

Verkeer in Nederland 2019

Beemster, Fieke; Hamers, Paco; Taale, Henk; Talen, Stefan; Wilmink, Isabel

Publication date

2019

Document Version

Final published version

Citation (APA)

Beemster, F., Hamers, P., Taale, H., Talen, S., & Wilmink, I. (2019). *Verkeer in Nederland 2019*. (Verkeer in Nederland; Vol. 6). TrafficQuest.

Important note

To cite this publication, please use the final published version (if applicable).
Please check the document version above.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

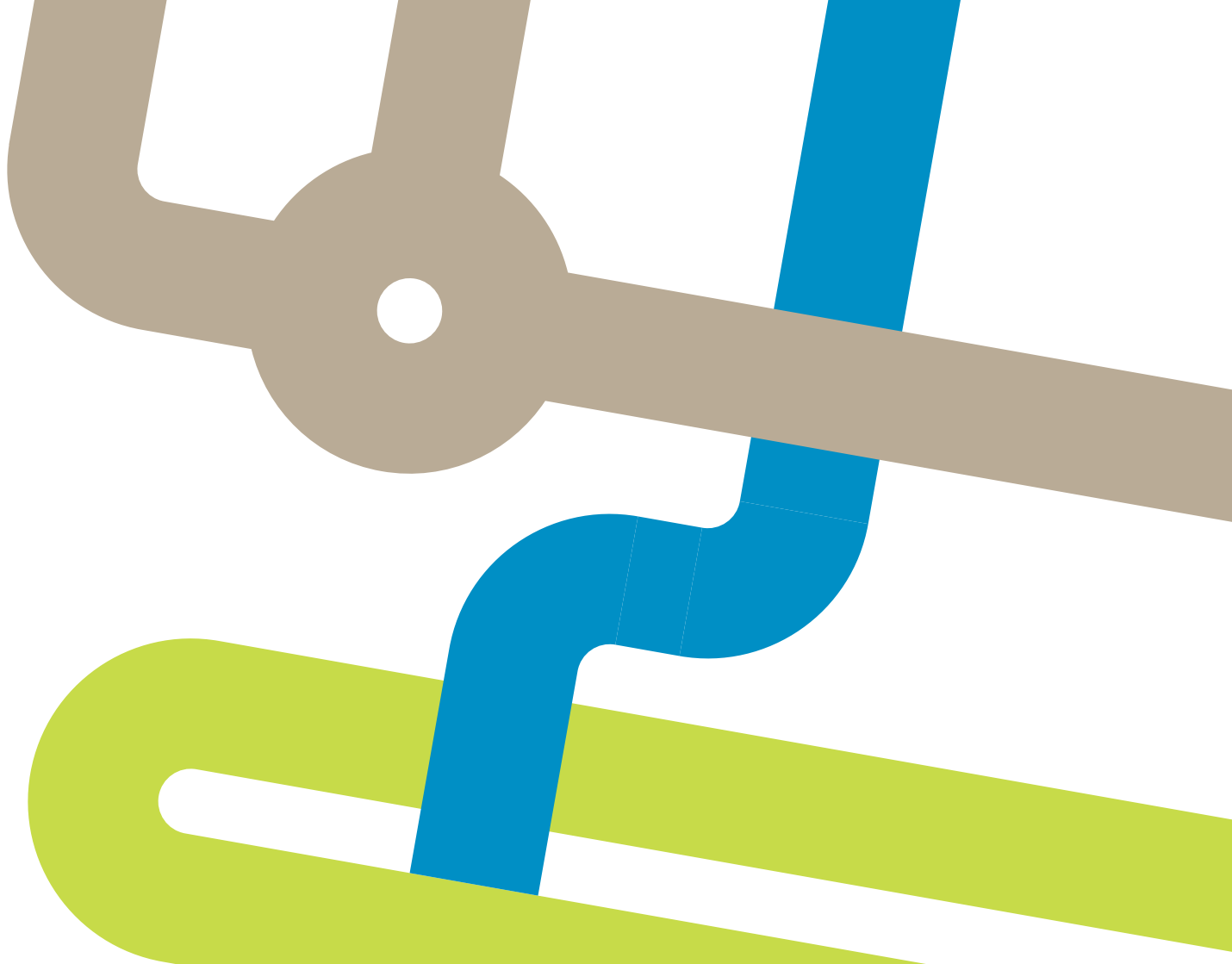
Takedown policy

Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights.
We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Verkeer in Nederland 2019



TrafficQuest
CENTRE FOR EXPERTISE ON TRAFFIC MANAGEMENT



Inhoud.

Voorwoord	4		
1. De verkeersafwikkeling in Nederland	8		
1.1. Verkeersafwikkeling in cijfers	9		
1.2. Verkeersveiligheid in cijfers	16		
1.3. Luchtkwaliteit in cijfers	18		
1.4. Casestudie: Effect van 130 km/uur	19		
1.5. Samenvatting	21		
Referenties	23		
2. De thema's van 2019	26		
2.1. Verkeersveiligheid	27		
2.2. Klimaat en verkeersmanagement	32		
Case Utrecht	33		
Case N279	35		
		2.3. MaaS, ruimtelijke inrichting en verkeersmanagement	37
		Interview Nico Larco	40
		2.4. Effecten van C-ITS use cases	44
		2.5. Automatisch rijden	48
		2.6. Kunstmatige intelligentie en verkeersmanagement	52
		Interview Johan van Eyk	54
		Referenties	58



3. Nieuwe ontwikkelingen in onderzoek	62	5. Programma's en samenwerkingsverbanden	88
3.1. Relevant promotieonderzoek	63	5.1. C-ITS Next	89
3.2. Congressen en symposia	69	5.2. Verplaatsingspanel	89
4. Pilots smart mobility en verkeersmanagement	78	5.3. Mobiliteitsalliantie	92
4.1. Proeven met CACC	79	5.4. TM2.0	93
4.2. Pilots met truck platooning	80	5.5. MaaS Alliance	93
4.3. Praktijkproef Amsterdam	82	5.6. CEDR	94
4.4. InterCor	83	5.7. Smart Mobility Embassy	94
4.5. V2I-communicatie in China	84	5.8. Krachtenbundeling Smart Mobility	95
Referenties	85	Over TrafficQuest	96
		Colofon	97

Voorwoord.

Met deze uitgave zijn we alweer bij onze zesde *Verkeer in Nederland*. We zitten in ons tweede lustrum! Dat leek ons een mooie aanleiding voor een bescheiden facelift. De vormgeving van het jaarbericht is in lijn met de vorige uitgaven, maar heeft wel een frisse nieuwe 'touch' gekregen.

Wat niet is veranderd, is de inhoudelijke opzet. Hoe heeft het verkeer zich ontwikkeld in het afgelopen jaar, wat zijn de belangrijkste thema's van het moment, wat heeft wetenschappelijk onderzoek ons gebracht, welke pilots zijn relevant en welke programma's lopen er? Bij het beantwoorden van deze vragen kunnen we natuurlijk onmogelijk volledig zijn, maar we hebben naar ons beste kunnen enig overzicht proberen te bieden van wat er speelt in verkeer en vervoer.

Om één ontwikkeling konden we sowieso niet heen: klimaatverandering. Om tot zinvolle content te komen, heeft het schrijfteam

zich een week opgesloten in een vakantiehuisje in de Brabantse Kempen en dat viel net in die ongekend warme zomerweek in juli. We hebben onze brainstorm noodgedwongen naar het zwembad moeten verplaatsen! Dat was geen straf, maar toch: van die klimaatproblematiek moet ons vakgebied serieus werk gaan maken. In paragraaf 2.2 zetten we enkele mogelijkheden hiervoor op een rij.

Wat ook zeker onze aandacht verdient, is verkeersveiligheid. Het afgelopen jaar is het aantal verkeersdoden fors toegenomen. Elk slachtoffer staat voor onbeschrijfelijk veel leed, dus van wachten op nieuwe slimme, technologische ontwikkelingen om het verkeer veiliger te maken, kan geen sprake zijn. In de paragrafen 1.2 en 2.1 leest u over de cijfers en over de strategisch plannen om de dalende verkeersveiligheid per direct vlot te trekken.

En ja, dan de verkeersafwikkeling. Opnieuw is het aantal files toegenomen. Volgens Rijkswaterstaat namen de files op het hoofdwegennet met 2,2% toe, ondanks het feit dat er 178 kilometers aan rijstroken zijn geopend in 2018. Eén belangrijke verklaring voor de toegenomen filezwaarte is dat we met z'n allen 1,8% meer kilometers hebben gereden op het hoofdwegennet. Dat op zich is tekenend: qua capaciteit zitten we zo aan de max, dat elke toename in voertuigkilometers bijna automatisch tot meer files leidt.

Het ziet er niet naar uit dat de verkeersvraag op korte termijn heel veel minder wordt. 'Meer asfalt' is om verschillende redenen ongewenst en qua ruimte vaak zelfs onmogelijk. Van een drastische beleidsverandering als beprijzen zal het de eerstkomende jaren ook nog niet komen. We moeten het dus hebben van nieuwe, slimme technologie (zie de paragrafen 2.4-2.6 en hoofdstuk 4 voor wat ontwikkelingen en pilots) en van nieuwe mobiliteitsdiensten (zie

bijvoorbeeld paragraaf 2.3). Maar misschien belangrijker nog: er is een gedragsverandering nodig. Lees in dat verband het interessante interview met hoogleraar Nico Larco op pagina 40, over de beïnvloeding van reisgedrag.

Ook in dit jaarbericht hebben we weer genoeg 'voer voor verkeerskundigen' kunnen stoppen. De uitdagingen in ons vakgebied zijn groot en urgent. Positief geformuleerd: we hoeven ons geen moment te vervelen!

Namens allen die aan deze uitgave hebben bijgedragen, wensen we je veel leesplezier.

Henk Taale & Isabel Wilmink, september 2019





De verkeersafwikkeling in Nederland.

In 2018 is het aantal files weer toegenomen. Rijkswaterstaat becijferde voor het hoofdwegennet dat de filegroei ruim 2% bedroeg. De ANWB kwam voor het hoofdwegennet en overige netten zelfs op plus 20% uit. In dit hoofdstuk zoeken we naar de achtergronden en oorzaken. We kijken ook naar verkeersveiligheid en luchtkwaliteit en staan kort stil bij de effecten van de invoering van 130 als maximumsnelheid.

In onze vorige uitgave meldden we al dat voor 2018 een lichte groei van de files te verwachten was. Deze verwachting is uitgekomen, zo blijkt uit de cijfers van Rijkswaterstaat en de ANWB. Maar hoeveel bedroeg de groei precies? De Publieksrapportage 2018 van Rijkswaterstaat [1] spreekt van een groei van de congestie van 2,2% ten opzichte van 2017. De ANWB daarentegen kwam op een veel ruimere groei van 20% [2].

Vanwaar dit forse verschil? Dat is een lastige vraag. Er worden in ieder geval verschillende *methoden* gebruikt en beide organisaties kijken ook naar verschillende *netwerken*. Rijkswaterstaat baseert zich vooral op de eigen tellussen en doet daarmee uitspraken over het hoofdwegennet, terwijl de ANWB *floating car data* (FCD) gebruikt en daarmee naar een veel groter netwerk kijkt: hoofdwegennet en overige wegennetten. In paragraaf 1.1 gaan we nader in op de cijfers van de verkeersafwikkeling en pakken we FCD van TomTom erbij – maar eerlijk gezegd blijft die 20% ons een raadsel.

In de paragrafen 1.2 en 1.3 bespreken we de ontwikkelingen in verkeersveiligheid en leefbaarheid. In 1.4 ten slotte verdiepen we ons in de effecten van de invoering van de maximumsnelheid van 130 km/uur. Zowel NDW [3] als de Rekenkamer [4] publiceerden over de effecten ervan. In onze casestudie houden we deze onderzoeken tegen het licht.

1.1. Verkeersafwikkeling in cijfers

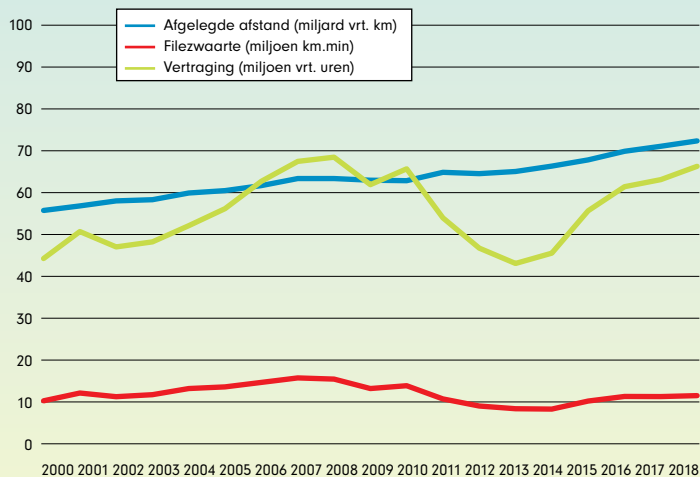
Ontwikkelingen hoofdwegennet

Aan de groei van het verkeer komt ook in 2018 geen eind. Het aantal gereden *voertuigkilometers* (verkeersprestatie) op het hoofdwegennet nam toe met 1,8%, een vergelijkbare groei als in 2017. Dat klinkt redelijk bescheiden, maar het tikt wel weer aan. Alles bij elkaar is het aantal kilometers sinds het jaar 2000 met maar liefst 30% toegenomen.

Uiteraard hebben al die extra kilometers gevolgen voor de hoeveelheid files en de vertraging die we ondervinden. In 2017 was er nog sprake van een lichte daling in de *filezwaarte*,¹ maar in 2018 was er weer een plus van 2,2%. Ten opzichte van 2000 is de congestie 13% toegenomen.

Kijken we naar de ondervonden *vertraging* (vergeleken met de reistijd die hoort bij een snelheid van 100 km/uur), dan is de groei zelfs hoger. De reistijdvertraging nam in 2018 toe met 5,1%, terwijl die groei in 2017 nog 2,8% was. Vergeleken met 2000 is de vertraging inmiddels 50% groter. Zie ook [figuur 1](#). Te zien is dat de vertraging na 2013 behoorlijk is toegenomen. Het maximum van 2008 is weliswaar nog niet bereikt, maar het zal niet lang meer duren voordat ook dat record sneuvelt.

¹ De filezwaarte is de duur maal lengte van een file, uitgedrukt in kilometerminuten. In de context van het hoofdwegennet spreken we van een file als de snelheid onder de 50 km/uur zakt.

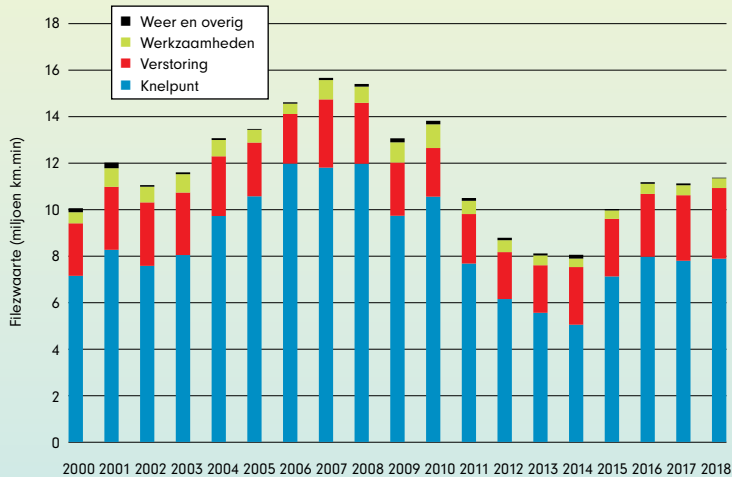


Figuur 1: Indicatoren hoofdwegennet (bron: Rijkswaterstaat).

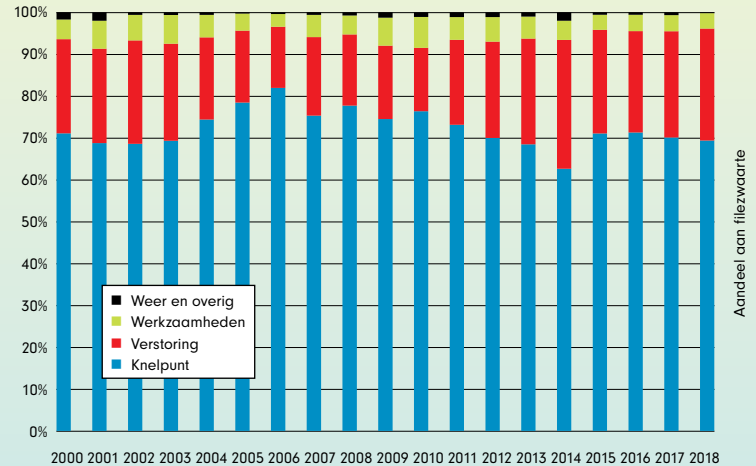
De grotere vertraging heeft natuurlijk alles te maken met de toegenomen verkeersdrukte. Er kwam weliswaar nieuwe infrastructuur bij – in 2018 is er 178 kilometer aan stroken geopend – maar dat was onvoldoende om de extra drukte op te vangen. Dat blijkt ook als we de vertraging per gereden kilometer bere-

kenen. Deze indicator was in 2018 3,2% groter dan in 2017 en 15% groter vergeleken met 2000.

In de [figuren 2 en 3](#) zijn de files uitgesplitst naar *oorzaak*, respectievelijk in absolute en relatieve aandelen [1].



Figuur 2: Filezwaarte naar oorzaak, absoluut (bron: Rijkswaterstaat).



Figuur 3: Filezwaarte naar oorzaak, relatief (bron: Rijkswaterstaat).

De hoeveelheid files veroorzaakt door een knelpunt is niet veel veranderd, maar wel het aantal files als gevolg van verstoringen (incidenten, ongevallen en evenementen). Merk op dat de oorzaak ‘verstoringen’ sinds 2013 alleen maar is toegenomen – en in 2018 zelfs een recordhoogte bereikte. We hebben

in eerdere jaaroverzichten al een pleidooi gevoerd voor het belang van incidentmanagement. De cijfers laten zien dat dat nog steeds hard nodig is.

Positie	Weg	Traject van	Traject naar	Koplocatie
1	A20	Hoek van Holland	Gouda	tussen Crooswijk en Terbregseplein
2	A4	Delft	Amsterdam	tussen Leidschendam en Zoeterwoude-Dorp
3	A27	Utrecht	Gorinchem	tussen Lexmond en Noordeloos
4	A20	Hoek van Holland	Gouda	tussen Nieuwerkerk a/d IJssel en Moordrecht
5	A16	Rotterdam	Breda	tussen Feijenoord en Ridderkerk-Noord
6	A4	Vlaardingen	Hoogvliet	voor het Kethelplein
7	A1	Amsterdam	Apeldoorn	tussen Hoevelaken en Barneveld
8	A20	Gouda	Hoek van Holland	tussen Moordrecht en Nieuwerkerk a/d IJssel
9	A12	Arnhem	Den Haag	tussen Nieuwegein en Oudersluis
10	A50	Arnhem	Eindhoven	tussen Ewijk en Bankhoef

Tabel 1: File Top 10 van 2018.

Dit jaar hebben we ook de File Top 10 van 2018 onder de loep genomen – zie [tabel 1](#) – en gekeken naar de ontwikkelingen sinds 2015.

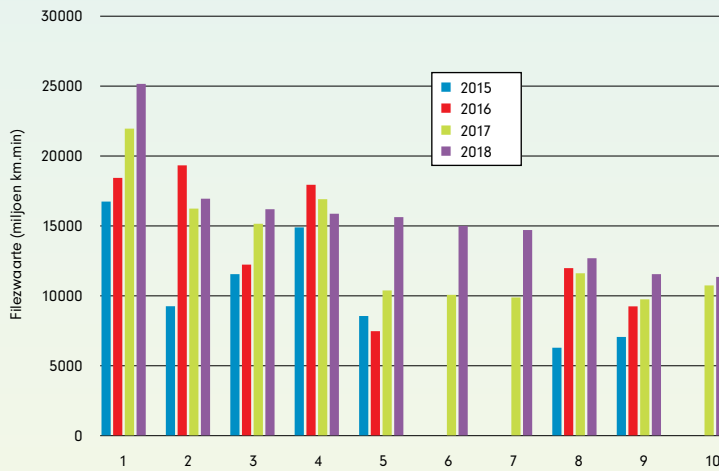
De gemeten filezwaarte is per knelpunt en per jaar weergegeven in [figuur 4](#). De eerste vier knelpunten en de nummer 8 zijn notoir: die stonden in 2017 ook al in de Top 10. Lokale ingrepen bij Zoeterwoude-Dorp en Moordrecht hebben voor respectievelijk knelpunt 2

op de A4 en knelpunt 4 op de A20 voor enige verlichting gezorgd, maar voor de andere Top 10-knelpunten is de filezwaarte alleen maar toegenomen.

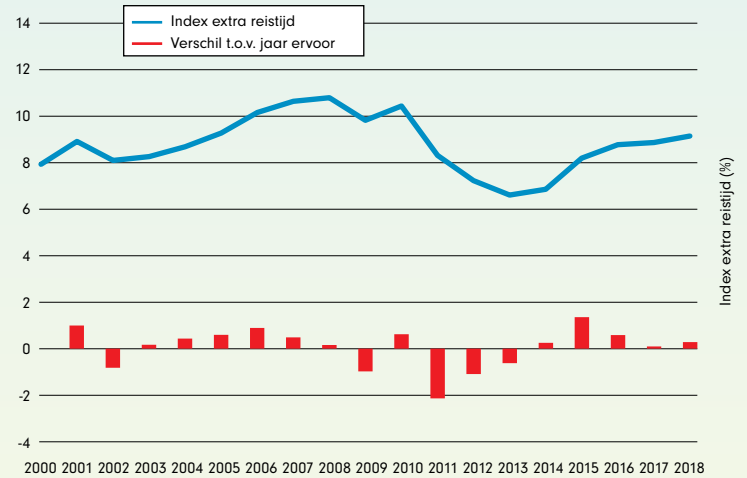
De knelpunten 5 en 9, op respectievelijk de A16 en A12, zijn nieuw in 2018. Daarvoor waren het ook knelpunten, maar stonden ze veel lager in de lijst. Het knelpunt op de A4 voor het Kethelplein, nummer 6, is een gevolg van het toenemende gebruik van dit traject sinds de opening eind 2015, maar het heeft vooral ook last van de tunneldosering die daar veelvuldig wordt toegepast.

Knelpunt 7 op de A1 is sinds 2017 een probleem. In dat jaar werd de verbreding van de A1 tussen Eemnes en Bunschoten voltooid. Die aanpassing trok veel meer verkeer richting Hoevelaken en Barneveld, waardoor op dat traject juist een knelpunt ontstond. Knelpunt 10 op de A50 laat zien dat ook buiten de Randstad het verkeer veel drukker is geworden.

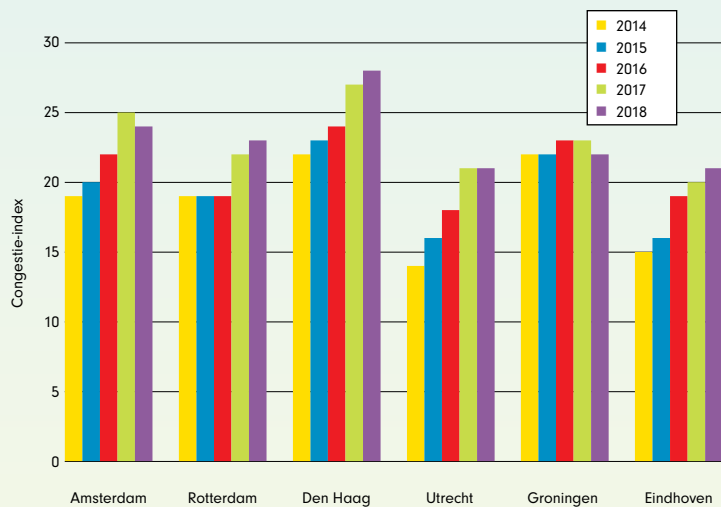
Op basis van de beschikbare gegevens hebben we als TrafficQuest een *reistijdindex* berekend die iets zegt over de gemiddelde extra reistijd in vergelijking met een rit zonder vertraging. Ten opzichte van 2017 is deze index in 2018 met 0,3 procentpunt gestegen tot 9,2% – zie [figuur 5](#). Dit betekent dat een willekeurige rit (over het hele etmaal) die normaal gesproken een uur zou duren, in 2018 gemiddeld 65 minuten en 31 seconden duurde.



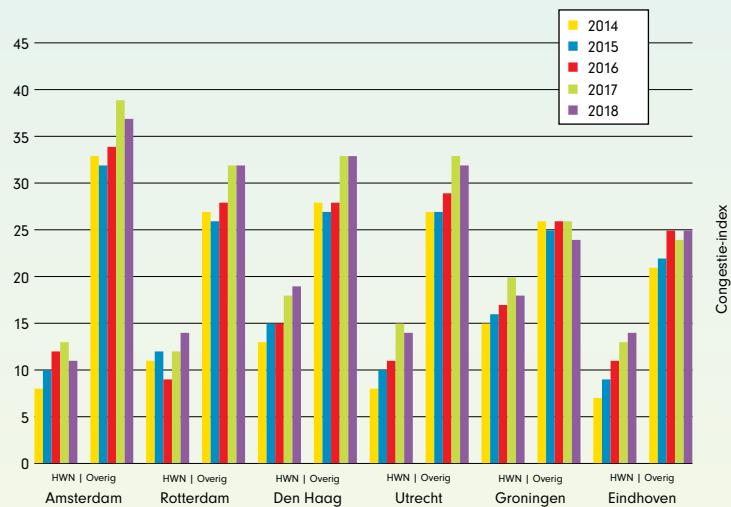
Figuur 4: Ontwikkeling van de knelpunten uit de File Top 10 2018. Zie tabel 1.



Figuur 5: Reistijdindex voor het hoofdwegenet (bron: Rijkswaterstaat en TrafficQuest).



Figuur 6: Congestie-index voor stedelijke netwerken (bron: TomTom).



Figuur 7: Congestie-index voor hoofdwegen en overige wegen rond steden (bron: TomTom).

Ontwikkelingen stedelijk wegennet

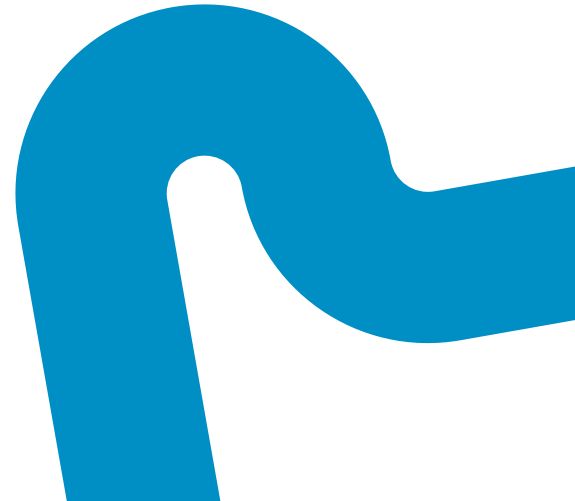
Het blijft behelpen met de indices over congestie die serviceproviders publiceren. Vorig jaar konden we niet terecht bij TomTom – die publiceerde dat jaar simpelweg geen cijfers – en dit jaar duiden de getallen die INRIX publiceerde op een trendbreuk in de definitie [5].

Gelukkig heeft TomTom inmiddels voor zowel 2017 als 2018 weer een Traffic Index gepubliceerd [6] en kunnen we onze TomTom-reeks voor stedelijke regio's weer oppakken. Zie hiervoor [figuur 6](#). Interessant is ook dat TomTom onderscheid maakt tussen het hoofdwegennet en het stedelijke wegennet – zie [figuur 7](#).

De cijfers laten een wisselend beeld zien. In de regio Amsterdam is de congestie afgenomen, zowel op het hoofdwegennet als op het overige (stedelijke) wegennet. Dat geldt ook voor de regio's Utrecht en Groningen. In de regio Rotterdam is de congestie op het hoofdwegennet juist toegenomen, net als in de regio Den Haag. In de regio Eindhoven is de congestie op zowel op het hoofd- als het stedelijke netwerk toegenomen. Deze verschillen zijn waarschijnlijk te wijten aan openstellingen en andere ontwikkelingen op die netwerken. Hoe dan ook, de eerder geconstateerde toename in congestie heeft niet bij alle grote steden plaatsgevonden.

Tot slot komen we nog even terug op de 20% filegroei die de ANWB op basis van *floating car data* had becijferd [2]. Aangezien de groei van de files op het hoofdwegennet ruim 2% bedraagt, zou je die ANWB-toename vooral in de stad verwachten. De data van de Traf-

fic Index van TomTom over puur de stedelijke wegennetten geven echter een genuanceerder beeld. Een blik op staven voor het overige (stedelijke) wegennet in [figuur 7](#) leert dat daar die extra groei niet vandaan komt. Ook als we alle cijfers uit de index erbij pakken – die betreft in totaal zeventien steden – dan komen we niet aan die 20% groei. Zou de groei nou net plaatsvinden op de andere wegennetten waarover TomTom niet publiceert? Dat lijkt ons weinig waarschijnlijk. Het blijft voorlopig dus gissen naar het hoe en waarom van de afwijkende filecijfers van de ANWB.



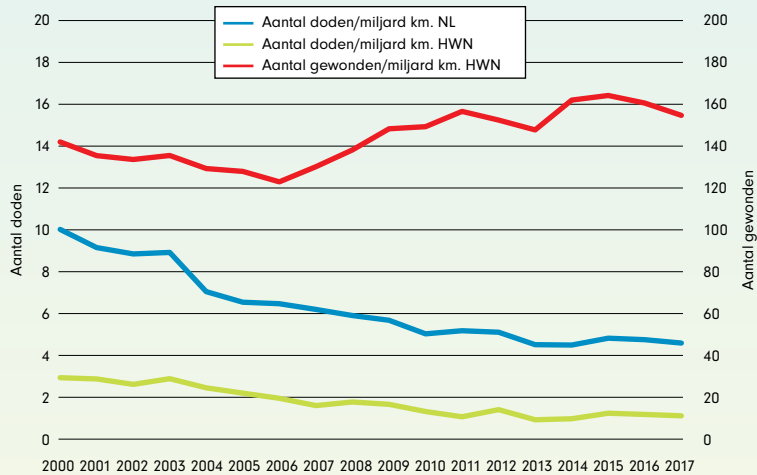
1.2. Verkeersveiligheid in cijfers

Na een lichte daling in 2017 [7] is het aantal verkeersdoden in 2018 helaas fors gestegen, van 613 naar 678. Dat is een toename van 11 % en het hoogste aantal sinds 2009 [8]. De uitsplitsing naar vervoerwijze laat zien dat de daling in 2017 van het aantal doden bij personenauto's (-30) in 2018 teniet is gedaan (+ 32). Er is ook een opvallende stijging bij fietsers (+ 22) en bij gemotoriseerde invalidevoertuigen (+ 19) – en daarmee is de stijging al voor een groot deel verklaard [9]. Als we kijken naar de leeftijdscategorieën zien we weer een behoorlijke stijging bij senioren van 70 jaar en ouder (+ 58). Dat blijft een kwetsbare groep verkeersdeelnemers [9].

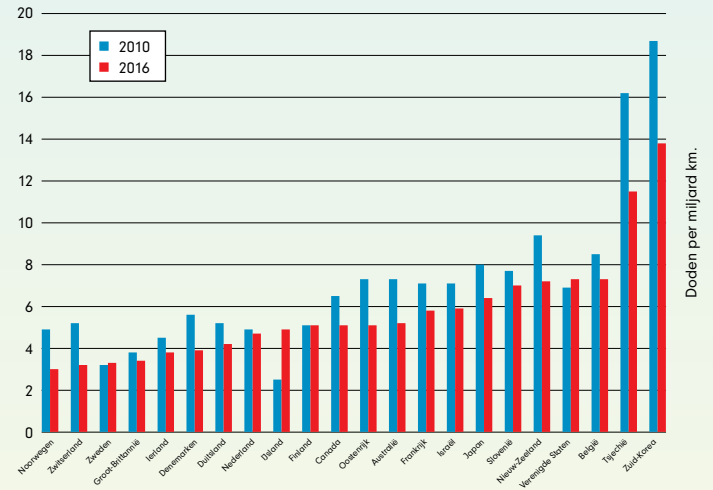
Het aantal verkeersdoden op specifiek het hoofdwegennet is nog niet bekend. Voor 2017 kunnen we constateren dat het aantal verkeersdoden daar nog iets lager ligt dan in 2016, 77 om 80. Ook zijn er nog geen 2018-cijfers over het totaal aantal ernstig gewonden. In 2017 nam dit aantal ten opzichte van 2016 met 2,8 % af, 20.800 om 21.400. De grote stijging van het aantal verkeersdoden in 2018 doet echter vrezen dat het aantal ernstig gewonden in dat jaar eveneens is toegenomen.

In [figuur 8](#) hebben we de relatieve aantallen weergegeven. Het betreft het aantal verkeersdoden en ernstig gewonden per miljard gereden voertuigkilometers. Hier is voor het aantal doden te zien dat dit zich lijkt te stabiliseren voor het hoofdwegennet en voor Nederland. Het aantal ernstig gewonden neemt relatief gezien zelfs iets af. Maar in deze cijfers ontbreken nog de ernstig gewonden-aantallen van 2018. Dat betekent dat volgend jaar het beeld er weer anders uit kan zien – en zoals gezegd is dat op basis van het gestegen aantal verkeersdoden ook te verwachten. Aandacht voor verkeersveiligheid blijft daarom hard nodig.

Internationaal zijn de cijfers bijgewerkt tot en met 2016. Vergeleken met het jaar daarvoor doet Nederland het weer iets beter. Op de ranglijst met aantal verkeersdoden per miljard gereden kilometers is Nederland twee plaatsen gestegen: van de 10e naar de 8e plaats [10]. [Figuur 9](#) laat deze indicator zien voor de jaren 2010 en 2016. Dat Nederland is gestegen komt ook doordat IJsland en Finland in 2016 relatief onveiliger zijn geworden.



Figuur 8: Ontwikkeling relatieve aantal verkeersdoden en gewonden (bron: Rijkswaterstaat en CBS).

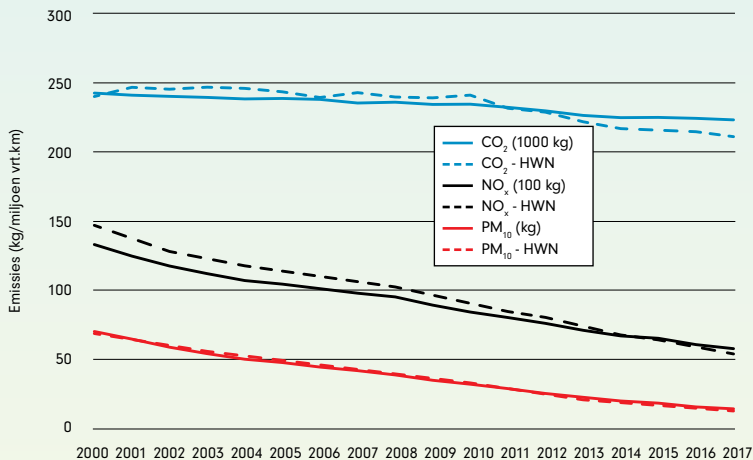


Figuur 9: Internationale vergelijking verkeersdoden per miljard kilometers (bron: IRTAD).

1.3. Luchtkwaliteit in cijfers

De ontwikkelingen in emissies van het wegverkeer tot en met 2017 zijn weergegeven in [figuur 10 \[11\]](#). De cijfers over 2018 zijn nog niet bekend. De *relatieve* uitstoot van NO_x en PM_{10} (de uitstoot per voertuigkilometer) daalde gestaag, in 2017 respectievelijk met 4,1% en 8,4%. Op het hoofdwegennet was deze daling nog groter: voor NO_x 6,9% en voor PM_{10} 10,3%. Overigens is de *absolute* daling over de jaren heen ongeveer gelijk, maar doordat de getallen kleiner worden, worden de percentages groter.

De uitstoot van CO_2 is in 2017 in relatieve zin (per voertuigkilometer) iets gedaald. Omdat het aantal kilometers harder stijgt, gaat het in absolute zin echter de verkeerde kant op: er is sprake van een stijging van 0,4%. Dat is minder dan in 2016, toen de stijging 2,4% was, maar goed nieuws is het zeker niet. Maatregelen om de groei in CO_2 -uitstoot te beteugelen en klimaatdoelen te halen, zijn dus hard nodig.



Figuur 10: Ontwikkeling van emissies (bron: CBS).

1.4. Casestudie: Effect van 130 km/uur

Sinds 2012 mogen we in Nederland op sommige autosnelwegen 130 km/uur rijden, waar dat voorheen 120 km/uur was. In de loop van de tijd is het aantal trajecten met deze nieuwe maximumsnelheid uitgebreid, zodat we nu op ongeveer twee derde van de snelwegen harder mogen rijden. De eerste evaluaties lieten zien dat we dat ook doen: de gemiddelde snelheid ging op de gemeten wegvakken met gemiddelde 2,5 km/uur omhoog. Maar dat gold vooral voor de rustige perioden. Wat er gebeurde in de spitsperioden en hoe de nieuwe limiet de filevorming beïnvloedde, is na de invoering niet echt onderzocht.

Negatief effect?

Dit jaar verschenen er vlak na elkaar twee berichten die suggereerden dat de invoering van de limiet van 130 km/uur een negatieve invloed had op de verkeersafwikkeling. Zo stelde de NDW in een blog [3] dat op de 130-trajecten de capaciteit soms lager is en er dus eerder files kunnen ontstaan. Een mogelijke verklaring is dat op drukke tweestrookswegen de linkerstrook relatief veel gebruikt wordt, omdat men kennelijk niet achter een vrachtwagen wil blijven hangen. Want als je eenmaal rechts rijdt, kom je er nauwelijks meer tussen als iedereen op de linkerstrook 130 probeert te rijden. Al met al zou door dit gedragseffect de capaciteit iets omlaag kunnen gaan. Dit effect heb je niet of in ieder geval minder op wegen met drie of meer rijstroken.

De kanttekening bij de NDW-analyse is dat er alleen visueel naar bepaalde grafieken is gekeken, zonder dat duidelijk is of het grafieken van het knelpunt zijn en hoe groot het verschil is. Ook is het verschil alleen op de A16 duidelijk te zien. Omdat er alleen is gekeken naar de jaren 2012 en 2018 kunnen andere factoren een rol spelen bij de verklaring van het verschil. Hoewel het een (prikkelende) blog van NDW betreft en geen wetenschappelijk onderzoek, lijkt de conclusie dat “de verhoging van de maximumsnelheid heeft geleid tot een kleine capaciteitsreductie op de Nederlandse snelwegen” voorbarig.

Op basis van een diepgaander onderzoek concludeerde de Algemene Rekenkamer dat de verwachte reistijdwinst van 8% op het merendeel van de trajecten niet gehaald wordt [4]. Dat is logisch, want zoals hierboven al opgemerkt rijdt men dus geen 10 km/uur harder, maar 2,5 km/uur. Die 8% was hoe dan ook het theoretische maximum. De meeste trajecten lieten een kleine verbetering zien, maar (kleine) verslechtingen kwamen ook voor.

Ook bij dit Rekenkamer-onderzoek kunnen we echter kanttekingen plaatsen. Voor de vergelijking zijn data van 2010 en 2017 gebruikt. Ook hier geldt dat verschillen in snelheden en reistijden niet alleen kunnen worden toegeschreven aan de verandering van de snelheidslimiet. Bovendien is de analyse gedaan voor het hele etmaal, terwijl de winst juist in de rustige uren verwacht werd.

Kortom, werk aan de winkel voor onderzoekers om dit nu eens tot op de bodem uit te zoeken.

Quick scan analyse

Als TrafficQuest hebben we een eerste poging gedaan en voor één traject onderzocht wat het effect is. Daarvoor hebben we data van de A58 tussen de aansluiting Gilze en knooppunt Galder geanalyseerd voor de maanden juni 2015 en juni 2016. Op dit traject is in februari 2016 de limiet verhoogd. Met het programma MoniGraph is de lusdata uit verkeerssignalering verwerkt tot de belangrijkste indicatoren: de gereden voertuigkilometers, de filezwaarte en de totale vertraging voor het hele etmaal, voor zowel werkdagen als weekenddagen. Niet alle dagen waren bruikbaar. Soms ontbrak er data, of werd de verkeersafwikkeling door een andere oorzaak verstoord. Deze dagen hebben we buiten beschouwing gelaten.

Op het eerste gezicht lijken de gegevens de conclusies uit de genoemde onderzoeken te staven. In 2016 was in juni de filezwaarte met 22% gestegen ten opzichte van juni 2015 en de totale vertraging met 18%. Echter, ook het verkeersaanbod was 3% hoger, evenals het aantal afgelegde kilometers. Een methode om daarvoor te corrigeren is door de minst drukke dagen uit de ene maand en de drukste dagen uit de andere maand te verwijderen, om zodoende het verschil tussen de hoeveelheid gereden kilometers zo klein mogelijk te houden. Als we dat doen en het verschil in gereden kilometers terugbrengen tot 0,0% (en de verkeersvraag in beide situaties dus gelijk is) zien we een heel ander beeld: de filezwaarte is in 2016 gedaald

met 16% ten opzichte van 2015 en de totale vertraging met 10%. Precies het tegenovergestelde beeld dus.

De analyse laat zien dat het heel makkelijk is om op basis van dezelfde gegevens tegenovergestelde conclusies te trekken, alleen door een andere selectie van data. We kunnen daarom nu nog geen conclusies trekken. Daarvoor zouden meer trajecten op deze manier geanalyseerd moeten worden.



1.5. Samenvatting

Ook in 2018 zijn de files en de daarmee gepaard gaande vertragingen toegenomen. Net als vorig jaar is de grootste stijging te wijten aan de gevolgen van incidenten en ongevallen. Daarmee hebben we gelijk het pijnpunt van 2018 te pakken: de verkeersveiligheid. Weliswaar zijn nog niet alle cijfers van 2018 bekend, maar gezien de forse toename van het aantal verkeersdoden afgelopen jaar kunnen we rustig stellen dat verkeersveiligheid een belangrijk aandachtspunt is en moet blijven.

Wat het wegverkeer betreft lijkt de emissie van CO₂ te stabiliseren, waar we eigenlijk een grote afname willen zien. De emissies van NO_x en PM₁₀ nemen nog steeds af.

Het effect van de invoering van de maximumsnelheid van 130 km/uur op de verkeersafwikkeling blijft onduidelijk. Verschillende onderzoeken komen tot verschillende conclusies. Verder onderzoek, bijvoorbeeld door het combineren van lusdata met videowaarnemingen, is nodig om hierover iets sluitends te kunnen zeggen.

Belangrijkste constatering

- De verkeersprestatie van het hoofdwegennet blijft groeien.
- Filezwaarte en vertraging zijn in 2018 weer toegenomen.
- Incidenten en ongevallen zijn de voornaamste oorzaak van de groei.
- Het aantal verkeersdoden is in 2018 fors toegenomen.
- De emissie van CO₂ lijkt te stabiliseren, maar neemt nog niet af.



Referenties

- [1] **Rijkswaterstaat (2019)**, *Rapportage Rijkswegennet – 3e periode 2018, 1 september-31 december*, 8 februari 2019.
- [2] **ANWB (2018)**, *20 procent meer files op Nederlandse wegen*, nieuwsbericht, 27 december 2018, www.anwb.nl/verkeer/nieuws/nederland/2018/december/anwb-20-procent-meer-files-op-nederlandse-wegen, geraadpleegd op 11 juli 2019.
- [3] **NDW (2019)**, *De 130 km/u-maatregel gewikt en gewogen: meer of minder fileleed?*, blog, 13 februari 2019, www.ndw.nu/blog/bekijk/17/de_130_kmu-maatregel_gewikt_en_gewogen_meer_of_minder_fileleed, geraadpleegd op 11 juli 2019.
- [4] **Algemene Rekenkamer (2019)**, *Resultaten verantwoordingsonderzoek 2018 – Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (XII) – Rapport bij het jaarverslag*, mei 2019.
- [5] **INRIX (2019)**, *Global Traffic Scorecard*, www.inrix.com/scorecard, geraadpleegd op 12 juli 2019.
- [6] **TomTom (2019)**, *TomTom Traffic Index*, www.tomtom.com/en_gb/traffic-index, geraadpleegd op 12 juli 2019.
- [7] **SWOV (2017)**, *Monitor Verkeersveiligheid 2017 – Nieuwe impuls nodig voor verbetering verkeersveiligheid*, rapport, R-2017-17.
- [8] **SWOV (2019)**, *Verkeersdoden in Nederland*, SWOV-Factsheet, april 2019.
- [9] **CBS (2019a)**, *Overledenen; doden door verkeersongeval in Nederland, wijze van deelname*, 9 mei 2019, Statline, geraadpleegd op 12 juli 2019.
- [10] **IRTAD (2018)**, *Road Safety Annual Report 2018*, OECD Publishing, Paris.
- [11] **CBS (2019b)**, *Emissies naar lucht op Nederlands grondgebied; wegverkeer*, 26 februari 2019, Statline, geraadpleegd op 15 juli 2019.





De thema's van 2019.

Elk jaar zijn er wel een paar thema's die bovengemiddeld veel aandacht krijgen in ons werkveld. Gezien het groeiende aantal verkeersslachtoffers is verkeerveiligheid (helaas) een terugkerend onderwerp. MaaS, C-ITS en automatisch rijden staan nog steeds in de schijnwerpers. Maar veel aandacht gaat ook uit naar kunstmatige intelligentie en het klimaat. Voor verkeer lijken het randverschijnselen – maar schijn bedriegt.

2.1. Verkeersveiligheid

Decennia lang ging de verkeersveiligheid in Nederland alleen maar vooruit. De laatste paar jaar echter is er sprake van een *verslechtering* – en dus is er hernieuwde aandacht voor verkeersveiligheidsmaatregelen.

Hoe komt het dat de verkeersveiligheid de afgelopen tijd niet is verbeterd? Daar zijn meerdere oorzaken voor aan te wijzen. Het wordt allereerst steeds drukker op onze wegen, en als de ongevallskans per kilometer dan niet afneemt, betekent dat absoluut gezien een toename in het aantal ongevallen. Er zijn ook meer slachtoffers onder fietsers, omdat het op de fietspaden een stuk drukker is. Er zijn meer ouderen onderweg, ook op de fiets, en die zijn kwetsbaarder bij ongevallen. Er komen steeds meer verschillende voertuigtypen op de weg, zowel in het langzame als in het gemotoriseerde verkeer, en die verschillende stromen zijn lang niet overal gescheiden. En veel reizigers laten zich afleiden door digitale media.

Strategisch plan verkeersveiligheid

Er is in de afgelopen jaren natuurlijk wel geïnvesteerd in veiligere infrastructuur en andere veiligheidsmaatregelen, maar nu het ineens slechter gaat, is er het gevoel dat er meer moet gebeuren. Dat is ook verwoord in het Strategisch Plan Verkeersveiligheid [1]. Waar de nadruk eerst lag op het aanpakken van 'black spots', locaties met een hoge concentratie van ongevallen, is het uitgangspunt nu om *proactiever* te werk te gaan. De Duurzaam Veilig-aanpak had deze insteek van ongevallen voorkomen ook

al, maar opgedane ervaringen met onder meer risicogestuurd werken kunnen het verkeersveiligheidsbeleid misschien verder helpen.

In het Strategisch Plan Verkeersveiligheid staan vijf elementen centraal:

- Meer structurele aandacht voor verkeersveiligheid.
- Meer verbondenheid en samenwerking tussen overheden en maatschappelijke organisaties.
- Risicogestuurd beleid door analyse van de grootste risico's.
- Bevorderen van integraal verkeersveiligheidsbeleid.
- Het monitoren en door leerervaringen bijsturen van (de uitvoering van) het beleid.

We staan hieronder vooral stil bij het derde punt, risicogestuurd beleid.

Risicogestuurd beleid

Met de term risicogestuurd beleid wordt bedoeld op de aanpak om onveilige situaties in beeld te brengen en vervolgens proactief te voorzien in oplossingen [2]. Nieuw is de aanpak niet – hij is eerder 'herontdekt'. In Nederland zijn er op basis van deze uitgangspunten al veel kruispunten omgebouwd tot rotonde. En zoals we al opmerkten was ook het Duurzaam Veilig-programma in essentie risicogestuurd en proactief.

De basis van de aanpak zijn *safety performance*-indicatoren, die aangeven of er sprake is van gevaarlijke situaties, of meer in het algemeen, wat de kwaliteit is van het verkeerssysteem en hoe het gebruikt wordt. Denk dan aan de kwaliteit van de infrastructuur ('past de inrichting van de weg bij de functie van de weg?'), de veiligheid van voertuigen en het gedrag van de weggebruikers. Bij het laatste gaat het vooral om de gereden snelheden, maar ook het aandeel mensen dat rijdt onder invloed van alcohol of drugs, of dat geen gordel of een helm draagt, is van belang. Een andere indicator is de kwaliteit van de traumazorg, voor als er toch een ongeval plaatsvindt.

De *safety performance*-indicatoren worden liefst objectief gemeten, maar klachten van burgers kunnen ook een indicatie geven dat er een probleem is. In de handhaving van snelheden wordt bijvoorbeeld soms naar aanleiding van klachten van omwonenden een 'smileybord' geplaatst. Als maar weinig passerende voertuigen een smiley te zien krijgen, kan worden overwogen een snelheidscamera te plaatsen.

De meest gebruikte veiligheidsindicatoren zijn nog redelijk traditioneel van aard. Een bekend instrument is de 'Road Protection Score', ontwikkeld binnen het internationale samenwerkingsverband EuroRAP. Hierbij wordt gekeken naar de inrichting van de weg: zijn er gescheiden rijbanen, hoe breed zijn de rijstroken en wat is de kwaliteit van de belijning? Maar met de komst van nieuwe vervoermiddelen (automatische voertuigen, elektrische stepjes enzovoort) en het

steeds drukker worden van wegen, is er behoefte aan aanvullende indicatoren. Zo zou idealiter ook in beeld moeten worden gebracht hoe het verkeer gemanaged wordt. Hoe is bijvoorbeeld incidentmanagement ingericht? Wat is de invloed van nieuwe technologieën (in het voertuig, langs de weg, in verkeerscentrales en bij serviceproviders) en wordt daar met de opbouw van het wegennet, de weg-inrichting en het verkeersmanagement wel goed op ingespeeld?

Beleidsthema's en hun link met verkeersmanagement

Het Strategisch Plan Verkeersveiligheid beschrijft negen beleidsthema's rond verkeersveiligheid. Het gaat om de volgende:

1. Veilige infrastructuur
2. Heterogeniteit in het verkeer
3. Technologische ontwikkelingen
4. Kwetsbare verkeersdeelnemers
5. Onervaren verkeersdeelnemers
6. Rijden onder invloed
7. Snelheid in het verkeer
8. Afleiding in het verkeer
9. Verkeersovertreeders

De meeste van deze thema's hebben ook een relatie met verkeersmanagement.

De basis is en blijft natuurlijk (1) een veilige (goed ingerichte) infrastructuur – zonder infrastructuur is er überhaupt niets te managen.

Met de toegenomen (2) heterogeniteit in het verkeer moeten we ook het veilig managen van heterogene stromen verder ontwikkelen, want die kunnen elkaar behoorlijk in de weg zitten. In de stad en op het platteland gaat het vooral om 'auto vs. andere vervoermiddelen' en op de snelweg om de invoering van automatische personen- en vrachtauto's en platoons, en de interactie hiervan met het overige verkeer.

Dat laatste punt zou je ook kunnen scharen onder het thema (3) technologische ontwikkelingen, maar dat is breder dan alleen automatisering van de rijtaak. Het gebruik van veiligheidsverhogende, rijtaakondersteunende systemen kan bijvoorbeeld gepromoot worden. Steeds meer verkeersdeelnemers zijn bovendien 'connected' en kunnen op die manier gericht worden geïnformeerd en gestuurd. Een andere interessante technologische ontwikkeling is dat verkeersdeelnemers ook steeds meer data opleveren – data waarmee we hun (veiligheids)gedrag in kaart kunnen brengen.

De vraag is in hoeverre verkeersmanagement oog heeft voor (4) onervaren verkeersdeelnemers. Houden bijvoorbeeld de *human-machine interfaces* van wegkant- en in-carsystemen voldoende rekening met het ervaringsniveau van de gebruikers? Sommige wegkant-systemen sluiten een groot deel van de bevolking min of meer uit. Neem bijvoorbeeld de grafische route-informatiepanelen (GRIP's) bij grote steden. Veel mensen snappen daar niets van en ze zijn dus eigenlijk alleen handig voor mensen die goed met kaarten zijn. Ook bij in-carsystemen is er weinig voorlichting over hoe je die veilig kunt gebruiken. En zelfs met elektrische fietsen, scooters en stepjes,

die trouwens steeds meer beschikbaar komen als deelsysteem, moet je ervaring opbouwen voordat je ze echt veilig kan gebruiken.

Rekening houden met (5) kwetsbare verkeersdeelnemers als fietsers, voetgangers en scootmobielers lijkt eenvoudig, omdat die makkelijk-ker als zodanig zijn te herkennen. Maar deze doelgroepen zijn wel wat moeilijker in hun gedrag te sturen.

Dat speelt ook bij de laatste vier thema's, betreffende risico's vanuit de individuele verkeersdeelnemer en zijn of haar gedrag. Met verkeersmanagement iets doen aan (6) rijden onder invloed of (9) verkeersovertredingen is niet direct voor de hand liggend – dat is meer het domein van de handhaving. De (7) snelheid van het verkeer managen is dan weer typisch iets waar verkeersmanagement zich wel op richt, met zowel wegkantsystemen (signalering) als in-car-systemen (van informerende systemen tot *speed limiters*). Dan nog blijft handhaving belangrijk, in ieder geval tot *intelligent speed adaptation* breed wordt ingevoerd, zoals de EU graag ziet.

Als het gaat om (8) afleiding in het verkeer, dan speelt opnieuw de *human-machine interface* een belangrijke rol. Hoe kan die zodanig worden ontworpen dat weggebruikers wél de juiste informatie krijgen, maar dat ze daardoor niet afgeleid worden? Of juist gewaarschuwd worden als ze te veel bezig zijn met andere dingen dan autorijden, fietsen, stappen, wandelen enzovoort? Kunnen er systemen ingezet worden om de staat van de bestuurder (bijvoorbeeld vermoeidheid) te detecteren?

Voor het overige moet verkeersmanagement zich natuurlijk vooral bezig houden met lokaal de doorstroming verbeteren, verkeersstromen goed over het netwerk verdelen, waar nodig de instroom in een gebied beperken en de terugslag van wachtrijen voorkomen. Dat beperkt het aantal verstoringen en maakt de situatie beter voorspelbaar voor weggebruikers – en ook dat komt de verkeersveiligheid ten goede.





2.2. Klimaat en verkeersmanagement

Ook in Nederland voelen we de gevolgen van de klimaatverandering. In de zomer treden er bijvoorbeeld meer hittegolven op, met in 2019 onze allereerste 40-plus dagen, terwijl in de winter de koudste dagen steeds warmer worden [3]. Er is inmiddels een breed gedragen klimaatakkoord, waarmee het kabinet het tij nog enigszins probeert te keren.

De mobiliteitssector, verantwoordelijk voor een behoorlijk deel van de CO₂-uitstoot, moet een belangrijke bijdrage aan dat akkoord leveren. Er wordt dan ook hard gewerkt aan het *verduurzamen* van het wagenpark. Het aantal elektrische voertuigen stijgt. Voertuigen, elektrisch of niet, worden sowieso schoner. En met concepten als autodelen, deelscooters en fietsstimulering probeert de sector het autogebruik te verlagen.

Ook met *verkeersmanagement* is echter een (bescheiden) klimaatwinst te halen. In deze paragraaf gaan we nader in op een aantal van die ‘groene’ verkeersmanagementmaatregelen. Deze maatregelen hebben direct dan wel indirect effect op vier aspecten, namelijk het duurzamer maken van voertuigen, het verminderen van het aantal gereden kilometers, het verminderen van de uitstoot per kilometer en het gebruik van duurzamere vervoerwijzen. Zie [tabel 2](#) voor de bedoelde maatregelen en op welke manieren ze bijdragen.

Maatregel	Duurzamer voertuig	Minder gereden km	Minder uitstoot per km	Duurzamere vervoerwijze
Access management	X	X		X
Betalen naar gebruik (per afgelegde km)	X	X		X
Schoon parkeerbeleid: hogere parkeerkosten	X	X		X
Schoon parkeerbeleid: voorrang op parkeervergunning	X			X
Routering van vervuilende voertuigen	X			
Prioriteit en verlengd groen bij zwaar vrachtverkeer			X	
Stimuleren van micromodaliteiten		X		X
Overige mogelijkheden			X	

Tabel 2: Verkeersmanagementmaatregelen die bijdragen aan de bestrijding van klimaatverandering.

Access management

Een maatregel die we steeds meer zien, is *access management*. Denk hierbij aan *low emission zones*. In onder andere het centrum van Utrecht geldt een milieuzone voor oudere personen- en bestelauto's en vrachtwagens op diesel. Een rigoureuzere variant zou een zone zijn waar alleen nog maar emissievrije voertuigen mogen komen.

Ook maatregelen op het niveau van wegen en corridors zijn een optie. Je zou bepaalde typen voertuigen op bepaalde routes kunnen weren, al dan niet tijdens venstertijden. Of schonere voertuigen zouden er juist bevoorreed kunnen worden, bijvoorbeeld door ze voorrang te geven.

Case Utrecht: Wat levert een milieuzone op?

Om inzicht te krijgen in de mogelijke effecten van *access management* op de uitstoot van schadelijke stoffen, heeft TNO in 2016 de case Utrecht onderzocht [4]. Het betreft de instelling van een milieuzone voor personenauto's en bestelbusjes van het bouwjaar 2000 of ouder en voor vrachtwagens op diesel.

Er is in het onderzoek gewerkt met de aanname dat de voertuigen niet verdwijnen, maar worden vervangen door schonere voertuigen, naar rato van de normale vloot. Wat opvalt is dat een milieuzone zoals in de stad Utrecht, voor de emissie van NO_x bijna niets oplevert: de toegestane voertuigen zijn wat stikstofdioxiden betreft nauwelijks schoner.

De uitstoot van fijnstof neemt wel fors af. De totale concentratie fijnstof daalt relatief gezien minder, omdat er standaard een bepaalde achtergrondconcentratie fijnstof aanwezig is. Maar op zwaar belaste corridors tikt de milieumaatregel nog altijd lekker aan: de totale concentratie fijnstof neemt daar met 5-10% af, zo leerde de Utrecht-case.

Het effect van de milieuzone op de CO_2 -uitstoot is weer relatief klein. Die uitstoot hangt meestal samen met de grootte van het voertuig. Om die uitstoot te verlagen zouden we dus eerder moeten denken aan een maatregel waarbij *grotere* voertuigen geweerd worden uit bepaalde gebieden, of dat er alleen nog maar elektrische voertuigen toegelaten worden (daarbij in gedachten houdend dat CO_2 geen lokaal maar een globaal probleem is).

Nadelen

Uiteraard brengt het weren van voertuigen uit de binnenstad ook enkele nadelen met zich mee. De logistieke sector heeft door milieuzones bijvoorbeeld extra overslag nodig om in de centra te bezorgen. Dit zorgt voor extra ritten en dus ook extra emissies – en ook de overslagprocessen zelf leveren emissies op. Dit draagt juist weer bij aan de klimaatvervuiling, al weegt dat niet op tegen de milieuwinst die door de zone zelf wordt bereikt.

Deze *access*-maatregelen hebben verschillende effecten. Het zou weggebruikers ertoe kunnen bewegen een duurzamer voertuig aan te schaffen, men zou de betreffende zones kunnen vermijden of er juist voor kiezen om met het ov te reizen of de fiets te pakken.

Betalen naar gebruik

Een andere maatregel die sterke raakvlakken heeft met verkeersmanagement, is het beperken van vervuilende kilometers, bijvoorbeeld door een heffing per gereden kilometer.

‘Beprijzen’ is in Nederland lang een politiek gevoelig onderwerp geweest. De afgelopen jaren is er dan ook weinig gesproken over en/of onderzoek gedaan naar de mogelijke manieren van betalen naar gebruik. Momenteel echter wordt er weer vrijuit verkend en onderzocht. Een ‘groene’ optie is om voertuigen met een hogere uitstoot meer te laten betalen per gereden kilometer. Dat kan op verschillende manieren positief uitpakken voor het milieu. Een deel van de reizigers zal misschien uiteindelijk een duurzamer voertuig aanschaffen, om zo de vervoerskosten te drukken. Een ander mogelijk effect is dat een deel van de reizigers minder zal reizen of een andere, dichterbij gelegen bestemming kiest. En dan is er nog de mogelijkheid dat reizigers door de heffing definitief of in ieder geval vaker kiezen voor een schonere vervoerwijze, zoals het ov of de fiets.

Schoon parkeerbeleid

Schoon parkeerbeleid kunnen we op verschillende wijzen invullen. Een optie is om in bepaalde gebieden vervuilende voertuigen meer

te laten betalen voor parkeren. In dat geval zal men wellicht een duurzamer voertuig aanschaffen (als men vaak naar die bestemming wil of moet), besluiten de reis niet te maken, ergens anders naartoe gaan of een andere vervoerwijze kiezen.

Een andere optie is om schonere voertuigen voorrang te geven bij het verlenen van een parkeervergunning. Een stad stimuleert haar inwoners zo om een duurzamer voertuig aan te schaffen of om met een andere vervoerwijze te reizen.

Routing

Een goed routeadvies helpt alle voertuigen om minder schadelijke stoffen uit te stoten: het zorgt ervoor dat een weggebruiker niet per ongeluk omrijdt en kan hem of haar bovendien helpen de route te kiezen die in totaal minder uitstoot veroorzaakt (wat voor de gemiddelde bestuurder niet altijd eenvoudig te bepalen is).

Een andere mogelijkheid is om de routing te laten afhangen van hoe inefficiënt het voertuig is, bijvoorbeeld door minder zuinige voertuigen niet toe te laten op een bepaalde stedelijke route. In dit geval zijn er twee opties. Op de korte termijn zou het interessant kunnen zijn om de minder zuinige voertuigen de kortste route te geven, zodat ze zo min mogelijk kilometers maken en daarmee zo min mogelijk uitstoten. Maar dat zal uiteraard niemand stimuleren om die oude diesel toch maar weg te doen. Een maatregel die op de lange termijn meer impact zal hebben, is om de kortste/snelste route te gunnen aan de voertuigen die efficiënter zijn en minder CO₂ uitstoten, zodat men gestimuleerd wordt een dergelijk voertuig te rijden.

Case N279: Experiment met prioriteit en verlengd groen licht

In Noord-Brabant is in het kader van het programma SmartwayZ.NL een studie gedaan naar de verkeerskundige effecten van prioriteit en extra groen voor zwaar vrachtverkeer bij iVRI's op de N279. Het doel bij deze proef was om vrachtwagens niet tot stilstand te laten komen, omdat vooral het optrekken van de vrachtwagen voor veel extra uitstoot zorgt. Uit de studie blijkt dat de prioritering tot 2% minder CO₂-uitstoot leidt en dat de maatregel het overige verkeer weinig tot niet beïnvloedt [5].

Een probleem is wel dat de maatregel inzet op kortetermijnwinst. Voor de lange termijn kan de maatregel juist uitpakken als een impliciete stimulans voor zwaar vrachtverkeer.





Stimuleren van micromodaliteiten

Is het mogelijk om met behulp van verkeersmanagementmaatregelen mensen te stimuleren te gaan fietsen? Of op een nieuwe micromodaliteit, zoals een (deel)step of een elektrische (deel)scooter, over te stappen? Dit kan inderdaad door in de stad het verkeer zo te managen en faciliteren dat dit soort modaliteiten de snelste en/of meest comfortabele optie zijn. Denk aan verkeerslichtenregelingen die voorrang geven aan deze modaliteiten, het breder maken van de fietspaden en het plaatsen van een inhaalstrook op de fietspaden waar de meeste micromodaliteiten zich bevinden. Dit kan invloed hebben op de vervoerwijzekeuze die mensen maken – en daarmee het aantal autokilometers en de CO₂-uitstoot verlagen.

Overige mogelijkheden

In de binnenstad moeten voertuigen normaliter veel remmen en optrekken: er zijn veel kruispunten en op de weg rijden sowieso veel verschillende voertuigtypen met verschillende (wens)snelheden. Dit leidt tot extra brandstofverbruik ten opzichte van een situatie waarin je ongehinderd door kan rijden. Wanneer we het remmen en weer optrekken kunnen terugdringen met verkeersmanagement, zal de uitstoot per kilometer dalen.

Ook de logistieke sector kan bijdragen door bijvoorbeeld haar stromen te bundelen en door elektrische voertuigen in te zetten in de stedelijke distributie. Dit geldt in dit geval voor wegen én vaarwegen.

2.3. MaaS, ruimtelijke inrichting en verkeersmanagement

De afgelopen jaren hebben zich behoorlijk wat nieuwe vervoerwijzen en diensten aangediend. Er komen steeds meer deelsystemen, micromobiliteit is inmiddels een buzzword en er wordt veel gesproken over en geëxperimenteerd met *Mobility as a Service* of MaaS. Dit geldt niet alleen voor personenvervoer, maar ook voor goederenvervoer: dat heeft inmiddels z'n *Logistics as a Service* of LaaS. Wat betekenen deze ontwikkelingen voor (het verkeersmanagement in) drukke steden?

Die ontwikkelingen kunnen zomaar negatief uitpakken. In de Verenigde Staten zorgen bedrijven als Uber en Lyft bijvoorbeeld voor extra congestie in steden. En het aantal verplaatsingen met deelscooters groeit er zo explosief, dat de verkeersveiligheid in het gedrang komt en de stoepen er door achtergelaten scooters soms ronduit rommelig uitzien.

In Nederland gaat het nog niet zo hard met de opkomst van Uber en Lyft. Dit komt door de Nederlandse taxiwetgeving, die ervoor zorgt dat deze diensten hier relatief duur zijn, maar die wetgeving kan op termijn veranderen. De eerste deelscooterdiensten zijn al gesignaleerd. En voor micromobiliteit geldt dat veel vormen ervan in Nederland *nog* niet toegestaan zijn, maar dat er wel vergunningaanvragen lopen. Het kan dus ook hier ineens snel gaan – de goede of de verkeerde kant op.

Het is daarom belangrijk om nu al, op voorhand, actief na te denken over deze nieuwe vervoerwijzen en -diensten. Gaat het vanzelf goed komen of is regulering nodig? Stel dat zelfrijdende taxi's realiteit worden, zijn we daar dan voldoende op voorbereid? Enzovoort.

Pilots met MaaS-diensten bieden de mogelijkheid om te verkennen wat allemaal mogelijk is en wat de impacts van verschillende diensten zijn. Maar dan moeten die pilots wel *goed* ingericht worden. Er wordt momenteel nog weinig systematisch nagedacht over wat steden en regio's nu echt willen (of zouden moeten willen, gezien hun doelen). Het MaaS-debat gaat in Nederland vooral over het creëren van een platform en van apps om gebruik te maken van de verschillende vervoerwijzen. Over wat die nieuwe diensten voor de gebruiker en voor steden en regio's betekenen, wordt echter minder nagedacht. Anders gezegd: we zijn nog erg *technology driven* bezig. Wil men wel continu multimodaal reizen? Misschien is het beter om te starten met reizigers aan te moedigen om niet elke dag met alleen de auto, trein of fiets te gaan. MaaS zou nadrukkelijk gezien moeten worden als de complete set van mobiliteitsdiensten, die makkelijk te reserveren en te betalen zijn, zodat de reiziger zich eenvoudig, naadloos, kan verplaatsen van A naar B. Vooral het samenspel tussen vervoerdiensten is immers belangrijk, zeker in de beleving van de reiziger, en overigens ook in die van de vrachtvervoerder. Een goed

alternatief voor de auto is in veel steden zeer gewenst, en er zijn meer alternatieven dan ooit, dus het is zaak die zo goed mogelijk in te zetten.

Waar veel steden en regio's overigens ook achter komen, is dat ze een grote behoefte hebben aan data over het gebruik van al die (nieuwe) vervoerwijzen. Hierover moeten zij met aanbieders van vervoer heldere afspraken zien te maken.

Nadenken over gewenste ruimtelijke inrichting

Bij het nadenken over nieuwe vervoerwijzen en hun plaats in het mobiliteitssysteem zullen we ook zeker de gewenste ruimtelijke inrichting moeten meenemen. Het *Urbanism Next*-framework [6] maakt daarbij onderscheid naar *land use* (grondgebruik) en *urban design* (stedelijk ontwerp).

Bij *land use* spelen vragen als: Waar wil je activiteiten als wonen, werken en voorzieningen hebben? Zijn er mogelijkheden tot verdichting? Welke wensen zijn er ten aanzien van groen in de stad? In de Verenigde Staten speelt bijvoorbeeld de vraag of parkeerplaatsen, die daar heel wat meer ruimte innemen dan hier, kunnen worden heringericht als parken.

Bij *urban design* gaat het erom hoe je de stedelijke omgeving vormgeeft: Hoe belangrijk is nabijheid nog, krijgen we meer verdichting of toch meer spreiding? Hoe moeten straten er in de toekomst uitzien om ruimte te bieden aan verschillende (oude en nieuwe) vervoerwijzen? Welke (combinaties of ketens van) vervoerwijzen krijgen prioriteit? Moeten er misschien langs een groot deel van de

wegen *pick-up & drop-off zones* komen, omdat er anders geregeld voertuigen midden op straat moeten stoppen om mensen op te pikken of af te zetten? Door hier goed over na te denken, kan een stad tijdig de juiste keuzes maken.

Impact op verkeersmanagement

Wat betekent dit voor verkeersmanagement? Veranderende vervoerwijzekeuzes betekenen veranderende verkeersstromen – en die dienen gemanaged te worden. Daarbij moet duidelijk zijn welke stromen prioriteit hebben, zodat we bijvoorbeeld doelgroepenbeleid kunnen formuleren en verkeerslichtenregelingen kunnen aanpassen. Keuzes hierin worden nu vaak nog niet benoemd, komen voort uit 'hoe het altijd al ging' of zijn een reactie op de meest mondige reizigers.

Naar verwachting komen er steeds meer gegevens beschikbaar op basis waarvan we kunnen managen, zodat we goed kunnen bepalen of we de fietsers of toch die volle UberPool-auto voorrang geven. Hiervoor moet die gegevensvoorziening voor (nieuwe) vervoerwijzen de komende tijd nog wel goed geregeld worden.

Sommige steden en regio's zijn al bezig met dit soort vraagstukken, of verkennen in ieder geval wat de invloed zou kunnen zijn van grote techbedrijven die opeens een enorm aanbod aan diensten loslaten op een gebied. Een voorbeeld uit het recente verleden voor een andere sector is AirBnB. Wat als een dergelijke partij zich op de transportmarkt stort en goedkoper vervoer aanbiedt dan het openbaar vervoer nu? Wie heeft dan de mechanismen in huis om snel te

reageren? Hoe snel lukt het een gemeente bijvoorbeeld om bepaalde voertuigen uit een gebied te weren?

Prijsbeleid is ook een aandachtspunt: dat moet altijd kunnen aansluiten op de heersende situatie, zeker als MaaS en automatisch rijden een grote vlucht nemen en voor veel extra voertuigen en gereden kilometers op de weg zorgen. Ook een massale overstap op elektrische auto's kan zorgen voor meer kilometers en minder inkomsten voor de overheid via de brandstofaccijnzen. In Amerika wordt hier op sommige plekken voor gecompenseerd door per rit een extra bedrag te heffen, voor taxi's maar ook voor diensten als Uber. Prijsbeleid is nu vrij statisch, bijvoorbeeld in het openbaar vervoer, maar stel dat je met MaaS dienstenbundels krijgt zoals de bundels die je bij je mobiele telefoon kan nemen. Hoe zorg je dan voor prijsdifferentiatie? Bij alles geldt: het uiteindelijke doel is dat je verkeersstromen kan sturen, zodanig dat er een goede balans is tussen doelen als duurzaamheid, verkeersveiligheid, bereikbaarheid, reiscomfort en betaalbaarheid. Verdere digitalisering van de mobiliteit maakt het allemaal mogelijk, maar we zullen de markt waarschijnlijk wel bij moeten sturen om maatschappelijke doelen te bereiken.

Conclusies

Samengevat: met het oog op het veranderende aanbod aan mobiliteitsdiensten en veranderende vervoerwijzekeuzes, moet ons verkeersbeleid en ons verkeersmanagement adaptiever worden. Dat begint al bij het ontwerpen van de stedelijke inrichting en het dwarsprofiel van een weg. Maar denk ook aan 'early warning'-indicatoren:

welke hebben we nodig om tijdig te kunnen ingrijpen als het niet de goede kant op gaat? Ook zal ons verkeersmanagement fijnmaziger moeten worden, zodat meer op doelgroepen en misschien zelfs individueel gestuurd kan worden. De data hiervoor komen steeds meer beschikbaar.

Om maatschappelijke doelen te bereiken is het belangrijk dat overheden weten wat ze willen op het vlak van de ontwikkeling van (stedelijke) regio's, vervoerssystemen en mobiliteits- en verkeersmanagement. Het is dan ook zaak dat ze zich goed voorbereiden, afhankelijk van hoe ze er in staan, op meer kaderschepend en regulerend werken. Prijsbeleid zou hier zeker onderdeel van moeten zijn.



Nico Larco over beïnvloeding reisgedrag:



“Duwen is lastig, prijsbeleid en prioriteiten stellen werkt wel”

Nico Larco is *professor of architecture* aan de University of Oregon, directeur van het Urbanism Next Center en recent *visiting researcher* bij de TU Delft en TNO. Hij onderzoekt hoe we steden duurzaam kunnen ontwerpen en hoe opkomende technologieën steden beïnvloeden. In dat kader verdiept hij zich ook in automatisch rijden en *Mobility as a Service*. Wat betekenen die voor de stedelijke omgeving?

Hoe zie je de relatie tussen stedelijke inrichting, MaaS en verkeersmanagement?

“De ontwikkelingen die nu gaande zijn, zorgen voor een *mode shift* die weer tot meer afgelegde kilometers leidt. Het aantal ritten met TNC’s² als Uber en Lyft kwam in de VS over heel 2018 uit op zo’n 3,2 miljard, tegenover 2,6 miljard ritten in 2017. Het aantal voertuigkilometers is met die TNC’s ook nog eens verdubbeld tot verdriedubbeld, vergeleken met een situatie zonder TNC’s. Dat komt omdat die Uber- en Lyft-voertuigen van klant naar klant moeten rijden – en soms maar gewoon rondrijden in afwachting van een klant. Studies laten ook zien dat met de groei van Uber het ov-gebruik afneemt. Kijk ook eens naar waar die nieuwe TNC-gebruikers vandaan komen. In grote, dicht bebouwde steden is een rit met Uber of Lyft in 60% van de gevallen een substituuat voor het ov, fietsen of wandelen – of zou de rit helemaal niet gemaakt zijn. Al met al kan de congestie zo makkelijk toenemen.

“De vraag is dan ook welke MaaS-diensten prioriteit, ‘voorrang’, moeten krijgen. En hoe doe je dat? Met een heffing per rit of per kilometer, variërend per modaliteit? Waarbij diensten als Uber of Lyft zwaarder belast worden? Want inmiddels is wel duidelijk dat ritten met Uber en Lyft niet duurzaam zijn. De mobiliteit neemt ermee toe, onder meer doordat een gebrek aan parkeergelegenheid in een gebied plots geen beperking meer is. En stel dat die diensten in de

toekomst met automatische voertuigen aangeboden worden (die ook niet in de stad hoeven te parkeren), dan zouden mensen misschien bereid zijn verder te reizen, wat steden alleen maar groter zou maken.

“Aan de andere kant: als er niet meer geparkeerd hoeft te worden, komt er in steden ruimte vrij om te verdichten. Dat is goed voor de *nabijheid* en voor de huizenprijzen. Voor verkeersmanagement is het dan wel belangrijk dat bekeken wordt of er nog genoeg ruimte is op bestaande wegen om de mobiliteit van die nieuwe bewoners op te vangen. Hoe gaan deze mensen reizen, met welke modaliteiten? Wat heel erg zou helpen, is het creëren van ov-stroken. Steden moeten duidelijk maken, voor zichzelf en de buitenwereld, welke modaliteiten prioriteit krijgen: voetgangers, fietsen, ov, micromodaliteiten, bestelbusjes, automatische voertuigen, wat dan ook. Je zou ook bepaalde wegen kunnen verbieden voor lege automatische voertuigen.”

Welke mogelijkheden zie je nu er nieuwe modaliteiten beschikbaar komen en mensen ook daadwerkelijk hun reisgedrag veranderen? Kunnen we verkeer nog wel managen? Moeten we misschien directiever optreden, of is het genoeg om reizigers en vervoerders goede diensten en goede informatie te bieden?

“Diensten als die van Uber en Lyft vergroten de mogelijkheden voor mobiliteit van veel mensen, inclusief die van ouderen en mensen met een laag inkomen. In die zin bieden de diensten oplossingen

² De (Amerikaanse) afkorting TNC staat voor *transportation network company*.

voor slechte beleidsbeslissingen in het verleden [in de VS]. De vraag is dan: is die modaliteitskeuze nog te beïnvloeden? Dat lijkt wel mogelijk, bijvoorbeeld op niet al te lange afstanden in filegevoelige gebieden, waar de fiets qua reistijd concurreert met de auto. In steden waar Uber naast autoritten ook deelfietsen aanbiedt, is zichtbaar dat het aantal autoritten en fietsritten toeneemt, maar in de spits gaat het aantal fietsritten sneller omhoog dan het aantal autoritten. Ook met tarieven kan gestuurd worden. Gek genoeg accepteerden gebruikers de extra congestieheffing die in bepaalde gebieden bovenop de Uber-tarieven kwam, vrij gemakkelijk. Ze zouden veel harder protesteren als zo'n heffing door de overheid werd opgelegd.

“Mensen zijn dus wel te beïnvloeden. Maar ze de goede kant op *duwen*, met dwingender maatregelen, is lastiger. Sommigen zijn bijvoorbeeld helemaal niet gevoelig voor prijsverhogingen. Mensen lijken ook nog niet echt bereid om ritten te delen, al zijn ze dan iets goedkoper uit. En zelfs voor diensten met riddelen blijkt in praktijk dat ze tot extra kilometers leiden: er zijn er zo weinig die delen dat de mensen die daartoe wel bereid zijn, vaak toch de enige klant zijn in het voertuig.”

Wat kunnen we in jouw ogen het beste doen om steden en het mobiliteitssysteem goed in te richten?

“Een congestieheffing invoeren om daarmee gedrag te veranderen. Of een kilometerheffing, zoals al bij autoverzekeringen gebeurt. In Nederland zijn er heel veel voordelen voor leaserijders, daar is ook

verandering in mogelijk. Op bepaalde plekken een heffing invoeren op het afzetten en ophalen van passagiers, bijvoorbeeld op plekken met toegang tot goed openbaar vervoer. In kaart brengen welke modaliteiten goed werken in welke soort omgeving of stad, voor verschillende beleidsdoelen en verschillende doelgroepen. En bij alles ervan uitgaan dat openbaar vervoer de ruggengraat vormt in steden, en dus het uitgangspunt moet zijn bij het ontwerpen van MaaS-diensten.

“Ten slotte kan je nog denken aan een *geometry tax*. Je krijgt een bepaalde ruimte die je kan innemen als reiziger, bijvoorbeeld 1 m². Als je meer wil gebruiken, bijvoorbeeld omdat je zo graag in je een-tje in de auto zit, dan moet je meer betalen. Betalen naar gebruik dus, net als bij elektriciteit en water. Zit je met meer mensen in de auto, dan kom je weer meer in de buurt van de 1 m² per persoon en betaal je minder.”



2.4. Effecten van C-ITS use cases

Rijkswaterstaat werkt binnen het programma C-ITS Next aan de opschaling en uitrol van kansrijke *coöperatieve ITS-diensten*. Welke effecten kunnen we verwachten van zo'n uitrol? Om daar een beeld van te krijgen hebben we als TrafficQuest een challenge georganiseerd. We hebben experts op het gebied van C-ITS bijeengebracht en ze vijf diensten laten bespreken, met als doel een waar mogelijk kwantitatieve inschatting van de effecten te maken. De vijf diensten zijn uitgekozen omdat deze het snelst op de markt worden verwacht. Hieronder bespreken we de resultaten van de challenge.

Filestaartbeveiliging met IVS

Filestaartbeveiliging door middel van *in-vehicle signage* (IVS) lijkt de meest kansrijke van alle C-ITS use cases. Met deze dienst krijgen bestuurders een waarschuwing dat ze op een file afrijden. Op trajecten zonder verkeerssignalering kan dat een groot effect op de verkeersveiligheid hebben.

Een actieve IVS-app stuurt voortdurend (locatie-) gegevens naar een server. Deze server berekent vervolgens welke app-gebruikers filewaarschuwingen moeten krijgen en stuurt deze uit. In essentie lijkt het dus heel erg op de functionaliteit van de portalen met wegsignalering, op één belangrijk punt na: omdat alleen app-gebruikers worden geïnformeerd, beschikken niet alle weggebruikers over dezelfde informatie. De verwachting is dat het verschil in informatie tussen de weggebruikers in enkele (extreme) gevallen iets risicoverhogend kan werken. Een ongeduldige, niet-geïnformeerde weggebruiker zou

geïnformeerde weggebruikers die langzamer gaan rijden bijvoorbeeld geïrriteerd kunnen inhalen – en dat levert dicht bij de filestaart een veiligheidsrisico op. Maar aan de andere kant kunnen we met filestaartwaarschuwingen juist kopstaartbotsingen voorkomen. Ter illustratie: in 2016 vonden er dertien dodelijke kopstaartbotsingen op de Nederlandse rijkswegen plaats en in elf van de dertien gevallen was er geen werkende signalering aanwezig [7]. In 2017 was dat bij 8 van de 9 dodelijke ongevallen het geval [8]. Om deze reden is de verwachting dat filestaartbeveiliging met IVS een netto positief effect heeft op de veiligheid. In het allerbeste scenario, namelijk dat IVS net zo effectief is als normale signalering, zou het aantal ongevallen met 19% kunnen verminderen [9].

Om de dienst goed te laten functioneren moet wel aan één belangrijke randvoorwaarde worden voldaan: overdag zal minstens 10% van de voertuigen informatie moeten leveren aan de dienst. Alleen dan is er voldoende informatie beschikbaar om betrouwbare waarschuwingen uit te sturen [10]. In de avonduren zal dit percentage nog hoger moeten zijn.

Waarschuwingen op basis van probe-vehicle data

Een tweede dienst die in de challenge is besproken, zijn *probe-vehicle warnings*, PVW. Dat werkt als volgt: wanneer een voertuig zijn airbag gebruikt of hard remt, dan zal het voertuig automatisch een waarschuwing uitsturen naar alle voertuigen om zich heen.

Waar het bij de filestaartbeveiliging vaak even duurt voordat er een melding uitgestuurd wordt, komt PVW al binnen een seconde met een waarschuwing. Zo kan deze dienst bijdragen aan het terugdringen van kettingbotsingen.

Helaas zijn er nog wat problemen rondom de techniek te slechten voordat er van een uitrol sprake kan zijn. Zo gaat een PVW uit naar elk voertuig in de buurt – ook naar voertuigen op andere rijstroken of zelfs op andere rijbanen (in tegenovergestelde rijrichting) waarop de waarschuwing niet van toepassing is. Als weggebruikers met enige regelmaat een ‘vals alarm’ krijgen, zullen zij de dienst al snel niet meer serieus nemen.

Daarnaast is er een probleem met security. Bij filestaartbeveiliging op basis van IVS sturen meerdere voertuigen gelijkwaardige berichten en zo kun je checken of een bericht wel betrouwbaar is. Maar een PVW wordt door één voertuig uitgezonden en door niemand gecontroleerd. Dit betekent dat iedereen met zendapparatuur aan de rand van de weg PVW's kan uitsturen.

Een laatste probleem betreft de ontvangst van de berichten. De zender stuurt via ITS-G5 een bericht uit. Maar er zijn nog geen chips (particulier) commercieel beschikbaar om deze op te vangen. Dat betekent dat het vooralsnog onmogelijk is om een bericht direct naar een app op de telefoon te sturen. Eventueel zou er een ontvanger in de auto zelf kunnen zitten, maar dan werkt het systeem dus alleen bij heel modern uitgeruste voertuigen.

Ondanks het feit dat voertuigfabrikanten nu al de techniek hebben om waarschuwingen uit te zenden, is er nog geen dienst die hier al goed en veilig gebruik van maakt. De dienst heeft wel potentie: als de dienst eenmaal goed werkt, zou het een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan het voorkomen van secundaire ongelukken.

Truck Parkeer Informatie

Een derde C-ITS use case is die van Truck Parkeer Informatie. Als we verzorgingsplaatsen uitrusten met parkeersensoren, dan kunnen we bezettingsinformatie doorgeven aan fleetmanagementsystemen en/of apps op mobiele telefoons. Waar verzorgingsplaatsen nu nog te kampen hebben met vrachtwagens op de vluchtstrook van de afrit en toerit – een chauffeur komt er dan pas ter plekke achter dat een verzorgingsplaats vol is – kunnen vrachtwagenchauffeurs dankzij Truck Parkeer Informatie anticiperen op volle rustplaatsen en elders een rustplaats zoeken.

De reden dat vrachtwagens op de vluchtstrook (of in woonwijken) parkeren, heeft trouwens vooral te maken met het Arbeidstijdenbesluit vervoer. Wanneer een chauffeur moet stoppen van zijn tachograaf, maar de verzorgingsplaats is vol, dan is de keuze tussen een rijtijdenboete (die kan oplopen tot 1350 euro) of een parkeerboete (230 - 380 euro) snel gemaakt. Echter, vrachtwagens op de vluchtstrook zijn een groot risico voor de verkeersveiligheid.

Als de dienst door chauffeurs wordt omarmd, dan zijn de voordelen voor de veiligheid groot, zo is de verwachting: er zullen geen (of in ieder geval minder) voertuigen op de vluchtstrook staan en chauffeurs zullen ook niet te lang doorrijden. Of dat ook echt gaat gebeuren, hangt van een aantal factoren af. De belangrijkste is dat er wel wat te kiezen moet zijn: er moeten voldoende goede (= met gewenste faciliteiten) parkeerplaatsen beschikbaar zijn binnen een redelijke reistijd.

In-vehicle waarschuwing bij bruggen en tunnels

Ook de *in-vehicle* waarschuwing voor dichtgaande bruggen en tunnels is in de challenge besproken. De dienst houdt in dat de waarschuwingslichten bij de brug of tunnel 'in het voertuig worden gebracht' via een app. De kans is zo kleiner dat automobilisten de waarschuwingen langs de wegwijk missen of negeren – en daarmee ook de kans dat er een slagboom kapot wordt gereden. Het herstellen van een slagboom bij een brug of tunnel kost namelijk zo'n 45 minuten. Gedurende die tijd staan de automobilisten stil en groeit de file, ook op eventuele omrijroutes.

Als de dienst maar één of twee slagbomen per jaar zou redden, zou dat al een enorme winst betekenen. De dienst is natuurlijk een beperkte use case en er zullen weinig mensen zijn die hiervoor een losse app zouden installeren en aanzetten, maar als toevoeging op een andere app is de dienst zeker interessant. Dan moet nog wel geregeld worden dat bruggen en tunnels op tijd de benodigde informa-

tie beschikbaar stellen. Zoals de systemen nu zijn ingericht, komen de berichten namelijk te laat bij de bestuurder terecht.

Eco-routes met prioriteit

Het idee van de dienst Eco-routes met prioriteit is om met behulp van intelligente verkeersregelininstallaties, iVRI's, bepaalde categorieën weggebruikers te 'lokken' naar een alternatieve route. Dat alternatief wordt dan aantrekkelijk gemaakt door de bestuurders daar voorrang te geven bij verkeerslichten. Verwacht wordt dat de eco-routes vooral ingezet worden om vrachtverkeer uit kwetsbare gebieden te weren en om de negatieve gevolgen van verkeer op de leefomgeving (emissies, geluid) te verlagen. De dienst kan echter ook ingezet worden om het netwerk beter te benutten.

Voor beide doelen zijn positieve en negatieve effecten te bedenken en is er geen duidelijke plus of min. Neem het voorbeeld waarin het vrachtverkeer wordt verleid om niet dwars door een kwetsbaar gebied te gaan, maar er via een eco-route omheen te rijden. Dat verbetert de luchtkwaliteit in het kwetsbare gebied, maar door het omrijden worden er wel meer kilometers gemaakt, met mogelijk in totaal meer emissies tot gevolg. Nu hoeven ze op die eco-route niet of minder te remmen voor verkeerslichten, dus dat zou weer een kleine plus betekenen. Maar of er iets onder de streep overblijft en hoeveel dan, is maatwerk en afhankelijk van de specifieke situatie.

Voor het beter benutten van het netwerk geldt hetzelfde verhaal. Door verkeer ergens weg te lokken, kan de filedruk daar verlaagd

worden. Maar er is niet gezegd dat het verkeer dat omrijdt, ook echt sneller uit is. Daar komt bij dat door de prioriteit bij kruispunten het kruisend verkeer langer moet wachten. Ook hier geldt dus dat het netto-effect afhangt van de specifieke situatie.

Samenvattend

De verwachting is dat het in de auto brengen van filestaartbeveiliging op wegvakken zonder verkeerssignalering de grootste kans op succes, op een doorbraak, heeft. Deze use case zal ook een fors effect hebben op de verkeersveiligheid. Ook Truck Parkeer Informatie is een grote kanshebber, maar dit vraagt wel een inspanning van de beheerders van de verzorgingsplaatsen: het aantal vrije plaatsen moet goed gemeten en beschikbaar gesteld worden.

De inspanning om data tijdig te publiceren is ook een eis bij het waarschuwen bij bruggen en tunnels. De methode hiervoor zou bij elke brug en tunnel gelijkgetrokken moeten worden. Maar is dat eenmaal geregeld, dan is ook deze dienst erg kansrijk – in ieder geval als aanvulling op bestaande apps.

Om waarschuwingen op basis van probe-vehicle data goed te laten werken, moeten er nog een aantal (technologische) hordes worden genomen. Deze dienst zal dus iets langer op zich laten wachten. Eco-routes met prioriteit ten slotte zouden in specifieke gevallen voor een stad of provincie goed uit kunnen pakken, maar het is niet gegarandeerd dat het altijd werkt.



2.5. Automatisch rijden

Automatisch rijden is inmiddels de hype voorbij. Steeds meer autofabrikanten implementeren rijtaakondersteunende functies in hun voertuigen, zoals *lane keeping* en *adaptive cruise control*, en het aantal ‘automatische toepassingen’ groeit nog altijd. Zoals het er nu voorstaat, is de technologie een blijver. Maar of en wanneer *volledig* automatisch rijden ervan komt, blijft nog een vraag.

Toch is het goed om alvast na te denken over de mogelijke impacts van automatisch rijden op ons verkeers- en vervoerssysteem. In deze paragraaf verkennen we de impacts langs de drie klassieke niveaus:

- (1) Verplaatsingsmarkt: ‘Welke reis maak ik en wat is mijn bestemming?’
- (2) Vervoersmarkt: ‘Van welke vervoerwijze maak ik gebruik?’
- (3) Verkeersmarkt: ‘Welke route neem ik?’

Verkeersmanagementmaatregelen bevinden zich (uiteraard) op de verkeersmarkt, maar ontwikkelingen op de verplaatsings- en vervoersmarkt bepalen wel hoeveel en welke vormen van verkeersmanagement nodig zijn [11].

De verplaatsingsmarkt

Wat bepaalt of mensen een bepaalde reis wel of niet maken en hoe wordt dit beïnvloed door de komst van automatisch voertuigen?

Omdat men in de automatische auto andere activiteiten kan uitvoeren, zullen onze activiteitenpatronen veranderen en dan met name de hoeveelheid activiteiten die we kunnen uitvoeren op een dag. Wanneer iemand bijvoorbeeld zijn of haar mail kan wegwerken tijdens de rit, dan kan die persoon gerust een half uur later op het werk verschijnen [12]. Omgekeerd kan hij ook weer eerder weg van werk, als hij ook voor de terugreis wat activiteiten inplant. Dat kan verschillende effecten teweegbrengen. Reizigers kunnen er bijvoorbeeld voor kiezen om in de ochtend een extra reis te maken voor een extra activiteit. Men kan verder weg gaan wonen, omdat de reistijd nu toch nuttig besteed wordt. En om dezelfde reden hoeven forensen minder thuis te werken. Dit alles zou tot beduidend méér ritten en kilometers leiden.

Een ander punt is, is dat er geen leeftijdslimiet meer geldt: je bent nooit te jong of te oud om in een automatisch voertuig te rijden. Hiermee wordt de groep reizigers die gebruik kan maken van automatische voertuigen groter. Ook dit zal ertoe leiden dat meer mensen besluiten om te reizen – en dat zowel de vraag als het aanbod op de verplaatsingsmarkt zal stijgen.

Dat geldt bijvoorbeeld ook wanneer er robottaxi’s komen. Wanneer er automatisch gereden kan worden en er geen chauffeur meer nodig is, dan worden ritten met deze voertuigen goedkoper. De verwachting is dat er dan vanzelf meer verplaatsingen worden gemaakt, met



als logisch gevolg dat ook het aanbod van voertuigen stijgt. En een stijgend aanbod zal het steeds gemakkelijker en aantrekkelijker maken om met een robottaxi te reizen.

De vervoersmarkt

In de VS stijgen de marktaandeelen van *transportation network companies* (TNC's) als Uber en Lyft. Dankzij deze partijen is de 'for-hire' markt sinds 2012 verdubbeld. De mensen die gebruik maken van deze services komen voor 60% uit het ov, van de fiets of doen dit in plaats van lopen [13].

In Nederland hebben Uber-chauffeurs een licentie nodig, waardoor het hier niet zo snel gaat. Maar als de regelgeving hier ooit verandert, zullen TNC's ook in Nederland een grote impact hebben. Als er geen chauffeur meer nodig is, zal deze vervoersvorm al helemaal een boost krijgen. De animo voor het ov, de fiets en lopen zal dan verder afnemen, zoals ook al bleek al uit de studie van Arcadis en TNO die we vorig jaar bespraken [14].

Een zelfde shift zou kunnen plaatsvinden in de goederenvervoersector. Op het moment dat vrachtwagens geen chauffeur meer nodig hebben, vervalt het schaalvoordeel van de trein – één machinist voor veel wagons – ten opzichte van vervoer over de weg. Als die shift inderdaad optreedt, zal dat tot meer vrachtwagens op de weg leiden. Als deze in groepen gaan rijden (platooning), zou het leed misschien te overzien zijn, maar in hoeverre vervoerders dat haalbaar achten en wat het precies oplevert, moet nog onderzocht worden. Ten slotte

maakt ook elektrisch vervoer het vervoer over de weg goedkoper en dus aantrekkelijker.

Om de shift naar de weg tegen te gaan, wordt gewerkt aan manieren om de trein aantrekkelijker te maken als goederenvervoermiddel. Denk bijvoorbeeld aan oplossingen om treinen dichter op elkaar te laten rijden, zodat het vervoer per trein minder opent houdt heeft.

De verkeersmarkt

Wat is het effect van automatisch rijden op de routekeuze? Een verkeersmanagementmaatregel die in het geval van automatisch rijden mogelijkheden biedt, is het communiceren van de 'maatschappelijk wenselijke' route. Het doel hiervan is niet om elk voertuig de kortste route aan te bieden, maar om te streven naar een systeemoptimum – de voertuigen zo te verdelen over het netwerk dat de totale reistijd van alle voertuigen zo laag mogelijk is. De maatschappelijk gezien beste route kan dan doorgegeven worden aan het automatische voertuig, die dit advies vanzelf opvolgt. Tenzij de bestuurder of passagier ingrijpt, maar waarom zou die? Want die kan zich bezighouden met andere dingen. Het hangt er uiteraard wel vanaf in welke vorm automatische voertuigen geïntroduceerd worden. In het geval van één aanbieder, zoals Uber of Lyft, zijn er goede mogelijkheden om te optimaliseren. In het geval van een groot aandeel van automatisch voertuigen in persoonlijk bezit zal dit waarschijnlijk lastiger te organiseren zijn, net als nu het geval is. Daarnaast kunnen aanbieders als Uber er ook voor kiezen ten opzichte van een concurrent net iets

extra's te bieden door bijvoorbeeld altijd de kortste route te garanderen, waarmee het systeemoptimum vervalt.

Wat is het effect van automatisch rijden op het rijgedrag? Wanneer er geen bestuurder meer nodig is, dan hebben asociale of slechte bestuurders minder invloed op de verkeersstromen. (Ervan uitgaande dat automatische voertuigen hele goede bestuurders zijn, wat nog niet gegarandeerd is.) Hiermee zou de capaciteit van de weg in theorie toenemen. Tot die tijd zal de capaciteit eerder afnemen en zal er dus meer behoefte zijn aan verkeersmanagement in de vorm van routeadvies, toeritdosering, snelheids- en strookadvies.

Een ander punt dat aandacht verdient, is de situatie dat een automatisch voertuig zichzelf 'vast' rijdt. Een voorbeeld is dat het voertuig een straat inrijdt waar aan beide kanten voertuigen geparkeerd staan en de ruimte ertussen erg beperkt is – terwijl de software van de auto nu juist wil dat er meer afstand wordt gehouden. In dat geval zou er een 'deadlock' kunnen optreden.

Een mogelijke oplossing voor zo'n situatie is het op afstand besturen van voertuigen vanuit bijvoorbeeld de verkeerscentrale. Hoeveel (menselijke) 'afstandbestuurders' hiervoor nodig zijn en of men dit wil, is nog niet duidelijk.



2.6. Kunstmatige intelligentie en verkeersmanagement

In de jaren tachtig van de vorige eeuw is er al veel geïnvesteerd in kunstmatige intelligentie, ook wel AI genoemd (*artificial intelligence*). Ondanks alle hoge verwachtingen kwam dat destijds niet echt van de grond, mede door een gebrek aan goede data. Data van goede kwaliteit zijn er nu wel in overvloed en dat zorgt ervoor dat AI eindelijk z'n weg naar de praktijk vindt – ook binnen het domein verkeersmanagement.

Voor verkeersmanagement zijn camerabeelden een interessante databron. Vaak moeten mensen die beelden nog bekijken om er informatie uit te halen, maar in de afgelopen jaar zijn er flinke stappen gezet om AI in te zetten. AI kan uit de beelden informatie genereren, maar AI wordt ook steeds vaker ingezet om die informatie te *interpreteren*.

AI voor beeldherkenning

Het gebruik van AI om camerabeelden te interpreteren is niet nieuw, ook niet in de verkeerswereld. Maar de mate waarin de technologie op dit moment gebruikt wordt, is dat wel.

Zo zijn er afgelopen jaar een aantal hoogwaardige datasets met voertuigtrajectorieën beschikbaar gekomen. In Duitsland is met AI de highD-dataset gecreëerd: een set van 110.500 verschillende voertuigtrajectoriën over een afstand van 420 meter, verzameld met behulp

van camera's op drones en geïnterpreteerd met AI [15]. De TU Delft heeft op dezelfde wijze een voertuigtrajectorie-dataset gecreëerd, maar dan met een helikopter in plaats van een drone [16]. Datasets die in de lucht worden opgenomen, hebben als voordeel dat ze in één beeld lange stukken weg kunnen vangen. Het nadeel is dat maar gedurende korte tijd aaneengesloten beelden kunnen worden verzameld, vanwege brandstof- of acculimieten. Voor dit probleem is ook al een oplossing, namelijk door een reeks van camera's op de grond te gebruiken. Elke camera bemeet een klein wegdeel, waarna software de informatie 'koppelt', zodat van de passerende voertuigen steeds een complete trajectorie over grotere afstand kan worden gevormd. Het is nog onduidelijk voor welke toepassingen deze trajectoriedata interessant zijn, maar gezien het detailniveau is de potentie groot.

Rijkswaterstaat zet de komende jaren in op slimme camera's [17]. Het primaire doel is om de objectbediening te automatiseren, die normaliter veel menskracht vergt. Maar daarnaast zien ze ook toepassingen in diverse andere velden. Zie verder het interview met Johan van Eyk, programmamanager Slimme Camera's bij Rijkswaterstaat, op pagina 54.

Simulatiemodellen verbeteren

Al decennia lang testen we verkeersmanagementmaatregelen met behulp van microsimulatie voordat we overgaan op (testen en) implementeren in de praktijk. In zo'n simulatie sturen gedragsmodellen afzonderlijke (model)voertuigen aan. De werkelijkheid wordt daarbij wel flink vereenvoudigd om de complexiteit nog enigszins aan te kunnen. AI biedt in dit opzicht interessante kansen: met behulp van trajectoriedata kan AI de gedragsmodellen mogelijk wél accuraat krijgen.

Voorspellingen doen

Sinds dit jaar is er hernieuwde aandacht om AI te gebruiken voor verkeerskundige voorspellingen. Zo is er in 2018 een begin gemaakt met het voorspellen van de langetermijnimpact van een ongeval op de doorstroming. Dit gebeurt op basis van data uit de eerste paar minuten nadat het ongeluk plaatsvond. De resultaten zijn nog niet sluitend, maar er is goede hoop dat de methode op termijn goed bruikbaar is om dergelijke voorspellingen te doen.

Komend jaar wordt ook een start gemaakt met het inschatten van globale verkeersindicatoren met AI. Door verkeersdata van de afgelopen uren te combineren met de tijd in de dag en tijd in het jaar worden reistijden, intensiteit en snelheid in een netwerk geschat.

De verwachting is overigens dat de AI-algoritmes niet beter voorspellen dan de huidige methodes. Toch is het waardevol om AI voor dit doel in te zetten, omdat AI-modellen een bredere inzetbaarheid hebben. Als bijvoorbeeld een model goed functioneert voor een stad, dan is de kans groot dat deze ook functioneert voor een andere stad, mits er data beschikbaar zijn van die stad om op te trainen.

Samenvattend

Dankzij beeldherkenningsalgoritmes ontstaan er grote en zeer gedetailleerde datasets. Deze data maken het vervolgens makkelijker om zelflerende verkeerskundige analyses toe te passen en modellen te verrijken.

**Johan van Eyk, programmamanager
Slimme Camera's bij Rijkswaterstaat:**

**“We willen uitkomen op
enkelvoudige inwinning
en meervoudig gebruik”**

Johan van Eyk, programmamanager bij Rijkswaterstaat, houdt zich sinds 2016 bezig met de inzet van zogenaamde slimme camera's. De hamvraag: hoe kunnen we camera-beelden en algoritmes inzetten voor het verbeteren van de doorstroming en veiligheid op de Nederlandse snelwegen? Rijkswaterstaat werkt bij dit onderzoek nauw samen met De Innovatiecentrale en het bedrijfsleven.

Waarom is deze innovatie met slimme camera's nodig?

“Rijkswaterstaat heeft pakweg 3.000 camera's boven en langs de snelwegen. Het is natuurlijk onmogelijk om al die beelden tegelijk op de schermen in onze verkeerscentrales weer te geven: ik schat dat we steeds maar zo'n 5% van de beelden laten zien in de centrales. Dat betekent dat ondanks alle camera's langs de weg ons 'gezichtsveld' vrij beperkt is.

“Maar als de camera's slim zouden zijn, kunnen we wél alle spitsstroken schouwen op afgevallene lading, incidenten detecteren of voertuigen op de vluchtstrook herkennen – via algoritmes. Nu komen meldingen over bijvoorbeeld ongevallen of stilstaande voertuigen op de vluchtstrook vaak nog binnen via de alarmcentrale en applicaties zoals Flitsmeister of Waze. Als slimme camera's dit zelf detecteren, is het mogelijk om direct, en dus eerder, actie te ondernemen. In theorie kunnen de weginspecteurs, politie, andere hulpverleningsdiensten en bergers dan eerder ter plaatse zijn. Als de weg daardoor ook weer eerder vrij wordt gegeven, draagt dit bij aan het verbeteren van de doorstroming en veiligheid op de weg.

“Dit verandert overigens wel de taak van de wegverkeersleider. Ondersteuning in het monitoren betekent waarschijnlijk dat er veel meer gedetecteerd wordt, oftewel: meer meldingen die een afwijking van de verkeersleiders vereisen. De ondersteuning met slimme camera's verlaagt dus niet per se de werklast van de wegverkeersleider, maar ze verhoogt wel de kwaliteit van het werk in de centrale.”



Jullie starten binnenkort een pilot met slimme camera's. Wat gaan jullie precies doen?

“Het is een pilot op de A13 tussen Berkel en Rodenrijs en Delft Zuid. Daar komen 33 nieuwe HD-camera's die in verbinding staan met de verkeerscentrale in Rhooon. De bedoeling is dat deze camera's en de bijbehorende software de wegverkeersleiders ondersteunen bij het openen en monitoren van spitsstroken en het signaleren van incidenten. De camera's geven tijdens de proef een melding bij afwijkende situaties in het verkeersbeeld, zoals een incident, pechgeval of ongewenst object op de weg.”

Dat is een mooi begin. Maar waar moeten we uiteindelijk op uitkomen?

“Het mooiste zou zijn als we uitkomen op ‘enkelvoudige inwinning en meervoudig gebruik’. Anders gezegd: dat we slimme camera’s inzetten voor verschillende toepassingen in verschillende domeinen. Nu hebben we nog gescheiden systemen voor bijvoorbeeld verkeersmanagement, handhaving en onderzoek, maar dat moet efficiënter kunnen. Denk aan één camera die zowel de verkeersleider waarschuwt bij een incident, de bestuurder van een vrachtauto waarschuwt dat zijn voertuig te hoog is voor de tunnel en bij het negeren van een rood kruis automatisch een verkeersboete verstuurt.

“De ontwikkeling van deze toepassingen vindt nu nog afzonderlijk plaats. Zo werken het Openbaar Ministerie en Rijkswaterstaat aan het registreren van het negeren van rode kruisen, wordt overbeladen zwaar transport door de Rijksdienst Wegverkeer en Inspectiedienst Leefomgeving en Transport herkend en werkt Rijkswaterstaat zelf aan het meten van voertuighoogtes voor tunnels. Maar deze toepassingen kunnen we op termijn mogelijk combineren in één camera-systeem.”

Welke uitdagingen verwacht je voor de implementatie?

“Rijkswaterstaat werkt veel met gestandaardiseerde processen die zich bewezen hebben en die berusten op technieken waarop de organisatie is ingericht. Innovatieve projecten, zoals die met slimme

camera’s, vragen vaak om een verandering van deze processen. Zo kunnen de huidige beeldschermen de resolutie van de nieuwe camera’s niet aan, is de standaard IT-infrastructuur onvoldoende geschikt en laten de voorgeschreven werkprocessen het niet toe om taken te automatiseren.

“We zijn er dus niet: de techniek van vandaag biedt nog niet de oplossingen voor morgen. Maar samen met onderzoeksinstellingen en het bedrijfsleven verkennen we de stappen om wél tot die oplossingen te komen. De techniek van vandaag heeft absoluut de potentie om de situatie op de weg voor onze klanten, de weggebruikers, te verbeteren.”





Referenties

- [1] **Ministerie van IenW, Ministerie van JenV, IPO, VNG, Vervoerregio Amsterdam en MRDH (2018)**, *Veilig van deur tot deur – Het Strategisch Plan Verkeersveiligheid 2030: Een gezamenlijke visie op aanpak verkeersveiligheidsbeleid*, december 2018.
- [2] **Aarts (2016)**, *Risicogestuurd verkeersveiligheidsbeleid – Wat is het en wat kun je er mee?*, paper gepresenteerd op het Nationaal Verkeersveiligheidscongres, 's-Hertogenbosch, 2016.
- [3] **KNMI (2018)**, *Trends in weerextremen in Nederland*, nieuwsbericht, 17 januari 2018, www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/trends-in-weerextremen-in-nederland, geraadpleegd op 30 juli 2019.
- [4] **TNO (2016)**, *Effectmeting milieuzone personen- en bestelverkeer in Utrecht*, rapport voor de gemeente Utrecht, maart 2016.
- [5] **DTV Consultants (2018)**, *Prioriteit vrachtverkeer – Een simulatiestudie naar het effect van prioriteit verlening aan vrachtverkeer op de N279*, rapport voor de provincie Noord-Brabant, september 2018.
- [6] **Larco (2018)**, *The Urbanism Next Framework*, blog, 5 juli 2018, urbanismnext.uoregon.edu/2018/07/05/the-urbanism-next-framework, geraadpleegd op 1 augustus 2019. Zie ook www.urbanismnext.com.
- [7] **SWOV (2018)**, *Dodelijke verkeersongevallen op rijkswegen in 2016 – Analyse van ongevals- en letsselfactoren en daaruit volgende aanknopingspunten voor maatregelen*, rapport R-2018-9, SWOV, Den Haag.
- [8] **SWOV (2019)**, *Dodelijke verkeersongevallen op rijkswegen in 2017 – Analyse van ongevals- en letsselfactoren en daaruit volgende aanknopingspunten voor maatregelen*, rapport R-2019-8, SWOV, Den Haag.
- [9] **Taale (2018)**, *Effecten van benutting in Nederland – Een overzicht van 210 praktijkevaluaties*, presentatie versie 4.0, 21 december 2018.
- [10] **Klunder (2016)**, *Automatic Incident Detection using Floating Car Data instead of loop detectors – comparison based on measured traffic data*, rapport TNO R 11688, december 2016.
- [11] **Immers (2011)**, *Het Transportsysteem*, college voor het vak 'Verkeerskunde basis' van de Katholieke Universiteit Leuven.
- [12] **Pudane, Molin, Arentze, Maknoon & Chorus (2018)**, *A Time-use Model for the Automated Vehicle-era*, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 93, pag. 102-114.
- [13] **Schaller Consulting (2018)**, *The New Automobility: Lyft, Uber and the Future of American Cities*, rapport, juli 2018.

[14] **Arcadis, TNO (2018)**, *Impactstudie Autonome Voertuigen*, rapport voor provincie Noord-Holland en Vervoerregio Amsterdam, juli 2018.

[15] **highD (2019)**, *The Highway Drone Dataset – Naturalistic Trajectories of 110.500 Vehicles Recorded at German Highways*, te vinden via www.highd-dataset.com, geraadpleegd op 1 augustus 2019.

[16] **Van Beinum, Farah, Wegman & Hoogendoorn (2018)**, *Driving behaviour at motorway ramps and weaving segments based on empirical trajectory data*, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, vol. 92, pag. 426-441.

[17] **Rijkswaterstaat (2018)**, *Uitvoeringsplan Wegverkeersmanagement – Verbeteren van de netwerkdiensten, Vernieuwen op basis van Smart Mobility*, mei 2018.





Nieuwe ontwikkelingen in onderzoek.

Mobiliteit is niet alleen een oplossing, maar deels ook een *probleem*, vooral door de voortdurende groei van mobiliteit. Om de nadelen tot een minimum te beperken is een gedegen kennis van verkeer en vervoer essentieel. In dit hoofdstuk bespreken we daarom relevant promotieonderzoek en bijdragen van symposia en congressen. Promotieonderzoek is wat fundamenteeler van aard. Op congressen komen vaak de (even belangrijke) praktijkervaringen aan bod.

3.1. Relevant promotieonderzoek

Het promotieonderzoek dat we in deze paragraaf bespreken, betreft allerlei aspecten van verkeer en vervoer. Vaak wordt er hard gestudeerd op een klein deelgebied, soms gaat het juist om de grote lijnen. Hoewel promotieonderzoek meestal fundamenteel onderzoek betreft, hebben de onderstaande onderzoeken steeds een duidelijke link met de praktijk.

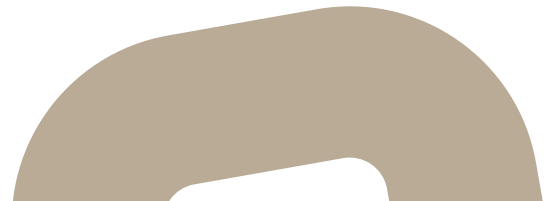
Voorspellen van het gebruik van nieuwe mobiliteitsdiensten

De aanbodkant van personenvervoer was decennialang een relatief stabiele mix van klassieke vervoersopties: auto, fiets, openbaar vervoer. Momenteel zien we een snelle transformatie naar flexibele mobiliteitsdiensten, waarvan het aanbod voortdurend evolueert onder impuls van klassieke én nieuwe vervoeraanbieders. Gebruikers hebben meer opties dan ooit en het is dan ook cruciaal, maar tegelijk bijzonder uitdagend, om te voorspellen wie nu welk portfolio van diensten en vervoermiddelen zal gebruiken. Klassieke verkeersmodellen zijn namelijk onvoldoende in staat om de meer strategische keuzes voor zo'n portfolio te verklaren.

Het onderzoek van Václav Plevka, waarop hij promoveerde aan de KU Leuven, tracht op basis van individuele meerdaagse verplaatsingspatronen iemands keuze voor mobiliteitsservices (zijn/haar 'portfolio van vervoersopties') te voorspellen. Het gaat er dan om of iemand bijvoorbeeld auto en fiets verkiest, dan wel een combi van een ov-abonnement met een deelfiets en deelauto.

Data over meerdaagse verplaatsingspatronen zijn steeds vaker beschikbaar. Dit onderzoek gebruikte data van het Duits mobiliteitspanel en van een meerdaagse enquête in Gent om het wiskundige model empirisch te schatten. Ook verkende Plevka hoe we het meerdaags portfolio-keuzemodel zouden kunnen inpassen in transportplanning met multimodaal evenwicht. De gebruikersrespons op acties van de vervoeraanbieders is volgens meerdaags evenwicht uiteraard veel genuanceerder dan in klassieke spitsperiode-modellen.

Václav Plevka, *Mobility Resource Ownership: concepts, data analysis and modeling*, PhD-thesis, KU Leuven, februari 2018.





Het potentieel van maatschappelijk gewenst routekeuzegedrag

Files ontstaan doordat vele reizigers tegelijkertijd dezelfde, snelle routes willen gebruiken. Zulk routekeuzegedrag resulteert in een gebruikersevenwicht, een netwerktoestand waarin alle reizigers de voor hen beste routes kiezen en alle reistijden op de gebruikte routes gelijk zijn. Maar het bestaande wegennetwerk wordt op deze manier niet efficiënt benut. Een maatschappelijk gezien betere toestand, het zogeheten systeemoptimum, ontstaat wanneer reizigers rekening houden met de extra reistijd die zij andere reizigers toebrengen door dezelfde weg te gebruiken. Op die manier wordt de totale reistijd in het gehele wegennet geminimaliseerd. Reistijden op de gebruikte routes zijn dan echter niet meer gelijk. En om deze netwerktoestand te bereiken, moeten sommige reizigers zich sociaal gedragen door een kleine omweg te nemen, zodat andere reizigers sneller door kunnen rijden. Hoe krijgen we reizigers zo ver om daaraan mee te werken?

Dit is het onderwerp van het proefschrift van Mariska van Essen dat zij op 5 oktober 2018 aan de Universiteit Twente verdedigde. Het onderzoek laat zien dat reizigers vaak best de sociale omweg willen nemen, in plaats van hun gebruikelijke route, wanneer dit geadviseerd wordt. Het is dan wel belangrijk dat dit een advies op maat is. Opvallend is wel dat reizigers vaker zeggen dat ze een dergelijk advies opvolgen dan dat ze dat in de praktijk ook doen.

Mariska van Essen, *The Potential of Social Routing Advice*, PhD-thesis, Universiteit Twente, oktober 2018.

Rijgedrag bij de overgang van automatisch naar handmatig rijden

Wat is het effect van coöperatieve, geautomatiseerde voertuigen op het wegverkeer? Aan mooie beloftes geen gebrek, maar hoe pakt het in de praktijk uit? Eén onzekere factor is bijvoorbeeld de *control transition*, de soms noodzakelijke overgang van automatisch naar handmatig rijden. Welke impact heeft zo'n transitie op de efficiëntie en veiligheid van de verkeersstroom?

Om over dit aspect van automatisch rijden iets zinvol te kunnen zeggen, onderzocht Silvia Varotto een systeem dat al ruim beschikbaar is, namelijk *Adaptive Cruise Control*. ACC helpt bestuurders bij het handhaven van een beoogde snelheid en afstand tot de voorligger en heeft daarom een direct effect op de longitudinale controletaak. Er zijn echter verschillende momenten waarop gebruikers besluiten het ACC te deactiveren, bijvoorbeeld als het erg druk wordt of bij het wisselen van de rijstrook. De belangrijkste doelstellingen van haar proefschrift, dat ze op 3 december 2018 aan de TU Delft verdedigde, waren om empirisch inzicht te krijgen in het rijgedrag tijdens die *control transitions* en om te modelleren wanneer bestuurders besluiten weer de (handmatige) controle over te nemen. Bevin- dingen in de rijsimulator en in een experiment op de weg toonden aan dat *control transitions* het gedrag van de bestuurder gedurende een paar seconden nadat de handmatige besturing is hervat, aanzienlijk beïnvloeden.

Het nieuwe gedragsmodel van Varotto is gevat in een raamwerk. Dit is zo generiek vormgegeven dat het ook kan worden gebruikt om de effecten en besluitvorming van bestuurders met andere Advanced Driver Assistance-systemen te voorspellen.

Silvia Varotto, *Driver Behaviour during Control Transitions between Adaptive Cruise Control and Manual Driving: Empirics and Models*, PhD-thesis, TU Delft, december 2018.

Het effect van het gebruik van mobieltjes en navigatiesystemen tijdens het rijden

Het proefschrift van Allert Knappert, dat hij op 4 december 2018 aan de TU Delft verdedigde, gaat in op afleiding als gevolg van het gebruik van de mobiele telefoon of een navigatiesysteem tijdens het rijden: hoe beïnvloedt dat de kwaliteit van het rijden? Naast een uitgebreide literatuurstudie beschrijft het proefschrift drie onderzoeken, uitgevoerd met steeds dezelfde groep deelnemers:

1. Een onderzoek in de rijnsimulator naar de effecten van vier subtaken op het uitvoeren van de rijtaak.
2. Een validatiestudie rond de validiteit van de rijnsimulator wat betreft de gekozen snelheid tijdens 'afgeleid rijden'.
3. Een onderzoek dat middels de methode van naturalistic driving in kaart brengt hoe de deelnemers het navigatiesysteem gebruiken tijdens normale ritten.

Uit deze onderzoeken blijkt dat het bedienen van een mobiele telefoon of navigatiesysteem tijdens het autorijden de rijkwaliteit en voertuigcontrole verslechteren – en de kans op een ongeval vergroten. De belangrijkste oorzaak ligt in het feit dat de bestuurder fysiek niet in staat is om zowel op de weg als naar het apparaat te kijken. Vanuit een verkeersveiligheidsperspectief zou daarom iedere vorm van afleiding die de blik van de weg haalt, moeten worden tegengegaan. Er zijn diverse manieren om te proberen het gedrag van

automobilisten te veranderen, variërend van communicatie tot wetgeving, handhaving, en technologie.

Allert Knapper, *The effects of using mobile phones and navigation systems during driving*, PhD-thesis, TU Delft, december 2018.



Turbulentie bij toeritten naar de snelweg

In de directe omgeving van toe- en afritten van autosnelwegen voeren automobilisten veel verschillende manoeuvres uit: ze rijden de autosnelweg op of af, of anticiperen juist op de in- en uitvoegende voertuigen. De manoeuvres omvatten rijstrookwisselingen, snelheidsaanpassingen en veranderingen in de afstand tot de voorligger. Dit resulteert weer in wijzigingen in de verdeling van het verkeer over de verschillende rijstroken, verschillen in snelheid en verschillen in de volgtijdverdeling op de verschillende rijstroken. In de literatuur en in de ontwerprichtlijnen wordt dit *turbulentie* genoemd. Aries van Beinum heeft dit fenomeen bestudeerd en verdedigde zijn proefschrift hierover op 20 december 2018 aan de TU Delft.

Van Beinum heeft veel verkeersdata geanalyseerd en verschillende methodes beschouwd die kunnen worden gebruikt om de gevolgen van turbulentie op de doorstroming en verkeersveiligheid te kwantificeren. Enkele voorbeelden zijn het gebruik van microscopische simulatiemodellen, *surrogate safety measures*, *crash prediction models* en rijsimulatoren. Hij constateerde daarbij dat de bestaande microscopische verkeersmodellen VISSIM en MOTUS onvoldoende realistisch de locatie en hoeveelheid strookwisselingen simuleren.

In het onderzoek zijn ook de bestaande ontwerprichtlijnen onder de loep genomen. De gewenste afstand tussen toe- en afritten en de lengte van weefvakken zijn gebaseerd op turbulentielengtes. Maar in deze dissertatie wordt een andere benadering voorgesteld, namelijk de benodigde lengte die nodig is om bestuurders te informeren over, of psychologisch voor te bereiden op, aanstaande routekeuzemomenten (bijvoorbeeld door bewegwijzering).

Aries van Beinum, *Turbulence in traffic at motorway ramps and its impact on traffic operations and safety*, PhD-thesis, TU Delft, december 2018.

Het optimaliseren van milieumaatregelen

Steeds vaker is verkeersmanagement in steden er mede op gericht milieuschade aan de omgeving te beperken. Maar het werken binnen de contouren van milieubeperkingen maakt verkeersmanagement-maatregelen minder krachtig voor hun primaire doel: vlotter verkeer. Het promotieonderzoek van Xin Lin, verdedigd aan de KU Leuven in december 2018, gaat in op deze wisselwerking en de theoretische achtergrond daarvan.

In het onderzoek is een wiskundig raamwerk ontwikkeld om de verkeersefficiëntie te optimaliseren onder de gegeven milieubeperkingen. Wegbeheerders kunnen hiermee uit de beschikbare controlemaatregelen de ingrepen kiezen die binnen strikte milieubeperkingen de beste verkeersefficiëntie bereiken.

Lin gebruikt het raamwerk op twee verschillende manieren. In een eerste toepassing vergelijkt hij theoretisch de sturing van verkeersstromen via tolgelden of extra vertragingen (bijvoorbeeld snelheidslimiet). Een wegbeheerder kan met beide opties zijn milieubeperkingen bereiken, maar tolgelden zijn over het algemeen efficiënter voor het verkeer dan extra vertragingen.

De tweede toepassing formaliseert het concept van lage-emissiezones vanuit het raamwerk. Stel dat de wegbeheerder de emissies mag beperken door tolheffing (in plaats van de traditionele toegangsbeperking). Het beste kan dat door per wegvak de congestiekosten plus een schaduwprijs voor de milieubeperking te heffen. Dat is even

goed voor de totale milieu-impact, maar veel minder restrictief voor het verkeer. Het illustreert hoe autoriteiten uit de theoretische resultaten van dit werk inspiratie kunnen putten voor een beter beleid rond de toepassing van milieubeperkingen.

Xin Lin, *Environmental Constraints in Urban Traffic Management: Traffic Impacts and an Optimal Control Framework*, PhD-thesis, KU Leuven, december 2018.



3.2. Congressen en symposia

Nationaal Verkeerskunde Congres 2018

In 2018 had het Nationaal Verkeerskunde Congres, NVC, opnieuw transitie als thema, net als in 2017. De insteek was nu: ‘Transitie zet door’. In Nederland staan we voor grote transitievraagstukken op het vlak van onder meer woningbouw, waterhuishouding en energie. Hoe gaan we daarmee om en wat betekent dat voor mobiliteit?

Het congres werd in 's-Hertogenbosch gehouden en er waren dan ook veel Brabantse bijdragen, zoals een presentatie over het mobiliteitsbeleid in 's-Hertogenbosch. Er waren opvallend veel presentaties met de (deel)fiets als onderwerp. Verder was er een debat over het versnellen van de ontwikkeling van *Mobility as a Service*, een van de grote transities op mobiliteitsgebied.

TrafficQuest had een paper ingediend over de bijdrage van verkeersmanagement aan de verkeersveiligheid. Het paper was een samenvatting van het rapport dat in het kader van een challenge was geschreven – zie ons *Verkeer in Nederland 2018*. De sessie waarin het paper werd gepresenteerd was druk bezocht en de presentatie leverde een levendige discussie op over de vraag hoe we kunnen bijdragen aan een grotere verkeersveiligheid. Aandachtspunten die naar voren kwamen, hadden betrekking op het beter in kaart brengen van

het veiligheidspotentieel van verkeersmanagementmaatregelen, aandacht voor langzaam verkeer, het expliciet formuleren van verkeersveiligheidsdoelen bij projecten, het stimuleren van in-carsystemen, maar wel met aandacht voor eventuele ongewenste/negatieve gevolgen, en het blijven inwinnen van goede ongevalsgegevens.

Alle bijdragen aan het NVC 2018 zijn te vinden op:
www.nationaalverkeerskundecongres.nl/papers-2018

De prijs voor het beste paper werd toegekend aan een paper over het effect van aantrekkelijkheid en afwisseling van fietsroutes.

ITS Forum 2018

Het Europese EU-EIP-platform organiseerde in Utrecht een bijeenkomst over verkeersmanagement in een veranderende wereld. Met 300 deelnemers uit 21 landen was dit een goed bezocht evenement waarin professionals uit beleid en praktijk hun ideeën uitwisselden over strategie, trends en ontwikkelingen en over manieren om nieuwe technologie toe te passen in de wereld van verkeersmanagement. In de openingssessie werd de nadruk gelegd op het belang van samenwerking. In de inhoudelijke sessies werd nagedacht over onder meer MaaS en evaluatie.

Meer informatie over het forum en de proceedings zijn te vinden op: its.sina.co.it/forum2018

CVS 2018

In 2018 werd het jaarlijkse Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk (CVS) gehouden in Amersfoort. Ongeveer 130 deelnemers uit praktijk, wetenschap en beleid bogen zich over het thema ‘Stads-kriebels!’.

Het thema werd toegelicht vanuit de wereld van de insecten – ook mieren, bijen, wespen en termieten leven in een overvolle ‘steden’. Interessant aan bijvoorbeeld een mierenstad is, dat er niet zoiets als

een bouwplan is, maar dat alle steden toch ongeveer dezelfde plattegrond hebben. Dit komt door zelforganisatie met simpele regels. Voor transport worden bijvoorbeeld ‘kortste paden’ gevormd. Verschillende principes uit de insectenwereld zijn inmiddels door ons mensen in de praktijk toegepast – en dat geeft maar weer eens aan dat we nog veel van de natuur kunnen leren.

Ook de Nederlandse stedenbouw kwam aan bod. Er werd onder meer een pleidooi gevoerd voor het stimuleren van interactie tussen mensen. De infrastructuur zou meer moeten verbinden en minder scheiden, was de gedachte.

De LVMB-thematafel ‘Stedelijk Verkeersmanagement’, waarin ook TrafficQuest participeert, kon dit congres over steden natuurlijk niet voorbij laten gaan. De tafel was dan ook aanwezig met twee papers: één over de inventarisatie van evaluaties van stedelijk verkeersmanagement en een tweede over de in ontwikkeling zijnde multimodale netwerkvisie.

Meer informatie over het congres is te vinden op: www.cvs-congres.nl

Transportation Research Board 2019

Op de *Annual Meeting* van de Transportation Research Board in Washington DC was in januari 2019 wederom een delegatie Nederlanders aanwezig om kennis te delen met de rest van de wereld. Uiteraard waren er vooral veel Amerikanen, hoewel een deel er niet in slaagde Washington te bereiken vanwege de vers gevallen sneeuw.

In de Amerikaanse presentaties was er veel aandacht voor *transport network companies*, TNC's, als Uber en Lyft. Die zorgen voor nogal wat extra congestie in Amerikaanse steden, zo bleek. Maar, zoals een presentator opmerkte, de TNC's halen in ieder geval mensen uit hun eigen auto – en mogelijk is dat een eerste stap op weg naar het delen van ritten. Er was ook veel aandacht voor andere vormen van *mobility on demand* en voor micromobiliteit als deelfietsen en -scooters. In Amerika gaat het met de deelconcepten in sommige steden heel hard. Vooral de deelscooters zijn bezig aan een opmars. Verder waren er diverse sessies over automatisch rijden (van automatische taxi's tot truck platooning) en de impacts daarvan. Duidelijk werd dat de introductie van automatisch rijden in combinatie met MaaS-achtige concepten behoorlijk disruptief kunnen zijn.

Relatief weinig sessies gingen over 'traditioneel' verkeersmanagement, hoewel op een aantal plekken in de wereld (onder andere Melbourne) nog volop wordt geïnvesteerd in wegkantsystemen als variabele snelheidslimieten en toeritdosering, en vooral in de netwerkbrede coördinatie van die maatregelen.

MaaS Congres 2019

Op 12 februari 2019 werd het MaaS Congres in de Rotterdamse Doelen gehouden. Ook nu weer was het een goed bezocht congres met veel interessante bijdragen. Dat begon al met de presentatie van Nico Larco over de MaaS-verschillen tussen Amerika en Nederland. Het belangrijkste verschil lijkt te zijn dat Nederland toewerkt naar horizontale integratie, waarbij alle serviceproviders samenwerken op een zelfde platform en er data worden uitgewisseld, terwijl er in Amerika sprake is van verticale integratie: grote bedrijven als Uber en Lyft richten zich op alle vormen van vervoer, maar zij doen dat apart.

De update over de zeven regionale MaaS-pilots in Nederland bood niet veel nieuws, maar wel is duidelijk dat de kennisomgeving en leeromgeving ingericht zijn en dat ook het delen van data 'ingebakken' zit.

In de sessies over bereikbaarheid was veel aandacht voor de stedelijke context en met name de verdichtingsopgave van veel steden. MaaS zou een oplossing kunnen bieden voor de mobiliteitsproblemen die de verdichtingsopgave met zich meebrengt. Wat dat betreft kan er wel iets van Gent worden geleerd, waar *Traffic Management as a Service* al een tijdje operationeel is. De effecten daarvan kunnen goed met modellen in beeld worden gebracht.

Ook de twijfels over MaaS kwamen tijdens het congres aan bod. Zijn we bijvoorbeeld echt bereid om privébezit van een voertuig op te geven? Interessant in dit verband zijn de Mobipunten in Vlaanderen. Een Mobipunt is een fysieke plaats waar alle mobiliteitsconcepten samenkomen, ook de voertuigen van de mensen zelf. Doel is de verschillende lagen en netwerken te verbinden.

Een belangrijke constatering ten aanzien van de rol van verkeersmanagement is dat verkeersmanagement de verbinding tussen voertuigen en de infrastructuur legt, terwijl MaaS de verbinding is tussen gebruikers en voertuigen. MaaS en verkeersmanagement bijten elkaar dus niet – verkeersmanagement blijft belangrijk.

PLATOS Modellencolloquium 2019

Het thema van het 19e PLATOS Modellencolloquium was 'Beweging in de metropool'. Steden hebben of krijgen te maken met steeds grotere problemen op het gebied van verkeer en vervoer. Neem een stad als Rotterdam. Er is een continue stroom van personen en goederen die de transportnetwerken in en rondom Rotterdam gebruikt, met de stad als herkomst, bestemming of simpelweg als 'doorgang'. De (bekende) gevolgen zijn congestie op de ring en in de stad, en knelpunten op het gebied van veiligheid en leefbaarheid. Natuurlijk is er beleid en worden er maatregelen genomen om de kwalijke effecten van verkeer en vervoer tegen te gaan, maar met de huidige economische ontwikkeling is het de vraag of dat voldoende is.

Het Modellencolloquium, op 13 maart 2019 in Delft gehouden, ging op problemen als die van Rotterdam in. Hoe houden we de stad bereikbaar, veilig en leefbaar? Welke ontwikkelingen in maatschappij en techniek kunnen daarbij helpen? En, uiteraard, hoe kunnen we met modellen en andere tools de effecten hiervan bepalen? In de middagsessie was er ruimte voor andere thema's, waaronder MaaS, agent-based modeling en vracht.

Meer informatie over het congres is te vinden op:

platos-colloquium.org



ITS European Congress 2019

Dit jaar was het ITS European Congress in ‘Brainport’, in de regio Eindhoven en Helmond, van 3 tot 6 juni 2019. In het Evoluon in Eindhoven vonden verschillende sessies plaats en was ook een uitgebreide beursvloer ingericht. Op de Automotive Campus in Helmond werden demonstraties rond voornamelijk automatische voertuigen georganiseerd.

De onderwerpen van de sessies in Evoluon waren ingedeeld in drie streams: *Smart cities*, *Automation* en *Mobility as a Service*. Traffic-Quest was bij verschillende interessante papersessies aanwezig. Zo was er een sessie over het rijbewijs en de impact van zelfrijdende voertuigen hierop. Een chauffeur heeft nu bepaalde competenties nodig om te mogen en kunnen rijden. Maar wanneer er voertuigen komen met een automatisering van ‘level 2’ of ‘level 3’ (SAE), dan krijgt de chauffeur vanzelf een andere rol en daarbij horen ook andere competenties. In plaats van actief besturen, wordt de rol meer die van een supervisor. Maar hoe vul je die goed in? Het gevaar is bijvoorbeeld dat een supervisor een bepaalde situatie niet goed inschat, omdat hij of zij de verkeerssituatie niet constant in de gaten houdt, zoals nu.

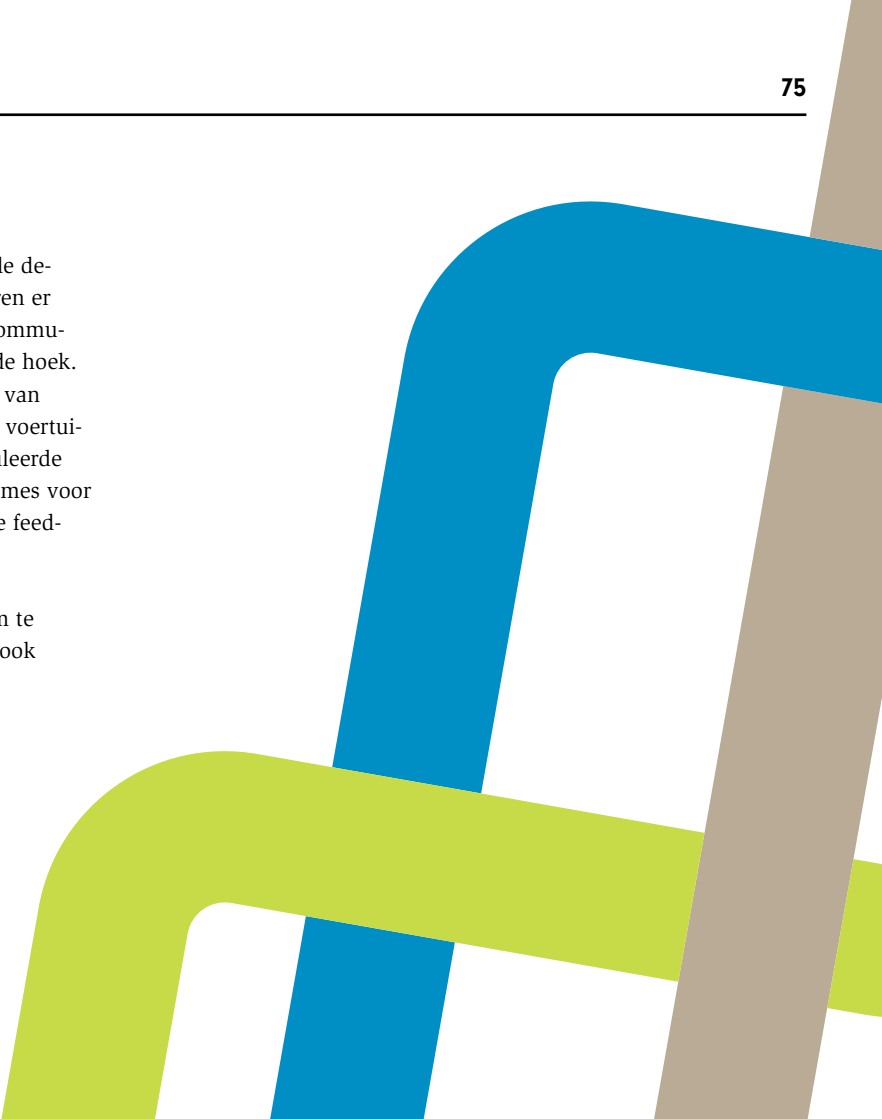
In een andere sessie volgden we enkele Nederlandse collega’s die werken aan een nieuwe formulering van *levels of automation* voor trucks. De SAE-levels die we gebruiken voor automatische voertuigen in het algemeen werken namelijk minder goed voor vrachtwagens

en *truck platoons*. In de sessie werd een eerste formulering gepresenteerd, waarbij het meer gaat om factoren als volgafstanden, in staat zijn om binnen de rijstrook te blijven en in staat zijn om zelfstandig van strook te wisselen. Een interessant punt was dat er twee typen *truck platoons* zijn: platoons waarbij de chauffeur de leiding heeft over het eerste voertuig en platoons waarbij ook het eerste voertuig automatisch rijdt. Dit moet te allen tijde duidelijk zijn, of zoals een presentator zei: “There should be no blurry interpretation of who is in charge.”

Er waren ook enkele sessies over ITS voor duurzame mobiliteit. Deze werden over het algemeen minder bezocht, misschien omdat er vrij weinig technologie in aan bod kwam. Maar er werden toch interessante inzichten gedeeld, zeker met het oog op onze klimaatdoelstellingen. Zo sprak iemand van de stad Kopenhagen over hun visie en projecten. Vanaf 2013 krijgen in Kopenhagen ‘groenere’ vervoerwijzen voorrang – de stad wil klimaatneutraal zijn in 2025. Als we kijken naar de door Kopenhagen gehanteerde *key performance indicators*, dan staan de fietsindicatoren bovenaan (indicatoren als een minimum te behalen snelheid voor fietsers) en die voor de auto onderaan, met voetgangers en OV ertussenin. De inzet van de genoemde indicatoren vereist natuurlijk een goede monitoring van alle vervoerwijzen.

Op de Automotive Campus in Helmond werden verschillende demonstraties gehouden van zelfrijdende voertuigen. Ook waren er twee coöperatieve voertuigen die met behulp van hybride communicatiesystemen informatie konden sturen over elkaars blinde hoek. Een andere demonstratie was de *hardware-in-the-loop* setup van TNO. Hierbij wordt hardware, bijvoorbeeld de kastjes die in voertuigen komen voor Adaptive Cruise Control, getest met gesimuleerde scenario's. In de setup werden op deze wijze nieuwe algoritmes voor connected en automatische voertuigen beproefd, met directe feedback vanuit het verkeerssysteem op de algoritmes.

Al met al was het ITS European Congress een goede plek om te leren, te zien en bekenden weer eens te spreken – en zeker ook om Nederland als ITS-land bij uitstek neer te zetten.







Pilots smart mobility en verkeersmanagement.

Er is de verkeers- en vervoersector veel aan gelegen om goed zicht te krijgen op de technische, verkeerskundige en organisatorische impact van C-ITS, automatisch rijden en andere technologische ontwikkelingen. Er wordt daarom volop getest, zowel in Nederland als daarbuiten. In dit hoofdstuk bespreken we een aantal grote dan wel opvallende pilots en proeven.

4.1. Proeven met CACC

Cooperative, connected and automated mobility kan een significante bijdrage leveren aan de beleidsdoelen voor doorstroming, veiligheid en duurzaamheid. Er zijn de afgelopen tijd verschillende proeven rond slimme mobiliteit georganiseerd en ook voor de komende tijd staan de nodige pilots op stapel.

In de eerste week van september 2018 heeft TNO in opdracht van provincie Noord-Holland een week lang een proef uitgevoerd op de N205 met intelligente verkeerslichten en intelligente voertuigen [1]. Intelligente verkeerslichten zijn in staat om informatie door te geven over de timing van de faseovergangen (groen-geel-rood). Als ze een peloton herkennen kunnen ze bovendien de groenfase zo verlengen, dat het peloton als geheel de groenfase haalt. In de pilot op de N205 waren de intelligente voertuigen uitgerust met *Cooperative Adaptive Cruise Control* (CACC) en met een communicatiesysteem om zich aan te melden bij verkeerslichten. De verkeerslichten herkenden hierdoor de CACC-pelotons en waren in staat om groen te verlengen.

Gedurende de proef is er vijf dagen lang getest met pelotons van drie tot zeven intelligente voertuigen over een tracé met zes intelligente verkeerslichten. Daaruit bleek dat voertuigen die gebruikmaken van CACC een positief effect hebben op de doorstroming. Helaas wordt het potentieel nog wel geremd door de voorste auto van het peloton, de ‘leider’, die met ACC rijdt. Op dit moment kenmerkt ACC zich door langzaam optrekken en vroeg remmen als het in de buurt komt

van een voorligger – en dat komt de doorstroming niet ten goede. Ook leerden simulaties met real-world data van de pelotons, dat de doorstromingsvoordelen van pelotons en slimme verkeerslichten pas echt zichtbaar worden als de helft of meer van de voertuigen CACC gebruikt. De verwachting is wel dat het aanscherpen van de algoritmes van CACC en met name ACC ervoor zorgt dat de voordelen al bij lagere penetratiegraden ontstaan.

Voor 2019 staan nog meer proeven op de agenda met CACC-voertuigen, in een project met het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Rijkswaterstaat, provincie Noord-Brabant, provincie Noord-Holland, NXP, TNO en V-tron. Er volgen nieuwe proeven met intelligente verkeerslichten. De interactie tussen CACC-voertuigen enerzijds en pijlwagens en langzame voertuigen die waarschuwingen verzenden anderzijds, zal worden onderzocht. Er komen pilots met CACC-voertuigen die zich houden aan verkeerssignalering en tot slot met CACC-voertuigen die meldingen van het verkeerssignaleringssysteem in het voertuig ontvangen, terwijl ander verkeer die niet ontvangt.

Tijdens deze proeven wordt er ook aandacht besteed aan de verschillende tactieken die een automatisch voertuig kan hebben als reactie op de informatie die wordt ontvangen. Het gaat dan om vragen als: ‘Hoe snel na een waarschuwing moet het voertuig remmen?’, ‘Hoe hard gaat het remmen?’, ‘Moet het voertuig automatisch een lang-

zaam voertuig inhalen of blijft het erachter rijden? Wanneer moet het beginnen met inhalen?'. De verwachting is dat de effecten die de CACC-voertuigen hebben, sterk afhangen van de gekozen tactieken.

Vragen over tactieken

Als we denken aan de (toekomstige) situatie dat CACC-voertuigen samen met het normale verkeer op de weg rijden, dan is tot op heden nog onduidelijk wie er verantwoordelijk is voor het ontwerpen van de complexe tactieken die nodig zijn om dat veilig én efficiënt te doen. Gaat Rijkswaterstaat opleggen hoe automatische voertuigen moeten reageren? Of moet elke voertuigfabrikant dat zelf doen? En hoe moeten deze tactieken worden ontworpen? Bestaat een tactiek uit duidelijke regels, of kan er beter gebruik worden gemaakt van kunstmatige intelligentie om menselijk gedrag na te bootsen? Dit laatste gebeurt nu al in de automatische voertuigen van Waymo in America [2]. Wat wenselijk is voor de Nederlandse of Europese situatie is nog onduidelijk, maar de geplande proeven zullen zeker genoeg *food for thought* opleveren om ook op dat punt stappen te maken.

4.2. Pilots met truck platooning

Truck platooning zou op korte termijn zomaar een van de grote disruptieve innovaties op de snelweg kunnen zijn. Het 'treintje rijden' voor vrachtauto's heeft de potentie de verkeersveiligheid te vergroten, brandstofverbruik en emissies te verlagen en congestie te verminderen – maar het zal ook de interactie tussen automobilist en vrachtwagen veranderen. Het vereist bovendien een vernieuwing van de voertuigvloot, omdat de achterliggende technologie *Cooperative Adaptive Cruise Control* in de meeste vrachtauto's nog niet beschikbaar is. Dit zijn allemaal redenen dat truck platooning nooit door Nederland alleen kan worden opgepakt, maar op (minimaal) Europees niveau aandacht verdient.

Dit jaar heeft de Europese Unie de truckindustrie opgedragen hun uitstoot te verminderen tot een bepaald niveau in 2025 en 2030, met 2019 als peiljaar [3]. Je zou denken dat dit investeringen voor truck platooning zou aanmoedigen, maar waarschijnlijk is het tegendeel waar. De Europese verordening gaat voornamelijk over emissiereductie en brandstoffen, en de kans dat platooning meetelt als maatregel is gering, vooral door de onzekerheid over de inzetbaarheid ervan. De verordening zet de industrie dus wel onder druk, maar niet in de richting van truck platooning – en het is de vraag in hoeverre truckfabrikanten er volgend jaar nog echt werk van zullen maken. Die negatieve ontwikkeling kan hooguit worden gekeerd als de EU platooning als veiligheidsmaatregel gaat zien en om die reden de technologie stimuleert dan wel verplicht.

Ondanks deze mindere ontwikkeling probeert de Europese Commissie de (door)ontwikkeling van truck platooning-technologie nog wel te stimuleren. In 2018 is bijvoorbeeld het EU-project ENSEMBLE gestart [4]. Het is een ambitieus project waarin onderzoeksinstituten en vrachtwagenfabrikanten samenwerken om standaardisatie- en communicatieafspraken te maken, zodat er *multi-brand truck platooning* kan ontstaan. Als bewijs dat dit lukt, zullen ze aan het eind van het project, medio 2021, een pilot doen waarin trucks van verschillende merken in één lang peloton rijden. Deze pilot zal plaatsvinden op de Europese snelwegen, tussen het andere verkeer.

Ondertussen tikkert Nederland hard aan de weg om een ‘truck platooning koploper’ te worden. Aandacht voor het thema is er in ieder geval voldoende. Zo worden er in het Europese programma URSA MAJOR Neo en het Nederlandse project Living lab CATALYST verschillende projecten uitgevoerd met als insteek: hoe kan truck platooning in de (Nederlandse) realiteit worden geïmplementeerd? Leren door ervaren staat daarbij centraal. Ook is er veel aandacht voor de meer ‘menselijke’ kant van de maatregel: hoe kunnen we planners helpen de technologie doelmatig in te zetten en hoe leren we chauffeurs omgaan met de nieuwe systemen?

Een ander interessant initiatief op dit vlak is het Connected Transport Corridors-programma van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Het is de bedoeling dat er vanaf begin 2020 dagelijks 200 konvoien 500 ritten op zogenaamde corridors maken. De voer-

tuigen van deze konvoien zijn nog niet uitgerust met CACC-technologie, maar vormen wel de opmaat naar de situatie dat de voor platooning geschikte CACC-voertuigen echt beschikbaar komen.

Natuurlijk is Nederland niet het enige land dat zich inzet voor deze technologie. Zweden heeft bijvoorbeeld het pilotproject *Sweden4Platooning* en in het Verenigd Koninkrijk loopt het project *HelmUK*. Deze projecten worden grotendeels gefinancierd uit overheidsgelden.

Al met al is er veel aandacht voor truck platooning. Toch moeten we ook constateren dat de technologie geen harde impuls krijgt van de autofabrikanten – en gezien de genoemde Europese uitstootverordening is de kans groot dat dat nog even zo blijft. Dat zou hooguit veranderen als Europa truck platooning als veiligheidsmaatregel gaat bezien en het om die reden verplicht stelt.

Meer informatie:

platooningensemble.eu

ursamajor.its-platform.eu

4.3. Praktijkproef Amsterdam

De Praktijkproef Amsterdam (PPA) voert grootschalige praktijktesten uit gericht op het integreren van innovatieve systemen in de auto en op de weg. De tests vinden in het gewone verkeer plaats – en dat maakt de proeven erg interessant. De organisatie achter PPA benadrukt het belang van de proeven als volgt: “Als het in de regio Amsterdam werkt, kan het in principe in elke andere stad in de wereld.” [5]

In fase 1 van de PPA, in 2014 en 2015, hebben de deelnemende partijen innovatieve systemen voor de wegwijkant en voor ‘in car’ eerst nog afzonderlijk getest [6]. Tijdens fase 2 in 2016 en 2017 is al toegewerkt naar de integratie van wegwijkant- en in-carsystemen. In de lopende en afrondende fase 3 van 2018 tot 2021 proberen de partijen de integratie daadwerkelijk te realiseren. Ze werken daartoe samen met autofabrikanten, navigatie- en serviceproviders en ITS-bedrijven in twee Europese projecten, SOCRATES2.0 en Concorda.

SOCRATES2.0 voorziet bestuurders in de auto van slimme verkeersinformatie, navigatiediensten en meldingen over gevaarlijke situaties. Het doel hiervan is om weggebruikers persoonlijk te waarschuwen of sneller te informeren over bijvoorbeeld de slimste route of rijstrook. *Fast, safe and green* zijn hierbij de sleutelwoorden. In en rondom Amsterdam nemen ruim 6000 bestuurders deel aan de proef. Ook wordt getest in Antwerpen, München en Kopenhagen.

Concorda gaat een stap verder en sorteert voor op zelfrijdende voertuigen op provinciale wegen en op wegen binnen de bebouwde kom. Samen met Fiat Chrysler en NXP testen de Concorda-partners de informatie-uitwisseling tussen de zelfrijdende voertuigen en de weginfrastructuur. Denk bij dat laatste aan matrixborden, verkeerslichten en camera’s die voetgangers en fietsers detecteren. Ook worden verschillende communicatietechnologieën getest, zoals Wifi-p en cellulair (4G).

Meer informatie:

www.praktijkproefamsterdam.nl



4.4. InterCor

Waar de Praktijkproef Amsterdam, SOCRATES2.0 en Concorda zich richten op C-ITS en automatisch rijden in stedelijke context, kijkt InterCor naar de harmonisatie van C-ITS-diensten op corridors en naar Europese, grensoverschrijdende interoperabiliteit. Het project werkt aan consistente specificaties en eisen voor communicatietechnologie en security. Het doel is ervoor te zorgen dat bijvoorbeeld Nederlandse voertuigen gebruik kunnen maken van de Vlaamse, Franse en Engelse systemen. Dat lukt al goed: tijdens een test in maart 2019 reden voertuigen van pilotlocaties in Nederland naar Vlaanderen en omgekeerd. De aangeboden diensten werkten inderdaad in beide landen.

Meer informatie:
intercor-project.eu



4.5. V2I-communicatie in China

Het Chinese ministerie van transport investeert fors en voortvarend in C-ITS-systemen voor communicatie tussen voertuig en wegwant. Dat maakt China als C-ITS-land erg interessant.

Nederland heeft in een *Memorandum of understanding* van november 2017 afgesproken met China om kennis uit te wisselen over C-ITS én om te helpen een of meer pilots in China uit te voeren. Hiervoor is namens Rijkswaterstaat de Praktijkproef Amsterdam gevraagd.

In november 2018 bracht een Nederlandse delegatie een werkbezoek aan China en daarbij is gesproken over de nieuwe snelweg tussen Beijing en Hebei Yanchong, een ruim 100 kilometer lange weg die wordt aangelegd voor de Olympische Winterspelen van 2022. De weg loopt door bergachtig gebied met extreme temperatuurverschillen. Er is afgesproken om een gezamenlijke pilot met V2I-communicatie (*vehicle to infrastructure-communicatie*) te houden over een lengte van 10 kilometer op de snelweg. Omdat het traject nog moest worden ingericht voor C-ITS was het een mooie use case om ervaring op te doen met opschalen en risico's vroegtijdig afvangen.

De pilot zelf loopt van juni tot oktober 2019. De real-time informatie en adviezen over snelheid, wegwerkzaamheden, incidenten en rijstrook komen van de verkeerscentrale, die de informatie ophaalt uit lokale databronnen over intensiteit en snelheid, zoals detectielussen en elektronische tol-transponders. Om dit gestandaardiseerd uit te voeren, zochten de partijen naar internationale samenwerking. TNO is inmiddels betrokken en er wordt nu verkend of de samenwerking verbreed kan worden.

Referenties

- [1] **TNO (2019)**, *CACC proef Noord-Holland*, rapport in opdracht van provincie Noord-Holland, rapport nr. R10146, februari 2019.
- [2] **Waymo (2019)**, *Taming the Long Tail of Autonomous Driving Challenges*, gastcollege, Massachusetts Institute of Technology, www.youtube.com/watch?v=Q0nGo2-y0xY, geraadpleegd op 27 juni 2019.
- [3] **EU (2019)**, *CO₂-emissienormen voor nieuwe zware bedrijfsvoertuigen*, aangenomen EU parlementstekst P8_TA(2019)0426, www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-8-2019-0426_NL.html, geraadpleegd op 22 juli 2019.
- [4] **ENSEMBLE (2019)**, *Platooning Together*, webtekst, platooningensemble.eu, geraadpleegd op 1 augustus 2019.
- [5] **PPA (2019)**, *Over PPA*, webtekst, www.praktijkproefamsterdam.nl/over-ppa, geraadpleegd op 1 augustus 2019.
- [6] **PPA (2019)**, *Fasering – De weg naar geïntegreerde systemen*, webtekst, www.praktijkproefamsterdam.nl/over-ppa/fasering, geraadpleegd op 1 augustus 2019.





Programma's en samenwerkingsverbanden

De wereld van verkeersmanagement en smart mobility is flink in beweging. Niet alleen wat techniek betreft, maar ook organisatorisch. Dit hoofdstuk over programma's en samenwerkingsverbanden is daar een weerslag van. Het is elk jaar weer verrassend te zien wat er allemaal georganiseerd wordt om de bestaande situatie operationeel te houden en om innovaties te ontwikkelen, testen en implementeren.

5.1. C-ITS Next

Voor Rijkswaterstaat is smart mobility een belangrijk onderwerp en de dienst is daarom in 2016 met het Programma Smart Mobility gestart. In dit programma onderzoekt Rijkswaterstaat hoe smart mobility-toepassingen in de praktijk uitpakken en wat nu echt de bijdrage is aan de maatschappelijke doelen op het gebied van veiligheid, doorstroming, leefbaarheid.

Veel van die projecten hebben we in eerdere uitgaven van *Verkeer in Nederland* besproken. Die projecten hadden niet op voorhand als doel om te komen tot opschaling en implementatie, maar dat is met het nieuwe *C-ITS Next* anders: dat gaat specifiek om opschaling en uitrol, inclusief de overgang naar productie en beheerfase (technisch, functioneel en verkeerskundig). Het idee is om binnen een periode van twee jaar vijf use cases uit te rollen. Het gaat om filestaartbeveiliging op basis van FCD in 'niet-gesignaleerde' gebieden, het detecteren van en in-car waarschuwen voor gevaarlijke situaties op basis van voertuigdata, het geven van in-car informatie over brugopeningen en het sluiten van tunnels (tunneldosering en hoogtemeldingen), het optimaliseren van vrachtroutes en het bieden van in-car informatie over parkeerplaatsen voor trucks. Zie voor meer informatie over de use cases en een inschatting van het potentieel paragraaf 2.4 in deze uitgave.

5.2. Verplaatsingspanel

Met de komst van deelmodaliteiten als scooter, fiets en step wordt het meten en monitoren van de zogenaamde 'langzame modaliteiten' steeds belangrijker. Duurzame mobiliteitsmaatregelen en trends als MaaS vergroten bovendien onze behoefte aan een goed en actueel inzicht in reismotief, modaliteit en reistijd.

Op dit moment zijn Onderweg in Nederland (ODiN)³ en Mobiliteitspanel Nederland (MPN) hiervoor de aangewezen bronnen. ODiN wordt jaarlijks uitgevoerd door het CBS: 35.000 willekeurige respondenten vullen voor dit onderzoek één willekeurige dag een reisdagboek in. Het MPN is van het Kennisinstituut voor de Mobiliteit, KiM, en bestaat uit een vaste groep respondenten van 2.500 huishoudens die elk jaar voor drie opeenvolgende dagen hun reisgedrag bijhouden. Het ODiN levert inzicht in de verplaatsingen van de Nederlandse bevolking. Het MPN brengt het verplaatsingsgedrag over langere tijd in kaart.

In april 2019 is een derde, commerciële bron gelanceerd, het Nederlands Verplaatsingspanel (NVP). Mobiliteitsexperts van DAT.Mobility verzamelen met behulp van meettechnieken en algoritmes de locatiedata van leden van het consumentenpanel Kantar TNS Nederland. Het NVP maakt hierbij gebruik van een app die continu verplaat-

³ ODiN is vooral nog bekend onder de oude naam Onderzoek Verplaatsingen in Nederland, OViN.

singsgedrag verzamelt. Van de panelleden zijn kenmerken als leeftijd, autobezit en opleidingsniveau bekend. De ontvangen GPS-data worden met behulp van algoritmes geanalyseerd om herkomst, bestemming, route, snelheid, reistijd, modaliteit en motief te bepalen. Ook worden de data gekoppeld aan het weerbeeld.

Ten opzichte van de bestaande bronnen heeft het NVP een aantal voor- en nadelen. Door de automatische analyse geeft het NVP een betere modal split voor korte ritten onder de 3 kilometer. Bij ODiN en MPN vullen de deelnemers handmatig hun reizen in en daarbij willen ze korte ritten nog wel eens vergeten. Een ander belangrijk voordeel van NVP is dat door de continue datafeed het databestand omvangrijk en actueel is. Zo omvat het nu al meer dan 1 miljoen verplaatsingen – meer dan ODiN en MPN over meerdere jaren hebben verzameld. Ook was NVP de dag na de grote OV-staking op 28 mei 2019 al in staat om inzicht te geven in het afwijkende verplaatsingsgedrag. Anderzijds zijn gebruikers van de app allemaal panelleden en dus minder willekeurig gekozen dan bij het ODiN, zijn de gebruikers niet constant zoals bij het MPN en vindt er geen enquête plaats voor achtergrondinformatie over bijvoorbeeld reiskosten of ge-

maakte keuzes. Daarnaast is het NVP een commerciële dienst en dus niet kosteloos beschikbaar voor onderzoeksdoeleinden.

Het NVP wordt inmiddels ingezet voor een aantal interessante use cases. Zo wordt de data gecombineerd met een herkomst-bestemmingmatrix om meer inzicht te krijgen in de omvang van doelgroepen voor bepaalde trajecten en op bepaalde locaties. Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat is een pilot gestart om met behulp van NVP-data de impact te onderzoeken van beleid om fietsen te stimuleren voor woon-werkverkeer. En in Schiedam worden de data ingezet om meer inzicht te krijgen in de *modal split* per woonwijk, om zo de impact van duurzaam mobiliteitsbeleid te volgen.



5.3. Mobiliteitsalliantie

De Mobiliteitsalliantie bestaat uit verschillende grote vervoerspartijen uit de Nederlandse autowereld, de tweewielerbranche, het wegtransport en het openbaar vervoer. De 25 partijen in de Mobiliteitsalliantie hebben mobiliteit als één samenhangend geheel bekeken en op basis daarvan het Deltaplan Mobiliteit 2030 uitgewerkt: een voorstel voor een bereikbaar Nederland waarin we drempelloos, veilig, comfortabel en duurzaam reizen met optimale keuzevrijheid. In juni 2019 is dit plan gepresenteerd en overhandigd aan minister Cora van Nieuwenhuizen en staatssecretaris Stientje van Veldhoven.

Het deltaplan komt met een aantal aansprekende en herkenbare voorstellen:

- Maak goede afspraken over het delen van data.
- Zorg voor voldoende aanbod van duurzame vervoersdiensten.
- Kies voor anders betalen voor mobiliteit: vervang de vaste belastingen naar een variabel systeem met een vlakke kilometerprijs op de weg.
- Zet in op innovatie en connectiviteit van voertuigen en infrastructuur.

De investeringsagenda bevat voor bijna 43 miljard euro aan infrastructuurplannen, waaronder meer ruimte voor fietsers, het verhogen van de veiligheid, het investeren in stedelijke stations en het stimuleren van deelconcepten en openbaar vervoer.

Meer informatie:
mobiliteitsalliantie.nl

5.4. TM2.0

TM2.0 is een publiek-privaat innovatieplatform dat zich richt op geavanceerd interactief verkeersmanagement met *connected vehicles*, voor synergie tussen de individuele en collectieve mobiliteitsbehoefte. Het platform is in 2014 gestart vanuit ERTICO-ITS Europe om relevante Europese partijen uit de ITS-sector samen te brengen. Leden zijn stakeholders uit de hele keten, zoals overheden, voertuigfabrikanten, serviceproviders en technologieleveranciers. Op dit moment onderzoekt een werkgroep van TM2.0 de rol van MaaS in verkeersmanagement.

Meer informatie:

tm20.org

5.5. MaaS Alliance

De MaaS Alliance is een internationaal publiek-privaat samenwerkingsverband dat werkt aan een gedeelde aanpak voor *Mobility as a Service*. Een gedeelde aanpak kan namelijk leiden tot *economies of scale* – en dat is weer nodig voor een succesvolle opschaling en implementatie van MaaS in Europa en daarbuiten. De deelnemers aan de alliantie spreken in drie verschillende werkgroepen over (1) de techniek en standaarden, (2) de gebruikers en trends in beleid, en (3) beleid- en businessmodellen voor een betrouwbaar systeem.

In februari 2019 was er de uitverkochte MaaS Alliance & TravelSpirit Open Mobility Conference over de toekomst waarbij we met één account alle modaliteiten kunnen gebruiken, onze vliegtickets kunnen aanschaffen en een reisverzekering kunnen afsluiten. In juni 2019 publiceerde de MaaS Alliance een studie over de beleidskaders en de verschillende rollen in het MaaS-ecosysteem.

Meer informatie:

maas-alliance.eu

5.6. CEDR

De Conference of European Directors of Roads, kortweg CEDR, is het platform voor nationale wegbeheerders in Europa. Het doel van de samenwerking is om gezamenlijk de infrastructuur te verbeteren en te verduurzamen. Een van de projecten van CEDR is DIRIZON, gestart in september 2018. Dit project helpt nationale wegbeheerders bij de transitie naar digitalisering en automatisering.

Bij zo'n transitie zijn data essentieel. Maar willen we die goed en effectief kunnen inzetten, dan moeten we de gegevens veilig opslaan en coderen. Door de GDPR-wetgeving is het bovendien belangrijk om na te denken over privacy. In DIRIZON werken de consortiumpartners samen om voordelen te identificeren van automatisering en digitalisering én om voorbereid te zijn op de (data-) risico's ervan. Er wordt onderzoek gedaan naar de vereisten van platforms voor gegevensuitwisseling en er worden businessmodellen verkend, met als doel tot een transitiepad te komen voor nationale wegbeheerders die willen digitaliseren.

Het consortiumteam bestaat uit TNO, AustriaTech, AlbrechtConsult, HERE en Roughan & O'Donovan Innovative Solutions.

Meer informatie:

www.dirizon-cedr.com

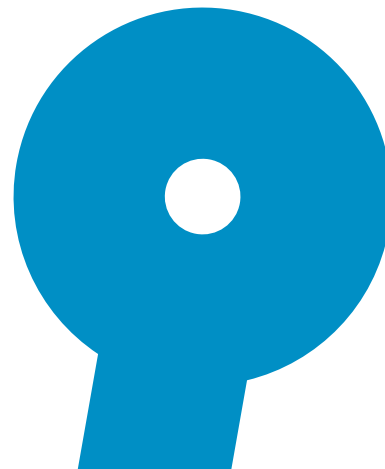
5.7. Smart Mobility Embassy

De Smart Mobility Embassy (SME) is een netwerkorganisatie van Connekt die kennis deelt en exporteert. Het is een netwerk van meer dan zestig Nederlandse smart mobility-partijen.

SME werd opgericht in 2017. Het doel van de SME is het aantrekken van buitenlandse partijen om in Nederland smart mobility-innovaties te komen testen. De organisatie is voor buitenlandse partijen een *gateway* tot Nederlandse smart mobility-kennis en -ervaringen.

Meer informatie:

www.smartmobilityembassy.nl



5.8. Krachtenbundeling Smart Mobility

De Krachtenbundeling Smart Mobility is een initiatief van het rijk, provincies, de vijf grote steden (G5) en de metropool- en vervoerregio's om krachten te bundelen en met smart mobility maximale impact te behalen. De reden om samen te werken is dat we in Nederland weliswaar een efficiënt mobiliteitssysteem hebben, maar dat de rek er wel uit lijkt. Met de krachtenbundeling willen de publieke partijen ervoor zorgen dat reizigers en vervoerders maximaal kunnen profiteren van de beschikbare technologie om ons systeem weer wat 'extra rek' te geven – en reizen in Nederland veilig, makkelijk, betrouwbaar en flexibel te maken. De partijen hopen er bijvoorbeeld voor te zorgen dat de voorwaarden voor digitalisering in de mobiliteit op het hoogst mogelijke niveau worden georganiseerd, zodat het voor (internationale) marktpartijen aantrekkelijk is om mobiliteitsdiensten te introduceren die bijdragen aan de opgaven in Nederland.

De officiële intentie tot samenwerking is getekend in oktober 2018. In de komende vier jaar ligt de focus op het realiseren van 'impact': komen tot een grootschalig gebruik van wat nu al kan en werken aan een verantwoorde introductie van nieuwe ontwikkelingen.



Over TrafficQuest.

TrafficQuest, met daarin de partners Rijkswaterstaat, TNO en TU Delft, heeft zich van 2009 tot en met 2016 beziggehouden met het ontwikkelen, samenbrengen, toepassen en verspreiden van kennis over VMI – verkeersmanagement en verkeersinformatie.

Meer dan zeven jaar bestreek TrafficQuest het hele terrein, van de meer fundamentele, theoretische kennis over VMI tot ‘operationele kennis’ over de toepassing en effectiviteit van VMI. Eind 2016 is besloten op kleinere schaal verder te gaan, en de activiteiten te concentreren op een aantal actuele challenges en op de uitgave Verkeer in Nederland.



De TrafficQuest-partners blijven ook betrokken bij een groot aantal programma's, projecten en samenwerkingsverbanden. En een deel van de activiteiten die TrafficQuest uitvoerde, worden nog steeds uitgevoerd, maar in andere programma's en door andere partijen.

Zie voor alle TrafficQuest-publicaties, oude en nieuwe, de website www.traffic-quest.nl

Colofon.

Tekst

Fieke Beemster, Paco Hamers, Henk Taale, Stefan Talen en Isabel Wilmlink

Met medewerking van: Arjen Eijk (TNO), Johan van Eyk (Rijkswaterstaat), Peter van der Mede (DAT.Mobility) en Nico Larco (University of Oregon, TNO)

Productie

Essencia Communicatie, Den Haag

Fotografie

Jeroen van den Heuvel

© 2019 TrafficQuest

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd in enige vorm zonder voorafgaande toestemming van de uitgever. Hoewel de gegevens van deze brochure met grote zorgvuldigheid zijn bijeengebracht, aanvaardt de uitgever geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onvolledigheden.







