

Grip op parkeercapaciteiten – modelaanpak en data-analyse

Marieke van der Tuin – TNO – marieke.vandertuin@tno.nl

Erik de Romph – RoyalHaskoningDHV – erik.de.romph@rhdhv.com

Marits Pieters – Gemeente Amsterdam – marits.pieters@amsterdam.nl

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

Samenvatting

Ruimte in steden wordt steeds schaarser en ook de parkeerplaatsen moeten eraan geloven! In nieuwe stedelijke woonwijken wordt steeds vaker een zeer lage parkeernorm ingevoerd en in bestaande gebieden worden parkeerplaatsen omgetoverd tot een parkeerplek voor een deelauto, scooter of openbaar groen. Dit heeft zo zijn consequenties: inwoners kopen wellicht minder snel een (tweede) auto, reizen vaker met het openbaar vervoer, kiezen een andere bestemming of proberen deelmobiliteit uit om hun bestemming te bereiken.

In (stedelijke) verkeersmodellen is de wens om dergelijke gedragskeuzes goed te kunnen modelleren. Wat zal het effect zijn na het weghalen van parkeerplaatsen, al dan niet in combinatie met flankerend beleid? In vigerende verkeersmodellen worden steeds vaker modelconstructies gemaakt die dergelijke processen modelleren, bijvoorbeeld met behulp van (statische) parkeerweerstand. Hierbij wordt echter altijd gebruikgemaakt van relatieve veranderingen, en niet met absolute aantallen parkeerplaatsen. Dit maakt het lastig om hier concrete interventies op uit te voeren: wat gebeurt er als er 100 parkeerplaatsen worden verwijderd? Kiezen mensen dan voor een andere vervoerswijze, of parkeren ze gewoon een paar straten verderop waar wél plaats is?

In het project Urban Tools Next II is hiermee een stap gezet. Hiervoor worden parkeercapaciteiten in een macroscopische statische toedeling gebruikt om de parkeerzoektijd en het uitwijkgedrag te simuleren met behulp van een speciale reistijd-functie op parkeer-voedingslinks en (interzonale) looplinks. Hiermee wordt ook de looptijd naar de bestemming meegenomen. Voor de benodigde parkeercapaciteiten is er data verzameld en berekend voor alle soorten parkeren (bijvoorbeeld parkeervakken, parkeren op eigen terrein, parkeren langs de straat, etc.), om een zo compleet mogelijk beeld te krijgen van de totale parkeercapaciteit. Hierbij is gebruikgemaakt van open beschikbare databronnen.

De gekozen aanpak is gedemonstreerd in het verkeersmodel van de Metropoolregio Rotterdam - Den Haag (V-MRDH). Dit laat zien dat de resultaten plausibel zijn, en de gevonden parkeercapaciteiten inderdaad gebruikt kunnen worden in de toedeling.

1. Introductie

Ruimte in steden wordt steeds schaarser en ook de parkeerplaatsen worden opgeofferd in ruil voor bijvoorbeeld een plek voor deelauto, scooter of openbaar groen. Daarnaast wordt in nieuwe stedelijke woonwijken steeds vaker een zeer lage parkeernorm ingevoerd (van bijvoorbeeld 0.3: er is plek voor slechts 0.3 auto per huishouden). Dit heeft zo zijn consequenties: inwoners kopen wellicht minder snel een (tweede) auto, reizen vaker met het openbaar vervoer, kiezen een andere bestemming of proberen deelmobiliteit uit om hun bestemming te bereiken.

In (stedelijke) verkeersmodellen is de wens om dergelijke gedragskeuzes goed te kunnen modelleren. Wat zal het effect zijn na het weghalen van parkeerplaatsen, al dan niet in combinatie met flankerend beleid? In vigerende verkeersmodellen worden steeds vaker modelconstructies gemaakt die dergelijke processen simuleren, bijvoorbeeld met behulp van (statische) parkeerweerstand.

In huidige verkeersmodellen is het mogelijk om het effect op bestemmings- en vervoerswijzekeuze te schatten bij het weghalen van een bepaald aantal parkeerplaatsen in een specifieke zone, of het aanpassen van de parkeertarieven. Momenteel is er echter nog geen verkeersmodel dat ook de effecten op uitwijkgedrag zoals bijvoorbeeld in een buurt verderop parkeren en lopen naar de bestemming meeneemt.

In het project Urban Tools Next II is hiermee een slag gemaakt. Om parkeerzoektijden en uitwijkgedrag te simuleren, wordt in de toedeling gebruik gemaakt van een speciale reistijd-functie op parkeer-voedingslinks en (interzonale) looplinks, waarmee ook de looptijd naar de bestemming wordt meegenomen en er eventueel een zone verderop geparkeerd kan worden als er te weinig plek in de bestemmingszone is.

Voor deze methode is het wel nodig om de exacte aantallen parkeercapaciteiten in elke zone in het verkeersmodel te weten. Voor sommige stedelijke regio's is deze data beschikbaar, maar vaak ontbreken hier bepaalde typen parkeerplaatsen (bijvoorbeeld op de eigen oprit bij de woning), of zijn deze niet dekkend voor een volledig verkeersmodel. In dit project zijn er daarom methodes ontwikkeld (en uitgevoerd) om de aantallen parkeerplaatsen voor heel Nederland te bepalen, met behulp van open beschikbare databronnen.

Deze methode is uitgevoerd in het Urban Tools Next II project. In dit project is voor het studiegebied van het V-MRDH onderzocht of een Activity Based Model (ABM) een bruikbare methodologie is voor de bouw van verkeersmodellen op deze schaal. De volledige details van het ABM en de samenwerking tussen de verschillende sub-modellen is beschreven in het CVS-paper "Urban Tools Next – de stap naar activity based modellen" (Snelder, et al., 2021). De resultaten rondom parkeren vormen de kern van dit artikel.

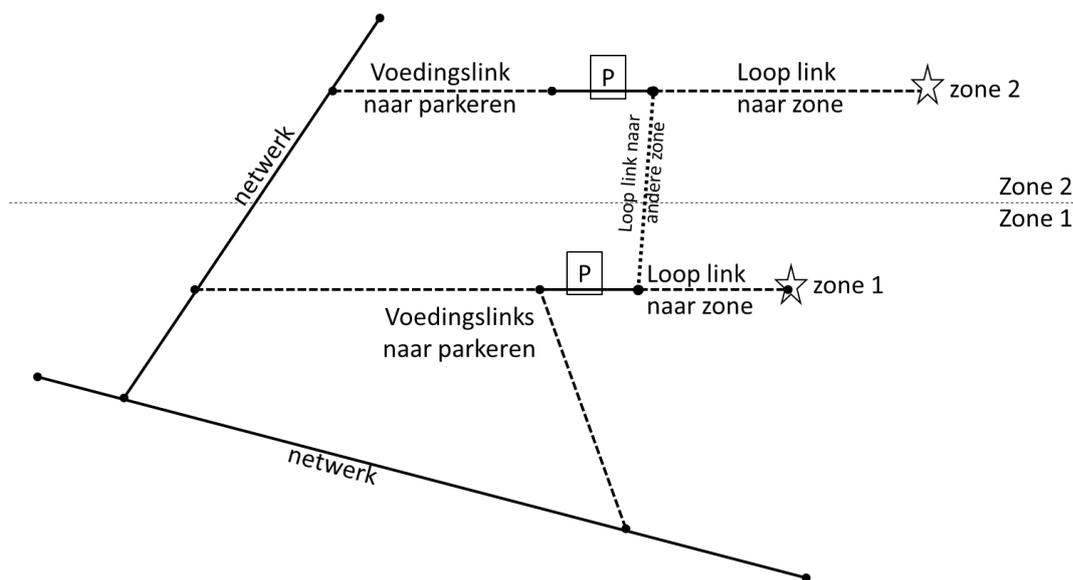
2. Parkeercapaciteiten in toedeling

Om de netwerkeffecten bij te weinig parkeercapaciteit te simuleren, is de statische toedeling aangepast. Het gaat hier bijvoorbeeld om het modelleren van uitwijkgedrag bij te weinig parkeercapaciteit. Mensen kunnen bijvoorbeeld parkeren in een naastgelegen

zone, en het laatste stukje lopen naar de uiteindelijke bestemming. Met name in stedelijke gebieden is dit relevant en zal – naast de parkeerkosten – ook invloed hebben op bestemmingskeuze en vervoerswijzekeuze.

Eén van de meest recente artikelen over het modelleren van parkeren is een in 2017 verschenen artikel (Pel & Chaniotakis, 2017). Hier zijn parkeercapaciteiten in de toedeling gebruikt voor het bepalen van de routekeuze en parkeerplaats-keuze. Dit wordt gemodelleerd met stochastische dynamische toedelingen. Het model bepaalt de keuze uit een aantal verschillende parkeerroutes en kan worden gebruikt om de impact van verschillende vormen van parkeerinformatie te berekenen. Dit gaat een aantal stappen verder dan waar deze studie voor bedoeld is.

Andere studies gebruiken vooraf bepaalde parkeerzoekkosten als extra weerstand voor het bereiken van een zone (Bifulco, 1993) of modelleren de parkeerlocatiekeuze als discreet keuzemodel waarbij de kans of een parkeerplaats wel of niet beschikbaar is, wordt gebruikt (Boyles, et al., 2015). Lam et al. (1999) hebben een evenwichtstoedeling ontwikkeld waarbij vertrektijdstipkeuze en parkeerlocatiekeuze worden gemodelleerd. Via een reistijd functie berekenen zij extra parkeertijd op links van het netwerk naar parkeerlocaties (garages of langs de weg). Vanaf de parkeerlocaties is een loopnetwerk opgenomen naar verschillende bestemmingen. Deze methode lijkt het eenvoudigst toepasbaar binnen een statische verkeersmodel-toedeling, zonder veel extra iteraties, rekentijd of feedbackloops toe te voegen naast de standaard gebruikte Volume Averaging toedelingsalgoritmes. TNO heeft deze methode eerder toegepast in een voorstudie met het VMA-model (de Romph, et al., 2017).

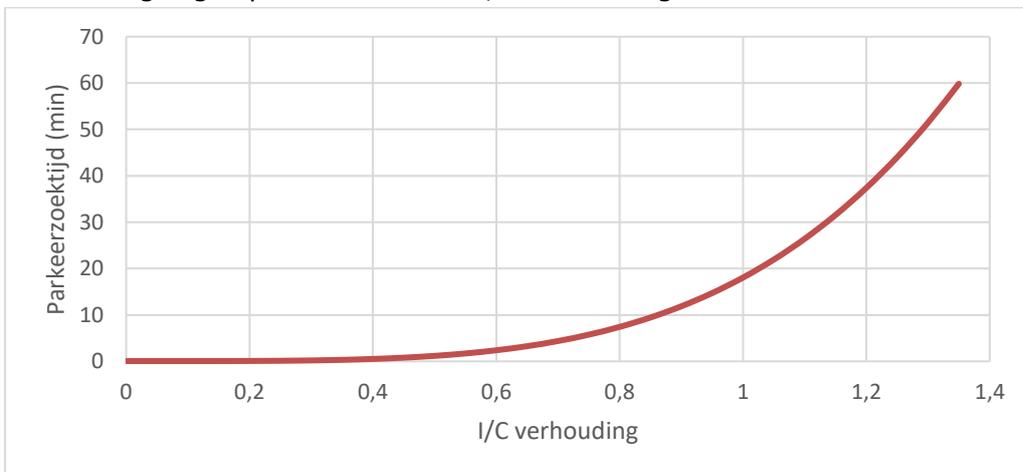


Figuur 1: Parkeerlinks uit de voorstudie VMA

In Urban Tools Next II wordt de parkeerzoektijd aan de bestemmingszijde dus gemodelleerd via een reistijd (BPR)-curve op parkeerlinks. Hierbij kunnen verschillende typen parkeercapaciteiten (parkeren op privéterrein, gratis parkeren, betaald parkeren, etc.) gebruikt worden voor verschillende reismotieven. Als er meer voertuigen willen parkeren dan dat er parkeercapaciteit beschikbaar is, neemt de zoektijd toe. Vervolgens kan worden uitgeweken naar andere zones in de omgeving met meer capaciteit, wat met

name relevant is bij hoog-stedelijke gebieden met weinig parkeercapaciteit. Aan de herkomstzijde nemen we aan dat iedereen via de kortst mogelijke route de zone verlaat, waarbij het niet van belang is of dit via de parkeerlink is waar de auto daadwerkelijk is geparkeerd. Hierbij gaat het om de herkomstzijde van de tour, dus ook de terugreis van de tour aan de bestemmingszijde. Het effect op de toedeling en congestie in het netwerk is daarbij waarschijnlijk minimaal. Een aandachtspunt is dat er wordt aangenomen dat vrachtwagens geen gebruik maken van de parkeerplaatsen, zij maken dan ook geen gebruik van de parkeerlinks.

Aan het netwerk worden naast de originele voedingslinks de speciale parkeerlinks toegevoegd middels een automatisch script. Deze zijn gesplitst in 4 soorten links: parkeer-voedingslinks, parkeerlinks, loop-parkeerlinks en interzonale looplinks (zie Figuur 1). Hierin staan de parkeerlinks zelf centraal, dit zijn de links waar de capaciteit in gewaarborgd wordt, en waar dus de extra zoektijd optreedt. Dan zijn er de parkeer-looplinks die de parkeerlinks met de zones verbinden. De parkeer-voedingslinks verbinden de parkeerlinks met het autonetwerk, op dezelfde aanhechtingspunten als de originele voedingslinks. Dit kunnen er dus meerdere per zone zijn (zoals in het figuur bij zone 1). Per zone is er echter maar één parkeerlink. De loop-parkeerlinks bevatten de afstand die gelopen moet worden van het netwerk tot aan het centrum van de zone. Tenslotte zijn er interzonale looplinks, die de uiteinden van parkeerlinks met elkaar verbinden en waarmee het mogelijk wordt om in een andere zone te parkeren dan de bestemmingszone. Deze interzonale looplinks worden enkel toegevoegd wanneer de afstand tussen twee zones voldoende klein is, binnen wandelafstand. Daarnaast kan er nog worden aangenomen dat, in plaats van de rechtstreekse afstand van zone tot zone, er iets langer gelopen moet worden, om rekening te houden met straten en hoeken.



Figuur 2: BPR-functie parkeerzoektijden

De parkeerlinks geven de zoektijd naar een parkeerplaats weer, door middel van een BPR-curve. De parameters die gebruikt worden zijn 300 voor alpha, en 4.1 voor bèta. Deze parameters zijn gebaseerd op de voorstudie van het VMA en Lam et al. (2006). De bijbehorende BPR-curve is in Figuur 2 weergegeven.

De looplinks en interzonale links hebben een oneindige capaciteit. In de toedeling wordt per tijdsperiode (ochtendspits, avondspits, restdag) bijgehouden hoeveel parkeerplaatsen bezet worden en vrijkomen tijdens deze periode. Hieruit wordt afgeleid hoeveel beschikbare plaatsen er zijn tijdens de periode. Er is echter geen overheveling van deze beschikbare capaciteit naar verschillende tijdsperiodes of een bepaalde voorbelasting

(bijvoorbeeld auto's die gedurende de dag niet verplaatsen). In de restdag wordt bijvoorbeeld niet meegenomen dat er minder plaatsen beschikbaar zijn als deze in de ochtendspits al zijn gevuld. Dit zou kunnen worden toegevoegd als verdere verbetering van het model.

Vervolgens wordt er een Multi-User-Class Volume Averaging toedeling uitgevoerd op het aangepaste netwerk, waarbij de verschillende reismotieven als user class worden beschouwd. Hierbij maken de reizigers gebruik van de beschikbare parkeercapaciteiten van de parkeerlinks, afhankelijk van hun motief en de instellingen van het model. Winkelend publiek kan bijvoorbeeld niet op de (privé)oprit van een woning parkeren.

Na elke iteratie van het Volume Averaging algoritme wordt bepaald hoeveel plaatsen van elk type parkeercapaciteit zijn gebruikt, welke weer in de volgende iteratie wordt gebruikt in de BPR-functies van parkeerlinks.

De uiteindelijke opgetreden parkeerzoektijden (inclusief eventuele looptijden via interzonale links) worden vervolgens ook meegenomen in de Level-Of-Service matrices, welke weer gebruikt kunnen worden in een volgende iteratie van de vervoersvraagmodellen (bestemmingskeuze en vervoerswijzekeuze).

Parkeertarieven worden niet meegenomen als onderdeel van de toedeling. In Urban Tools Next II worden deze tarieven wel in het vervoersvraagmodel meegenomen. Hierbij wordt de verdeling tussen gratis en betaald parkeren meegenomen in vorm van het percentage van de reizigers dat voor zijn parkeerplek moet betalen.

3. Verzamelen van parkeercapaciteiten

Voor het toepassen van de beschreven methode in de toedeling is gedetailleerde informatie over het aantal beschikbare parkeerplaatsen nodig. Ook bij verkeersmodellering in het algemeen is er behoefte aan data over diverse aspecten van parkeren, zoals het aantal parkeerplaatsen in een zone, uitgesplitst in betaalde parkeerplaatsen, parkeerplaatsen op eigen terrein, etc. Deze data zijn momenteel vaak enkel beschikbaar voor een specifieke stad of gebied, en niet voor een geheel modelgebied.

In dit project zijn daarom voor een aantal aspecten van parkeren methoden ontwikkeld om op basis van landelijk beschikbare open data schattingen te kunnen doen van een aantal van deze aspecten. De data waar het om gaat betreft gedetailleerde GIS-data van het Kadaster, wegendata van RWS en de data van het Nationaal Parkeerregister (NPR).

Het gaat om de volgende aspecten, die in dezelfde volgorde beschreven worden:

1. Parkeren op eigen terrein - woningzijde (POET)
2. Parkeren in parkeervakken en parkeergarages
3. Parkeren langs de straat
4. Bepaling van parkeertarieven

3.1 Parkeren op eigen terrein - woningzijde (POET)

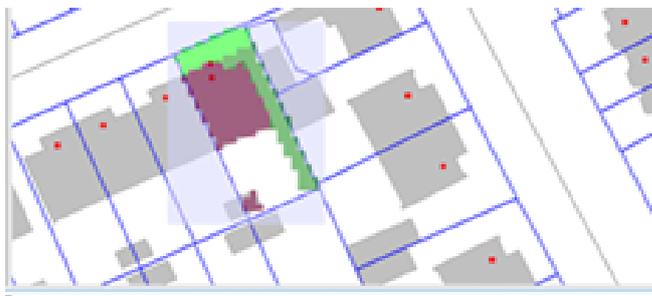
Data over de hoeveelheid beschikbare parkeerplaatsen op eigen terrein (POET) is momenteel nauwelijks beschikbaar. In Urban Tools Next II is een methode ontwikkeld hoe met GIS-data een (grobe) schatting kan worden gedaan van welke percelen er wel of niet over een parkeerplaats op eigen terrein beschikken. Het gaat hierbij om parkeerplaatsen aan de woonzijde. Er wordt daarvoor gekeken of er op eigen terrein voldoende ruimte aan vierkante meters onbebouwd terrein is, aan de straatkant of aan de zijkant van de woning, om een (of meer) auto's te parkeren.

De datasets die voor het bepalen van POET gebruikt worden, zijn:

- BAG (Basisregistratie Adressen en Gebouwen; voor de adrespunten en straatnamen)
- BRK/KBK (Basisregistratie Kadaster/Kadastrale BasisKaart; percelen en bebouwing)
- NWB (Nationaal Wegenbestand; wegen met straatnamen).
- BGT (Basisregistratie Grootchalige Topografie).

Helaas is er geen geografische data die het mogelijk maakt om onderscheid te maken in het 'landgebruik' binnen percelen van woningen. Met andere woorden, er is geen onderscheid te maken tussen een tuin of een oprit of parkeerplaats.

Om te bepalen welk deel *aan de straatkant* onbebouwd is, en geschikt voor het parkeren van een auto, wordt er eerst een raster van cellen van 1x1 meter over het perceel en over het bebouwde deel¹ gelegd. Vervolgens worden de cellen geclassificeerd: binnen of buiten het perceel; bebouwd of niet bebouwd; binnen of buiten line of sight (loodrechte lijn van cel naar weg die niet door bebouwing of perceelgrens wordt onderbroken). Vervolgens worden alle cel-clusters weggefilterd welke te smal zijn om een auto te parkeren of langs te rijden (minimaal 4.5m lang, 2.m breed). De overblijven cellen bepalen de oppervlakte die geschikt is voor POET, zoals bijvoorbeeld te zien in Figuur 3.



Figuur 3: Resultaat van het bepalen van de POET-cellen (groen) rondom een woning (bruin) inclusief de 'line of sight' vanaf de weg.

Bij het construeren van het POET-gebied zijn allerlei aannames gemaakt, zoals dat er slechts één adrespunt per woning is, dat deze weg de toegangsweg vormt tot de parkeerruimte (dit hoeft niet zo te zijn bij bijvoorbeeld een hoekhuis), plantsoenen en parkeervakken niet worden meegenomen als belemmering het perceel te benaderen, etc. Deze aannames staan beschreven in rapport A van Urban Tools Next II (Snelder, et al., 2021a).

Nadat de POET-oppervlakte is bepaald, is een conversiestap nodig naar het aantal beschikbare parkeerplaatsen op dit perceel. Hierbij is de aanname gedaan dat als het

¹ Het discretiseren in vierkantjes van 1x1 meter is nuttig om problemen te voorkomen die optreden als er doorsnedes van complex gevormde polygonen gemaakt zouden moeten worden. Ook kan er hierdoor gebruik gemaakt worden van technieken uit de digitale beeldbewerking die pixel-gebaseerd zijn, zoals Object Labeling en Euclidean Distance Mapping.

POET-oppervlakte groter is dan 20 m², er 1 POET parkeerplaats wordt toegekend, en als deze meer is dan 60 m², dan worden er 2 plaatsen toegekend. Dit oppervlakte is aanmerkelijk groter dan de ruimte die een auto in beslag neemt (+/- 11 m², 2m*5.5m), gezien een deel van het POET-oppervlakte in gebruik zal zijn als tuin of looppad. De gekozen normen van POET-oppervlakte van 20 m² en 60 m² zijn met een kleine steekproef geverifieerd in een wijk in Rotterdam middels Google Street View. In deze wijk leek de relatie tussen POET-oppervlakte en POET-plaatsen overeen te komen. Echter, om betrouwbare uitspraken te kunnen doen over het verband tussen POET-oppervlakte en het aantal POET-parkeerplaatsen is het nodig om grotere aantallen percelen, in verschillende typen buurten, te analyseren. Dit viel buiten de scope van het Urban Tools Next II project.

3.2 Parkeren in parkeervakken en parkeergarages

Behalve voor 'parkeren op eigen terrein' kan de data van het Kadaster ook gebruikt worden om andere aspecten van parkeren uit af te leiden. Met name het aantal parkeervakken is op basis van de Basisregistratie Grootchalige Topografie (BGT) goed te analyseren. De BGT-data bevat een tabel *wegdeel*, die alle polygonen bevat die deel uitmaken van straten en wegen in Nederland. Elk van deze wegdelen heeft een bepaalde functie en één van de mogelijke waarden hiervan is "parkeervlak". Deze parkeervlak-polygonen zijn geselecteerd. Vervolgens is het aantal parkeerplaatsen in dit parkeervlak bepaald door de oppervlakte (in vierkante meters) van elk polygoon te delen door 11 (de gemiddelde afmeting van een parkeervak: 2m * 5.5m) en af te ronden.

Via het Nationaal Parkeer Register is de dataset Open Parkeerdata beschikbaar gesteld. De RDW verzamelt en publiceert hierin informatie over de parkeergebieden en de bijbehorende tarieven van alle openbare parkeervoorzieningen binnen de Nederlandse gemeenten. Hierin zitten geen privégarages zoals van een specifieke winkel of een woontoren. Deze gegevens bevatten onder andere de capaciteit en de in- en uitgang van het parkeergebied. Deze zijn direct overgenomen voor het bepalen van het aantal parkeerplaatsen in parkeergarages (en overige parkeerterreinen) per zone.

3.3 Parkeren langs de straat.

Voor het bepalen van parkeerplaatsen langs de straat (buiten parkeervlakken) is ook een methode ontwikkeld die gebruik maakt van open (geografische) data. Hiervoor worden de wegassen gebruikt zowel van het Nationaal Wegenbestand (NWB) als van OpenStreetMaps (OSM). Beide datasets zijn nodig omdat OSM een goed bruikbare classificering van wegtypes heeft, maar niet alle wegsegmenten opdeelt ter plaatse van kruisingen. Dit laatste is in het NWB wel het geval.

De meegenomen 'langsparkeerbare' OSM wegtypes zijn *access*, *bridleway*, *living_street*, *residential*, *road*, *tertiary*, *tertiary_link*, *unclassified*. Snelwegen, provinciale wegen, etc. zijn daarbij weggelaten. Voor alle wegen in OSM met deze wegtypes zijn punten gegenereerd aan beide zijden van de weg, met een onderlinge afstand van 3 meter en minimaal 2 meter van begin- en eindpunt van het wegsegment (in verband met kruisingen). De punten die in parkeervlakken vallen of die binnen 3 meter van een POET plaats liggen (in verband met het niet mogen blokkeren van een inrit) zijn geëlimineerd, en ten slotte zijn elke set van 3 ononderbroken achter elkaar liggende punten (2 intervallen van 3 meter) geteld als 1 parkeerplaats. Een voorbeeld van deze bepaling van parkeren langs de straat is weergegeven in

Figuur 4.



Figuur 4: Parkeerplaatsen langs de weg, resulterend uit de hierboven geschetste methode. De blauwe rondjes geven de locaties aan van de gevonden parkeerplaatsen. Waar rode stipjes staan maar geen blauwe, zijn ofwel parkeervlakken ofwel POET plaatsen aanwezig.

Bij het inspecteren van de resultaten op meerdere plekken in vergelijking met satellietfoto's, blijken er twee belangrijke tekortkomingen te zijn: ten eerste gelden er in stedelijke omgevingen en vooral in binnensteden vaak parkeerverboden of vergunningregimes, ten tweede zijn sommige wegen te smal om aan beide zijden ervan te kunnen parkeren. Met beide wordt in deze methode geen rekening gehouden. Als gevolg hiervan bleek dat er in vrijwel geen enkele zone meer een gebrek aan parkeercapaciteit was. In de meer landelijke gebieden is het niet vreemd dat er voor al het aankomend verkeer vaak tot altijd plaats is om langs de straat te parkeren. Echter, als men naar de meer stedelijke gebieden kijkt, is er vaak niet veel ruimte beschikbaar om langs de straat te parkeren. Daar bovenop is het zeker niet gebruikelijk dat hier een groot deel van de parkeerplaatsen vrij is.

Om deze reden is besloten om het aantal straatparkeerplaatsen af te schalen in de stedelijke gebieden en voor de hoog stedelijke gebieden een nog sterkere afname te veronderstellen. Voor de meest stedelijke gebieden (stedelijkheidsgraad 6) is de aanname gedaan dat na afschaling nog 25% van de straatparkeerplaatsen beschikbaar is, voor de zones met stedelijkheidsgraad 5 is deze aanname 50% en voor zones met stedelijkheidsgraad 4 is dit 75%. Deze aannames zijn steekproefsgewijs gecontroleerd in een aantal gebieden met behulp van Google Maps. Hiermee is het overschot van parkeerplaatsen in (hoog) stedelijke gebieden afgenomen en in een deel van de zones is er een tekort. Dit is in lijn met de verwachting dat dergelijke parkeerplaatsen in stedelijke gebieden schaars zijn.

3.4 Bepaling van parkeertarieven

In de dataset Open Parkeerdata worden ook de parkeertarieven van alle openbare parkeervoorzieningen binnen de Nederlandse gemeenten gepubliceerd. De gegevens over tarieven zijn gecompliceerd. Er zijn uur-, dag- en weektarieven, tarieven per minuut, met korting voor het eerste uur enzovoort, vaak voor elke dag van de week apart gegeven.

Om zo eenduidig mogelijk één tarief (kosten per uur) aan elke parkeerplaats toe te kennen is gekozen om het tarief te nemen dat geldt op dinsdagmiddagen om 15:00 uur en als daar meerdere mogelijkheden voor zijn, het tarief dat geldt voor de kortste tijdsperiode. Waar mogelijk zijn deze parkeertarieven ook meegenomen voor de eerder bepaalde parkeervakken langs de straat, zodat deze opgedeeld kunnen worden in 'gratis parkeren' en 'betaald parkeren'.

4. Case study V-MRDH

In het project Urban Tools Next II zijn de parkeercapaciteiten en de methodologie rondom parkeerlinks in de toedeling toegepast. Hierbij is gebruikgemaakt van het netwerk van V-MRDH 2.6 (Verkeersmodel Metropool Regio Den Haag Rotterdam) als basis, voor het toekomstjaar 2030.

4.1 Parkeerlinks en capaciteiten in het V-MRDH

Het V-MRDH netwerk is voorzien van parkeerlinks zoals eerder beschreven, waarbij dit proces uiteraard is geautomatiseerd. Voor het toevoegen van de interzonale looplinks is de maximale loopafstand ingesteld op 250 meter, waarbij wordt aangenomen dat de afstand tussen zones 25% meer is dan de hemelsbrede afstand. Daarnaast zijn interzonale links rondom waterwegen en snelwegen (waar geen brug aanwezig is) handmatig verwijderd.

Deze parkeerlinks zijn enkel toegevoegd binnen het studiegebied (de MRDH-regio, in totaal 7400 zones). Daarbuiten wordt aangenomen dat de parkeercapaciteit oneindig is en geen belemmering vormt.

Op de parkeerlinks zijn vier categorieën van parkeercapaciteiten toegevoegd: parkeren op eigen terrein (POET), parkeren op eigen terrein – werk (POET-werk), gratis parkeren, en betaald parkeren. De POET-aantallen zijn bepaald volgens de beschreven methode (paragraaf 3.1). 'Gratis parkeren' en 'betaald parkeren' zijn samengesteld uit de aantallen parkeervakken, parkeergarages (paragraaf 3.2), en parkeren langs de straat (paragraaf 3.3), waarbij deze in de juiste categorie zijn ingedeeld op basis van of er wel of niet parkeertarieven gelden in dit gebied (paragraaf 3.4).

POET-werk bevat de parkeerplaatsen op bedrijfsterreinen of parkeergarages die alleen voor werknemers toegankelijk zijn. Voor deze POET-werk categorie is helaas geen data of geschikte methode gevonden om deze data af te leiden. In het uitvoeren van de case study is hiervoor de aanname gemaakt dat er voor alle autoritten met het motief werk in het basisjaar voldoende parkeercapaciteit beschikbaar zou moeten zijn. Als er niet voldoende parkeercapaciteit beschikbaar was, is er aangenomen dat dit tekort aan parkeerplaatsen gelijk is aan de hoeveelheid beschikbare POET-werk plaatsen. Op een aantal plaatsen is dit aantal via Google Maps satellietfoto's geverifieerd, en de orde grootte hiervan leek hier correct te zijn.

4.2 Parkeercapaciteiten per motief

In de gebruikte Multi-User-Class toedeling is het nodig te definiëren welke user class (reismotief) gebruik mag maken van welk type parkeercapaciteit. Niet elke parkeerlink is namelijk toegankelijk voor elk motief. Zo kunnen winkelende mensen enkel gebruik maken van gratis of betaald parkeren (en bijvoorbeeld niet parkeren op de oprit van een woning – POET). Voor dit project is de mapping tussen motieven en parkeertypes gemaakt zoals te zien in

Tabel 1, op de aangegeven volgorde. Voor het motief 'wonen' zullen dus eerst de POET-privé plaatsen worden gebruikt, indien deze vol zijn, zullen de gratis parkeerplaatsen worden gebruikt (al dan niet in naastgelegen zones).

	POET-privé	POET-werk	Gratis parkeren	Betaald parkeren	Niet parkeren
Wonen	1.		2.		
Werk		1.	2.	3.	
Zakelijk	1.		2.		
Winkelen			1.	2.	
Onderwijs	1.			2.	
Overig			1.	2.	
Vrachtverkeer					1.

Tabel 1: Reismotieven per type parkeercapaciteit, op volgorde van toewijzen aan deze parkeercapaciteiten.

4.3 Resultaten gebruik parkeerlinks

De HB-matrices voor autoritten per motief, voor elke tijdsperiode (ochtendspits, avondspits, restdag) zijn toegedeeld volgens het Multi-User-Class Volume Averaging algoritme. Een auto-toedeling voor één tijdsperiode met alle motieven afzonderlijk toegedeeld duurde daarbij 12 uur². Als er een versimpeling wordt uitgevoerd en slechts één user class wordt gebruikt, duurt dit 4.5 uur. Een normale statische toedeling zonder aanpassingen duurt 55 minuten, oftewel een factor 13 sneller.

De resulterende Level-of-Service matrices zijn gebruikt als input voor het Activity Based Model (zie ook paragraaf 4.4), en vervolgens weer opnieuw toegedeeld aan het netwerk. In deze paragraaf worden de resultaten van deze 2^e iteratie van de toedeling besproken.

Ten eerste is het interessant om te kijken of de speciale toedeling inderdaad heeft geleid tot een minimale overschrijding van de aanwezige parkeercapaciteiten. Deze overschrijding is weergegeven in Tabel 2. Merk op dat er alleen een overschrijding van de capaciteit kan plaatsvinden in de 'gratis' en 'betaald' parkeermogelijkheden. De tabel laat zien dat er in een klein percentage van de zones een tekort aan parkeercapaciteit is, zowel in de zones zelf als in de omliggende zones waarbij interzonale looplinks het capaciteitsprobleem ook niet konden verhelpen. Daarbij dient opgemerkt te worden dat twee reizigersmotieven in deze toedeling geen gebruik "mogen" maken van de betaald parkeren capaciteit: wonen en zakelijk. Als deze wel van betaald parkeercapaciteit

² Uitgevoerd op een pc met Intel® Xeon® Silver 4114 CPU @ 2.20Ghz, 16gb RAM.

gebruik mogen maken, is er slechts een tekort in 1.1% van de zones. Voor wonen kan hierbij gedacht worden aan 'mixparkeer' plekken, waar zowel met een vergunning als met betaald parkeren kan worden geparkeerd: deze worden momenteel onder 'betaald parkeren' geschaard.

	Ochtendspits	Avondspits
Percentage zones met een bezetting \geq capaciteit + 5 voor gratis parkeren	3.0%	4.6%
Aantal zones met een bezetting \geq capaciteit + 5 voor betaald parkeren	0.9%	0.3%

Tabel 2: Overschrijding parkeercapaciteit met meer dan 5 auto's

De statistieken voor het gebruik van interzonale looplinks zijn weergegeven in Tabel 3. Dit geeft het aantal auto's aan dat in een andere zone is geparkeerd dan de eigenlijke bestemming, en waarvan de bestuurder vervolgens lopend de bestemming heeft bereikt. Hier is te zien dat er vaker buiten de bestemmingszone wordt geparkeerd in gebieden met een hoge stedelijkheidsgraad: in gebieden met stedelijkheidsgraad 1 of 2 maakt 0% gebruik van interzonale links, terwijl in gebieden met stedelijkheidsgraad 6 22% en 26% van de autoverplaatsingen niet in de zone van de uiteindelijke bestemming parkeert.

	Ochtendspits	Avondspits
Stedelijkheidsgraad 1	0%	0%
Stedelijkheidsgraad 2	0%	0%
Stedelijkheidsgraad 3	1%	0%
Stedelijkheidsgraad 4	2%	1%
Stedelijkheidsgraad 5	6%	11%
Stedelijkheidsgraad 6	22%	26%
Totaal t.o.v. aantal auto verplaatsingen	6.7%	6.0%

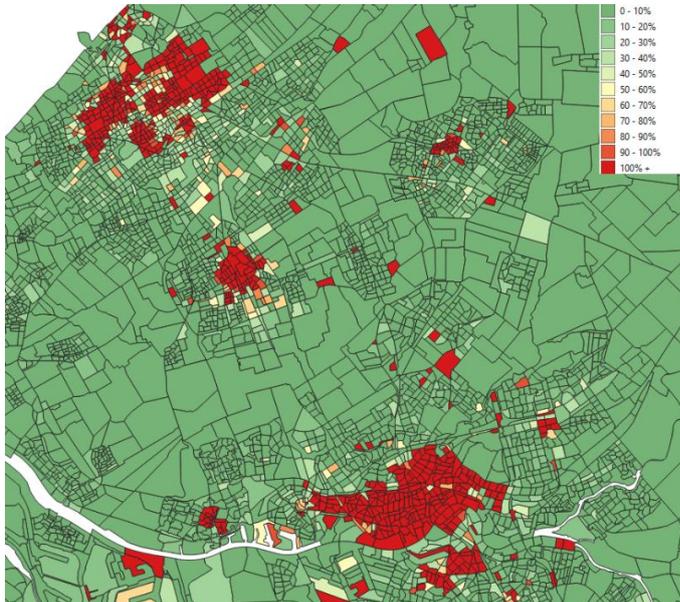
Tabel 3: Gebruik interzonale links per stedelijkheidsgraad

De gemiddelde bezettingsgraden per stedelijkheidsgraad, per type parkeerplek zijn weergegeven in Tabel 4 (voor de ochtendspits). Hieruit valt af te lezen dat de gemiddelde bezettingsgraden toenemen bij een hogere stedelijkheidsgraad – dit is zoals verwacht. De gratis parkeren-capaciteit heeft een hogere bezettingsgraad dan het betaald parkeren: dit is ook zoals verwacht. Immers, de betaald parkeren capaciteit wordt enkel aangesproken als de gratis parkeren capaciteit is bereikt.

	POET	POET-werk	Gratis parkeren	Betaald parkeren
Stedelijkheidsgraad 1	22%	58%	2%	1%
Stedelijkheidsgraad 2	27%	64%	4%	1%
Stedelijkheidsgraad 3	35%	66%	5%	1%
Stedelijkheidsgraad 4	44%	77%	11%	1%
Stedelijkheidsgraad 5	49%	81%	44%	2%
Stedelijkheidsgraad 6	50%	86%	84%	9%
Totaal	33%	67%	20%	3%

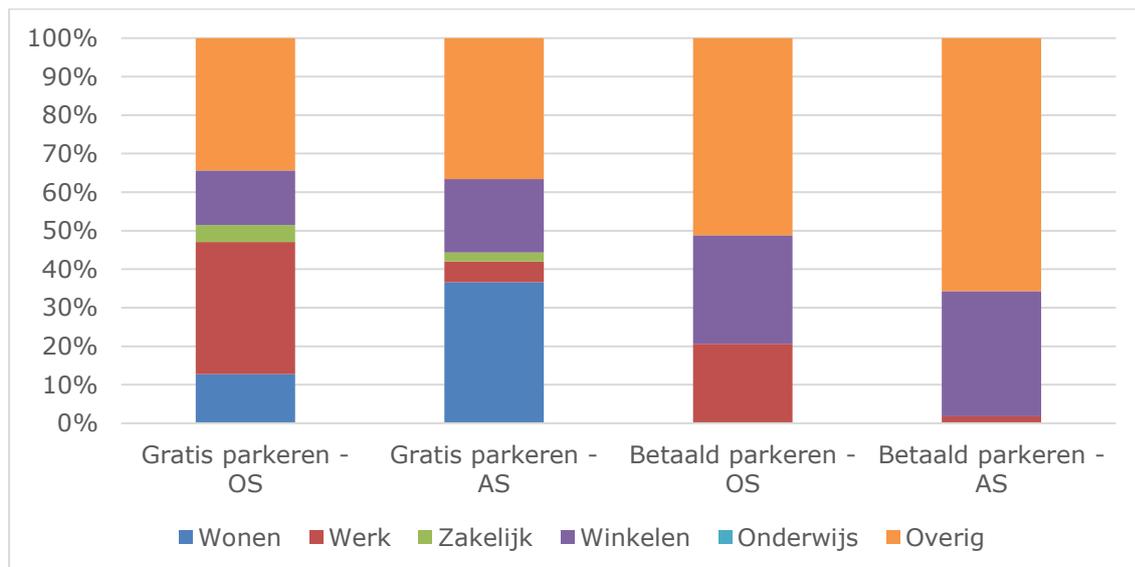
Tabel 4: Gemiddelde bezetting per stedelijkheidsgraad voor de ochtendspits

In Figuur 5 zijn de bezettingsgraden van de gratis parkeercapaciteit in de ochtendspits op de kaart weergegeven. Hierin is duidelijk te zien dat de bezettingsgraden in de stadscentra van het V-MRDH-gebied inderdaad het hoogste zijn.



Figuur 5: Bezettingsgraden gratis parkeergelegenheid in de ochtendspits weergegeven op de kaart

In Figuur 6 is een opsplitsing gemaakt naar de motieven die gebruikmaken van de gratis en betaald parkeren capaciteiten in de ochtend- en avondspits. Hier is te zien dat het motief werk (rood) met name plaatsen in beslag neemt in de ochtendspits, terwijl dat wonen meer capaciteit gebruikt in de avondspits, uiteraard in andere gebieden (woonwijk vs stadscentra). Het betaald parkeren wordt met name gebruikt door de motieven winkelen en overig, en in de ochtendspits ook deels voor werk-gerelateerde motieven.



Figuur 6: Opsplitsing naar motieven voor het gebruik van gratis en betaald parkeren in de ochtendspits (OS) en avondspits (AS)

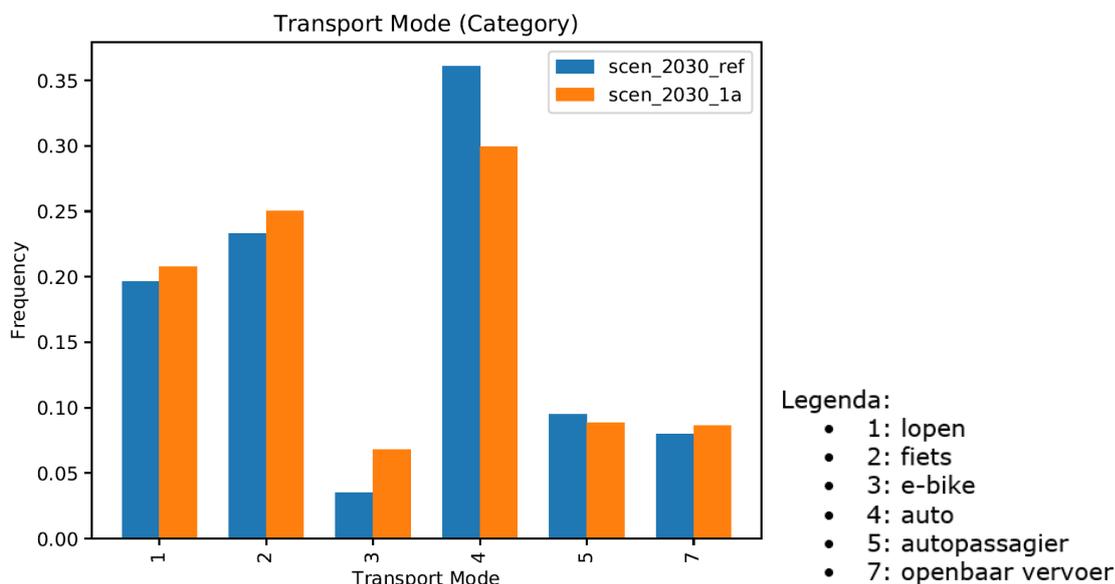
Uit de resultaten valt te concluderen dat de methodiek werkt, en plausibele resultaten oplevert: de parkeercapaciteiten worden nauwelijks overschreden, de parkeerdruk is het

hoogste in de hoogstedelijke gebieden, en de juiste motieven maken gebruik van de verschillende parkeercapaciteiten.

4.4 Doorwerking resultaten in het Activity Based Model

De toedielingsresultaten met daarbij de opgetreden parkeerzoektijden (inclusief eventuele looptijden via interzonale links) zijn meegenomen in de Level-Of-Service matrices, welke gebruikt zijn als input voor het Activity Based Model (ABM). In het ABM Feathers worden alle dagelijkse activiteiten en vervoerswijzen geschat voor de populatie in het studiegebied. Alle activiteitenschema's zijn vervolgens geaggregeerd tot de drie tijdsperiodes (ochtendspits, avondspits, restdag) die ook in het originele V-MRDH 2.6 aanwezig zijn, en vervolgens toegedeeld aan het netwerk. Daarbij dient opgemerkt te worden dat in UTN II nog een extra vervoerswijze is toegevoegd, namelijk de e-bike. In het toekomstjaar is de aanname gedaan dat 28% van de populatie een e-bike bezit. De volledige details van de populatie, het ABM en de samenwerking ertussen is beschreven in het CVS-paper "Urban Tools Next – de stap naar activity based modellen" (Snelder, et al., 2021).

In de parameterschatting van het ABM Feathers zijn de parkeerzoektijden niet meegenomen. Door het toevoegen van deze parkeerzoektijden aan de Level-Of-Service is het gevolg dat de auto als vervoermiddel minder aantrekkelijk is dan in het normale toekomstjaar. Dit is te zien in de modal split (van de gehele dag) in Figuur 7: auto en in mindere mate autopassagier nemen af in aandeel, terwijl de andere vervoerswijzen toenemen. Hierbij is de toename voor e-bike het grootst. Een verdere analyse laat zien dat er met name een afname is van korte autoritten, die vervolgens worden vervangen door e-bike ritten.



Figuur 7: Modal split van Feathers referentie scenario 2030 run (scen_2030_ref) vergeleken met het parkeren-scenario (scen_2030_1a) (totaal=1)

5. Conclusies & aanbevelingen

In Urban Tools Next II is een methode ontwikkeld om netwerkeffecten van parkeren mee te nemen in de toedeling, door middel van speciale reistijd-functies op parkeer-voedingslinks en het toevoegen van (interzonale) loolinks. Hiermee wordt ook de looptijd naar de bestemming meegenomen en kan er eventueel een zone verderop geparkeerd worden als er te weinig parkeercapaciteit in de bestemmingszone beschikbaar is. Een aandachtspunt is hierbij de overheveling van gebruikte parkeercapaciteiten in verschillende tijdsperiodes, bijvoorbeeld een auto die in de ochtendspits parkeert, gedurende de restdag periode blijft staan en pas in de avondspits weer vertrekt. Dit effect is niet meegenomen.

Voor deze methode in de toedeling is gedetailleerde data over parkeercapaciteiten nodig. Hiervoor zijn diverse data-analyse methoden ontwikkeld om deze capaciteiten af te leiden uit open beschikbare data. Hiervoor is gekeken naar het aantal parkeerplaatsen op eigen terrein (POET), het aantal parkeerplaatsen (parkeervakken en parkeergarages) en het aantal langspaarplaatsen (zonder parkeervak). De ontwikkelde methodes leveren binnen het V-MRDH plausibele resultaten op. Het is daarbij vooral raadzaam om te kijken naar de toekenning van het aantal bruikbare POET-plaatsen gegeven een bepaald POET-oppervlakte. Daarnaast geeft het aantal parkeren-langs-de-sstraat plekken een grote overschatting, veroorzaakt doordat parkeerverboden niet worden meegenomen en niet elke straat breed genoeg is om aan beide kanten te parkeren. Er is een landelijke database met verkeersborden die vermoedelijk bruikbaar is om straten te identificeren (en uit te sluiten) waar parkeerverboden gelden. Een uitdaging daarbij zijn de zones in binnensteden waar alleen langs de rand van de zones borden staan en niet bij elke straat. Een ander aspect van parkeren langs de straat is het rekening houden met wegbreedtes; langs erg smalle straten kan niet aan beide zijden geparkeerd worden. Ten slotte is er helaas geen methode gevonden om aantallen te vinden voor 'parkeren op eigen terrein – werk': de privégarages en parkeerterreinen alleen toegankelijk voor werknemers.

De beschreven methode en de parkeercapaciteiten zijn gebruikt om autobezit, parkeertarieven, parkeerzoektijd en parkeercapaciteit mee te nemen in de keten van populatie, activity based model, en toedeling, en lijkt het daarbij modeltechnisch bruikbaar te zijn om maatregelen op het vlak van parkeren door te rekenen. Door het gebruik van de parkeercapaciteiten in de statische toedeling is de methode ook zeer goed toepasbaar binnen vigerende (niet-ABM) modellen. De case study in het V-MRDH laat zien dat de resultaten plausibel zijn. De rekentijd is lang (12 uur per tijdsperiode, een factor 13 langer dan een toedeling zonder aanpassingen), maar kan verkort worden door bijvoorbeeld enkel te kijken naar betaald parkeren en het verschil tussen de verschillende motieven te negeren.

De vervolgstap is het goed kunnen doorrekenen van maatregelen rondom parkeren, bijvoorbeeld het invoeren van een (heel) lage parkeernorm in woonwijken of winkelcentra. Het is echter te verwachten dat dit niet zal resulteren in enkel netwerkeffecten, maar ook in vervoerswijzekeuze en eventueel bestemmingskeuze-effecten. Hiervoor is het wenselijk om meerdere iteraties van het Activity Based Model en de toedeling te draaien (met de Level-Of-Service als feedbackloop), wat in het huidige project niet is gedaan. Daarnaast is het te verwachten dat een (nieuwe) woonwijk met een lage parkeernorm zal leiden tot een afname in autobezit, of wellicht een specifieke

populatiegroep naar deze wijk zal trekken. Naar een goed autobezitsmodel dat dergelijke processen kan modelleren zal verder onderzoek gedaan moeten worden. Verder zullen parkeerplaatsen over het algemeen niet zomaar 'verdwijnen', maar zullen er tegelijkertijd aanvullende maatregelen worden uitgevoerd: bijvoorbeeld verbeteren van het OV, plaatsen van deelvoertuigen of het introduceren van hubs.

Dankwoord

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

Referenties

- Bifulco, G., 1993. A stochastic user equilibrium assignment model for the evaluation of parking policies. *European Journal Operations Research*, 71(2), p. 269–287.
- Boyles, S., Tang, S. & Unnikrishnan, A., 2015. Parking search equilibrium on a network. *Transportation Research Part B*, 31(2), pp. 390-309.
- de Romph, E., Snelder, M. & Soekralla, A., 2017. *Parkeren in het Verkeersmodel Amsterdam, Voorstudie*, s.l.: TNO 2017 R10792.
- Lam, W., Li, Z., Huang, H. & Wong, S., 2006. Modeling time-dependent travel choice problems in road networks with multiple user classes and multiple parking facilities. *Transportation Research Part B*, Volume 40, pp. 123-139.
- Lam, W., Tam, M., Yang, H. & Wong, S., 1999. Balance of demand and supply of parking spaces. *14th International Symposium on Transportation and Traffic Theory*, pp. 707-731.
- Pel, A. & Chaniotakis, E., 2017. Stochastic user equilibrium traffic assignment with equilibrated parking search routes. *Transportation Research Part B*, Volume 101, pp. 123-139.
- Snelder, M. et al., 2021a. *Rapport A: Methode Urban Tools Next II - toelichting op gekozen aanpak voor parkeren, ketens en hubs, nieuwe mobiliteitsconcepten*, s.l.: TNO 2021 R10644.
- Snelder, M., Bellemans, T. & Clerx, W., 2021. *Urban Tools Next – de stap naar activity based modellen*. Utrecht, Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 25 en 26 november 2021.