

Het verkennen van de potentie van OV-fiets met behulp van een Urban Digital Twin

Bas Pluister – NS Netwerkontwikkeling & -Ontwerp – bas.pluister@ns.nl
Jeroen Steenbakkers – Argaleo – jeroen@argaleo.com
Jeroen van den Heuvel – NS Stations – jeroen.vandenheuvel@nsstations.nl

Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 23 en 24 november 2023, Brussel

Samenvatting

De OV-Fiets is *de* nationale deelfiets in Nederland voor treinreizigers. OV-Fiets is de afgelopen 20 jaar is uitgegroeid tot een volwaardige dienst die door miljoenen treinreizigers per jaar wordt gebruikt. Voor deelfietsen, zoals de OV-fiets, zijn er nog geen goede prognosemodellen beschikbaar. Dit vormt een uitdaging voor de lange termijn planning van bijvoorbeeld voldoende stallingsvoorzieningen bij de stations. Omdat (ook) OV-fiets ritten uiteindelijk aan afgeleide zijn van activiteiten door mensen die met de trein naar een station reizen, ontstond bij ons het idee om eens te proberen of we voor de lange termijn OV-fietsritten kunnen voorspellen met behulp van een *urban digital twin*; in dit geval de Digitwin van het bedrijf Argaleo. Bij succes hebben we een aanvulling op onze huidige werkwijze die bestaat uit het “betere, professionele gokwerk”.

Het doel van ons onderzoek was om te bepalen in welke mate we de bestemmingen van OV-fiets gebruikers bij een specifiek station kunnen voorspellen op basis van (1) de eigenschappen van de gebruiker en (2) de eigenschappen van de gebouwde omgeving in het achterland van het station. Ons onderzoek laat zien dat veel OV-fiets gebruikers jong, hoogopgeleid en in dienst bij een werkgever zijn. De rit eigenschappen zijn voornamelijk werk-gerelateerd, frequent en gaan vaak naar de dezelfde locatie. Ons bestemmingsmodel laat vervolgens zien dat de volgende variabelen voor een grote bestemmingskans van OV-fietsgebruikers zorgen:

1. **Afstand van het station**, voornamelijk tussen 1.150 en 3.800 meter;
2. **Functie-oppervlakte van gebouwen**, waarbij groter oppervlakte in een hogere bestemmingskans resulteert;
3. **Gebouwen met specifieke functies** - bijeenkomsten, gezondheid, industrie, kantoren, logies, onderwijs, sport – zorgen voor een extra hogere bestemmingskans;
4. **Het aantal gebouwen met bijeenkomstfunctie**, waarbij een groter aantal gebouwen in een hogere bestemmingskans resulteert.

Onze aanbeveling voor een vervolgonderzoek betreft een uitbreiding naar niet-(trein+)OV-fietsgebruikers. Het is interessant om voor de aantrekkelijke OV-fietsbestemmingen ook de auto mee te nemen, en om hierbij uit te zoomen naar de gehele reis van deur tot deur. Met daarbij opnieuw de vraag of en zo ja, op welke wijze een *urban digital twin* hierbij een rol kan spelen.

1. Inleiding

Het inschatten van toekomstige verkeersstromen vergt data, modellen en specialisten. Veel van de modellen werken met een module waarmee vervoerbewegingen worden gegenereerd. Deze vervoerbewegingen worden vervolgens met een andere module over de modaliteiten en het netwerk verdeeld, waarbij diverse optimalisatie- en verdelingslagen plaatsvinden. Onder de ritgeneratiemodule zitten data en aannames over functies en het mobiliteitsgedrag van mensen die van de functies gebruik maken. Waar de vervoermodellen aan het begin van deze eeuw – toen de oudste auteur van dit paper nog studeerde – gericht waren op één modaliteit, worden ze nu in de dagelijkse praktijk multimodaal inzet (zie bijvoorbeeld Donners et al., 2022). Voor verplaatsingen per fiets staan de verkeersmodellen nog relatief in de kinderschoenen (Ton, 2019).

Voor deelfietsen, zoals de OV-fiets, zijn er nog helemaal geen goede modellen beschikbaar. Ten eerste omdat de OV-fiets onderdeel is van een ketenverplaatsing waarbij de trein de hoofdmodaliteit is. Vanwege hun multimodale karakter zijn ketenverplaatsingen nog moeilijk in bestaande modellen te vangen. Ten tweede omdat het aantal OV-fiets ritten nog relatief beperkt is, ondanks de explosieve groei van de afgelopen 15 jaar. Op dit moment vindt ruim 1% van de ritten van het treinstation naar de bestemming met de OV-fiets plaats (Ton en Van den Heuvel, 2023). Om beide redenen komt NS Stations bij het maken van prognoses voor OV-Fiets op dit moment niet verder dan “het betere, professionele gokwerk”. Of we vallen terug op extrapolaties op basis van historische data in combinatie met geplande capaciteitsuitbreidingen. Het behoeft geen nadere toelichting dat wij beide aanpakken verre van ideaal vinden.

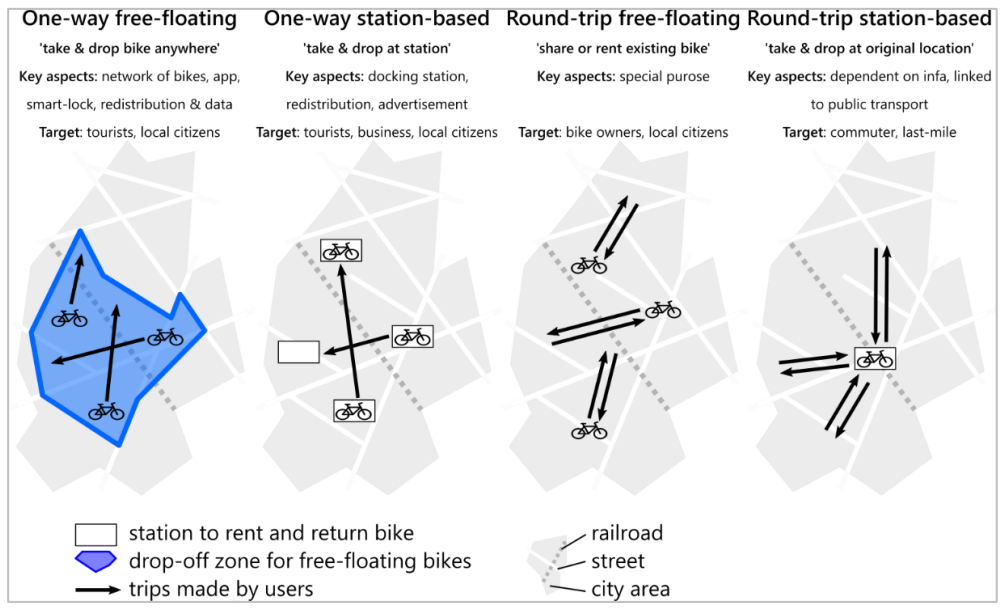
Omdat (ook) OV-fiets ritten uiteindelijk een afgeleide zijn van activiteiten door mensen die met de trein naar een station reizen, ontstond het idee om eens te proberen of we OV-fietsritten kunnen voorspellen met behulp van een *urban digital twin*. Voor deze studie hebben we gebruik gemaakt van de DigiTwin van het bedrijf Argaleo met wie we hebben samengewerkt. Onze studie was onderdeel van de afstudeeropdracht aan de Universiteit Twente door de jongste auteur van dit paper (Pluister, 2022).

Dit paper is als volgt opgebouwd. In de volgende paragraaf (2) schetsen we de ontwikkeling van OV-fiets en beschrijven we de positie van OV-fiets in het mobiliteitssysteem in Nederland. In paragraaf 3 presenteren we de DigiTwin met een aantal voorbeeldtoepassingen op het gebied van fietsverkeer. Paragraaf 4 geeft een beschrijving van de resultaten van onze studie. In paragraaf 5 schetsen we een aantal toepassingsmogelijkheden. We sluiten dit paper af met enkele conclusies discussiepunten (paragraaf 6).

2. Ontwikkeling en positionering OV-Fiets

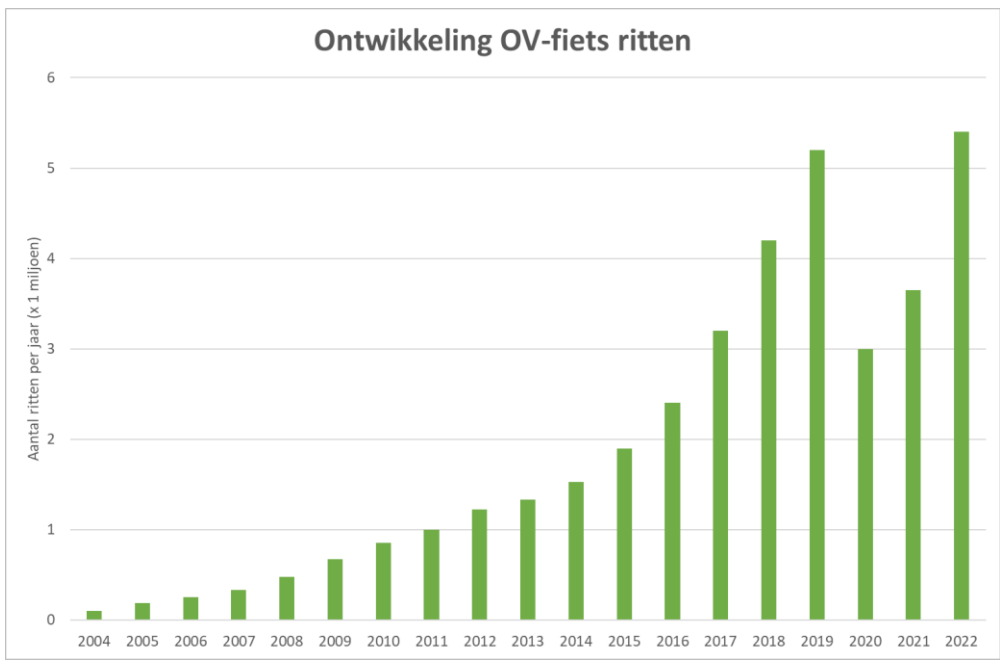
OV-Fiets bestaat volgend jaar 20 jaar. Het product is in 2000 door ProRail en de Fietsersbond bedacht en sinds 2008 door NS Stations doorontwikkeld (Ploeger & Oldenziel, 2020). Het concept is *station-based, round-trip* (SBRT); dat betekent dat gebruikers de fiets terugbrengen op de plek waar ze de fiets hebben opgehaald, en dat de haal- en inleverpunten vaste locaties zijn. In het geval van de OV-fiets gaat het om

circa 300 treinstations. Hiermee onderscheidt OV-fiets zich van andere vormen van deelfietsen. Wilkesmann (2023) laat dit zien door middel van figuur 1.



Figuur 1 - Classificatie deelfietsystemen (Wilkesmann, 2023)

Het tarief is een vaste prijs per 24 uur, en is niet afhankelijk van het aantal (deel)ritten en/of kilometers, en bedraagt op het moment van schrijven €4,45. De OV-fiets is bedoeld als natransport-middel voor reizigers die na hun treinreis naar hun bestemming willen fietsen. De ontwikkeling van het gebruik van OV-fiets is door middel van figuur 2 weergegeven. Tot de COVID19-pandemie lag de groei tussen de 20 en 35% per jaar.



Figuur 2 - Ontwikkeling OV-Fiets (data: NS Stations)

Voor een succesvol OV-Fiets product moeten er voldoende fietsen op de verhuurlocaties op de stations beschikbaar zijn. Gebruikers (vraag) moeten erop kunnen rekenen dat er

voldoende fietsen (aanbod) beschikbaar zijn. Met het oog op de kosten en efficiënt ruimtegebruik is het belangrijk dat er niet te veel fietsen op een locatie zijn. Kortom: vraag en het aanbod van de OV-fiets dienen per locatie zoveel mogelijk in balans te zijn.

Door het SBRT-concept van de OV-Fiets hebben we alleen gebruiksdata over de begin- en eindtijd van iedere verhuring en de verhuurlocatie. Alles daartussen is een "black box". De vraag naar OV-Fiets verandert op twee tijdschalen. Ten eerste aan de hand van korte-termijn, bijvoorbeeld door weersomstandigheden, seizoen of moment van de dag. De bepalende factoren naar de vraag op de korte termijn zijn recent in kaart gebracht door Wilkesmann (2023). Ten tweede voor de lange termijn, bijvoorbeeld door de reizigersontwikkeling van het station en de ruimtelijke ontwikkeling in de stad. Met name over het tweede aspect is weinig bekend. De invloed van de gebouwde omgeving op de vraag op de lange termijn is niet bekend.

Onze prognoses van OV-fietsgebruik zijn tot nu toe enkel gebaseerd op historische data van de huurlocaties. We hadden geen goed beeld van de gebruikers van de OV-fiets, en vooral waar deze gebruikers heen gaan. Tegelijk hadden we wel aanwijzingen dat specifieke functies in het achterland van een station relatief veel OV-fiets-gebruikers aantrekken. Deze functies zijn sinds kort makkelijker dan ooit in kaart te brengen door middel van een *Urban Digital Twin*.

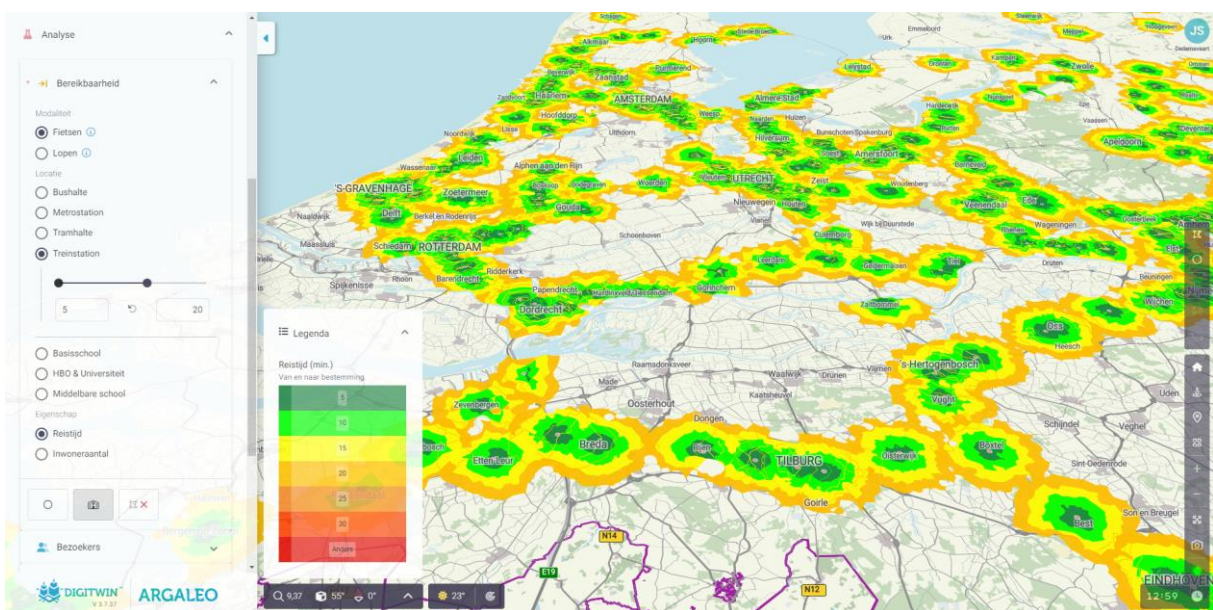
3. Urban digital twin

Een *digital twin* is een digitale weergave van een fysieke werkelijkheid. Volgens Botín-Sanabria et al. (2022) onderscheidt een *digital twin* zich van een *digital model* en een *digital shadow* door een tweezijdige, geautomatiseerde interactie met de fysieke werkelijkheid. Bij een *digital model* is er helemaal geen interactie, en bij een *digital shadow* is er alleen interactie van de fysieke werkelijkheid naar de digitale weergave, maar niet andersom. *Digital twins* van steden zijn pas recent in opkomst dankzij ontwikkelingen in geavanceerde *cloud computing*, open data en nieuwe toepassingsgebieden (Shabat et al., 2021). Deze zogenaamde *urban digital twin* wordt gecreëerd door het gebruik van geavanceerde technologieën zoals geografische informatiesystemen (GIS), 3D-modellering, big data-analyse en kunstmatige intelligentie.

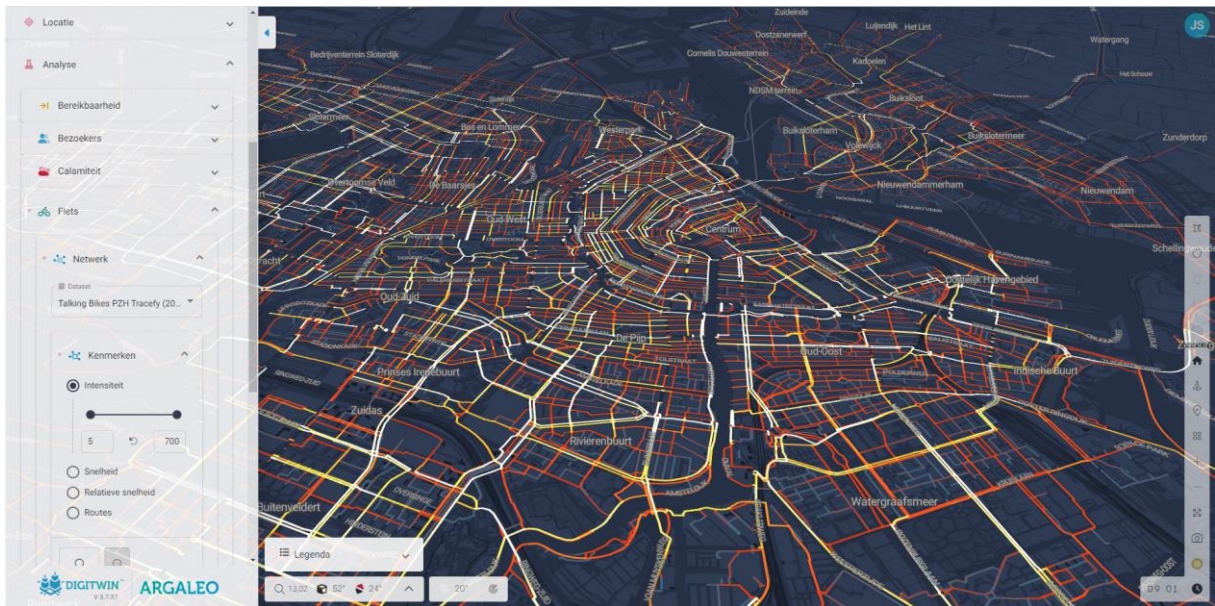
Een *urban digital twin* omvat gedetailleerde informatie over de fysieke infrastructuur, zoals gebouwen, wegen, openbare ruimtes en groenvoorzieningen, evenals de functionele aspecten, zoals verkeersstromen, energieverbruik, waterbeheer en luchtkwaliteit. Het systeem verzamelt *real-time* gegevens van uit verschillende bronnen om een nauwkeurig en actueel beeld te geven van de stedelijke omgeving. Met een *urban digital twin* kunnen we beter begrijpen hoe een stedelijke omgeving functioneert en op veranderingen reageert. Het stelt onderzoekers, adviseurs, beleidsmakers en bestuurders in staat om scenario's te simuleren en te testen. Hierdoor kunnen betere beslissingen worden genomen op het gebied van bijvoorbeeld ruimtelijke ordening, mobiliteit en energie. Bovendien kan een *urban digital twin* worden gebruikt als een platform voor burgerparticipatie waardoor burgers inzicht krijgen in de stedelijke ontwikkeling en op basis hiervan kunnen bijdragen aan het verbeteren van de leefbaarheid en duurzaamheid van hun woonomgeving, dorp of stad (Lei et al., 2023).

Voor ons onderzoek hebben we gebruik gemaakt van het Urban Digital Twin platform van Argaleo, genaamd Digitwin™. Deze dienst maakt gebruik van verschillende openbare bronnen en Nederlandse geo-basisregistraties om accurate en actuele informatie te verzamelen en te presenteren. Voorbeelden zijn de Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG), de Basisregistratie Grootchalige Topografie (BGT) en de Basisregistratie Kadaster (BRK). Deze bronnen bieden gedetailleerde en betrouwbare informatie over adressen, gebouwen, topografie en kadastrale gegevens in Nederland. Door het combineren van informatie uit openbare bronnen en Nederlandse geo-basisregistraties, kan Digitwin een breed scala aan gegevens presenteren aan gebruikers. Digitwin maakt gebruik van deze bronnen om overzichtelijke en up-to-date informatie te bieden. Daarnaast worden 'lokale' data, *real-time* data en modellen in Digitwin gekoppeld om er domein-specifieke analyses mee te maken, bijvoorbeeld voor economische ontwikkeling, openbare veiligheid en mobiliteit. Een voorbeeld betreft een crowd management project in Scheveningen (Krishnakumari, 2023).

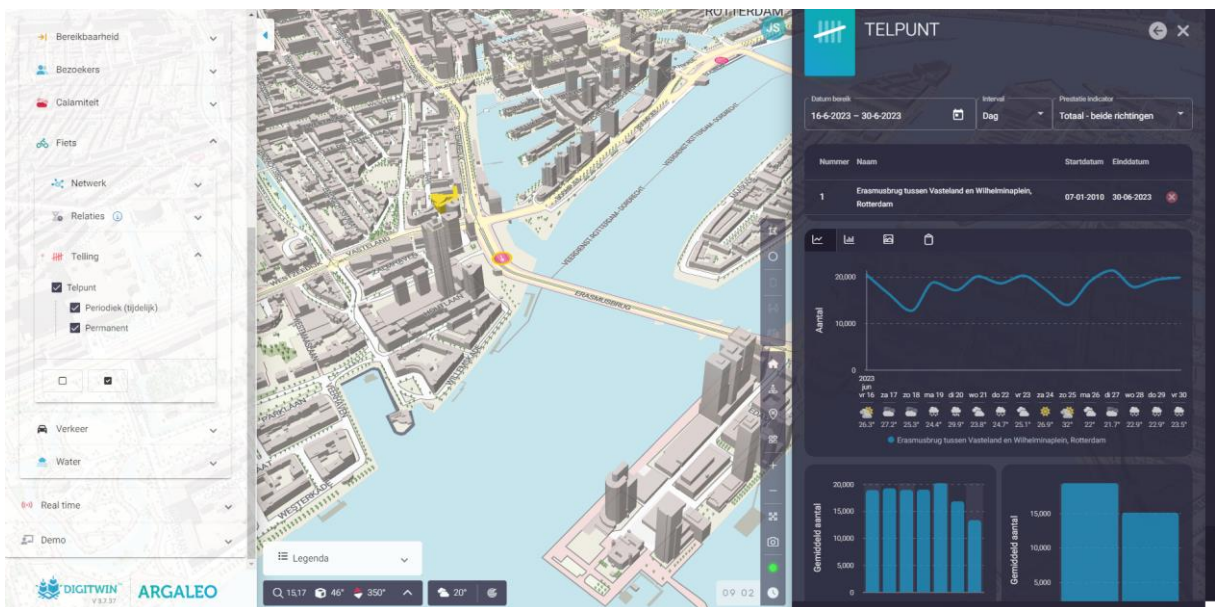
Op het gebied van mobiliteit kan Digitwin worden gevoed door openbare en niet-openbare mobiliteitsdata. Relevante gegevens over bijvoorbeeld het mobiliteitsnetwerk, het gebruik en het gedrag worden verzameld, geïntegreerd en visueel in een 3D-omgeving gevisualiseerd. Ook de fiets komt steeds meer en beter in Digitwin beschikbaar. Figuur 3 toont de fietsbereikbaarheid van Nederlandse stations, uitgedrukt door middel van rijtijd isochronen. Figuur 4 illustreert het gebruik van het fietsnetwerk op basis van verwerkte gps-gegevens van fietsers. Mogelijke indicatoren zijn de intensiteit, vertragingen, gebruikte routes en analyses van herkomst en bestemming. Op steeds meer plekken in het fietsnetwerk worden vanuit landelijke voorzieningen tellingen uitgevoerd. Deze kunnen worden getoond zoals figuur 5, en worden omgezet naar beleidsmatige inzichten, zoals ochtendspits, avondspits en trendanalyses.



Figuur 3 - Fietsbereikbaarheid van treinstations in Nederland



Figuur 4 - Gebruik van het fietsnetwerk in Amsterdam



Figuur 5 - Fietstellingen

De Digitwin van Argaleo bevat nog geen data en modellen over OV-Fiets. Ons onderzoek vormde een experimenteel onderzoek om de mogelijkheden te verkennen om het OV-Fiets gebruik voor de lange termijn te voorspellen.

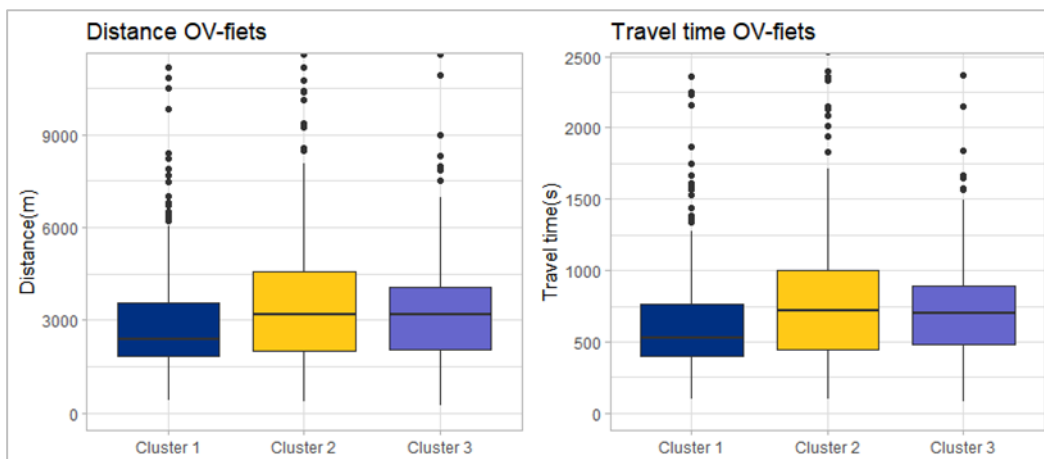
4. Voorspellen van OV-fietsgebruik

Het doel van ons onderzoek was om te bepalen in welke mate we de bestemmingen van OV-fiets gebruikers bij een specifiek station kunnen voorspellen op basis van (1) de eigenschappen van de gebruiker en (2) de eigenschappen van de gebouwde omgeving (Pluister, 2022). Allereerst hebben we de stations geselecteerd die tijdens het onderzoek dan 10 OV-fietsen beschikbaar hadden; oftewel 48 van de 313 stations. Vanwege de diversiteit in stations in Nederland hebben we door middel van statistische technieken

een clustering toegepast om typologieën van station te bepalen op basis van het gebruik van de OV-fiets. Deze betroffen stations met (1) relatief lange, recreatieve ritten (bijv. Groningen, Nijmegen, Maastricht), (2) veel woon-werk ritten (bijv. Arnhem Centraal, Eindhoven Centraal en Amsterdam Sloterdijk) en (3) een cluster met hele korte ritten (bijv. Hilversum, Delft en Apeldoorn). In dit paper hebben we de casus Eindhoven Centraal verder uitwerkt.

Voor in ieder cluster zijn drie hierboven genoemde stations gekozen die representatief zijn voor het cluster. Op deze negen locaties hebben we in het voorjaar van 2022 een anonieme enquête uitgezet om eigenschappen en bestemmingen van OV-fietsers te achterhalen. Deze periode had geen actieve Covid-19 beperkingen meer, afgezien van de 10% tot 30% lagere reizigersaantallen ten opzichte van 2019. De enquête heeft 1.538 ingevulde vragenlijsten opgeleverd, oftewel ruim 400 per cluster. Door deze hoeveelheid en de inwinningsmethode beschouwen wij de enquête representatief voor de gebruikers tijdens de enquête-uren. Tijdens de enquête-uren werden ruim tweederde van alle OV-fiets ritten op de enquête-dagen gemaakt. De vragenlijst bestond uit vragen om de eigenschappen en ritmotieven van de OV-Fiets gebruiker te achterhalen. Ook vroegen we de geënquêteerden om de bestemming van hun rit te omschrijven (bijv. met adres, postcode of locatiebeschrijving). Met enig gepuzzel hebben we driekwart van alle bestemmingen met behulp van de Google Places API kunnen achterhalen.

Ons onderzoek laat zien dat veel OV-fiets gebruikers jong, hoogopgeleid en in dienst bij een werkgever zijn. De ritmotieven zijn voornamelijk werk-gerelateerd, frequent en gaan vaak naar de dezelfde locatie. Dit lijkt erop te duiden dat OV-fiets gebruikers een forensprofiel hebben. Gebruikers betalen de OV-fiets voornamelijk zelf, maar een deel krijgt de huurkosten door de werkgever vergoed. Vrijheid en snelheid zijn de belangrijkste redenen voor het gebruik van de OV-fiets. Bestemmingen van OV-fiets gebruikers liggen tussen de 1.900 en 4.200 meter (7 en 15 minuten) van het station, met een mediaan van 2.800 meter (10 minuten). Figuur 6 toont het beeld per cluster.

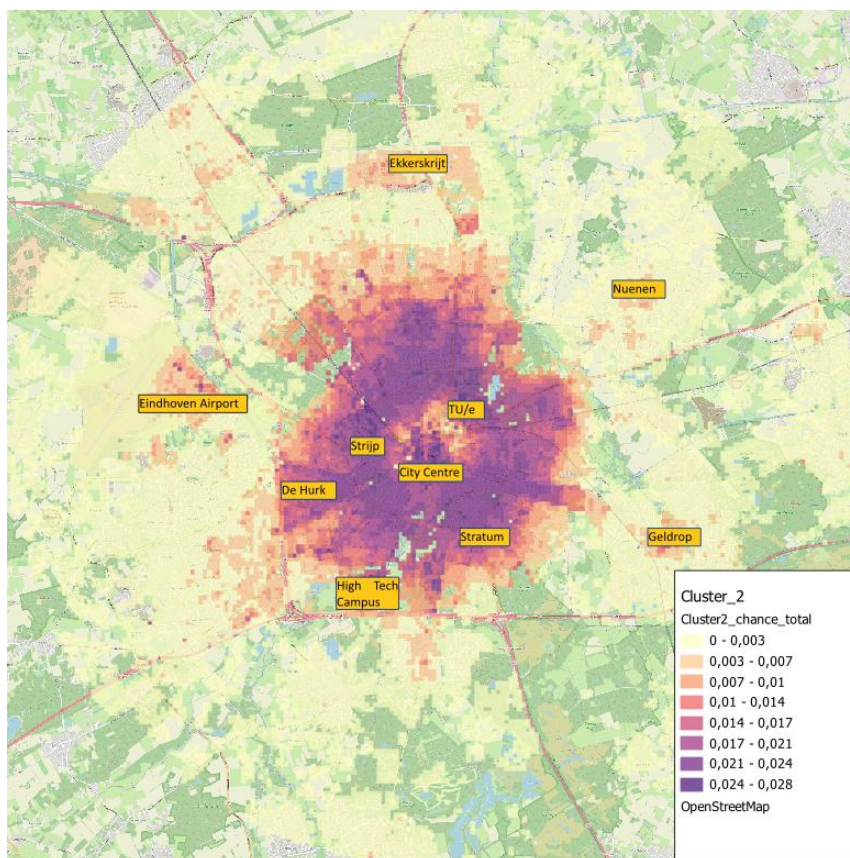


Figuur 6 - Afstand en rittijd per cluster

De volgende stap was het schatten van een model om op basis van het reismotief van een OV-fiets gebruiker de bestemming van het natransport te voorspellen. Het reismotief in dit model had drie mogelijkheden: werk, school en recreatief. Voor de bestemmingen zijn omgevingsvariabelen gecategoriseerd aan het 7D built environment framework

waarbij we gebruik hebben gemaakt van de functie van het gebouw, de beschikbaarheid van openbaar vervoer en de demografie van huishoudens. Deze data was beschikbaar in het eerder beschreven *Urban Digital Twin* en de RUDIFUN dataset van het Planbureau van de Leefomgeving (Harbers et al., 2019). Om een goede vergelijking te krijgen hebben we de gebouwde omgeving met de opdelingstechniek van Asadi et al. (2022) opgedeeld in een grid met cellen van 1 hectare (100 x 100 meter). Voor elke gridcel waren in onze datasets ongeveer 100 omgevingsvariabelen beschikbaar. Hiervan hebben we er uiteindelijk 19 gebruikt.

Om de aantrekkelijkheid van een bestemming voor een OV-fiets gebruiker met een bepaald reismotief te bepalen hebben we een gridcel de waarde 1 gegeven als deze was gekozen in de vragenlijst, en de waarde 0 als deze niet was gekozen. Vervolgens hebben we op basis van de 19 omgevingsvariabelen van de gridcel geschat waarom deze was gekozen. Onder dit model ligt de aanname dat een cel wordt gekozen door een combinatie van variabelen met een lineair verband. Deze aanname hield voor de afstandsvariabele geen stand. Korte afstanden vanaf het station worden vooral lopend afgelegd en niet met OV-fiets. Daarom hebben we de afstandsvariabele getransformeerd, waardoor deze alsnog in het model als lineaire component meegenomen kon worden.



Figuur 7 - Ruimtelijke kansverdeling van Eindhoven

Met gridcellen van 1 hectare waren er in het casestudiegebied van Eindhoven van 10 vierkante kilometer ongeveer 31.000 gridcellen die een mogelijke bestemming waren. De inputdata van de circa 400 respondenten zorgt voor zeer ongebalanceerde data en daarmee een "accuracy paradox" (Satpathy, 2020). Dit hebben we opgelost door een

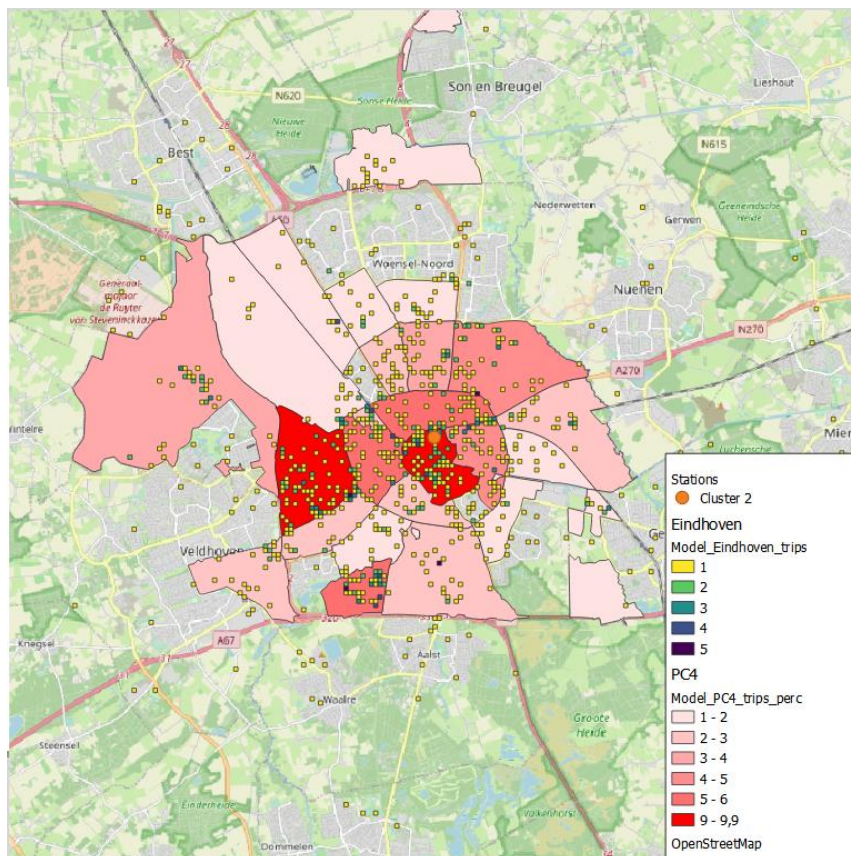
resampling techniek te gebruiken (Morris & Yang, 2021). Het resultaat van het model is een *spatial probability distribution*, ofwel een ruimtelijke kansverdeling (figuur 7).

Ons model laat zien dat de volgende variabelen voor een grote bestemmingskans van OV-fietsgebruikers zorgen:

1. **Afstand van het station**, voornamelijk tussen 1.150 en 3.800 meter;
2. **Functie-oppervlakte van gebouwen**, waarbij groter oppervlakte in een hogere bestemmingskans resulteert;
3. **Gebouwen met specifieke functies** - bijeenkomsten, gezondheid, industrie, kantoren, logies, onderwijs en sport – zorgen voor een extra hogere bestemmingskans;
4. **Het aantal gebouwen met bijeenkomstfunctie**, waarbij een groter aantal gebouwen in een hogere bestemmingskans resulteert.

Voor Eindhoven liggen aantrekkelijke bestemmingen voor OV-Fietsgebruikers in het stadshart, waar veel bedrijven en winkels zijn. De omgeving direct rondom het station (bijv. aan het stationsplein) is minder aantrekkelijk, omdat voor deze afstand geen OV-fiets wordt gehuurd. Andere aantrekkelijke bestemmingen zijn de bedrijventerreinen Eindhoven Airport, Ekkersrijt, De Hurk of het bedrijfs-/schoolcampus High Tech Campus. Door het combineren van de ritmotieven van OV-fietsgebruikers en de kansen per bestemming ontstaat de mogelijkheden hebben we een totale distributie van OV-fietsgebruikers gemaakt. Omdat we naar ritmotief kunnen differentiëren, is het mogelijk om een specifieke bestemmingsdistributie per ritmotief te modelleren. Zo komen bij een jonge student de gebieden rondom het stadscentrum, de Universiteit en High Tech Campus extra naar voren ten opzichte van andere gebieden met veel faciliteiten.

Met het model kan de ruimtelijke kansverdeling van een enkele OV-fietsgebruiker worden berekend. Door in het model duizend OV-fietsgebruikers te creëren op basis van de verdeling conform de steekproef in de enquête, kunnen in het model de meest populaire gebieden worden geïdentificeerd (figuur 8). Om de validiteit van ons model te bepalen hebben we het model aan *complete spatial randomness* getest waarbij het model significant beter presteerde. Daarnaast hebben we een vergelijking gemaakt met NS-data over de postcode-4 bestemmingen van treinreizigers die de fiets als natransport gebruiken. Hieruit bleek dat er een grote mate van overeenstemming was met de gebieden die door ons model als belangrijke bestemmingen voor OV-Fiets gebruikers werden aangewezen; maar ook dat de NS-data mogelijk een aantal gebieden met werkgelegenheid onderschat.



Figuur 8 - Berekende bestemmingen op rit en postcode 4-niveau

5. Toepassingsmogelijkheden

Zoals in de introductie al toegelicht kan dit onderzoek worden toegepast voor de prognoses van OV-fiets op de lange termijn. Met het model kunnen we een toekomstig “basaanbod” (los van seizoensinvloeden, weer etc.) van OV-fiets bepalen, waarbij we niet alleen kijken naar de ontwikkeling van de aantallen treinreizigers, maar ook naar hun eigenschappen zoals leeftijd of ritmotief.

Nog waardevoller is dat we met onze aanpak de gevolgen van ruimtelijke ontwikkelingen in het achterland van een station eerder kunnen meenemen in de planning van het aanbod van OV-Fiets. Dit is relevant voor de ontwikkeling van het aanbod van OV-fietsen, wat veel tijd en investeringen vereist. De verhuurlocaties voor de OV-fietsen moeten namelijk worden ingepast in fietsparkeervoorzieningen bij stations. Bij grotere stations gaat het al snel om honderden tot soms wel duizenden fietsen. Vanwege de schaarse ruimte zijn dit vaak complexe opgaves die meerdere jaren kosten. Door grote veranderingen in de toekomstige vraag naar OV-Fietsen als gevolg van een veranderende gebouwde omgeving vroegtijdig te kennen kan de stallingscapaciteit beter worden gepland. Ook kunnen met ons model markten voor OV-fiets gericht verder worden ontwikkeld. Bijvoorbeeld op een station waar de vraag nu laag is door een (te) klein aantal OV-fietsen.

Na een verdere ontwikkeling kan onze aanpak mogelijk ook handvatten bieden voor het plannen van duurzame mobiliteit in nieuw te ontwikkelen gebieden. Door mobiliteit direct

mee te nemen in de gebiedsontwikkeling kunnen gebieden beter op fiets en openbaar vervoer ingericht worden, waardoor de afhankelijkheid van de auto kleiner wordt; bijvoorbeeld door de mogelijkheid van trein + fiets in het door ons gevonden afstandsbereik van 1,1 tot 3,8 kilometer mee te nemen in de ontwikkeling van gebieden met veel ontmoetingsfuncties en/of arbeidsplaatsen.

De voor dit onderzoek gehanteerde *urban digital twin* helpt in democratiseren van data en inzichten; oftewel het beschikbaar en interpreteerbaar maken van data voor grotere groepen stakeholders, zoals beleidsmakers, bewoners of onderzoekers. Dit kan helpen in transparantie van beleid of besluiten en voor nieuwe integrale ideeën op het gebied van ruimte en mobiliteit. Met de OV-fiets toepassing kunnen spoorsector, gemeente en provincie bijvoorbeeld samen op basis van het DNA van de stad speuren waar de potentie van de combinatie OV en deelmobiliteit zit. Maar ook werkgevers kunnen hier handig op inspelen. Door inzichtelijk te maken welke zones hiervoor geschikt zijn, kunnen werkgevers in deze zone deelmobiliteit+OV promoten onder hun werknemers. Dit kan de doelstellingen op gebied van duurzaamheid helpen behalen.

Vanuit het perspectief van onderzoek kan een *urban digital twin* die verrijkt is met andere databronnen, nieuwe inzichten bieden op het gebied van vraag en aanbod van vervoer in relatie tot ruimtelijke ordening en/of de activiteiten van grote groepen mensen. Dit biedt een flexibelere werkwijze dan het traditionele vierstapsmodel omdat ook ruimte ontstaat voor de het benaderen van verkeersstromen op microscopisch niveau, inclusief de achterliggende activiteiten die deze verkeersstromen veroorzaken.

6. Conclusies en discussie

Dankzij de inzet van een *urban digital twin* – in ons geval Digitwin van Argaleo - zijn we voor het eerst in staat geweest om de belangrijke bestemmingen van OV-fietsgebruikers te vinden én de aard van deze bestemmingen ook te doorgronden. Dit was mogelijk door de zeer uitgebreide, actuele dataset van de gebouwde omgeving, de mogelijkheden om data te verrijken en een goede toegankelijkheid van de data.

Om dit te doen hebben we de kenmerken en bestemmingen van OV-Fietsgebruikers die we uit een enquête onder OV-fietsgebruikers hebben verkregen, statistisch gekoppeld aan de kenmerken van de gebouwde omgeving. Hiermee hebben we een model geschat waarmee we de belangrijkste bestemmingen voor de OV-fiets in het achterland van een treinstation in kaart hebben gebracht. Dit helpt NS Stations en haar partners bij het doorgronden van het OV-Fietsgebruik op de korte termijn, en het voorspellen van het OV-Fietsgebruik op de lange termijn. Hierdoor kunnen we voor OV-Fiets benodigde voorzieningen beter inrichten, voor het heden en de toekomst. Daarnaast kunnen we potentieel interessante gebieden voor de combinatie OV-fiets en trein in kaart brengen en hier gericht op gaan acteren. Daarmee kunnen wij de verduurzaming van mobiliteit en de gebouwde omgeving beter ondersteunen.

Natuurlijk zijn er naar aanleiding van ons onderzoek vele discussie- en verbeterpunten. Voor de technische/methodologische discussiepunten verwijzen we naar Pluister (2022). Voor dit paper volstaan we met een fundamenteel discussiepunt. Namelijk dat niet-(trein+)OV-fietsgebruikers automatisch buiten ons onderzoek zijn gevallen door de inzet van de enquête onder OV-fietsgebruikers op specifieke stations, tijdens de spitsuren en de uren daartussen. Door het meenemen van het OV-netwerk hebben bus, tram en metro (waar relevant) wel een plek in ons onderzoek gehad. Maar wat ons betreft is het interessant om voor de aantrekkelijke OV-fietsbestemmingen ook de auto mee te nemen, en hierbij uit te zoomen naar de gehele reis van deur tot deur. Met daarbij opnieuw de vraag of en zo ja, op welke wijze een *urban digital twin* hierbij een rol kan spelen.

Literatuur

Asadi, M., Ulak, M. B., Geurs, K. T., Weijermars, W., & Schepers, P. (2022). A comprehensive analysis of the relationships between the built environment and traffic safety in the Dutch urban areas. *Accident Analysis & Prevention*, 172, 106683. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aap.2022.106683>

Botín-Sanabria, D.M., Mihaita, A.-S., Peimbert-García, R.E., Ramírez-Moreno, M.A.; Ramírez-Mendoza, R.A., Lozoya-Santos, J.d.J. (2022). Digital Twin Technology Challenges and Applications: A Comprehensive Review. *Remote Sensing*, 14, 1335. <https://doi.org/10.3390/rs14061335>

Donners, B., Schimmel, B., Bovens, J. Ruimte op het spoor, het nationaal belang van goed regionaal OV. *Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk*, 13-14 oktober 2022, Utrecht.

Harbers, A., Spoon, M., Amsterdam, H. van, & Schuit, J. van der. (2019). Ruimtelijke Dichtheden en Functiemenging in Nederland (RUDIFUN). *Planbureau voor de Leefomgeving PBL: The Hague, The Netherlands*

Krishnakumari, P., Hoogendoorn-Lanser, S., Steenbakkens, J., Hoogendoorn, S. (2023). Crowd Safety Manager: Towards Data-Driven Active Decision Support for Planning and Control of Crowd Events. Ingediend voor de 103e bijeenkomst van de *Transport Research Board*, 7-11 januari 2024. <https://arxiv.org/abs/2308.00076>. [geraadpleegd op 12 september 2023]

Lei, B., Janssen, P., Stoter, J., & Biljecki, F. (2023). Challenges of urban digital twins: A systematic review and a Delphi expert survey. *Automation in Construction*, 147, 104716.

Morris, C., & Yang, J. J. (2021). Effectiveness of resampling methods in coping with imbalanced crash data: Crash type analysis and predictive modeling. *Accident Analysis & Prevention*, 159, 106240. <https://doi.org/10.1016/J.AAP.2021.106240>

Ploeger, J., & Oldenziel, R. (2020). The sociotechnical roots of smart mobility: Bike sharing since 1965. *The Journal of Transport History*, 41(2), 134–159. <https://doi.org/10.1177/0022526620908264>

Pluister, B. (2022). *OV-fiets: where to go? A study on OV-fiets user characteristics and destinations*. Universiteit Twente, 21 september 2022

Satpathy, S. (2020). Overcoming Class Imbalance using SMOTE Techniques. *Data Science Blogathon*. 6 October 2020. <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2020/10/overcoming-class-imbalance-using-smote-techniques/> [geraadpleegd op 12 september 2023]

Shahat, E.; Hyun, C.T.; Yeom, C. (2021). City Digital Twin Potentials: A Review and Research Agenda. *Sustainability*. 13, 3386. <https://doi.org/10.3390/su13063386>

Ton, D. (2019). *Unravelling Mode and Route Choice Behaviour of Active Mode Users*. TRAIL Thesis Series, T2019/12.

Ton, D., van den Heuvel, J. (2023). Trends in access and egress transportation to and from train stations in The Netherlands. *European Transport Conference*, 6-8 september 2023.

Wilkesmann, F., Ton, D., Schakenbos, R., Cats, O. (2023). Determinants of station-based round-trip bikesharing demand, *Journal of Public Transportation*, Volume 25, 100048 <https://doi.org/10.1016/j.jpubtr.2023.100048>