

## **Urban Tools Next – de stap naar activity based modellen**

Maaïke Snelder – TNO – maaïke.snelder@tno.nl

Tom Bellemans – Universiteit Hasselt – tom.bellemans@uhasselt.be

Will Clerx – Gemeente Rotterdam – wcg.clerx@rotterdam.nl

### **Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 25 en 26 november 2021, Utrecht**

#### **Samenvatting**

De grote steden en regio's in Nederland gebruiken verkeersmodellen om inzicht te krijgen in het effect van diverse ontwikkelingen en de onderbouwing van grotere investeringen. De huidige geaggregeerde modellen krijgen echter steeds meer moeite met de veranderingen die we in mobiliteit waarnemen. De verplaatsingen van mensen worden complexer (combinaties van modaliteiten, bijvoorbeeld fiets + OV) en er ontstaan steeds meer nieuwe vormen van mobiliteit (autonome auto's, elektrische fietsen, deel-concepten, MaaS). Daarnaast worden ook steeds vaker maatregelen genomen waarvan het effect niet goed met de huidige modellen kan worden bepaald. Voorbeelden hiervan zijn maatregelen op het vlak van parkeren, zoals het bouwen met een lagere parkeernorm en aanpassen van tarieven, hubs en nieuwe mobiliteitsconcepten. Activity based modellen kunnen in theorie beter de complexere verplaatsingen van mensen modelleren en beter het effect van complexere maatregelen bepalen, omdat ze voor individuen ketenverplaatsingen modelleren waarbij modaliteiten en activiteiten op een consistente manier worden gecombineerd. Daarnaast is het mogelijk om met activity based modellen effecten van maatregelen per doelgroep te analyseren.

Dit paper beschrijft de resultaten van het project Urban Tools Next II waarbij een activity based model is doorontwikkeld en is onderzocht in hoeverre het model ingezet kan worden om de thema's parkeren, ketens en hubs en nieuwe mobiliteitsconcepten beter te modelleren. Hiertoe is een unieke keten van modellen ingezet en doorontwikkeld: populatiegenerator, activity based model Feathers, voor- en natransport keuzemodel en toedelingen. Dit paper geeft een korte toelichting op alle modelontwikkelingen. Tevens beschrijft het paper welke lessen hiervan zijn geleerd om deze thema's ook met de vigerende modellen beter te kunnen modelleren.

De ontwikkelde methode voor activity based modelleren is toegepast op een casestudie voor de MRDH. Hierbij is eerst een schatting gemaakt voor het basisjaar 2016. Vervolgens is de methode ingezet om een toekomstjaar en 5 verschillende scenario's door te rekenen. De resultaten hiervan zijn eveneens in dit paper samengevat.

De belangrijkste conclusie is dat een nieuwe stap is gezet richting de toepassing van activity based modellen in de praktijk. Het punt waarop de vigerende modellen vervangen kunnen worden door activity based modellen is nog niet bereikt, maar voor innovatie toepassingen kunnen activity based modellen wel al worden ingezet. De verbeteringen in parkeren, ketens en hubs en nieuwe mobiliteitsconcepten kunnen (deels) ook worden geïmplementeerd in de vigerende modellen van de overheidspartijen.

## 1. Introductie Urban Tools Next

De grote steden en regio's in Nederland gebruiken verkeersmodellen om inzicht te krijgen in het effect van diverse ontwikkelingen en interventies. Met name voor de onderbouwing van grotere investeringen spelen deze modellen een zeer belangrijke rol. De huidige geaggregeerde modellen krijgen echter steeds meer moeite met de veranderingen die we in mobiliteit waarnemen. De verplaatsingen van mensen worden complexer (combinaties van modaliteiten, bijvoorbeeld fiets + OV) en er ontstaan steeds meer nieuwe vormen van mobiliteit (autonome auto's, elektrische fietsen, deelconcepten, MaaS). Daarnaast worden de verschillen in gedrag en (mobiliteits-)voorkeuren tussen hoogstedelijk en suburbane/landelijke gebieden steeds groter. Ook worden er steeds vaker maatregelen genomen waarvan het effect niet goed met de huidige modellen kan worden bepaald. Voorbeelden hiervan zijn maatregelen op het vlak van parkeren, zoals het bouwen met een lagere parkeernorm en aanpassen van tarieven, hubs en nieuwe mobiliteitsconcepten.

In Activity Based Modellen (ABM) worden activiteiten en daaraan gerelateerde verplaatsingen van individuen gemodelleerd. Omdat in deze aanpak elke persoon individueel wordt gemodelleerd (microsimulatie of ook wel agent-based genoemd) is het niet alleen beter mogelijk om individueel gedrag te modelleren, maar ook om een keten van verplaatsingen van een individu beter te modelleren. In een dergelijke keten worden modaliteiten en activiteiten gecombineerd op een consistente manier die veel beter overeenkomt met de werkelijkheid (activity based). Daarnaast is het mogelijk om effecten van maatregelen per doelgroep te analyseren. Daarmee kunnen deze modellen, in theorie, beter de complexere verplaatsingen van mensen modelleren en beter het effect van complexere maatregelen bepalen.

De transitie naar dit type model is echter niet zomaar te maken. De bouw van een stedelijk model is een intensieve taak en vergt de nodige expertise. Dit was aanleiding voor de vier grote steden en een aantal sterk verstedelijkte regio's in Nederland om met TNO en Universiteit Hasselt een samenwerkingsproject te starten voor de innovatie in verkeersmodellen. In 2018/2019 is in het project "Urban Tools Next" (UTN-I) een volledig ABM gemaakt voor de regio Rotterdam (de Romph, et al., 2019). Hierbij is het activity based model Feathers van de Universiteit Hasselt ingezet. Uit dit project bleek dat het rekentechnisch goed mogelijk is een ABM te maken op de schaalgrootte van Rotterdam. De inspanning om een dergelijk model te maken is wel groter dan voor de bouw van een geaggregeerd of gedesaggregeerd model maar lijkt wel degelijk haalbaar in de praktijk.

In het vervolgproject Urban Tools Next II (UTN-II)<sup>1</sup> is het ABM verder doorontwikkeld en is onderzocht in hoeverre een ABM ingezet kan worden om de thema's parkeren, ketens en hubs en nieuwe mobiliteitsconcepten beter te kunnen modelleren. Daarnaast is er ook gekeken naar welke lessen hiervan geleerd kunnen worden om deze thema's ook met de vigerende modellen beter te kunnen modelleren. De in UTN-II ontwikkelde methode voor

---

<sup>1</sup> De projectgroep van UTN-II bestaat uit de gemeente Rotterdam, gemeente Den Haag, gemeente Utrecht, gemeente Amsterdam, Vervoerregio Amsterdam, Provincie Utrecht, Provincie Noord-Brabant, Metropoolregio Rotterdam Den Haag, Rijkswaterstaat, CBS, Universiteit Hasselt / Abeona Consult BVBA en TNO.

activity based modellen is toegepast op een casestudie voor de MRDH. Hierbij is eerst een schatting gemaakt voor het basisjaar 2016. Vervolgens is de methode ingezet om een toekomstjaar en 5 verschillende scenario's door te rekenen.

Dit CVS-paper geeft een samenvatting van UTN-II. Hoofdstuk 2 beschrijft in meer detail welke type maatregelen voor parkeren, ketens en hubs en nieuwe mobiliteitsconcepten zijn beschouwd. Hoofdstuk 3 beschrijft vervolgens hoe de geselecteerde maatregelen een ABM zijn gemodelleerd. De geleerde lessen voor de vigerende modellen zijn samengevat in hoofdstuk 4. Hoofdstuk 5 beschrijft de resultaten van toepassing van het ABM voor de casestudie voor de MRDH en hoofdstukken 6 en 7 beschrijven respectievelijk de conclusies en aanbevelingen.

## 2. Selectie maatregelen

In UTN-II zijn in een workshop met experts van de deelnemende partijen drie onderwerpen geselecteerd die prioritair zijn bij de verbetering en vernieuwing van verkeersmodellen. Dit betrof parkeren, ketens en hubs en nieuwe mobiliteitsconcepten. Op basis van een prioritering voor wat betreft haalbaarheid, resulterende vernieuwing en benodigde inspanning is met de projectgroep bepaald welke onderwerpen/maatregelen binnen deze categorieën zijn uitgewerkt. Deze zijn in Tabel 1 weergegeven. Een uitgebreidere toelichting op de selectie van maatregelen is te vinden in (Snelder, et al., 2021a).

<b>1,2</b>	<b>Uitgewerkt</b>	<b>Niet uitgewerkt</b>
<b>Parkeren</b>	Parkeercapaciteit Parkeren op eigen terrein Parkeernormen Parkeertarieven P+R-locaties	Parkeervergunningen Laadpalen Fietsparkeren Max. parkeerduur Parkeerverwijzingssystemen Beveiliging van parkeerplaatsen
<b>Ketens en hubs</b>	Hubs en deelmobiliteit Park&Walk&Micro	Hub faciliteitniveau Reistijdbetrouwbaarheid Logistieke hubs
<b>Nieuwe mobiliteitsconcepten</b>	MaaS- abonnement bezit Deelmobiliteit E-bikes Micromodaliteiten Kostenstructuur	Automatische voertuigen Taxi's

Tabel 1 Selectie maatregelen in UTN-II

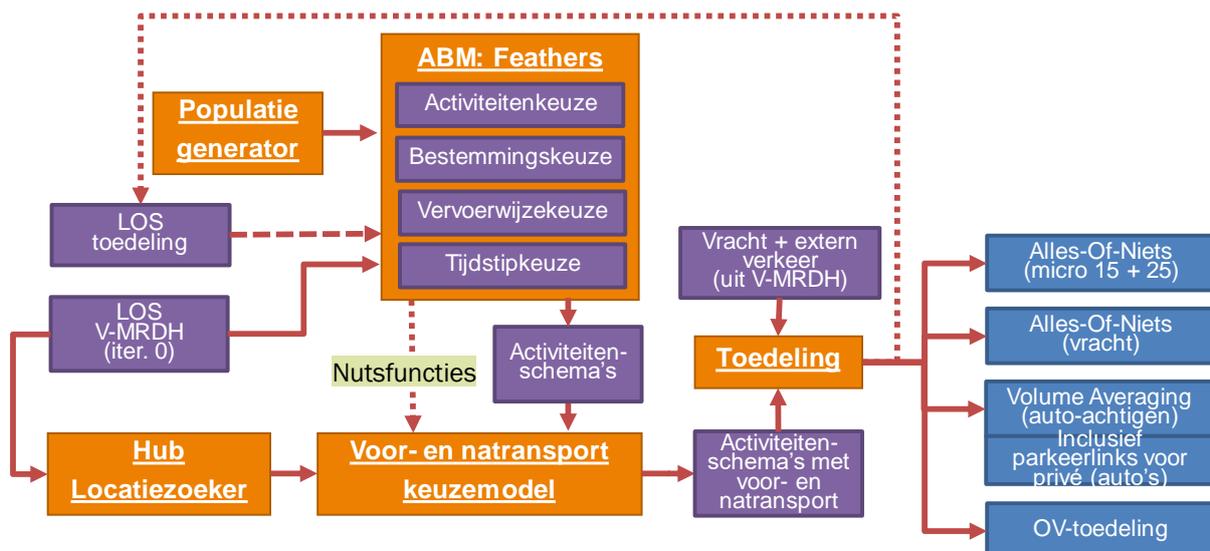
## 3. Methode modellering parkeren, ketens en hubs en nieuwe mobiliteitsconcepten

Binnen UTN-II is een keten van modellen ontwikkeld die is weergegeven in Figuur 1. Met behulp van een populatiegenerator wordt op basis van diverse databronnen, zoals CBS-microdata, OViN-data, kadasterdata, data van het RWD en data uit het verkeersmodel van de MRDH (V-MRDH) een synthetische populatie gegenereerd voor het modelgebied

inclusief de kenmerken van alle individuen en hun voertuigbezit (auto, fiets en e-bike). Het resultaat is een synthetische populatie die geaggregeerd per zone (vrijwel) exact overeenkomt met de "echte" populatie. Voor iedere persoon in deze populatie bepaalt het ABM Feathers de activiteitschema's van die persoon gedurende een gemiddelde werkdagdag. Dat wil zeggen dat onder andere het type activiteiten van een persoon gedurende de dag, het start- en eindtijdstip van de activiteiten, de locatie van de activiteiten en de vervoerwijze door Feathers worden gemodelleerd. Qua vervoerwijze wordt alleen de hoofdvervoerwijze (auto, autopassagier, OV, fiets of lopen) van iedere verplaatsing bepaald. De hoofdvervoerwijze is de vervoerwijze waarmee het grootste gedeelte van de afstand wordt afgelegd. Met behulp van een nieuw ontwikkeld voor- en natransportkeuzemodel worden vervolgens de vervoerwijzen voor het voor- en natransport bepaald. Uiteindelijk worden alle verplaatsingen van individuen geaggregeerd tot vervoerstromen (HB-matrices) voor de verschillende hoofdvervoerwijzen per tijdsperiode welke worden toegedeeld aan het wegennetwerk en het OV-netwerk.

In principe zouden de verplaatsingsweerstand (level-of-service, LOS), de reistijden en reiskosten, weer als input kunnen worden gebruikt voor Feathers om zo meerdere iteraties uit te kunnen voeren totdat een evenwicht ontstaat tussen vraag en aanbod. In UTN-II is er echter voor gekozen om de LOS te bepalen met behulp van de gekalibreerde HB-matrices uit het V-MRDH (Verkeersmodel MRDH) en slechts 1 iteratie uit te voeren. Hier is voor gekozen omdat kalibratie van activiteitschema's en HB-matrices buiten de scope van UTN-II viel en het uitvoeren van meerdere iteraties te tijdrovend was.

Onder Figuur 1 wordt toegelicht welke aanpassingen aan de modellen zijn gedaan om het effect van parkeren, ketens en hubs en nieuwe mobiliteitsconcepten beter te kunnen modelleren. In (Snelder, et al., 2021a) is een uitgebreidere toelichting te vinden op alle modelontwikkelingen.



Figuur 1 Modelketen UTN-II

In UTN- II hebben veel ontwikkelingen plaatsgevonden om de maatregelen op het vlak van parkeren, ketens en hubs en nieuwe mobiliteitsconcepten beter te kunnen modelleren in een unieke keten van modellen: populatiegenerator, Feathers, voor- en

natransport keuzemodel en toedelingen. Het voor- en natransportmodel is een compleet nieuw model. De andere modellen zijn bestaande modellen/tools die op onderdelen zijn uitgebreid. De modelontwikkelingen worden hieronder verder toegelicht.

### *3.1 Generieke verbeteringen*

In UTN-II is een nieuwe indicator voor de stedelijkheidsgraad ontwikkeld op basis van de indicatoren voor stedelijkheid in het Landelijk Model Systeem (LMS)/Nederlands Regionaal Model (NRM) van Rijkswaterstaat. De stedelijkheid wordt bepaald aan de hand van de dichtheid van inwoners, arbeidsplaatsen en leerlingplaatsen. Omdat stedelijkheid geen lokaal kenmerk is, maar iets zegt over de omgeving van een zone wordt ook de omgeving (1,5 km) van een zone beschouwd. De stedelijkheidsgraad is gebruikt om de bestemmings- en vervoerwijzekeuze in Feathers te verbeteren. Deze variabele is daarnaast gebruikt als indicator om te bepalen op welke locaties bepaalde deelconcepten beschikbaar worden gesteld (scenario-input).

In de populatiegenerator is de huishoudkoppeling verbeterd zodanig dat ouders en kinderen zoveel mogelijk een gelijke herkomst hebben. Tevens is het voertuigbezit verbeterd door onder andere brandstoftypes toe te voegen en bezit van e-bikes toe te voegen.

Feathers is opnieuw geïmplementeerd waarbij zowel inhoudelijke verbeteringen zijn doorgevoerd om betere schattingsresultaten te kunnen halen als optimalisaties van de implementatie om de rekentijd te verkorten. Inhoudelijk gezien worden alle keuzes nu met discrete keuzemodellen gemaakt in plaats van beslisbomen waarbij rekening wordt gehouden met restricties in tijd en ruimte. De bestemmingskeuze en vervoerwijzekeuze vinden nu voor groepen van motieven plaats met elk een eigen set aan relevante variabelen. Tevens zijn reiskosten aan de nutsfuncties toegevoegd omdat kosten een belangrijke factor zijn in het keuzegedrag van mensen en om beleidsmaatregelen die ingrijpen op de reiskosten te kunnen modelleren. Tot slot zijn de Level of Service (LOS)-matrices voor drie aparte dagdelen ochtend, avond en restdag beschouwd. In de UTN- I werden alleen de reistijden uit de ochtendspits gebruikt.

### *3.2 Parkeren*

In UTN-II is onderscheid gemaakt tussen drie verschillende soorten parkeercapaciteiten: gratis parkeren, betaald parkeren en parkeren-op-eigen-terrein (POET). In UTN-II is een methode ontwikkeld om op basis van GIS-data van het Kadaster, wegdata van Rijkswaterstaat en de data van het Nationaal Parkeerregister (NPR) de verschillende parkeercapaciteiten en parkeertarieven af te leiden. De ontwikkelde methode bleek in combinatie met een kalibratiestap bruikbare resultaten op te leveren en van grote toegevoegde waarde om parkeren beter in de modellen mee te kunnen nemen.

Verbeteringen per sub-model:

- Aan de populatiegenerator is autobezit toegevoegd. Tevens is een eenvoudig autobezitsmodel ontwikkeld om de invloed van parkeren op autobezit te kunnen bepalen. Immers wanneer de moeite van het parkeren toeneemt in een bepaald gebied, zal het autobezit afnemen.

- In Feathers zijn parkeertarieven toegevoegd en wordt rekening gehouden met een verhoogde parkeerzoektijd als de parkeercapaciteit wordt overschreden. In de toekomst kan de modellering van parkeren in Feathers nog worden verbeterd door rekening te houden met de parkeerduur op basis van het start- en eindtijdstip van activiteiten.
- Het voor- en natransportkeuzemodel houdt rekening met parkeerkosten.
- In de toedeling van autoverkeer wordt rekening gehouden met parkeercapaciteiten en uitwijkgedrag naar andere zones als de capaciteit in een zone wordt overschreden. Om te zorgen dat er onderscheid gemaakt kan worden tussen openbaar parkeren en parkeren op eigen terrein worden er meerdere gebruikersklassen gebruikt in de toedeling. Hierbij maken verplaatsingen met de motieven thuis, werk, zakelijk en onderwijs gebruik van de POET en gratis parkeerplaatsen, verplaatsingen met motieven winkelen en overig van de gratis en betaalde parkeerplekken, en alle overige verplaatsingen (afhalen en brengen, deelmobiliteit, vrachtverkeer) maken gebruik van de originele voedingslink zonder capaciteit. Uiteindelijk wordt er dus een toedeling uitgevoerd waarbij verkeer met verschillende motieven in verschillende iteraties wordt toegedeeld aan het autonetwerk, waarbij het autonetwerk is voorzien van parkeerlinks met bijbehorende parkeercapaciteiten.

In een tweede CVS-paper over UTN-II met de titel 'Grip op parkeercapaciteiten – modelaanpak en data-analyse' wordt in meer detail toegelicht hoe de parkeercapaciteiten zijn bepaald, hoe deze zijn meegenomen in de toedeling en wat de resultaten zijn; i.e. gebruik van parkeer- en loolinks.

### *3.3 Ketens en hubs*

Het voor- en natransportkeuzemodel is specifiek ontwikkeld om verplaatsingen via hubs te kunnen modelleren voor een grote hoeveelheid aan combinaties van vervoerwijzen (bijvoorbeeld ook auto – deelfiets), rekening houdend met restricties ten aanzien van voertuigbezit, beschikbaarheid van voertuigen in de keten van verplaatsingen en consistentie van vervoerwijzen binnen de keten. In UTN-II zijn alleen hubs aan de bestemmingszijde gemodelleerd. In de toedeling zijn hubs als aparte zones gemodelleerd. Er is een hublocatiezoeker (zie Figuur 1) ontwikkeld die per herkomst-bestemmings (HB)-paar de aantrekkelijkste hublocatie selecteert. Het voor- en natransportmodel levert aangepaste activiteitenschema's waarbij de hubs op een aantal routes worden gebruikt. De ketenverplaatsingen worden opgesplitst in losse ritten en toegedeeld via de hubs.

### *3.4 Nieuwe mobiliteitsconcepten*

Om nieuwe mobiliteitsconcepten te kunnen modelleren is een categorisering van 7 hoofdvervoerwijzen voorgesteld waarvan er 4 categorieën zijn die opgesplitst worden in eigen voertuigbezit of deelmobiliteit (zie Tabel 2). Hierdoor is het mogelijk om vrijwel alle nieuwe mobiliteitsconcepten te modelleren. De gemiddelde snelheid, kosten, parameters en beschikbaarheid kunnen daarbij worden aangepast.

<b>Categorieën nieuwe mobiliteitsconcepten</b>	<b>Voorbeelden</b>
Micro 5 km/h	Lopen
Micro 15 km/h (5-20 km/uur)*	Fiets, stepje
Micro 25 km/h (20-30 km/uur)*	E-bike, scooter
Privé (25+ km/h)*	Autobestuurder
Gedeeld privé (25+ km/h)*, **	Autopassagier, taxi
Gedeeld on-demand (25+ km/h)**	Minibus, shared taxi (ritdelen), shuttle
Gedeeld traditioneel (25+ km/h)**	Openbaar vervoer (bus, tram, metro, trein)

\* Op te splitsen in eigen voertuigbezit of deelmobiliteit

\*\* Gedeeld betekent bij deze mobiliteitsconcepten dat de rit wordt gedeeld met anderen.

Tabel 2 Categorieën van modaliteitsconcepten en voorbeelden

Verbeteringen per sub-model:

- Populatiegenerator: voor de hoofdvervoerwijzen is een mogelijkheid gecreëerd om aan te geven of een persoon een deelabonnement bezit voor elk van de deelmobiliteit vervoerwijzen.
- Feathers en het voor- en natransportkeuzemodel: de 7 hoofdvervoerwijzen zijn toegevoegd en deelmobiliteit is toegevoegd waarbij indien beschikbaar een eigen voertuig of anders een deelvoertuig wordt gebruikt. Het verdient aanbeveling om de regels die bepalen of een deelvoertuig of een privévoertuig wordt gebruikt in meer detail uit te werken en te valideren op basis van empirisch onderzoek. Qua modellering kan ook een keuzemodel worden geschat mits data hiervoor beschikbaar is.
- De 7 hoofdvervoerwijzen zijn aan de toedelingen toegevoegd. Voor het berekenen van de LOS-matrices voor de nieuwe modaliteiten wordt gebruikgemaakt van diverse formules, waarbij de snelheid en kosten worden aangepast. Deze waardes kunnen verschillend zijn voor gedeelde en niet-gedeelde voertuigen. Alle waardes zijn gebaseerd op scenario-input, omdat er nog geen empirische data beschikbaar zijn. Daarnaast wordt er ook rekening gehouden met in welke gebieden bepaalde vervoerwijzen beschikbaar zijn. Als een vervoerwijze niet beschikbaar is voor een bepaalde HB-relatie, wordt de reistijd op 'oneindig' gezet in de LOS-matrix.

### 3.5 Beheersbaarheid

De totale rekentijd bedraagt 24-48 uur. Ondanks de versnelling van Feathers is de rekentijd van de hele modelketen dus nog steeds relatief lang: populatiegenerator 2,5 uur, Feathers 10 uur, OV-toedeling 18 uur, autotoedeling 12-36 uur afhankelijk van in hoeveel detail parkeren wordt gemodelleerd. Er is nog veel rekentijdwinst te halen door implementatie op een grafische kaart (GPU) waarop een groot aantal processen parallel kan worden uitgevoerd. Omdat de verschillende modellen in de keten door ofwel TNO ofwel de Universiteit Hasselt gerund zijn en input en output 'handmatig' via een server uitgewisseld moesten worden, bleek de methode nog foutgevoelig. Het is aan te bevelen om de methode verder te automatiseren, zodat runs makkelijker uitgevoerd kunnen en geen/minder fouten worden gemaakt met de invoerbestanden.

Omdat Feathers een microsimulatiemodel is waarbij random trekkingen uit kansverdelingen plaatsvinden, zouden eigenlijk meerdere modelruns uitgevoerd moeten worden om betrouwbare resultaten te generen. In UTN-II is per scenario maar één modelrun uitgevoerd omdat de focus lag op het testen van de modelmechanismen.

#### **4. Vigerende modellen**

In UTN-II is verkend hoe de ontwikkelde methodes voor de categorieën parkeren, ketens en hubs en nieuwe mobiliteitsconcepten (deels) kunnen worden meegenomen in de vigerende modellen. Hierbij is onderscheid gemaakt naar geaggregeerde en gedesaggregeerde modellen. Geaggregeerde modellen houden geen rekening met persoonlijke kenmerken van inwoners bij het modelleren verplaatsingen. Gedesaggregeerde modellen maken wel onderscheid naar verschillende groepen mensen op basis van persoonskenmerken en modelleren daarnaast tours in plaats van verplaatsingen. Een tour kan eventueel meerdere activiteiten met verschillende motieven bevatten. Een uitgebreide beschrijving van de meerwaarde van de in UTN-II ontwikkelde methodes voor de vigerende modellen is te vinden in (van der Tuin, et al., 2021).

Bij de geaggregeerde modellen zijn alle onderdelen over te nemen, zij het op een minder geavanceerde wijze dan bij het activity based model van UTN-II. Parkeren kan met name meegenomen worden als onderdeel van de toedeling. Dit zal een zeer nuttige toevoeging zijn voor geaggregeerde modellen en is goed implementeerbaar. Het enige aandachtspunt is wel de sterk toegenomen rekentijd door de multi-user-class toedeling en benodigde gegevens over parkeercapaciteiten. De ketenverplaatsingen kunnen deels worden geïmplementeerd in de vigerende geaggregeerde modellen, waarbij met name aandacht nodig is voor de consistentie van vervoerwijzen gedurende een dag met meerdere tijdsperiodes. Ook technieken ontwikkeld voor nieuwe mobiliteitsconcepten kunnen worden meegenomen, behalve dat hiervoor wel de vervoerwijzekeuzemodellen opnieuw geschat dienen te worden om de nieuwe mobiliteitsconcepten mee te kunnen nemen en populatiekenmerken (zoals e-bikebezit) lastiger kunnen worden meegenomen dan bij een activity based model.

Bij de gedesaggregeerde vigerende modellen kan het onderdeel parkeren vrijwel overal worden uitgebreid met UTN-II technieken. Voor de woningzijde betreft dit met name een uitbreiding van de bestaande autobezitsmodellen, voor de bestemmingszijde volgt dit uit de toedeling. Voor het LMS en in iets mindere mate het NRM is het detailniveau wel problematisch. De zones zijn in de regel veel groter dan de gebieden waarvoor bepaalde parkeernormen of beperkte vergunningen gelden. Een statische parkeerweerstand is voor deze modellen wellicht een betere manier om dit mee te nemen. Wat ketens betreft komen de gedesaggregeerde modellen qua structuur dichterbij de buurt van activity based modellen. Hubs zijn in alle modellen toe te voegen door de introductie van aparte zones waar overgestapt kan worden van de ene modaliteit op de andere. De Level of Service matrices voor deze combinaties zijn relatief eenvoudig te bepalen. Voor het modelleren van nieuwe mobiliteitsconcepten kan de in UTN-II geïntroduceerde nieuwe indeling worden overgenomen in alle gedesaggregeerde modellen maar dit vereist wel een volledige herschatting. De populatie in deze modellen kan ook uitgebreid worden met abonnementsbezit van deelconcepten.

## 5. Resultaten basisjaar en scenario's

In UTN-II zijn een basisjaar, toekomstjaar en 5 scenario's doorgerekend om te toetsen in hoeverre de richting en ordegrrootte van effecten plausibel zijn. De resultaten hiervan zijn in deze paragraaf beschreven. De volledige resultaten zijn beschreven in (Snelder, et al., 2021b)

### 5.1 Basisjaar

Het gemodelleerde basisjaar is 2016. Voor dit jaar is een populatie gegeneerd en is een schatting van Feathers uitgevoerd. Op basis van de schattingsresultaten (goodness-of-fit statistieken) en een vergelijking tussen de resultaten van het basisjaar en OViN is geconcludeerd dat de resultaten er grotendeels plausibel uitzien. Wel verdient het aanbeveling om het tijdstipkeuzemodel van Feathers verder te kalibreren omdat de verdeling van het aantal verplaatsingen over de dag nog afwijkt van OViN (binnen UTN-II is daar weinig aandacht aan besteed). De elasticiteiten liggen binnen de bandbreedtes uit de literatuur, dat wil zeggen dat het model op vergelijkbare wijze als andere modellen uit de literatuur reageert op veranderingen in kosten en tijden. Een belangrijke conclusie is dat de synthetische modelresultaten die behaald zijn binnen Urban Tools Next II na toedeling aanzienlijk beter met de tellingen overeenkomen dan de synthetische modelresultaten van het V-MRDH en UTN-I. Hiermee is dus weer een belangrijke stap gezet in het verbeteren van het activity based model, hoewel de verdeling over de dag een belangrijk verbeterpunt blijft.

### 5.2 Toekomstjaar

Voor het toekomstjaar 2030 is een populatie gegeneerd met de populatiegenerator waarbij ruimtelijk is aangesloten bij de sociaal-economische ontwikkelingen uit het V-MRDH. De modelresultaten van het toekomstjaar zijn grotendeels plausibel hoewel de voertuigverliesuren zeker in de avondspits relatief veel afwijken van de voertuigverliesuren die met het V-MRDH zijn berekend. Een verbetering van de schatting van het tijdstipkeuzemodel (zie basisjaar), kan dit probleem vermoedelijk verhelpen. Als gevolg van een fout in het autobezit kon niet worden getoetst of de groei van het aantal verplaatsingen en de modal-shift plausibel zijn. Het is aan te bevelen om het autobezit te corrigeren en die toets alsnog uit te voeren.

### 5.3 Scenario 1a (Parkeren-op-eigen-terrein) en scenario 1b (toevoeging verlaagde parkeernorm in combinatie met parkeren op eigen terrein)

Scenario 1a en scenario 1b zijn zodanig gekozen dat getoetst kon worden of de ontwikkelingen op het vlak van Parkeren-op-eigen-terrein (POET) plausibel zijn.

In het basisjaar en het toekomstjaar was alleen rekening gehouden met betaalde parkeerplaatsen. Bij scenario 1a zijn POET-parkeerplaatsen en gratis parkeerplaatsen aan het toekomstjaar toegevoegd. Deze zijn bewust uit het basisjaar en toekomstjaar weggelaten om niet te veel ontwikkelingen in één keer te hoeven testen. De richting van de resulterende effecten is plausibel. Als rekening wordt gehouden met een beperkte parkeercapaciteit neemt het autogebruik af. In gebieden met een hogere stedelijkheidsgraad is de bezettingsgraad van de parkeerplaatsen en het aandeel

voertuigen dat in een andere zone dan hun bestemming parkeert hoger. De ordegröte van de effecten kon nog niet worden gevalideerd.

Bij scenario 1b zijn vier gebieden voorzien van een sterk verlaagde parkeernorm. Het in UTN-II ontwikkelde regressiemodel voor autobezit is ingezet om de impact van de verlaagde parkeernorm op autobezit te bepalen. Dit effect bleek echter beperkt te zijn (gemiddeld 3% in de zones waar de parkeernorm is verlaagd) en vermoedelijk onderschat te worden. In combinatie met de afgenomen parkeercapaciteit en daarbij verhoogde parkeerzoektijd leidt dit toch nog tot een afname van gemiddeld 6% autoverplaatsingen voor deze gebieden. Op netwerkniveau zijn deze effecten beperkt zichtbaar. Het autobezitsmodel zal verder moeten worden gevalideerd, bijv. met praktijkdata.

#### *5.4 Scenario 2a (verlaagde parkeercapaciteit stadscentra) en scenario 2b (toevoeging hubs en deelmobiliteit)*

Scenario's 2a en 2b zijn gericht op het toetsen van de manier waarop parkeren aan de bestemmingszijde en hubs zijn gemodelleerd in UTN-II.

Bij scenario 2a is de betaalde parkeercapaciteit in de stadscentra van Rotterdam, Den Haag en Delft verlaagd. De richting van de effecten is plausibel. Het aantal autoverplaatsingen neemt af en met name het aandeel micro 25 km/h (e-bike) neemt sterk toe. Voor de verplaatsingen naar de stadscentra waarbij nog wel gebruik wordt gemaakt van de auto, wordt vaker in een andere zone dan de bestemmingszone geparkeerd ten opzichte van het toekomstjaar.

Bij scenario 2b is de parkeercapaciteit verlaagd zoals in scenario 2a, maar dan met de toevoeging van in totaal 9 hubs aan de randen van Rotterdam, Den Haag en Delft. Bij de hubs dicht bij het centrum zijn gedeelde micro 15 km/h voertuigen (bijvoorbeeld deelfiets) toegevoegd. Bij de hubs verder verwijderd van het centrum zijn gedeelde micro 25 km/h voertuigen (bijvoorbeeld deelscooter) toegevoegd. Daarnaast is het mogelijk deze gedeelde modaliteiten in de stadscentra te gebruiken. Er is nog geen zoektijd gerekend voor ritten met gedeelde voertuigen welke vanaf de hub vertrekken. De richting van de effecten van dit scenario is eveneens plausibel. Vooral de hubs bij Rotterdam en Den Haag worden op grote schaal gebruikt. Hierbij is geen rekening gehouden met een eventueel beperkte capaciteit van parkeerplaatsen of beperkte beschikbaarheid van deelmicro 15/25 km/uur. De resultaten geven dus een indicatie van de potentie van de hubs weer.

#### *5.5 Scenario 3 (grootschalig gebruik van MaaS)*

Scenario 3 toetst in hoeverre de implementatie van nieuwe mobiliteitsconcepten plausibele resultaten oplevert. Meer specifiek is aangenomen dat 50% van de populatie (in de meer verstedelijkte gebieden) in bezit is van een MaaS-abonnement waarmee ze gebruik kunnen maken van gedeelde micro 15 km/h voertuigen (bijvoorbeeld deelfiets) en gedeelde micro 25 km/h voertuigen (bijvoorbeeld deelscooter) in de zones met de drie hoogste stedelijkheidsgraden. De richting van de effecten in dit scenario is plausibel. Met name het gebruik van micro 25 km/uur (bijvoorbeeld e-bikes) neemt toe. Van de hubs rondom de grote steden wordt op grote schaal gebruik gemaakt, terwijl de hubs op

overige plekken nauwelijks worden gebruikt. Dit komt doordat in de gevolgde methode alleen verplaatsingen met hoofdvervoerwijze privé (auto) gebruik maken van hubs. Als gevolg wordt er alleen aan de bestemmingszijde gebruik gemaakt van een hub, en niet aan de herkomstzijde. Hubs aan de herkomstzijde met hoofdvervoerwijze OV zijn in UTN-II nog niet gemodelleerd.

## **6. Conclusies**

In UTN-II zijn generieke verbeteringen doorgevoerd in activity based modellen en is de modellering van parkeren, keten hubs en nieuwe vervoerconcepten verbeterd. Hiermee is een nieuwe stap richting de toepassing van activity based modellen in de praktijk gezet. Het punt waarop de vigerende modellen vervangen kunnen worden door activity based modellen is nog niet bereikt, maar voor innovatie toepassingen kunnen activity based modellen wel al worden ingezet. De verbeteringen in parkeren, ketens en hubs en nieuwe mobiliteitsconcepten kunnen (deels) ook worden geïmplementeerd in de vigerende modellen van de overheidspartijen.

### *6.1 Generieke verbeteringen*

De generieke verbeteringen die in UTN-II zijn doorgevoerd in de populatiegenerator en Feathers hebben ertoe geleid dat de resultaten voor het basisjaar de werkelijkheid (tellingen) beter benaderen dan UTN-I en de geaggregeerde aanpak van het V-MRDH.

### *6.2 Modelleren parkeren*

In UTN-II is een methode ontwikkeld om parkeercapaciteiten uit GIS-data af te leiden. Tevens is de modellering van autobezit, parkeertarieven, parkeerzoektijd en parkeercapaciteit verbeterd. De keten van modellen die in UTN-II is ontwikkeld, blijkt modeltechnisch bruikbaar te zijn om maatregelen op het vlak van parkeren door te rekenen.

### *6.3 Modelleren ketens en hubs*

In UTN-II is een nieuw voor- en natransportkeuzemodel ontwikkeld om ketens en hubs te kunnen modelleren, is een hublocatiezoeker ontwikkeld en zijn hubs aan de toedelingen toegevoegd. De keten van modellen die in UTN-II is ontwikkeld, blijkt modeltechnisch bruikbaar te zijn om maatregelen op het vlak van ketens en hubs door te rekenen.

### *6.4 Modelleren nieuwe mobiliteitsconcepten*

In UTN-II zijn 7 nieuwe categorieën van vervoerwijzen gedefinieerd waarvan er 4 een variant hebben met eigen voertuigen en deelvoertuigen die in principe alle nieuwe mobiliteitsconcepten afdekken. Deze vervoerwijzen zijn in de modellen geïntegreerd. De standaard hoofdvervoerwijzen uit vigerende modellen vallen allen binnen één van de categorieën. De keten van modellen die in UTN-II is ontwikkeld, blijkt modeltechnisch bruikbaar te zijn om maatregelen op het vlak van nieuwe mobiliteitsconcepten door te rekenen.

### *6.5 Meerwaarde van Activity Based Modellen in praktijk*

Activity based modellen kunnen van grote meerwaarde zijn om de vervoervraag beter te modelleren omdat ze de flexibiliteit bieden om op individueel niveau ketens van verplaatsingen te modelleren en effecten van maatregelen voor verschillende doelgroepen weer te geven en te analyseren. Daarnaast garanderen ze consistentie van activiteiten en verplaatsingen in de tijd en ruimte. Deze meerwaarde is in UTN-II deels tot uiting gekomen doordat de keten van modellen die in UTN-II is geïmplementeerd de werkelijkheid beter benaderd. Ook kunnen met behulp van de populatiegenerator maatregelen rondom individuele persoonskenmerken (bijvoorbeeld het bezit van MaaS-abonnementen) beter worden gemodelleerd dan in de vigerende geaggregeerde modellen en resultaten per doelgroep worden weergegeven. Bij de toepassing van de scenario's is de meerwaarde van activity based modellen echter nog onderbelicht gebleven. Dit omdat slechts een beperkt aantal scenario's kon worden doorgerekend en hierbij bijvoorbeeld geen aandacht is besteed aan het effect van maatregelen op specifieke doelgroepen en activiteiten.

### *6.6 Toepassing van Activity Based Modellen in de praktijk*

In UTN-II is een nieuwe stap richting de toepassing van activity based modellen in de praktijk gezet. Op basis van de geanalyseerde scenario's kan worden geconcludeerd dat de potentie groot is, maar het punt waarop de vigerende modellen vervangen kunnen worden door *activity based modellen* nog niet is bereikt. In de aanbevelingen is aangegeven welke stappen nog moeten worden gezet. Wel kan de modelketen eventueel in combinatie met de vigerende modellen al worden ingezet voor innovatieve vraagstukken op het vlak van parkeren, ketens en hubs en nieuwe mobiliteitsconcepten en eventueel andere maatregelen die nog niet endogene met de vigerende modellen doorgerekend kunnen worden.

### *6.7 Toepassing in vigerende modellen*

Veel van de ontwikkelingen op het vlak van parkeren, ketens en hubs en nieuwe mobiliteitsconcepten kunnen in de vigerende modellen worden overgenomen. In de geaggregeerde modellen kan dit minder geavanceerd dan in een activity based aanpak. Voor de gedesaggregeerde modellen is het eenvoudiger over te nemen. Hiermee biedt de in UTN-II opgedane kennis ook goede mogelijkheden om bestaande modellen te verbeteren. Een aantal partners van UTN II is inmiddels gestart om koppeling van de nieuwe methoden en technieken (bijvoorbeeld voor parkeren) te onderzoeken en te testen.

## **7. Aanbevelingen en vervolg**

Het is aan te bevelen om de kwaliteit en toepasbaarheid van activity based modellen verder te vergroten door de schatting, kalibratie en validatie te verbeteren. Tevens is het aan te bevelen om de modellering van parkeren, ketens en hubs en nieuwe mobiliteitsconcepten te verbeteren door bijvoorbeeld de analyse van parkeercapaciteiten te verfijnen, het autobezitsmodel te verbeteren, hubs aan de herkomstzijde te modelleren, complexere ketens te modelleren en de modellering van deelmobiliteit te verbeteren. Tevens is het aan te bevelen om te verkennen wat de meerwaarde is van het

doorrekenen van andere maatregelen met ABM en de beheersbaarheid van de modelketen te verbeteren.

### *7.1 Aanbevelingen schatting, kalibratie en validatie*

Het is aan te bevelen om de kwaliteit van activity based modellen verder te verbeteren onder andere door het autobezit in de populatie te verbeteren, in de schatting van Feathers rekening te houden met de hoeveelheid parkeerplaatsen op eigen terrein en de vervoerwijze- en locatiekeuze simultaan te schatten en aandacht te geven aan de kalibratie van het tijdstipkeuzemodel. Tevens is het aan te bevelen om de modellering van verplaatsingen van personen buiten het studiegebied en interactie tussen huishoudens verder te verbeteren. Ook de kalibratie van ABM op basis van tellingen heeft aandacht nodig.

De modelketen van Urban Tools Next II is ingezet om voor vijf voorbeeldscenario's te toetsen in hoeverre de modelmechanismen werken. Hierbij is geconcludeerd dat de richting van de effecten plausibel is. Het feit dat reistijd- en reiskostenelasticiteiten van het ABM-model binnen de bandbreedtes uit de literatuur vallen, geeft aan dat de ordegroottes van de effecten van maatregelen die aangrijpen op reistijden en reiskosten binnen één modaliteit naar verwachting ook plausibel zijn. Het is aan te bevelen om voor de andere maatregelen, waarvan praktijkdata beschikbaar is, een verdere validatie uit te voeren.

### *7.2 Verbeteringen modellering parkeren, ketens en hubs en nieuwe mobiliteitsconcepten*

De methodes om het aantal parkeerplaatsen op eigen terrein en het aantal straatparkeerplaatsen af te leiden kunnen verder worden verbeterd door op een hogere resolutie te rekenen en gebruik te maken van aanvullende databronnen. Tevens is het aan te bevelen om de kalibratie van het aantal parkeerplaatsen in meer detail uit te voeren bijvoorbeeld afhankelijk van stedelijkheidsgraad. Qua modellering van parkeren is het aan te bevelen om het autobezitsmodel verder te verbeteren en parkeerkosten (dus rekening houdend met de duur van activiteiten) in plaats van parkeertarieven mee te nemen in Feathers. De modellering van hubs kan worden verbeterd door hubs aan de woningzijde toe te voegen en complexere ketenverplaatsingen die van meer dan één hub gebruik maken mee te nemen in de modellering. De modellering van nieuwe mobiliteitsconcepten kan worden verbeterd door modelmatig te bepalen wanneer mensen een deelabonnement (dit is in UTN-II scenario-input) aanschaffen en wat de invloed daarvan is op voertuigbezit. Tevens is het aan te bevelen om een keuzemodel te ontwikkelen waarmee bepaald kan worden of mensen hun eigen voertuig of deelvoertuig gebruiken indien ze toegang hebben tot beide opties. Tot slot zijn binnen de categorieën parkeren, ketens en hubs en nieuwe mobiliteitsconcepten diverse maatregelen benoemd die de projectgroep wel interessant vond, maar die in UTN-II niet aan bod zijn gekomen. Het is aan te bevelen om te verkennen welke van deze maatregelen interessant zijn om in een vervolg wel op te pakken.

### *7.3 Aanvullende maatregelen*

Naast parkeren, ketens en hubs en nieuwe mobiliteitsconcepten zijn er nog verschillende andere maatregelen die met behulp van activity based modellen beter zouden kunnen

worden gemodelleerd. In het bijzonder gaat dit om maatregelen die activiteiten en vertrektijdstoppen beïnvloeden, zoals activiteiten bij hubs en aanpassingen van arbeids- en onderwijstijden. Deze maatregelen zijn in Urban Tools Next II niet verder uitgewerkt, maar het is aan te bevelen om dat wel te doen.

#### *7.4 Beheersbaarheid modelketen*

Het is aan te bevelen om de keten van modellen die in UTN-II is ontwikkeld verder te automatiseren, de rekentijd te verkorten en in meer detail te onderzoeken hoeveel modelruns nodig zijn om betrouwbare resultaten te genereren op verschillende detailniveaus en hoe dit aantal benodigde runs omlaag kan worden gebracht.

#### *7.5 Vervolg na Urban Tools Next II*

De partijen die betrokken zijn bij Urban Tools Next I en II hebben besloten de samenwerking voort te zetten en uit te bouwen. Hierbij staan gezamenlijke ontwikkeling, kwaliteitsverbetering en afstemming van verkeersmodellen en de hierbij gebruikte methoden en technieken en kennisdelen centraal. Ook willen de partners aansluiting zoeken bij andere initiatieven, zoals de leeromgeving integrale kijk op bereikbaarheid (IKOB) van CROW-KPVV en het dashboard verstedelijking dat door Studio Bereikbaar in opdracht van het college van Rijksadviseurs is opgesteld. Het streven in eind 2021/ begin 2022 van start te gaan met de nieuwe samenwerking.

### **Dankwoord**

Dank gaat uit naar alle leden van de projectgroep en stuurgroep van Urban Tools Next voor hun financiële bijdrage om dit project mogelijk te maken, voor het meedenken bij ontwikkelingen in Urban Tools Next II tijdens projectgroepoverleggen en andere voortgangsoverleggen en het reflecteren op de resultaten. Ook willen we alle collega's van TNO, de Universiteit Hasselt bedanken die betrokken waren bij de uitvoering van het project.

### **Referenties**

- de Romph, E., Clerx, W. & Kochan, B., 2019. Urban Tools NEXT: Wat hebben wij bereikt? Stap naar betere stedelijke en regionale verkeersmodellen. Leuven, Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 21 en 22 november 2019.
- Snelder, M. et al., 2021a. Rapport A: Methode Urban Tools Next II - toelichting op gekozen aanpak voor parkeren, ketens en hubs, nieuwe mobiliteitsconcepten, sl: TNO 2021 R10644.
- Snelder, M. et al., 2021b. Rapport D: Urban Tools Next II - Schattings- en modelresultaten, sl: TNO 2021 R10649.
- van der Tuin, M., de Romph, E. & Snelder, M., 2021. Urban Tools Next Rapport B: toepasbaarheid van de gekozen oplossing voor parkeren, ketens en nieuwe modaliteiten voor *vigerende modellen*, sl: TNO 2021 R10646.