



Trends in Mobiliteit **2018**

Van doorontwikkelen naar anders verplaatsen



Beste lezer,

Met veel plezier bieden wij u hierbij het Capgemini rapport Trends in Mobiliteit 2018 aan. Dit rapport geeft een aantal interessante inzichten in nieuwe technologieën en diensten die van grote invloed zullen zijn op de congestie in ons land. Kernbegrippen die bij het mobiliteitsbeleid zullen horen de komende jaren zijn: samenhang, autonoom, deeleconomie, horizontale en verticale verplaatsing en zelflerende systemen.

Het eerste exemplaar van dit rapport hebben wij op 28 maart 2018 aangeboden aan Cora van Nieuwenhuizen, minister van Infrastructuur en Waterstaat.

**Met vriendelijke groet,
Capgemini Nederland B.V.**



Maart 2018

Inhoud

Voorwoord	02
Managementsamenvatting	04
1 Inleiding: een samenhangende aanpak	06
2 Mobiliteitsdoelstellingen	11
2.1 Hiërarchische doelstellingen	11
2.2 Effecten van ontwikkelingen	13
2.3 Enablers van de vooruitgang	14
2.3.1 Verbeteren van samenwerking	14
2.3.2 Gedragsverandering van gebruikers	16
2.3.3 Datakwaliteit en databeschikbaarheid	18
2.3.4 Modernisering van wet- en regelgeving	18
3 Impact nieuwe ontwikkelingen	21
3.1 Inleiding	21
3.1.1 Speelveld van ontwikkelingen	22
3.1.2 Trendsradar	23
3.2 Een observatie	25
4 Afsluitend: van doorontwikkelen naar anders verplaatsen	27
4.1 Het overbodig maken/verminderen van fysiek vervoer	27
4.2 Het flexibiliseren/toesnijden binnen/tussen vervoersmodaliteiten	28
4.3 Het veranderen binnen de modaliteiten	28
4.4 Ten slotte	29
5 Gesprekspartners en experts	31
6 Literatuurlijst	32
7 Colofon	32



Mark my words: A combination of airplane and motorcar is coming. You may smile, but it will come."

Henry Ford, 1940.

Voorwoord

Met Trends in Mobiliteit 2018 'Van doorontwikkelen naar anders verplaatsen', pakt Capgemini de draad weer op met het publiceren van trendrapportages rond het thema mobiliteit. Belangrijke reden hiervoor is, dat wij een versnelling zien van de implicaties van nieuwe technologieën en diensten voor mobiliteit, maar ook een versnelling van het anders gaan gebruiken van reeds bestaande technologieën en diensten, in nieuwe combinaties.

In ons eerste trendrapport, dat stamt uit 2007, concludeerden wij dat onze infrastructuur (weg, spoor en water) beter benut kon worden. Iedereen wil tegelijk in de spits reizen, wat resulteert in enorme piekbelastingen. Kon dat niet slimmer en makkelijker? Als startoefening voor een gemeenschappelijk kader werd door Capgemini de Bruto Nationale Vervoerscapaciteit (BNV) gelanceerd, uitgedrukt in reizigerskilometers. Na een uitgebreide berekening bleek dat slechts 1.2% van de totale vervoerscapaciteit werd benut en dat de grootste knelpunten ontstaan uit ingesleten gewoonten.

Het jaar erna volgde de tweede Trends in Mobiliteit 'De Randstad voorbij'. Conclusies in deze editie waren dat het versnipperde mobiliteitsbeleid, dat Nederland sinds de jaren zestig heeft gevoerd, leidde tot bereikbaarheidsproblemen en dat er onvoldoende sprake is geweest van een samenhangende, planmatige aanpak van de verkeersproblematiek.

In 2009 verscheen Trends in Mobiliteit 'In de ban van het overleven: een visie vanuit het oog van de orkaan'. De economische crisis had Nederland hard geraakt en er was een tijdelijke afname van congestie op onze wegen. Deze editie focuste zich op de samenhang tussen de fysieke en de niet fysieke (lees: digitale) infrastructuur. Het vermijden van



de spits, meer thuiswerken: diverse redenen om niet meer de auto te pakken voor de dagelijkse verplaatsing naar en van onze werklocatie.

Toch staan er nog de dagelijkse files. Blijft dit ons voorland, of gaat er wat wezenlijk veranderen? Wij verwachten het laatste, mede onder invloed van nieuwe technologische ontwikkelingen in combinatie met diensten, al dan niet aangeboden via slimme en handige apps. Daarnaast blijft het voldoende investeren in de fysieke infrastructuur een vereiste.

Dit rapport is mede tot stand gekomen op basis van interviews met belanghebbenden in het veld en eigen deskresearch. Voor de totstandkoming van dit trendrapport hebben we aan de geïnterviewden een ambitieuze vraag voorgelegd, namelijk: "Hoe zorgen we (markt en overheid) ervoor dat we een congestiearm en waar mogelijk congestievrij Nederland in 2027 bereiken?" Geconcludeerd kan worden dat we allen samen een reis aan het maken zijn, waarvan moeilijk te voorspellen is op welke wijze en wanneer de ambities kunnen worden bereikt. Moeilijk te voorspellen ontwikkelingen en combinaties van toe te passen technologieën en diensten zullen van grote invloed zijn op tempo en resultaat.

Frits Lang, een prominent regisseur tijdens het zwart-wit tijdperk van onze filmgeschiedenis, zoals in het laatste hoofdstuk van dit trendrapport beschreven, presenteerde in 1927 zijn beroemde film Metropolis. Een film met onder meer vliegende bemande objecten in stedelijk gebied. 100 jaar later, in 2027, zullen deze beelden naar alle verwachting wereldwijd in meerdere steden en daarbuiten gemeengoed zijn. In Dubai vliegen inmiddels al autonome drones, geschikt voor personenvervoer. In Nederland beginnen drones stap voor stap gemeengoed te worden, eerst voor de hobbyist

en nu ook voor professionals. Denk aan experimenten met pizzabezorging of inzet voor hulpdiensten. De interessante vraag is welke invloed dit heeft op de congestie op onze huidige infrastructuur, als deze ontwikkelingen zich doorzetten. Tevens is het een stevige bestuurlijke uitdaging om de juiste randvoorwaarden tijdig beschikbaar te stellen.

Net als met andere ontwikkelingen in onze maatschappij zal het erop aankomen dat zien, doen, leren en herhalen daarvan in welke vorm dan ook, nodig zal zijn om de combinatie van nieuwe technologieën en diensten effectief in te zetten. Capgemini stelt hiervoor graag zijn innovatiecentrum Applied Innovation Exchange (AIE) beschikbaar. De AIE is bedoeld voor bedrijven en overheden die samen met ons willen experimenteren met nieuwe technologieën en diensten, om praktische en effectieve toepassingsmogelijkheden voor de mobiliteitsdoelstellingen te realiseren.



Zsolt Szabo
Capgemini Nederland B.V.
Vice President
Business Innovation



Bas Morselt
Capgemini Nederland B.V.
Vice President
Public Sector

Management-samenvatting

Sinds het uitbrengen van het laatste Trends in Mobiliteit rapport zijn er veel nieuwe technologieën en diensten ontwikkeld die een bijdrage leveren aan het oplossen van diverse mobiliteitsuitdagingen die Nederland heeft. Dit jaar blikken we als eerste terug op eerdere edities en kijken we naar de lessen die afgelopen jaren geleerd zijn, gevolgd door een vooruitblik naar de toekomst. We kijken welke ontwikkelingen doorslaggevend kunnen zijn om ons in 2027 congestiearm te verplaatsen en wat er moet gebeuren om ze te laten slagen. Daarnaast projecteren we deze ontwikkelingen op de samenhangende doelstellingen op het gebied van mobiliteit die Nederland nastreeft.

Om Trends in Mobiliteit 2018, 'Van doorontwikkelen naar anders verplaatsen' op te stellen is literatuuronderzoek verricht en zijn interviews gehouden met vertegenwoordigers van instanties die een diverse variëteit aan modaliteiten vertegenwoordigen, dan wel daar een sturende rol in vervullen. De hoofdvraag die aan de respondenten is voorgelegd is: "Hoe zorgen we (markt en overheid) voor een congestiearm en waar mogelijk congestievrij Nederland in 2027?"

De belangrijkste bevindingen van deze gesprekken zijn terug te vinden in hoofdstuk 2.

In algemene zin kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- We staan mogelijk voor de grootste veranderingen in het mobiliteitsdomein ooit. Combinaties van nieuwe technologieën en diensten, van autonoom vervoer tot delen van modaliteiten en verplaatsing via drones, kunnen van grote invloed zijn op de congestie de komende jaren.
- Initiatieven die in de afgelopen tien jaar zijn ontplooid om de congestie te doen laten afnemen, hebben in veel gevallen tot resultaat geleid, maar nog niet in voldoende mate om de geprognoseerde groei in mobiliteit congestiearm te laten verlopen.
- Er is in bepaalde gevallen sprake van een suboptimale samenwerking als gevolg van bestaande afrekenmechanismen en lokale optimalisatiecriteria.
- Mobiliteitsdoelstellingen zijn divers en de betrokken organisaties die hun eigen doelstellingen nastreven eveneens. Meer horizontale samenwerking is gewenst.
- Bedrijven in het mobiliteitsdomein, van producenten van vervoertuigen tot app-bouwers en de consument dicteren meer en meer de wijze waarop vervoer plaats vindt.
- Bewegingen rond big data en analyse alsook zelflerende systemen zullen leiden tot (bijna) real-time aanpassingen in de vervoersstromen.
- Voor de overheid geldt dat die zich, onder invloed van nieuwe ontwikkelingen in het mobiliteitsdomein, meer richt op het managen van onzekerheden dan het creëren van zekerheden. Bestaande wetten en regels zullen 'future-proof' moeten worden gemaakt en mogelijk op termijn geïntegreerd tot één mobiliteitswet. Marktwerving en toegenomen transparantie in de vorm van gebruikersbeoordelingen vormen meer en meer de nieuwe kwaliteitswaarborgen, waardoor dit minder in wet- en regelgeving hoeft te worden geborgd en er meer ruimte komt voor innovaties.
- Naast experimenteren bestaat er ook een behoefte aan deployen. Met andere woorden aan het opdoen van ervaringen op bestaande infrastructuur.
- Kernbegrippen die de komende jaren bij het mobiliteitsbeleid horen zijn: samenhang, autonoom, deeleconomie, horizontale en verticale verplaatsing en zelflerende systemen.

De grote veranderingen, die op ons af komen de komende jaren, zullen dus tijdig moeten worden onderkend en gemanaged. Vandaag de dag lopen introducties van de technologische vernieuwingen en bijbehorende diensten tegen diverse obstakels aan. Technologische vernieuwing kan daardoor nog niet op het niveau geïmplementeerd worden, waar het van nut kan zijn. Is dit een nieuw fenomeen? Geenszins. Waarom rijden we nu al niet vol elektrisch en/of hybride? De eerste elektrische auto was in 1890 al beschikbaar en de hybride auto was er net na de Eerste Wereldoorlog! In het heden zien we in feite hetzelfde fenomeen, maar dan in een ander jasje. Een voorbeeld van de introductie van een nieuwe vervoersmodaliteit en nieuwe diensten: Wet- en regelgeving rond het gebruik van autonome drones en vliegende auto's voor zowel personenvervoer als vracht is nog in ontwikkeling, terwijl deze voertuigen nu al commercieel op de markt worden aangeboden. AVY en Pal-V zijn vanuit Nederland ondernemingen die aan de weg timmeren. Echter, ook grote bedrijven als Airbus of Kitty Hawk, die samenwerkt hebben met Larry Page, de oprichter

van Google, komen met toestellen voor commercieel gebruik. Cora, het toestel van Kitty Hawk, die als taxi zal gaan functioneren, wordt momenteel in Nieuw Zeeland getest en voor inzet gereedgemaakt.

De consument op zijn beurt krijgt steeds meer keuze. De komende jaren, wordt hij steeds assertiever en wil hij vanuit zijn luie stoel een vlucht kunnen boeken met een autonoom vliegende drone. Koppel vervolgens deze ontwikkelingen aan aanpalende innovaties via de blockchain. Hierdoor ontstaan marktplaatsen met transportservice-apps voor consumenten, waarbij de afhandeling van de diensten geschiedt via smart contracts. Met deze diensten kunnen consumenten gemakkelijk vervoersmiddelen of een combinatie van vervoersmiddelen, huren, parkeren en opladen. Wat is hiervan de invloed op mobiliteit (maar ook bijbehorende financiële transactiemodellen) en daarmee op wet- en regelgeving en het fiscaal beleid? Onderwerpen rond wie eigenaar is van alle gegenereerde data, waar die data zich bevindt en wat de impact is op privacy kunnen ook nog worden toegevoegd aan de complexiteit waarmee we de komende jaren op dit domein/bij dit voorbeeld te maken krijgen.

Het voorbeeld laat zien dat de wereld om ons heen in een razendsnel tempo verandert en zoals in de conclusies aangegeven, staan we voor zeer grote verandering in het mobiliteitsdomein. De impact van nieuwe technologieën gekoppeld aan nieuwe diensten neemt versneld toe. Bedrijven komen steeds meer 'in the lead' als het gaat om welke producten en diensten wanneer en op welke wijze naar de markt worden gebracht. Tegelijkertijd komt de consument steeds meer aan het virtuele stuur te staan als het gaat om wanneer het welk product of dienst afneemt. Een uitdaging voor de overheid om deze paradigmashift te faciliteren. De consequenties voor de overheid zijn moeilijk te voorspellen, vandaar dat de nadruk meer en meer zal komen te liggen op het managen van op ons afkomende onzekerheden, in plaats van het creëren van zekerheden. Dit is mogelijk door de congestieproblematiek integraal te benaderen en alle relevante ontwikkelingen rond nieuwe en bestaande technologieën en diensten efficiënt te volgen en te coördineren, om een systeemoptimum te bereiken. Het dagelijks experimenteren in vaak wisselende samenstellingen en in samenhang, zal een belangrijke succesfactor kunnen zijn om de mobiliteitsdoelstellingen en daarmee een congestiearm Nederland richting 2027 en daarna te bewerkstelligen. Tegelijkertijd vragen leveranciers naast experimenteer-mogelijkheden tevens om deployen, dus om het opdoen van ervaringen op bestaande infrastructuur. Voorwaar een uitdaging als het gaat om het op een succesvolle wijze introduceren van nieuwe mobiliteits-toepassingen.

Tot slot

Capgemini pretendeert met deze trendrapportage niet om een wetenschappelijk rapport af te leveren. Waarnemingen en inschattingen zijn voor onze rekening, bijvoorbeeld rond de vraag wie van de aanbieders van vervoersmodaliteiten de winnaars van morgen zijn: zij die een vervoersmiddel rond een computer bouwen of zij die computers in een vervoersmiddel bouwen, of nieuwe partijen die heden nog onbekend zijn. Vragen te over om nu al tot de conclusie te komen dat deze trendrapportage de eerste zal zijn in een nieuwe reeks.



Nu is de mens de integrator van alle beslissingen om een modaliteit te kiezen, straks zorgt het systeem hiervoor.”

**Ab van Ravestein,
Algemeen directeur, RDW**

Een speciaal woord van dank gaat uit naar de geïnterviewden die hun inzicht en tijd beschikbaar hebben gesteld om een bijdrage te leveren aan de totstandkoming van deze nieuwe **'Trends in Mobiliteit'**.

01 Inleiding: een samenhangende aanpak

De gedachte in 2007 was, dat er te weinig lijn en samenhang zat in allerlei maatregelen, investeringen en beleid. De mening van Capgemini was dat er met een uniform kader en eenduidige definities meer effect kon worden bereikt ten gunste van betere mobiliteit, logistiek en vervoer. Daarnaast was de insteek dat de technologie (in brede zin, maar wel inclusief IT) uiterst behulpzaam kan zijn bij het streven naar betere mobiliteit van mensen en goederen.

Als startoefening voor een gemeenschappelijk kader werd door Capgemini de Bruto Nationale Vervoerscapaciteit (BNV) gelanceerd, uitgedrukt in reizigerskilometers. Het werkgebied waren alle rijkswegen, alle spoorlijnen en alle hoofdwaterwegen van Nederland. We rekenden uit wat de capaciteit was als alle vervoerskanalen dag en nacht op hun maximale capaciteit benut zouden worden. Daarbij gingen we er ook vanuit dat alle vervoersmiddelen maximaal benut werden, dus alle zit- en staanplaatsen bezet waren en de maximale capaciteit aan lading werd vervoerd.

De BNV gaf een kader waarbinnen alle maatregelen, verstoringen, verbeteringen en programma's hun effect op het geheel konden laten zien. De maatregelen werden dus vergelijkbaar op effectiviteit en rendement. 's Nachts rijden, kortere afstand tussen treinen, flexwerken, carpool, thuiswerken, meer vracht per boot vervoeren, vollere treinen, meer asfalt en kleinere auto's konden allemaal in samenhang bekeken worden.

Na een uitgebreide berekening bleek dat slechts 1.2% van de totale vervoerscapaciteit wordt benut (in 2007) en dat de grootste knelpunten ontstaan uit ingesloten gewoonten. Een belangrijke constatering was dat de diverse groepen in het mobiliteitsdomein geen verbanden met elkaar zagen. De groepen die zich vooral met personen op de weg bezighielden, hadden zich gefocust op het aantal auto's en niet op de capaciteit in aantallen personen. Het feit dat personenauto's in de doordeweekse files voor 80% lege stoelen bevat, werd niet meegenomen in de scenario's. Dat gold ook voor de vergelijking waterweg, openbaar vervoer, en asfalt. Het aantal auto's was een gegeven en startpunt van de berekeningen. Geconcludeerd werd dat het probleem niet de capaciteit, maar wel de benutting en verdeling over modaliteiten was. Sinds 2007 is benutting niet significant veranderd, ondanks alle ontwikkelingen.



In 2007 was er al de discussie over de financiële prikkels en het ontmoedigingsbeleid. Kilometerheffing was een hot item. Het idee om technologie te benutten om een bijdrage te leveren aan de verbetering van de mobiliteit in Nederland, had nog weinig postgevat.

De economische crisis van 2008 maakte het fileprobleem minder prominent. Er zaten veel mensen thuis of men kon geen eigen auto betalen was het idee. De redenering dat de bevolking zou vergrijzen en dat het aantal auto's op termijn zou afnemen, is tot op heden ook niet juist gebleken. Daar hebben we toen al een aantal factoren voor aangewezen. De eerste factor was de vitale/meer kapitaalkrachtige oudere met een iets grotere auto. Het hogere gezondheidspeil, meer recreatief verkeer en het opschuiven van de pensioenleeftijd maakt dat de vervoerbehoefte onverminderd doorgroeit. Dat weegt nog steeds sterker dan jongeren die gemiddeld meer gebruik (blijven) maken van het openbaar vervoer.

De voorbeelden uit eerdere rapporten en de grote lijnen zijn nog actueel. De liberalisatie van de pakketvervoersmarkt heeft prijzen van het pakketvervoer verlaagd, maar ook het rendement en de kwaliteit verlaagd. De vervoerders die de winkels bevoorraden, staan nog steeds alleen maar onder prijsdruk en rijden nog in vele gevallen met hun grote vrachtwagen gewoon de binnenstad in. Binnenschepen worden vanwege het lokale prijsvechten gemiddeld nog steeds groter en daarmee ongeschikt om een serieus alternatief te zijn voor vrachtauto's op de weg. Behalve wat eigenwijze klanten zoals de bierbrouwer uit Zoeterwoude, die vervoer per schip naar Rotterdam heeft ingesteld, is er een beperkt aantal projecten of initiatieven om echt over de grenzen van de vervoersmodaliteiten en beleidsgebieden heen te kijken. De recente smart shipping initiatieven zijn veelbelovend, maar moeten zich nog verder ontwikkelen. En zelfs het idee dat er vanuit Schiphol niet meer op Brussel of Parijs gevlogen zou moeten worden, omdat de trein maatschappelijk gezien een beter alternatief kan zijn, stuit op lokale belangen van de diverse partijen. Vanuit de samenhang hebben de lokale maatregelen een relatief laag rendement, hoge kosten en zijn ze nog immer een druppel op de gloeiende plaat. Samenwerking loont voor de oplossing, maar wordt afgeremd door afrekenmechanismen en lokale optimalisatie.

In de latere rapporten hebben we voorspeld dat de Randstad zich zou kunnen ontwikkelen als een stad met openbaar vervoer. In werkelijkheid liggen alle knelpunten nu vrijwel in de grote steden. Lokale bestuurders weren de auto's uit milieuoverwegingen uit de binnenstad, maar zonder echt alternatief vervoer aan te bieden. Het weren van de auto's uit de stad is geen integraal onderdeel van het vervoersplan van Nederland. Dat zijn losse maatregelen. Dat geldt bijvoorbeeld

ook voor de vervoersbehoefte van de grote industrie en de havens. De Eemshaven groeit als kool, maar is in principe geen deel van een groter mobiliteitsplan van Nederland. Lelystad Airport als opstapplaats, en wie weet mogelijk op termijn als volledige vervanging van Schiphol, voor passagiers zal extra verkeer aantrekken, maar wordt nog niet gecombineerd met een langetermijnplan om dat verkeer in de regio te faciliteren.

Sinds 2007 is het potentieel van de technologie dat ten bate van de vervoerscapaciteit gebruikt kan worden met sprongen gestegen. Iedereen voelt dat de (op de persoon en op het vervoermiddel gerichte) communicatietechnologie en -structuur een enorme bijdrage gaan leveren aan het beter benutten van de vervoerscapaciteit. Dat geldt ook voor de technologie in en rond de vervoersmiddelen, zoals in auto's. Een Duitse middenklasauto bevat inmiddels gemiddeld tussen de 600 en 1000 sensoren, die in toenemende mate gebruikt kunnen worden voor de vervoerstaak van de auto. In eerste instantie werd de techniek gericht op het technologisch goed/veilig werken van de auto, maar inmiddels dient de zelfrijdende auto zich aan en wordt de technologie ook gericht op de slimste route en het beste vervoersmodel.

Een groot gedeelte van de hoofdstromen van de moderne informatica (met onderwerpen als Artificial Intelligence, Internet of Things en Data Analytics) kunnen en zullen een belangrijke rol spelen bij het verbeteren van mobiliteit. Maar dan moeten de diverse krachten in het veld wel een (soort van) vergelijkbare doelstelling hebben. Er is inmiddels veel technologie beschikbaar, maar wordt in relatief kleine mate gebruikt om behoefte op capaciteit af te stemmen.

Een voorbeeld: de discussie over de rol van de lussen in de weg in relatie tot de intelligente/communicerende auto is een interessante. Binnen het juiste besturingskader is het met de huidige techniek een koud kunstje om auto's als entiteiten op de weg het samen uit te laten vechten zonder dat besturing vanuit een centraal punt nodig is. We maken dan gebruik van Situational Awareness van de voertuigen en hoeven alleen nog in te grijpen bij calamiteiten. In de luchtvaart en bij defensie krijgen deze technieken de overhand en dat resulteert in betere benutting van de assets en snellere en adequate besturing. De overheid van een land en de leveranciers van de voertuigen en de gebruikers moeten dan eerst wel afspreken hoe de beleidskaders en de optimaliseringscriteria eruitzien: met de huidige technologie is het niet zo moeilijk om een ambulance te laten communiceren met auto's

eromheen om, zonder tussenkomst van mensen, een optimale doorgang te verlenen. Het is maatschappelijk geaccepteerd en de techniek is er klaar voor. Het wordt al moeilijker als het de dierenambulance betreft of een auto van de stadsreiniging. In de luchtvaart, met de beperkte ruimte en geluidsregelingen is er vrijwel geen ruimte voor interpretatie van mensen. De vliegtuigen reageren op elkaar en de rol van de verkeersleider wordt snel anders.

Een voorbeeld waarvoor een samenhangende aanpak vereist is tussen overheid, bedrijfsleven en consument en waarbij de vraag rond het streven naar een systeemoptimum continu om een antwoord vraagt, met andere woorden om een samenhangende aanpak vraagt.



De wet- en regelgeving moet minder afhankelijk van de techniek maar meer doelstellingsgericht omschreven worden.”

Bart de Liefde, voorheen Uber

Het streven naar het systeemoptimum; een gedachtenexercitie

Het mobiliteitsvraagstuk is een systeem waarin elke mobilist een actor is, die een eigen strategie volgt. Een automobilist optimaliseert routes volgens een eigen strategie, bijvoorbeeld: de snelste route. Een binnenvaartschip optimaliseert bijvoorbeeld de beladingsgraad. Een trein optimaliseert reistijd. Game Theory geeft inzicht in het gedrag van systemen met meerdere actoren, die elk een eigen strategie volgen. Deze theorie kan gebruikt worden om mobiliteit te snappen en optimaliseren. Een voorbeeld daarvan is de Paradox van Braess.

De Paradox van Braess laat zien dat deze strategieën van weggebruikers leiden tot een gebruikersoptimum dat suboptimaal is. Dit gebeurt op grote schaal in het verkeer, maar ook op vele andere terreinen. Er bestaat ook een systeemoptimum dat vaak veel beter is. Daarvoor is afstemming van de individuele strategieën noodzakelijk in een collectieve strategie.

Een simpel voorbeeld laat dit effect zien:

https://en.wikipedia.org/wiki/Braess%27s_paradox#Example

Wiskundig kan worden aangetoond dat er een maximale verbetering zou kunnen zijn van het halveren van de reistijd. Dit is potentieel een enorme besparing die veel groter is dan met welk ander middel dan ook te realiseren is. Dit is dus een belangrijke richting om te zoeken naar oplossingen.

Er zijn meerdere manieren om dichter bij het gebruikersoptimum te komen. Voor het wegverkeer wordt een analyse gedaan van drie klassen van strategieën:

1. Individualistisch
2. Centraal gestuurd
3. Democratisch

De individualistische klasse van strategieën komt neer op wat we nu als individuele vervoersgebruiker doen. We informeren ons zo goed mogelijk over de huidige benutting van de infrastructuur. We weten waar de files staan en welke wegen zijn afgesloten. We baseren ons op verschillende partijen die ons de actuele verkeerssituatie melden, daarbij geholpen door de verschillende overheidsinstellingen die hun actuele informatie delen en commerciële partijen die het verrijken. We gebruiken onze ervaring van andere keren dat we de weg op gingen. Op basis daarvan kiezen wij onze strategie om de beste route te vinden. Deze klasse van strategieën levert ons het gebruikersoptimum. Dus absoluut niet optimaal.

De centraal gestuurde klasse van strategieën komt neer op een centraal orgaan (de netwerkmanager) dat voor ons bepaalt of, wanneer en misschien hoe we ons mogen verplaatsen. Het spoor is een mooi voorbeeld van een centraal gestuurde strategie. De dienstregeling is vooraf helemaal vastgelegd en men optimaliseert het systeem met daarin passagierstreinen, goederentreinen, werktreinen en rangeerbewegingen. De dienstregeling kan precies op het systeemoptimum uitkomen. Perfect dus. Naar wegverkeer vertaald, kom je dan uit op strategieën zoals 'slot management' zoals dat nu in de luchtvaart wordt gebruikt. Weggebruikers geven aan dat ze zich van A naar B willen verplaatsen. Het centrale orgaan maakt een afweging tussen de verschillende belangen. Bijvoorbeeld: ambulance met spoed, kort houdbare goederen, zakelijk verkeer en recreatieverkeer. Op basis daarvan wordt het tijdstip bepaald dat de reis kan aanvangen. Het centrale orgaan kan nog verder gaan en zelfs de route en rijsnelheid opleggen. De netwerkmanager kan dus middels collectieve belangen bepalen hoe de infrastructuur wordt gebruikt en hoeveel congestie wordt toegestaan. Het grote nadeel van deze strategieën is dat het in gaat tegen ons gevoel van vrijheid tot verplaatsing.

De democratische klasse van strategieën probeert een middenweg te vinden. Er is een netwerkmanager nodig om de collectieve belangen te behartigen. Zoals uit de Paradox van Braess blijkt, kan de netwerkmanager invloed uitoefenen door het ingrijpen in de infrastructuur middels verkeersmaatregelen. In het voorbeeld van de Paradox van Braess door het afsluiten van een weg. In een praktisch netwerk zijn er meer verkeersmaatregelen in te zetten: maximumsnelheid reduceren/verhogen, spitsstroken openen/sluiten, capaciteit van stedelijke routes verhogen/verlagen, etc. De weggebruiker kan zijn eigen route in alle vrijheid zelf kiezen: of, wanneer en welke route optimalisatie. Dit levert alleen nog geen systeemoptimum op als de strategieën van netwerkmanager en weggebruiker niet op elkaar zijn afgestemd. Om de strategieën van beide soorten actoren op elkaar af te stemmen is er nog een ingrediënt nodig. Wanneer alle weggebruikers hun intentie vooraf melden aan de netwerkmanager: Ik ben op A, wil naar B, vertrek op T en optimaliseer op snelste/kortste route. Dan kan de netwerkmanager gaan rekenen met het verwachte verkeer op het netwerk. De netwerkmanager kan vervolgens het netwerk optimaliseren door het inzetten van verkeersmaatregelen. De netwerkmanager deelt vervolgens de ingezette verkeersmaatregelen, maar nog belangrijker: het effect op de verdeling van het verkeer over het netwerk, met alle weggebruikers. Wanneer elke weggebruiker zich aan zijn intentie houdt, dan zal de weggebruiker de best mogelijke route krijgen en die is beter dan wanneer de intentie niet vooraf is gemeld. En alle weggebruikers tezamen

zijn ook sneller op hun bestemming. De netwerkmanager is in staat om collectieve belangen te behartigen. Als de leefbaarheid van een woonwijk door het verkeer negatief wordt beïnvloed, kunnen verkeersmaatregelen worden ingezet om het verkeer in de woonwijk te beperken. Soms kan dit door andere routes aantrekkelijker te maken door daar meer capaciteit beschikbaar te stellen. Bijvoorbeeld: een groene golf op doorgaande routes. Maar dit kan ook door beperkende verkeersmaatregelen ter plekke. Bijvoorbeeld: een snelheidsbeperking of inrijverbod voor doorgaand verkeer. Ten opzichte van de individuele strategieën is dat een beperking van de keuzevrijheid. Ten opzichte van de centraal gestuurde strategieën is er volledige vrijheid om een route te kiezen binnen de kaders van de verkeersmaatregelen. De netwerkmanager behartigt het belang van het collectief door het optimaliseren van een collectieve doelstelling. De Netwerkmanager moet dus worden aangewezen door het volk en de collectieve doelstelling meekrijgen. Dit is de essentie van een democratie en verklaart daarmee de naam van deze klasse van strategieën. De netwerkmanager moet zijn doelstellingen krijgen vanuit een democratisch proces en dat is een rol die past bij de overheid van het land.

De toepassing van Game Theory op het probleem van verkeersmanagement laat dus zien dat in de huidige situatie suboptimaal gebruik wordt gemaakt van de beschikbare weginfrastructuur. Het laat zien dat er meerdere strategieën zijn die het gebruik verder kunnen optimaliseren. En dat er een centraal orgaan nodig is om strategieën op elkaar af te stemmen en verder te kunnen optimaliseren.

Deze analyse probeert niet te bewijzen dat een democratische strategie beter is dan de andere strategieën. Het laat zien dat er een bewuste keuze moet worden gemaakt om strategieën van alle betrokkenen op elkaar af te stemmen. Alleen dan hebben we kans om de beschikbare infrastructuur optimaal te benutten. Die keuze moeten we bij elke modaliteit opnieuw bepalen en zelfs voor het gehele vervoerssysteem als combinatie van de verschillende modaliteiten moeten we de strategieën bepalen die ons helpen het gehele systeem te optimaliseren. Met als noodzakelijke consequentie dat er een centraal orgaan nodig is over het gehele systeem heen om dit mogelijk te maken.

Zijn we er dan met een strategie voor het vervoerssysteem?

Helaas is dit nog maar een deel van het verhaal. De bovenstaande analyse gaat over netwerkmanagement: hoe kunnen we vraag en aanbod slim verdelen over een netwerk? Als we het voorbeeld van wegverkeer nog even aanhouden, dan ligt de vraag voor de hand: wat doen we dan met autonome auto's of hoe kunnen we spookfiles bestrijden? Het antwoord daarop is dat je voor wegverkeer kunt denken in een aantal verschillende, maar gekoppeld problemen, op

verschillende tijdschalen: seconden, minuten, uren. In ICT termen zouden we dat een meerlaags-systeem noemen. De verschillende lagen (seconden, minuten, uren) hebben hun eigen problematiek en oplossingen. De lagen onderling hebben een beperkte afhankelijkheid. Voor het wegverkeer kun je denken aan een drielaags-systeem:

1. Netwerkmanagement: de uren
2. Flowmanagement: de minuten
3. Survival: de seconden

Het netwerkmanagement is hierboven beschreven. Het beschrijft hoe wegcapaciteit wordt verdeeld en voertuigen hun route daardoor bepalen. Het flowmanagement gaat over meerdere voertuigen die zich op een rijbaan bevinden en daar zo efficiënt mogelijk overheen willen bewegen. Survival gaat over het voertuig dat zich tussen andere voertuigen en op de infrastructuur beweegt en dat veilig wil doen.

Bij flowmanagement kom je uitdagingen tegen als invoegend en uitvoegend verkeer, spookfiles en obstakels zoals gestrande voertuigen of afgevalen lading. In dit domein zijn nu heel veel technieken in ontwikkeling en al in gebruik. Denk aan adaptive cruise control, coöperatieve voertuigen, schokgolfdemping en dus ook autonome voertuigen. Ook de klassieke dynamische verkeersmaatregelen, zoals verkeerssignalering, filewaarschuwing, toeritdoseerinstallaties en verkeersregelinstallaties. In de laag van flowmanagement wordt met de beperking van capaciteit van een wegvak bijgestuurd, maar het lost nooit de congestie van het netwerk op. Dat kan alleen op de netwerkmanagementlaag.

Bij survival kom je uitdaging tegen als: op de rijbaan een positie kiezen die veilig is. Hier speelt de keuze van rijstrook en afstand tot voor- en achterligger een belangrijke rol. Hier vind je ABS, remingreep, en automatische versnellingsystemen als technieken. Deze laag is het meest volwassen en kent weinig ontwikkeling. Wel zie je dat tussen deze laag en de flowmanagementlaag nog wel ontwikkeling plaatsvindt. De adaptive cruise control is daarvan een mooi voorbeeld. Om een veilige positie op de weg in te nemen, wordt gebruik gemaakt van automatische versnelling en remingrepen. Zo zullen autonome voertuigen uit flowmanagement ook gebruikt kunnen worden om goede invulling te geven aan netwerkmanagement. Een autonoom voertuig kan (en zal) zich consequenter houden aan het optimale advies voor de routekeuze uit het netwerkmanagement.

Aan de hand van deze drie lagen voor wegverkeer hebben we laten zien, dat het oplossen van de mobiliteitsbehoefte in wegverkeer mogelijk is met een redelijk complex model. Wanneer ook nog de andere modaliteiten worden beschouwd, dan ontstaan vergelijkbare lagenmodellen voor elke modaliteit. Daarbovenop is er ook nog besturing en optimalisatie tussen de vervoersmodaliteiten. Kortom, er is nog wel wat werk te doen om een goed model te bedenken waarmee we vat krijgen op de complete mobiliteit als geheel.

De hoogste laag van dit verkeersmodel is netwerkmanagement. Maar het is zeer waarschijnlijk dat er nog een paar hogere lagen nodig zijn om antwoord te geven op de ontwikkelingen die nu al in gang zijn gezet. Wat vinden we van de keuze tussen wegverkeer, binnenvaart, luchtvaart en rail? Wat vinden we van het onbeperkte gebruik van infrastructuur voor allerlei doeleinden: van brandweer tot recreant? Hoe gaan we dat straks eerlijk verdelen wanneer (elektrisch) transport grotendeels gratis is? Of een nog hoger niveau: wat vinden we van het ruimtebeslag van de infrastructuur? Hoe gaan we meer huizen of een vliegveld bouwen en gaan we om met de daarbij behorende extra behoefte aan mobiliteit?

Hierbij hoort de vraag: welke (hiërarchische) doelstellingen stellen we onszelf? Als daar een antwoord op is gevonden, dan volgen daaruit de noodzakelijke lagen om invulling te geven aan die doelstellingen en dus de benodigde strategieën om Nederland leefbaar en veilig te houden. De techniek in de voertuigen, de techniek rond de infrastructuur en de techniek in de goederen en bij mensen, heeft voldoende potentieel om grote sprongen te maken om de infrastructuur slimmer te benutten. Maar daarbij hoort ook een systeemarchitectuur, die vastlegt welke techniek er moet zijn, wat het besturingsmechanisme is (gaan we stimuleren, ontmoedigen, verbieden, bestraffen of faciliteren, blijven we marktprincipes hanteren of noopt de mobiliteit tot rigide ingrijpen?).

In ieder geval zijn alle gereedschappen voor analyse, voorspellen, het verklaren van gedrag en het communiceren/ autonoom bewegen in de kern aanwezig. De vraag is hoe we dit kunnen benutten om mobiliteit naar een hoger plan te brengen.

02 Mobiliteitsdoelstellingen

Voor de totstandkoming van dit trendrapport is gesproken met een aantal vooraanstaande personen in de mobiliteitswereld. De vraag die werd voorgelegd was: “Hoe zorgen we (markt en overheid) voor een congestiearm en waar mogelijk congestievrij Nederland in 2027 en welke samenhangende mobiliteitsdoelstellingen moet Nederland hebben om een congestiearm 2027 te bereiken?”

Samengevat is een viertal het meest in het oog springende overkoepelende doelstellingen te formuleren:

- **Veiligheid:** wordt veelal genoemd als de primaire drijfveer voor veel mobiliteitstoepassingen. Zodra een ontwikkeling kan bijdragen aan het verbeteren van de veiligheid en dus kan bijdragen aan minder ongelukken en minder (verkeers)slachtoffers, is deze ontwikkeling al snel interessant.
- **Bereikbaarheid:** Ontwikkelingen zijn aantrekkelijk als deze bijdragen aan het verbeteren van de doorstroming (vlotheid), het vergroten van de betrouwbaarheid van verwachte reistijden en de mogelijkheid om te komen daar waar je moet zijn.
- **Leefbaarheid:** In toenemende mate is duurzaamheid een belangrijke aanjager voor mobiliteitsontwikkelingen. Met name de ratificatie van het Parijse klimaatakkoord door Nederland zal erin resulteren dat de overheid nog meer dan nu van de leefomgeving zal willen zijn en smart mobility meer zal gaan stimuleren om de duurzaamheid van Nederland te verbeteren. Leefbaarheid omvat overigens meer dan duurzaamheid. Leefbaarheid kan bijvoorbeeld ook vergroot worden door inspanningen te richten op meer sociale inclusie. Mensen die zichzelf bijvoorbeeld slecht kunnen verplaatsen kunnen door ontwikkelingen als Mobility-as-a-Service (MaaS) alsnog geholpen worden om hun bestemming te bereiken.
- **Concurrentiepositie:** Nederland wordt beschouwd als een goede proeftuin voor nieuwe technologieën; de gedachte is dat als het hier lukt het ook lukt elders in Europa. Als je hier bijvoorbeeld goedkeuring krijgt voor een zelfrijdende auto, dan zou dat ook moeten gelden voor andere landen. Door voorop te blijven lopen in innovatief denken en handelen, blijft Nederland een aantrekkelijk land voor investeringen, ontwikkeling van kennis, kunde en producten en diensten, wat weer belangrijk is voor de Nederlandse concurrentiepositie.



Het gaat vooral om veiligheid, bereikbaarheid en in toenemende mate leefbaarheid. Met name dat laatste doel zou wel eens een betere motivatie kunnen zijn dan 'niet meer in de file willen staan'. Want daar kiezen we nog heel vaak zelf voor. De kunst is uit te vinden wat mensen beweegt en daarop in te spelen.”

**Marja van Strien, Programmadirecteur
Connecting Mobility**

2.1 Hiërarchische doelstellingen

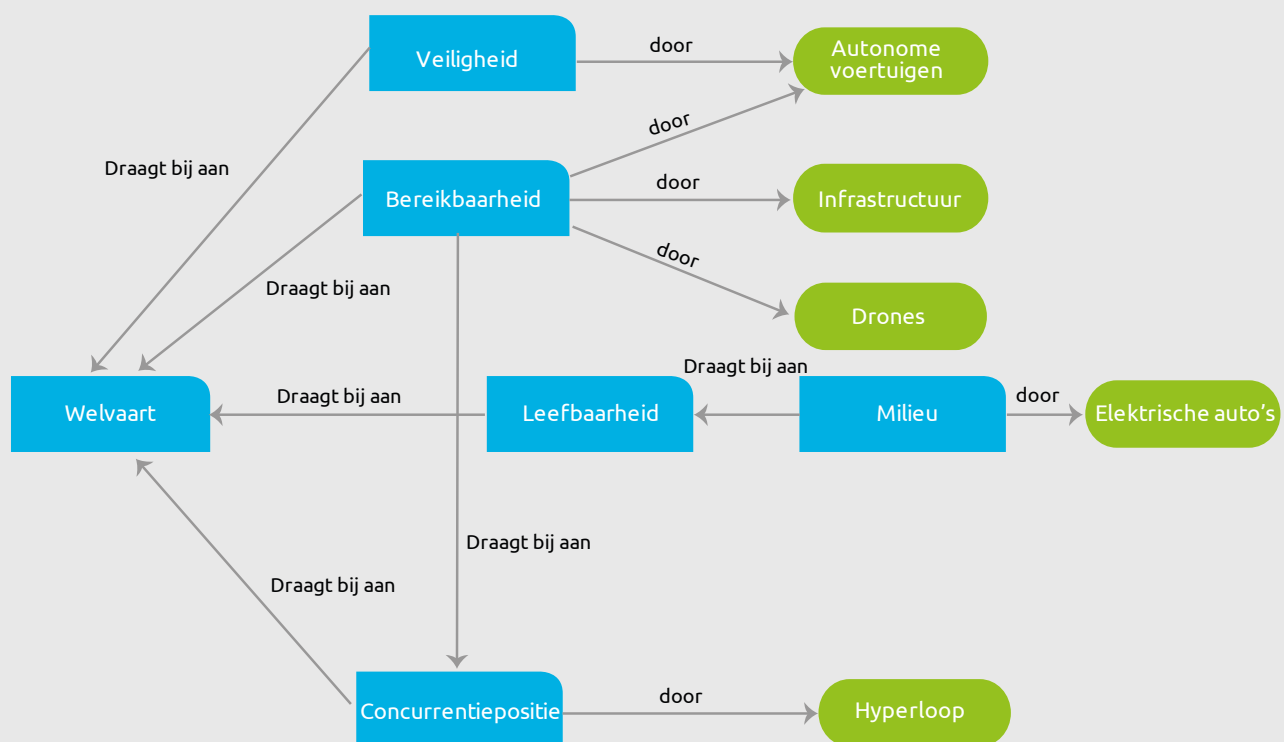
De bovenstaande opsomming van doelstellingen is echter niet het startpunt van een samenhangende keuze voor de richting van de toekomst. Het startpunt is een samenhangend overzicht van alle doelstellingen en hun onderlinge samenhang. De genoemde doelstellingen zijn vaak geen elementaire doelstellingen. Bijvoorbeeld: concurrentiepositie is geen ultiem doel op zich. Het is een middel voor een hogere doelstelling, zoals welvaart. De uitdaging is enerzijds het helder krijgen van de samenhang van hiërarchische doelstellingen en anderzijds het kunnen afwegen van hun relatieve belang. Bijvoorbeeld: leefbaarheid heeft als ultieme consequentie dat we ons niet meer verplaatsen en dus geen energie verbruiken. Bereikbaarheid heeft als ultieme consequentie dat we ons onbeperkt en ongehinderd kunnen verplaatsen. Soms kun je doelstellingen verenigen. In dit geval door

verplaatsing met hernieuwbare, uitstootloze verplaatsing. Soms zijn doelstellingen niet verenigbaar. In dit voorbeeld het ruimtebeslag voor benodigde infrastructuur voor bereikbaarheid staat haaks op ruimte voor recreatie bij leefbaarheid. Een actueel voorbeeld is het verplaatsen van vluchten van Schiphol naar Lelystad. De wijde regio rond Lelystad zal beperking van de leefbaarheid ondervinden, terwijl het toch bijdraagt aan de bereikbaarheid voor de consument. Kennelijk is hier een samenhangende keuze voor de verschillende doelstellingen te maken.

Onderstaand schema geeft een voorbeeld van de samenhangende doelstellingen. De echte en complete samenhang zal veel complexer zijn. Het schema geeft ook aan welke middelen bijdragen aan doelstellingen, vooruitlopend op het vervolg van dit betoog.

Pas wanneer er een samenhangend geheel van doelstellingen in beeld is, kunnen zinnige keuzes worden gemaakt over de relatieve belangen van de doelstellingen en vervolgens keuzes voor de verschillende middelen die daarbij horen.

Figuur 1: Samenhangende doelstellingen





2.2 Effecten van ontwikkelingen

Er worden allerlei initiatieven gestart en middelen ontwikkeld die op een bepaalde wijze bijdragen aan het realiseren van de eerdergenoemde doelen. Al deze ontwikkelingen leveren middelen op die de realisatie van een of meerdere doelstellingen nastreven. Soms anders dan misschien verwacht. Hieronder wordt een beeld geschetst hoe een aantal middelen bijdraagt aan de doelstellingen.

Autonome auto's

Autonome auto's dragen zeker bij aan veiligheid. Ze worden ontwikkeld om ongevallen feilloos te voorkomen en ze kunnen dat straks beter dan mensen. Ze zorgen ook voor een objectivering van veiligheid. Ze dwingen om keuzes te maken: liever de auto tegen een boom aanrijden dan tegen een moeder met kinderwagen? Autonome auto's zullen tevens bijdragen aan bereikbaarheid omdat ze spookfiles snel kunnen uitdempen en ritsen véél efficiënter maken.

Assisted Adaptive Cruise Control (AACC)

AACC is een techniek waarbij meerdere auto's achter elkaar onderling communiceren om hun onderlinge afstand veilig te houden. Het heeft grotendeels dezelfde bijdrage aan de doelstellingen als autonome auto's, maar dan alleen voor auto's die achter elkaar aan rijden. Het is eenvoudige techniek en lijkt een logische voorloper van autonome auto's als middel dat op grote schaal wordt ingezet. Maar misschien dat deze stap ook kan worden overgeslagen als autonome auto's snel hun intrede doen.

Elektrische auto's

Bij de trein is men er al veel eerder op gekomen dat elektrisch rijden voordelen heeft terwijl rond 1890 er ook al een elektrische auto bestond. Trolleybussen hebben het al geprobeerd, maar bleken maar beperkt haalbaar.

Voor auto's op de weg begint dit nu te komen. Het is nog geen gelopen race in welke vorm we de elektrische energie gaan opslaan in de auto. Dat wordt bepaald door een combinatie van research & development van verschillende opslagvormen, zoals waterstof, mierenzuur of batterijen. Maar ook door de logistiek en infrastructuur die daarvoor nodig is. Energie wordt straks naar verwachting volledig hernieuwbaar en mogelijk gratis. Daarmee valt de rem op vervoer straks weg en kan verder groeien. Dus misschien dat dit middel bijdraagt aan leefbaarheid, maar juist bereikbaarheid tegenwerkt. Welke doelstelling gaan we nu belangrijker vinden? Hoe sturen we daarmee de ontwikkelingen goed aan?

Drones

Drones hebben de mogelijkheid om van deur-tot-deur vervoer te kunnen leveren, zowel personen als vracht. Het is snelvervoer en ze kunnen gebruikmaken van drie dimensies: ze hebben dus geen last van congestie. Ze dragen

“De transformatie van het voertuig gaat door. De ontwikkelingen van het voertuig naar een verdere hybride toestand van rijden en vliegen lijkt op het ogenblik het zelfde tempo te volgen van het zelfrijdende en zelflerende voertuig.”

Gerard Doll, Divisiemanager Voertuig, Regelgeving & Toelating RDW

daarmee bij aan bereikbaarheid. Ze werken autonoom en kunnen dus ook bijdragen aan veiligheid. Of ze ook bijdragen aan leefbaarheid is nog maar de vraag als overal drones rondvliegen in de woonwijken. Maar misschien is dit middel wel alleen praktisch te maken in de 'last-mile' van het vervoer. Dan krijgen we misschien congestie rond de P+R of trein- of busstations waar iedereen overstapt op de drone. Draagt de drone dan wel voldoende aan de doelstellingen bij om als persoonlijk vervoersmiddel verder te worden ontwikkeld? Of moet de drone juist worden ingezet voor goederentransport in de woonwijken en bedrijfsterreinen om daar de vervuilende busjes kwijt te raken? Ongeacht de toepassingsmogelijkheden, de eerste experimenten met autonome drones voor personen en goederenvervoer zijn succesvol afgerond en daarmee zouden de drones de komende jaren als nieuwe vervoersmodaliteit, bij tijdig geïmplementeerde geschikte (niet belemmerende) wet- en regelgeving, het straat- en luchtbeeld kunnen gaan bepalen. Het is in ieder geval geen kwestie van generaties, maar jaren. Een drone kan in belangrijke mate tevens een deel van de mobiliteitsvraag oplossen in een keten van autonome voertuigen die mobiliteit als een service aanbieden. Drones hebben het voordeel dat ze nagenoeg geen infrastructuur nodig hebben. Ook zou het minder nodig zijn om dure infrastructuur te realiseren om bijvoorbeeld natuurlijke obstakels als rivieren of beschermde objecten als de Stelling van Amsterdam te passeren. Mogelijk is de in gebruikname van drones de finale stap om te komen tot een congestiearm Nederland.

Autonome treinen

Er wordt nu voorzichtig geëxperimenteerd met autonome treinen. Op het Nederlandse spoor beschikken we nu over een volwassen veiligheidssysteem (ATB in combinatie met ATB-VV) dat al veel van het menselijk falen opvangt. Met een nieuw treinbeveiligingssysteem kunnen treinen dicht op elkaar rijden, waardoor er meer treinen kunnen rijden op het netwerk, zonder dat daarvoor dure aanpassingen aan de infrastructuur nodig zijn. Natuurlijk is de invoering van een modern treinbeveiligingssysteem wel een flinke investering in de infrastructuur.

Hyperloop

Een nieuwe ster aan het firmament van innovaties is de aloude buizenpost maar dan net even anders. De belofte is een hoge transportsnelheid en daarmee een bijdrage aan onze concurrentiepositie. De ontwikkelingen rond de hyperloop zijn in volle gang. Er is nog flink wat innovatie nodig om dit systeem inherent veilig te maken. Ook moet nog duidelijk worden hoe de hyperloop zich gaat verhouden tot de andere vervoersmodaliteiten. Gaat het de toepassing van bestaande modaliteiten vervangen of is het een 'add-on'? Experimenteren is dus van belang, niet alleen in de Amerikaanse staat Nevada maar ook in Nederland. Plannen voor een rondje grote steden/luchthavens liggen al op tafel en Nederland wordt nu al als mogelijk experimenteerland gezien. Met betrekking tot de doelstelling leefbaarheid kan trouwens de vraag worden gesteld of het buizenstelsel boven, dan wel onder de grond moet worden geplaatst.



Het is nooit één oplossing, het is de combinatie van oplossingen waarmee we de doelstellingen halen; we hebben meerdere antwoorden nodig."

**Mark Frequin, Directeur Generaal
Bereikbaarheid, Ministerie van
Infrastructuur en Waterstaat**

Het is de kunst om overzicht te houden op deze samenhang van ontwikkelingen, effecten en doelstellingen om vervolgens de juiste prioriteiten te kunnen stellen en vooral ook te leren van andere initiatieven en daarop voort te bouwen, zonder steeds opnieuw het wiel uit te vinden. Het komt er dus op aan dat zien, doen en leren en het herhalen daarvan, nodig zal zijn om de mobiliteitsdoelstellingen te verwezenlijken.

2.3 Enablers van de vooruitgang

Naast de doelstellingen en technische middelen om de doelstellingen te realiseren, zijn er ook andere 'enablers' nodig: noodzakelijke randvoorwaarden. De volgende noodzakelijke enablers worden nu onderkend.

- Verbetering van samenwerking
- Gedragsverandering van gebruikers
- Beschikbaarheid en kwaliteit van data
- Modernisering van wet- en regelgeving

2.3.1 Verbeteren van samenwerking:

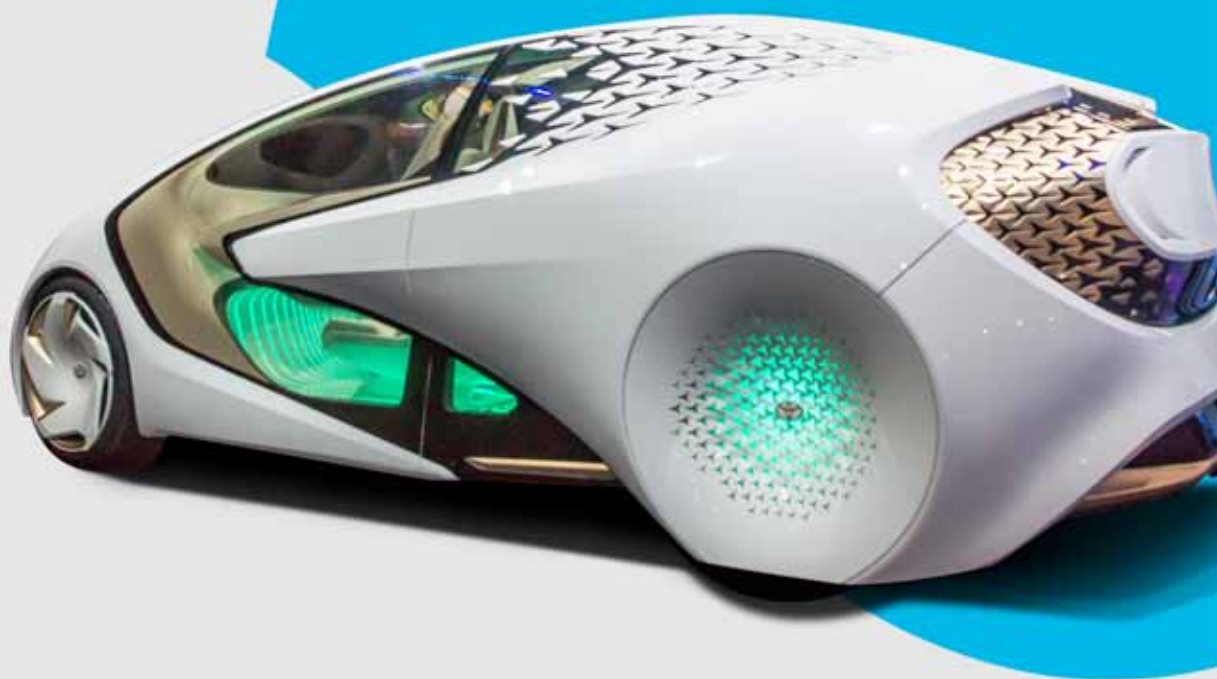
De mobiliteitsopgave is zo groots en wijds, dat deze door de volle breedte van de maatschappij zal moeten worden ingevuld. Uit de gesprekken blijkt een duidelijk besef dat smart omgaan met mobiliteit niet iets is dat solistisch op het eigen eilandje opgepakt moet worden. Het gaat hierbij om een grensoverschrijdend samenspel tussen alle technologieën en partners, zowel publiek als privaat. Het vinden van goede samenwerkingsvormen en instrumenten om de innovatie te sturen en tot daadwerkelijke implementatie te laten komen, vormen hierbij voor de komende jaren een doel op zich.



Niemand heeft de silver bullet maar samen hebben we de golden bullet."

Nico Anten, Managing Director Connekt

Gestroomlijnde samenwerking is vereist tussen overheid, bedrijfsleven, kennisinstituten én eindgebruikers. Meer horizontale samenwerking is belangrijk om innovaties te doen slagen niet alleen op basis van experimenteren maar ook van het deployen op bestaande infrastructuur.



“We moeten multidisciplinaire communities creëren en niet zomaar alle bestaande eilandjes hoopvol samenvoegen. Door gefocust te zijn op dat hogere doel stijgt je vanzelf boven al die afzonderlijke instituten uit. Daar kun je vandaag al mee beginnen.”

**Dirk-Jan de Bruijn,
Directeur Innovatiecentrale**

De mobiliteitsontwikkelingen zorgen ervoor dat de traditionele schotten tussen bijvoorbeeld autofabrikanten, verkeerscentrales, telecomproviders en betalingssystemen vervagen.

Van de overheid mag worden verwacht een aanjaagfunctie na te streven en partijen aan te spreken op hun verantwoordelijkheid. Vervolgens kan de overheid innovaties

met veel (bewezen) potentie aantrekkelijk maken, zodat de markt er vervolgens zelfstandig mee verder kan.

Partijen zoeken elkaar ook zelf op. Een goed voorbeeld hiervan is de Mobiliteitsalliantie; een brede coalitie van partijen uit de Nederlandse autowereld, de tweewielerbranche, het wegtransport en het openbaar vervoer. De aangesloten partijen willen de belangen van de reizigers en die van het goederentransport behartigen. Ook de Mobiliteitsalliantie wijst op het belang van de overheid om de samenwerking aan te jagen.

“Mobiliteit; de reis maak je met elkaar.”

**Steven van Eijck, Algemeen Voorzitter
van de RAI Vereniging**

Een traject waarbij veel geleerd is over het werken vanuit een gemeenschappelijk beeld en concrete doelstellingen is de proef met truckplatooning die in 2016 is uitgevoerd. Bij truckplatooning zijn vrachtauto's elektronisch aan elkaar gekoppeld waarbij de voorste truck de snelheid en route bepaalt. De andere trucks volgen automatisch zonder dat daar de hulp van de chauffeur voor nodig is. Truckplatooning moet zorgen voor meer ruimte op de weg en dus een betere doorstroming van het verkeer. Door vrachtauto's dichter op elkaar te laten rijden zijn ook brandstof- en CO₂-besparingen tot tien procent mogelijk. Dat is niet alleen goed voor het terugdringen van de uitstoot van CO₂, maar het kan ook interessante besparingen opleveren voor het bedrijfsleven. Truckplatooning zorgt daarnaast ook voor een veiliger wegtransport, aldus de overtuiging van de initiatiefnemers. Het Europese project rond truckplatooning dat met name door de Nederlandse regering is aangejaagd, was een groot succes en daarmee een belangrijke mijlpaal in de geschiedenis van het vrachtvervoer. Het vereist discipline om het initiatief verder te brengen zowel bij het bedrijfsleven als overheid. Dit vraagt dus om continue aandacht op de politieke agenda.



Als wegbeheerder staat Rijkswaterstaat voor de uitdaging om uit te vinden hoe beide groepen op de weg, autonoom en traditioneel verkeer, bediend moeten worden. Er moet ook zeker niet onderschat worden hoe lang deze duale situatie aan zal houden.

Eric Verroen, Topspecialist binnen RWS in netwerkontwikkeling en verkeersmiddelen

Belangrijk is om te realiseren dat het hele verkeerssysteem veel complexer is dan veel van de experimenten en pilots die nu worden uitgevoerd onder gecontroleerde omstandigheden. Het kan zelfs goed mogelijk zijn dat ontwikkelingen in de mobiliteit eerst een periode zal resulteren in een (tijdelijke) verslechtering qua congestie en dat de investering zich pas daarna terugverdient. Denk hierbij bijvoorbeeld aan de implementatie van autonome voertuigen, waarbij in eerste instantie grotere veiligheidsmarges gehanteerd zullen worden aangezien nog rekening gehouden moet worden met een groot aandeel van minder voorspelbaar, traditioneel vervoer.

Met dit in het achterhoofd zal er gezamenlijk geïnvesteerd moeten worden in innovatie, met geld wat geleend wordt uit de toekomst. Om de benefits in de toekomst te behalen, zal er nu geïnvesteerd moeten worden in ontwikkelingen waarmee die benefits daadwerkelijk bereikt kunnen worden. Hiervoor is het belangrijk om een goed beeld te hebben van de effecten (benefits) die bereikt kunnen worden, hoe deze met elkaar samenhangen en hoe deze zich in de loop van de tijd zouden moeten ontwikkelen. Deze effecten zouden ook concreet inzichtelijk gemaakt moeten worden, om hiermee investeringen in ontwikkelingen te kunnen legitimeren en te onderbouwen. Daarnaast draagt het concreet en expliciet inzichtelijk maken van behaalde effecten bij aan het betere begrip en bewustwording van effecten op mobiliteit bij elk van de betrokken partijen – een belangrijke voorwaarde om tot verbeterinzichten en nieuwe innovaties te komen.

2.3.2 Gedragsverandering van gebruikers

Veel van de mobiliteitsontwikkelingen hebben betrekking op de realisatie van zogenaamde ADAS-systemen (advanced driver assistance systems); systemen gericht op het bieden van rij-ondersteuning aan bestuurders; een ontwikkeling die uiteindelijk zal resulteren in volledig autonome voertuigen.

Een positief effect op het gebruik van ADAS-systemen wordt verwacht vanuit het toenemende aandeel van elektrische auto's. Los van de uitstootvoordelen zal Nederland meer in aanraking komen met 'automatisch rijden'. Het merendeel van de Nederlanders rijdt nog met een handgeschakelde auto en wil dit niet graag opgeven. Doordat elektrisch rijden per definitie rijden met een automaat is, leer je de Nederlander alvast een stuk controle opgeven om later ook makkelijker te wennen aan alle aanvullende rij-ondersteunende systemen.

De afgelopen jaren zijn er derhalve vele nuttige initiatieven opgestart door de overheid, bedrijfsleven en kennisinstituten op het vlak van Smart Mobility gekoppeld aan Smart City initiatieven, Connecting Mobility, innovaties in mobiliteit en Beter Benutten. Initiatieven die vaak tot meetbare resultaten hebben geleid maar niet altijd in optimale samenhang met elkaar zijn opgezet en uitgevoerd. Een volgende consolidatieslag lijkt daarom een logische waarbij gekeken zou kunnen worden naar welke mobiliteitsdoelstellingen het meest efficiënt zouden kunnen worden geborgd, welke instrumenten hiervoor zouden kunnen worden ingezet welke wet- en regelgeving dan wel het verminderen daarvan dient te worden bewerkstelligd, welke expertise benodigd is en welke concrete verbindende initiatieven dienen te worden geïmplementeerd. Voorwaar een opgave die alleen in samenhang en op basis van concrete regie kan worden bewerkstelligd vanuit het principe: het managen van onzekerheden en niet meer alleen het creëren van zekerheden. De transities van het hier en nu naar nieuwe mijlpalen (van 'doorontwikkelen naar anders verplaatsen') worden de komende jaren veel belangrijker. Voor het behalen van de doelstellingen kunnen de volgende trefwoorden ter ondersteuning op een tegeltje op de muur worden gespijkerd: samenhang, autonoom, deeleconomie, horizontale en verticale verplaatsing en zelflerende systemen.

“ *Met technologie alleen lossen we het mobiliteitsvraagstuk niet op. Het is ook noodzakelijk gedragsverandering bij de weggebruiker te realiseren.* ”

**Kai Feldkamp, Programmadirecteur
Smart Mobility bij Rijkswaterstaat**



2.3.3 Datakwaliteit en databeschikbaarheid

In de fase waarin we nu zitten op het gebied van mobiliteit, is het tijdig beschikbaar hebben van voldoende data die van goede kwaliteit is een zeer groot en belangrijk onderwerp. Wegbeheerders, weggebruikers (mede via berichtgeving op social media) en sensoren in voertuigen en infrastructuurobjecten genereren een hele hoop data waar vervolgens in de context van smart mobility allerlei slimme dingen mee gedaan kunnen worden. De beschikbaarheid en uitwisseling van goede data is een cruciale satéprikker door de verschillende mobiliteitsinnovaties heen.

Er zijn diverse categorieën van data die afgepeld kunnen worden en waar verschillende oordelen over geveld kunnen worden. Zo zal je heel anders omgaan met data die de veiligheid van de andere weggebruikers garandeert dan met data die informatie geeft over de verkeersintensiteit.

Ten behoeve van een betere datakwaliteit en databeschikbaarheid zou er meer ingezet kunnen worden op big data-analyse. Nu worden bijvoorbeeld alle gegevens van wegbeheerders en wegwerkzaamheden conform specifieke procesafspraken expliciet vastgelegd, waarbij betrokken partijen op de juiste momenten allerlei vinkjes moeten zetten als bijvoorbeeld werkzaamheden beginnen of eindigen. Dit is echter een hele hoop gedoe met het risico dat het vergeten wordt. Juist door middel van big data-analyse (al dan niet met Robotic Process Automation RPA) kan er veel automatisch gedaan worden, bijvoorbeeld het detecteren van files als gevolg van de wegwerkzaamheden. Dat is ook waar de gebruiker op wacht, niet zozeer de kennis dát er werkzaamheden zijn, maar dat hij daardoor vertraging oploopt als gevolg van de ontstane file. Denk bij big data bijvoorbeeld ook het aan het enorme potentieel van het gebruik van sensordata uit voertuigen; wat zegt het bijvoorbeeld als auto's op een bepaalde locatie ineens hun mistlampen of ruitenwissers aanzetten.

2.3.4 Modernisering van wet- en regelgeving

Het is belangrijk om te realiseren dat de technologische ontwikkelingen veel harder gaan dan het in orde krijgen van alle randvoorwaarden. In 2020 / 2021 staat alle techniek al op de stoep en zal voorkomen moeten worden dat met name wet- en regelgeving de grootste bottleneck is, in het daadwerkelijk effectief en efficiënt kunnen inzetten van deze toepassingen. De overheid kan innovatie stimuleren door de beperkingen op innovatie weg te nemen. Het is cruciaal voor Nederland dat we voorop blijven lopen in innovatie.

De huidige wet- en regelgeving is in principe niet gemaakt voor slimmere oplossingen die door nieuwe technologie wordt geboden. Veel staat hardcoded in de wet- en regelgeving

uitgaande van traditionele mobiliteitsoplossingen georganiseerd per modaliteit. Denk bijvoorbeeld aan allerlei specifieke eisen ten aanzien van taxivervoer, bestaande uit verplicht gestelde cursussen, specifieke eisen aan apparatuur en zelfs kleding etc. Of denk aan de verplichting vanuit de wetgeving van het hebben van een linker buitenspiegel en een achteruitkijkspiegel voor nieuwe auto's. Wat betekent dit voor autonome auto's die op de markt komen?

Marktwerking en toegenomen transparantie in de vorm van gebruikersbeoordelingen vormen tevens de nieuwe kwaliteitswaarborgen, waardoor minder in wet- en regelgeving geborgd hoeft te worden en er meer flexibiliteit ontstaat voor innovaties. Het zou meer als kans kunnen worden gezien dat (mobiliteits)bedrijven bijvoorbeeld nevenactiviteiten gaan uitvoeren: busmaatschappijen kunnen pakketjes gaan vervoeren en andere bedrijven kunnen meer aan personenvervoer gaan doen. De wet- en regelgeving zou om deze reden minder afhankelijk van de techniek en modaliteit maar meer doelstellingsgericht omschreven kunnen worden.

Resumerend: Het effectief omgaan met de combinatie van doelstellingen gekoppeld aan een goede invulling van de noodzakelijke randvoorwaarden zullen het mogelijk moeten maken om de komende jaren de congestiereductie op een efficiënte wijze bij de horens te vatten.



Het succes van onze producten hangt af van goede afstemming en samenwerking. Waar het kan, moeten juridische schotten tussen auto, bus, fiets, metro en trein verdwijnen. Simpele en soepele regelgeving bevordert de kwaliteit van de reis en biedt meer ruimte om te blijven innoveren. Zeer belangrijk en essentieel voor onze sector."

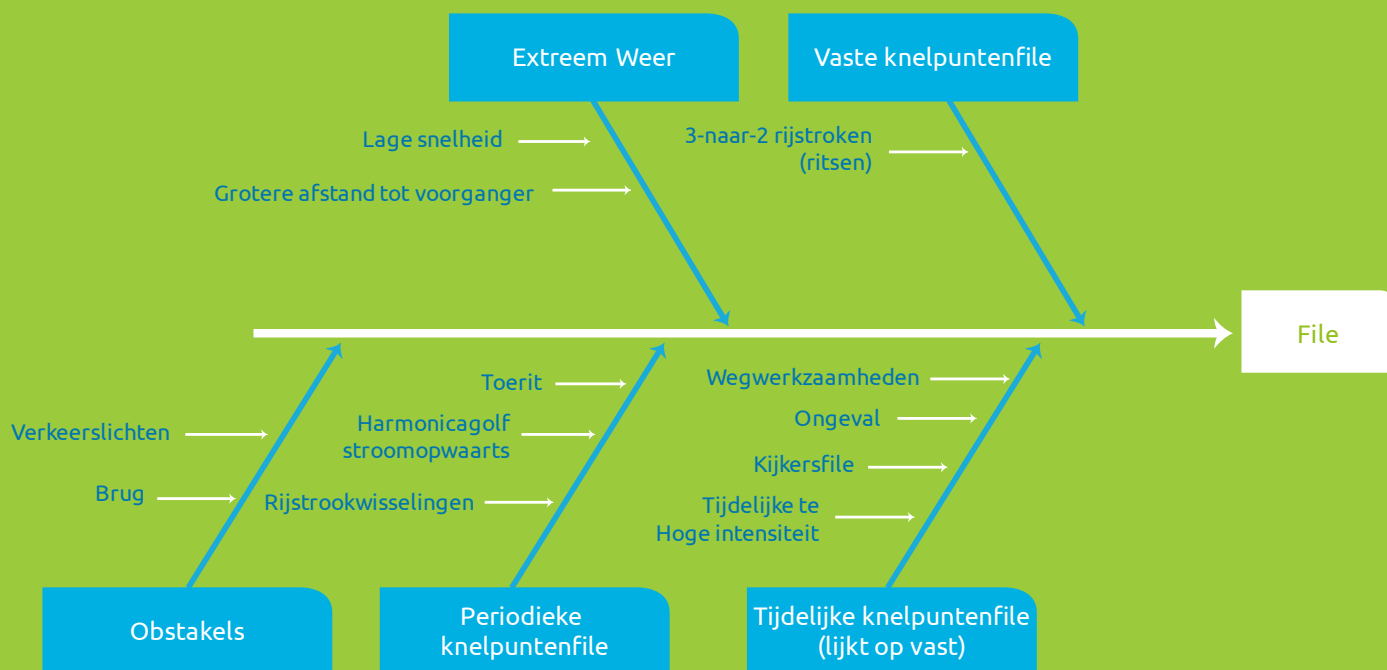
**Roger van Boxtel,
President Directeur Nederlandse
Spoorwegen**

Oorzaken van congestie ten aanzien van het wegverkeer

Voordat we op de impact van de nieuwe producten en diensten induiken die de afgelopen jaren zijn ontwikkeld, is het noodzakelijk om eerst te kijken naar de oorzaken van congestie. Zo wordt duidelijk wat de hoofdoorzaken zijn, waar we als gebruiker het meeste last van hebben en kunnen we bepalen welke ontwikkelingen de meeste impact gaan hebben. Tevens wordt dan duidelijk of er oorzaken zijn waar

nog geen enkele ontwikkeling een bijdrage aan levert terwijl dat wel wenselijk is. Er is bij de oorzaken van congestie met name gekeken naar het wegverkeer. Deze modaliteit bestaat vooral uit individueel gestuurde voertuigen waarbij er geen verkeersleiding aanwezig is om problemen snel op te lossen, in tegenstelling tot bijvoorbeeld de luchtvaart en het spoor. Daarnaast behoort het wegverkeer en de bijbehorende congestie tot de grootste uitdaging om de aspecten veiligheid en leefbaarheid te vergroten.

Figuur 2: Oorzaken files



In figuur 2 is in een oorzaak-effect-diagram weergegeven wat de meest voorkomende oorzaken zijn van congestie op wegen. De vaste en tijdelijke knelpuntenfile lijken in essentie veel op elkaar. Er is een knelpunt aanwezig op de weg, dat al dan niet continu aanwezig is. Een voorbeeld is een beperking van het aantal rijstroken waardoor de weggebruikers moeten gaan ritsen. Dit draagt op twee manieren bij aan het knelpunt: er moet nu hetzelfde aantal weggebruikers over minder wegruimte en het herverdelen (het ritsen) neemt ook capaciteit in. Nadat het verkeer is herverdeeld en iedereen zijn plek op de weg weer heeft gevonden, stroomt het verkeer normaliter weer goed door. Bij een tijdelijk knelpunt geldt hetzelfde, alleen komt het dan door bijvoorbeeld een ongeval of wegwerkzaamheden. Daarbij

hoeft het niet zo te zijn dat er ook rijstroken zijn afgekruid, een kijkersfile geeft hetzelfde effect. Wanneer het tijdelijke knelpunt is verdwenen, zal in dit geval de file ook zeer snel oplossen (enkele kilometers file kan in 10 tot 15 minuten zijn opgelost). Bij files van vaste en tijdelijke knelpunten is er duidelijk een kop en een staart. Van een periodieke knelpuntenfile is sprake wanneer er in een paar ogenblikken gas moet worden teruggenomen of zelfs geremd. Een voorbeeld is een toestroom op een toerit van een snelweg. De snelweg zit al hoog aan zijn capaciteit en er is niet direct ruimte voor de toestroom aan weggebruikers die bijvoorbeeld groen hebben gekregen op het onderliggende

wegennet. Hierdoor ontstaat een snelheidsverlaging die weggebruikers dwingt snelheid te minderen; het begint bij een klein beetje remmen, de gebruiker daarachter remt weer iets harder, de gebruikers daarachter weer harder, tot het verkeer uiteindelijk noodgedwongen stil staat. Wanneer vooraan de file het verkeer weer door kan rijden, blijft deze golf van stilstaande auto's stroomopwaarts bewegen als een harmonica. Wanneer er weer nieuwe invoegers komen, vormt zich weer een nieuwe golf. Als weggebruiker ervaar je deze golven wanneer je vanuit stilstand een stuk kunt doorrijden en plotseling weer stilstaat. Dit soort files leveren vaak veel vertraging op, ondanks hun vaak relatief korte lengte. Een andere oorzaak van dit soort harmonicafiles is asociaal rijgedrag zoals bumperkleven, veelvuldig van rijstrook wisselen, links blijven rijden en te hard rijden. Dit soort gedrag zorgt vaak voor remacties van andere weggebruikers waardoor ook op deze manier een harmonicafile kan ontstaan, met name wanneer het al druk is op de weg.

Bij files met een obstakel als oorzaak is er een duidelijke oorzaak aan te wijzen zoals een openstaande brug, een stilstaande auto op de weg of een rood verkeerslicht. Bij extreem weer zorgt voorzichtiger rijdgedrag ervoor dat dat men langzamer gaat rijden en de afstand tussen voorgangers wordt vergroot: er kunnen minder auto's over de rijbaan dan normaal. Daarnaast ontstaan er gemakkelijker ongelukken waardoor de periodieke knelpuntenfile snel gevormd is.



03 Impact nieuwe ontwikkelingen

3.1 Inleiding

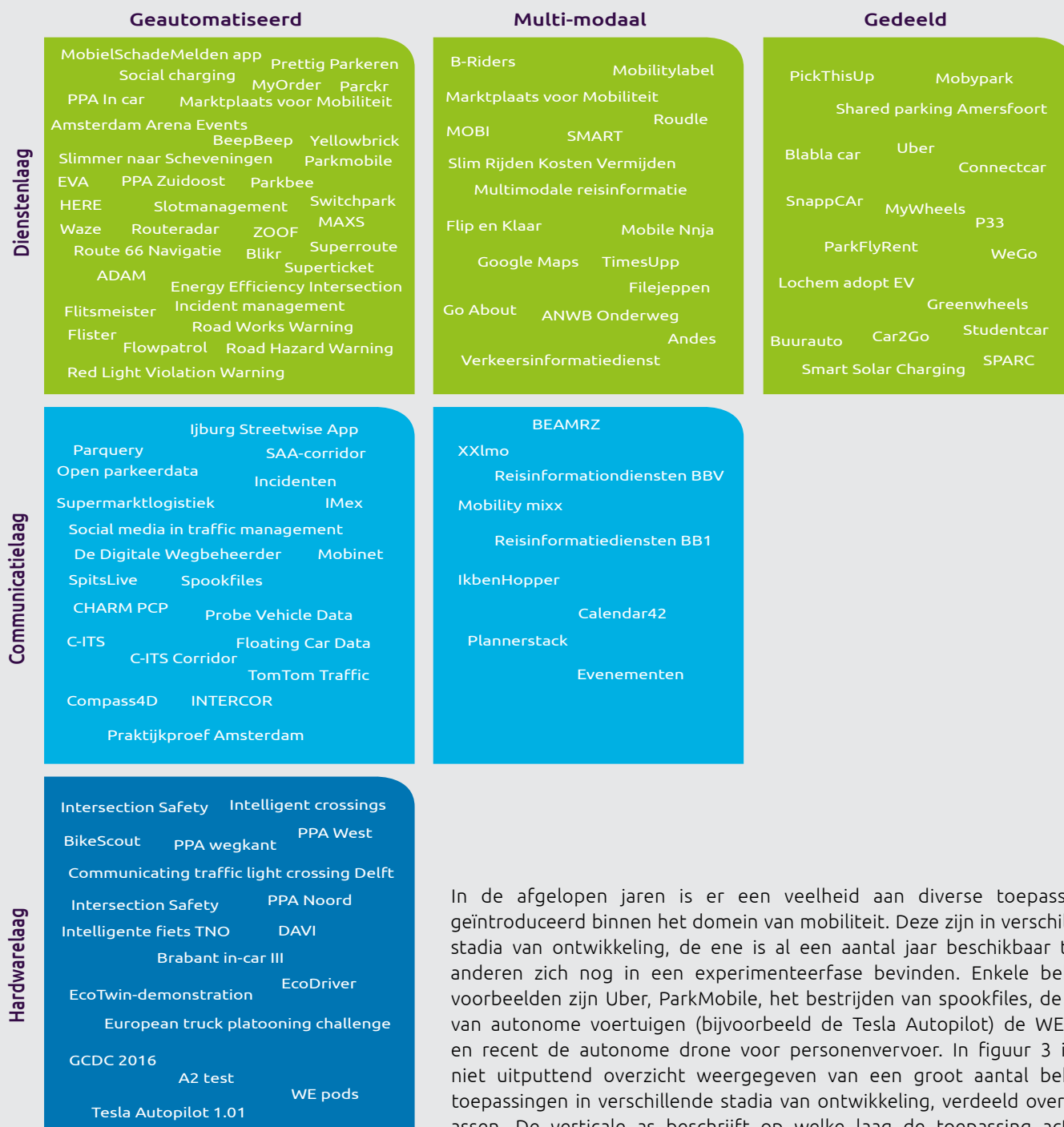
Sinds de laatste Trends in Mobiliteit is uitgebracht in 2009 zijn er veel verschillende nieuwe ontwikkelingen toegevoegd aan de lijst 'potentiële oplossing voor congestie'. Van veel van deze ontwikkelingen hadden we in 2009 nog niet aan zien komen dat deze op een relatief korte termijn zouden leiden tot bruikbare producten en diensten, dit met name gezien het feit dat die pas na 2009 een intrede hebben

gedaan. Om uit te zoeken welke hiervan doorslaggevend gaan zijn om Nederland veiliger, bereikbaarder, leefbaarder en concurrerender te maken, bekijken we in dit hoofdstuk de belangrijkste ontwikkelingen, beschrijven we wat deze inhouden en hoe ze potentieel bijdragen aan veiligheid, bereikbaarheid, leefbaarheid en een goede concurrentiepositie.



3.1.1 Speelveld van ontwikkelingen

Figuur 3: Speelveld van ontwikkelingen



In de afgelopen jaren is er een veelheid aan diverse toepassingen geïntroduceerd binnen het domein van mobiliteit. Deze zijn in verschillende stadia van ontwikkeling, de ene is al een aantal jaar beschikbaar terwijl anderen zich nog in een experimenteerfase bevinden. Enkele bekende voorbeelden zijn Uber, ParkMobile, het bestrijden van spookfiles, de uitrol van autonome voertuigen (bijvoorbeeld de Tesla Autopilot) de WE Pods en recent de autonome drone voor personenvervoer. In figuur 3 is een niet uitputtend overzicht weergegeven van een groot aantal bekende toepassingen in verschillende stadia van ontwikkeling, verdeeld over twee assen. De verticale as beschrijft op welke laag de toepassing actief is (hardware-, communicatie- of dienstenlaag) en de horizontale as deelt deze in op type waarbij respectievelijk verschillende aspecten van het delen van voertuigen, ritten of parkeerplekken centraal staat, het gebruik van meerdere modaliteiten waarbij de auto maar een onderdeel is van de hele reis of het automatisch rijden door middel van coöperatieve en verbonden voertuigen.

Wat opvalt, is het grote aantal toepassingen dat in Nederland actief is; zowel uit de publieke als de private markt komt initiatief. Daarbij is verticale integratie vaak wel aanwezig, zo zal een project dat zich bezighoudt met het aanbieden van een dienst (zoals Flitsmeister), zich ook bekommeren om de onderliggende systemen waar deze data vandaan komt. Horizontale integratie is op dit moment minder ver gevorderd, hoewel daar zeer nuttige toepassingen uit voort kunnen komen. Denk aan een navigatiesysteem dat op basis van de voorspelde verkeersintensiteit de passende aansluiting met een trein kan laten zien waardoor de reiziger sneller op zijn/haar bestemming zal komen.

Overzichten zoals figuur 3 laten zien dat het speelveld van alle toepassingen erg divers is. Uit de interviews die we gehouden hebben blijkt dat samenwerking nog beter kan. Er wordt wel kennis en ervaring uitgewisseld maar de diverse projecten zoeken elkaar nog onvoldoende op om tijdens de uitvoer al van elkaar te leren en eventueel invloed op elkaar uit te oefenen. Dit betekent dat we in mobiliteit met een relatief versnipperd landschap aan de slag zijn wat mogelijk gevolgen heeft voor het niet halen van de gewenste effecten en doelstellingen. De gevolgen

van onvoldoende samenhang is reeds zichtbaar bij meerdere beleidsterreinen in Nederland zoals op het gebied van Smart Cities dan wel die rond Start Up's. Tijd dus voor het onder regie samenstellen van een duurzaam samenhangend boekje in plaats van 1000 bloemen afzonderlijk te laten bloeien en te laten verwelken zonder te hebben genoten van al het mooie dat een boekje te bieden heeft.

3.1.2 Trendsradar

Aangaande nieuwe technologieën kan overkoepelend worden gedacht aan ontwikkelingen rond data analytics, RPA, zelflerende systemen, Blockchain, geografische informatiesystemen, virtual reality en sensing. Stuk voor stuk technologische ontwikkelingen die van grote invloed kunnen zijn op het mobiliteitsdomein. In dit rapport wordt met name gekeken naar een combinatie van het gebruik van deze technologieën en afgeleide toepassingen in het streven naar een congestiearm Nederland in 2027. Een combinatie van technologietrends die relevant zijn en op termijn bij kunnen dragen aan deze doelstelling zijn in kaart gebracht in een 'trendsradar'. Hierin zijn de relevante technologieën, van invloed op de hierna benoemde clusters, geplaatst naar verschillende fasen van volwassenheid.

Figuur 4: Volwassenheidsfasen technologieën



Het overzicht is een eerste aanzet en vanzelfsprekend niet limitatief en zal de komende tijd (na publicatie van dit rapport) verder worden aangevuld mede op basis van nieuwe inzichten.

De trendsradar is opgedeeld naar een vijftal clusters waar binnen de technologische ontwikkelingen hun plaats vinden:

Voertuigen

In de afgelopen jaren zijn er meerdere technologische ontwikkelingen geweest met betrekking tot het soort voertuigen op onze vaar-, lucht-, spoor- en autowegen. Met name de autonome en verbonden voertuigen en drones hebben hun intrede gemaakt.

Infrastructuur

Onze infrastructuur is constant in ontwikkeling en wordt alsmat slimmer. Door middel van bijvoorbeeld sensoren is gebruik, monitoring en onderhoud beter in te plannen.

Gedrag

De mens is een belangrijke factor in de mobiliteit. De vraag is hoe we onszelf kunnen beïnvloeden om de juiste keuzes te maken om zo de congestie terug te dringen.

Mobility as a Service

Het bezit van een auto is niet langer een statussymbool. Steeds meer diensten zijn erop gericht om mobiliteit als een dienst op afroep aan te bieden. Dit biedt kansen voor een efficiëntere indeling van voertuigen op de weg, het water en in de lucht.

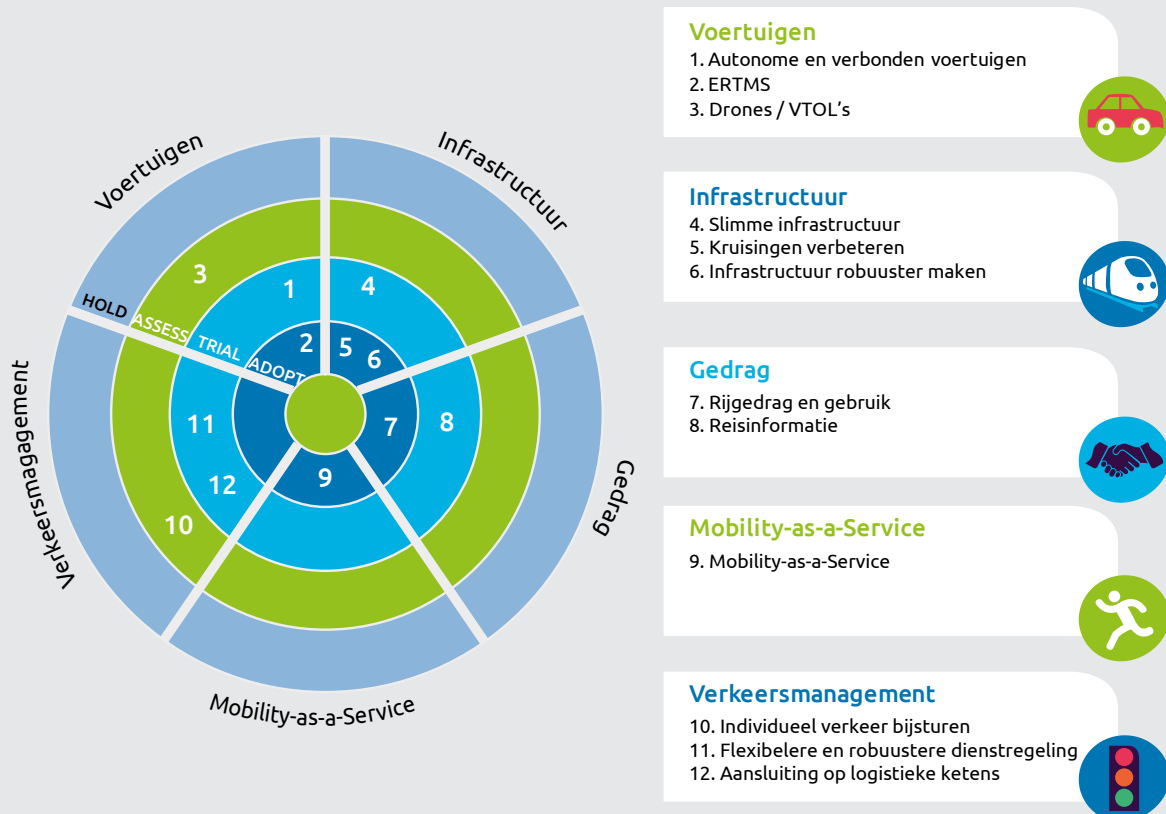
Verkeersmanagement

Om de juiste keuze te maken, zowel voor een machine als een mens, is de juiste informatie op het goede moment van cruciaal belang.

“Als er ruimte is op de weg, wordt die gevuld.”

**Ab van Ravestein,
Algemeen directeur RDW**

Figuur 5: Trendsradar





3.2 Een observatie

In de afgelopen jaren zijn er veel technologieën en diensten bijgekomen die een bijdrage kunnen leveren aan het terugbrengen van congestie en het verhogen van de duurzaamheid en leefbaarheid. Niet elke oplossing levert een even grote bijdrage aan deze doelstellingen en er is zeker geen enkele technologie of dienst die alles oplost. Wat duidelijk is geworden bij het maken van deze Trends in Mobiliteit, is dat er een aantal nieuwe technologieën en diensten zijn bijgekomen die een significante bijdrage gaan leveren aan het verminderen van congestie, en dat deze gecombineerd en flexibel ingezet moeten worden om de groeiende mobiliteit het hoofd te bieden. Duidelijk is dat een combinatie van een aantal technologieën en diensten de grootste significante impact hebben op ons gebruik van vervoer.

Ten eerste is Mobility-as-a-Service (MaaS) als onderdeel van de opkomende deeleconomie een veelgenoemde manier om het autobezit terug te brengen. Auto's kunnen makkelijk met elkaar worden gedeeld voor bijvoorbeeld dezelfde rit waardoor steden rustiger en schoner worden en er minder auto's op de weg rijden. Autobezit wordt (met name bij jongeren) steeds minder belangrijk gevonden en diensten om auto's flexibel te huren of vervoer op afroep worden steeds populairder. Om een dergelijke service uit te breiden met meer aanbieders is het belangrijk dat zij de ruimte krijgen van de diverse overheden. Een uitbreiding hierop is om alle modaliteiten bij elkaar te brengen (eigen voertuig, deelauto, fiets, trein etc.) door middel van (eco)systeem wat op basis van de vraag op dat moment het ideale vervoer per reiziger bepaalt. Doordat het systeem per reiziger bepaalt wat de beste manier van vervoer is, kan de drukte worden verspreid.

Dit brengt ons bij de autonome en verbonden voertuigen. Deze technologie is nu in opkomst en steeds meer fabrikanten introduceren een manier waarop een auto zichzelf bestuurt. Nu is dat nog op de snelweg waarbij de handen van de bestuurder verplicht aan het stuur moeten blijven. Binnen afzienbare tijd zullen dergelijke systemen

nog geavanceerder zijn, waarbij de bestuurder de auto niet meer zelf hoeft te besturen. Dergelijke systemen zijn (in combinatie met onderling communicerende voertuigen) al op korte termijn in staat om periodieke knelpuntenfiles snel uit te doven en te zorgen voor constant doorrijdend verkeer. Zeker omdat er geen penetratiegraad van 100% voor nodig is: vanaf naar schatting 10% autonoom en communicatieve voertuigen zijn er al merkbare verbeteringen. Dit geldt dan ook voor niet volledig autonome voertuigen, maar ook al voor ADAS-systemen (Advanced Driver Assistance Systems) zoals adaptive cruise control in combinatie met lane keeping. Het is dan ook van groot belang om dit soort systemen zo snel mogelijk in auto's te implementeren en het gebruik ervan te stimuleren.



Digitale informatie-persoonlijk en op maat - tijdens reizen wordt een steeds belangrijkere factor. Het zorgt voor steeds meer comfort. Hierdoor kan eventueel oponthoud als minder problematisch worden ervaren."

Jan-Bert Dijkstra, Directeur Programma Beter Benutten bij het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Een cruciaal aspect van technologieën en diensten die bijdragen aan een congestiearme samenleving is de adoptie ervan. Als bijvoorbeeld een groot gedeelte van de voertuigen uitgerust is of kan worden met ADAS-systemen maar geen enkele bestuurder schaft ze aan of gebruikt ze, dan dragen ze alsnog niet bij aan het verminderen van congestie. Het gedrag van eindgebruikers en bedrijven dient dan ook te worden beïnvloed om de gewenste mobiliteitsdoelstellingen te halen.

Voor wat betreft de congestie op het spoor kan de slag nog gemaakt worden door te rijden als een metro: alle treinen rijden met dezelfde snelheid over een spoor, dus geen verschil in intercity's, sneltreinen en sprinters. Mocht er behoefte zijn aan differentiatie van snelheid, dan zullen ze over aparte sporen verdeeld kunnen worden. Tot die tijd kan spoorboekloos rijden een stuk helpen.

De vaarweg heeft nog wel heel veel onbenutte capaciteit. Het is een modaliteit van betrouwbare en voorspelbare reistijd en daarmee uitermate geschikt voor goederenvervoer. Hiervoor is snelheid vaak minder relevant. Door goederenvervoer te verplaatsen van spoor of weg naar de vaarweg, onder meer op basis van smart shipping, wordt daar meer ruimte gemaakt voor personenvervoer (dat wel gebaat is bij snelheid).

Als eerder vermeld zijn de autonome drones in aantocht voor zowel vracht- als personenvervoer. Dit zal de druk op de bestaande infrastructuur significant kunnen verminderen.

Ten slotte moeten we ons niet alleen laten leiden door technologische mogelijkheden en deze in gebruik nemen, simpelweg omdat het een veelbelovende en leuke technologie is. Het is van groot belang om verder te denken en de technologie in het grote mobiliteitsplaatje een plek te geven. Denk na over het functionele model ervan: wat doet deze techniek nou echt, hoe kan het samenwerken met alle andere mogelijkheden en lossen we er echt iets mee op? Vrijwel alle technologische middelen zijn al aanwezig. Toch wordt er bij elk nieuw probleem een nieuwe oplossing bedacht. Belangrijk is om alle reeds bestaande oplossingen en lopende mobiliteitsexperimenten te bekijken en na te gaan of deze ook gebruikt kunnen worden voor nieuwe problemen en uitdagingen om congestiearm te kunnen gaan bewegen. Leer van elkaar en werk samen, alleen zo kunnen we samen het mobiliteitsprobleem aanpakken waarbij experimenteren een belangrijke schakel is maar tevens het leren via deployen op bestaande infrastructuur.

04 Afsluitend: van doorontwikkelen naar anders verplaatsen

Afsluitend met een blik op 2027 en aansluitend op de voorgaande hoofdstukken, is er nog een aantal onderwerpen te definiëren dat relevant is voor de vermindering van congestie:

1. Het overbodig maken/verminderen van fysiek vervoer.
2. Het flexibiliseren/toesnijden binnen/tussen vervoersmodaliteiten.
3. Het veranderen binnen de modaliteiten.

4.1 Het overbodig maken/verminderen van fysiek vervoer

De beste manier om ervoor te zorgen dat congestie vermindert, is de vervoersvraag te verminderen. Voor personenvervoer ligt hier het grootste potentieel in het thuiswerken door gebruik te maken van moderne communicatiemiddelen. Door het meer internationaal worden van onze activiteiten en de toename in complexiteit van internationaal reizen, is er de noodzaak om beter te communiceren. In 2027 zullen we meer levensecht en met gevoel communiceren, inclusief de ondersteuning van multimediale kennissystemen. Het fenomeen 'kantoor' met veelal administratieve functies zal aan verandering onderhevig zijn. Het aantal administratieve functies daalt autonoom. Call- en service centers worden gedecentraliseerd. Door de explosie in het aantal projecten/initiatieven rond RPA: het automatiseren van administratieve processen) zal de afname van administratief werk nog verder versnellen.

Een bijzondere categorie personen, die nu vooral de wegen benutten, zijn servicemonteurs, inspecteurs en instructeurs. Denk aan de mensen die reparaties en onderhoud verrichten aan verwarming, machines, toegangssystemen en koffiemachines. Een steeds groter deel van de genoemde apparaten wordt voorzien van software voor besturing en reparatie en backup-systemen worden standaard ingebouwd. Met Internet of Things (IoT) zullen steeds meer dingen op afstand gedaan worden. Lokaal aanwezig personeel is niet meer nodig waardoor het reizen van bijvoorbeeld monteurs sterk zal verminderen.



Er zal veel meer gedaan worden met onze kennis van de vervoersbehoefte. Principes zoals met Uber, voor taxi- en pakjesvervoer, zullen de beladingsgraad verhogen en daarmee de congestie op het asfalt als spoor naar verwachting verminderen. De basisprincipes zijn dat we minder spreken over (vracht)auto's, schepen en treinen met lading, maar meer over lading in een vervoermiddel. Modellen die we nu al kennen uit het containervervoer in de zeevaart (het volgen van de individuele container), zullen hun weg vinden naar de trein en de weg alsook naar drones.

De techniek om goederen tot op het laagste niveau 'intelligent' te maken, zal niet alleen helpen de operatie op de korte termijn slimmer uit te voeren, maar gaat ons ook steeds meer helpen om de systemen en structuren beter in te richten. Pas dan blijkt dat er wel degelijk een markt is voor kleinere en meer wendbare, slimme schepen en voor flexibel en met kleine voertuigen werkend vrachtvervoer over de weg en in de lucht. Flexibiliteit, snelheid en wendbaarheid zullen duidelijker een rol spelen naast het traditioneel rendement (meer laadvermogen, grotere eenheden zoals schepen en voertuigen).

4.2 Het flexibiliseren/toesnijden binnen/tussen vervoersmodaliteiten

Veertig jaar geleden leverde de werkgever het woon- en werkverkeer. In de havens, in de procesindustrie en in de zware industrie zorgde de werkgever voor busvervoer naar en van het werk. Zelfs als er ploegendienst was, stond de bedrijfsbus klaar. Met de toename van de welvaart nam het eigen autobezit toe. De auto werd een symbool van de welvaart. Het bedrijfsvervoer werd gaandeweg overbodig omdat veel mensen met eigen vervoer naar zijn/haar werk reed. Hier en daar zijn er nog vormen van bedrijfsvervoer zichtbaar (bijvoorbeeld het busvervoer voor mensen die op Schiphol werken), maar de werkgever van nu gaat ervan uit dat het personeel maar zelf de weg moet vinden.

Het eigen autobezit zal naar verwachting in 2027 sterk afnemen, tegelijk zal het gebruik van 'openbaar' vervoer toenemen. Deze twee (belangrijkste) vormen van vervoer groeien in kenmerken en gebruik naar elkaar toe.

Het fenomeen dat de werkgever zorgt voor een leaseauto zal in 2027 niet meer de norm zijn. Nu al spreken we over een mobiliteitsbudget, waarbij er meer verantwoordelijkheid wordt gelegd bij de medewerker. Met intelligentie in de auto wordt het rijgedag bekeken en is er een bonus/malus-regeling. Zij die zuinig rijden, weinig privékilometers maken en/of goedkoop tanken, ontvangen geld terug. Een aantal werkgevers kent al de weekendauto. Tijdens de week is een kleine auto voldoende, maar in de weekenden zijn er heel andere patronen en dat vraagt een andere auto.

Daarnaast verstrekken veel werkgevers de medewerkers naast een leaseauto al een ov-kaart. Het is nog maar een kleine stap naar constructies voor privélease, maandlease of kilometerlease. In 2027 is het autobezit sterk afgenomen en vragen de mensen om vervoersbeschikbaarheid mede onder invloed van de beschikbaarheid van autonome vervoersmiddelen. Toegesneden vervoer met betaling per prestatie. Zelfrijdende auto's, alsook autonome drones met een taxi-app gestuurd systeem, die volgens planning en op afroep toegesneden vervoer van goederen en personen aanbieden zal er in 2027 nog niet volledig zijn, maar de beweging is op gang.

Het openbaar vervoer zal zich nog duidelijker manifesteren als een combinatie van vervoerssoorten, die eind-naar-eind services verleent. In 2027 zal het vervoer in het algemeen de te vervoeren persoon/vracht als middelpunt hebben. De vervoerssoort is hieraan ondergeschikt. De vervoersmiddelen worden kleinschaliger (ook in de scheepvaart) en zullen meer autonoom/intelligent worden. Alle bewegingen rond big data en analyse alsook zelflerende systemen zullen leiden tot (bijna) real-time aanpassingen in de vervoersstromen.

4.3 Het veranderen binnen de modaliteiten

Nu al is de voorzichtige trend om het spoorboekje los te laten. De ov-systemen op de smartphone verschuiven van het weergeven van het spoorboekje, naar het aangeven van directe en persoonlijke vervoersmogelijkheden. De volgende stap is dat het systeem daadwerkelijk reserveert en het spoorboekje alleen nog maar een indicatie is voor de frequentie. Dit kan in de praktijk alleen maar werken als de vervoerseenheden kleinschalig zijn (en onbemand). Net als met de auto wordt het openbaar vervoer daarmee persoonlijker en op de individuele persoon/vracht gericht. In de praktijk zal de smartphone/horloge op basis van artificial intelligence de vervoersplanning/vraag aansturen en dienen als het navigatiesysteem om in het vervoerssysteem te passen. Voor vracht (stukgoed) is er een vergelijkbare beweging. We zien dit al in de luchtvaart. Eerst nog op containerniveau, maar later ook op individuele items. De techniek om traceerbare/communicerende tags in goederen te bouwen wordt steeds goedkoper en geavanceerder. In combinatie met de geschatte vervoerssystemen kunnen goederen 'vragen' om vervoerd te worden. Dit kan snel en duur, slim, betrouwbaar of goedkoop (daluren).

Zoals beschreven verschuift ook de 'eigen' auto: van bezit naar een afroepbare vervoersmogelijkheid. Daarmee groeien de vervoersvormen naar elkaar toe.

De functies van de informatietechnologie in de auto schuiven van motormanagement en entertainment naar communicatie en navigatie. De zelfsturende auto en de actieve navigatie zijn componenten voor slim vervoer. In 2027 zijn deze componenten zo ver ontwikkeld dat er met deze systemen sprake kan zijn van gepland vervoer. De systemen om daadwerkelijk ruimte op de weg te reserveren zijn dan beschikbaar. In de burgerluchtvaart is dit echter al dagelijkse realiteit. Een piloot levert zijn vluchtplan in en alle knelpunten (van de 'slot' bij de start tot de corridor naar de Verenigde Staten) worden gepland volgens de afgesproken conventies, inclusief veiligheid, brandstofverbruik, het weer en de reistijd. Dit lijkt ook de teneur voor het vervoer over water en weg.

“Belangrijk om te realiseren is dat de technologie veel harder gaat dan het in orde krijgen van alle organisatorische randvoorwaarden. In 2020/2021 staat alle smart mobility-techniek al op de stoep.”

**Dirk-Jan de Bruijn,
Directeur Innovatiecentrale**

4.4 Ten slotte

In 2027 zullen de contouren van deze vervoersvormen er zijn. Ook zullen er oplossingen zijn voor de specifieke doelgroepen.

In ieder geval zal over tien jaar veel meer (en meer in detail) duidelijk zijn welke vervoersstromen er zijn en wat hiervan het gedrag is. Dit biedt de basis om te bezien hoe gedrag aangepast kan worden en waar besturing en bijsturing zin heeft. Duidelijk zal zijn, meer dan tot op heden, hoe mobiliteit zich verhoudt tot andere aspecten zoals leefbaarheid, bereikbaarheid, veiligheid en economie. Dat inzicht is een natuurlijk bijproduct van het enorme aantal intelligente apparaten binnen de vervoersstromen van mensen en goederen. Simulatie van het effect van maatregelen en meer diepgaande businesscases zijn in 2027 de realiteit als gereedschap. Nu al (in 2018) is er veel verdergaande analyse mogelijk dan 5 tot 10 jaar geleden. De big data-projecten rond de connected car (bij de grote autoleveranciers) zullen de basis vormen voor een algemeen beeld, dat ook relevant is voor andere vervoersvormen.

De implicaties voor de maatschappij, de wetgeving, de fiscaliteit en de rol van de diverse organisaties die zich direct en indirect met mobiliteit bezighouden, zullen met name door de informatietechnologie drastisch veranderen. Informatietechnologie die zich niet laat framen in bestaande organisatie en bestuurlijke structuren en juist vraag om gevolgd te worden. Omdat we niet op een eiland wonen gaat deze technologie autonoom en niet te stoppen door. Om hier invloed op te krijgen en/of te benutten, is een duidelijk en breed, maar vooral praktisch beeld over mobiliteit nodig, die ver over de horizon gaat van de huidige bestuurlijke inrichting binnen het mobiliteitsdomein.





Ter afsluiting op weg naar een congestiearm Nederland nog een aantal woorden over de opkomst van autonome drones voor zowel persoons- als goederenvervoer. Frits Lang publiceerde in 1927 zijn beroemde zwart-wit film Metropolis. Een film met onder meer vliegende en bemande objecten in steden. 100 jaar later, in 2027 dus, zullen deze beelden naar alle verwachting wereldwijd in meerdere steden en daarbuiten gemeengoed zijn. De experimenten met autonome drones (een minder complexe vervoersmodaliteit dan een autonome auto trouwens) in onder meer Dubai, het nieuwe Metropolis van deze tijd, zijn veelbelovend. En ook in ons eigen land beginnen drones stap voor stap gemeengoed te worden. Experimenten met pizzabezorging of vrachtvervoer zijn inmiddels in volle uitvoering. In 2027 zal worden geëvalueerd of deze disruptieve mobiliteitsmodaliteiten algemeen aanvaard en succesvol geïmplementeerd zijn alsook voor een congestiearm Nederland zullen gaan zorgen. Een interessante bestuurlijke uitdaging om aan de randvoorwaarden te voldoen. Het met een andere blik kijken naar en beoordelen van dit soort disruptieve technologische ontwikkelingen geeft tevens ruimte om de huidige ontwikkelingen zoals in dit trendrapport beschreven, nog eens tegen het licht te houden. Zijn we bezig met systeemoptimalisatie op basis van huidige premisse of komt het toch neer op de transitie 'van doorontwikkeling naar anders verplaatsen' waarbij alle modaliteiten in samenhang alsnog een congestiearm Nederland bewerkstelligen met in achtnaam van de figurerende doelstellingen?

“Verhoogde autonomie. Uiteindelijk wordt alles autonoom. Niet de vraag of maar meer wanneer. Pas je beleid daarop aan.”

Patrique Zaman, Directeur Avy

05 Gesprekspartners en experts

Gesprekspartners en experts

Deze publicatie zou niet tot stand zijn gekomen zonder de bijdrage van een aantal personen. In het werkveld hebben de we de volgende personen geïnterviewd:

- Nico Anten (Managing Director, Connekt)
- Roger van Boxtel (President Directeur, Nederlandse Spoorwegen)
- Dirk-Jan de Bruijn (Directeur Innovatiecentrale)
- Jan-Bert Dijkstra (Directeur programma Beter Benutten, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat)
- Gerard Doll (Divisiemanager Voertuig, Regelgeving & Toelating, RDW)
- Steven van Eijck (Voorzitter RAI-vereniging)
- Kai Feldkamp (Programmadirecteur Smart Mobility Rijkswaterstaat)
- Mark Frequin (Directeur-Generaal Bereikbaarheid, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat)
- Bart de Liefde (voorheen Uber)
- Ab van Ravestein (Algemeen directeur, RDW)
- Marja van Strien (Programmadirecteur Connecting Mobility)
- Erik Verroen (Topspecialist, Rijkswaterstaat)
- Patrique Zaman (Directeur, Avy)

06 Literatuurlijst

- White paper Uber Elevate
Fast-Forwarding to a Future of On-Demand Urban Air Transportation
October 27, 2016
- www.beterbenutten.nl
- www.smartshippingchallenge.nl
- www.eutruckplatooning.com
- www.rijkswaterstaat.nl
- www.innovatiecentrale.nl
- www.raivereniging.nl
- www.nlr.nl
- www.hyperloop-one.com
- www.electrek.co/?s=audi+airbus+passenger
- www.drone.com
- www.connectingmobility.nl
- www.connekt.nl
- www.capgemini.com
- <http://whitepapers.binnenlandsbestuur.nl/smart-cities-een-veranderende-wereld>
- www.government.ae/en/information-and-services/justice-safety-and-the-law/aviation-safety
- www.ariebleijenberg.nl/cms/uploads/RWS-WVL-def.pdf
- Linkse en Rechtse ICT, op het snijvlak van ICT, politiek, bestuur en samenleving
Zsolt Szabo. AdfoBooks, Amsterdam 2017\
- Figuur 3 – Tanja Manders - Een kijkje in mijn PhD-onderzoek naar Smart Mobility experimenten (<https://www.linkedin.com/pulse/een-kijkje-mijn-phd-onderzoek-naar-smart-mobility-tanja-manders/>)
- www.theglobeandmail.com/globe-drive/culture/commuting/how-selfdriving-cars-will-ease-traffic-congestion/article15876882/
- Reducing Traffic Jams via VANETs - Florian Knorr, Daniel Baselt, Michael Schreckenberg, Martin Mauve –
19 juni 2012 <http://ieeexplore.ieee.org/document/6247518/>

07 Colofon

Dit rapport is mede tot stand gekomen met medewerking van:

- Leonard Blaas
- Fred Kamphues
- Jaap Kwadijk
- Christiaan van Maarel
- Cécile de Pierre
- Pim van der Toolen
- Ellen Bleijerveld-de Wit

Advies, productie en design door Marketing & Communicatie
Capgemini Nederland: Ashim Karmakar en Joke Achterberg



Over Capgemini

Capgemini is wereldwijd toonaangevend in consulting- en technologiediensten. In de voorhoede van innovatie, helpt Capgemini zijn klanten om de kansen te benutten die ontstaan in de snel veranderende wereld van cloud computing, digitalisering en platformen. Voortbouwend op 50 jaar historie en diepgaande sectorkennis, stelt Capgemini organisaties in staat om hun zakelijke ambities te realiseren via een breed palet aan diensten, van strategie tot uitvoering. Capgemini is sterk doordrongen van de overtuiging dat de zakelijke waarde van technologie van en door mensen komt. Het is een multiculturele organisatie van 200.000 medewerkers verspreid over meer dan 40 landen. Capgemini Group rapporteerde in 2017 wereldwijd een omzet van EUR 12,85 miljard.

Bezoek ons op
www.capgemini.nl

Capgemini Nederland B.V.

Postbus 2575 - 3500 GN Utrecht

Tel. +31 30 689 00 00

www.capgemini.nl

People matter, results count.