

Zelfrijdende auto's in Vlaanderen: een vooruitblik

E.A. Helder – Significance – helder@significance.nl

K. Verlinden – Significance – verlinden@significance.nl

Y. Vanderhoydonc – Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit & Openbare Werken –
ynte.vanderhoydonc@mow.vlaanderen.be

Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 23 en 24 november 2017, Gent

Samenvatting

In deze paper verkennen we een scenario met zelfrijdende auto's door middel van het strategisch personenmodel Vlaanderen. Het vraagmodel voor personenmobiliteit is gedesaggregeerd naar individuele personen (agent-gebaseerd). Dit wil zeggen dat het model de individuele keuzes modelleert van 7,3 miljoen agenten; het aantal inwoners van Vlaanderen en Brussel (in de basistoestand 2013).

De agent-gebaseerde modellering maakt het relatief eenvoudig om snel scenario's te verkennen waarbij we een persoonskenmerk uitbreiden of een vervoersmiddel toevoegen. Dit laatste gaan we in deze paper doen door zelfrijdende auto's te introduceren in het strategisch personenmodel Vlaanderen.

We modelleren een scenario waarbij nog niet alle inwoners van Vlaanderen een zelfrijdende auto bezitten en er dus gemengd verkeer is. In dit scenario zal de capaciteit van het Vlaamse wegennet niet substantieel toenemen omdat de zelfrijdende auto's nog gemengd zijn met niet zelfrijdende auto's. We nemen aan dat mensen hun tijd beter kunnen besteden in de auto, en het daarom minder vervelend vinden om lang in de auto te zitten. Daarnaast zijn in dit scenario de zelfrijdende auto's voornamelijk in bezit van personen uit de hogere inkomensklassen, omdat deze vaker duurdere auto's bezitten.

We concluderen dat bezitters van een zelfrijdende auto, deze veel zullen gebruiken, en dat dit ten koste zal gaan van alle vervoerwijzen, maar hoofdzakelijk van trein.

We concluderen ook dat een bescheiden aantal zelfrijdende auto's niet direct zal leiden tot een zeer grote toename van het aantal autokilometers op het Vlaamse wegennet.

1. Inleiding

In de media wordt iedere week wel gesproken over nieuwe ontwikkelingen rond zelfrijdende auto's. Hierbij gaat het vaak over de regelgeving, veiligheid en technologie. Een ding lijkt zeker: vroeger of later komen de zelfrijdende auto's er echt aan!

Wanneer de techniek heel ver gevorderd is, zullen de gevolgen voor het verkeersbeeld waarschijnlijk groot zijn. Mensen zullen wellicht hun auto naar buiten de stad sturen om te parkeren, en het minder erg vinden om lang in de auto te zitten. De vraag is dus of dit nu gaat betekenen dat er meer of juist minder files zullen komen.

Omdat beleidsmodellen voor transport vaak voorspellingen maken voor de lange termijn (2030, 2050, ...) lijkt het verstandig om eens te verkennen hoe de opkomst van de zelfrijdende auto het verkeersbeeld gaat veranderen.

In deze paper doen we een eerste voorzichtige verkenning rond de introductie van zelfrijdende auto's door middel van het strategisch personenmodel Vlaanderen. In hoofdstuk 2 introduceren we het strategisch personenmodel Vlaanderen en beschrijven we welke aannames we doen om de gevolgen van de zelfrijdende auto's op het Vlaamse verkeersbeeld te berekenen. Hoofdstuk 3 laat de resultaten zien, en in de discussie (hoofdstuk 4) geven we aan hoe de resultaten het best geïnterpreteerd kunnen worden. We eindigen met conclusies in hoofdstuk 5.

2. Zelfrijdende auto's in het strategisch personenmodel Vlaanderen

Het strategisch personenmodel Vlaanderen (versie 4.1.1, de Bok et al., 2015) modelleert het verkeer voor een gemiddelde niet-vakantie werkweekdag in Vlaanderen. De strategische verkeersmodellen worden door de Vlaamse overheid onder andere ingezet bij netwerkevaluaties, het evalueren van effecten van verschillende scenario's, het opstellen van mobiliteitsprofielen van grootschalige projecten en ter ondersteuning van MER- en MKBA-studies om zo beleidsondersteuning te bieden.

Het verkeersgedrag wordt agent-gebaseerd gemodelleerd. Dat wil zeggen dat in het verkeersmodel 7,3 miljoen agenten 'wonen'. Voor elk van deze agenten wordt een typische dag gemodelleerd, zodat het verkeer en vervoerspatroon op de gemodelleerde dag zo goed mogelijk overeen komt met een gemiddelde niet vakantiedag in Vlaanderen.

Deze methode is in opzet verschillend van de wat meer conventionele verkeersmodellen. Deze laatste slaan typisch resultaten als fracties op. Bijvoorbeeld, vanuit zone 1 gaan van de tours met het motief werk gemaakt door jong-volwassenen 0,05 tours naar zone 2; 0,001 tours naar zone 3; 0,3 naar zone 4 etc.

Het strategische verkeersmodel Vlaanderen is gebaseerd op volledige tours. Dus tour 1 heeft motief woon-werk, begint in zone 1, is gemaakt door een jong-volwassene en gaat naar zone 2. Tour 2 heeft motief werk, begint in zone 1, is gemaakt door een 50+-er en

gaat naar zone 4. De tussenresultaten zijn daarom discreet, en worden geloot uit een soortgelijke kansverdeling als die conventionele modellen op zouden slaan.

Uit bovenstaand voorbeeld wordt meteen duidelijk wat de voor- en nadelen van beide methodes zijn. Het voordeel van de meer conventionele aanpak is dat het altijd consistente nauwkeurige resultaten geeft. Als de input van het verkeersmodel marginaal verandert, veranderen de resultaten ook marginaal, exact in de richting die je zou verwachten.

Bij microsimulatie leidt een marginale verandering van input tot een andere loting en dus andere keuzes van de agenten. Deze hoeven niet per se intuïtief te zijn. Wanneer er naar grotere aggregaties van de resultaten gekeken wordt zal de verandering echter wel intuïtief zijn (Helder et al., 2015). Ook worden er verschillende technieken gebruikt om de tegen intuïtieve variaties binnen de perken te houden (Verlinden et al., 2015)

Het nadeel van de meer conventionele methode is dat wanneer er een persoonskenmerk of een keuzemogelijkheid bijkomt, de hoeveelheid data die opgeslagen moet worden snel oploopt. Een extra leeftijdsgroep betekent immers dat de kansen op een bepaald vervoersmiddel voor die leeftijdsgroep vanuit alle zones naar alle zones opgeslagen moeten worden. Dit levert voor 6 mogelijke vervoersmiddelen 6 extra HB-matrices op. Voor een landelijk model zijn dit al snel 1500 zones en dus $6 \cdot 1500 \cdot 1500$ is 2.2 miljoen extra getallen die bijgehouden moeten worden. Dit vereist nogal wat schijfruimte, en maakt dat het model minder lichtvoetig aangepast kan worden, of dat er andere keuzes gemaakt zullen moeten worden.

Bij een agent-gebaseerd verkeersmodel levert dit niet heel veel extra data op die opgeslagen moet worden. In bovenstaand voorbeeld, in de run voor de wijziging werd een aantal tours opgeslagen. De run met de extra leeftijdsgroep zal waarschijnlijk ongeveer hetzelfde aantal tours hebben, en de leeftijdsgroep die als kenmerk bij een tour hoort, wordt gewoon een ander getal. Eerder kon het 0-6 zijn, nu 0-7. Dit is een wijziging die vrij snel in te voeren zal zijn omdat er niet heel veel extra data opgeslagen zal moeten worden.

Dit laatste maakt een agent-gebaseerd verkeersmodel, zoals het strategisch personenmodel Vlaanderen een goed model om nieuwe technologieën mee te verkennen. In deze paper verkennen we een scenario met zelfrijdende auto's.

2.1 Zelfrijdende auto's in Vlaanderen

In deze paper beogen we een verkenning te doen naar de gevolgen van de introductie van de zelfrijdende auto. Hieronder staan de belangrijkste aannames die in deze studie gebruikt worden. Hierbij wordt uitgegaan van het "gemengd verkeer" scenario op pad 1: "evolutie van de privé auto" uit "Paden naar een zelfrijdende toekomst" van het KiM (2017).

- Beschouw de basistoestand 2013: het scenario kan zich immers in de nabije toekomst afspelen.

- Minstens één persoon in de zelfrijdende auto heeft een rijbewijs.
- De auto zal dus niet zonder passagiers rijden (deze uitgangspunten worden vaak level 3 genoemd).
- Het wagenpark in Vlaanderen is nog niet volledig zelfrijdend, dus de beoogde capaciteitswinsten en daarmee mogelijke reistijdwinsten worden niet meegenomen.
- De zelfrijdende auto's zullen privé bezit zijn.
- De hogere inkomensklassen zullen eerder een zelfrijdende auto (ZRA) bezitten dan de lagere inkomensklassen (Tabel 1).
- De zelfrijdende auto vervangt een bestaande auto.

Er is natuurlijk nog niet bekend onder welke bevolkingsgroepen de zelfrijdende auto het snelst geïntroduceerd wordt. We nemen aan dat dit het snelst gaat zijn onder de rijkere bevolking. Tabel 1 laat zien hoeveel agenten een zelfrijdende auto ter beschikking hebben, in totaal is dit 7,8% van de bevolking.

Tabel 1: percentage van de volwassen agenten in de diverse inkomensklassen die een zelfrijdende auto ter beschikking hebben.

Inkomensklasse	ref	ZRA	Agents	Agents met ZRA
0-1000 €	-	-	231 153	0
1000-2000 €	-	1%	2 298 318	2 2865
2000-3000 €	-	5%	2 226 902	111 343
3000-4000 €	-	10%	1 544 028	154 275
4000-5000 €	-	20%	653 655	130 989
5000+ €	-	40%	383 057	152 661
Totaal	0%	7.8%	7 337 113	572 133

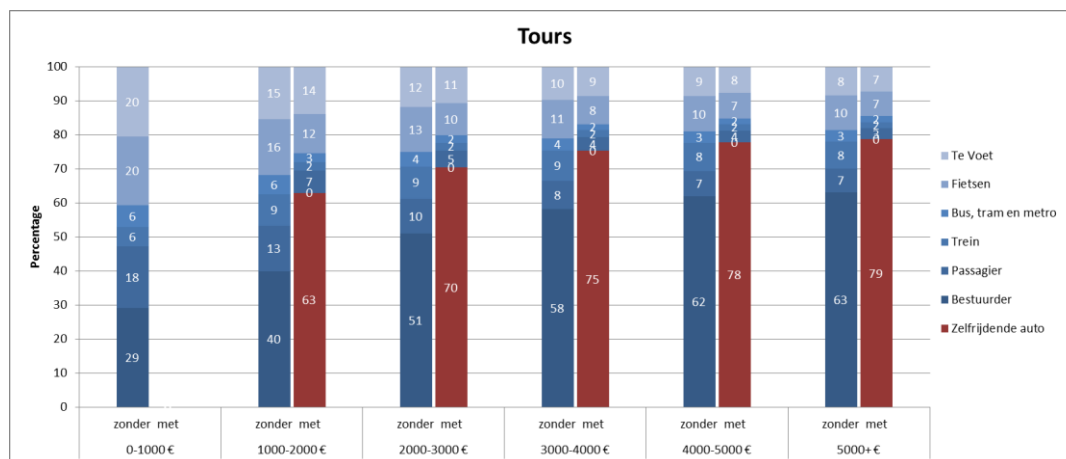
2.2 Gedrag van agenten met zelfrijdende auto

We nemen aan dat de agenten in een zelfrijdende auto reistijd minder vervelend vinden dan wanneer ze autobestuurder zijn. In het strategisch personenmodel Vlaanderen is het vaak niet alleen de reistijd die de bestemmingskeuze bepaalt. Het is bijvoorbeeld ook de aantrekkelijkheid van een bestemming voor het doel van de verplaatsing (aantal arbeidsplaatsen voor een verplaatsing naar werk), samen met een intrinsieke voorkeur voor een vervoersmiddel behorend bij de kenmerken van de persoon. Omdat a priori slecht te voorspellen is hoe de bevolking reageert op de zelfrijdende auto testen we een extreme aanname: we gaan ervan uit dat mensen met een zelfrijdende auto niet gevoelig zijn voor de reistijd. Dit impliceert een value of time van 0 euro per uur. Omdat ze wel een gevoeligheid hebben voor reiskosten, leidt dit er niet toe dat ze onbeperkt gaan reizen.

De resultaten voor het scenario met zelfrijdende auto bouwen voort op de basistoestand 2013 van het strategisch personenmodel Vlaanderen. Het aantal tours met bijbehorende motieven en tijdstippen worden vastgelegd vanuit de basistoestand 2013. De bestemmings- en vervoerwijzekeuze kunnen wijzigen in het scenario met ZRA. De agenten die beschikken over een zelfrijdende auto krijgen dit als vervoerwijze voorgelegd

in plaats van de vervoerwijze autobestuurder, omdat we effectief hun auto hebben vervangen. In een latere studie kunnen we wellicht de agenten de keuze geven tussen de zelfrijdende auto en een auto als bestuurder, mits het huishouden meer dan 1 auto heeft.

Figuur 1 laat zien wat de vervoerwijze verdeling voor tours is voor mensen met en zonder zelfrijdende auto's uitgesplitst naar inkomensklassen. De laagste inkomensklasse heeft geen zelfrijdende auto gekregen in het scenario dat we in deze paper testen, dus voor deze inkomensklasse kunnen we de vervoerwijzeverdeling niet vergelijken. We zien dat de mensen met zelfrijdende auto substantieel (15-20%) vaker voor de auto kiezen dan mensen zonder zelfrijdende auto. Dit gaat hoofdzakelijk ten koste van vervoer met de trein, maar alle vervoerwijzen leveren iets in. Beide resultaten lijken ons realistisch, gegeven de aannames in het vorige hoofdstuk. Hiermee denken we ook dat voor dit scenario de ongevoeligheid voor reistijd voor zelfrijdende auto bezitters gerechtvaardigd is.



Figuur 1: De vervoerwijze keuzes van agenten zonder en met zelfrijdende auto's (linker en rechter staafdiagrammen respectievelijk).

Nu we weten hoe de individuele agenten reageren op hun zelfrijdende auto's ten opzichte van hun tegenhangers zonder zelfrijdende auto's, kunnen de effecten op het totale verkeersbeeld onderzocht worden in het volgende hoofdstuk.

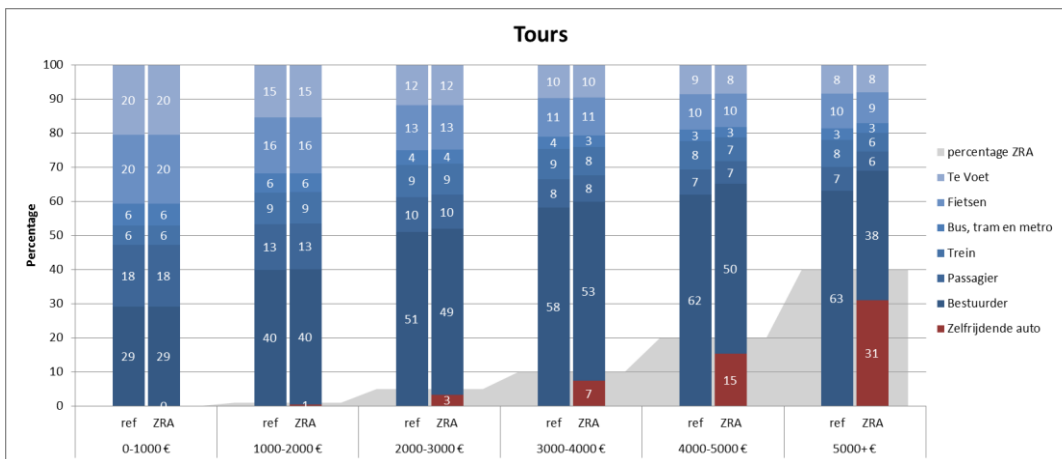
3. Resultaten

Tabel 2 laat zien hoe de vervoerwijze aandelen zijn in het referentie scenario (ref) en het scenario met zelfrijdende auto (ZRA). Te zien is dat in totaal 5,7% van de tours nu met de zelfrijdende auto wordt gemaakt, en dat dit voornamelijk ten koste gaat van de vervoerwijze autobestuurder en trein in veel mindere mate, zoals te verwachten was. De andere vervoerwijzen leveren ook iets in wat betreft aandelen. Dit betekent dat het totale aandeel van auto's in de vervoerwijze keuze toeneemt met 1,2%.

Tabel 2: mode splits voor tours voor de scenario's met en zonder zelfrijdende auto

	Ref	ZRA
Zelfrijdende auto	0.0	5.7
Bestuurder	49.6	45.1
Passagier	10.8	10.5
Trein	8.9	8.4
Bus, tram en metro	4.5	4.4
Fietsen	13.8	13.6
Te voet	12.4	12.4

Een relevante vraag is hoe dit nu samenhangt met de inkomensklassen, waarover we de zelfrijdende auto's verdeeld hadden. Figuur 2 splitst Tabel 2 uit naar inkomensklassen. Agenten uit de laagste inkomensklasse maken geen tours met de zelfrijdende auto: ze hebben er immers geen. Verder zien we dat het aantal tours met de zelfrijdende auto toeneemt naarmate meer mensen een zelfrijdende auto bezitten. Ook zien we dat het totaal tours met auto's (zowel zelfrijdende auto als bestuurder) toeneemt voor elke klasse.



Figuur 2: aandeel van zelfrijdende auto in tours per inkomensklasse in het referentie scenario en het scenario met zelfrijdende auto's. De grijze achtergrond stelt het percentage agenten met een zelfrijdende auto voor.

Naast het aantal tours dat gemaakt wordt met de zelfrijdende auto, is relevant hoeveel kilometers er mee afgelegd gaan worden. Tabel 3 laat zien dat 8,2% van de kilometers in het scenario met de zelfrijdende auto gemaakt wordt. In totaal levert dit 1,7% meer autokilometers op.

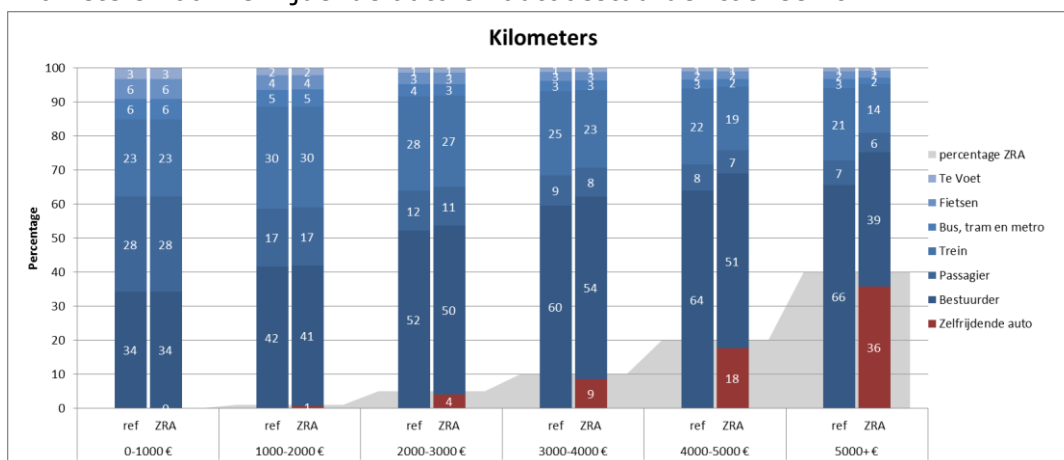
Omdat 1,7% extra autokilometers een bescheiden groei is, kiezen we ervoor om de toegenomen congestie hierdoor niet als feedback mee te nemen om daarmee opnieuw de vervoerwijzen te bepalen.

We zouden een zelfrijdende autokilometer elasticiteit kunnen afleiden uit bovenstaande gegevens. Wanneer 7,8% van de bevolking een zelfrijdende auto heeft, leidt dit tot 1,7% extra kilometers. Dit leidt dus tot een elasticiteit van 0,22. Merk op dat dit heel specifiek geldt voor de aannames die gedaan zijn in deze paper.

Tabel 3: mode splits voor kilometers met en zonder zelfrijdende auto.

	Ref	ZRA
Zelfrijdende auto	0.0	8.2
Bestuurder	45.6	39.1
Passagier	12.2	11.8
Trein	7.4	6.8
Bus, tram en metro	5.3	5.2
Fietsen	15.0	14.7
Te voet	14.3	14.2

Figuur 3 laat zien hoe de aandelen van vervoerwijzen van reizigerskilometers zich verdelen over de verschillende inkomensklassen. Hier zien we dat het totaal aantal kilometers voor zelfrijdende auto en autobestuurder toeneemt.



Figuur 3: aandeel van zelfrijdende auto in reizigerskilometers per inkomensklasse. De grijze achtergrond stelt het percentage agenten met een zelfrijdende auto voor.

4. Discussie

De resultaten die we in deze paper presenteren, laten zien dat we op relatief eenvoudige wijze het strategisch personenmodel Vlaanderen kunnen aanpassen om voorspellingen te doen over zelfrijdende auto's. De resultaten lijken realistisch en passen binnen een scenario dat niet heel verschillend is van het huidige verkeersbeeld.

De aanname dat de parameter met betrekking tot de reistijd, en daarmee de value of time, nul is, is behoorlijk extreem. Voor versie 4.1.1 van het strategisch personenmodel Vlaanderen lijkt deze aanname te verdedigen, omdat de gevoeligheid voor reistijd van autobestuurder laag is en er anders weinig verschil komt tussen de populariteit van de vervoerwijze autobestuurder en zelfrijdende auto.

In een vervolgstudie zullen we de gedane aannames nog eens tegen het licht houden, en kijken hoe we meer extreme scenario's met de zelfrijdende auto kunnen bouwen. We kunnen hierbij denken aan een scenario waarbij kinderen ook een auto kunnen gebruiken, en zelfs een scenario waarbij de auto geheel zelfstandig kan rijden, zodat deze een parkeerplek buiten de stad kan opzoeken.

5. Conclusies

Een agent-gebaseerd verkeersmodel zoals het strategisch personenmodel Vlaanderen biedt een goed platform om nieuwe vervoerwijzen te verkennen. Vanwege de grote aanwezigheid in het hedendaagse nieuws, hebben we getest op welke manier we een scenario kunnen maken en doorrekenen met een zelfrijdende auto.

We concluderen dat als 7,8% van de volwassen bevolking de beschikking heeft over een zelfrijdende auto, dit leidt tot 1,7% meer autokilometers.

Literatuur of Referenties

De Bok, M., G. De Jong, J. Baak, E. Helder, C. Puttemans, K. Verlinden, D. Borremans, R. Grispen, J. Liebens, M. Van Criekinge. A Population Simulator and Disaggregate Transport Demand Models for Flanders. In Transportation Research Procedia, Current practices in transport: appraisal methods, policies and models – 42nd European Transport Conference Selected Proceedings, Vol 8, 2015, Pages 168–180, 2015.

Helder, Eveline en Kurt Verlinden. SVM Vlaanderen 4 de generatie: modelvoering en resultaten, 2016.

E. Helder, M. de Bok, K. Verlinden en C. Puttemans, A review of theoretical and practical issues in microsimulating transport, ETC proceedings 2015

KiM 2017, Paden naar een zelfrijdende toekomst, vijf transitiestappen in beeld.

Verlinden, Kurt et al. Micro-simulation with discrete choice models: application in Flanders, ETC proceedings 2015.

Verlinden, Kurt. Personenmodel 4de generatie: technische rapportage, 2016.

Verlinden, Kurt en Cindy Puttemans. Population Simulator v4: technische rapportage, 2016.