



Delft University of Technology

Verkeer in Nederland 2021

van Ark, Ernst Jan; Beemster, Fieke; Hamers, Paco; Spruijtenburg, Dawn; Taale, Henk; Theelen, Mathilde; Vonk Noordegraaf, Diana; Wilmink, Isabel

Publication date
2021

Document Version
Final published version

Citation (APA)
van Ark, E. J., Beemster, F., Hamers, P., Spruijtenburg, D., Taale, H., Theelen, M., Vonk Noordegraaf, D., & Wilmink, I. (2021). *Verkeer in Nederland 2021*. (Verkeer in Nederland; Vol. 8). 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.

*This work is downloaded from Delft University of Technology.
For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to a maximum of 10.*



Verkeer in Nederland 2021



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	15	
1.3. Luchtkwaliteit in cijfers	19	
1.4. De invloed van COVID-19 op de verkeersafwikkeling op het hoofdwegennet	20	
1.5. Samenvatting	25	
2. De thema's van 2021	30	
2.1. Logistiek en verkeersmanagement	31	
2.2. Sociale inclusie	36	
2.3. Verkeersveiligheid en modellen	40	
2.4. Kunstmatige intelligentie in het verkeersdomein	44	
2.5. Milieubaten van connected mobility	50	
3. Nieuwe ontwikkelingen in onderzoek	58	
3.1. Relevant promotieonderzoek	59	
3.2. Congressen en symposia	64	
3.3. Overig onderzoek	68	



4. Pilots smart mobility en verkeersmanagement

4.1. Crowdmanagement	74
4.2. SUMMALab	78
4.3. Pilots met iVRI's	80
Ronald van Katwijk	86

5. Programma's en samenwerkingsverbanden

5.1. Diverse fondsen	91
5.2. Nationaal Dataportaal Wegverkeer	94
5.3. Mobiliteitsalliantie	96
5.4. Multimodaal netwerkkader	98
Over TrafficQuest	100
Colofon	101

Voorwoord.

Met deze nieuwe uitgave blikken we terug op 2020. Dat jaar zal de geschiedenisboeken ingaan als ‘het jaar van de coronapandemie’ – of misschien zelfs als ‘het eerste jaar van de pandemie’. Voor Nederland begon de ellende in maart 2020. Door strenge en minder strenge lockdowns stond vanaf dat moment ook de hele verkeer- en vervoerwereld op z’n kop.

Op de consequenties voor verkeer en vervoer komen we uiteraard terug in hoofdstuk 1, waarin we gewoontegetrouw de verkeerscijfers doornemen. Alleen de figuren in dat hoofdstuk spreken al boekdelen: in vergelijking met 2019 maken de cijfers over de afgelegde afstand, filezwaarte en vertraging een vrije val in 2020. Het is de vraag wat er op de langere termijn van overblijft, maar leerzaam was die daling zeker. We waren die overvolle wegen en straten in vooral de Randstad misschien iets té gewoon gaan vinden en we hebben even kunnen proeven hoe verfrissend ‘minder’

kan zijn. Ook het feit dat het aantal verkeersdoden daalde (al was dat relatief niet zoveel als je zou verwachten) en de uitstoot van schadelijke stoffen fors afnam, was een *eye opener*. Ons verkeer- en vervoersysteem heeft ons veel goeds gebracht, maar we vergeten weleens hoe ernstig de ‘neveneffecten’ zijn van drukte op de weg.

Wat dat aangaat hebben we alle reden om te blijven sleutelen aan ons verkeer- en vervoersysteem. Daarbij gaat het niet alleen om ‘slimme verkeersmanagementingrepen om nóg meer verkeer te kunnen laten rijden’, maar zeker ook om meer maatschappelijke thema’s. In deze uitgave komen er een aantal voorbij. In paragraaf 2.3 bespreken we bijvoorbeeld hoe verkeersmodellen ons kunnen helpen de verkeersveiligheid proactief te verbeteren. Kunstmatige intelligent kan verkeer ook veiliger en schoner maken – zie 2.4. In paragraaf 2.5 gaan we in op de mogelijke milieubaten van ‘con-

nected mobility'. En in 2.2 laten we zien welke rol mobiliteit kan spelen om sociale inclusie te bevorderen.

Die scherpere focus op mens en omgeving is geen gevolg van corona als zodanig. Het past in een tijd waarin we iets beter lijken te beseffen dat er op een aantal fronten grote inspanningen en veranderingen nodig zijn. Denk aan klimaat en milieu: de discussies of het allemaal zo'n vaart loopt, liggen inmiddels wel achter ons. Het probleem wordt serieus genomen en verkeer en vervoer zal z'n steentje moeten bijdragen. Ook het feit dat we wat verkeersveiligheid betreft al lang niet meer het beste jongetje van de klas zijn, noopt tot actie. En dan die woningcrisis. Er moet heel veel woningen bijkomen en daar horen interessante mobiliteitskeuzes bij. Op hoeveel parkeerplaatsen per nieuw huis mikken we? Hoe ontsluiten we de wijk? Wat kunnen we met hubs? Met MaaS wellicht? Het zijn uitdagingen voor het vakgebied, maar ook kansen. Het wordt

duis spannend de komende tijd – en we zien al uit naar de resultaten van die pilots en samenwerkingsverbanden die we in hoofdstuk 4 en 5 bespreken.

Het is trouwens wel extra jammer dat we elkaar door de corona-problemen, nog altijd zo weinig zien. Juist met dit soort opgaven hebben we de interactie met concullega's nodig! Op het moment dat we dit schrijven gaan de besmettingscijfers net steil omhoog. Laten we hopen dat we weer snel grip op het virus krijgen. Wie weet kunnen we dan volgend jaar voor het laatst terugblikken op 'de gevolgen van de lockdown'!

We wensen je veel leesplezier!

Henk Taale & Isabel Wilmink, november 2021





De verkeersafwikkeling in Nederland.

Al bijna anderhalf jaar is alles anders dan anders. De avondklok, thuiswerken, online les volgen, quarantaines, mondkapjes in het ov, de anderhalve-metermaatregel – er is veel uit de kast getrokken om de pandemie te bedwingen en de zorg te ontlasten. Deze maatregelen hadden uiteraard ook een impact op de verkeersafwikkeling in het afgelopen jaar. Ook die was (heel) anders dan anders.

Een jaar waarin we massaal het reizen naar werk vervangen door wandelen in het park, is natuurlijk geen normaal verkeersjaar te noemen. Alle cijfers die voorbijkomen in dit eerste hoofdstuk van Verkeer in Nederland moeten we dan ook zien in het licht van de pandemie. De verkeerskundige trends duiden is er niet bij dit keer, simpelweg omdat er even geen trends meer waren. Terwijl bijvoorbeeld de congestie in 2019 nog toenam met 14% in vergelijking met het jaar ervoor, daalde die in 2020 met maar liefst 68%. [1, 2] Volgens de ANWB kwam dit door de oproep om thuis te werken. [3] Die oproep was natuurlijk heel bepalend, maar in feite deden mensen *allerlei* activiteiten minder.

In dit hoofdstuk laten we gewoontegetrouw de belangrijkste cijfers over verkeersafwikkeling, verkeersveiligheid en luchtkwaliteit de revue passeren. Een blik vooruit werpen – ‘gelet op de ontwikkelingen, verwachten we voor de komende tijd zus en zo’ – is er zoals gezegd niet bij. Maar deze bijzondere tijd biedt ons wél een unieke kans om nieuwe inzichten op te doen. Wat leren de cijfers ons bijvoorbeeld over de relatie tussen verkeersdrukke en congestie? In onze casestudie, paragraaf 1.4, gaan we daar op in.

1.1. Verkeersafwikkeling in cijfers

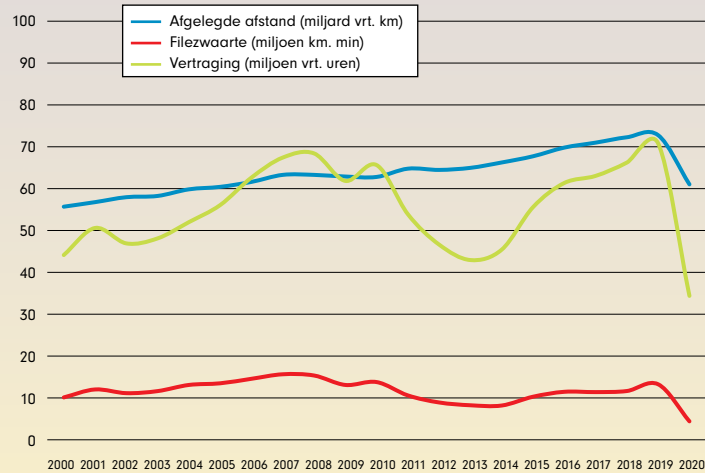
Ontwikkelingen hoofdwegennet

We beginnen met de cijfers van de verkeersafwikkeling op het hoofdwegennet. In 2020 werden er fors minder *voertuigkilometers* afgelegd. De daling ten opzichte van 2019 bedroeg 11,9 miljard kilometers, ongeveer 16%. Ten opzichte van het jaar 2000 is de groei nu nog slechts 10%, terwijl dat in 2019 nog 31% was. Op de provinciale en stedelijke wegennetten was de daling ongeveer net zo groot, namelijk 10,9 miljard kilometers oftewel 17%.

In 2020 braken we ook laagterecords wat vertraging en filezwaarte betreft.¹ De *vertraging* is met 52% afgenomen ten opzichte van 2019 en is sinds 2000, het eerste jaar dat we hierover gegevens hebben, niet zo laag geweest. Ook de *filezwaarte* nam spectaculair af, met 68%. Door de in de loop der tijd veranderde manier van meten kunnen we er geen harde uitspraken over doen, maar het lijkt erop dat we met de hoeveelheid files terug zijn op het niveau van ongeveer 25 jaar geleden.

De ontwikkeling van de genoemde congestie-indicatoren sinds 2000 hebben we weergegeven in [figuur 1](#). Opvallend is dat in 2020 de vertraging veel sterker is gedaald dan de afgelegde afstand. Dat wijst erop dat de relatie tussen de afgelegde kilometers en vertraging niet een-op-een is. We komen hier in de casestudie op terug.

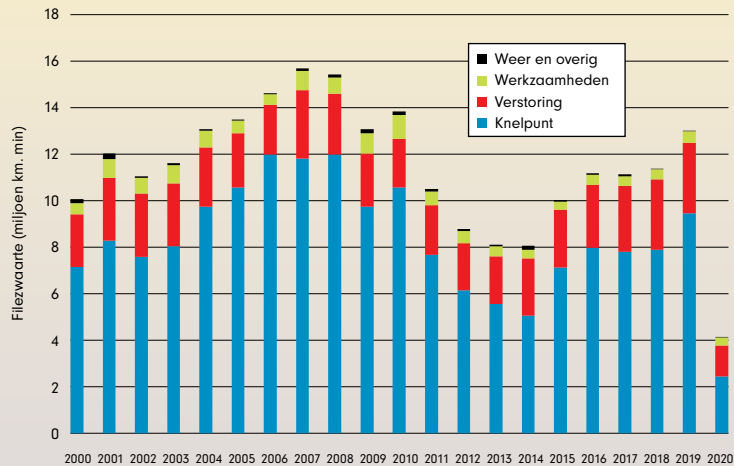
¹ De vertraging wordt bepaald ten opzichte van reistijden die horen bij een snelheid van 100 km/uur. Met de filezwaarte doelen we op de duur maal lengte van een file, uitgedrukt in kilometerminuten. Op het hoofdwegennet is sprake van een file als de snelheid onder de 50 km/uur zakt.



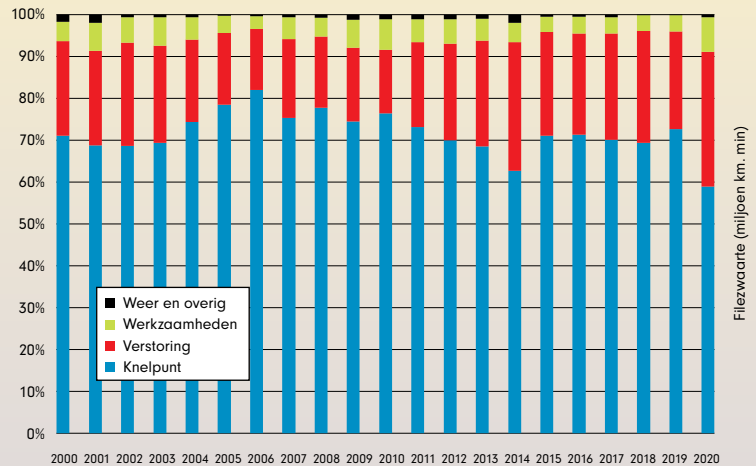
Figuur 1: Indicatoren hoofdwegennet (bron: Rijkswaterstaat).

Dan de *oorzaken van files* – zie [figuur 2 en 3](#). In absolute zin zijn de files door knelpunten, verstoringen en wegwerkzaamheden alle fors afgenomen. Maar omdat dat niet in gelijke mate gebeurde – de afname bij de oorzaak ‘knel-

punten’ was relatief het grootst – waren de verhoudingen tussen de verschillende oorzaken in 2020 wel fors anders. Het aandeel files door knelpunten daalde van 73 % in 2019 naar 59 % in 2020. Het aandeel files door verstoringen steeg



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



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

juist van 23% naar 32%. Voor werkzaamheden steeg het aandeel van 4% naar 8%. Dat is overigens nog steeds lager dan de afgesproken drempelwaarde van maximaal 10% van de totale filezwaarte.

Het is niet zo dat door de verminderde hoeveelheid files de knelpunten in ons wegennet heel anders zijn geworden – zie [tabel 1](#). Acht trajecten kwamen vorig jaar ook al in de *File Top 10* voor.

Positie	Weg	Traject van	Traject naar	Koplocatie
1 (1)	A20	Hoek van Holland	Gouda	tussen Crooswijk en Terbregseplein
2 (2)	A1	Amsterdam	Apeldoorn	tussen Hoevelaken en Barneveld
3 (5)	A20	Gouda	Hoek van Holland	tussen Moordrecht en Nieuwerkerk a/d IJssel
4 (3)	A20	Hoek van Holland	Gouda	tussen Nieuwerkerk a/d IJssel en Moordrecht
5 (12)	A16	Breda	Rotterdam	tussen Rotterdam-Alexander en Terbregseplein
6 (7)	A16	Rotterdam	Breda	tussen Feijenoord en Ridderkerk-Noord
7 (4)	A4	Amsterdam	Den Haag	tussen Zoeterwoude-Rijndijk en Zoeterwoude-Dorp
8 (14)	A20	Gouda	Hoek van Holland	tussen Rotterdam-Crooswijk en Rotterdam-Noord
9 (8)	A4	Den Haag	Rotterdam	tussen Ketheltunnel en Kethelplein
10 (6)	A27	Utrecht	Gorinchem	tussen Lexmond en Noordeloos

Tabel 1: De File Top 10 van 2020.

Alleen de twee trajecten rond Arnhem die er vorig jaar in stonden, zijn vervangen door twee trajecten in de buurt van Rotterdam. [Figuur 4](#) toont de gemeten filezwaarte per File Top 10-knelpunt. De meeste knelpunten lieten tussen 2015 en 2019 elk jaar een toename in omvang zien, maar in 2020 nam de filezwaarte fors af. Relatief gezien vond de grootste afname plaats op de A27 tussen Lexmond

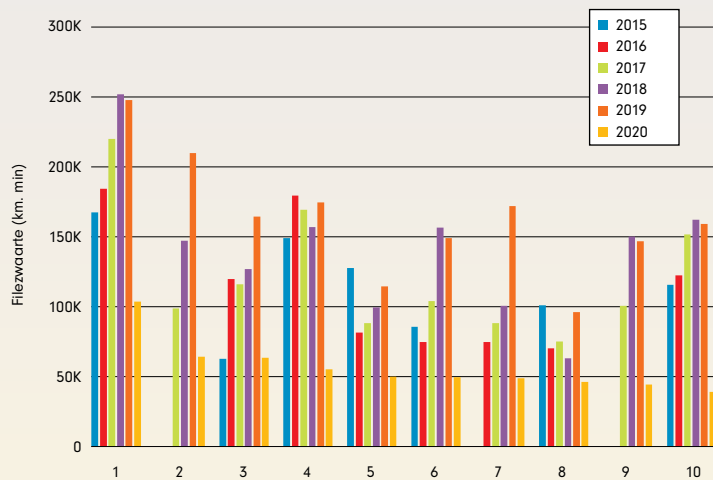
en Noordeloos: 76% minder dan het jaar ervoor. Ook op de A4 tussen Zoeterwoude-Rijndijk en Zoeterwoude-Dorp was er een grote afname (72%), net als op de A4 tussen de Ketheltunnel en het Kethelplein (70%).

Op basis van de beschikbare gegevens hebben we als TrafficQuest ook de *reistijdindex* bepaald. Die geeft de gemiddelde extra reistijd aan, vergelen met een rit zonder vertraging. In vergelijking met 2019 is deze index in 2020 met 4,1 procentpunt gedaald tot 5,6%, het laagste sinds 2000 – zie [figuur 5](#). Die 5,6% betekent dat een willekeurige rit (over het hele etmaal) die een uur zou moeten duren, in 2020 gemiddeld 63 minuten en 22 seconden duurde.

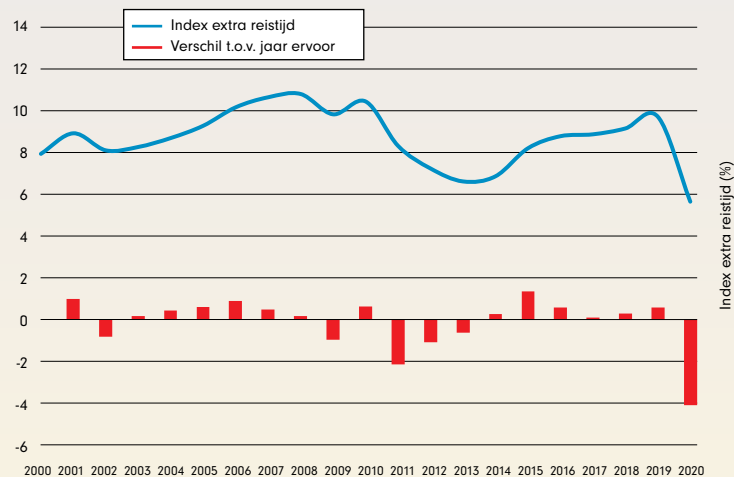
Ontwikkelingen stedelijk wegennet

De jaarlijkse *Traffic Index* van TomTom geeft een goed beeld van de verkeersafwikkeling in steden. [\[4\] Figuur 6](#) toont de ontwikkeling van de congestie-index voor een aantal steden in Nederland. Duidelijk is dat de coronacrisis ook daar een grote invloed heeft gehad op de congestie. Was er vorig jaar nog een stijging te zien, nu is voor alle steden de congestie-index gedaald en schommelt deze rond het niveau van 2014.

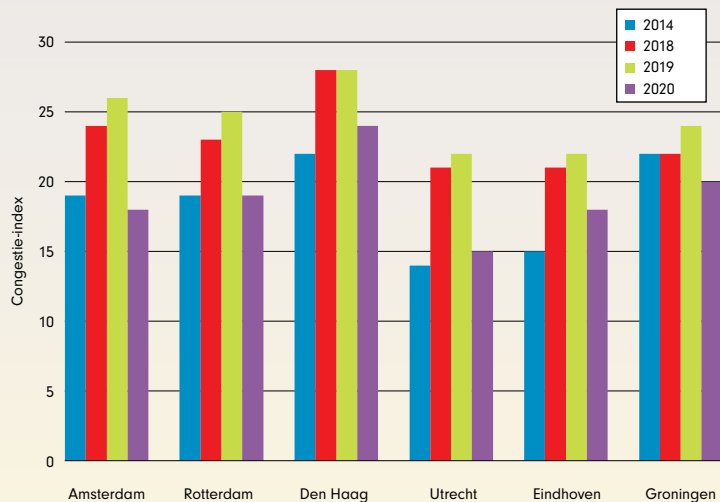
In voorgaande jaren veranderde INRIX een aantal keer de wijze waarop het z'n *Global Traffic Scorecard* samenstelde – en dat maakte het lastig om nieuwe scores met die van het jaar ervoor te vergelijken. Maar de scoretoekenning in 2020 lijkt identiek aan die van 2019, dus vergelijken is weer mogelijk. [\[5\]](#)



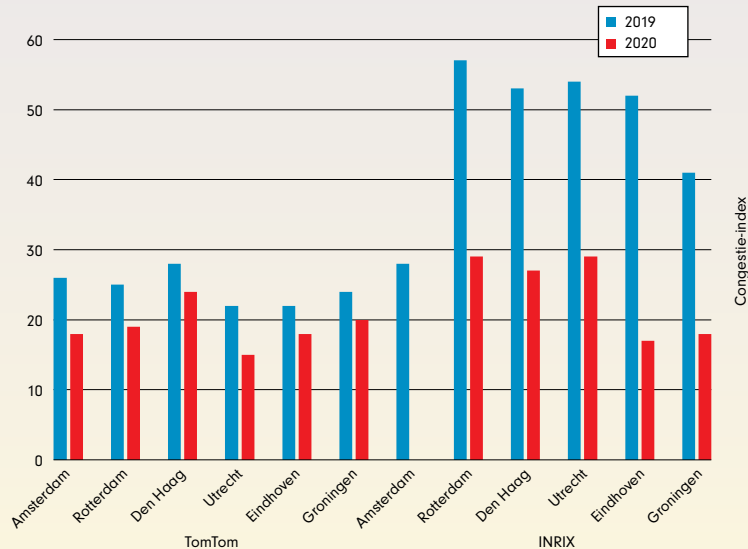
Figuur 4: De ontwikkeling van de filewaarde op de trajecten uit de File Top 10, van 2015 tot 2020



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



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



Figuur 7: Indices voor verschillende steden (bron: INRIX & TomTom).

INRIX hanteert een getal voor het aantal vertragingen. Daarmee is deze index anders dan die van TomTom, maar we kunnen de ontwikkeling in de tijd wel vergelijken – zie [figuur 7](#). Opvallend is

dat volgens INRIX Amsterdam in 2020 geen vertraging zou hebben gehad. In de andere steden is de vertraging (meer dan) gehalveerd. TomTom laat een kleinere daling zien.

1.2. Verkeersveiligheid in cijfers

Doordat er in 2020 minder verplaatsingen waren en minder kilometers werden gereden, deden zich ook minder ongevallen voor en vielen er minder *verkeersdoden*. Er waren al met al 51 minder dodelijke slachtoffers te betreuren, namelijk 610 verkeersdoden in 2020 tegenover 661 in 2019. [6] Deze afname is zonder meer positief te noemen, maar het in 2008 gestelde beleidsdoel van ‘maximaal 500 verkeersdoden in 2020’ is hiermee niet gehaald.

Bij de uitsplitsing naar vervoerwijze zien we in 2020 een omgekeerde beweging in vergelijking met 2019. In 2019 daalde het aantal doden bij fietsers nog (-25), maar in 2020 steeg dit weer (+26). Bij motorfietsen was er in 2019 een stijging (+10), maar in 2020 een daling (-8). [7]

De dalende trend in het aantal doden bij voetgangers van de afgelopen jaren was ook in 2020 zichtbaar (-8).

Wat betreft de leeftijdscategorieën zette de daling van 2019 in verkeersdoden bij senioren van 70 jaar en ouder (-23) door in 2020 (-24). Ook in de andere leeftijdscategorieën daalde het aantal doden, behalve bij de jeugd (jonger dan 20 jaar). Daar bleef het aantal gelijk – een zorgelijk gegeven.

Op specifiek het hoofdwegennet nam het aantal dodelijke verkeersslachtoffers af van 81 in 2019 tot 55 in 2020.

Over de *ernstig gewonden* hebben we op het moment van schrijven nog geen cijfers over 2020. In 2019 nam dit aantal gelukkig weer af: terwijl er in 2018 nog sprake was van een toename van 4,3% ten opzichte van het jaar ervoor, waren er in 2019 1,4% minder ernstig gewonden. [8]

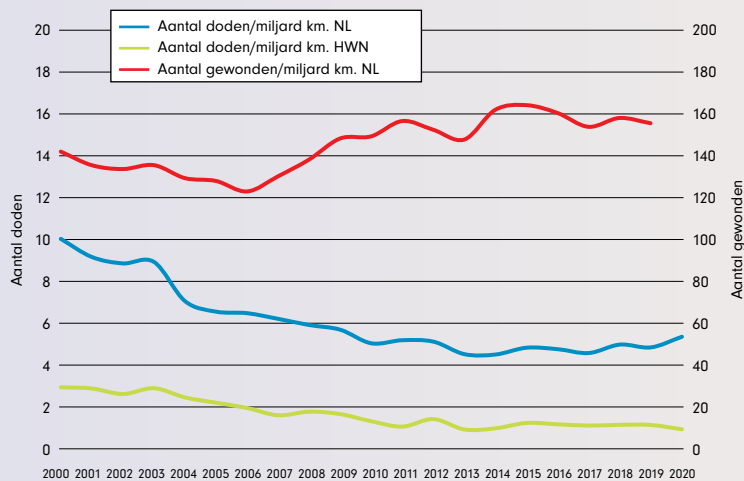
In 2019 viel meer dan de helft van de verkeersgewonden (van licht tot ernstig) bij een verkeersongeval waar géén gemotoriseerd voertuig bij betrokken was. Als we kijken naar het aantal fietsongevallen, dan was er in maar liefst 82% van de gevallen geen gemotoriseerd voertuig bij. Een groot deel van het aantal verkeersongevallen met letsel is dus tussen fietsers onderling of tussen fietsers en voetgangers.

Figuur 8 geeft de relatieve getallen weer, namelijk het aantal verkeersdoden en ernstig gewonden per miljard gereden voertuigkilometers. Voor het hoofdwegennet zien we dan een lichte daling: in 2020 daalde het aantal kilometers op het hoofdwegennet, maar het aantal dodelijke slachtoffers daalde nog net iets harder. Helaas is dat beeld anders als we naar alle wegennetten samen kijken, want over de hele linie steeg het aantal doden per kilometer. Het is lastig om hier een oorzaak aan te koppelen, maar de stijging – die zich dus puur voordeed op de *overige* wegennetten – zou kunnen komen doordat het verkeersbeeld rustiger was en er met hogere snelheden werd gereden.

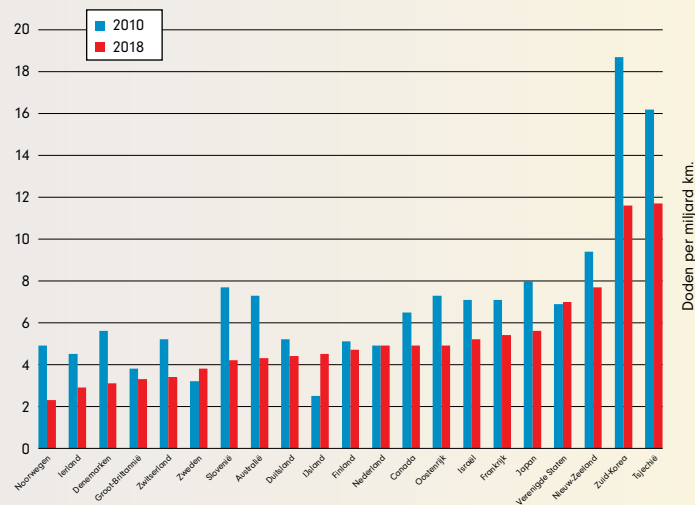


Tot slot noemen we nog de internationale verkeersveiligheidscijfers van IRTAD. [9] Deze ranglijst dodelijke verkeersslachtoffers per miljard kilometers per land is tot en met 2018 bijgewerkt – zie figuur 9. Nederland is inmiddels voorbijgestreefd door Finland, Australië en Slovenië en daarmee gezakt van plaats 9 (2017) naar plaats 12 (2018). Die plek deelt Nederland met Canada en Oostenrijk, die dezelfde cijfers halen. Merk op dat Nederland in deze ranglijst voor het eerst sinds jaren buiten de top 10 valt. Het is overigens niet zo dat Nederland het slechter is gaan doen, maar andere landen zijn erin geslaagd meer stappen te maken op verkeersveiligheidsgebied.

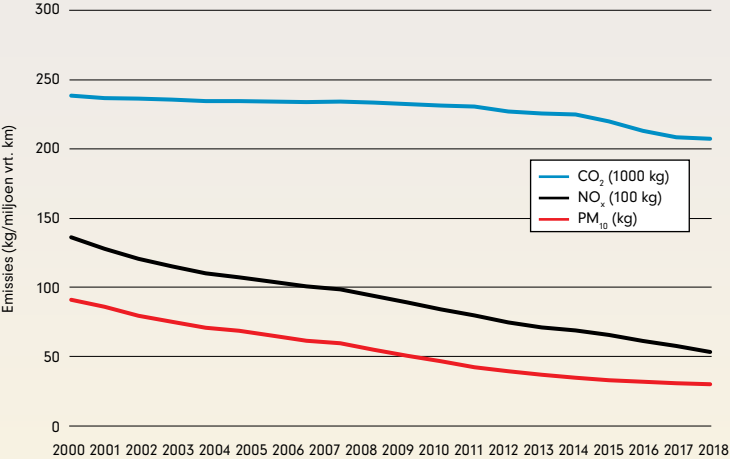




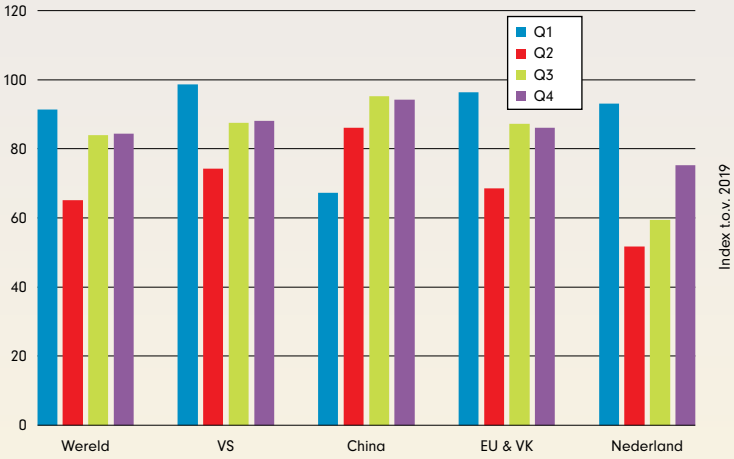
Figuur 8: Ontwikkeling aantal verkeersdoden en ernstig gewonden, relatief (bron: Rijkswaterstaat en CBS).



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



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



Figuur 11: CO₂-emissie door transport (bron: Carbon Monitor).

1.3. Luchtkwaliteit in cijfers

De uitstoot van NO_x en PM_{10} door het wegverkeer blijft dalen. In 2019 lagen deze emissies respectievelijk 7,9% en 2,6% lager dan in 2018. [10] Let wel: in 2019 steeg het aantal gereden kilometers nog iets, maar desondanks daalden de emissies fors. Dat gaat wat minder op voor de uitstoot van CO_2 door het wegverkeer. Deze is in 2019 wel iets gedaald, namelijk 0,4% ten opzichte van 2018, maar erg hard gaat het niet en de daling lijkt ook te stabiliseren. Zie [figuur 10](#) voor de cijfers sinds 2000.

De situatie voor 2020 is natuurlijk heel anders. Er is dat jaar door corona veel minder gereden; ook andere vormen van transport daalden in omvang. In [figuur 11](#) laten we voor een aantal landen de aan transport gerelateerde emissie van CO_2 per kwartaal zien. [11] Duidelijk is dat in 2020 de uitstoot van verkeer op de weg en de luchtvaart een stuk lager ligt dan in 2019. Voor de hele wereld is de afname ongeveer 19%, voor Nederland ongeveer 30%.



1.4. Casestudie: De invloed van COVID-19 op de verkeersafwikkeling op het hoofdwegennet

We ontkomen er niet aan om ook in deze uitgave van Verkeer in Nederland in te gaan op de verkeersimpact van corona. In 2020 was die invloed heel groot, maar ook dit jaar zijn we nog niet van COVID-19 af.

In deze paragraaf bespreken we wat de coronatijd tot nu toe betekende voor de verkeersafwikkeling op het hoofdwegennet en wat voor interessante lessen we daaruit kunnen trekken.

Afwikkeling hoofdwegennet

Allereerst kijken we naar de verkeersprestatie per week op het hoofdwegennet – zie [figuur 12](#). De effecten van de lockdowns zijn duidelijk zichtbaar na week 12, week 42 en week 51 in 2020; het effect van de avondklok zien we na week 4 in 2021. Ook is goed te zien hoe de verkeersprestatie in 2021 weer gestaag toeneemt, al ligt deze nog steeds ongeveer 5% onder het niveau van 2019.

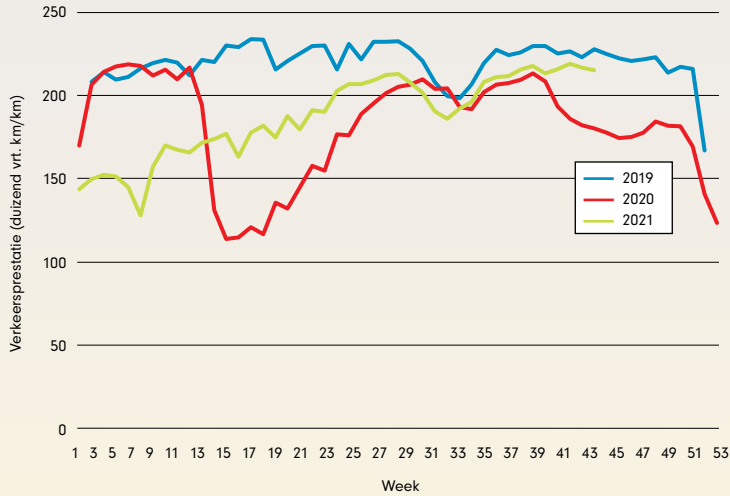
Wat de verdeling van verkeer over de dag betreft is er eigenlijk niet veel veranderd. [Figuur 13](#) toont het aandeel voertuigkilometers in beide spitsen als percentage van de totale hoeveelheid voertuigkilometers. Dit aandeel is voor de ochtendspits vrijwel gelijk gebleven tijdens de coronacrisis. Gemiddeld was het aandeel in 2019 12,4%, in 2020 12,0% en in 2021, tot en met week 43, 12,0%. Voor de

avondspits lijkt het aandeel iets gestegen. Gemiddeld was het in 2019 15,1%, in 2020 15,6% en in 2021, tot en met week 43, 15,8%.

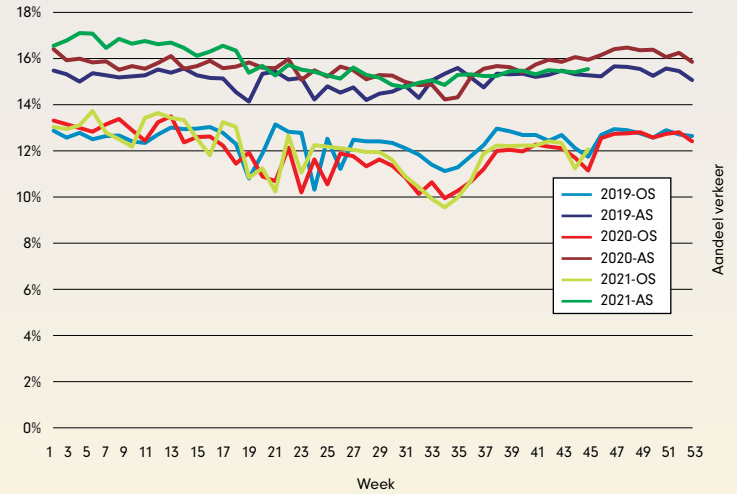
Dat een paar procent minder verkeer veel invloed op de congestie heeft, zien we in [figuur 14](#). Net als de verkeersprestatie stijgt de vertraging in 2021 steeds een beetje, maar net voor de zomervakantie is die 60% lager dan in 2019 en net erna gemiddeld nog altijd 40% lager. Dat laat nog maar eens uitkomen dat een kleine hoeveelheid minder verkeer leidt tot een grote hoeveelheid minder vertraging.

Relatie verkeersprestatie en vertraging

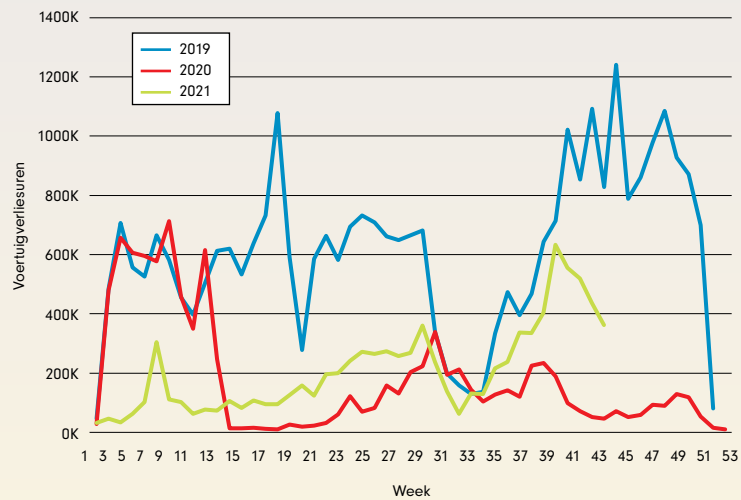
Daarmee komen we op een interessant punt. Want hoe is die relatie tussen de hoeveelheid verkeer (verkeersprestatie) en de vertraging precies? Voor de coronaperiode was het lastig iets te zeggen over de relatie tussen verkeersprestatie en vertraging, omdat het bijna altijd druk was en er daardoor ook veel congestie was. Door de coronatijd is het veel rustiger op de weg geworden en is de vertraging beduidend minder. Dat betekent dat we nu ook meer weten over *rustige* perioden op de weg. Om de relatie tussen verkeersprestatie en vertraging te onderzoeken, hebben we de weekdata van de indicatoren verkeersprestatie en vertraging voor de jaren 2019, 2020 en 2021 genomen. Om enigszins vergelijkbare en hanteerbare getallen te krijgen, zijn de weekcijfers gedeeld door het aantal uren in een week



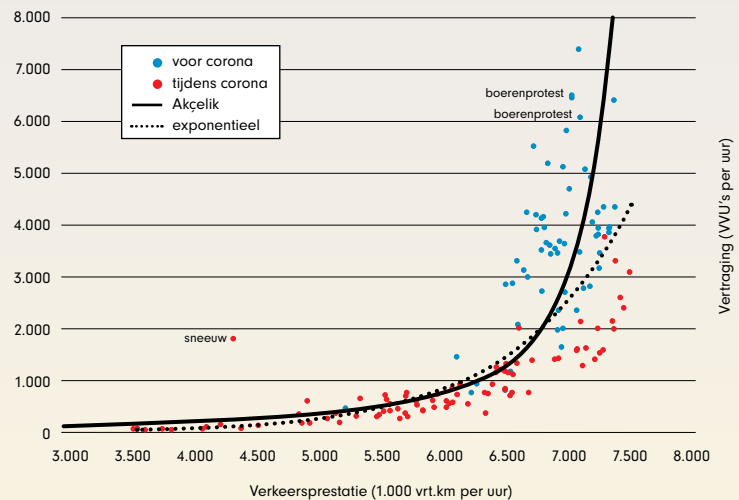
Figuur 12: Verkeersprestatie op het hoofdwegennet (bron: Rijkswaterstaat).



Figuur 13: Aandeel verkeersprestatie in spitsperiodes (bron: Rijkswaterstaat).



Figuur 14: Vertraging op het hoofdwegennet (bron: Rijkswaterstaat).



Figuur 15: Meetdata verkeersprestatie en vertraging hoofdwegennet (bron: Rijkswaterstaat).

en is de verkeersprestatie omgezet naar duizendtallen. We krijgen dan cijfers van een gemiddeld uur in een week. Deze hebben we in [figuur 15](#) in een puntenwolk tegen elkaar afgezet. Opvallend is de week met sneeuw in februari 2021. De weken met boerenprotesten in oktober 2019 vallen niet eens echt uit de toon.

In de figuur is goed te zien dat er een relatie is tussen de verkeersprestatie en de vertraging. Merk ook op dat naarmate de verkeersprestatie hoger is, de vertraging sneller oploopt. Zouden we alleen de blauwe punten van voor de coronaperiode hebben gehad, dan hadden we deze relatie maar lastig kunnen schatten, omdat punten uit de rustige weken ontbreken en de spreiding groot is. Met de rode punten erbij is het duidelijker hoe de relatie eruitziet. Het zou een exponentiële relatie kunnen zijn, maar die geeft toch niet goed het steile verloop van de grafiek weer, zoals de stippellijn in [figuur 15](#) laat zien.

In termen van verkeersprestatie heeft het wegennet dus ook een soort capaciteit. Komt de verkeersprestatie in de buurt van deze capaciteit of gaat deze eroverheen, dan ontstaat er vertraging. Al met al lijkt de relatie verkeersprestatie/vertraging daarmee op een I/C-verhouding² voor een netwerk. Voor de relatie tussen intensiteit en reistijd op een traject kenden we al de functie van Akçelik. [12] Deze functie is ook goed bruikbaar als de verkeersvraag de capaciteit nadert en daar zelfs overheen gaat. Omdat de intensiteit op een wegvak vergelijkbaar is met de verkeersprestatie in een netwerk en de reistijd op een wegvak met de vertraging in een netwerk, zou dit een goede benadering kunnen zijn.

De functie hebben we toegepast op de data die we hadden en dat levert de doorgetrokken lijn in onze [figuur 15](#) op. Deze functie lijkt de data inderdaad beter te representeren.

Uitgaande van een gemiddelde week in 2019 kunnen we met deze relatie een voorspelling doen over de invloed die een verandering van de hoeveelheid verkeer heeft op de hoeveelheid vertraging. Zo komen we tot de volgende resultaten:

-5% voertuigkilometers	-46% voertuigverliesuren
-10% voertuigkilometers	-65% voertuigverliesuren
-15% voertuigkilometers	-75% voertuigverliesuren
-20% voertuigkilometers	-81% voertuigverliesuren
-25% voertuigkilometers	-85% voertuigverliesuren

Ter controle hebben we gekeken naar de weken 12 tot en met 52 in 2019 en 2020. Volgens de meetgegevens waren er in 2020 in die periode 20% minder voertuigkilometers en 84% minder voertuigverliesuren. Bij 20% minder verkeer voorspelt de gevonden relatie 81% minder voertuigverliesuren – een goede overeenstemming dus. Als we de relatie toepassen op de weken 2 tot en met 29 van 2021, dan vinden we eenzelfde goed resultaat: de relatie geeft 71% minder vertraging bij 13% minder verkeer, terwijl er in de praktijk 74% minder voertuigverliesuren gemeten zijn.

² De I/C-verhouding is de verhouding tussen de intensiteit op een weg (hoeveel voertuigen rijden er?) en de capaciteit (hoeveel voertuigen zouden er maximaal kunnen rijden?).



1.5. Samenvatting

Het jaar 2020 was een bijzonder jaar, ook op het gebied van mobiliteit. In maart 2020 zorgde de coronasituatie voor een scherpe daling in de hoeveelheid verkeer op ons wegennet, iets dat nog steeds doorwerkt. Daarmee was er ook een grote daling van het aantal files en de bijbehorende vertragingen. De verkeersveiligheid verbeterde eveneens, maar helaas wel minder dan op grond van de cijfers van de verkeersafwikkeling verwacht mocht worden. Aandacht voor de verkeersveiligheid blijft dus hard nodig.

Die aandacht moet er ook zijn voor de emissies. De uitstoot van CO₂ zal in 2020 en 2021 tijdelijk minder zijn, maar dat neemt niet weg dat ingrijpen nog steeds nodig is om de invloed van het wegverkeer op het klimaat te verminderen.

Belangrijkste constatering

- Door de coronasituatie is in 2020 de verkeersprestatie van het hoofdwegennet fors afgenomen.
- Ook de filezwaarte en vertraging namen in 2020 sterk af.
- Het aandeel van files door incidenten en wegwerkzaamheden is toegenomen, omdat er minder knelpuntfiles waren.
- Het aantal verkeersdoden is in 2020 afgenomen, maar minder dan verwacht mocht worden.
- De emissie van CO₂ stabiliseert, maar het is afwachten hoe dit in 2020 en erna gaat uitpakken.



Referenties

- [1] **Rijkswaterstaat (2020)** *Rapportage Rijkswegenet – 3e periode 2019, 1 september-31 december*, 10 maart 2020.
- [2] **Rijkswaterstaat (2021)** *Rapportage Rijkswegenet – 3e periode 2020, 1 september-31 december*, 18 maart 2021.
- [3] **ANWB (2020)** *Thuiswerken leidt tot 63% minder files*, nieuwsbericht, 30 december 2020, www.anwb.nl/verkeer/nieuws/nederland/2020/december/thuiswerken-leidt-tot-63-procent-minder-files-in-2020, geraadpleegd op 12 augustus 2021.
- [4] **TomTom (2021)** *TomTom Traffic Index*, www.tomtom.com/en_gb/traffic-index, geraadpleegd op 13 augustus 2021.
- [5] **INRIX (2021)** *Global Traffic Scorecard*, www.inrix.com/scorecard, geraadpleegd op 13 augustus 2021.
- [6] **SWOV (2021)** *Verkeersdoden in Nederland*, SWOV-factsheet, april 2021, SWOV, Den Haag.
- [7] **CBS (2021)** *Overledenen; doden door verkeersongeval in Nederland, wijze van deelname*, 14 april 2021, Statline, geraadpleegd op 13 augustus 2021.
- [8] **SWOV (2020)** *Ernstig verkeersgewonden in Nederland*, SWOV-factsheet, december 2020, SWOV, Den Haag.
- [9] **IRTAD (2020)** *Road Safety Annual Report 2020*, OECD Publishing, Parijs.
- [10] **CBS (2021)** *Emissies naar lucht op Nederlands grondgebied; mobiele bronnen*, 16 februari 2021, Statline, geraadpleegd op 27 augustus 2021.
- [11] **Carbon Monitor (2021)** *Carbon Monitor, a near-real-time daily dataset of global CO₂ emissions*, carbonmonitor.org, geraadpleegd op 13 augustus 2021.
- [12] **Akçelik, R. (1991)** *Travel Time Functions for Transport Planning Purposes: Davidson's Function, its Time-Dependent Form and an Alternative Travel Time Function*, Australian Road Research, Vol. 21, No. 3, pp. 49–59. Kleine wijzigingen: december 2000.





De thema's van 2021.

Natuurlijk is op dit moment de coronacrisis hét grote thema. Maar omdat we daar al in hoofdstuk 1 ruim aandacht aan hebben besteed, richten we ons in dit hoofdstuk op de thema's waarvan we ook post-corona nog veel zullen horen. We bespreken de voorzichtige toenadering tussen logistiek en verkeersmanagement, sociale inclusie en – toch weer – kunstmatige intelligentie. Gelet op de ontwikkelingen blijven ook verkeersveiligheid en duurzaamheid 'hot topics'.

2.1. Logistiek en verkeersmanagement

Logistiek en verkeersmanagement zijn onlosmakelijk met elkaar verbonden. Al dat goederenvervoer op de weg bepaalt mede hoe druk het is en welke verkeersmanagementmaatregelen er worden getroffen; het goederenvervoer is weer mede afhankelijk van slim verkeersmanagement om goederen efficiënt en betrouwbaar af te kunnen leveren.

De logistieke sector maakt een digitale transformatie door: er worden steeds meer data en informatie verzameld en gedeeld in de logistieke keten. De sector gebruikt die data om de logistiek efficiënter, veiliger en duurzamer te organiseren, maar de verzamelde gegevens zijn natuurlijk net zo interessant voor wegbeheerders. Omgekeerd zouden logistieke partijen weer baat hebben bij verkeersinformatie van wegbeheerders. Die gegevens zijn vaak vrij beschikbaar, maar verspreid over verschillende bronnen en organisaties. Ze zijn daardoor lastiger te integreren in de logistieke systemen.

In deze paragraaf bespreken we kort de mogelijke voordelen van een nauwere samenwerking tussen logistiek en verkeersmanagement. We staan vervolgens stil bij een aantal lopende initiatieven en geven een doorkijk naar de toekomst.

Voordelen nauwere samenwerking

Allereerst de vraag hoe logistiek en verkeersmanagement elkaar kunnen versterken. We noemen een paar kansen, puur ter illustratie.

Neem de *transportmanagementsystemen* waarmee de logistieke partijen, voordat de vrachtwagens en busjes de weg op gaan, rit-schema's en routes genereren. Door nauwkeurige en up-to-date verkeersinformatie, inclusief verkeersverwachting en goede informatie over wegwerkzaamheden, voor deze systemen te ontsluiten, kunnen vervoerders nóg efficiëntere ritschema's en routes maken – en wordt onnodig wachten of omrijden voorkomen.

Voor de wegbeheerder zou het weer interessant zijn om inzicht te krijgen in die ritplanningen en de verspreiding van ritten over de dag. Mogelijk zouden ze dan zelfs suggesties voor aanpassingen in de planning kunnen doen, met als doel het verkeer en vervoer optimaal over de dag te spreiden.

Vlootmanagementsystemen spelen vooral een rol tijdens de rit: ze geven vervoerders en verladers een real-time overzicht van waar hun voertuigen zich bevinden, wat de status is van het voertuig en hoe laat deze bij de eindbestemming zal arriveren. Door deze informatie te delen met wegbeheerders zouden die een scherper beeld krijgen van de doorstroming en status van het verkeerssysteem (bijvoorbeeld: is een brug open of gesloten?). In de afhandeling van incidenten zou ook de ladinginformatie van een vrachtwagen die met pech op de vluchtstrook staat, van toegevoegde waarde zijn.

Een goede ‘connectie’ met de *navigatiesystemen* in de voertuigen zelf biedt mogelijkheden om de chauffeurs te informeren over eventuele ingrepen (omleidingen, werkzaamheden en/of tijdelijke aanpassingen) naar aanleiding van een incident. Ook kunnen relevante data, onder voorwaarden, gedeeld worden met derden. Dat is weer nuttig voor het verbeteren van de samenwerking en het optimaliseren van het logistieke proces, waarbij verladers elkaar bijvoorbeeld helpen als zich op een bepaalde route een grootschalig incident heeft voorgedaan.

Als het gaat om samenwerkingskansen kunnen we *ITS-applicaties* niet ongenoemd laten. De logistieke sector heeft zich bij de ontwikkeling, integratie en adoptie van deze systemen steeds een goede en leidende partner betoond. Dat heeft al geleid tot win-wins voor logistiek en verkeersmanagement, zoals bij slimme verkeerslichten die de doorstroming van vrachtwagens verbeteren. Andere kansen zijn dynamische venstertijden en *load-sharing* initiatieven.

Lopende initiatieven

Wegbeheerders en logistieke partijen zijn zich goed bewust van de kansen die een nauwere samenwerking biedt. Er lopen dan ook al verschillende initiatieven om die kansen te verzilveren.

> Plateaupanning Smart Mobility

Rijkswaterstaat heeft in 2020 de geactualiseerde Plateaupanning Smart Mobility gepubliceerd. Dit document beschrijft hoe Rijkswaterstaat de mogelijkheden van smart mobility wil benutten en hoe het daarbij wil samenwerken met externe partners, waaronder de logistieke sector.

De geactualiseerde Plateaupanning gaat in op maatschappelijke thema's en ontwikkelingen buiten Rijkswaterstaat en bespreekt de vervlechting van smart mobility-initiatieven op wegen en vaarwegen. Er worden vier ontwikkelsporen onderscheiden in de strategische agenda, namelijk data, infrastructuur, gebruiker/gedrag en nieuwe voor- en vaartuigen. Om meer snelheid te maken wil Rijkswaterstaat een leidende positie innemen in de eerste twee sporen; bij de andere twee sporen zal de dienst vooral faciliterend en volgend zijn.

> DEFlog

De publiek-private voorziening DEFlog maakt het mogelijk om data uit te wisselen tussen bedrijven en overheden en tussen bedrijven onderling. Binnen dit project wordt een neutrale digitale infrastructuur ontwikkeld en worden afspraken gemaakt over het gebruik en de standaarden, protocollen en gebruikersvoorwaarden van data. Het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, SmartwayZ.NL, Portbase, SUTC en Federated zijn de initiatiefnemers.



> ToGRIP

Ook in het wetenschappelijke domein zijn initiatieven gaande, bijvoorbeeld in het project ToGRIP. Dit neemt als uitgangspunt dat betrouwbare en voorspelbare reistijden, wachttijden en afhandeltijden essentieel zijn voor wegvervoerders, verladers en terminals. Die reistijden etc. kunnen natuurlijk niet worden 'gegarandeerd' – maar door logistieke processen en de verkeersafwikkeling te analyseren op basis van grote hoeveelheden verkeersdata en logistieke data kunnen in ieder geval de inefficiënties worden opgespoord.

In een van de deelprojecten is in 2020 bijvoorbeeld onderzocht hoe we op basis van informatie vanuit de haven en lusdata op de snelweg betere kortetermijnvoorspellingen kunnen doen over de intensiteiten van vrachtverkeer. Hierbij zijn onder meer neurale netwerken ingezet. Het hieruit voortgekomen model kan in de toekomst bijdragen aan betere (reistijd)voorspellingen op de belangrijkste logistieke corridors. Met deze voorspellingen kunnen logistieke vervoerders weer beter inspelen op de tijdsloten in de haven waarbinnen zij goederen moeten afleveren.

In een ander deelproject wordt gekeken naar de potentie van een combinatie van logistieke en spitsmaatregelen. Hierbij staat de vraag centraal wat de effecten op de totale voertuigverliesuren in het netwerk zijn als een deel van het vrachtverkeer de spits mijdt. De eerste resultaten laten zien dat als 10-40% van het vrachtverkeer de namiddagspits mijdt, dit een reductie van 3-10% oplevert in de totale filekosten op snelwegen in en rondom de Rotterdamse haven.

> FTMaas

Waar ToGRIP vooral de verbinding van logistiek naar mobiliteit probeert te maken, kiest het project FTMaas, *Freight Traffic Management as a Service*, er juist voor om vanuit verkeer en ITS de verbinding te leggen met het logistieke domein. Logistieke managers in transport, opslag en productie kunnen namelijk nog veel beter gebruikmaken van de informatie die beschikbaar is over het verkeer en de weginfrastructuur. Als die data worden omgezet in informatie over mogelijke vertragingen en verwachte aankomsttijden, kunnen verladers en vervoerders hun processen optimaliseren.

FTMaas omvat drie pilots waarin verkeerskundige kennis wordt ingezet voor het effectiever doorrekenen en plannen van (rond)ritten in het logistieke proces, de beleving van een groot distributiecentrum en de planning van het laadproces bij een chemische fabriek. Daarnaast zet het project in op het optimaliseren van de planning van wegonderhoud en dynamisch verkeersmanagement om de hinder voor het vrachtverkeer te beperken.

Het project is in 2020 gestart. Op dit moment wordt gewerkt aan de uitrol van de pilots, simulatie- en optimalisatiemodellen en het raamwerk om de effecten te meten. De resultaten van de pilots komen naar verwachting medio 2022 beschikbaar.



> Integrator Connected Truck Trials

In het project Integrator Connected Truck Trials hebben TNO en de logistieke sector onderzocht wat adaptieve cruisecontrole (ACC) en het rijden in konvooinformaties voor de logistiek kan betekenen. Vijftien weken lang zijn negen moderne trucks en elf chauffeurs gemonitord om de effecten van ACC en konvooirijden op het brandstofverbruik en CO₂-emissies te bepalen. Onlangs is het eindrapport opgeleverd.

Uit de resultaten blijkt dat het gebruik van een ACC-systeem tot een brandstofbesparing van gemiddeld 4 tot 6 % leidt, afhankelijk van de volgfstand. Omdat in de trials onder natuurlijke omstandigheden is gemeten, is deze dataset ook mooie input voor en/of een aanvulling op ander onderzoek.

In het living lab van CATALYST is bijvoorbeeld onderzocht hoeveel brandstof je bespaart als je niet hoeft te stoppen bij verkeerslichten op N-wegen. Uit dit onderzoek weten we dat een vrachtauto met elke vermeden stop ongeveer 0,12 l brandstof bespaart, wat zich doorvertaalt in 0,32 kg CO₂. Ook bleek uit de variabiliteit van het brandstofverbruik vlak voor het kruispunt dat chauffeurs nog meer brandstof kunnen besparen als ze een snelheidsadvies of prioriteit bij verkeerslichten krijgen.

Hoe verder?

Een van de uitdagingen voor de komende tijd is om de kennis vanuit verschillende projecten – algoritmes, concepten enzovoort – ook echt in de logistieke praktijk te brengen.

De doelstellingen in het Parijs-akkoord en het nationale Klimaat-akkoord over het beperken van de uitstoot van broeikasgassen vergen van zowel de mobiliteits- als de logistieke wereld rigoureuze stappen: regio's en vooral steden moeten de uitstoot terugdringen, groener worden en slimmer gebruikmaken van de beschikbare ruimte. De oplossing ligt waarschijnlijk in een integrale systeembenadering, met een multimodaal transportsysteem als uitgangspunt. Juist door op systeemniveau te kijken kan een win-winsituatie gecreëerd worden waarbij de logistieke sector zich efficiënter, veiliger en duurzamer kan organiseren en de wegbeheerders, via verkeersmanagement, de beschikbare infrastructuur zo goed mogelijk benutten.

Meer informatie:

www.rijkswaterstaat.nl/zakelijk/innovatie/smart-mobility

www.deflog.org.

www.tudelft.nl/citg/over-faculteit/afdelingen/transport-planning/research/projects/togrip

www.tudelft.nl/transport/onderzoeksthemas/goederenvervoer-logistiek/sleutelprojecten/freight-traffic-management-as-a-service

www.tno.nl/nl/aandachtsgebieden/mobiliteit-logistiek/roadmaps/smart-and-safe-traffic-and-transport/smart-mobility-and-logistics/connected-automated-transport/connected-truck-trials

2.2. Sociale inclusie

De laatste jaren is er in Nederland en in andere (Europese) landen steeds meer aandacht voor sociale inclusie. Een sociaal inclusieve maatschappij biedt gelijke kansen en mogelijkheden voor iedereen en laat iedereen deelnemen. De rol van mobiliteit daarin is dat ze dat deelnemen mogelijk maakt: mensen kunnen elkaar opzoeken, naar werk of school reizen, gebruikmaken van voorzieningen en allerlei activiteiten ontplooiën.

Maar niet voor iedereen is die mobiliteit vanzelfsprekend. Het kan zijn dat ov in de woonomgeving schaars is, de persoon fysiek beperkt is, hij of zij mentale barrières ervaart enzovoort. Wanneer iemand om een of meer van die redenen minder goed toegang heeft tot het mobiliteitssysteem, spreken we van *vervoersarmoede*. Dat kan grote gevolgen hebben: iemand heeft misschien minder toegang tot onderwijs of kan geen geschikte baan vinden binnen een bereisbare afstand. Dit werkt dan weer door in het inkomen, wat de vervoersarmoede verergert. Mensen kunnen zich door vervoersarmoede ook sociaal geïsoleerd voelen.

In verschillende regio's en steden lopen er al initiatieven om specifieke vormen van vervoersarmoede tegen te gaan. Zo kunnen ouderen in onder meer Flevoland, Gelderland en Overijssel de hulp inroepen van ov-ambassadeurs die hen wegwijs maken in het ov (ov-chipkaart aanvragen, in- en uitchecken, reis plannen enzovoort).

[1] En in Rotterdam geeft de BMX Fietsschool clinics om de fiets-

vaardigheid te verbeteren van kinderen voor wie fietsen niet vanzelfsprekend is. [2]

Wat het bestrijden van vervoersarmoede momenteel ingewikkeld maakt, is dat het mobiliteitssysteem zelf aan het veranderen is. Nieuwe mobiliteitsconcepten als *Mobility as a Service* (MaaS) en deelmodaliteiten (deelauto, deelscooter) doen hun intrede en de gedachte is dat deze concepten het mobiliteitssysteem toegankelijker maken. Maar geldt dat voor alle doelgroepen? Zijn deze concepten bijvoorbeeld ook toegankelijk voor mensen zonder smartphone (of voor mensen die een smartphone ingewikkeld vinden)?

Het zou bij de uitrol van deze concepten goed zijn heel gericht inclusiviteitskansen te benutten, bijvoorbeeld door hubs niet alleen in stedelijk nieuwbouwgebied te plaatsen, maar ook in al bestaande wijken en gebieden die nu nog minder goed verbonden zijn.

Handvatten en tools

Belangrijk bij sociale inclusie is de definitie. Wat verstaan we eronder, wanneer is iets sociaal inclusief en (hoe) kun je dat meten? Om meer grip te krijgen op de mate van sociale inclusie zijn verschillende handvatten en tools ontwikkeld. Met deze middelen kan bepaald worden welke gebieden en groepen mensen risico lopen op vervoersarmoede, en welke maatregelen en welk beleid helpen bij het tegengaan daarvan.



Het CBS heeft een indicator ontwikkeld die het risico op vervoersarmoede meet. [3] De indicator geeft inzicht in de aantallen en spreiding van huishoudens met een hoog risico op vervoersarmoede. De aanpak neemt hierbij negen verschillende variabelen mee, namelijk motorvoertuigbezit, afstand tot ov-halte, afstand tot voorzieningen, afstand tot familie, huishoudinkomen, sociaaleconomische categorie, migratieachtergrond, gezondheid en samenstelling huishouden, inclusief leeftijd.

Deze indicator kan inderdaad nuttig zijn om te bepalen waar het risico op vervoersarmoede hoog is, maar interpretatie blijft belangrijk. Sommige kleine buurten zullen in het oog springen wanneer er naar het *aandeel* huishoudens met een hoog risico wordt gekeken, terwijl grote buurten juist opvallen wanneer het *aantal* huishoudens met een hoog risico centraal staat. Omdat de indicator de vervoersarmoede op geaggregeerd niveau beschouwt, kan het zijn dat huishoudens in buurten waar maar een klein aandeel van de huishoudens kans heeft op vervoersarmoede, buiten de boot vallen. Daarnaast neemt de huidige versie van de tool een aantal aspecten van vervoersarmoede niet mee, zoals de beleving van de mobiliteit (die niet eenvoudig meetbaar is) en fietsgebruik en -bezit.

Binnen het NWO-project SUMMALab heeft TNO een tool ontwikkeld om experimenten met nieuwe mobiliteit te beoordelen op sociale inclusie. [4] De tool is opgezet als self-assessment: de experimenthouder vult zelf een aantal vragen in om vast te stellen of z'n experiment voldoende inclusief is. Die vragen betreffen vier aspecten van sociale inclusie:

- Economische toegankelijkheid
- Fysieke toegankelijkheid
- Zichtbaarheid van de dienst
- Variatie in gebruikers

Onder de *economische toegankelijkheid* worden behalve reistijd en kosten ook de technische voorwaarden voor deelname verstaan, zoals 'smartphone vereist' of 'creditcard vereist'. Ook digitale vaardigheden worden meegenomen. Immers, het bezit van bijvoorbeeld een smartphone is één ding, maar een app kunnen installeren en ermee kunnen werken, is een tweede – vooral bij ouderen.

Bij *fysieke toegankelijkheid* gaat het om de opties in het aanbod van modaliteiten en de afstand naar de opstapplaats van deze modaliteiten. Ook vaardigheden voor gebruik, zoals motoriek (kunnen fietsen), vallen onder fysieke toegankelijkheid. Bij *zichtbaarheid van de dienst* gaat het om zowel de fysieke als de digitale zichtbaarheid van de dienst. Is een dienst te vinden, in het echt en online?

De *variatie in gebruikers* gaat over de mate waarin een dienst geschikt is voor verschillende reismotieven en gebruikers. Worden ook kwetsbare gebruikers en mensen die voorheen niet reisden, met deze nieuwe mobiliteit bediend?

Een laatste tool die we willen noemen is de WISE Cube, ontwikkeld binnen het Early Research Program Wise Policy Making van TNO. Dit programma onderzoekt hoe we sociale inclusie, in de vorm van het welbevinden van verschillende bevolkingsgroepen, mee kunnen nemen bij beleidsvorming. De WISE Cube, een prototype tool, rekent

door wat de effecten van voorgenomen beleid zijn op het welbevinden van verschillende bevolkingsgroepen. De tool is generiek, maar wordt momenteel al in het mobiliteitsdomein toegepast. Binnen een samenwerking met Rotterdam wordt onderzocht hoe de WISE Cube praktisch ingezet kan worden. Het gaat in die proef om het inschatten van het welbevinden bij de implementatie van maatregelen in een drukke en onveilige stadsstraat. [5]

Sociale inclusie en verkeersmanagement

Maar ook met verkeersmanagement kunnen we stappen zetten om vervoersarmoede tegen te gaan en de sociale inclusie te bevorderen. Hierbij gaat het niet alleen om het verbeteren van reistijden voor alle doelgroepen, maar ook om de leefbaarheid en veiligheid. Het is dan zaak dat de doelstellingen die men voor ogen heeft op het gebied van sociale inclusie, doorsijpelen in het verkeersmanagement. Stel bijvoorbeeld dat met het oog op sociale inclusie het aandeel fietsers moet toenemen, dan moet ook de ruimte voor de fietser toenemen. Dit gaat om de fysieke ruimte voor fietspaden, maar ook om de duur dat de fietsers groen krijgen bij het verkeerslicht en hoelang ze daarop moeten wachten. Een ander aspect dat speelt bij het stimuleren van de fiets is de (verkeers)veiligheid: een mobiliteitssysteem waarin een gebruiker aangewezen is op zijn fiets, is niet sociaal inclusief wanneer de rit met de fiets onveilig is.

Onderscheid maken tussen verschillende doelgroepen kan helpen om de ongelijkheid tussen de groepen te verminderen. Wanneer blijkt dat sommige groepen structureel een langere reistijd hebben,

langer staan te wachten voor rood, onveilige situaties ervaren en hinder ondervinden van de uitstoot van schadelijke stoffen, kan hierop gestuurd worden. Het is natuurlijk wel zo dat met dat ingrijpen weer andere groepen benadeeld kunnen worden.

Conclusie

Sociale inclusie is een belangrijk onderwerp op de onderzoeks- en beleidsagenda. De komende tijd zal dit thema verder uitgewerkt worden – en wordt ook steeds duidelijker welke aspecten van vervoersarmoede nog onderbelicht zijn. De meetinstrumenten zijn steeds beter in staat om een genuanceerd beeld te vormen van personen of gebieden met een hoog risico op vervoersarmoede. Ook krijgt de set aan verkeerskundige maatregelen die vervoersarmoede effectief tegengaan, meer en meer vorm.



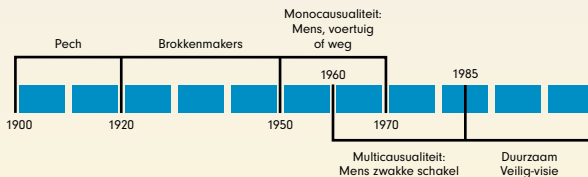
2.3. Verkeersveiligheid en modellen

Het huidige Strategische Plan Verkeersveiligheid streeft naar nul verkeersdoden in 2050. In het coronajaar 2020 kwamen er 610 mensen om in het verkeer. [6] Dat was een daling van 51 verkeersdoden ten opzichte van 2019, maar in 2020 lagen de verkeersintensiteiten en het aantal verplaatsingen als gevolg van corona beduidend lager. De algemene trend blijft dan ook zorgelijk.

In deze paragraaf bespreken we in hoeverre data, kunstmatige intelligentie (AI) en modellen kunnen helpen de verkeersveiligheid verder te vergroten. We beginnen echter met een korte terugblik op onze *kijk* op verkeersveiligheid.

Van 'ongelukkig' tot Duurzaam Veilig

In de afgelopen 120 jaar is onze kijk op verkeersveiligheid sterk veranderd – zie ook [figuur 16](#). In de negentiende eeuw werd een ongeval nog vooral gezien als een 'ongelukkige samenloop van omstandigheden', maar in een aantal tussenstappen veranderde dat naar het proactieve en mensgerichte *Duurzaam Veilig* in 1990. [7,8]



Figuur 16: Benadering van verkeersonveiligheid door de jaren heen (bron: SWOV).

Volgens deze integrale benadering bestaat ons verkeerssysteem uit drie pijlers, namelijk 'mens', 'voertuig' en 'weg'. De mens is het uitgangspunt: die zijn kwetsbaar en maken, bewust of onbewust, fouten. Via educatie en voorlichting moeten verkeersdeelnemers dan ook zo goed mogelijk voorbereid worden op hun rol in het verkeer. Handhaving is nodig om mensen te bereiken die zich niet

aan de regels houden. Maar bovenal moeten het voertuig en de weg aansluiten op de (gebrekkige) competenties van de mens. Dat betekent bijvoorbeeld dat de inrichting van de weg zodanig is, dat een verkeersdeelnemer vanzelf begrijpt wat er van hem verwacht wordt. Ook moeten voertuig en weg bescherming bieden in het geval er toch een ongeval plaatsvindt. Bij een verkeerssysteem dat met de principes van Duurzaam Veilig is ontworpen, zouden de menselijke beperkingen niet tot ongevallen met ernstig letsel moeten leiden. [9] In de afgelopen decennia is het Duurzaam Veilig-gedachtengoed verder geëvolueerd. Zo hebben de organisatorische aspecten een nadrukkelijker plek gekregen en zijn er links en rechts wat accenten verschoven.

Al met al heeft Duurzaam Veilig veel betekend voor de verkeersveiligheid in Nederland. Maar zoals we hierboven al opmerkten, zijn we er qua verkeersveiligheid nog lang niet. Vanaf 2013 leek de daling van het aantal verkeerdoden te stagneren en nam het zelfs licht toe. [10] De trend is sinds 2018 wel weer licht dalend, maar van achterover leunen kan geen sprake zijn. Zo kende 2020 bijvoorbeeld het hoogste aantal omgekomen *fietsters* in 25 jaar. Ook stijgt het aantal *ernstig gewonden* structureel. Overheden en wegbeheerders zijn daarom druk bezig om te kijken of de verkeersveiligheid op andere manieren verbeterd kan worden.

Van reactief naar proactief

De meer traditionele manier om de verkeersveiligheid te verbeteren, is door op basis van ongevalsgegevens zogenaamde black spots te identificeren en die dan veiliger te maken. Die aanpak is dus reactief en toegespitst op locaties waar het al (meermalen) is misgegaan.

Eind 2018 hebben de overheden echter het Strategisch Plan Verkeersveiligheid uitgebracht. [11] Die bevat de ambitie om naar nul verkeersdoden toe te werken met een *proactieve* en *risicogestuurde* aanpak. Die aanpak richt zich niet op specifieke locaties, maar op de achterliggende risicofactoren – wegkenmerken, omstandigheden en gedragingen – die de kans op ongevallen of letsel vergroten. Zijn die factoren eenmaal duidelijk, dan kunnen bijvoorbeeld gevaarlijke locaties herkend en opgelost worden vóórdat er ongelukken gebeuren.

Een ontwikkeling die deze aanpak mede mogelijk maakt, is dat voertuigen in toenemende mate ‘connected’ zijn. Ook de hoeveelheid sensoren op en naast de weg neemt toe en dit alles resulteert in een toenemende hoeveelheid data. Het verwerken en duiden van dergelijke grootschalige databronnen is complex en tijdrovend. Vaak zijn er in een grote dataset maar enkele specifieke en kortdurende momenten die vanuit het oogpunt van verkeersveiligheid interessant zijn. Maar juist voor dit soort uitdagingen zijn technieken op het gebied van kunstmatige intelligentie, AI, uiterst geschikt. AI, zoals *machine learning*, kan een toestand waarnemen en reconstrueren, die vervolgens analyseren en voorspellen en afsluitend zelfs met een

zekere autonomie beslissingen nemen of adviseren. [12] Het aantal handmatige werkzaamheden wordt zo tot een minimum beperkt.

Toepassing in verkeersveiligheidsmodellen

Wat is er met zo'n aanpak mogelijk? Door met AI verbanden te identificeren die een oorzakelijke relatie hebben met historische ongevallen, kunnen modellen netwerkbreed alle locaties identificeren waar de betreffende verkeersveiligheidsrisico's spelen – de bekende ongevalslocaties, maar ook gevaarlijke locaties waar het nog niet is misgegaan.

In Rotterdam hebben experts van de gemeente op het gebied van verkeersveiligheid, verkeersdata en datascience samengewerkt met het bedrijf DOK Data om met machine learning een voorspelmodel van ongevallen te creëren. Dit model wordt in samenwerking met andere partners en partijen voortdurend verbeterd.

Voor de provincie Utrecht is eenzelfde soort proof-of-concept ontwikkeld. De provincie werkt die momenteel uit tot een operationeel verkeersveiligheidsmodel dat alle wegen en fietspaden binnen de grenzen van de provincie Utrecht in kaart brengt en checkt op risico's.

Op dit moment werken veel modellen trouwens al behoorlijk risicogestuurd door in bestaande databronnen, zoals kaarten en databases, te zoeken naar omgevingskenmerken die mogelijk een relatie hebben met een ongeval. Dat is ten opzichte van de traditionele reactieve methode natuurlijk een stap in de goede richting, maar er is zeker ruimte voor verbetering. De kracht van AI ligt namelijk

juist ook in het zonder voorkennis werken met nieuwe databronnen, zoals luchtfoto's en camerabeelden. Op die manier kunnen we wellicht kenmerken identificeren die minder voor de hand liggen. Ook het toevoegen van real-time data of subjectieve data kan het model beter maken.

Microsimulatiemodellen

Het bovenstaande betreft de meer macroscopische verkeersveiligheidsmodellen. Maar ook in de microscopische verkeerssimulatiemodellen krijgt het modelleren van verkeersveiligheid een steeds nadrukkelijker rol, opnieuw dankzij AI. De focus ligt bij deze modellen op de interactie tussen voertuigen en bestuurders.

Wat kan AI betekenen voor microscopische modellen? Allereerst kan ze bijdragen aan het verwerken en duiden van informatie die als input voor de modellen wordt gebruikt. Denk aan de mogelijkheid om op basis van videobeelden of andere data veiligheidsgerelateerde 'anomalieën' te detecteren, zoals gevaarlijk weggedrag (type: plotse linge snelheidswisselingen) of bijzondere manoeuvres (bijvoorbeeld rijstrookwisselingen). Door dergelijk gedrag vervolgens expliciet te modelleren, worden de bestuurders in de microsimulatie natuurgetrouwer. Traditionele modellen gaan er namelijk impliciet vanuit dat een bestuurder op basis van volledige informatie 100% rationele beslissingen neemt. In werkelijkheid gaat deze aanname natuurlijk niet op. Afleiding of een bepaalde emotionele mindset kan fouten in de hand werken.

Op het moment dat de bestuurder op natuurgetrouwe wijze in het model is geïmplementeerd, kunnen microsimulaties ook effectiever worden ingezet als validatie en verificatie van nieuwe concepten (weginrichtingen) en technologieën, en voor het bepalen van effecten hiervan op verkeersveiligheid op een grotere schaal. Dit is met name van belang als de invloed van weginrichtingen of technologieën verder reiken dan de directe omgeving van één of enkele voertuigen. Juist doordat veel microsimulaties uitgaan van een ‘perfecte’ bestuurder is het op dit moment complex om bijvoorbeeld de toegevoegde waarde van veiligheidssystemen te bepalen.

Als laatste kunnen verbeterde modellen ook als input dienen voor de macroscopische verkeersveiligheidsmodellen. Op het moment dat de ‘gerealiseerde’ data qua verkeersonveiligheid vervangen worden door ‘gemodelleerde’ data van verkeersonveiligheid uit microsimulatiestudies, hebben we een aanpak die écht volledig proactief is.

Conclusie

Door de systematische en integrale aanpak vanuit de aanpak Duurzaam Veilig zijn vanaf 1990 grote stappen gemaakt op het gebied van verkeersveiligheid. Mede door sociale en maatschappelijke ontwikkelingen is de daling (tijdelijk) gestagneerd, maar dat heeft wel weer bijgedragen aan het besef bij overheden en wegbeheerders dat extra (innovatieve) maatregelen nodig zijn. De ambitie blijft om verkeersveiligheid verder te vergroten, juist op gemeentelijk en regionaal niveau.

Mede door technologische innovaties verandert de invalshoek van reactief naar proactief. Modellen op basis van AI hebben in dit verband de potentie om omgevingskenmerken te identificeren die wellicht een relatie hebben met een ongeval. Door met deze opgedane kennis naar het totale verkeerssysteem te kijken, kunnen potentieel onveilige locaties effectief worden geprioriteerd en aangepakt. Ook op andere vlakken van verkeersveiligheid zijn ontwikkelingen zichtbaar, bijvoorbeeld door toekomstige verbeteringen van microsimulatiemodellen waarbij de ‘menselijke maat’, die in de aanpak Duurzaam Veilig centraal staat, ook geïntegreerd wordt in de bestuurdersmodellen. Dat maakt het rijgedrag en interacties tussen verkeersdeelnemers in die modellen veel natuurgetrouwer.

Op het moment dat deze beide ontwikkelingen en modeltoepassingen samenkomen, kan dit de verkeersveiligheidsontwikkeling extra versterken. Wanneer bijvoorbeeld op een microscopisch niveau verkeersscenario's kunnen worden geanalyseerd die macroscopisch op bepaalde wegkenmerken zijn gekarakteriseerd, krijgen we de mogelijkheid om op een hoog detailniveau inzichten op te doen en verbetermaatregelen en nieuwe technologieën (op zowel voertuig, infrastructuur en mens) integraal af te wegen. Hiermee bouwen we proactief door op het gedachtengoed van Duurzaam Veilig en benutten we de kansen van nieuwe technologieën en innovaties optimaal.

2.4. Kunstmatige intelligentie in het verkeersdomein

In de afgelopen uitgave van Verkeer in Nederland schreven we al over kunstmatige intelligentie (AI) en verkeersmanagement. AI blijft echter belangrijk voor het vakgebied en de ontwikkelingen gaan onverminderd snel – en dat is genoeg reden om erop terug te komen.

AI is een interdisciplinair werkveld waarin systemen worden ontwikkeld voor taken die doorgaans menselijke intelligentie vereisen. Binnen het domein van verkeersmanagement gaat het momenteel om taken binnen de functiegroepen 1) monitoren en detecteren, 2) informeren, adviseren en waarschuwen en 3) sturen en regelen. Hieronder bekijken we per groep wat er al aan AI-toepassingen voorhanden is en wat we de komende tijd nog kunnen verwachten. [12]

Monitoren en detecteren

Bij het monitoren en detecteren kunnen AI-technieken de mens goed ondersteunen. Vaak gaat het om taken die voor de mens te arbeidsintensief zijn. Denk bijvoorbeeld aan het bestuderen van videobeelden om incidenten (ongevallen, voertuig met pech) te signaleren of voorwerpen op de weg te detecteren.

AI kan echter ook helpen om een beter inzicht te krijgen in de verkeerssituatie – beter dan dat mogelijk is met behulp van alleen lusdetectoren. Hierbij worden data van videosensoren gebruikt in combinatie met *convolutional neural networks*, CNN. Dat zijn neurale netwerken bedoeld om visuele beelden te analyseren. Ze onderscheiden net als lusdetectoren aantallen voertuigen en voertuigencategorieën, maar dan op een hoger detailniveau. Zo onderscheiden ze micromodaliteiten en genereren ze gegevens over reistijden, snelheden en snelheidsveranderingen. Door de CNN-data te combineren met *floating car data* ontstaat een scherp beeld van de verkeerssituatie, ook tussen lusdetectoren en op locaties die typisch niet worden uitgerust met lussen, zoals lokale wegen. Met deze techniek is het goed mogelijk om ongelukken te herkennen.

Informatie over aantallen en verkeersstromen van fietsers en voetgangers afleiden, is ook een opgave die flink versimpeld is met de komst van AI. Met de combinatie videosensoren en *deep learning* kunnen wegbeheerders vrij eenvoudig voetgangers en fietsers herkennen. Steden als Groningen en Rotterdam gebruiken die techniek al als telinstrument. Een interessante toepassing is ook om het aantal reizigers op bijvoorbeeld tramhaltes te tellen en om op basis daarvan de in- en uitstaptijd te schatten. Die kan dan gebruikt worden om te bepalen wanneer de tram gaat vertrekken en op welk moment de verkeerslichten verderop de tram groen moeten geven.



De techniek is overigens zo nauwkeurig dat een ‘object’ (een specifieke voetganger of fietser) op meerdere plaatsen kan worden herkend – wat het weer mogelijk maakt om routes en reistijden van voetgangers en fietsers te bepalen. Privacy is hierbij natuurlijk een belangrijk aandachtspunt. Met het principe *privacy by design* wordt ervoor gezorgd dat de slimme meetmethoden zo worden ontworpen, dat ze de privacy maximaal waarborgen.

De politie gebruikt slimme camera’s om bijvoorbeeld het gebruik van een mobiele telefoon achter het stuur te detecteren. De met AI vastgestelde ‘heterdaadjes’ hoeven alleen nog ter controle handmatig te worden gecheckt. Rijkswaterstaat doet proeven om soortgelijke slimme camera’s in te zetten voor het schouwen van spitsstroken.

In de toekomst zal AI de monitoring van het verkeer op nog veel manieren kunnen helpen. Naast het inschatten van de kans op een incident om zo de posities van weginspecteurs te helpen bepalen – daar is Rijkswaterstaat al mee bezig – zou een model ook getraind kunnen worden om in te schatten wat de duur van een incident zal zijn. Hiermee kunnen wegbeheerders eerder en beter beslissingen nemen over het omleiden van verkeer, zodat de ergste congestie na een incident voorkomen kan worden.

Een kritiek punt hierbij zijn de beschikbare data. Aangezien AI alleen kan leren van situaties die het al gezien heeft, is het belangrijk dat er voldoende data zijn, met voldoende incidenten om van te leren.

Een andere waardevolle ontwikkeling is *federated learning*. Een model wordt dan getraind met data van verschillende partijen, zonder dat deze data gedeeld hoeven worden. Hiermee wordt de privacy beter gewaarborgd en hoeven de betrokken partijen geen gevoelige (vertrouwelijke of commerciële) informatie te delen. Een bekend voorbeeld uit de zorg is een model dat de kans op diabetes inschat, waarbij patiëntdata van verschillende ziekenhuizen worden gebruikt om het model te trainen, zonder dat deze vertrouwelijke patiëntdata ‘overhandigd’ hoeven te worden aan andere ziekenhuizen of onderzoekers. Binnen de verkeerskunde zijn een aantal kansrijke toepassingen voor *federated learning* te bedenken. Bijvoorbeeld het verbeteren van het voorspellen van reistijden en snelheden door het combineren van informatie verzameld door verschillende makers van navigatiesystemen en -apps. Ook informatie van concurrerende aanbieders van (micro-) mobiliteit in steden, zoals deelscooters en deelfietsen, kan op deze manier veilig worden gedeeld.

Informeren, adviseren en waarschuwen

Bij het informeren, adviseren en waarschuwen gaat het om een informatieoverdracht naar de weggebruiker óf naar de verkeerscentrale. Denk aan bewegwijzering, filestaartbeveiliging en adviezen over alternatieve routes gericht op weggebruikers, en aan informatie over de netwerkstatus voor de verkeerscentrale.

Het adviseren van weggebruikers tijdens hun reis kan leiden tot een betere doorstroming en kortere reistijden. Er worden steeds meer technieken ontwikkeld om de reistijd beter in te schatten door verwachte vertragingen mee te nemen. Dat is onder meer mogelijk met *graph neural networks*. Zo'n neurale netwerk neemt de relaties en afhankelijkheden tussen verschillende locaties mee, wat de kwaliteit van de voorspellingen fors verbetert. Met zulke nauwkeurige adviezen kunnen reizigers zo geadviseerd worden over routes en snelheden dat ze files vermijden of zelfs helpen voorkomen. De adviezen kunnen gepresenteerd worden op de matrixborden, maar kunnen ook via in-car systemen worden doorgegeven, waardoor gepersonaliseerd advies mogelijk wordt.

AI wordt ook ingezet om specifieke knelpunten aan te pakken, zoals de Botlekbrug en Spijkennisserbrug. Veel reizigers nemen hier standaard de alternatieve route, omdat zij niet het risico willen lopen op een openstaande brug te stuiten. Maar dit veroorzaakt weer te veel drukte op die alternatieve route. Met behulp van informatie van nabije schepen wordt nu voorspeld of weggebruikers probleemloos door kunnen rijden of dat de brug open gaat. Door de weggebruikers hierover te informeren, wordt er inmiddels veel meer gebruikgemaakt van de brugroute en zijn de problemen op de alternatieve route verminderd.

De verwachting is dat het met AI ook steeds beter mogelijk zal zijn om op basis van de huidige netwerkcondities de situatie in de toekomst te voorspellen. AI zou dan bijvoorbeeld de effecten van een

voetbalwedstrijd in de ArenA op de verkeerssituatie 30 minuten later in Amsterdam-Noord kunnen schatten. Hiermee worden weggebruikers beter geïnformeerd en kan de verkeerscentrale indien nodig eerder ingrijpen.

Er is verder nog winst te behalen in het tegengaan van filegolven (spookfiles). Algoritmes als SPECIALIST, dat een aantal jaren geleden is ingezet op de A12 tussen Bodegraven en Woerden, kunnen met AI een verbeterslag krijgen. Deze algoritmes maken gebruik van snelheidslimieten, waarbij de verkeersstroom stroomopwaarts zodanig wordt geknepen dat de filegolf uitdooft. Met AI-technieken als *reinforcement learning* kunnen dan een aantal ongewenste effecten, zoals de extra maatregelen die stroomopwaarts nodig zijn vanwege de hoge dichtheid aan verkeer, verminderd worden. Ook kunnen filegolven met AI sneller worden gedetecteerd en kan er ook sneller (en dynamischer) worden ingegrepen.

Sturen en regelen

In de categorie sturen en regelen vallen de toepassingen die heel direct ingrijpen in de verkeersstromen. Denk aan het openen van een spitsstrook, het verlagen van de snelheidslimiet en het bufferen van verkeer. Deze keuzes kunnen ook gemaakt worden door AI.

Slimme verkeerslichten bijvoorbeeld gebruiken AI om te leren wat de beste timing van verkeerslichten is, afhankelijk van het huidige verkeer. Hierbij kan gestuurd worden op een zo laag mogelijke reistijd of juist op een zo laag mogelijke CO₂-uitstoot. AI zou ook meer-

dere kruispunten gezamenlijk kunnen optimaliseren. De kracht van AI zit hier in het leren uit vorige verkeerssituaties, om in de huidige situatie zo effectief en soepel mogelijk te sturen.

Bij incidenten op de weg is het belangrijk dat de weginspecteurs van Rijkswaterstaat zo snel mogelijk ter plaatse zijn. Een systeem met AI helpt hierbij door te bepalen waar de weginspecteurs het beste klaar kunnen staan. Ze zijn dan zo gepositioneerd dat de aanrijtijd zo kort mogelijk is. AI helpt dan voorspellen waar een grote kans is op incidenten en verdeelt vervolgens op basis daarvan de weginspecteurs optimaal over het netwerk.

Een mogelijke toekomstige toepassing is het voorspellen van de effectiviteit van een inhaalverbod voor vrachtwagens – en het instellen hiervan. Soms kunnen we namelijk congestie voorkomen door snelheidsverschillen te verminderen en dan kan een inhaalverbod voor vrachtverkeer een oplossing zijn. Een model kan uit de data van lusdetectoren en videosensoren bepalen wat de huidige situatie op de weg is, of deze situatie gevoelig is voor congestie, en of deze congestie voorkomen of verminderd kan worden door een inhaalverbod. Hier liggen nog een aantal open vragen. Voor het bepalen van de effectiviteit van een inhaalverbod zijn data nodig van vergelijkbare situaties met en zonder inhaalverbod, en met en zonder congestie. Ook zijn data nodig om te achterhalen of congestie veroorzaakt wordt door inhalend vrachtverkeer.

Voor de slimme verkeerslichten zijn ook verdere verbeteringen te bedenken. Met het eerder genoemde *reinforcement learning* kunnen we de systemen leren zich aan te passen aan nieuwe situaties. De verwachting is dat hiermee de doorstroming en duurzaamheid verder verbeterd worden. Ook zou onderscheid gemaakt kunnen worden tussen verschillende verkeersdeelnemers, zodat bijvoorbeeld zware vrachtwagens minder vaak hoeven te stoppen of schoolgaande kinderen langer groen krijgen. Bij het gebruiken van *reinforcement learning* is het wel belangrijk om randvoorwaarden voor veiligheid mee te nemen. *Safe reinforcement learning* is een nieuwe ontwikkeling die hierop aansluit. Hierbij moeten de willekeurige acties die het systeem uitprobeert om van te leren, binnen bepaalde kaders vallen. Er kan dan ook tijdens het leerproces altijd een veilige doorstroom worden gegarandeerd. Eén belangrijke veiligheidsfactor om mee te nemen, zijn de verwachtingen van reizigers. Wanneer reizigers geen groen krijgen op het moment dat zij dit wel verwachten, kan dat tot gevaarlijke situaties leiden.



Conclusie

De rol van AI in het verkeersmanagementdomein wordt groter en groter. Er zijn veel toepassingen die een positief effect kunnen hebben op zowel de doorstroming als de veiligheid en duurzaamheid.

Om stappen te maken is het wel belangrijk om over voldoende goede data te beschikken, vooral als het om lerende systemen gaat. Ook de privacy, transparantie en uitlegbaarheid moeten op orde zijn. Zo moeten de beslissingen van een AI-systeem begrijpelijk zijn voor de weggebruiker en de mensen in de verkeerscentrale, anders zullen deze beslissingen niet geaccepteerd en daardoor niet of minder goed opgevolgd worden. Ook moet achteraf te herleiden zijn waarom het systeem ergens toe besloot, voor het geval dat er iets niet of minder goed verliep.

De eerste succesvolle implementaties van AI in verkeersmanagement zijn inmiddels een feit. We verwachten dat er de komende jaren nog veel zullen volgen, met goede samenwerking tussen mens en machine.



2.5. Milieubaten van connected mobility

Naar aanleiding van het Klimaatakkoord uit 2019 zijn verschillende Meerjarige Missiegedreven Innovatieprogramma's opgestart. [13] Missie D+ gaat over emissieloze en toekomstbestendige mobiliteit voor mensen en goederen in 2050. Onderdeel daarvan is het streven naar 'doelmatige vervoersbewegingen voor mensen en goederen'. Daar kan verkeersmanagement in brede zin – dus inclusief *connected, cooperative & automated mobility* – zeker aan bijdragen, maar de vraag is in welke mate.

Communicatie

In de afgelopen twee decennia is er veel onderzoek gedaan naar de effecten van connected systemen in verkeer en vervoer. Daarbij is ook gekeken naar de milieueffecten: draagt die communicatie bij aan het verminderen van de uitstoot van CO₂ en schadelijke stoffen en aan het beperken van de geluidsoverlast? De studies lieten over het algemeen positieve milieueffecten zien, al was dat vaak niet meer dan 'bijvangst': de meeste connected toepassingen waren primair voor het verbeteren van de verkeersveiligheid of de doorstroming.

Nu het klimaat weer extra in de belangstelling staat, is er internationaal hernieuwde aandacht voor maatregelen om de CO₂-uitstoot van verkeer te verminderen of naar nul terug te brengen. Duidelijk was al wel dat we daarvoor echt alle mogelijkheden moeten aangrijpen, willen we in 2030 uitkomen op 55% reductie en in 2050 op 95% reductie ten opzichte van 1990. Uiteindelijk zal de elektrificatie van

het wagenpark veel opleveren, maar met die omslag zijn flink wat jaren gemoeid. Voor de korte termijn wordt daarom met extra interesse naar smart mobility-maatregelen gekeken, waaronder de mogelijkheden van communicatie in verkeer en vervoer. Dat kan communicatie tussen voertuigen onderling zijn (V2V), tussen voertuigen en de infrastructuur (V2I) en/of een backoffice als een verkeerscentrale, communicatie tussen voertuigen en netwerken (V2N), of combinaties hiervan. Maar er zijn niet zoveel recente overzichten van wat connected systemen aan milieuwinst opleveren.

Een eerste stap om dit in beeld te brengen, was de studie 'Environmental benefits of connected mobility' in opdracht van de 5G Automotive Association. [14] De benodigde communicatie tussen voertuigen en infrastructuur/backoffice kan met 5G, maar bijvoorbeeld ook met wifi-p. Voor deze studie is daar verder geen onderscheid naar gemaakt.



Toepassingen

Op basis van een literatuuronderzoek en interviews met stakeholders identificeerden de onderzoekers diverse veelbelovende toepassingen. Van sommige was hun potentieel om uitstoot of energiegebruik te verminderen al bepaald met metingen op de weg of simulaties, van andere was alleen *beredeneerd* hoe de toepassingen uitstoot kunnen verminderen. De lijst met veelbelovende toepassingen is aangevuld met toepassingen die misschien nu nog toekomstmuziek zijn, maar die wel veel potentie hebben.

Al met al waren de kansrijke toepassingen onder te verdelen naar doel:

- Aantal *verplaatsingen* verminderen, bijvoorbeeld door thuiswerken en vergaderen op afstand.
- Aantal *afgelegde kilometers* terugdringen: minder ver weg gaan, betere routes kiezen.
- *Vertrektijdstip* veranderen, om zo files te verminderen of voorkomen.
- *Vervoerwijze* veranderen, namelijk een modal shift naar milieuvriendelijkere vervoerwijzen.
- *Voertuigdynamiek* verminderen: constantere en optimale snelheid, goed anticiperen.
- *Aandrijfwijze* van hybride voertuigen aanpassen door tijdens de rit in bepaalde gebieden of op bepaalde tijden ‘verplicht’ over te schakelen naar elektrisch rijden.

Dit zijn allemaal vormen van gedragsverandering. We kunnen smart mobility in het algemeen en connected mobility in het bijzonder inzetten om de reizigers zowel voorafgaand aan als tijdens een verplaatsing gerichte informatie en adviezen te geven. In de toekomst zullen voertuigen wellicht steeds meer zélf ingrijpen op basis van informatie die binnenkomt.

De literatuurstudie en een aantal aanvullende berekeningen met datasets lieten een behoorlijk potentieel zien om uitstoot te verminderen. De reducties lagen in de ordegrootte van 5 tot 20%, in de specifieke situatie of use case waar naar gekeken was, bijvoorbeeld communicerende verkeerslichten of coöperatieve ACC vergeleken met gewone ACC. Hoe groot de reducties van het totale verkeer kunnen zijn, hangt ervan af hoe vaak deze situaties voorkomen (in tijd en ruimte) en van hoeveel voertuigen zijn uitgerust met de systemen. Het goede nieuws is dat als je naar een complete rit kijkt, er op grote delen daarvan vermindering van de uitstoot mogelijk is als je voertuigsystemen erop inricht:

- Eco-driving toepassingen voor situaties waarin de bestuurder (of een automatisch voertuig) kan anticiperen op de situatie verder stroomafwaarts en zelf een optimaal snelheids- en acceleratiepatroon kan kiezen.
- Toepassingen die de bestuurder of het voertuig helpen om kruisingen efficiënt over te steken, waarbij er minder vaak gestopt hoeft te worden.

- Toepassingen die de bestuurder of het voertuig helpen om in drukke verkeerssituaties van rijstrook te wisselen (in- of uitvoegen, weven), zodanig dat de hele verkeersstroom geoptimaliseerd wordt.
- Toepassingen die snelheden beïnvloeden of harmoniseren en waarmee congestie voorkomen, verminderd of opgelost kan worden (bijvoorbeeld schokgolfdemping of coöperatieve ACC).
- Toepassingen die de bestuurder ondersteunen bij het kiezen van een optimale route, bijvoorbeeld met een routeoptimalisatie naar uitstoot en/of het vermijden van files.

Een *everything is connected to everything*-scenario dat werkt voor alle delen van een rit is dus heel aantrekkelijk. Bestaande toepassingen kunnen verder worden geoptimaliseerd door de gebruikte algoritmes zo te finetunen dat ze uitstoot minimaliseren.

Voor de automobieliindustrie zijn de gevonden potentiële reducties ook interessant omdat de regulering van de uitstoot van voertuigen steeds strenger wordt en fabrikanten boetes zullen moeten gaan betalen als ze over de vereiste maximale uitstoot per afgelegde kilometer gaan. Wie weet kunnen sommige van de genoemde toepassingen als *eco-innovatie* aangemerkt worden: innovatieve voertuigtechnologieën die aantoonbaar bijdragen aan de reductie van CO₂-emissies in de praktijk, maar die geen of weinig effect hebben op de CO₂-waarde zoals gemeten in de typekeuringstest.

De literatuurstudie vond overigens vooral veel toepassingen gericht op het verminderen van de dynamiek van het rijden. Dus minder (hard) optrekken en afremmen, maar ook snelheidsadvies, zoals met Intelligent Speed Adaptation of Green Light Optimal Speed Advice (GLOSA).

Maar het voorkomen of verkorten van verplaatsingen, of het vervangen van autoverplaatsingen door verplaatsingen met energiezuinigere vervoermiddelen heeft natuurlijk ook heel veel potentie. Ook daaraan kan communicatie bijdragen – van real-time verkeers- en ov-informatie tot dynamische route-informatie. *Mobility as a Service*-toepassingen maken uiteraard ook gebruik van communicatie.

Neveneffecten

Wat altijd een belangrijk aandachtspunt is, zijn eventuele neveneffecten. Dat zouden bijvoorbeeld nieuwe of langere verplaatsingen kunnen zijn die voorheen niet gemaakt werden maar nu wel, omdat er ergens in het verkeers- en vervoersysteem iets verbeterd is (en er nog sprake was van latente vraag).

Een ander punt is dat er ook allerlei andere manieren zijn om de uitstoot van verkeer te verminderen. Zo hebben we in het bovenstaande buiten beschouwing gelaten dat steeds meer voertuigen elektrisch worden, dat in de toekomst de grootte van voertuigen zou kunnen veranderen (kleiner zouden kunnen worden, hoewel de trend nu de andere kant op gaat), dat er ook CO₂-emissies komen kijken bij het fabriceren van voertuigen (maar dat dat er in de toekomst met nieuwe mobiliteitsconcepten minder zouden kunnen zijn) en dat er ook

bij het gebruik van fysieke en digitale infrastructuur energie gebruikt wordt en/of er CO₂-uitstoot is.

Het is ook goed om op te merken dat de resultaten uit de literatuur en de indicatieve berekeningen voor deze studie gelden voor de specifieke situatie waarin ze gemeten zijn. Er heeft dus nog geen opschaling in tijd en ruimte plaatsgevonden. Het totale effect dat bereikt kan worden, wordt bepaald door het aandeel van de specifieke situaties in totale CO₂-emissies. Soms speelt ook de penetratiegraad een rol. Sommige toepassingen hebben al bij lage penetratiegraden effect, maar voor sommige echt coöperatieve systemen is een 100% penetratiegraad nodig. Een volgende stap is dus om data te verzamelen waarmee opschaling mogelijk is. Dat kunnen gegevens zijn over afgelegde afstanden voor verschillende voertuigtypen onder bepaalde omstandigheden, bijvoorbeeld 'kilometers afgelegd op stedelijke snelwegen in slecht weer'. Of gegevens over hoe vaak een bepaalde situatie voorkomt in een rit, zoals hoe vaak je een geregeld kruispunt tegenkomt tijdens ritten in de spits. En ook gegevens over de verwachte penetratiegraden in de toekomst. Sommige gegevens zijn eenvoudig te verkrijgen, maar met andere zal dat veel lastiger zijn. Een behoorlijke uitdaging dus nog!



Referenties

- [1] **CROW (2020)** *Inclusieve Mobiliteit – Praktijkvoorbeelden*, rapport door MuConsult, CROW-KpVV, juni 2020.
- [2] **Van den Ende (2018)** *Vervoersarmoede: wat is het en wat doet Rotterdam eraan?*, Vers Beton, juni 2018.
- [3] **CBS en PBL (2019)** *Indicator risico op vervoersarmoede*, Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) en Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), rapport, oktober 2019.
- [4] **SUMMALab (2021)** *Samenwerken aan de experimenten van de toekomst*, geraadpleegd 3 juni 2021, www.summalab.nl.
- [5] **TNO (2020)** *ERP Wise Policy Making*, ERP Report 2019, TNO, maart 2020.
- [6] **SWOV (2021)** *Verkeersdoden in Nederland*, SWOV-factsheet, Den Haag, april 2021.
- [7] **Weijermars, W en L. Aarts (2021)** *Proactief verkeersveiligheidsbeleid: wat kan de psychiatrie leren?*, Tijdschrift voor Psychiatrie, 63(2), pp. 103-106.
- [8] **Weijermars, W. & I. van Schagen (2009)** *Tien jaar Duurzaam Veilig; Verkeersveiligheidsbalans 1998-2007*, SWOV-rapport R-2009-14, Leidschendam, 2009.
- [9] **Koornstra, M.J., M.P.M. Mathijssen, J.A.G. Mulder, R. Roszbach, F.C.M. Wegman (1992)** *Naar een duurzaam veilig wegverkeer: Nationale Verkeersveiligheidsverkenning voor de jaren 1990/2010*, SWOV-rapport, Leidschendam, 1992.
- [10] **CBS (2021)** *610 verkeersdoden in 2020*, april 2021, www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2021/15/610-verkeersdoden-in-2020, geraadpleegd op 15 september 2021.
- [11] **Ministerie van IenW, Ministerie van JenV, Inter provinciaal overleg, Vereniging van Nederlandse Gemeenten, Vervoerregio Amsterdam, Metropoolregio Rotterdam Den Haag (2018)** *Veilig van deur tot deur – Het Strategisch Plan Verkeersveiligheid 2030: Een gezamenlijke visie op aanpak verkeersveiligheidsbeleid*, rapport, december 2018.
- [12] **Van Ommeren, C., F. Willems, J.W. Paardekooper, T. Bakri & R. Beekelaar (2020)** *Artificiële intelligentie in mobiliteit en transport*, TNO-position paper, maart 2020.
- [13] **Topsector Energie (2021)** *Meerjarige Missiegedreven Innovatieprogramma's – MMIP's*, www.topsectorenergie.nl/missies-energietransitie-en-duurzaamheid, geraadpleegd op 15 september 2021.

[14] Eleni Charoniti, Gerdien Klunder, Peter-Paul Schackmann, Max Schreuder, Ramon de Souza Schwartz, Dawn Spruijtenburg, Ulke Stelwagen, Isabel Wilmink (2020) *Environmental Benefits of C-V2X for 5GAA*, 5G Automotive Association, Den Haag, TNO-rapport R11817, 16 november 2020.





Nieuwe ontwikkelingen in onderzoek.

Corona of geen corona, het wetenschappelijk onderzoek is de afgelopen periode gewoon doorgegaan. Het was anders, dat zal iedere wetenschapper en afstudeerder erkennen, maar we hebben niet in hoeven boeten aan (promotie)onderzoeken en nieuwe kennis. Wat congressen betreft, lag het wat ingewikkelder, maar zelfs op dat vlak is het nodige gebeurd. Ook in deze uitgave hebben we dus alle reden voor een hoofdstuk over de ontwikkelingen in onderzoek.

3.1. Relevant promotieonderzoek

Nieuwe mogelijkheden voor het schatten van de verkeersgesteld

Voor verkeersmanagement is het essentieel dat er een goed zicht is op de verkeersgesteld. Op basis van die gesteld treffen we immers onze maatregelen, omdat het verkeersmanagementsysteem 'ziet' dat het ergens vast dreigt te lopen. Het verkeersbeeld wordt momenteel voornamelijk samengesteld met data van lusdetectoren. *Floating car data* zijn al wel ruim beschikbaar, maar ze worden nog niet heel veel gebruikt in de operationele praktijk.

Op 3 februari 2020 verdedigde Paul van Erp een interessant proefschrift aan de TU Delft over *relatieve verkeersdata*. Die data verkrijgen we door te kijken naar de cumulatieve verkeersintensiteit en de veranderingen daarin, waarbij we leunen op zowel stationaire waarnemers (zoals lusdetectoren) als waarnemers die met de stroom meebewegen (zoals geldt voor floating car data). Het proefschrift laat zien dat deze relatieve data goed gebruikt kunnen worden voor het schatten van de gesteld op de weg. Juist ook het combineren van lusdata en floating car data zorgt voor aanmerkelijk betere schattingen.

Paul van Erp, *Relative Flow Data: New Opportunities For Traffic State Estimation*, PhD-thesis, TU Delft, februari 2020.





Patroonherkenning in stedelijke netwerken

Als het gaat om het bepalen van de verkeerstoestand, zijn stedelijke netwerken een uitdaging op zich. Steden zijn complex, dynamisch en continu in ontwikkeling. Dat geldt niet alleen voor het verkeer dat gebruikmaakt van de netwerken, maar ook voor de netwerken zelf. In het proefschrift van Panchamy Krishnakumari, dat zij op 10 februari 2020 verdedigde aan de TU Delft, presenteert ze enkele efficiënte, datagedreven methoden om de verkeersafwikkeling in grote, metropolitaanse netwerken te analyseren en interpreteren.

De methoden die Krishnakumari ontwikkelde, zijn gebaseerd op patroonherkenning en hebben vooral als doel de complexiteit van netwerken te verminderen. Het wordt dan vanzelf makkelijker om bijvoorbeeld herkomst-bestemmingsmatrices te schatten of analyses te doen op regionaal of landelijk niveau. Ook heeft zij gekeken naar patronen in de relatie tussen vraag en aanbod voor openbaar vervoer.

Panchamy Krishnakumari, *Multiscale Pattern Recognition Of Transport Network Dynamics and Its Applications: A Bird's Eye View On Transport*, PhD-thesis, TU Delft, februari 2020.

Een alternatief voor discrete-keuzemodellen

Om menselijk keuzegedrag te beschrijven, begrijpen en analyseren, gebruiken we vaak discrete-keuzemodellen. Dit type modellen wordt veelvuldig toegepast in verkeer- en vervoeronderzoek om het gedrag van reizigers te begrijpen, maar bijvoorbeeld ook in marketingonderzoek om keuzes van consumenten te analyseren. De aannames achter deze modellen komen uit de economie en gaan ervanuit dat reizigers proberen de beste keuze te maken: de keuze met 'het hoogste nut'. Maar in de praktijk zijn mensen helemaal niet zo rationeel. Ook bij het kiezen van een bestemming, modaliteit, vertrektijdstip of route nemen we vaak geen 'optimale' beslissingen.

Daarom stelt Ahmad Alwosheel een andere manier voor om menselijk keuzegedrag te doorgronden en leren kennen: neurale netwerken. Op 10 juli 2020 verdedigde hij zijn proefschrift hierover aan de TU Delft. In zijn thesis gaat hij specifiek in op de aspecten die bij keuzegedrag van belang zijn, zoals de omvang van de data die nodig is voor training en validatie en de transparantie van de neurale netwerken.

Ahmad Alwosheel, *Trustworthy and Explainable Artificial Neural Networks For Choice Behaviour Analysis*, PhD-thesis, TU Delft, juli 2020.



Tijdsbesteding bij automatisch rijden

Baiba Pudāne koos voor haar proefschrift, dat ze op 12 juli 2020 aan de TU Delft verdedigde, een heel ander onderwerp. Zij onderzocht de tijdsbesteding bij het gebruik van automatische voertuigen. Stel dat we automatisch kunnen rijden, wat betekent dat dan voor onze activiteiten onderweg én thuis? Gaan we onderweg wellicht werk-taken uitvoeren of richten we ons op nieuwe taken?

De huidige modellen gaan er nog vanuit dat we onze tijd aan boord van een automatisch voertuig nuttig besteden voor bijvoorbeeld werk. Die activiteiten zouden de reistijdwaardering verlagen en dat zou dan automatisch tot meer verplaatsingen leiden.

Pudane onderzocht hoe reizigers reageren op de nieuwe mogelijkheden die automatisch rijden biedt en wat dat betekent voor hun activiteiten en planning. Ze toont aan dat (nieuwe) activiteiten aan boord in verschillende scenario's kunnen leiden tot meer maar ook juist tot *minder* verplaatsingen per dag. Met die inzichten kunnen bestaande modellen worden verbeterd.

Baiba Pudāne, *Time Use and Travel Behaviour With Automated Vehicles*, PhD-thesis, TU Delft, juli 2020.

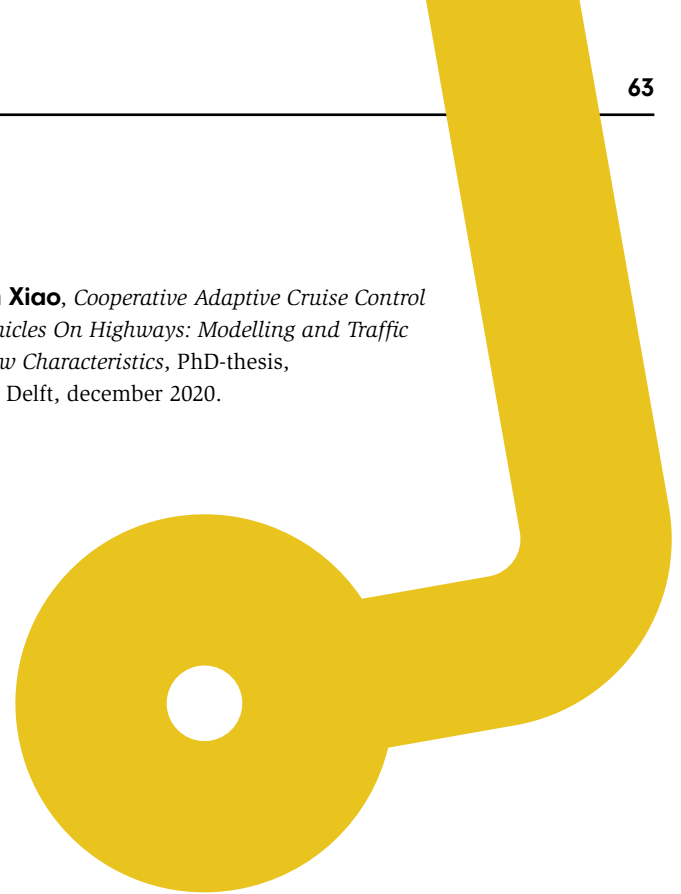


Realistische gedragsmodellen voor CACC-voertuigen

Steeds meer auto's beschikken over *adaptive cruise control* (ACC), een systeem voor het automatisch volgen van andere voertuigen. Uit onderzoek blijkt dat ACC de doorstroming van het verkeer niet significant verbetert en misschien zelfs wat verslechtert. De volgafstanden worden in het ACC-systeem namelijk vaak ingesteld op waarden die hoger liggen dan gebruikelijk is in het Nederlandse verkeer. Door gebruik te maken van *cooperative* ACC (CACC), waarbij de voertuigen onderling communiceren, kunnen de stabiliteit van het verkeer en de doorstroming wél verbeterd worden, maar alleen als de penetratiegraad hoog genoeg is. Nog niet duidelijk is hoe CACC-systemen functioneren in bepaalde omstandigheden, zoals bij de overname van de controle door de bestuurder of bij een terugval naar ACC.

Op 3 december 2020 verdedigde Lin Xiao aan de TU Delft haar proefschrift over realistische gedragsmodellen voor CACC-voertuigen. Zij ontwikkelde een nieuw gedragsmodel en implementeerde die in een simulatieomgeving. Volgens die nieuwe berekeningen zou een aparte rijstrook voor CACC-voertuigen bij een penetratiegraad van 20% nog veel congestie opleveren. Pas vanaf een 40%-penetratie werpt CACC z'n vruchten af.

Lin Xiao, *Cooperative Adaptive Cruise Control Vehicles On Highways: Modelling and Traffic Flow Characteristics*, PhD-thesis, TU Delft, december 2020.



3.2. Congressen en symposia

NVC 2020

Door de coronapandemie werd het Nationaal Verkeerskundecongres 2020 opgesplitst in twee delen. Het eerste deel werd op 20 oktober 2020 online gehouden – de hoop was toen dat het tweede deel in het voorjaar van 2021 weer een fysieke bijeenkomst kon zijn. Dat was niet zo, dus ook het tweede deel is online gehouden, op 4 februari 2021. Die dag liet tot overmaat van ramp de techniek het door een landelijke telecomstoring behoorlijk afweten. Gelukkig was de verbinding in de middag hersteld en kon de sessie over ADAS en C-ITS doorgaan. TrafficQuest presenteerde daarin een paper over de challenge die in 2019 is uitgevoerd rond vijf C-ITS-diensten en een inschatting van hun effecten.

Alle bijdragen en presentaties zijn te vinden via de link www.nationaalverkeerskundecongres.nl/papers-2020. De prijs voor het beste paper werd toegekend aan een paper over lessen uit verkeersveiligheidsanalyses.

Meer informatie:

nationaalverkeerskundecongres.nl

CVS 2020

Het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk is in 2020 niet doorgegaan. Wel is een bundel uitgegeven met daarin korte bijdragen over de impact van de coronacrisis op het werkveld. De bundel bevat bijdragen over internationaal mobiliteitsbeleid, effecten op thuiswerken, sociale ongelijkheid, autodelen, stedelijke mobiliteit, goederenvervoer, het belang van data, strategieverandering, ontwikkelingen in verkeer en veranderingen in reisgedrag.

Meer informatie:

cvs-congres.nl

ETC 2020

De *European Transport Conference* was in 2020 digitaal. Tijdens de talrijke sessies werden meer dan 250 papers gepresenteerd. De focus lag op klimaatverandering, automatische voertuigen, grote infrastructurele projecten, de toekomst van transport, diversiteit in transport, autovrije steden, systeemdynamica en leefbaarheid voor de stad.

Eén interessante presentatie ging over het testen van verschillende openbaar-vervoerapps. Er werden verschillende herkomst-bestemmingsrelaties in Berlijn en Wenen aan de apps voorgelegd en de voorgestelde routes werden in het echt uitgetest. De conclusie was dat de kwaliteit van de informatie nogal verschilde, zowel in de voorgestelde routes als in de geschatte reistijden.

Meer informatie:

aetransport.org/past-etc-papers/conference-papers-2020

TRB 2021

De *Annual Meeting* van de *Transportation Research Board* (TRB) was in januari 2021 toe aan z'n honderdste editie. Deze mooie mijlpaal moest echter noodgedwongen digitaal gevierd worden.

Veel sessies waren goed te volgen, maar ook hier liet de techniek het bij tijd en wijle afweten. De postersessies werden over het algemeen goed bezocht. Bij dit type sessies is interactie mogelijk tussen de opsteller van de poster en de bezoekers, maar helaas was er vanuit de organisatie alleen in een chatmogelijkheid voorzien. Veel presentatoren zetten daarom een eigen digitale sessie op en dat werkte een stuk beter.

Er was tijdens de Annual Meeting veel aandacht voor kunstmatige intelligentie (AI). Het ging onder meer over *machine learning* in het transportwerkveld, de toepassing van AI in verkeerslichtenregelingen en ontwikkelingen in het schatten van de toestand in verkeersnetwerken. Een aantal sprekers stond ook stil bij de kennis over AI en de integratie van het thema in opleidingen – punten die terecht (extra) aandacht verdienen.

Meer informatie:

trb.org/annualmeeting/annualMeeting.aspx

MaaS Congres 2021

Het MaaS Congres was in 2021 verdeeld over twee dagdelen. Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat ging in op de zeven MaaS-pilots die waren opgezet. Vanuit de praktijk is er de roep om meer standaardisatie, met name van de data van vervoerders en MaaS-providers. De zeven pilots hebben geleid tot acht nationale apps. Deze kunnen live, maar door de coronasituatie wordt daar nog mee gewacht, een besluit dat zowel vanuit beleid als vanuit het bedrijfsleven genomen is.

Er was tijdens het congres ook aandacht voor de *governance*, de reizigers, de werkgevers en de techniek van MaaS.

Meer informatie:

maascongres.nl

PLATOS Modellencolloquium 2021

Wie weet na het opmerkelijke jaar 2020 nog dat er in 2019 protesten waren van boeren? En dat optochten van tractoren het filerecord weer wat hoger zetten? Het afgelopen jaar beheersten niet langer de boze boeren het nieuws (en het verkeer), maar virussen. Het coronavirus zorgde er ook voor dat het PLATOS Modellencolloquium 2020 niet door kon gaan. Gelukkig kon PLATOS 2021 als videobijeenkomst gehouden worden.

Het thema was meegeschoven van 2020 naar 2021 en luidde 'Modellen in de actualiteit'. Die actualiteit was sinds 2020 wel wat anders geworden, maar de twijfel over de wetenschappelijke benadering was er nog steeds: 'Ik ben het hier niet mee eens en *dus* wantrouw ik deze metingen, methoden, modellen enzovoort', net zoals het uitkomt. Daarom blijft het belangrijk verkeers- en vervoermodellen te valideren, te kalibreren en van tijd tot tijd te actualiseren, zodat ze niet achterlopen op de ontwikkelingen. Gedurende het twintigste PLATOS Modellencolloquium werd deze noodzaak nog eens flink onderstreept. Want we weten wel hoe belangrijk valideren, kalibreren en actualiseren zijn, maar doen we dat ook in voldoende mate? En welke lessen hebben we in dit verband van de coronacrisis kunnen leren?

Meer informatie:

platos-colloquium.org



3.3. Overig onderzoek

STAD

Spatial and Transport Impacts of Automated Driving, oftewel STAD, is een SURF-onderzoeksproject van NWO over de impact van automatisch rijden op de bereikbaarheid en ruimtelijke ontwikkeling. Het project, waaraan ruim dertig overheden, kennisinstellingen en marktpartijen meedoen, loopt dit jaar ten einde.

De ontwikkelingen rond automatisch rijden gaan hard en het is dan ook zaak dat alle betrokken organisaties en instanties daarop zijn voorbereid. Internationaal wordt uitgegaan van de vijf *SAE-levels* van automatisering. Naar verwachting zal het vijfde level, waarbij voertuigen overal volledig zelfstandig kunnen rijden, een disruptieve impact hebben – mogelijk met veranderingen in de mobiliteitspatronen en zelfs in de ruimtelijke indeling van steden en regio's.

Tot de start van het project was er al veel onderzoek gedaan naar de impact van lagere levels van automatisering, op de korte termijn. De langetermijneffecten (direct en indirect) en de impact van hogere levels van automatisering op het mobiliteitssysteem, de logistieke stromen en de reizigerspatronen waren nog onderbelicht. In het STAD-project hebben zeven onderzoekers van verschillende universiteiten en de Hogeschool van Rotterdam daarom samengewerkt met overheidsinstellingen, private partijen en andere onderzoeksinstituten om die kennislücken in te vullen. In de afgelopen jaren hebben zij onderzoeken uitgevoerd naar onder meer een vertrektijdkeuzemodel

bij gebruik van automatische voertuigen, matchmaking van vrachtwagenpelotons, optimalisatie van subnetwerken van automatische voertuigen, interactie tussen automatische voertuigen en kwetsbare verkeersdeelnemers, het effect van parkeerkosten op de parkeervraag, een geïntegreerd model om de impact van automatisch rijden te bepalen en de evaluatie van shuttle pilots.

Alle proefschriften en bijbehorende artikelen zijn terug te vinden op de website van het STAD-project. Ook zijn hier meerdere webinars beschikbaar die als onderdeel van het project zijn georganiseerd.

Meer informatie:

stad.tudelft.nl



De impact van smart mobility op mobiliteit

Technologieën als blockchain, connectiviteit en kunstmatige intelligentie zullen in het komende decennium de ontwikkeling van smart mobility flink stimuleren. Het Europees Parlement, en dan specifiek de commissie Vervoer en Toerisme, wilde graag een overzicht van die (grotere) impact van smart mobility op het verkeers- en vervoersysteem, de infrastructuur en de maatschappelijke doelen. CE Delft en TNO hebben hiervoor het rapport 'The impact of emerging technologies on the transport system' opgesteld.

Het rapport geeft een actueel, toegankelijk en breed overzicht van smart mobility: de onderzoekers schetsen ontwikkelingen, toepassingen, verwachte impact en beleidsaanbevelingen. De belangrijkste kansen en uitdagingen voor de inzet van smart mobility zijn in kaart gebracht en het rapport geeft aanbevelingen voor (beleids)acties. In het rapport staan de volgende toepassingen centraal: coöperatieve intelligente transportsystemen (C-ITS), *Connected Cooperative Automated Mobility* (CCAM), *Mobility as a Service* (MaaS) en *Self-organising Logistics* (SoL). Deze toepassingen zullen naar verwachting de grootste impact op mobiliteit en maatschappij hebben.

De onderzoekers stellen dat smart mobility naar verwachting aanzienlijke positieve voordelen zal hebben voor individuele gebruikers, zoals een hoger comfortniveau en lagere gebruikskosten. In potentie biedt het ook aanzienlijke maatschappelijke voordelen, zoals een vermindering van de CO₂-uitstoot en verbeterde verkeersveiligheid.

Maar in hoeverre die kansen benut worden, hangt af van het ontwerp, de implementatie en het overheidsbeleid (wetgeving, financiering, pilotprojecten en publiek-private samenwerking).

Om de ontwikkeling en implementatie van smart mobility in goede banen te leiden, zullen zowel publieke als private partijen dan ook gerichte (beleids)acties moeten doen. Dat zal op alle niveaus moeten gebeuren, namelijk Europees, nationaal en lokaal/regionaal. Tegelijkertijd hebben we een overkoepelende strategie nodig om alle afzonderlijke acties op elkaar af te stemmen en te coördineren. Het rapport bevat daarom de volgende aanbevelingen voor de beleidsmakers van de EU:

- Ontwikkel een overkoepelende strategie voor smart mobility.
- Creëer de basisvoorwaarden, zoals een goede digitale infrastructuur en een wettelijk kader.
- Definieer gerichte beleidsacties voor elke toepassing van smart mobility.
- Zorg voor proactief, flexibel en adaptief beleid.
- Verbeter de kennisbasis over de effecten, de voorkeuren van de gebruikers, de technologische randvoorwaarden en eisen, enzovoort.
- Organiseer de samenwerking tussen alle relevante stakeholders, met inbegrip van de eindgebruikers.

Meer informatie:

Schroten, A., Van Grinsven, A., Tol, E., Leestemaker, L., Schackmann, P.P., Vonk Noordegraaf, D., Van Meijeren, J., Kalisvaart, S. (2020), *The impact of emerging technologies on the transport system*, Rapport voor het Europese Parlement, beleidsondersteunende afdeling Structuur- en Cohesiebeleid, Brussel, november 2020.







Pilots smart mobility en verkeersmanagement.

Ondanks en ook een beetje dankzij de coronacrisis is er het afgelopen jaar volop geëxperimenteerd in pilots en proeftuinen. Dat we ons ineens aan de anderhalvemetermaatregel moesten houden, resulteerde bijvoorbeeld in verschillende experimenten om het gedrag van mensen te bestuderen. Maar ook 'gewone' pilots rond onder meer iVRI's vonden doorgang. Van die pilots zijn inmiddels verschillende evaluaties afgerond.

4.1. Crowdmanagement

Het verplaatsingsgedrag van individuele mensen is vaak onvoorspelbaar. Maar zodra je naar deze mensen als groep kijkt, wordt het gedrag ineens veel voorspelbaarder en kun je erop sturen. Dit is ook wat *crowdmanagement* beoogt.

Dit interessante werkveld is dankzij de coronacrisis extra in de schijnwerpers komen te staan. De regel om minimaal anderhalve meter afstand te houden, wordt gezien als een belangrijke maatregel om verspreiding van het virus tegen te gaan. Maar waar grote groepen mensen bij elkaar komen, ontstaan gemakkelijk opstoppen – en van afstand houden is dan geen sprake meer. Verschillende overheden hebben daarom crowdmanagement ingezet om die opstoppen vóór te zijn.

Coronamaatregelen binnenstad Utrecht

In mei 2020 heeft de gemeente Utrecht een set aan maatregelen ingevoerd om de bezoekers van de binnenstad te managen en de anderhalvemeterregel te kunnen handhaven. Voorafgaand aan de ingreep was de drukte van bepaalde plekken in de binnenstad goed in kaart gebracht. Met die kennis als uitgangspunt heeft de gemeente met behulp van borden verschillende loopstromen met eenrichtingsverkeer gevormd. Midden in de winkelstraten is zelfs een looprotonde ontworpen. Er zijn ook minder zichtbare maatregelen getroffen, zoals het verwijderen van obstakels in de loopstromen (meest fietsen) en het optimaliseren van de verkeerslichten in de stad voor voetgangers

(en daarna voor fietsers en dan voor de auto's). Later in het jaar zijn er in de parken 'zitcirkels' en tekstkarren met informatie toegevoegd om mensen afstand te laten bewaren.

De gemeente heeft hierbij steeds geprobeerd om de maatregelen op het juiste moment – vroegtijdig, maar alleen indien nodig – in te zetten. Er was ook veel aandacht voor communicatie en handhaving. Op drukke dagen werden de looprichtingen bijvoorbeeld gehandhaafd door verkeersregelaars, terwijl op rustige dagen de borden juist werden afgeplakt. Er werd ook ter plekke gekeken hoe druk het was in de stad; voor verschillende druktebeelden waren vooraf specifieke scenario's gecreëerd.

De lessen van deze pilot zijn gebruikt om in 2021 het Utrechtse crowdmanagement verder aan te scherpen. De lessen zijn ook gedeeld met andere gemeenten, via de website maaksamenruimte.nl. Een voorbeeld van een eenvoudige maar nuttige les is dat de borden wel goed zichtbaar moeten zijn, maar dat ze niet zelf in de weg mogen staan. Tijdens de pilot bleek het nodig om verschillende borden toch net wat anders te positioneren.



Anders aanbesteden in regio Amsterdam

Ook de regio Amsterdam heeft het nodige gedaan op het gebied van crowdmanagement. Het Smart Mobility-platform van Metropoolregio Amsterdam (MRA) – provincies Noord-Holland en Flevoland, gemeente Amsterdam en Vervoerregio Amsterdam – is een programma gestart om bezoekersstromen zo te beïnvloeden dat drukte op hotspots voorkomen wordt. Om dit voor elkaar te krijgen, hebben de betrokken overheden de normale manier van aanbesteden aan de kant geschoven en gezocht naar samenwerkingsverbanden van marktpartijen die een totaaloplossing boden voor data-inwinning en -gebruik, het voorspellen van de drukte en het beïnvloeden ervan.

De Kalverstraat in Amsterdam en het strand bij Zandvoort zijn als pilotlocaties aangewezen. Er is daar onderzocht hoe de bezoekersstromen kunnen worden voorspeld en hoe de bezoekers zó kunnen worden verspreid in (aankomst)tijd, route en modaliteit dat het niet te druk wordt.

De innovatie in dit traject zit 'm vooral in de manier van uitvragen. Door marktpartijen samenwerkingsverbanden te laten vormen en vooraf na te laten denken over wat voor het einddoel nodig is, verwachtte het MRA-platform Smart Mobility effectiever te zijn dan met losse trajecten mogelijk zou zijn. Ze hopen dat deze manier van werken een blauwdruk kan zijn voor toekomstige uitvragen.

Dutch Grand Prix Formule 1 in Zandvoort

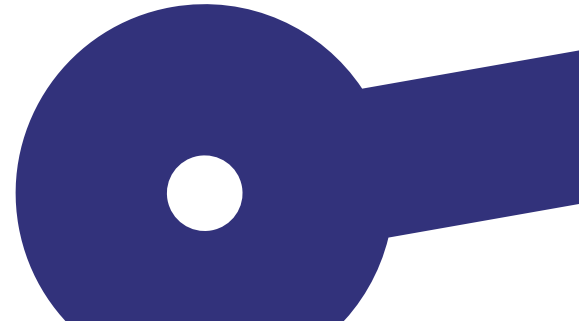
Hoewel de Grand Prix in Zandvoort geen pilot is, is het zeker een noemenswaardig evenement op het gebied van crowdmanagement – en valt er een hoop van te leren.

In het kader van de Formule 1-races verwelkomde Zandvoort in het weekend van 3 tot en met 5 september 2021 maar liefst 195 duizend bezoekers. Als alle bezoekers met de auto waren gekomen en gebruik hadden gemaakt van de twee toegangswegen van Zandvoort, de N200 en N201, dan zou het vijf uur hebben geduurd voordat ze allemaal op het circuit waren aangekomen. Om dit te voorkomen, is een scala aan verkeersmanagement- en vooral ook mobiliteitsmanagementmaatregelen ingezet: bezoekers zijn verleid om voor hun rit naar het circuit juist niet met de auto te komen. Dit was een behoorlijke uitdaging, zeker met een publiek dat over het algemeen fan is van de auto.

De gekozen maatregelen zijn gebaseerd op het STOMP-principe. Dat staat voor de volgorde in prioriteit in het beleid: stappen (lopen), trappen (fietsen), openbaar vervoer, Mobility-as-a-Service en dan pas personenauto's. Ook is er gewerkt met een ringenstructuur, een systematiek waarbij alle wegen rondom Zandvoort binnen een bepaalde ring vallen. De eerste ring was het circuit zelf, waar alleen voetgangers worden toegelaten. Verder waren er een tweede en een derde ring die zich uitstrekten tot aan de N208. In deze gebieden was voor de auto een *doorlaatbewijs* nodig. Verder is er stevig ingezet op incidentmanagement, met een belangrijke rol voor weginspecteurs.

Het doel van deze maatregelen was om tijdens de Grand Prix de leefbaarheid in het gebied op peil te houden en de bereikbaarheid voor nood- en hulpdiensten te waarborgen.

Het verkeer dat van de nabije snelwegen A4, A5 en A9 kwam, werd tijdens het evenement 'afgevangen' en naar de zogeheten Park & Bike-voorzieningen geleid. Deze parkeergelegenheden waren op ongeveer 15 kilometer afstand van het circuit gelegen. Hier kon men op een eigen fiets of een leenfiets overstappen. De N200 en de N201 waren alleen toegankelijk voor touringcars, speciale bussen en de inwoners van Zandvoort zelf. Daarnaast reden er twaalf treinen per uur richting Zandvoort, goed voor het vervoer van zo'n 90.000 bezoekers in drie dagen tijd. Ongeveer de helft van de bezoekers kwam met de fiets of lopend aan bij het circuit.



4.2. SUMMALab

Pilots en experimenten kunnen erg handig zijn om ons mobiliteits-systeem te verbeteren en door te ontwikkelen. Het NWO-project *Smart Urban Mobility Meta Lab*, kortweg SUMMALab, ondersteunt overheden en andere betrokkenen bij dat ‘leren door doen’. Het Lab adviseert over het opzetten en evalueren van experimenten met onder meer automatische shuttles, deelfietsen, autodelen, Mobility as a Service, parkeervoorzieningen en zero-emissie zones.

Het SUMMALab heeft hiervoor al vijf specifieke tools ontwikkeld:

- **Verkeers- en milieueffecten tool.** Met behulp van data over de verplaatsingen van mensen, kunnen de effecten van een experiment op bereikbaarheid en emissies worden bepaald. Hierbij wordt gekeken naar welke verplaatsingen veranderen, vervangen worden of nieuw gemaakt worden door het experiment.
- **Inclusiviteitstool.** Deze tool laat de experimenthouder inschatten hoe sociaal inclusief het experiment is. De score wordt bepaald aan de hand van een vragenlijst over toegankelijkheid, openheid enzovoort.
- **Technische monitoringtool.** Een smart-sensorplatform helpt bij het testen en evalueren van technologie in specifieke situaties. Denk dan aan het stilvallen van zelfrijdende shuttles of aan de interactie tussen autonome voertuigen en andere weggebruikers. De tool biedt ondersteuning bij de keuze van sensoren, technieken en algoritmes.

- **Businessmodeltool.** De tool geeft een eerste beeld van het businessmodel van een experiment. De tool belicht de sterke en zwakke punten van de businesscase en geeft aan hoe deze verbeterd kunnen worden.
- **Opschalingstool.** Deze tool brengt de mogelijke barrières voor het opschalen van het experiment in kaart. Hier kunnen de partijen dan al tijdens de uitvoering van het experiment op anticiperen.

Met deze tools kan een mobiliteitsexperiment zowel vooraf als gedurende het project grondig belicht en ‘doorgelicht’ worden.

SUMMALab zorgt er bovendien voor dat de lessen uit voorgaande experimenten worden gedocumenteerd en samengevoegd in een database. De experimenthouders beginnen daardoor niet vanaf nul, maar bouwen slim voort op voorgaande projecten.

Eén type experiment waarbij het SUMMALab kan helpen, betreft de hub. Hubs worden steeds vaker als tijdelijke of permanente oplossing ingepast in Nederland. Het gaat dan om de traditionele hubs, zoals grote stations met overstapvoorzieningen tussen ov en micro-modaliteiten, maar ook om nieuwere hubconcepten, om bijvoorbeeld op wijkniveau auto’s en fietsen te delen.

Bij het opzetten van vooral die nieuwere concepten zal een initiatiefnemer op veel vragen stuiten. Is de hub wel de juiste oplossing voor het mobiliteitsprobleem? Zal de hub genoeg reizigers faciliteren en daarmee financieel rendabel zijn? Welke vervoermiddelen en voorzieningen moeten er aanwezig zijn op de hub? Op welke locatie precies moet de hub komen? Van wie is die grond en het aanlichtend straatmeubilair en hoe regel je toestemming en vergunningen? Als de hub er eenmaal staat, hoe monitor je dan het gebruik? Is een QR-code naar een enquête voldoende effectief of moet je reizigers aanspreken en vragen stellen?

De toolbox van SUMMALab helpt bij het beantwoorden van al dit soort vragen. Uit een analyse zal dan vanzelf blijken of de hub inderdaad een geschikte oplossing is – en er kan worden voortgebouwd op de kennis die is opgedaan bij eerdere hubs.

Meer informatie:

summalab.nl

Jan-Jelle Witte, María Alonso-González en Tibor Rongen (2021), *Verkenning van het concept mobiliteitshub*, KiM, mei 2021.



4.3. Pilots met iVRI's

In 2018 is het partnership Talking Traffic gestart met de uitrol van intelligente verkeersregelininstallaties, iVRI's. Het gaat allemaal niet zo snel als vooraf verwacht, maar inmiddels zit de vaart er aardig in: in maart 2021 waren er 800 iVRI's actief. Volgens oud-minister Van Nieuwenhuizen zullen er de komende jaren nog zeker 1000 slimme verkeerslichten bijkomen. Een goed moment om een stand van zaken te geven.

Talking Traffic-evaluatiestudie

Be-Mobile heeft in 2020 een evaluatierapport opgeleverd van toepassing die in 2019 zijn geïmplementeerd en beproefd in het kader van het innovatieprogramma annex partnership Talking Traffic.

Uit de resultaten bleek onder meer dat het conditioneel prioriteren van vrachtwagens een positief effect heeft op de reistijd van deelnemende voertuigen. Voor ritten waarbij die prioriteit mogelijk was, daalde de gemiddelde reistijd met 7 à 10% (afhankelijk van het traject) in vergelijking met ritten zonder conditionele prioriteit onder dezelfde verkeerslichtenregeling. Het effect van deze prioriteitsdienst op het overige verkeer is niet onderzocht. Een kanttekening is ook dat de hoeveelheid beschikbare data te beperkt was om statistische testen toe te passen.

In dezelfde evaluatie is een aantal praktijkproeven meegenomen waarin het regelproces van de verkeerslichten is aangepast om de

verkeersstromen langs de kruispunten te optimaliseren. Deze regelingen maken gebruik van nieuwe databronnen (bijvoorbeeld berichten van individuele voertuigen) die als extra detectie-input gebruikt worden naast de gebruikelijke data uit meetlussen. Uit een analyse bleek dat de effecten nogal konden uiteenlopen, afhankelijk van de proef. Op de N201 bijvoorbeeld had de slimme regeling vooral een positief effect op de hoofdstroom (van hoofdtak naar hoofdtak) en leken de effecten op deze hoofdarmen ten koste te gaan van de verkeersstroom van en naar de zijarmen. In Deventer daalde de reistijd op de hoofdarm ook, zij het wat lichter, maar hadden vooral de zijarmen baat bij de nieuwe regeling.

Aanvullende evaluatie LVMB

Het Landelijk Verkeersmanagement Beraad, LVMB, heeft in 2021 een aanvullende evaluatie laten uitvoeren door DTV Consultants. Dit onderzoek had als doel de *potentie* van de iVRI te onderzoeken: op negen locaties is de verkeerskundige werking van de use cases van 41 iVRI's vergeleken met de oorspronkelijke voertuigafhankelijke regeling. Ook hier stonden de use cases prioriteren en optimaliseren centraal. DTV Consultants heeft steeds drie situaties onderzocht: een nul-situatie met de oorspronkelijke (voertuigafhankelijke) regeling, de één-situatie waarbij de ITS-regeling actief was maar zonder dat er gecommuniceerd werd met aankomende voertuigen en een twee-situatie waarbij die communicatie er wel was, via SRM- en CAM-berichten.



Uit de resultaten blijkt dat de verkeerskundige effecten voor de use case optimaliseren niet altijd positief zijn. Als mogelijke verklaring stelt het eindrapport dat de nog nieuwe (in ontwikkeling zijnde) ITS-regelingen worden vergeleken met heel volwassen regelingen die in de afgelopen decennia voortdurend zijn geoptimaliseerd. Ook zijn de nieuwe ITS-applicaties niet altijd ingeregeld met dezelfde beheer- en beleidskeuzes als voor de voertuigafhankelijke regelingen, waardoor er ook verschillen kunnen ontstaan.

Wanneer de verkeerslichten eerder en meer informatie krijgen van aankomende voertuigen (via CAM-berichten) en onderling gekoppeld zijn (uitwisseling van data tussen iVRI's), gaat de kwaliteit van de verkeersafwikkeling er overigens wel op vooruit.

Voor de use case prioriteren bleek dat de implementaties van verschillende leveranciers ook heel verschillend presteren. Over het algemeen laten de regelingen met een correct werkende implementatie zien, dat de ondersteunde (= voor deze toepassing uitgeruste) voertuigen inderdaad profiteren: hun reistijd is beter en het aantal stops neemt af. Door het kleine aantal uitgeruste voertuigen, namelijk enkele voertuigen per uur, werd er geen effect op het overige verkeer gemeten.

Verdere ontwikkelingen

De iVRI en de ITS-regelingen zijn nog volop in ontwikkeling. In de afgelopen periode is bijvoorbeeld het centrale dataplatform UDAP operationeel geworden. Dit fungeert als overnamepunt voor het snel en betrouwbaar uitwisselen van data tussen (onder meer) iVRI's en weggebruikers. Ook werken de leveranciers verder aan hun algoritmes en wordt er gesproken over een uitbreiding van de inhoud van CAM-berichten.

Maar zoals we hierboven al opmerkten, is de situatie nu nog dat de huidige ITS-regelingen moeite hebben om de verkeersprestaties van traditionele, uitontwikkelde en geoptimaliseerde verkeersafhankelijke regelingen te evenaren of te overtreffen. Een punt is ook dat de nieuwe ITS-regelingen voorlopig nog (extra) aandacht en kennis van de wegbeheerders vergen. Niet alle leveranciers ondersteunen bijvoorbeeld het gestandaardiseerde IVERA-protocol om de iVRI's te beheren. Ook de robuustheid van de regelingen moet zich nog bewijzen. Diensten voor specifieke doelgroepen, zoals prioriteit voor vrachtverkeer, laten positieve eerste resultaten zien voor de uitgeruste voertuigen. Maar dit soort diensten streven vooral naar een optimum voor individuele voertuigen, wat kan leiden tot een suboptimale ontwikkeling op kruispuntniveau – namelijk als er te veel aanvragen voor prioriteit binnenkomen. Hoe dat precies uitpakt wordt momenteel in verschillende projecten onderzocht, onder meer op de N470 en in de Rotterdamse haven.

Pilots met coöperatieve diensten

In Tilburg en Noord-Holland lopen twee pilots om meer coöperatieve en innovatieve iVRI-diensten te testen: proeven waarin iVRI's communiceren met een algoritme voor *cooperative adaptive cruise control* (CACC) in voertuigen.

In de Tilburgse pilot vragen CACC-voertuigen prioriteit aan bij een verkeerslicht. Die geeft de voertuigen op zijn beurt een snelheidsadvies terug. De CACC volgt dit advies automatisch op, zodat het voertuig niet hoeft stil te staan bij het verkeerslicht. De pilot bestaat uit drie automatische voertuigen – in deze proef is voor vrachtauto's gekozen – die in een peloton rijden. Ze communiceren onderling om elkaar goed te kunnen volgen en leggen daarnaast contact met de verkeerslichten. De pilot wordt uitgevoerd op een route met 21 iVRI's op de N260 nabij Tilburg.

De dienst werkt als volgt: CACC-voertuigen (in dit geval alle vrachtwagens in een peloton) sturen een verzoek voor prioriteit door naar het verkeerslicht, samen met informatie over hun positie en snelheid. Het verkeerslicht controleert of deze voertuigen door groen zouden kunnen rijden met hun huidige snelheid; is dit niet het geval, dan geeft het verkeerslicht aan dat het voertuig iets langzamer of sneller moet rijden en/of het past de geplande regeling aan om het voertuig alsnog vrij baan te geven. Dat levert een mooie winst op in termen van een lager brandstofverbruik, minder emissie en minder geluidsoverlast. Ook worden pelotons zo niet doorbroken.

Mocht het zijn dat het voertuig té langzaam of té snel moet rijden om groen te krijgen of is de verandering in de regeling te groot, dan zal het verkeerslicht het prioriteitsverzoek weigeren.

Deze dienst kan een specifieke doelgroep van 'connected' voertuigen voorrang geven bij verkeerslichten. Indien dit concept wordt opgeschaald en het aantal voertuigen dat prioriteit aanvraagt groot wordt, kan dit wel een (steeds groter) nadelig effect hebben op het overige verkeer. De voordelen van deze dienst zijn dus grotendeels afhankelijk van de doelgroep en de *grootte* van deze groep.

Ook in Noord-Holland wordt een pilot georganiseerd waarbij automatische voertuigen communiceren met iVRI's. In Noord-Holland geeft de iVRI echter alleen informatie over groentijden door. Op basis daarvan bepalen de voertuigen zelf een geschikt snelheidsprofiel om stilstaan te voorkomen. Net als in Tilburg staat dat voor minder brandstofverbruik, emissies en geluidsoverlast, maar omdat de VRI zijn regeling niet aanpast aan prioriteitsaanvragen, doet het risico met betrekking tot té veel prioriteringen zich niet voor. In principe is een grote penetratiegraad van voertuigen die gebruikmaken van de dienst, dus geen enkel probleem. Sterker nog, bij een hoge penetratiegraad is er het bijkomende voordeel dat de verkeersstroom gehomogeniseerd wordt. Hierdoor kunnen meer voertuigen door groen: voertuigen zijn immers al op snelheid als het groen wordt en zijn er geen langzame optrekkende voertuigen die het verkeer ophouden.

De dienst werkt als volgt: met behulp van verre lussen is het intelligente verkeerslicht in staat om een goede inschatting te maken van de verkeersvraag. Hierdoor kan het ook een betere inschatting maken van de toekomstige fasewisselingen van het verkeerslicht. Deze informatie wordt gecommuniceerd naar alle voertuigen die zijn uitgerust met de dienst. Daarnaast worden de lusdata door een wachtrijschattingsalgoritme gehaald. Dit algoritme stuurt informatie over de geschatte wachtrijen door naar de voertuigen. Met de wachtrij- en 'toekomstige fase'-informatie zijn de voertuigen in de pilot in staat om een snelheidsadvies voor zichzelf te generen en automatisch op te volgen.

Beide pilots zijn een voorbeeld van iVRI-service die communiceert met voertuigen. In Tilburg is het verkeerslicht zelf volledig in controle over hoe de verkeersstroom eruit moet zien en kan het een lokaal optimum generen. In Noord-Holland is het een interessant samenspel van voertuigen en VRI die zich aan elkaar aanpassen en zo samen het verkeersbeeld bepalen.

De pilots zullen ons inzicht geven in de specifieke diensten, maar wellicht ook antwoord geven op de meer fundamentele vraag: waar kan het best bepaald worden hoe de verkeersstroom eruit moet zien om een kruising optimaal te benutten? Is dat in de voertuigen of in de VRI?

Conclusie

Het ontwikkelen, implementeren, organiseren en beheren van iVRI's vindt plaats in een complex samenspel van publieke en private partijen. De ontwikkelingen zijn in volle gang en de leveranciers zijn druk bezig om de applicaties te verbeteren. Evaluaties van lopende initiatieven, zoals die binnen het Talking Traffic-programma en van het LVMB, geven richting aan deze verbeteringen. Daarnaast worden er in enkele kleinschalige pilots ook coöperatieve diensten beproefd, die meer gebruikmaken van de mogelijkheden die iVRI's bieden en daarmee een doorkijk geven naar mogelijke nieuwe ontwikkelingen in de nabije toekomst. Het komende jaar moet duidelijk worden hoe deze zich vertalen naar impact op het verkeerssysteem.

Meer informatie:

www.talking-traffic.com

BeMobile (2020), *Evaluatie en opvolgedrag Talking Traffic*, rapport in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, juli 2020.

DTV Consultants (2021), *De potentie van de iVRI – Eindrapportage Evaluatie iVRI*, rapport in opdracht van het Landelijk Verkeersmanagement Beraad, juni 2021





Ronald van Katwijk, Vialis:

“De iVRI is eerst en vooral een toekomst-vaste investering”

De eerste resultaten van het werken met iVRI's zijn positief – maar het is zeker niet zo dat de iVRI's de oude verkeersregelingen al op alle fronten overtreffen. Dat is voor sommigen misschien een tegenvaller, maar oud-TrafficQuester Ronald van Katwijk ziet dat genuanceerder. “We volgen perfect de Hype Cycle van Gartner”, licht hij desgevraagd toe.

“De meeste mensen lezen de kleine i van iVRI als *intelligent* – zo is dat ooit bedacht. Maar in de praktijk staat die i meer voor *internet*, zoals we dat kennen van de iMac, de iPhone en de iPad van Apple. Hoe intelligent het verkeer op een kruispunt wordt afgewikkeld, hangt namelijk niet van de iVRI zelf af: de intelligentie moet van de *diensten* komen die op het door de iVRI geboden platform draaien. Die diensten zijn de ITS-applicaties.

De hoofletter I van ITS staat hier terecht voor intelligentie. Die intelligentie uit zich in een verhoogde kwaliteit van de afwikkeling (optimaliseren), een betere informatievoorziening naar de weggebruiker (informer) en de mogelijkheden om meer maatwerk te leveren in de afwikkeling van verschillende doelgroepen (prioriteren).

Bedenk wel dat het verkeer een open systeem is en het dus niet mogelijk is om alles te controleren en voorzien. Het menselijk gedrag bijvoorbeeld blijft onvoorspelbaar. Dit betekent dat je op een kruispunt onmogelijk alle drie de use cases – optimaliseren, informeren en prioriteren – tegelijkertijd in optima forma tot hun recht kan laten komen. De beleidsmakers moeten daarom bepaalde accenten aanbrengen en de verkeersregelkundigen moeten dat daarna naar de praktijk vertalen.

Met de komst van de iVRI is het niet langer noodzakelijk dat alle intelligentie zich fysiek in een kast naast het kruispunt bevindt: de intelligentie kan ook in de ‘cloud’ geplaatst worden. Het voordeel van de cloud is dat het daar eenvoudig is om extra rekencapaciteit te regelen voor nieuwe regelconcepten en voor de verwerking van andere informatiebronnen, zoals data van de voertuigen en camera’s. Dat maakt het ook makkelijk om letterlijk ‘out of the box’ te denken. Je hebt immers niet te maken met de beperkingen van het doosje dat bij de VRI is geïnstalleerd en dat is gedimensioneerd op wat nu mogelijk is.

Dat laatste zie ik ook als de echte meerwaarde van de iVRI. De iVRI is daarmee eerst en vooral een toekomstvast *investering*. Op dit moment kunnen we misschien nog niet aan alle hooggespannen verwachtingen voldoen, maar we volgen tot dusverre perfect de Hype Cycle van Gartner!”

Ronald van Katwijk is specialist Verkeersmanagement en -informatie bij Vialis. Hij maakte jarenlang deel uit van het TrafficQuest-team.





Programma's en samenwerkingsverbanden.

In dit laatste hoofdstuk bespreken we verschillende 'gezamenlijke initiatieven' in het mobiliteitsdomein. We zetten enkele fondsen op een rij die geld beschikbaar stellen voor infrastructuur en mobiliteit. Het Nationaal Dataportaal Wegverkeer komt aan bod, mede door een naams- en koerswijziging. En we gaan in op de gezamenlijk uitgewerkte leidraad voor multimodale netwerkkaders.

5.1. Diverse fondsen

Nationaal Groeifonds

Met het Nationaal Groeifonds, ook wel bekend als het ‘Wopke-Wiebesfonds’, investeert het kabinet de komende vijf jaar 20 miljard euro in projecten die zorgen voor economische groei. Het Groeifonds richt zich specifiek op extra investeringen, van incidentele en niet-reguliere aard, om het verdienvermogen van Nederland te vergroten. De miljarden uit de eerste ronde gaan vooral naar het openbaar vervoer en zullen daarmee ook impact hebben op de ontwikkeling van ons mobiliteitssysteem.

Er konden bij de coördinerende bewindspersonen van de ministeries van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap, Infrastructuur en Waterstaat, en Economische Zaken en Klimaat (EZK) voorstellen voor het fonds worden ingediend. Een onafhankelijke adviescommissie Nationaal Groeifonds beoordeelt alle voorstellen en adviseert over het al dan niet toekennen van gelden.

De voorstellen moeten onder een (of meer) van de volgende drie thema's vallen, namelijk 1) kennisontwikkeling, 2) onderzoek, ontwikkeling en innovatie of 3) infrastructuur. Het terrein infrastructuur betreft infrastructurele projecten in brede zin, zoals spoor, waterinfrastructuur, digitale infrastructuur en energie-infrastructuur.

In de eerste ronde heeft de adviescommissie geadviseerd geld toe te kennen of te reserveren voor drie infrastructuurprojecten:

- **Schaalsprong Metropolitane OV en Verstedelijking Zuidelijke Randstad.** Dit project heeft als doel de ov-infrastructuur in de regio's Den Haag, Rotterdam en Zoetermeer te versterken, het spoor Leiden-Dordrecht uit te breiden en langs die ‘Oude Lijn’ enkele nieuwe stations te bouwen.
- **Schaalsprong Metropolitane OV-systeem MRA en verstedelijking.** Dit omvat het doortrekken van het Noord/Zuidlijn-metrotracé van Amsterdam Zuid naar Schiphol en Hoofddorp en het sluiten van de Amsterdamse metroring van de Isolatorweg naar Amsterdam Centraal.
- **Brainportlijn Eindhoven.** Het gaat om een vrijliggende busbaan voor emissieloos zelfrijdend collectief personenvervoer in combinatie met een innovatieprogramma voor de automotive sector.

Merk op dat deze projecten niet alleen het aanleggen of uitbreiden van infrastructuur betreffen. Zo denkt Zuidelijk Randstad aan een nieuw concept met een soort metro's zonder bestuurders, MRA aan zelfrijdende elektrische shuttles en Brainport aan elektrische en autonome bussen ingepast in het mobiliteitssysteem.

De projecten worden momenteel verder uitgewerkt. Er loopt ook al een inventarisatie van plannen voor de tweede en derde ronde van het Nationaal Groeifonds.

Subsidieregeling R&D Mobiliteitssectoren

Naast het Nationaal Groeifonds is er ook de Subsidieregeling R&D Mobiliteitssectoren. Dit fonds is bedoeld als herstelmaatregel voor de coronacrisis en maakt grote investeringen in onderzoek en ontwikkeling (R&D) mogelijk. Die investeringen moeten bijdragen aan de verduurzaming. Verder hoopt het rijk dat de subsidieregeling de concurrentiepositie van Nederland op het gebied van mobiliteit verbetert.

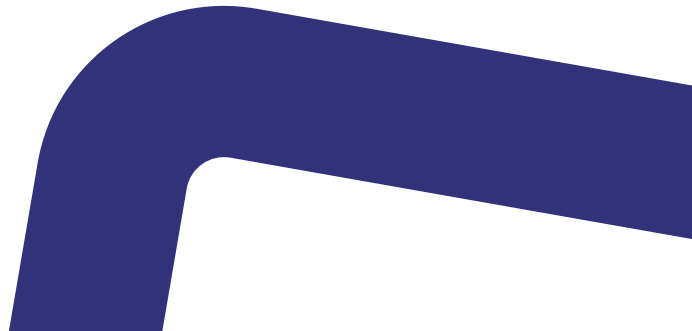
De omvang van de projecten is minimaal 5 miljoen euro aan kosten die in aanmerking komen voor subsidie, met een maximum van 25 miljoen euro per mobiliteitsproject. De looptijd is maximaal vier jaar. Inhoudelijk dienen de R&D-projecten bij te dragen aan de sectorenplannen. Voor de automotive sector betekent dit dat de projecten moeten bijdragen aan de *HTSM Automotive Roadmap 2020-2030*. De nadruk ligt hierbij op:

- Sustainable mobility, voornamelijk gericht op duurzaamheid op voertuigniveau.
- Smart mobility, meer specifiek *connected cooperative driving*, *automated driving*, *connectivity* en *smart mobility services*. Met dat laatste wordt dan bedoeld op 'ritdelen, delen van mobiliteitsmiddelen, de planning en het op maat gesneden aanbod, met inbegrip van multimodale benaderingen'.

Europees Coronaherstelfonds

Een derde subsidieregeling is het Europese Coronaherstelfonds, goed voor 807 miljard dollar. Dit fonds is ingesteld voor de 'wederopbouw' van Europa en heeft als doel Europa groener, digitaler en veerkrachtiger uit de coronacrisis te laten komen.

Het fonds biedt lidstaten subsidies en leningen voor onder andere infrastructuur, gericht op bijvoorbeeld elektrische auto's en waterstofauto's. Nederland kan voor maximaal 6 miljard euro aan subsidieplannen indienen. De demissionaire regering heeft ervoor gekozen om in de eerste ronde nog niet mee te doen. Ze laat de beslissing over welke plannen ingediend worden, over aan een volgend kabinet.



Mobiliteitsfonds

Sinds 1993 wordt het grootste deel van de kosten van de infrastructuur gefinancierd vanuit het Infrastructuurfonds. Op 1 juli 2021 ging dit fonds over in het *Mobiliteitsfonds*. Het doel van dit nieuwe fonds is 'het faciliteren van de bereikbaarheid van heel Nederland door veilige, innovatieve en duurzame mobiliteit van personen en goederen'. Speciaal voor dit Mobiliteitsfonds is de wet verbreed. Binnen het Infrastructuurfonds was het bijvoorbeeld niet mogelijk om tussentijds van 'modaliteit' te wisselen: was het geld eenmaal beschikbaar gesteld voor bijvoorbeeld het verbreden van een auto-weg, dan mocht het ook alleen voor die autoweg gebruikt worden (en niet voor een parallelle ov- of fietsverbinding). Ook was het Infrastructuurfonds primair bedoeld voor het aanleggen van nieuwe infrastructuur; voor het beter benutten van wegen die er al zijn, kon het infrastructuurfonds niet worden aangesproken. Met het Mobiliteitsfonds is dat nu wettelijk wél mogelijk.



5.2. Nationaal Dataportaal Wegverkeer

NDW is een samenwerkingsverband van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (I&W), Rijkswaterstaat, de provincies en verschillende grote steden. In deze organisatie hebben de wegbeheerders hun activiteiten met betrekking tot het verzamelen, opslaan en beschikbaar maken van data gebundeld en georganiseerd. NDW richt zich op *actuele* verkeersgegevens, zoals de snelheid van voertuigen op een bepaald punt en berichten over wegwerkzaamheden, en op *historische* gegevens.

De partners van NDW gebruiken deze data zelf voor de uitvoering van hun taken, maar ze worden ook afgenomen door marktpartijen, zoals serviceproviders en adviesbureaus.

NDW is in 2009 begonnen als de Nationale Databank Wegverkeersgegevens. In 2020 is de organisatie echter vernieuwd. De naam is veranderd in Nationaal Dataportaal Wegverkeer, er kwam een nieuwe huisstijl, inclusief een nieuwe website, en de organisatie betrok een nieuwe locatie. Interessanter nog is dat NDW de focus verbreedde van (alleen) data naar informatie.

Dit is terug te zien in de datablogs die NDW schrijft over zaken als de verkeerseffecten van verschillende coronamaatregelen. Er is een NDW Data Science Society opgericht. NDW werkt nauw samen met bijvoorbeeld het DiTTLab van de TU Delft, om onderzoek te doen naar en theorieën te ontwikkelen over verkeer en mobiliteit. En NDW is mede-initiator van een groot Europees innovatieproject, SO-CRATES2.0, waarin onderzocht wordt hoe innovatieve oplossingen kunnen bijdragen aan een verbeterde doorstroming.

In opdracht van haar partners bundelt NDW niet alleen de ‘eigen’ data, maar koopt de organisatie ook data in vanuit de markt. Zo neemt NDW *floating car data* af van Be-Mobile, waaronder Flitsmeister valt. NDW zoekt ook naar vernieuwing op dit punt: er wordt gekeken naar mogelijkheden om meer informatie te verkrijgen uit deze data.

NDW werkt daarnaast samen met autofabrikanten die gegevens uit voertuigen doorgeven. Dit kan veiligheidsgelateerde informatie zijn, gebaseerd op bijvoorbeeld de lampen die de auto gebruikt (mistlampen, gevaarlicht).

In samenwerking met het ministerie van I&W en andere partijen werkt NDW verder mee aan een duurzaam mobiliteitsdata-ecosysteem, waarbij nieuw te ontwikkelen use cases geïmplementeerd kunnen worden.

Een andere belangrijke ontwikkeling is het Nationaal Toegangspunt Mobiliteitsdata. De bedoeling is dat hier verschillende landelijke faciliteiten worden ondergebracht. Op initiatief van I&W maakt NDW hiervoor 'kwartier'. Samen met de andere dataknooppunten in Nederland, zoals OV-data (onderdeel van DOVA, de decentrale opdrachtgevers voor openbaar vervoer), het Parkeerregister (RDW, in opdracht van SHPV), het Nationaal Wegenbestand en het CBS wordt onder de vlag van het NTM een laagdrempelige toegang tot multimodale data verzorgd. Het Toegangspunt kan zo een basis bieden voor integraal mobiliteitsbeleid en andere toepassingen.

Meer informatie:

www.ndw.nu

5.3. Mobiliteitsalliantie

De Mobiliteitsalliantie is een alliantie van, op het moment van schrijven, 26 partijen op het gebied van personen- en goederenvervoer. Het bijzondere aan dit samenwerkingsverband is dat er veel verschillende *grote* partijen in zitten, van Schiphol tot de Fietsersbond. Ook omvat de alliantie zowel aanbieders van vervoer als (vertegenwoordigers van) eindgebruikers. Samen hebben deze partijen als doel om ‘reizigers en vervoerders in 2030 een drempelloze, duurzame, veilige en comfortabele reis te bieden’. Er wordt hierbij ingezet op nieuwe ontwikkelingen als knooppunten (hubs) om overstappen zo gemakkelijk mogelijk te maken en op concepten als *Mobility as a Service*. Volgens de alliantie moet het mobiliteitssysteem klaargemaakt worden voor de toekomst. Zij pleiten voor extra overheidsgeld en nieuwe wet- en regelgeving.

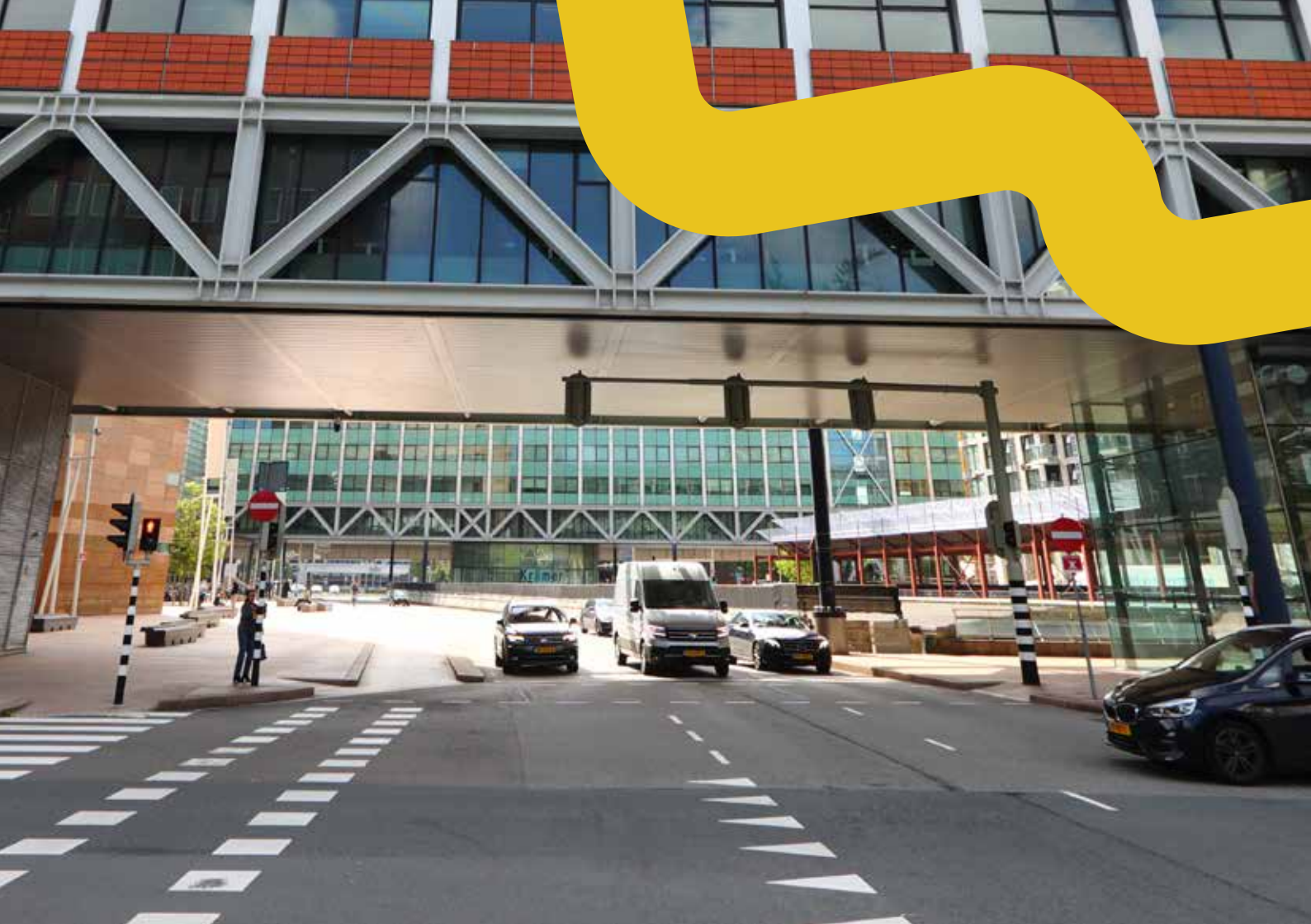
Een van de speerpunten van de Mobiliteitsalliantie is de transitie van alleen vaste verkeer- en vervoerbelastingen naar een systeem met ook een kilometerprijs. Volgens de Mobiliteitsalliantie leidt zo’n kilometerheffing – ook wel rekeningrijden, beprijzen of ‘betalen voor gebruik’ genoemd – tot een rechtvaardiger systeem, waarbij mensen die meer rijden ook meer betalen. De deelnemende partijen benadrukken ook het belang van een *flexibele* prijs, waarbij bijvoorbeeld reizen buiten de spits goedkoper is. Hierdoor zou zowel op de weg als in het ov de drukte in de spits verminderd kunnen worden. De Mobiliteitsalliantie zou graag pilots willen uitvoeren om dit verder te onderzoeken.

Als het gaat om corona neemt de Mobiliteitsalliantie het standpunt in dat er veel meer gespreid moet worden. Dit geldt voor reistijden (de spits mijden), maar dus ook voor openingstijden van instellingen als scholen, werktijden en voor de tijden waarop het openbaar vervoer gebruikt wordt. Daarnaast geven zij het advies om goederenstromen slimmer in te richten en om veel te blijven lopen en fietsen. Idealiter zouden we deze veranderingen ook (deels) moeten vasthouden ná de coronacrisis.

Meer informatie:

www.mobiliteitsalliantie.nl





5.4. Multimodaal netwerkkader

In de jaren '00 was 'benutten' een van de speerpunten van het mobiliteitsbeleid. Er ontstond toen behoefte aan integrale oplossingen die recht deden aan verschillende doelen. De Architectuur voor Verkeersbeheersing voorzag in een denkwijze waarmee verkeersmanagement door alle betrokken partijen gezamenlijk, met visie en op een duurzame manier kon worden benaderd. Heel praktisch ingestoken was deze aanpak nog niet en daarom publiceerde Rijkswaterstaat in 2002 het Werkboek Gebiedsgericht Benutten, ook wel bekend als 'de GGB'. Dit Werkboek deelde het proces op in een aantal gestructureerde stappen.

Deze aanpak is in de jaren erna in talloze regio's gevolgd. De methodiek was echter vooral gericht op autoverkeer – er was alleen 'randvoorwaardelijk' aandacht voor fiets en ov. Nu de auto niet meer standaard als belangrijkste vervoerwijze wordt aangemerkt, zeker in de complexe stedelijke omgevingen, begint dat op te breken: er was de laatste jaren steeds meer behoefte aan manieren om verkeersmanagementkeuzes voor het héle mobiliteitssysteem te maken. In opdracht van het Landelijk Verkeersmanagement Beraad, CROW en Rijkswaterstaat is daarom een nieuwe aanpak voor het opstellen en toepassen van een *multimodaal* netwerkkader ontwikkeld. Hierbij is de input van verschillende regio's en partijen gevraagd. De nieuwe aanpak verscheen in het voorjaar van 2021 onder de titel 'Multimodale netwerkkaders – Leidraad voor het opstellen en toepassen van een multimodaal netwerkkader'.

De oude GGB-methodiek is in grote lijnen ook toepasbaar voor multimodale vraagstukken en die heeft dan ook gediend als uitgangspunt voor de Leidraad. Er zijn nu alleen meer verkeersstromen (van meerdere modaliteiten) die in het proces meegenomen worden. Verder is er explicieter aandacht voor de doelen leefbaarheid en verkeersveiligheid en is er speciale aandacht voor overstaplocaties.

Ter vergelijking toont de tabel hiernaast de stappen in het Werkboek Gebiedsgericht Benutten en die in de publicatie Multimodale Netwerkkaders. Sommige begrippen komen terug: we hebben het gelukkig nog steeds over referentiekaders! Het werken met een referentiekader is overigens wel volledig herzien en multimodaal gemaakt.

Nu deze nieuwe Leidraad er ligt, moet de aanpak natuurlijk ook toegepast worden. De hoop is dat de uitgave Multimodale Netwerkkaders net zo'n succes wordt als destijds de GGB: het Nederlandse mobiliteitssysteem zou er met een uniforme, multimodale aanpak zeker op vooruitgaan! Sommige steden zijn gelukkig al met de Leidraad aan de slag gegaan, dus het begin is er. Er wordt parallel gewerkt aan een digitaliseringsslag om het voor wegbeheerders makkelijk te maken om informatie over hun netwerk door te geven aan serviceproviders. En het LVMB en CROW zijn alweer bezig met een uitbreiding van de Leidraad gericht op niet-reguliere situaties. Uiteraard is die ook multimodaal.



Stappen Gebiedsgericht Benutten	Stappen Multimodaal Netwerkkader
1. Start het project Gebiedsgericht Benutten op 2. Bepaal de gezamenlijke beleidsuitgangspunten 3. Ontwikkel de regelstrategie 4. Bepaal het referentiekader 5. Beschrijf de feitelijke situatie 6. Bepaal en analyseer de relevante knelpunten 7. Ontwikkel de services 8. Bepaal de maatregelen 9. Rond het project Gebiedsgericht Benutten af	Deel I: Het opstellen van een multimodaal netwerkkader 1. Bepaal de uitgangspunten 2. Stel bereikbaarheidsprofielen op 3. Bepaal de functionele ordening 4. Stel de prioriteiten vast 5. Stel het referentiekader op Deel II: Het toepassen van een multimodaal netwerkkader A. Beschrijf de feitelijke situatie en de knelpunten B. Oplossingsrichtingen C. Uitwerking deelnetwerk

Meer informatie:

Rijkswaterstaat (2002), *Werkboek gebiedsgericht benutten – Met de Architectuur voor Verkeersbeheersing*, beschikbaar op www.crow.nl.
Landelijk Verkeersmanagement Beraad en CROW (2021), *Multi-modale netwerkkaders – Leidraad voor het opstellen en toepassen van een multimodaal netwerkkader*, CROW, maart 2021.

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. In 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

Ernst Jan van Ark, Fieke Beemster,
Paco Hamers, Dawn Spruijtenburg,
Henk Taale, Mathilde Theelen,
Diana Vonk Noordegraaf, Isabel Wilmink.

Met medewerking van
Ronald van Katwijk

Productie

Essencia Communicatie, Den Haag

Fotografie

Jeroen van den Heuvel

© 2021 TrafficQuest

Niets uit deze uitgave mag worden veeleelvoudigd 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.

