

## **Groei van de steden prikkelt modelbouwers!**

### **Een Activity Based Model voor Rotterdam, het ABMR**

Erik de Romph – TNO – [erik.deromph@tno.nl](mailto:erik.deromph@tno.nl)

Bruno Kochan – IMOB Hasselt – [Bruno.Kochan@uhasselt.be](mailto:Bruno.Kochan@uhasselt.be)

Will Clerx – gemeente Rotterdam – [wcg.clerx@rotterdam.nl](mailto:wcg.clerx@rotterdam.nl)

### **Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 22 en 23 november 2018, Amersfoort**

#### **Samenvatting**

Verkeersmodellen spelen een belangrijke rol om het beleid in steden te ondersteunen. In het project Urban Tools Next wordt onderzocht of een Activity Based Model (ABM) deze rol beter kan vervullen dan de huidige modellen. Daarbij wordt ook gekeken naar de databehoeftes, het werkproces, de beheersbaarheid en de rekentijden. Als case is gekozen voor Rotterdam. Daarbij wordt zoveel mogelijk aangesloten op het reeds bestaande MRDH model. Enerzijds om te voorkomen dat er bepaalde dataverzameling opnieuw moet gebeuren en anderzijds om een vergelijking mogelijk te maken. De ABM software FEATHERS wordt gebruikt voor de modellering van het vraag gedeelte. Het aanbod gedeelte is gelijk aan het MRDH model (OmniTRANS).

De paper gaat in op de schatting van het model voor het basisjaar (2016) op basis van OVIN data. In eerste instantie moet de OVIN data een aantal bewerkingen en filtering ondergaan. Dit proces wordt toegelicht en de resulterende dataset wordt op een aantal aspecten vergeleken met de originele OVIN data. Hieruit blijkt dat er kleine verschuivingen zijn maar dat de dataset nog steeds een representatief beeld geeft. Op basis van deze data schat FEATHERS automatisch voor alle keuzeprocessen in het model keuzebomen. Voor het bestemmingskeuze model wordt een discreet keuze model gebruikt. Hiervoor worden de parameters geschat. Per keuzemodel wordt aangegeven wat de kwaliteit van de schatting is. Hieruit komen nog een aantal verbeterpunten voor het bestemmingskeuze model.

Voor het runnen van het model is een synthetische populatie nodig. Het proces om tot zo'n populatie te komen op basis van CBS data wordt beschreven. Op basis van deze populatie, de land-use data en de level of service data kan het model gerund worden. In de paper worden de resultaten vergeleken met enerzijds het OVIN en anderzijds het bestaande MRDH model. Hieruit blijkt dat het model goed in staat is om activiteiten en de tijdligging van mensen te reproduceren en het totaal aantal verplaatsingen is van de juiste orde. Een belangrijk aandachtspunt is echter de modal-split. Het model genereert aanzienlijk meer fietsers dan het MRDH model waardoor vergelijking met het MRDH model nog niet zinvol is. Op welke criteria wordt vergeleken wordt wel beschreven.

De belangrijkste, voorlopige, conclusie zijn dat we nog niet in staat zijn een goed model neer te zetten. Het proces is moeilijk beheersbaar doordat de submodellen elkaar allemaal beïnvloeden. De databehoeftes en de preparatie van data vormt echter geen bottleneck maar kent nog wel een aantal verbeterpunten. De komende periode zullen we het bestemmingskeuze en modal split model verder verbeteren en de omgang met extern verkeer. We zijn nog maar kort begonnen met het systematisch verbeteren van het model en achten een model dat voldoet aan de eisen van de praktijk nog steeds haalbaar.

## 1. Inleiding

Verkeersmodellen spelen in veel grote en middelgrote steden een belangrijke rol om het beleid te ondersteunen. Beslissingen rond gebiedsontwikkeling, infrastructuur, parkeren en mobiliteitsmanagement worden vaak onderbouwd door modelberekeningen. Veel van deze verkeersmodellen zijn geaggregeerde vier-staps modellen en niet altijd in staat om de vragen van beleidsmakers te beantwoorden, zoals bijvoorbeeld over het effect van zelfrijdende auto's, vraaggestuurd openbaar vervoer, milieuzones, elektrificatie, Mobility as a Service (MaaS), doelgroepenbeleid, complexere verplaatsingspatronen, etc. Om hier beter grip op te krijgen moeten modellen aan de volgende eisen voldoen (Clerx, 2017). Ze moeten:

- gedesaggregeerd zijn (incl. life-style-achtige kenmerken) om daarmee meer grip op individueel gedrag te krijgen.
- ketenverplaatsingen kunnen modelleren, omdat verplaatsing complexer worden en fietsen en openbaar vervoer belangrijker worden om de leefbaarheid van steden te borgen.

Uit diverse studies (Timmermans, 2011, Rasouli 2014) blijkt dat een Activity Based Model (ABM) beter in staat is om antwoord te geven op deze vragen. Dit type model gaat uit van een individu en modelleert deze op een consistente wijze. In Nederland is dit type model in de praktijk nog maar zeer beperkt toegepast en meestal in het kader van academisch onderzoek. Om de bruikbaarheid van deze modellen in de praktijk te onderzoeken is in 2018 het project "Urban Tools Next" gestart. Dit project is een samenwerking tussen TNO, Rotterdam en de Universiteit Hasselt waarin een operationeel ABM voor Rotterdam wordt gemaakt. De steden Den Haag, Amsterdam en Utrecht, de provincies Utrecht en Noord Brabant, en de Vervoerregio Amsterdam zijn ook aangesloten bij dit project. Ook RWS en het KIM kijken mee.

Het belangrijkste doel van dit project is om te onderzoeken of ABM in de praktijk echt werkt en geschikt is voor beleidsondersteuning. Afgeleide vragen zijn: Wat is de databehoeftte, hoe ziet het werkproces eruit, is het beheersbaar, hoe lang duurt het en wat zijn de rekentijden.

In het project wordt een ABM voor Rotterdam (het ABMR) gemaakt voor het basisjaar 2016 en het prognosejaar 2030. Tevens wordt gekeken of het mogelijk is een MaaS scenario te modelleren. In deze paper wordt alleen de bouw van het basisjaar model beschreven. Ook de kalibratie van het basisjaar wordt niet beschreven.

In de volgende paragrafen wordt eerst het principe van een ABM toegelicht en de gekozen implementatie (software). Dan wordt beschreven hoe het model wordt geschat en welke invoer data (populatiegegevens) nodig zijn. Vervolgens worden de resultaten van het basisjaar model beschreven. Enerzijds door met waargenomen data te vergelijken, anderzijds door met een bestaand model te vergelijken. De paper sluit af met conclusies en aanbevelingen.

## 2. Activity Based Model

Een Activity Based Model (ABM) is een verkeersmodel dat uitgaat van de individuele personen in het studiegebied. Voor elke persoon wordt achtereenvolgens bepaald welke activiteiten hij gaat doen, op welk tijdstip, hoe lang, op welke locatie en met welke modaliteit hij gaat reizen. Een persoon kan op een dag meerdere activiteiten doen

waarbij het mogelijk is dat er in één reis combinaties gemaakt worden. Bijvoorbeeld een reis van huis naar werk waarbij op de terugweg nog een winkel bezocht wordt.

De pionier in Nederland voor dit type model is de Universiteit van Eindhoven (D. Ettema, 1996, T. Arentze, H. Timmermans 2000). Ook in de VS zijn academische ontwikkelingen al gestart in de vorige eeuw. In de VS zijn er ook al diverse praktijktoepassingen. (J. Castiglione, 2015, Bowman, 1999). In Nederland zijn er een aantal pilot studies geweest met name door de Universiteit Eindhoven (Timmermans 2011). Er is op dit moment nog geen ABM in de praktijk operationeel<sup>1</sup>. Een goed voorbeeld van een ABM waarmee de potentie van autonome voertuigen en auto-delen in te schatten is de OECD studie in Lissabon (OECD, 2015).

TNO heeft in 2016 een intern onderzoek gedaan naar de state of the practice rond ABM en met name ook naar de volwassenheid van de tools (software) die daarvoor gebruikt worden. Op basis van dit onderzoek is gekozen om samen te werken met de Universiteit Hasselt waar veel onderzoek naar ABM wordt gedaan. Deze universiteit heeft in de loop der jaren daarvoor software ontwikkeld met de naam FEATHERS (Bellemans, 2010).

FEATHERS is een volledige implementatie van een ABM. FEATHERS is flexibel opgezet en beschikt over zowel keuzebomen als discrete keuze modellen voor elk keuze proces. Een bijzondere eigenschap van FEATHERS is de integratie van schattings-software en de model-software. Het product is in staat om vrijwel automatisch het gehele model te schatten en vervolgens ook direct het model te runnen. De software produceert daarbij ook direct statistieken waarbij de geobserveerde data wordt vergeleken met de model uitkomsten. Dit maakt het hele proces bijzonder efficiënt.

### **3. Structuur model**

Sinds 2018 beschikt de Metropoolregio Rotterdam Den Haag (MRDH) over een nieuw, geaggregeerd, model (Goudappel 2018): het Verkeersmodel MRDH 1.0 (V-MRDH). De "dimensies" van dit model zijn zoveel mogelijk overgenomen in het te bouwen Activity Based Model voor Rotterdam (ABMR). Dit maakt het enerzijds mogelijk om gebruik te maken van de data in het V-MRDH, zoals de netwerken en anderzijds wordt het mogelijk om de modellen met elkaar te vergelijken.

Het V-MRDH heeft 2016 als basisjaar en 2023 en 2030 als prognosejaar (Goudappel Coffeng, 2018). Het Tussenjaar 2023 wordt in het ABMR niet gemodelleerd. Het model heeft bijna 7800, waarvan 6100 in het studiegebied, 1100 daarbuiten en 600 voor toekomstige uitbreiding. Er zijn 7 vervoerwijzen: autobestuurder en -passagier, fiets en OV. Bij OV wordt onderscheid gemaakt in 4 voor-en natransport combinaties van lopen en/of fiets. Het model kent 7 motieven en 3 dagdelen. Het autonetwerk bevat ruim 100.000 links. Het OV netwerk bestaat uit 1700 lijnen en 12.600 haltes. Ten behoeve toetsing zijn 2200 auto en 1600 OV tellingen beschikbaar. Voor fiets is het aantal tellingen dat voorhanden is beperkt.

---

<sup>1</sup> Een uitzondering is het Brutus model van de provincie Utrecht (<http://www.mobilitymodeling.com/brutus>)

In deze paper wordt alleen de bouw van het basisjaar model beschreven. Hoe het prognosejaar wordt bepaald en hoe de MaaS scenario's worden berekend wordt niet beschreven. Ook de kalibratie van het basisjaar wordt niet beschreven.

Het ABMR bepaalt de verplaatsingspatronen van alle personen in het model voor een gemiddelde werkdag. Het vrachtverkeer wordt niet bepaald en rechtstreeks uit het V-MRDH overgenomen.

### 3.1 Invoer data

Een ABM heeft, net zoals elk model, invoer nodig. In de volgende tabel worden deze invoersets beschreven:

Dataset	Bron	Beschrijving
Observed schedules	OVIN	Deze dataset beschrijft de waargenomen verplaatsingspatronen. Deze dataset is volledig gebaseerd op het OVIN
Level of Service	V-MRDH	Dit zijn matrices met per vervoerswijze (7x) de Level of Service voor elk zone-paar. De Level of Service bestaat uit afstand en reistijd. Voor openbaar vervoer ook nog de wachttijd en het aantal overstappen. Alle data is per dagdeel. Deze data is identiek aan de data in het V-MRDH.
Land use data	V-MRDH en BAG	Per zone is er informatie over arbeidsplaatsen (uit V-MRDH) en over winkels en horeca (uit BAG).
Populatie	CBS	Deze dataset bevat de populatie in het studiegebied. Dat betekent dat van elke persoon de locatie en een aantal persoonlijke en huishoudkenmerken bekend zijn.

In hoofdstuk 4 wordt dieper ingegaan op het proces om tot "observed schedules" te komen. In hoofdstuk 5 wordt dieper ingegaan op het proces voor de populatie.

### 3.2 Intern en extern verkeer

Een van de complicaties bij de bouw van een ABM is het externe verkeer. Het uitgangspunt van een ABM is namelijk de populatie. Het model bepaalt alleen de mobiliteitspatronen voor de populatie die aan het model wordt aangeboden. Omdat in een regio als Rotterdam een substantieel deel van het verkeer van buiten de regio komt moet dus, in theorie, ook een externe populatie in het model gestopt worden. Het probleem wordt dan, hoever buiten Rotterdam moet de populatie gegenereerd worden? Op dit moment wordt in het ABMR de populatie van het MRDH gebied bestaande uit de voormalige stadsregio Rotterdam en het stadsgewest Haaglanden gemodelleerd. Dit zijn 6116 van 7203 zones. Alleen het verkeer dat zich tussen deze zones verplaatst wordt gemodelleerd. Het verkeer wat van buiten dit gebied komt of van binnen naar buiten gaat wordt voorlopig uit het V-MRDH gehaald.

Binnen het project wordt wel een methode ontwikkeld om met het externe verkeer om te gaan. Deze methode wordt nog niet beschreven in deze paper.

### 3.3 Software

Een verkeersmodel bestaat uit verschillende delen. Meestal wordt onderscheid gemaakt tussen het vraag-deel en het aanbod-deel. In het vraag-deel worden de verplaatsingen bepaald (HB-matrices) en in het aanbod-deel wordt de belastingen van het netwerk bepaald (toedeling). De interactie tussen de twee verloopt via de Level of Service matrices.

FEATHERS is in staat om het "vraag-gedeelte" van het model te bepalen. OmniTRANS wordt gebruikt voor het bepalen van de Level of Service (skimmen) en om het verkeer toe te delen (statische toedeling).

Dit betekent ook dat de individuele mobiliteitspatronen uit FEATHERS worden omgezet in geaggregeerde HB matrices per mode en dagdeel. Deze matrices worden uiteindelijk toegedeeld.

Schematisch:



Figuur x: Schematische weergave stappen en software

### 4. Schatten van het model

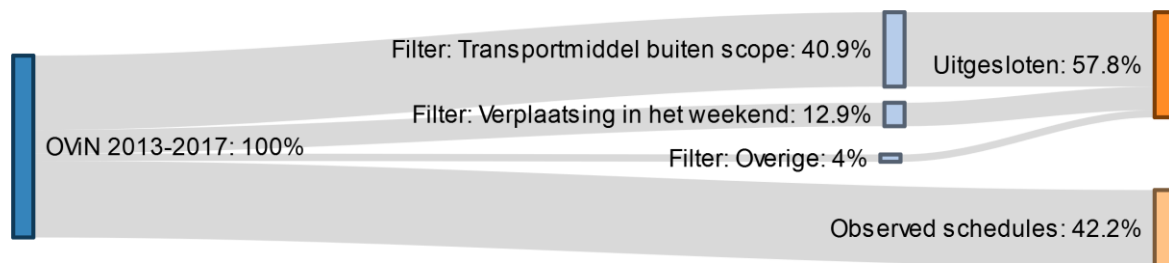
De FEATHERS software is in staat om automatisch, op basis van waargenomen verplaatsingspatronen, het gehele model te schatten. Per keuzestap worden automatisch keuzebomen afgeleid. Voor de modaliteitskeuze en de bestemmingskeuze worden discrete keuze modellen gebruikt. Ook daarvoor worden automatisch de parameters geschat. De utility functies moeten door de gebruiker gespecificeerd worden.

De data die gebruikt is voor de verplaatsingspatronen is het "Onderzoek Verplaatsingen in Nederland (OVIN)" van het CBS. Om over voldoende data te beschikken zijn de jaren 2013 tot en met 2017 gestapeld. Deze dataset is vervolgens "vertaald" naar de juiste

dimensies die we ook in het model hebben. Hierin worden bijvoorbeeld bepaalde motieven en bepaalde modaliteiten bij elkaar genomen en sommige modaliteiten verwijderd (bv vliegen). Omdat een verplaatsing soms uit meerdere delen bestaat (denk aan lopen – bus - trein – lopen) zijn deze delen teruggebracht tot één verplaatsing met één modaliteit. Daarbij wordt lopen-bus-trein-lopen teruggebracht tot lopen-ov-lopen. Zoals beschreven in hoofdstuk 3 onderscheiden we 7 modaliteiten waarvan er 4 combinaties van voor en na-transport met het ov beslaan. Dit betekent dat we op dit moment bijvoorbeeld P+R ritten (auto-ov-lopen) nog niet meenemen.

#### 4.1 Van OVIN naar "observed schedules"

De OVIN data is dus niet rechtstreeks bruikbaar voor FEATHERS maar moet een aantal bewerkingen ondergaan. Personen die niet relevante verplaatsingen in OVIN hebben, of waarvan niet alle persoonskenmerken bekend zijn, worden uitgesloten van de observed schedules. Op persoonsniveau ziet het er als volgt uit:



Figuur x: Filtering toegepast op OVIN om geschikt te maken voor FEATHERS

Het OVIN kent 14 motieven. Deze worden teruggebracht naar 7 activiteitentypes. Met name een aantal vrije-tijd gerelateerde motieven worden geclusterd tot één *overig* type. De 24 modaliteiten in OVIN worden teruggebracht tot de 7 modaliteiten die in het V-MRDH voorkomen. Modaliteiten zoals vliegtuig of vrachtwagen worden genegeerd. Lopen maakt nog geen onderdeel uit van het V-MRDH.

Het OVIN bevat, voertuigbezit kenmerken meegerekend, 17 persoonskenmerken. In het model gebruiken we alleen de volgende 9 kenmerken: geslacht, leeftijd, herkomst, rijbewijsbezit, werk, opleiding, huishoudsamenstelling, huishoudinkomen, aantal auto's in huishouden.

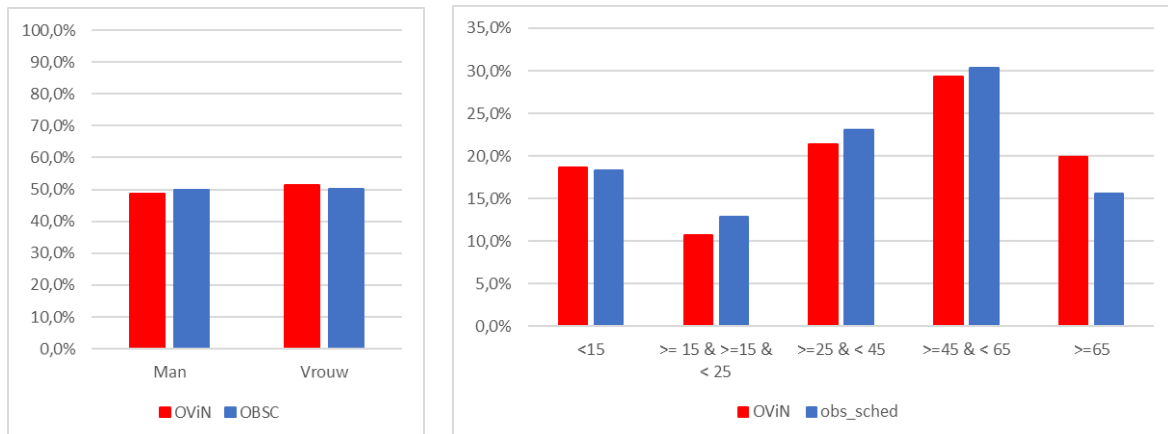
Dit resulteert uiteindelijk in een bestand met 83,340 personen die gezamenlijk 337,411 activiteiten ondernemen. De activiteit "thuis blijven" hoort hier ook bij. Totaal maken ze 254,071 verplaatsingen. Dit bestand noemen we de "observed schedules (OBSC)".

#### 4.2 Validatie

Het OBSC bestand met de *observed schedules* is getoetst op basis van een aantal criteria die ook gerapporteerd worden door het CBS over het OVIN. Het is van belang dat door de filtering en de aggregatie er nog steeds een goede representatie van de bevolking aanwezig is en een goede representatie van de verplaatsingen. Dit is getoetst aan de hand van o.a. de volgende criteria:

### Geslacht en leeftijdsopbouw

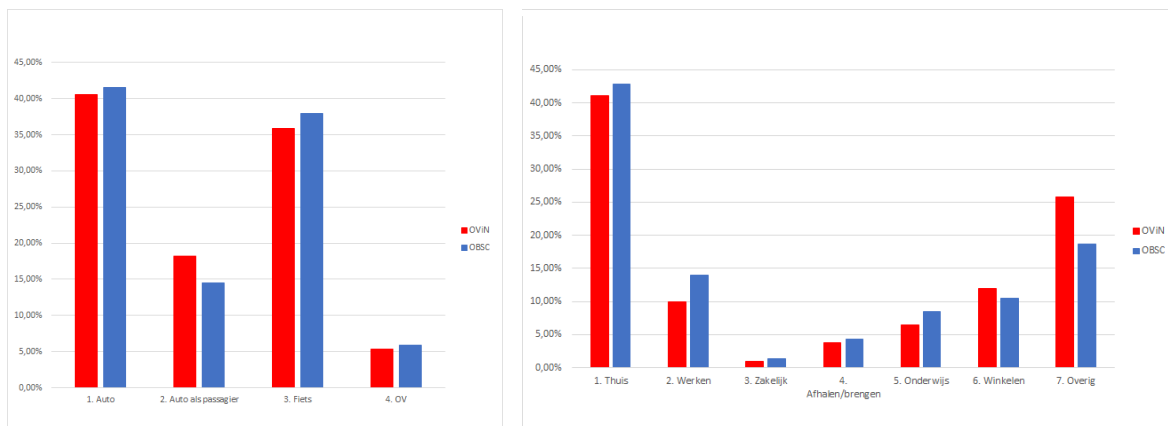
In onderstaande figuur is de leeftijdsverdeling van de populatie weergegeven voor OVIN en voor OBSC.



Figuur x: Geslacht (links) en Leeftijdverdeling (rechts) OVIN en OBSC

Uit deze figuur blijkt dat er kleine verschuivingen zijn in leeftijdsverdeling. Voor vrijwel alle andere persoonlijke kenmerken zijn er minimale verschuivingen in de verdelingen tussen OVIN en OBSC.

Behalve een goede representatie van de bevolking is het ook van belang dat de waargenomen verplaatsingen representatief blijven. Dit is getoetst aan de hand van de verdeling van reizigerskilometers per vervoerswijze en per activiteitstype. In onderstaande figuur worden deze verdelingen vergeleken tussen OVIN en OBSC.



Figuur x: Verplaatsingskilometers per vervoerswijze (links) en per activiteitstype (rechts)

Conclusie is dat door de filtering er verschuivingen plaatsvinden. We doen nog nader onderzoek om deze verschuivingen zoveel mogelijk te minimaliseren. Over het algemeen kan verondersteld worden dat het OBSC nog steeds een goede representatie van het verplaatsingsgedrag weergeeft.

### 4.3 Schatting van het model

Voor elke keuzestap leidt FEATHERS automatische een keuzeboom af. De volgende tabel geeft een (vereenvoudigd) overzicht van de schatting.

<b>Keuze</b>	<b>Type</b>	<b>Toelichting</b>	<b>Attributen</b>	<b>Toets</b>
Activiteit	Keuzeboom	De keuze van een activiteit wordt in FEATHERS opgebroken in een hoofdactiviteit en een aantal sub-activiteiten.	Persoons (Later ook Level of Service)	CMA = 72.6%
Tijdsduur	Keuzeboom	Voor elke activiteit wordt bepaald hoe lang de activiteit duurt.	Persoons	CMA = 23.1%
Vertrektijd	Keuzeboom	Voor elke trip wordt de vertrektijd bepaald.	Persoons Level of Service	CMA = 22.7%
Bestemming	Discrete keuze	Op basis van een utility functie wordt een kans bepaald.	Persoons Level of Service Land use	Rho2 = 0.600
Mode	Keuzeboom	De modaliteitskeuze is onafhankelijk van de bestemmingskeuze. In het uiteindelijke model zal dit een discreet keuze model worden.	Persoons Level of Service	CMA = 48.3 %

In deze tabel werd de voorspellende kracht van elke keuzeboom bepaald op basis van de Confusion Matrix Accuracy (CMA) maat (Kohavi and Provost, 1998) Zoals te zien is in deze tabel is de kwaliteit van het activiteit type model relatief hoog: 72.6%. De voorspellende kracht van de tijdsduur en vertrektijd submodellen daarentegen komt lager uit, respectievelijk 23.1% en 22%. Dit vloeit onder andere voort uit het feit dat het aantal alternatieven over een etmaal beschouwd ook erg hoog is. De voorspelling lijkt gemiddeld genomen echter redelijk accuraat te zijn. Voor de bestemmingskeuze wordt een discrete keuze model geschat. Voor dit submodel is de rho2 waarde gelijk aan 0.600. De laatste keuze in de tabel toont de CMA waarde voor de modaliteitskeuze. Een waarde van 48.3% is aanvaardbaar, maar kan met de nodige verfijning van het submodel nog hoger uitvallen.

## 5. Populatie generatie

Nadat het model geschat is kan het model toegepast worden. Daar is echter wel een populatie voor nodig. Dit is een bestand met alle mensen in het studiegebied. Voor elke persoon moeten dezelfde persoonlijke gegevens bekend zijn als in de waargenomen data. Dit zijn typische gegeven over leeftijd, geslacht, inkomen, etc.

Om tot een goede populatie te komen is er gebruik gemaakt van de persoonsregisters van het CBS. TNO heeft toegang tot de persoonsregisters ten behoeve van research. Door de juiste registers samen te voegen kan een populatiebestand gegenereerd worden met een exacte weergave van de populatie. Waarbij van elk persoon bekend is waar ze wonen (V-MRDH zone), wat de leeftijd is, inkomen, etc. Om privacy redenen is het echter



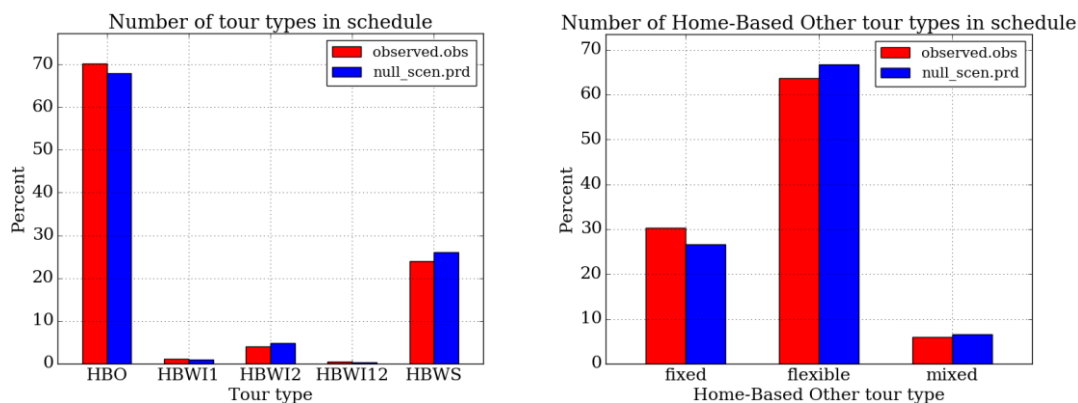
niet toegestaan om deze data direct te gebruiken voor deze toepassing. Het is echter wel mogelijk om analyses te doen die geaggregeerde resultaten opleveren. Op basis van deze geaggregeerde data per zone is een nieuw synthetisch populatiebestand gemaakt dat exact klopt met het aantal inwoners per leeftijdscategorie per geslacht en per achtergrond (westers/niet westers) per zone. Op basis van deze "sleutel" zijn alle andere kenmerken (bv rijbewijs, inkomen, etc.) toegevoegd aan deze synthetische populatie op basis van landelijke verdelingen. Dit proces is een goede manier om privacy te borgen. De uiteindelijke synthetische populatie komt op geaggregeerd niveau exact overeen met de "echte" populatie maar zal op detailniveau afwijken. Het proces is nog op diverse plaatsen te verbeteren en uiteindelijk kan de synthetische populatie vergeleken worden met de echte populatie om een indruk te krijgen van de kwaliteit van het bestand. Deze validatie is op dit moment nog niet uitgevoerd.

## 6. Model run

Het runnen van het model vindt automatisch plaats na het schatten van het model. Dat maakt het mogelijk om direct een aantal vergelijkende statistieken te produceren tussen de waarnemingen en het model. De belangrijkste statistieken worden in de volgende paragrafen kort toegelicht:

### Activiteiten

FEATHERS schat per persoon de activiteiten in een bepaalde volgorde. In eerste instantie wordt de zogenaamde primaire activiteit bepaald. Daaromheen worden nul, een of meerdere secundaire activiteiten bepaald. Deze worden onderverdeeld in activiteiten die op vaste momenten uitgevoerd moeten worden en activiteiten die flexibel zijn. Onderstaande figuur geeft een vergelijking tussen de OBSC data (observed.obs) en de uitkomst van het model (null\_scen.prd).

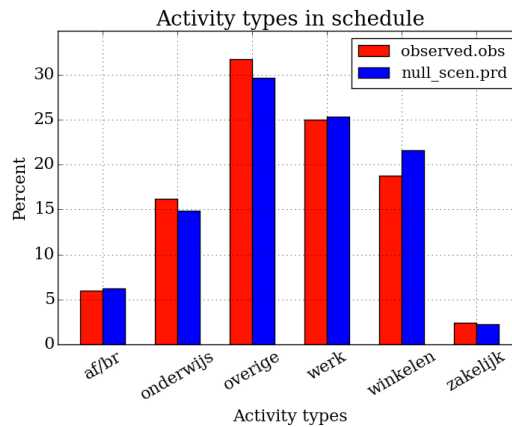


Figuur x: Aantal tour types

Het grootste deel van de tour types zijn de zogenaamde "home-based-other" tours (HBO). Dit zijn tours die starten van huis en hebben niet werken als hoofdactiviteit, maar een vaste of flexibele activiteit. Deze "home-based other" tours kunnen dan weer bestaan uit enkel één hoofdactiviteit of meerdere activiteiten van het type vaste activiteit, flexibele activiteit, of een combinatie namelijk vaste en flexibele. De rechterfiguur laat zien hoe deze verdeling eruit ziet. De volgende grote groep zijn de

“home-based-work-single stop” tours. Dit zijn de tours die starten van huis en als activity type werken hebben. Er zijn geen andere activiteiten in deze tours. De overige drie types komen minder vaak voor en betreffen tours met werken als primaire activiteit maar met tussenstops. Respectievelijk tours met een tussenstop op de heenweg (HBWI1), tours met een tussenstop op de terugweg (HBWI2) en tours met tussenstop op zowel de heen als de terugweg (HBWI3).

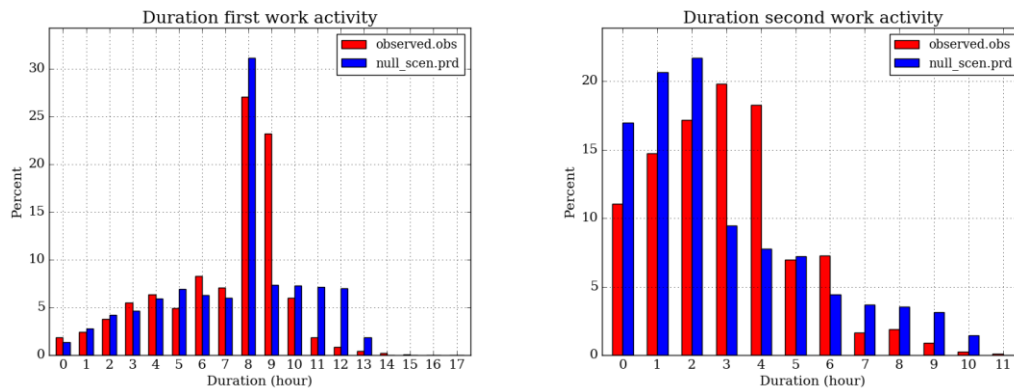
Onderstaand figuur geeft de verdeling over de activiteiten types die het model onderscheidt. Ook deze verdeling wordt goed gereproduceerd.



Figuur x: Verdeling activity types

### Duur

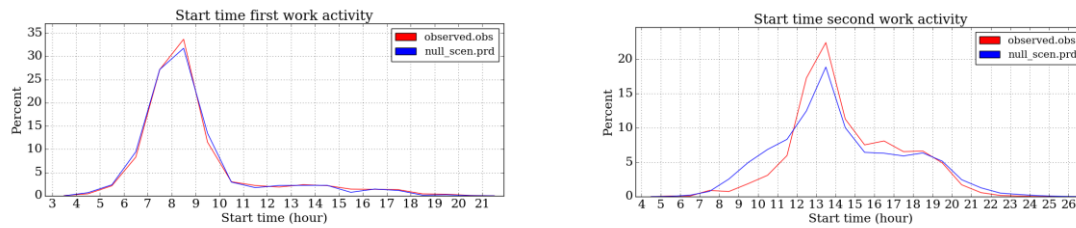
Een tweede belangrijke stap in het model is het bepalen van de duur van elke activiteit.



Figuur x: Duur werk activiteit

In bovenstaande figuur staat de verdeling van de duur voor de eerste werkactiviteit en de tweede werkactiviteit. De waarnemingen komen hier redelijk goed overeen met de modeluitkomsten. Bij de tweede werkactiviteit is een verschuiving zichtbaar. De waarnemingen laten kortere tijden zien dan het model. De belangrijkste reden hiervan is dat een tweede werkactiviteit ook in de observed-schedules weinig voorkomt.

### Vertrektijden

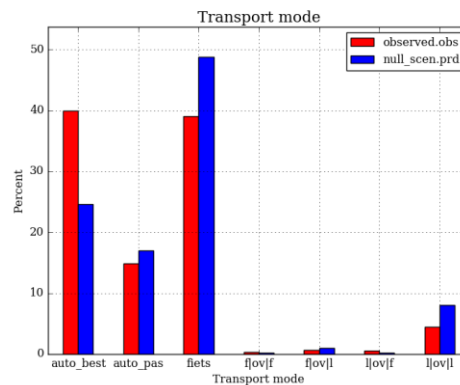


*Figuur x: Vertrektijden werk activiteit*

In bovenstaande figuur staat de vertrektijdverdeling over de dag voor de eerste werkactiviteit en de tweede werkactiviteit. De waarnemingen komen hier goed overeen met de modeluitkomsten.

### *Modal split*

De modal split is een belangrijke indicator. In onderstaande grafiek staat de verdeling voor de hele dag weergegeven.



*Figuur x: Modal split*

In bovenstaande figuur is goed te zien dat het model de modal split op dit moment nog niet goed reproduceert. Het aantal auto's wordt onderschat en het aantal fietsers overschat. De belangrijkste oorzaak hiervan is het bestemmingskeuze model. Door de grote verschillen in de omvang van zones (heel klein in het studiegebied en heel groot in het buitengebied) is er een grote discrepantie in de bijvoorbeeld de land-use gegevens van zones. Ook vallen er veel waarnemingen in het buitengebied binnen dezelfde zone waardoor er geen goede Level of Service waarde bepaald kan worden. We werken nog aan een oplossing hiervoor.

Op het moment van schrijven is het model nog niet uit ontwikkeld. Er zijn nog diverse verbeteringen mogelijk en zeer waarschijnlijk bevat de data ook nog een aantal fouten die de gepresenteerde resultaten beïnvloeden.

### *Rekentijden*

De rekestijden van het model zijn relevant om te toetsen of het model geschikt is om in de praktijk te gebruiken. Het gehele model bestaat grofweg uit drie stappen: het bepalen van de level-of-service, het bepalen van de schedules (FEATHERS) en het toedelen.

De totale rekentijd bedraagt nu 34 uur, waarvan 14 uur voor skimmen, 8 uur voor FEATHERS en 12 voor de OmniTRANS toedelingen. Deze rekentijd is qua orde van grote vergelijkbaar met die van het V-MRDH.

De timing hangt erg af van de gebruikte hardware en soms zijn er aanzienlijke verbeteringen tussen verschillende versies van de software. Daarnaast is het mogelijk om processen parallel te berekenen wat aanzienlijk in doorlooptijd scheelt. In het geval van FEATHERS werden 12 cores tegelijk aan het werk gezet terwijl met OmniTRANS slechts 4. Dit kwam doordat de licentie gebonden was aan een computer met slechts 4 cores. De totale doorlooptijd is dus nog te verkorten door verdere optimalisatie en betere inzet van hardware.

Bovenstaande geldt overigens voor 1 iteratie van het model. Het oorspronkelijke V-MRDH model doet 3 iteraties om het effect van congestie mee te nemen in het vraagmodel. Niet elke iteratie duurt even lang omdat alleen de reistijden van motorvoertuigen herberekend dienen te worden. Het ABMR is in principe ook iteratief inzetbaar. Daar is nog niet mee geëxperimenteerd. Op dit moment worden de skim matrices uit het V-MRDH gebruikt om het effect van congestie mee te nemen.

## 7. Resultaten

De uitvoer van FEATHERS bestaat uit een verplaatsingspatroon voor elke inwoner. Al deze verplaatsingspatronen worden geconverteerd naar HB-matrices per modaliteit (7) en per dagdeel (3). Dit resulteert in 21 matrices. Deze matrices kunnen toegedeeld worden aan het netwerk waarbij dezelfde instellingen zijn gebruikt als bij het V-MRDH.

Dit geeft ons de mogelijkheid om de resultaten te vergelijken met het V-MRDH. Daarbij moet opgemerkt worden dat het V-MRDH ook niet de waarheid is maar wel een goede indicatie geeft.

De model resultaten worden op de volgende onderdelen:

- Totaal aantal trips in het model, per modaliteit en dagdeel
- Matrixtotalen per mode en dagdeel gesplitst voor intern-intern, intern-extern, extern-intern en extern-extern verkeer. De focus ligt hierbij op het intern-intern verkeer omdat het overige verkeer uit het V-MRDH wordt geïmporteerd.
- Modal-split per dagdeel, gesplitst voor intern en extern verkeer.
- Toedelingsresultaten per modaliteit en dagdeel. Daarbij wordt een visuele vergelijking gedaan door een zogenaamde verschil plot te maken.
- Er wordt een 65x65matrix afgeleid. Dit is een deelgebied matrix waarin de verplaatsingen tussen die gebieden geaggregeerd worden. Daaruit wordt een verschil matrix afgeleid per modaliteit en dagdeel.
- De tellingen worden vergeleken met de wegvakbelastingen per modaliteit en dagdeel. De afwijking wordt bepaald met een Chi-kwadraat verschil en gegroepeerd in het aantal tellingen dat voldoet ( $\text{Chi}^2 < 3.5$ ), tellingen die redelijk zijn ( $3.5 < \text{Chi}^2 < 4.5$ ) en tellingen die niet voldoen ( $\text{Chi}^2 > 4.5$ ). Dit wordt vergeleken met de niet gekalibreerde matrices van het V-MRDH.
- Voertuigkilometers per wegtype

- Voertuigverliesuren per wegtype.

Al deze uitvoer wordt automatisch gegenereerd en gerapporteerd in een Excel bestand waarin weer automatisch grafieken en tabellen worden gemaakt.

Op dit moment zijn de afwijkingen tussen FEATHERS en het V-MRDH nog significant en zijn we nog niet tevreden over met name de schatting van het bestemmingskeuze model. Tijdens het congres in November hopen we deze problemen beter onder controle te hebben.

## **8. Conclusie**

Deze paper geeft een overzicht en stand van zaken van het project "Urban Tools Next". De belangrijkste onderzoeksvraag is of een ABM in de praktijk toepasbaar is. Op dit moment zijn we nog niet zo ver om deze conclusie te trekken. De ontwikkeling van het model is nog volop bezig en deze paper geeft een indicatie van de eerste resultaten. De volgende conclusies kunnen al wel getrokken worden:

Het proces om tot een activity based model te komen is overzichtelijk en tot dus ver in een beheersbaar proces uitvoerbaar. We constateren echter wel een grote afhankelijkheid tussen alle sub-modellen. Bestemmingskeuze, modal split en time-of-day beïnvloeden elkaar allemaal wat een lastig beheersbaar proces oplevert. Op dit moment kunnen we dus nog niet zeggen of dit proces tot een goed basisjaar model gaat leiden maar de voortuitgang die tussen elke iteratie werd bereikt geeft goed vooruitzichten.

De data nodig voor een ABM is beschikbaar en het proces om dit geschikt te maken is overzichtelijk en beheersbaar. Hetzelfde geldt voor de synthetische populatie. In beide processen zijn echter nog wel een aantal verbeterstappen mogelijk. Een goede methode om de kwaliteit van de synthetische populatie te controleren moet nog ontwikkeld worden. Controle op diverse dwarsdoorsnedes geeft echter een goede fit op de werkelijkheid.

## **9. Aanbevelingen**

Dit onderzoek richt zich op het naar de praktijk brengen van technologie waar op universiteiten al lang wordt gewerkt. In de praktijk ontstaan er soms problemen waar tijdens de onderzoeksfase geen aandacht aan is geschonken. Een van de meest opvallende punten is daarbij de omgang met extern verkeer en de geografische codering van het externe gebied. Hier is verder onderzoek noodzakelijk omdat anders voor dit deel van het model steeds teruggegrepen moet worden naar zwaartekrachtmodellen.

Voor de schatting van het model wordt zwaar geleund op OVIN. Onderzoek naar alternatieve databronnen, zoals data verzameld met apps, zal de kwaliteit van de schatting kunnen verhogen. Hier moet met name gedacht worden aan het combineren van meerdere databronnen tot één dataset voor het schatting van modellen.

Binnen de populatie generatie zijn een aantal verbeteringen mogelijk. We gaan nu uit van landelijke verdelingen voor het koppelen van attributen aan het populatie bestand. Deze verdelingen zouden geografisch kunnen verschillen. Hier kan rekening mee gehouden worden. Ook kan het aantal kenmerken per persoon nog uitgebreid worden, bijvoorbeeld informatie over ov-studenten kaarten, of type auto. Dit laatste maakt ook de koppeling met milieu modellen op een nieuw detail niveau mogelijk.

Binnen FEATHERS zijn ook nog een aantal verbeteringen mogelijk, zoals het bestemmingskeuzemodel, het modal split model en betere interactie tussen leden van een huishouden. Een belangrijk aandachtspunt is de stabiliteit van de stochastiek in het model. Dit moet nog onderzocht worden.

Belangrijkste aanbeveling is dat de potentie van ABM groot is en dat met deze studie de adoptie van dit type model in de praktijk een stap dichterbij is gekomen. We zijn positief over de haalbaarheid van een dergelijk model voor praktijktoepassingen en streven ernaar dat eind 2018 een ABM voor de regio Rotterdam zowel voor basis- als prognosejaar beschikbaar is, dat voor praktijktests gebruikt kan worden.

## Literatuur en referenties

Goudappel Coffeng, Verkeersmodel MRDH 1.0, (Technische rapportage), januari 2018

OECD – International Transport Forum, Urban Mobility System Upgrade: How shared self-driving cars, could change city traffic, OECD/ITF, 2015

T. Bellemans, D. Janssens, G. Wets, T. Arentze, H. Timmermans, Implementation framework and development trajectory of the FEATHERS activity-based simulation platform, TRB 2010 Annual Meeting, 2010

J.L. Bowman, M.E. Ben-Akiva, Activity-based disaggregate travel demand model system with activity schedules, Transportation Research Part A, 1999

D. Ettema, Activity-based travel demand modeling. Ph.D. Thesis, Technische Universiteit Eindhoven, 1996.

T. Arentze en H. Timmermans, ALBATROSS : a learning based transportation oriented simulation system, Eindhoven, EIRASS, 2000

J. Castiglione, M. Bradley, J. Gliebe, TRB's second Strategic Highway Research Program (SHRP 2) Report S2-C46-RR-1: Activity-Based Travel Demand Models: A Primer. 2014

Rasouli, S., & Timmermans, H. J. P. Activity-based models of travel demand : promises, progress and prospects. The International Journal of Urban Sciences, 18(1), 31-60, 2014

H.J.P. Timmermans; T.A. Arentze, Transport models and urban planning practice: experiences with Albatross. In: Transport Reviews. Vol. 31, No. 2. pp. 199-207, 2011

W. Clerx, E. de Romph, B. Kochan, Vernieuwing stedelijke verkeersmodellen: wij raken nooit uitgeleerd!, Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 23 en 24 november 2017, Gent

T. Brands, E. de Romph, T. Veitch, J. Cook. Modelling public transport route choice, with multiple access and egress modes. In: Transportation research procedia. Vol. 1, No. 1. pp. 12-23, 2014

R. Kohavi, F. Provost. Glossary of terms: Machine Learning. Kluwer Academic Publishers, Boston, U.S.A., 1998.