van verkeersmanagement, in-car en en-route, dient daartoe beschreven te worden in termen die daadwerkelijk de benodigde modelgegevens opleveren. De opzet van observatie- en evaluatiestudies dient daarop gericht te zijn.

## 4.3. Het nieuwe verkeersmanagement

Het werk van het operationeel verkeersmanagement verandert snel. Dit betekent dat wegverkeersleiders, verkeerskundigen en coördinatoren en managers zich andere competenties en skills eigen moeten maken. De belangrijkste is de ontwikkeling van monitoring naar proactief verkeersmanagement. Het bedenken van creatieve oplossingen laat zich ondersteunen door de verkeersmodellen die een preview geven van de te verwachten verkeerssituatie. De verkeersmanager van de toekomst maakt gebruik van deze previews. In verkeerscentrales zullen op termijn verkeersmodellen de toekomstige verkeerssituatie voorspellen Gedragsmodellen zijn verweven in deze verkeersmodellen en daarmee in de voorspellingen. Deze hulpmiddelen bieden de verkeersmanager ondersteuning bij het kiezen van maatregelen en het daarmee doseren en stabiliseren van verkeersstromen. Voor operationeel verkeersmanagement geldt dat de samenwerking operationeel gestalte moet krijgen op de werkvloer van de wegverkeerscentrale. De vraag is hoe dit aan pakken; gaat men tot een vergaande integratie van de taken voor verkeersmanagement van het Rijkswegennet en het regionale wegennet? Of kiest men voor dit te scheiden en specialistisch af te handelen op verschillende desks of misschien wel in verschillende centrales. Wat leveren de verschillende werkwijzen op, zowel aan de servicekant als aan de organisatiekant; welke coördinatieprincipes zijn

nodig; hoe kan dat worden geïntegreerd in het werk van de wegverkeersleider, zonder hem of haar te overbelasten; welke ondersteunende middelen zijn daarvoor nodig? Stuk voor stuk human factors vragen die de komende tijd aan de orde komen. In deze nieuwe context vraagt ook de werkbelasting van de verkeersmanager aandacht. De vraag is op welke manieren het werk zo kan worden ingericht dat de verkeersmanager optimaal wordt belast.

## Literatuur

Aarts, H. & Dijksterhuis A., (2000), "The automatic activation of goal directed behaviour: The case of travel habit", in: *Journal of Environmental Psychology*, 20, 75-82.

Absil, N.E., Hogema, J.H., Feenstra, P.J. & Pauwelussen, J.J.A. (2009). "Driver Behavior Models; Applications & Developments", Soesterberg, TNO Defence, Security and Safety, TNO report TNO – DV 2009 IN 468.

AGV (2004), "Evaluatie stedelijke DRIPs; Eindrapport", Bureau AGV Adviseurs in mobiliteit & Arane, adviseurs in verkeer en vervoer, Gemeente Rotterdam, 2004.

Arem, B. van, B. Jansen, & M. van Noort (2008), "Slimmer en beter: de voordelen van intelligent verkeer, delft, TNO rapport 2008-D-R0996/A.

Bakker, P. en P. Zwaneveld (2009), "Het belang van openbaar vervoer; de maatschappelijke effecten op een rij", Den Haag, CPB/KiM, Bijzondere Publicatie 87, 2009.

Van den Berg, De Goede, Koning & Stroek (in voorbereiding), "Connected Traveller – Using personalized information to break the habit when choosing modality", Soesterberg, TNO Report.

Ben-Elia, E. and D. Ettema (2010), "Commuters choice behaviour with rewards for avoiding peak-hour driving", paper presented at the 89th Annual meeting of the Transportation Research Board, januari 2010.

Brookhuis, K.A., M. Dicke, R.L. Rademaker, S.R.F. Grunnekemeijer, J.N.J. van Duijn, M. Klein Nijenhuis, N.A. Benedictus & E. Eser (2008), "The effects of travel information presentation on driver behaviour", in: D. de Waard, F.O. Flemisch, B. Lorenz, H. Oberheid, and K.A. Brookhuis (Eds.). *Human Factors for assistance and automation* (pp. 431 - 444). Maastricht, the Netherlands, Shaker Publishing, 2008.

Burgmeijer, J. A. Eisses, J. Hogema, E. Jonkers, S. van Ratingen, I. Wilmink & T. Bakri (2010), "Evaluatie dynamisering maximumsnelheden – Resultaten proef A12 Voorburg", Delft, TNO, 25 augustus 2010, rapportnummer TNO-034-DTM-2010-02285.

Chorus, C., T.A. Arentze, H.J.P. Timmermans (2007), "Information impact on quality of multimodal travel choices: conceptualizations and empirical analyses", in *Transportation*, 34: pp 625-645.

Chorus, C. (2010), "Multimodale reisinformatie – voetangels en kansen", in: *NM Magazine*, maart 2010.

Crompton, A. (2006), "Perceived distance in the city as a function of time", in: Environment and behavior, 38: pp 173-182.

CROW (2005), "Handboek wegafzettingenautosnelwegen 96a", ISBN 90-6628-447-1.

De Goede, M., F. Faber, G.J. Boertjens, T. Vonk & T. Hof (2010), "The Connected Traveller: Factors affecting travel behaviour on an individual and network level", Soesterberg, TNO Defense, Security & Safety, Report nr: TNO-DV 2010 IN148.

European Commission (2008), "C(2008)1742 final. Commission Recommendation Of 26/V/2008 on safe and efficient in-vehicle information and communication systems: Update of the European Statement of Principles on Human-Machine Interface", Brussels, Commission of the European Communities, 2008.

FESTA Consortium (2008), "FESTA Handbook, Version 2", Field opErational teSt support Action Deliverable D6.4, Leeds, ITS University of Leeds, 2008.

Fujii S. & R. Kitamura (2003), "What does a one-month free bus ticket do to habitual drivers? An experimental analysis of habit and attitude change", in: Transportation, 30, pp 81-95.

Godthelp, J en E. Tenkink (1990), "Zichtcriteria voor wegen en informatiedragers langs de weg", Soesterberg, TNO rapport IZF 1990 C-10.

Gonzalez, M.C., C. Hidalgo & A.L. Barabasi (2008), "Understanding human mobility patterns", in: Nature, 453: pp 779-782.

Grotenhuis, J.W., B.W. Wiegmans & P. Rietveld (2007), "The desired quality of integrated multi-modal travel information in public transport: Customer needs for time and effort savings", in: Transport Policy 14 (2007), pp 27-38.

Heijs (2009), "Huishoudelijk energieverbruik: Gewoontegedrag en interventiemogelijkheden", Onderzoek in opdracht van Novem b.v., Eindhoven, Technische Universiteit Eindhoven, 2009.

ISO TC 22/SC 13/WG 8 TICS on-board – MMI (2010),  
[http://www.iso.org/iso/iso\\_technical\\_committee?commid=46880](http://www.iso.org/iso/iso_technical_committee?commid=46880).

Knippenberg, C.W.F. van, J.A. Rothengatter & J.A. Michon (1989), "Handboek Sociale Verkeerskunde", Groningen, Verkeerskundig Studiecentrum, Rijksuniversiteit Groningen, 1989.

Martens, M.H., R.F.T. Brouwer, I.R. Wilink & A.R.A. van der Horst (2010), "Korte en langere termijn oplossingen rood kruis negatie in het verkeer", Soesterberg, TNO, TNO Rapport DV 2010 C310.

Martens, M.H. & G.T. Tertoolen (2010), "Human factors advies landelijke uitrol Dynamax", Soesterberg, TNO, rapport TNO-DV 2010 C132.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2005), "Advies voor de spoedwetprojecten – Herziene versie. Ontwerp en Inrichting Spitsstroken, Plusstroken en Bufferstroken", Rijkswaterstaat, 2005.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2007), "Maatregelen Catalogus Benutten (2007)", beschikbaar @ [http://www. MaatregelcatalogusBenutten.nl](http://www.MaatregelcatalogusBenutten.nl).

Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2008), "10 gouden regels", Rijkswaterstaat.

Norren, D. van (1981), "Informatiedragers langs de weg: en overzicht van zichtbaarheidsproblemen", Soesterberg, TNO, Rapport TNO IZF 1981 C-25.

REVI (2010), "Richtlijn Eerste Veiligheidsmaatregelen bij Incidenten op (auto) snelwegen", Gewijzigde herdruk januari 2010, Verkeerscentrum Nederland, ISBN 90-369-1733-6.

RVV(1990), "Reglement Verkeersregels en Verkeerstekens', Wegenverkeerswet, 1990.

Rothengatter, J.A. (1991), "Automatic policing and information systems for increasing traffic law compliance", in: Journal of Applied Behavior Analysis, 24, pp 85-87.

Schuurman, H. (2011), "Verkeerscentrales en netwerkmanagement", State-of-the-Art Achtergronddocument, Delft, TrafficQuest, 8 november 2011, beschikbaar @ [http://www.trafficquest.nl/images/stories/documents/verkeerscentrales\\_sota\\_achtergrond\\_rapport\\_v1.1.pdf](http://www.trafficquest.nl/images/stories/documents/verkeerscentrales_sota_achtergrond_rapport_v1.1.pdf)

Schuurman, H. (2011b), "advies 'Keep Your Lane' (aanvulling op versie 12 juni)", TrafficQuest memo, Delft, 28 juni 2011.

Steg. L. (2009), "Informereren versus sturen. Inzichten vanuit de sociale psychologie", presentatie tijdens Seminar over reis- en route informatie en de factor mens, Rijkswaterstaat - Dienst Verkeer en Scheepvaart, 2009.

Taale, H. en S. Hoogendoorn (2009), "De essentie van verkeersmanagement - Basisprincipes en gedragseffecten", presentatie tijdens Symposium Human Factors in Verkeersmanagement, Rijkswaterstaat - Dienst Verkeer en Scheepvaart, 2009.

Taale, H. en H. Schuurman (2012). Effecten verkeersmanagement, cijfers van meer dan 160 (praktijk) evaluaties uit Nederland, Delft, Rijkswaterstaat - Dienst Verkeer en Scheepvaart, 2012.

Theeuwes. J (2009), "Informereren versus sturen", presentatie tijdens Seminar over reis- en route informatie en de factor mens, Rijkswaterstaat - Dienst Verkeer en Scheepvaart, 2009.



Thøgersen, (2005), "Understanding repetitive travel mode choices in a stable context: A panel study approach", in: Transportation Research Part A, 40, pp 621-638.

TrafficQuest (2011), "De toekomst van verkeersmanagement - Stand van Zaken, ontwikkeling en perspectief", Delft, TrafficQuest, maart 2011, beschikbaar @ <http://www.trafficquest.nl/images/stories/documents/toekomst%20van%20verkeersmanagement%20-%20rapport.pdf>

Vaessens, B., M. Hagen & M. Exel (2008), "Auto vs. Trein – De context bepaalt de keuze", Utrecht, NS, 23 december 2008.

Verkeerscentrum Nederland (2010), Gewijzigde herdruk januari 2010. ISBN 90-369-1733-6.

Wilmink, I & R. van der Horst (eds.) (2004), "An ITS evaluation environment for safety, quality of the environment and throughput: Research questions & model requirements", Delft, TNO Inro, report number 04-7N-131, August 25, 2004.

Verplanken, B., H. Aarts & A. van Knippenberg (1997), "Habit, information acquisition and the process of making travel mode choices", in: European Journal of Social Psychology, 27, pp 539-560.