

Digital Urban Brabant

**Making (common) sense
of urban digital twins**

Nick van Apeldoorn,
Jelle van Lamoen,
Igor Mayer,
Joost de Kruijf

Samenvatting

Planvorming is complexer geworden. Steeds meer functies moeten een plek krijgen op hetzelfde aantal vierkante meters. Dit probleem ligt aan de basis van de woningcrisis, de stikstofcrisis en de klimaatcrisis. Er is geen mens die het hele systeem meer overziet en daardoor rijst de vraag: zouden digital twins kunnen bijdragen aan de oplossing? Dit is voor BrabantStad, door Breda University of Applied Sciences (BUAs), onderzocht door middel van drie stappen en zes deelvragen.

Complexe wereld en begrippen – wat zijn digital twins?

1. *Hoe ziet de urban digital twin pipeline eruit?* De urban digital twin-pipeline bestaat uit zes stappen voor het ontwikkelen van urban digital twins: datacollectie en data spaces vormen de basisvereisten, terwijl de andere stappen in de praktijk vaak worden samengevoegd onder de noemer "urban digital twins." Er kunnen vier soorten digital twins worden gedefinieerd volgens Boyes & Watson (2022):

Digitale modellen: Visualiseren statische informatie met handmatige dataflows.

Digitale generatoren: Automatische simulaties op basis van handmatige gegevensinvoer.

Digitale schaduwen: Gebruiken real-time data met handmatige interpretatie.

Autonome digitale tweelingen: Volledig autonoom simuleren.

Deze hiërarchie betekent dat elke stap voortbouwt op de onderliggende technieken, van visualiseren naar simuleren, deels automatiseren naar volledig automatiseren en voegt bij elke stap nieuwe functionaliteiten toe. De keuze van het juiste niveau hangt af van het doel, gebruik en de complexiteit van het te modelleren systeem.

2. *Hoe worden urban digital twins concreet toegepast in Nederland en hoe sluiten deze toepassingen aan op de verschillende stappen van de digital twin pipeline?* Voor het beantwoorden van deze vraag is gekeken naar **22 voorbeelden van urban digital twins in Nederland**. Wat opvalt is dat **13** twins eigenlijk digitale modellen zijn, **2** zijn digitale generatoren en **7** maken gebruik van real-time data en vallen daardoor in de digitale schaduw categorie. Er zijn geen urban digital twins gevonden die volledig autonoom opereren. Als wordt gekeken naar de behoeftes van eindgebruikers, komt naar voren dat het **huidige aanbod nog niet kan voorzien in de informatiebehoefte**.

3. *Wat voor complexiteit kunnen de huidige generatie urban digital twins aan?* Voor het beantwoorden van deze vraag is het aangepaste Cynefin Framework (Stacey, 2002) gebruikt. Dit maakt onderscheid in vier domeinen. In "**Simpel**" met duidelijke overeenstemming van waardes en doelen en behoorlijke zekerheid van data wordt vooral gewerkt aan digitale modellen voor visualisatie van statische objecten. "**Complex**" gaat over de toekomst door het gebruik van digitale generatoren voor iteratieve simulaties voor bijvoorbeeld beleidskeuzes. Daarvoor heb je consensus nodig over de waarden en doelen. Data is per definitie onzeker omdat het over de toekomst gaat, maar gelukkig kan gevalideerde historische data inzicht geven. In "**Gecomplliceerd**" identificeren digitale schaduwen met real-time data en simulaties verborgen oorzaak-en-gevolgrelaties, van bewegende objecten zoals mensen en verkeer of veranderende contexten zoals het weer. Autonome digitale twins zijn alleen geschikt voor domeinen met hoge overeenstemming, datazekerheid en beperkt risico. Vraagstukken met lage overeenstemming van waardes en doelen, en lage overeenstemming over data en regels zijn moeilijk te simuleren met een urban digital twin. Beleidsvraagstukken zoals de woningcrisis hebben baat bij overeenstemming om zinvol te kunnen simuleren in een urban digital twin. Een digitale generator die inzicht geeft in integrale complexe problemen sluit het best aan bij deze behoeftes.

Making (common) sense of urban digital twins

4. *Welke percepties hebben beleidsmakers, academici en bedrijven over de impact en waarde van urban digital twins – Wat zijn de overeenkomsten en verschillen in percepties?* Dit is onderzocht met behulp van een Q-studie. Hiervoor zijn 29 deelnemers van overheden, bedrijven en kennisinstellingen geïnterviewd. Hieruit zijn drie dominante visies op urban digital twins gekomen:

Techno-utopisme: Deze groep ziet urban digital twins als krachtige tools voor betere besluitvorming en benadrukt de samenwerking tussen publieke en private sectoren. Ze geloven dat urban digital twins positieve impact kunnen hebben, maar hebben mogelijk weinig zicht op de beperkingen.

Kritisch perspectief: Critici zijn bezorgd dat urban digital twins niet neutraal zijn en twijfelen aan de kwaliteit van data wat urban digital twins in hun ogen beperkt bruikbaar maakt voor besluitvorming. Ze benadrukken de noodzaak van ethisch onderzoek en opleiding van gebruikers.

Integrators: Deze groep ziet urban digital twins als digitale kopieën van echte objecten en benadrukt 3D-visualisatie en gegevensharmonisatie. Ze zijn minder bezorgd over datakwaliteit.

Alle visies hebben op deelgebieden gelijk. De utopisten zijn vaak de aanjagers van ontwikkeling, het kritische perspectief heeft oog voor de risico's maar er moet ook gebouwd worden. Dit zijn meestal de integrators. Deze drie visies kunnen helpen om de doorontwikkeling van urban digital twins vanuit verschillende perspectieven te belichten.

5. *Welke urban digital twin ontwikkelbehoeftes zijn er in Noord-Brabant?* De 29 deelnemers zijn gevraagd naar welke vraagstukken zij denken dat urban digital twins een bijdrage kunnen leveren aan hun werk. Hieruit zijn zes overkoepelende categorieën gedefinieerd: 26% heeft behoefte aan een **integrale benadering** van vraagstukken en afstemming met stakeholders, 21% **Burgerparticipatie** en transparantie, 17% **Best practices** en bewustwording, 15% **Gezamenlijke data space** en data gedreven werken, 13% **Fietsen, mobiliteit en transport** en 9% heeft behoefte aan meer inzicht in **wateropslag, hittestress en energie** (9%).

Hoe komen we verder?

6. *Welke casussen zijn interessant voor de toekomst?* Op basis van de denkkaders, de frames en de behoeftes zijn 5 casussen voor vervolgonderzoek gedefinieerd:

Tiny City Twins: een manier om goedkoop data te genereren door verplaatsbare hardware die steeds een ander deel van de stad in kaart kan brengen.

BURDS View: een digitaal model gefocust op woningbouw.

URBAN-PASS: een digitaal model, met een interface zoals die in de populaire The Sims™ 4 game, gericht op burgerparticipatie.

DIGI-URBAN: een digitale generator, gericht op het uitwerken van verschillende scenario's voor woningbouw.

DIALOGUE: een prompt-based Artificial Intelligence urban digital twin interface, getraind op de data in de digital twin.

Deze casussen kunnen los van elkaar of gezamenlijk worden ingezet, bijvoorbeeld in de Digital Europe-call: Data Spaces en smart communities. Deze call is nog niet gepubliceerd, waardoor het nog niet zeker is of deze casussen aan die call voldoen.

Deze studie heeft wel onderzocht of digital twins kunnen bijdragen aan een oplossing voor het geschetste ruimteprobleem. Het antwoord daarop is ja, maar er is nog wel werk aan de winkel. Urban digital twins zijn complex en kostbaar en er is niemand die het gouden ei heeft gevonden. Gezien de kosten en de complexiteit is het echter wel zeker dat samenwerking nodig is om vooruit te komen. Deze studie en de casussen bieden daarvoor een vertrekpunt. Wij kijken ernaar uit dit in de toekomst samen verder vorm te geven.

Voorwoord

We kunnen met recht stellen dat Brabant innoveert en digitaliseert. Waar eerder de invloed van dataplatforms op het Brabantse bestuur, het ondernemen en de samenleving is verkend, is ook de urgentie om collectief na te denken over de (on)mogelijkheden van digital twins onderkend. Noord-Brabant begint niet op nul. In alle grote steden in Brabant vinden al urban digital twin projecten plaats. Waar de triple helix samenwerking tussen overheid, bedrijfsleven en kennisinstellingen in Brabant steeds meer gewoongood wordt, bestaat er ook nog ruimte voor verbetering. Zo zijn organisaties lang niet altijd bekend met wat er bij de burens gebeurt en ontstaat er snel spraakverwarring als het om urban digital twins gaat. Soms lijkt het een must-have voor gemeentes zonder duidelijke toepassing of doel in de praktijk.

Om een gezamenlijk startpunt te creëren, hebben we een stap teruggedaan naar de basis om vervolgens samen als Brabant te kunnen versnellen. In deze studie is gereflecteerd op wat er nou eigenlijk bedoeld wordt met een digital twin en er is over de grenzen van de provincie gekeken naar wat voor soort complexiteit urban digital twins nu aankunnen. Dit heeft denkkaders opgeleverd die kunnen helpen om een gemeenschappelijke taal te maken om urban digital twins- en elkaar- te begrijpen. Want de ene twin, is de ander niet. Er is ook vooruitgekeken en er zijn casussen gedefinieerd met visie voor de toekomst. Wij hebben het doel nagestreefd dat dit rapport een bouwsteen is om de krachten te kunnen bundelen, nieuwe Europese projecten mee te initiëren en daarmee de data-gedreven beleidsinnovatie aan te jagen.

Een studie als deze schrijven, is altijd een uitdaging, je wil graag dat het ook gelezen wordt. Hierdoor moet elke keer een afweging worden gemaakt: wanneer voeg je genoeg nuance toe, en wanneer wordt het te lang of onleesbaar. Hoe maak je complexe materie toegankelijk voor een gemengd publiek zonder te kort door de bocht te worden? Dit is vast niet altijd, voor iedereen gelukt. Wij hebben onze best gedaan om het rapport leesbaar te houden. Hierom is bijvoorbeeld gekozen om het niet te wetenschappelijk of te ambtelijk te schrijven in een poging het voor een breed publiek toegankelijk te maken. Om het kort te houden is soms mogelijk relevante informatie geschrapt. Zo hebben wij niet vijf maar drie frames uitgewerkt en zijn hoofdstukken toegevoegd en vervolgens weer geschrapt. Er is meer, veel meer informatie, maar wij hopen dat dit de versie is, die Brabant vooruit kan helpen.

Wij willen iedereen bedanken die tijd voor ons heeft vrijgemaakt om hun visie op urban digital twins te delen.

10 oktober, 2023.

Nick van Apeldoorn
Jelle van Lamoen
Igor Mayer
Joost de Kruijf

Inhoudsopgaven

Samenvatting	2
Voorwoord	4
Inleiding	6
Context	6
Probleemstelling	6
Doelstelling	7
Vraagstelling	7
Onderzoeksopzet & leeswijzer	7
1 Wat is een digital twin?	10
1.1 De digital twin pipeline	11
1.2 Urban digital twins in Nederland	13
1.3 Complexity model	16
1.4 Conclusie complexiteit in de wereld en begrippen: Wat zijn digital twins?	19
2 Making (common) sense of urban digital twins	21
2.1 Methode	21
2.2 Resultaten	23
2.3 Welke ontwikkelbehoeftes zijn er in Noord-Brabant?	28
2.4 Conclusie: Making (common) sense of urban digital twins	32
3 Samen werken aan urban digital twins	34
Welke casussen zijn interessant voor de toekomst?	34
3.1 Casus 1: Tiny City Twins	36
3.2 Casus 2: BUrDS View	37
3.3 Casus 3 URBAN-PASS	38
3.4 Casus 4 DIGI-URBAN	39
3.5 Casus 5: DIALOGUE	40
Bronnenlijst	41

Inleiding

Context

Menselijk vernuft is de drijvende motor achter innovatie. Steden zijn nog nooit zo dichtbevolkt en onderling verbonden geweest als nu. Elke dag reizen er vele forenzen door Brabant die samen een inkomen verdienen dat nog nooit zo hoog is geweest. Deze verbondenheid zorgt er niet alleen voor dat mensen en goederen zich steeds sneller kunnen verplaatsen, deze verbondenheid is ook digitaal. Met verbluffende snelheid dringt digitale innovatie door in alle sectoren van de maatschappij en ook steden worden digitaal getransformeerd, vormgegeven en beleefd. Intelligente systemen hebben een diepgaande impact op de stedelijke ruimte. Stadsplanning wordt steeds meer computer-gegenereerd, gesimuleerd en in 3D geanimeerd. De ambities reiken tot de hemel, maar we lopen ook tegen de systeem grenzen aan.

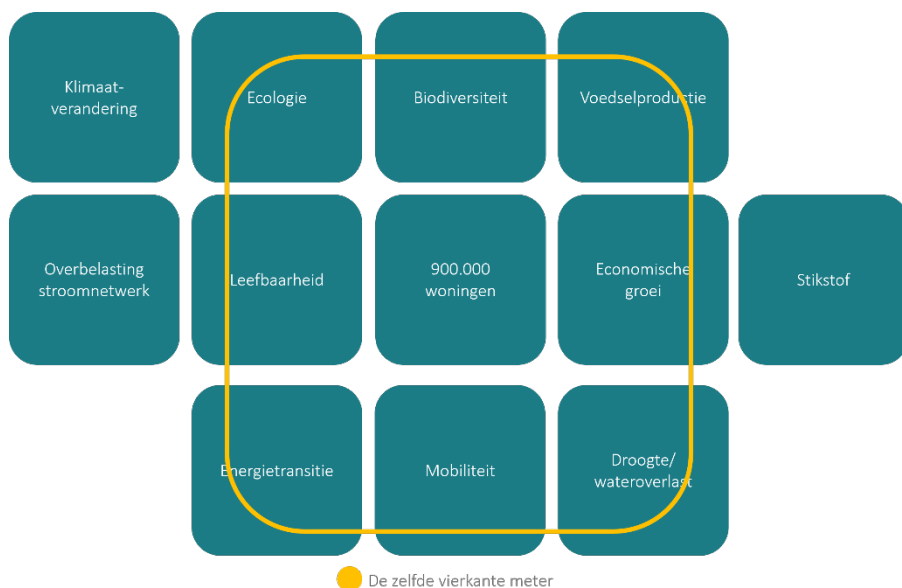
Dit is de grote tragedie van de samenleving. We hebben een wereld gecreëerd die zo geavanceerd en dus complex is, dat uitdagingen zijn ontstaan die ons menselijk bevattingvermogen te boven gaan. Op dezelfde vierkante meters moeten 900.000 woningen worden gebouwd, in een bereikbare, leefbare omgeving die ook ruimte biedt voor economische groei. Tegelijk zet deze groei de ecologie onder druk. Regelgeving wordt strenger en we moeten meer rekening houden met biodiversiteit en extreem weer. Hierdoor staat ook de landbouw buiten de steden onder druk. Tegelijkertijd moet er in rap tempo een energietransitie plaatsvinden en het stroomnetwerk kan het op veel plekken in Brabant nu al niet meer aan.

Wat deze opgaven met elkaar gemeen hebben? Ze leggen allemaal beslag op dezelfde vierkante meters, waar experts vanuit hun eigen achtergrond naar kijken met vaak andere belangen. Al deze uitdagingen komen samen in steden. Het is complex; er is geen mens die het hele systeem meer overziet, en daardoor rijst de vraag: zouden digital twins kunnen bijdragen aan de oplossing?

Probleemstelling

Deze vraag leeft onder de burgers, de Provincie Noord-Brabant, Brabantse steden, bedrijven en kennisinstellingen. In heel Brabant wordt geëxperimenteerd. Samen worden we steeds slimmer en leren we steeds beter werken met digital twins maar, er zijn ook nog genoeg uitdagingen. Experimenten zijn vaak ad hoc en er wordt niet genoeg van elkaar geleerd, onderwerpen zijn divers en vraag en aanbod is nog niet op elkaar afgestemd. Er is veel begripsverwarring rond de term urban digital twins. Iedereen heeft het erover, maar iedereen bedoelt wat anders. Het is alsof we niet dezelfde taal spreken. Het doet denken aan het verhaal van de toren van Babel, waarbij we een ambitieuze samenleving zien, die streeft naar grootsheid, maar we spreken allemaal een andere taal en daardoor lopen we vast. Dit bemoeilijkt samenwerking en maakt het voor beleidsmakers moeilijk om een beeld te krijgen in welke toepassingen ze wel en niet moeten investeren.

VISUALISATIE 1: COMPLEXITEIT OP DE VIERKANTE METER



Doelstelling

Daarom heeft BrabantStad met financiering van de provincie Noord-Brabant, Breda University of Applied Sciences (BUas) verzocht om - in acht maanden tijd met een budget van 22.000 euro - te onderzoeken op welke manier de discussie rondom urban digital twins slagvaardiger kan worden gemaakt. Er zijn denkkaders opgesteld, zodat betrokken partijen dezelfde taal kunnen spreken. Een taal die recht doet aan de complexiteit van het onderwerp. Er is onderzocht bij wat voor soort complexiteit urban digital twins kunnen helpen en wat de casussen in Nederland zijn waarvan geleerd kan worden. Er is achterhaald waar partijen nu echt behoefte aan hebben en er zijn voorstellen gedaan voor casussen die bijdragen aan een strategische doorontwikkeling van urban digital twins in Brabant voor (Europese) projecten met een focus op samenwerking en innovatie.

Vraagstelling

Deze studie bestaat uit drie delen waarbinnen zes onderzoeksvragen aan bod komen. In het eerste deel wordt het begrip gekaderd, in het tweede deel komen de percepties en behoeftes voor de doorontwikkeling van urban digital twins aan bod. Het derde deel gaat over de toekomst, hoe komen we verder?

Complexe wereld en begrippen – wat zijn digital twins?

1. Hoe ziet de urban digital twin pipeline eruit?
2. Hoe worden urban digital twins concreet toegepast in Nederland en hoe sluiten deze toepassingen aan op de verschillende stappen van de digital twin pipeline?
3. Wat voor complexiteit kunnen de huidige generatie urban digital twins aan?

Making (common) sense of urban digital twins

4. Welke percepties hebben beleidsmakers, academici en bedrijven over de impact en waarde van urban digital twins – Wat zijn de overeenkomsten en verschillen in percepties?
5. Welke urban digital twin ontwikkelbehoeftes zijn er in Noord-Brabant?

Hoe komen we verder?

6. Welke casussen zijn interessant voor de toekomst?

Onderzoeksopzet & leeswijzer

Om bovenstaande vragen te beantwoorden is gebruik gemaakt van verschillende, elkaar aanvullende methodologieën.

Complexe wereld en begrippen – wat zijn digital twins?

Deelvraag 1. Hoe ziet de urban digital twin pipeline eruit? Voor het beschrijven de digital twin pipeline is een systematisch literatuuronderzoek gedaan. Hierbinnen zijn de digital twins niet als één definitie gepresenteerd maar als een ontwikkelproces met zes stappen. De pipeline maakt inzichtelijk over wat voor soort urban digital twin gesproken wordt en hoe dit hiërarchisch kan door ontwikkelen.

Deelvraag 2. Hoe worden urban digital twins concreet toegepast in Nederland en hoe sluiten deze toepassingen aan op de verschillende stappen van de digital twin pipeline? Op basis van Matos et.al, (2022), Boyes & Watson (2022), Ortt & Tiihonen, (2022) en 29 expertinterviews een lijst opgesteld van 22 urban digital twins in Nederland. Deze lijst is geverifieerd en ingedeeld op het niveau van de twin volgens de pipeline om de huidige ontwikkeling van urban digital twins te laten zien

Deelvraag 3. Wat voor complexiteit kunnen de huidige generatie urban digital twins aan? Welk niveau van de pipeline je kan bereiken, is afhankelijk van de complexiteit van het systeem wat je wil simuleren. Hiervoor heeft Stacey (2002) het complexity model uitgedacht wat op

basis van zekerheid over data en regels en overeenstemming over waarden en doelen, aangeeft wat voor complexiteit er al wel- en niet kan worden gesimuleerd.

Making (common) sense of urban digital twins

Deelvraag 4. Welke percepties hebben beleidsmakers, academici en bedrijven over de impact en waarde van urban digital twins – Wat zijn de overeenkomsten en verschillen in percepties? Op basis van een Q-studie en bijbehorende diepte-interviews met 29 beleidsmakers, academici en experts uit het bedrijfsleven onderzocht waar de ontwikkelbehoefte in Brabant ligt. De Q is een onderzoeksmethode die zowel kwalitatief als kwantitatief inzichtelijk maakt wat iemands denkkaders zijn over een onderwerp. Op basis van het literatuuronderzoek zijn 41 statements samengesteld die de bredere discussie rond urban digital twins vertegenwoordigen. Vervolgens zijn de 29 experts gevraagd om die statements te rangschikken op basis van overeenstemming op een quasi normale verdeling. Tijdens het invullen van de Q-methode zijn respondenten gevraagd om hun keuzes toe te lichten en alle interviews zijn opgenomen, getranscribeerd en gecodeerd. Vervolgens is door middel van een omgekeerde factor analyse gezocht naar overeenstemming tussen de participanten. Hier zijn vijf frames uitgekomen die samen de dominante visies op het onderwerp urban digital twins weergeven. Doel is om de discussie rond urban digital twins te kaderen, conflict en consensus te laten zien en de ontwikkelbehoefte van experts in de regio weergeven.

Deelvraag 5. Welke urban digital twin ontwikkelbehoeftes zijn er in Noord-Brabant? Na het invullen van de Q-methodes zijn de experts gevraagd waar zij denken dat urban digital twins echt een bijdragen kunnen leveren. Op basis van de transcripten van de interviews zijn deze behoeftes verzameld, gecategoriseerd, geturfd en beschreven met als doel input te leveren voor de casussen.

Hoe komen we verder?

Deelvraag 6. Welke casussen zijn interessant voor de toekomst? Deelvragen 1-5 maken het mogelijk om de discussie rond urban digital twins te kaderen door middel van de pipeline en de complexiteit. Het casestudy onderzoek laat zien wat urban digital twins in Nederland al wel, en niet kunnen. De Q-studie maakt inzichtelijk welke frames belangrijk zijn voor experts in Brabant en met behulp van het vervol ginterview zijn de ontwikkelbehoeftes in kaart gebracht. Deze methodes bieden een visie voor de toekomst met vijf bijbehorende casussen die Brabant verder kunnen helpen.

Wij nodigen u uit om samen met ons dit fascinerende complexe onderwerp verder te verkennen.

Complexiteit in de wereld en begrippen: Wat zijn digital twins?

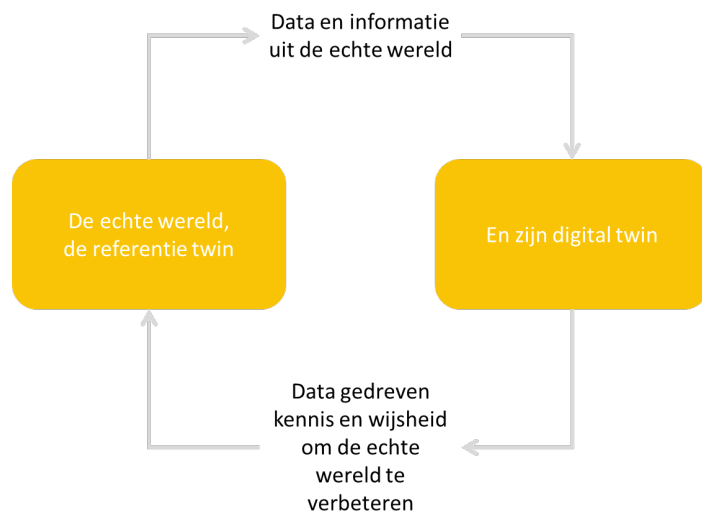


1 Wat is een digital twin?

Wat is een digital twin? Grieves, (2016) spreekt in 2002 als eerste over het concept digital twin. Een digital twin bestaat uit drie onderdelen. Het systeem in de echte wereld (de referentie twin), het systeem in de virtuele wereld (de digital twin) en de automatische uitwisseling van data, informatie, kennis en wijsheid tussen beide systemen.

Sindsdien, is de term "digital twin" opgedoken in meerdere sectoren, van het menselijk lichaam tot in de ruimtevaart, van de maakindustrie tot in de stad. Maar, hoe houdt één definitie stand in zoveel verschillende contexten? Het simpele antwoord is: Niet. Ondanks meerdere pogingen in de literatuur om tot een universele definitie van digitale twins te komen (Jones et al., 2020; Semeraro et al., 2021; van der Valk et al., 2020), lijkt er weinig overeenstemming te zijn over wat een digital twin is. Het gebrek aan overeenstemming, een gemeenschappelijke taal, zorgt voor de volgende problemen:

VISUALISATIE 2: DIGITAL TWIN
CONCEPTUEEL MODEL



Probleem 1. Sommige toepassingen voldoen aan Grieves, (2016) definitie van een digital twin, zoals de routeplanner met live feedback van Google Maps. Maar Google noemt het niet zo. Tegelijkertijd voldoen veel van de toepassingen uit de praktijk die zich een digital twin noemen niet aan de definitie van Grieves door het ontbreken van een geautomatiseerde uitwisseling van data, informatie, kennis en wijsheid. Dit maakt de term diffuus en zorgt voor probleem twee:

Probleem 2. Het gebrek aan consensus zorgt voor miscommunicatie. Beide personen kunnen het over een digital twin hebben en iets anders bedoelen. Dit gebeurt zowel tussen sectoren als binnen sectoren. De één kan het over een 3D weergave van een stad hebben en de ander over een simulatiemodel voor integrale stedelijke ontwikkeling. Beide kunnen een digital twin zijn, echter, is het gebruik en de bouw wezenlijk anders. Dit belemmert samenwerking en innovatie.

Probleem 3. Waar begint de twin en waar houdt hij op? Is de dataset die gebruikt wordt door de digital twin, onderdeel van de digital twin? Is een 3D kaart die openbare data plot op een virtueel model een digital twin? Of moet de digital twin ook processen kunnen simuleren en toekomstplannen kunnen berekenen?

Deze problemen dragen bij aan verwarring rond digital twins en bemoeilijken samenwerking. De vraag is of wéér een nieuwe definitie uitwerken dit probleem gaat oplossen. Boyes & Watson, (2022) tonen aan dat er een aanzienlijke hoeveelheid onderzoek wordt uitgevoerd naar definities van digital twins. Dit gebeurt middels een wetenschappelijk systematisch literatuuronderzoek dat probeert digital twins te karakteriseren. Het probleem van deze benadering is dat het vaak een discussie is die zich richt op semantiek en alleen de wetenschappelijke gemeenschap betreft. In de praktijk is de term "digital Twin" in veel sectoren gemeengoed geworden, en het is de variërende perceptie van wát een digitale twin is, die het in de praktijk definieert.

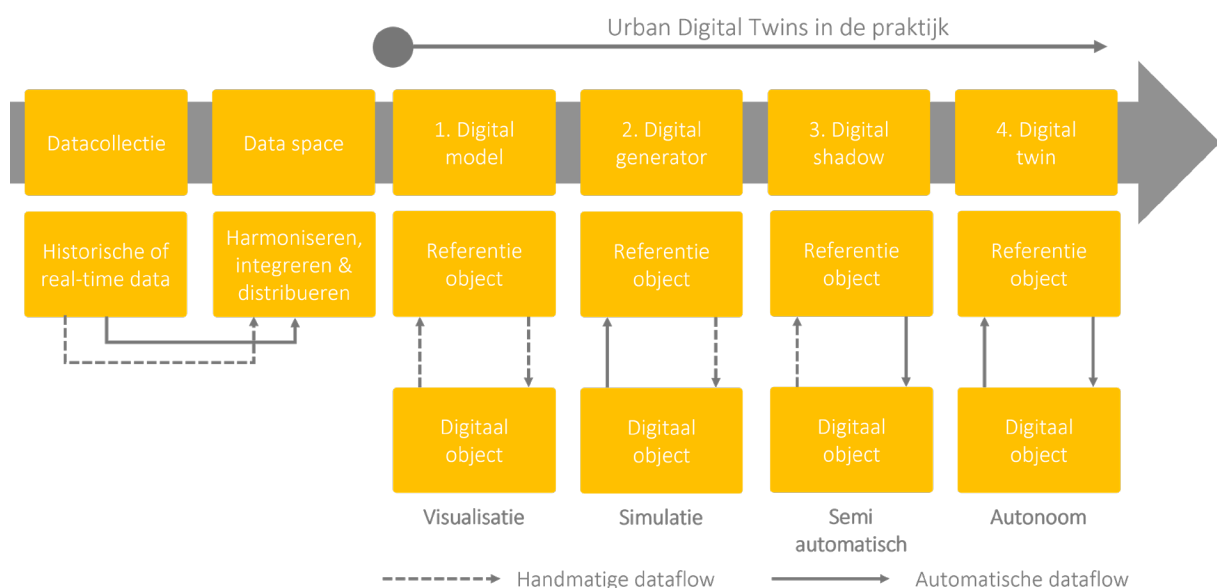
Dit heeft ook een functie. Verschillende definities met verschillende interpretaties stimuleren ook creativiteit en innovatie. Eén definitie sluit de discussie. Te veel definities zorgen ervoor dat je langs elkaar heen gaat praten. In plaats van te streven naar een nieuwe universele definitie, kan het interessant zijn om te kijken naar hoe urban digital twins worden geïnterpreteerd om de kloof te overbruggen en een gemeenschappelijke basis te vinden om digital twins in de praktijk te brengen om mogelijk meer inzicht te geven in deze complexe wereld.

1.1 De digital twin pipeline

De digital twin pipeline definieert meer het proces dan het begrip. Het doet meer recht aan de snelle innovaties in het werkveld en laat zien welke stappen achter- en voor ons liggen.

Op basis van de literatuur van Boyes & Watson, (2022), Ortt & Tiihonen, (2022), Tekinerdogan & Verdouw (2020) en Grieves, (2016) hebben we- geïnspireerd door Ortt & Tiihonen (2022)- zes stappen gedefinieerd die nodig zijn voor de ontwikkeling van digital twins. Wij hebben de stappen datacollectie en data space aan de pipeline toegevoegd en hebben de terminologie van Ortt en Tiihonen (2022) aangepast aan de terminologie die door Boyes & Watson (2022) en Tekinerdogan & Verdouw, (2020) gebruikt wordt. De stappen zijn hiërarchisch en we veronderstellen dat de ontwikkeling van urban digital twins zich in deze volgorde ontwikkelt. Bij elk volgend niveau worden nieuwe mogelijkheden toegevoegd. Het begint bij data en eindigt bij niveau 4, het autonome urban digital twin model zoals gedefinieerd door Grieves. Hieronder is elke stap beschreven vanuit het technologische principe en functionaliteit.

VISUALISATIE 3: URBAN DIGITAL TWIN PIPELINE



- Datacollectie:** De eerste vraag die gesteld moet worden is: welke data hebben we nodig om meer inzicht te krijgen? In deze fase wordt een breed scala aan gegevens verzameld uit nieuwe- of bestaande databronnen die relevant zijn voor het stedelijke gebied dat wordt gemodelleerd. Voorbeelden zijn kaarten, luchtfoto's en terreinmodellen. Daarnaast kunnen ook demografische gegevens, verkeersgegevens, klimaatgegevens, bouwplannen, nutsvoorzieningen, historische sensordata en sociaaleconomische gegevens worden verzameld. Naast historische gegevens kan een urban digital twin ook gebruik maken van real-time dataverzameling. Sensoren en Internet of Things (IoT)-apparaten kunnen worden ingezet om voortdurend gegevens te verzamelen over bijvoorbeeld verkeersstromen, temperatuur en luchtkwaliteit. De data moet FAIR (Findable, Accessible, Interoperable en Reusable) zijn. Garbage in is grabage out. De grotere uitdaging is het samenbrengen en het waarborgen van de kwaliteit van de data.

- **Data space:** In deze stap worden de verschillende datasets geïntegreerd en genormaliseerd, zodat ze compatibel zijn en kunnen worden gebruikt voor analyses en modellering. Dit omvat het oplossen van inconsistenties en het combineren van gegevens van verschillende bronnen tot een uniforme representatie van het stedelijke gebied. Dit klinkt overzichtelijker dan het is. “Data-spaces komen echter nog nauwelijks van de grond” meldt Computable (2023) op basis van onderzoek van het Centre of Excellence for Data Sharing and Cloud. Door een gebrek aan kennis ondersteunt slechts 0,3 procent van de Nederlandse organisaties (toekomstige eindgebruikers en it-dienstverleners) de ontwikkeling van een data-space. Support blijft meestal beperkt tot de evaluatie van ontwerpen en komt niet verder dan het op afstand volgen van de ontwikkelingen binnen een data-space. Gesubsidieerde initiatieven zoals Talking Traffic (gegevensuitwisseling tussen weggebruikers en intelligente infrastructuur) zijn nagenoeg niet door de sector opgepakt. Ook partners onderling data laten delen is nog een uitdaging. Data wordt vaak gezien als kapitaal en kapitaal geef je niet zomaar weg. Hier ligt nog een grote uitdaging in de regio en constructief samenwerken blijkt soms best lastig. Dit weerhoudt echter niet om te gaan experimenteren met digital twins.
- **1 Digitaal model (visualiseren):** Wie het plaatje goed bekeken heeft, ziet dat de nummering pas begint bij digitaal model. Dit is het moment dat we in de praktijk beginnen te spreken over een urban digital twin. Een digitaal model is een representatie van een fysiek object (straat) of systeem (verkeer) in digitale vorm. Het is een abstracte weergave dat gebruik maakt van digitale gegevens om een bepaald aspect of gedrag van het object of systeem te beschrijven, zoals een 3D kaart van een stad. De focus ligt op het plotten van informatie op een statische kaart en niet op het doorrekenen van scenario's. Zowel de data input als output is handmatig.
- **2 Digital generator (simuleren):** Een digitale generator is een softwareprogramma dat automatisch digitale modellen genereert op basis van een handmatige dataflow. Het wordt gebruikt als een tool om snel scenario's te berekenen met variaties in ontwerp, eigenschappen of omstandigheden. Bijvoorbeeld om te bepalen welke huizen onder water komen te staan bij extreme regenval en om het effect van groen op hittestress te beoordelen. De uitdaging is om betrouwbare modellen te genereren. Dit wordt complexer naarmate er meer variabelen gecombineerd worden. Data uit verschillende bronnen passen niet altijd op elkaar en historische gegevens bieden geen garantie voor betrouwbare voorspellingen voor de toekomst.
- **3 Digital shadow (semiautomatisch):** Een digital shadow is een digitale replica van een fysiek object of systeem dat (bijna) real-time wordt geüpdatet met gegevens. Het fungeert als een virtuele reflectie van het echte object of systeem en stelt belanghebbenden in staat om bijvoorbeeld drukte rond evenementen te observeren, bewaken en analyseren waar handhavers actie op kunnen ondernemen. Het gebruik van realtime informatie is vooral geschikt voor bewegende objecten en korte termijn vraagstukken.
- **4 Digital twin (autonoom):** Dit is de stap die aan de definitie van Grieves voldoet. Een digitale tweeling is een digitaal model met als functie het autonoom realtime monitoren en controleren van een fysiek object of systeem. Het kan dus niet alleen spiegelen. Het kan ook operationele handelingen uitvoeren zoals de doorstroom bij een stoplicht optimaliseren.

Maar, hoe verhoudt deze categorisatie zich tot de praktijk? We hebben 22 urban digital twins in Nederland geïdentificeerd op basis van Matos et.al, (2022) en Ortt & Tiihonen, (2022) en de 29 expertinterviews. Alleen online geverifieerde twins zijn opgenomen in de lijst. Mogelijk zijn er nog niet gedocumenteerde initiatieven die in deze studie ontbreken. De urban digital twins zijn vervolgens ingedeeld op basis van het niveau van de pipeline. De hierna genoemde bronnen zijn een hyperlink met meer informatie over de desbetreffende urban digital twin.

1.2 Urban digital twins in Nederland

TABLE 1: URBAN DIGITAL TWINS IN NEDERLAND

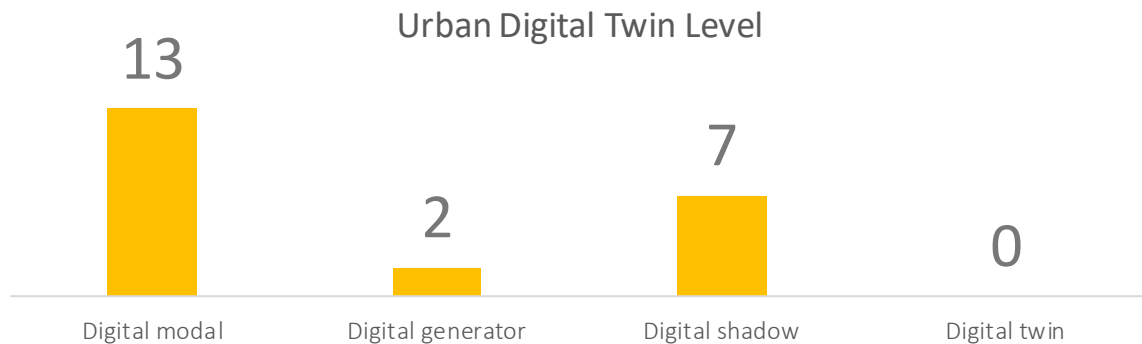
	Project	Gebied	Organisatie(s)	Gebied	Bron	Digital twin level
1	Smart City Alkmaar	Alkmaar	Analyze en Gemeente Alkmaar	Stadsplanning, woningvoorraad monitoring	(Analyze, 2023)	1 Digital modal
2	Almere Digital Twin	Almere	Gemeente Almere	3D model voor vergunningen	(Gemeente nNL, 2023)	1 Digital modal
3	3D Amsterdam	Amsterdam	Gemeente Amsterdam / Unity	Stadsplanning: 3D kaart gebouwen, wegen, vegetatie, ondergrond.	(Gemeente Amsterdam, 2023)	1 Digital modal
4	3D Digital City	Groningen	Gemeente Groningen / ArcGis	Stadsplanning: 3D kaart gebouwen, wegen, vegetatie, ondergrond.	(Gemeente Groningen, 2020)	1 Digital modal
5	Brainport Smart District Digital Twin	Helmond, Brainport Smart District	Gemeente Helmond /Geodan	Visualiseren van toekomstige woningen voor bewoners	(Brainport Smart District, 2023)	1 Digital modal
6	Lekdijk Digital Twin	Lekdijk	Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden / Geodan	Boven en ondergrond Lekdijk	(Geodan, 2023)	1 Digital modal
7	Nederland in 3D	Nederland	Future Insight, Sweco, Avineon, Nelen & Schuurmans, Cobra, Kavel10	3D Visualisatie	(Nederland in 3D, 2023)	1 Digital modal
8	3DNL	Nederland	Hexagon en Cyclomedia	Mesh metingen, asset management, schaduwanalyse, zonnecapaciteitsberekeningen en gebouwdorsneden	(Hexagon, 2021)	1 Digital modal
9	Atlas leefbare stad	Provincie Brabant	LCB, Argaleo en BUAS	Economische ontwikkeling van bedrijventerreinen, bereikbaarheid van top economische centra of logistieke functies en gebruik van panden	(LCB, 2023)	1 Digital modal
10	Virtueel Zeeland	Provincie Zeeland	Provincie Zeeland	Bodemgebruik en overstromingsrisico inzichtelijk maken.	(Virtueel Zeeland, 2023)	1 Digital modal
11	Rotterdam 3D	Rotterdam	Gemeente Rotterdam / Tygron	Stadsplanning: 3D kaart gebouwen, wegen, vegetatie, ondergrond.	(Gemeente Rotterdam, 2023)	1 Digital modal

12	3D Utrecht	Utrecht	Gemeente Utrecht / Unity	Stadsplanning: 3D kaart gebouwen, wegen, vegetatie, ondergrond.	(Gemeente Utrecht, 2023)	1	Digital modal
13	Zwolle Digital Twin	Zwolle	Kadaster	Stadsplanning: 3D kaart gebouwen, wegen, vegetatie, ondergrond.	(Gemeente Zwolle, 2023)	1	Digital modal
14	3D Stadsmodel	Eindhoven	Gemeente Eindhoven / ESRI	Interactieve digital twin om beleidskeuzes door te rekenen en te visualiseren.	(ESRI, 2021)	2	Digital generator
15	Geomilieu	Nederland	Geodan	Berekenen van geluidshinder	(Geodan, 2023)	2	Digital generator
16	Breda & Den Bosch Smart city monitor	Breda en Den Bosch	Gemeente 's Breda, Hertogen Bosch Argaleo, Geodan, JADS, BUAS	Crowd- en verkeersbeheer voor fietsverkeer met real-time informatie.	(Smart city monitor, 2023)	3	Digital shadow
17	Den Bosch Crowd Management Dashboard	Den Bosch	Gemeente 's Hertogen Bosch en Argaleo	Real-time crowd management	(Argaleo, 2023)	3	Digital shadow
18	Den Haag Digital Twin	Den Haag	Gemeente Den Haag en Argaleo	Monitoring flows voetgangers en fietsers.	(OTAR, 2021)	3	Digital shadow
19	Digital twin Deventer door Tauw	Deventer	Gemeente Deventer, Tygron, Tauw, Esri)	Free drawing, hittestress,	(Tygron, 2023)	3	Digital shadow
20	Nijmegen 3D Tweelingstad	Nijmegen	Nijmegen, Politie, Veiligheidsregio, Vierdaagse feesten, ESRI	Evenementenvergunningen, crowd management voor events, voorbereiding veiligheidsdiensten	(ESRI, 2021)	3	Digital shadow
21	Tygron Platform	on aanvraag	Tygron	Platform voor stadsplanning met functies als milieueffectbeoordelingen, verkeersanalyse en scenarioanalyse.	(Tygron, 2023)	3	Digital shadow
22	Urban Strategy	on aanvraag	TNO	Voorspellende twin voor de vervoersvraag, emissies, topologie, geluid en energie verbruik	(TNO, 2023)	3	Digital shadow

Wat opvalt in grafiek 1, is dat meer dan de helft (dertien van de tweeëntwintig) volgens Tekinerdogan & Verdouw (2020) eigenlijk digitale modellen zijn, die zich voornamelijk richten op het visualiseren van data door het te plotten op een (3D) kaart. Twee voorbeelden zijn geclassificeerd als digitale generatoren die worden gebruikt voor simulaties die in zekere mate interactief zijn. Bij zeven is er enige automatische koppeling met (bijna) realtime data, waarvan vier twins worden ingezet voor het monitoren van groepen voetgangers of fietsers. Tygron en TNO gebruiken hun twins voor verkeersanalyses, waarbij Tygron ook tekenen en experimenteren in de twin mogelijk maakt. Geen van

de twins maakt echter gebruik van automatische datastromen die voldoen aan de definitie van Grieves. Dit roept de vraag op of de huidige urban digital twins in Nederland eigenlijk wel echt als digitale twins kunnen worden beschouwd?

GRAFIEK 1: VERDELING URBAN DIGITAL TWIN LEVELS IN NEDERLAND

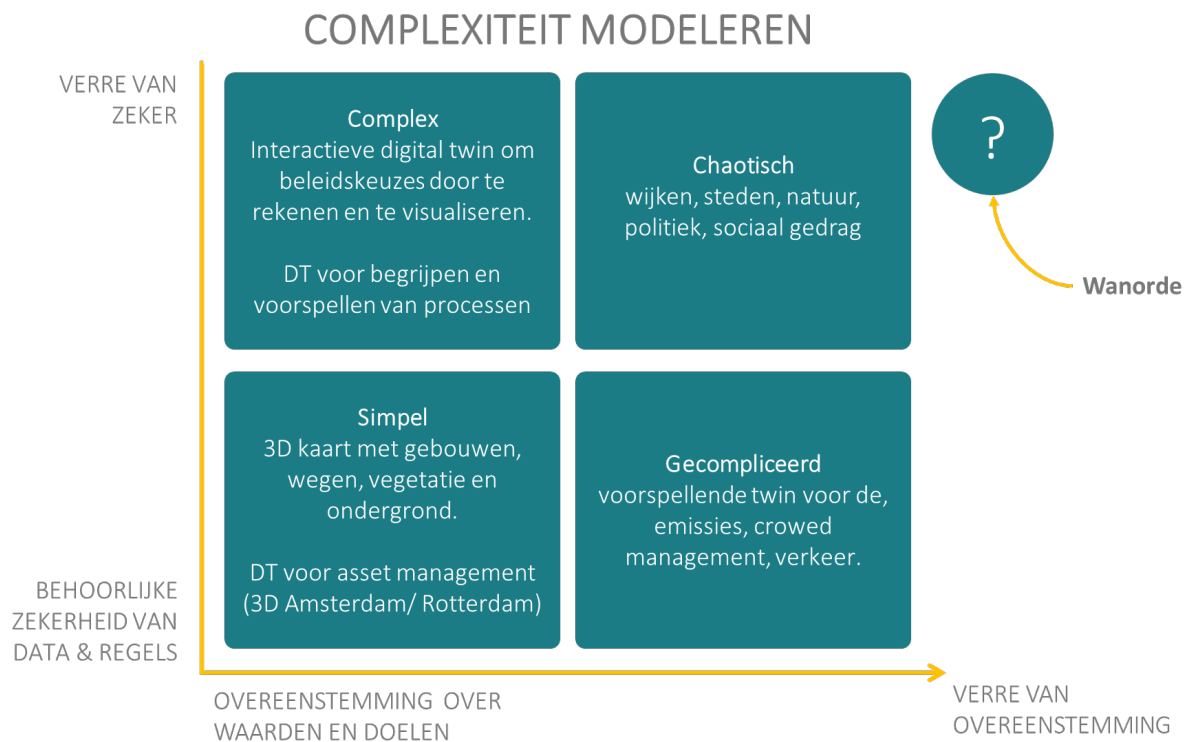


Hoe komt het dat het zo moeilijk is om die hogere niveaus te bereiken? En is het eigenlijk wel wenselijk om een urban digital twin te hebben die volledig automatisch data verwerken en daarna handelen? Om dit beter te begrijpen, hebben we uitgezocht wat rol van complexiteit is.

1.3 Complexity model

Ralph Douglas Stacey (2002) heeft het Complexity Model ontwikkeld, ook bekend als het Cynefin Framework. Dit model is bedoeld om besluitvorming te ondersteunen en is - met wat aanpassingen - verrassend bruikbaar om de mate waarin een digital twin nu complexiteit inzichtelijk kan maken, in beeld te brengen. Het framework classificeert problemen en situaties in vijf domeinen, elk met verschillende kenmerken en benaderingen. We beginnen links onderin bij "Simpel":

VISUALISATIE 4: STACY'S COMPLEXITY MODEL, AANGEPAST VOOR URBAN DIGITAL TWINS.



Simpel: In dit domein zijn de relaties duidelijk en voorspelbaar. Problemen zijn *goed gestructureerd* en kunnen worden aangepakt met best practices en bekende oplossingen. Er is een hoge mate van zekerheid over de gegevens en regels en er is overeenstemming over de waarden en doelen. Dit maakt het ook logisch dat het merendeel van de 'twins' momenteel digitale modellen zijn omdat vergeleken met 'generators', 'shadows' en digitale twins, het relatief simpel is. Vaak worden openbare landelijke gegevens die algemeen worden geaccepteerd, zoals de BAG, als de standaard gebruikt voor het model. Zo weten we behoorlijk nauwkeurig waar huizen staan, wegen lopen en hoe groot de bomen zijn. Voorbeelden hiervan zijn 3D Rotterdam, 3D Amsterdam en NL3D. Veel van deze digitale modellen lijken op elkaar en hebben vergelijkbare functies omdat ze vaak zijn gebouwd op dezelfde soort datasets die goed beschikbaar en betrouwbaar zijn. Momenteel bestaat deze data voornamelijk uit: gebouwen en hun functie, bruggen, kanalen, vegetatie, en in sommige gevallen ook de ondergrond. Dit zijn statische artefacten die beperkte onderlinge invloed uitoefenen. Je hoeft er dus niet mee te rekenen en dit beperkt de functie vaak tot het visualiseren van data.

Complex: In dit domein kijken we naar de toekomst; dit blijft altijd een vorm van voorspellen, maar met behoorlijke overeenstemming over de waarden en doelen kan het nuttig zijn, zoals SMART gedefinieerde lange termijn beleidsuitdagingen. Dit zijn *matig gestructureerde doelproblemen* met een lage mate van zekerheid van data, omdat het gaat om hypothetische situaties en de modellen zijn gebaseerd op historische data. Binnen deze complexiteit is het mogelijk om te experimenteren, te leren door te doen en iteratieve aanpassingen te maken om te bepalen welke strategie het beste past om de

gewenste waarden en doelen te bereiken. Dit is het domein van de digitale 'generators' en deze zijn op sommige gebieden al effectief gebleken. Geodan maakt gebruik van hun digitale 'generator' om geluidshinder te berekenen en te voorspellen en Eindhoven werkt aan een 'generator' om integraal beleidskeuzes door te rekenen. Wat we zien is dat de huidige 'generators' vaak op specifieke deelonderwerpen goed presteren, mits de resultaten in de loop van de tijd worden gevalideerd met historische gegevens. Het opbouwen van 'generators' zonder goede data of de mogelijkheid om toekomstige resultaten te valideren, is weinig effectief vanwege de grote hoeveelheid aannames die hiervoor moeten worden gedaan en het blijft altijd een "estimate guess at best".

Gecomplieerder is het domein waarin oorzaak-en-gevolg relaties aanwezig zijn, maar deze niet altijd duidelijk zichtbaar zijn. We zien bijvoorbeeld dat het drukker wordt tijdens een evenement, maar wanneer is het te druk? En zijn 45.000 mensen veel, te veel, is het overal te veel? Met deze *matig gestructureerde middel problemen* - met redelijke zekerheid over de gegevens en regels - kan je de drukte real-time in kaart brengen. Dit is nodig omdat mensen moeite hebben om zich een voorstelling te maken van grote getallen en omdat het begrip "te druk" subjectief is. Om consensus te bereiken kan het nuttig zijn om dit te simuleren op basis van bijna-realtime gegevens. Dit is nuttig bij bewegende elementen met grote aantallen of voortdurend veranderende contexten, zoals verkeer, evenementen of het weer. Omdat drukte subjectief en contextafhankelijk is, blijft expertise nodig om de resultaten te vertalen naar acties. Dit is het domein van de digitale schaduwen. Voorbeelden hiervan zijn de smart city monitor van Den Bosch en Breda, evenals het nog te ontwikkelen Nijmegen 3D Tweelingstad voor de Vierdaagse feesten.

Chaotisch: In dit domein ontbreekt orde en stabiliteit. Het is een fase van crisis en urgente actie voor complexe *ongestructureerde "wicked problem"* die niet met standaard data kunnen worden gesimuleerd. Zoals (politiek) gedrag. Er zijn geen inzichtelijke oorzaak-en-gevolg relaties en snelle beslissingen moeten worden genomen over processen die we niet betrouwbaar kunnen simuleren. Bij welk niveau van de digital twin pipeline hoort dit eigenlijk? Eigenlijk geen. Dit betekent niet dat je niets kan doen. Het leger gebruikt bijvoorbeeld wargames om oorzaak-gevolg relaties uit te denken. Deze serious games kunnen bijdragen aan het inzichtelijk maken van de problematiek. Dat kan in zekere zin op basis van data, maar vaak wordt er zwaarder geleund op scenario's/narratieven die in de echte wereld kunnen voorkomen. Dit blijft mensenwerk en misschien is dat maar goed ook.

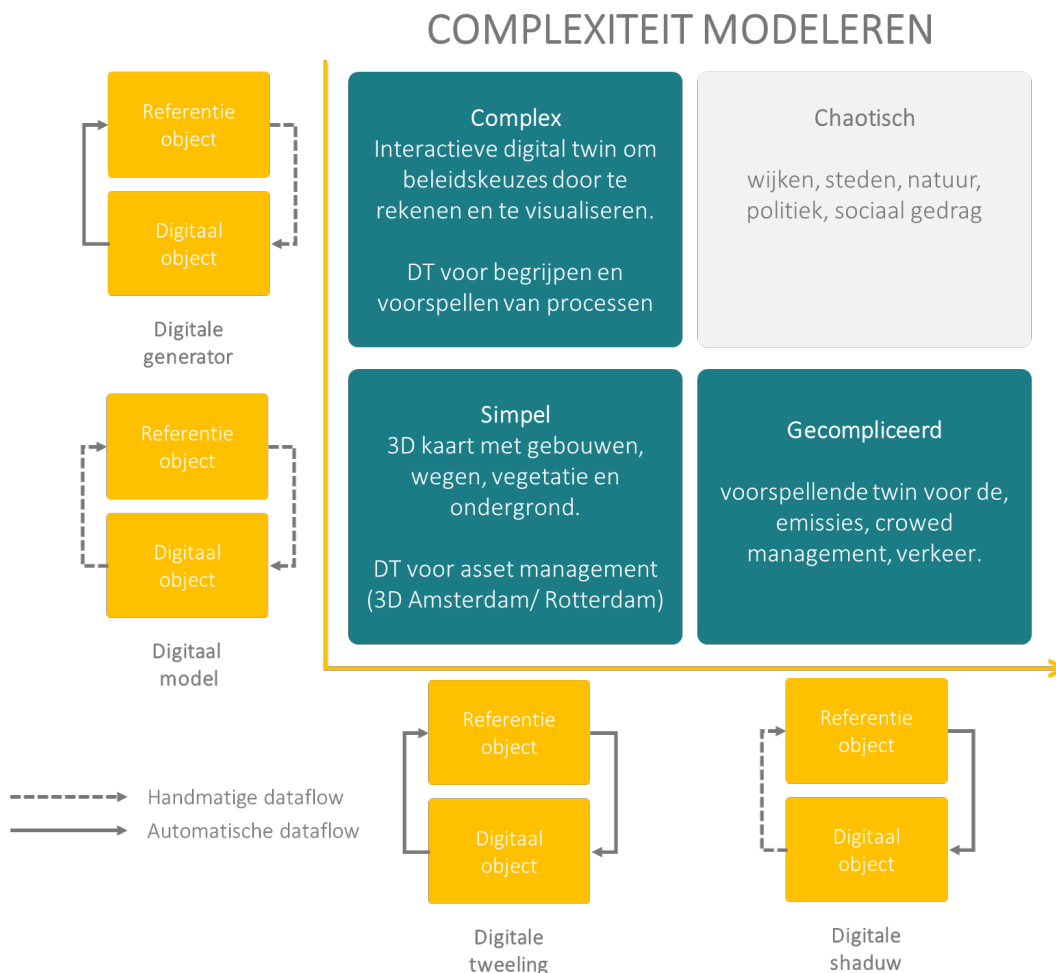
En waar zijn eigenlijk de autonome digital twins in dit verhaal? Onze overtuiging is dat deze alleen kunnen worden toegepast in situaties waarbij er een hoge mate van overeenstemming is over de waarden en doelen, een volledige zekerheid van data en regels, en het om een situatie gaat waarbij we de twin automatische keuzes kunnen laten maken. Het gaat dus om een aantal casussen in het simpele domein. Vaak focussen ze op beheer. Bijvoorbeeld, hoe kun je zo veel mogelijk verkeer per uur langs de stoplichten leiden?

Wanorde? In dit domein weet men niet welk van de andere vier domeinen van toepassing is. Het kan ontstaan wanneer mensen geen idee hebben hoe ze een situatie moeten aanpakken of als er een chaotische overgang is tussen de andere domeinen. Als je in het domein van wanorde zit, is het zaak om er zo snel mogelijk uit te komen. Als het over urban digital twins gaat, raden we je aan jezelf de volgende vragen te stellen:

- Vraag 1.** Wat wil ik inzichtelijk maken?
- Vraag 2.** Is het iets statisch, toekomstgericht, iets bewegend of iets chaotisch?
- Vraag 3.** Is er overeenstemming over het doel van dit inzicht?
- Vraag 4.** Is er betrouwbare data beschikbaar om dit inzichtelijk te maken?

Afhankelijk van je antwoord kom je dan bij een van deze vier domeinen uit of moet je op zoek naar betere data of meer consensus. Dit klinkt gemakkelijker dan het is. Het verkrijgen van consensus gaat niet alleen over het verkrijgen van de juiste data/cijfers. Het gaat om het samenbrengen van verschillende perspectieven, achtergronden en belangen van betrokken partijen, wat kan leiden tot tegenstrijdige standpunten en meningen. Complexere onderwerpen en onzekerheid maken het niet makkelijker.

VISUALISATIE 5: STACY'S COMPLEXITY MODEL, EN DE DIGITAL TWIN PIPELINE



Het verkrijgen van betere data brengt ook uitdagingen met zich mee wat regelmatig te wijden is aan beperkte datagovernance en data management. Data wordt vaak beperkt verzameld, is gedateerd of niet gevalideerd. Daarnaast is data vaak verspreid tussen verschillende partijen en in de praktijk vinden zij het nog moeilijk om deze gezamenlijk te verwerken. Data wordt vaak gezien als (soms onbenut) kapitaal en je geeft je kapitaal niet zomaar weg. Daar wil je wat voor terug. Meerdere deelnemers aan dit onderzoek beamen dit. Opvallend is dat degenen die het meest aan het bouwen van twins werken, data vaak het minst als een probleem zien. Een van de geïnterviewden verwoordde dit treffend: *“Eerst ga ik kijken of we het zelf hebben. Zo niet, dan kijk ik of een partner het heeft. Als die het ook niet heeft, gaan we kijken hoe duur het is om die data zelf te verzamelen en anders kopen we het. Blijkt kopen te duur, dan verzamelen we het zelf alsnog als we de data echt nodig hebben”*. Goede beschikbare data blijft een uitdaging. Een uitdaging waar de deelnemers heel verschillend tegenaan kijken, zoals blijkt uit hoofdstuk 2.

De urban digital twin pipeline en het aangepaste Cynefin-framework van Stacey hebben we samengevat in het onderstaande model. De urban digital twin pipeline blijft hiërarchisch omdat je de onderliggende

technieken nodig hebt om een niveau hoger te komen. Toch is een niveau hoger niet altijd beter. Het gaat erom in welke soort complexiteit je inzicht wil hebben.

1.4 Conclusie complexiteit in de wereld en begrippen: Wat zijn digital twins?

Hoe ziet de urban digital twin pipeline eruit?

De urban digital twin pipeline bevat zes stappen voor de ontwikkeling van digitale tweelingen voor stedelijke systemen. Deze stappen zijn: datacollectie, data spaces, digitale modellen, digitale generatoren, digitale schaduwen en autonome digitale tweelingen. Datacollectie en data spaces vormen de randvoorwaarden, terwijl de andere stappen in de praktijk vaak als een verzamelnaam voor urban digital twins worden gebruikt. Er zijn echter verschillen tussen deze stappen. Zo richten digitale modellen zich op het visualiseren van statische informatie met handmatige dataflows. Digitale generatoren voeren ook automatische simulaties uit op basis van handmatige data-invoer. Digital shadows maken ook nog gebruik van real-time data die handmatig, door mensen, geïnterpreteerd moet worden, en digitale twins die aan de definitie van Grieves voldoen zijn volledig autonoom. Deze hiërarchische opbouw impliceert dat elke stap voortbouwt op de onderliggende technieken van visualiseren naar simuleren, deels automatiseren naar volledig automatiseren en elke nieuwe stap voegt weer nieuwe functies toe. De keuze voor het juiste niveau hangt af van de complexiteit van het te modelleren systeem.

Hoe worden urban digital twins concreet toegepast in Nederland en hoe sluiten deze toepassingen aan op de verschillende stappen van de digital twin pipeline?

In Nederland zijn 22 toepassingen van urban digital twins geïdentificeerd en ingedeeld volgens de urban digital twin pipeline. De toepassingen variëren van digitale modellen voor visualisatie tot meer geavanceerde digitale generatoren en digitale schaduwen. De huidige focus in Nederland lijkt te liggen op het statisch 3D visualiseren van gebouwen, wegen, vegetatie en ondergrond (13/22). Dit komt doordat die data relatief goed beschikbaar is. Op basis van Matos et.al, (2022) en Ortt & Tiihonen, (2022) en de 29 expertinterviews zijn twee voorbeelden (2/22) van digitale generators gevonden die zich bezighouden met het simuleren van geluid en beleidsdoelen. Zeven van de twaalf casussen betreffen digital shadows, omdat ze enige mate van real-time informatie gebruiken, met name voor het simuleren van evenementen en verkeer. Er zijn geen voorbeelden gevonden die aan Grieves definitie van een digital twin voldoen. De voorbeelden van het Tygron platform en de Urban Strategy Index van TNO lijken momenteel het best in staat te zijn om een aantal stedelijke processen te simuleren en het Bossche bedrijf Argaleo valt op door de focus op visualisatie.

Wat voor complexiteit kunnen de huidige generatie urban digital twins aan?

Het aangepaste Cynefin Framework maakt onderscheid in vier domeinen. In "Simpel" met duidelijke overeenstemming van waarden en doelen en behoorlijke zekerheid van data wordt vooral gewerkt aan digitale modellen voor visualisatie van statische objecten. Dit is relatief makkelijk wat het logisch maakt dat er vooral digital models zijn in Nederland. "Complex" gaat over de toekomst door het gebruik van digitale generatoren voor iteratieve simulaties voor bijvoorbeeld beleidskeuzes. Daarvoor heb je consensus nodig over de waarden en doelen. Toekomstige informatie is per definitie onzeker omdat het over de toekomst gaat maar historische data die gevalideerd wordt kan wel inzicht geven. In "Gecompliseerd" analyseren digitale schaduwen met real-time data en simulaties bewegende objecten zoals mensen en verkeer of veranderende contexten zoals weer. Autonome digitale twins zijn alleen geschikt voor domeinen met hoge overeenstemming datazekerheid en beperkte impact. Dit framework begeleidt de keuze voor digital twin-types op basis van complexiteit. Het bereiken van consensus over waarden en doelen en het verbeteren van de zekerheid van data en regels blijven cruciale uitdagingen die moeten worden aangepakt om de volledige potentie van urban digital twins te benutten en zijn daarbij afhankelijk van een collaboratieve benadering met voldoende multidisciplinaire disciplines en georganiseerde stakeholdersmanagement.

Making (common) sense of urban digital twins

2

2 Making (common) sense of urban digital twins

Er is hier gekozen voor een Engelse term omdat het beter de lading dekt dan de Nederlandse vertaling. Common sense verwijst naar de gemeenschappelijke kennis van de commons, dus de gedeelde kennis, in plaats van de algemene kennis zoals we in Nederland kennen. Welke kennis wordt samen gedeeld en is niet controversieel? En waar verschillen de meningen over digital twins? Dit hoofdstuk verkent de common sense over digital twins doormiddel van een Q-studie.

2.1 Methode

Binnen dit onderzoek zijn 29 deelnemers bevraagd over hun ideeën over urban digital twins door middel van de "Q-method". De Q-method is ontwikkeld om denkbeelden en percepties over "boundary concepts" inzichtelijk te maken. De term "Boundary concepts" is geïntroduceerd door sociologen Susan Leigh Star en James Griesemer in het kader van studies naar wetenschap en technologie. Deze term wordt gebruikt om objecten of ideeën te beschrijven die de mogelijkheid hebben om verschillende gemeenschappen, disciplines of perspectieven met elkaar te verbinden. Echter, om dit te bereiken, moeten ze dezelfde taal gaan spreken. Daarom hebben wij de volgende op maat gemaakte Q-studie naar urban digital twins ontworpen.

Onderzoeksprocedure:

De Q-methodologie omvat de volgende stappen:

1. Eerst hebben we een systematisch literatuuronderzoek uitgevoerd om de "Q-set" voor urban digital twins te genereren. Een standaard Q-set bestaat uit 30-50 statements. Op basis van het literatuuronderzoek zijn 41 statements getest en geselecteerd tijdens meerdere interne workshops.
2. Vervolgens hebben we deelnemers geselecteerd via het BrabantStad samenwerkingsverband en het Slimme Stad Ecosysteem op basis van hun kennisniveau en achtergrond. Hieruit zijn 29 deelnemers naar voren gekomen die in 2023 zijn geïnterviewd gedurende april, mei, juni en juli.
3. De deelnemers hebben individueel de Q-methodologie doorlopen met behulp van een online platform, in samenwerking met de onderzoeker(s). Binnen dit platform werden ze gevraagd om een "Q-sort" uit te voeren, waarbij ze de statements rangschikten op een quasi-normale verdeling zoals in visualisatie 6 (Q-schaal, -3 tot +3, sterk mee oneens- sterk mee eens).
4. Deelnemers zijn gevraagd om de onderliggende redenen achter hun keuzes toe te lichten. Alle interviews zijn opgenomen, automatisch getranscribeerd, handmatig gecodeerd en geanalyseerd.
5. Op basis van de Q-sort is een statistische analyse uitgevoerd, waarbij "omgekeerde factoranalyse" is toegepast. Een omgekeerde factoranalyse is een statistische techniek op basis van correlatie die wordt gebruikt om patronen tussen de antwoorden van deelnemers te vinden.
6. Op basis van de omgekeerde factoranalyse en de geanalyseerde interviews zijn handmatig frames samengesteld die de verschillende en overeenkomende denkbeelden over urban digital twins weergeven.

2.2 Resultaten

Negenentwintig participanten hebben deelgenomen aan de Q-sortering en het daaropvolgende diepte-interview. Deelnemers waren tussen de 27 en 62 jaar. Drieëntwintig identificeerden zich als man, vier als vrouw en twee kozen ervoor om hun geslacht niet te delen. Deelnemers mochten zelf hun begripsniveau over urban digital twins delen: twee deelnemers beweerden bijna alles te weten, zestien wisten er veel van, negen hadden er behoorlijk wat kennis over, en één wist een paar dingen. 23 participanten werken in de publieke sector, voornamelijk ambtenaren bij gemeentes in Noord-Brabant, drie werken voor private organisaties, twee in kennisinstellingen en één in een non-profit organisatie. Een volledige lijst van deelnemers en hun institutionele affiliaties is te vinden op de achterzijde van het rapport

Op basis van de resultaten zijn drie statistisch significante frames geïdentificeerd, die samen 54% variantie verklaren in opvattingen over urban digital twins, namelijk:

1. Techno-utopisme in stedelijk bestuur.
2. Het heroverwegen van op data gebaseerde besluitvorming – het kritisch perspectief.
3. Integrators van digital twins in de echte wereld.

Op basis van de data zijn nog twee frames ontwikkeld die niet statistisch significant zijn. Namelijk:

4. Pragmatische data pushers
5. Conflict simulators.

Deze toevoeging van de laatste twee frames zorgt voor een verklaarde variantie van 64%, echter zijn frame 4 en 5 in dit rapport niet verder uitgewerkt omdat ze niet significant zijn. Bij interesse zijn de beschrijvingen van de laatste twee frames in het Engels beschikbaar.

De onderzochte statements en een gemiddelde rang per statement en frame, is weergegeven in Tabel 2 onder de noemer “ideale rang”. Tabel 2 toont de correlaties tussen de participant en elk frame. Van de 29 deelnemers vertoonden 27 een significante overlap in opvattingen met één frame, wat 53 procent van de totale variantie in opvattingen verklaart. De ambigue factoren, die binnen meerdere frames vallen, zijn apart vermeld. Tabel 3 presenteert de correlatie tussen de factoren. Een hoog getal duidt op een hogere gelijkheid tussen perspectieven. Dit suggereert enige overlap tussen de verschillende frames, wat aangeeft dat de variaties in de conceptuele benadering van urban digital twins niet radicaal gescheiden zijn. Een beschrijving van elk frame is toegevoegd na de bovengenoemde tabellen.

TABEL 2: GEMIDDELDE RANG PER STATEMENT PER FRAME VAN GROOT NAAR KLEIN.

No	Statement	Gem	Ideale rang		
			1	2	3
F3	Eén van de belangrijkste functies van een urban digital twin is de mogelijkheid om de toekomstige consequenties van beslissingen te berekenen en voorspellen.	1,62	3	0	2
P8	Urban digital twins kunnen gebruikt worden om te communiceren hoe de stad of regio zich mogelijk in de toekomst kan ontwikkelen.	1,55	3	0	2
P7	Urban digital twins kunnen participatie van burgers verbeteren.	1,45	2	1	3
P2	Urban digital twins zijn een tool om van verschillende scenario's te leren.	1,41	2	2	2
I3	Urban digital twins zullen de manier veranderen waarop belanghebbenden hun stad of regio mede vormgeven.	1,31	1	2	3
P1	Urban digital twins hebben het potentieel om besluitvorming meer op feiten te baseren.	1,17	3	-2	2
P9	Urban digital twins kunnen de betrokkenheid van belanghebbenden aanzienlijk verbeteren.	1,03	3	0	1
S5	Publiek-private organisaties en kennisinstellingen moeten de samenwerken en ontwikkeling in het gebruik van urban digital twins op elkaar afstemmen.	0,93	2	1	0

P3	Een urban digital twin helpt bij het vinden van een balans tussen verschillende waarden, zoals veiligheid, duurzaamheid en bereikbaarheid, binnen de ruimtelijke ordening.	0,9	2	0	1
S6	Het is belangrijk dat lokale en regionale overheden de ontwikkeling van een technische en organisatorische infrastructuur voor urban digital twins actief ondersteunen.	0,83	2	1	-1
S3	Er is meer onderzoek nodig naar de ethische, maatschappelijke en politieke consequenties van urban digital twins.	0,76	0	3	0
S2	Beleidsmakers en belanghebbenden moeten zich meer bewust zijn van en beter geïnformeerd zijn over urban digital twins.	0,66	1	2	-1
S4	Besluitvormers hebben meer training nodig in het gebruik van urban digital twins voordat deze technologie breed kan worden toegepast.	0,62	0	3	0
F5	Een van de belangrijkste functies van een urban digital twin is het integreren en harmoniseren van grote hoeveelheden geodata.	0,55	-1	-1	3
P6	Urban digital twins kunnen de plannen van verschillende stakeholders integreren in één integraal stedenbouwkundig ontwerp	0,55	1	0	1
D3	Een digital twin kan ideeën, concepten en ontwerpen vastleggen die (nog) niet bestaan.	0,38	1	0	1
P1	Urban digital twins kunnen gebruikt worden om te bemiddelen bij ruimtelijke conflicten.	0,28	0	-1	1
C3	Urban digital twins worden belemmerd door gebrek aan beschikbaarheid en kwaliteit van data.	0,28	0	3	-1
I2	Urban digital twins gaan fundamenteel ruimtelijke ordening veranderen.	0,21	0	-1	1
P4	Urban digital twins hebben een groot potentieel voor lokale en/of regionale economische ontwikkeling.	0,14	0	1	0
I1	Een urban digital twin is een 'must-have' voor smart cities en regio's.	0	1	-3	0
I4	In de toekomst zullen beslissers en belanghebbenden samenwerken in één en dezelfde urban digital twin.	0	0	1	0
C1	Urban digital twins zijn niet neutraal of objectief omdat interfaces filteren en kleuren wat we zien.	0	-1	3	-2
P5	Urban digital twins kunnen de veerkracht van stedelijke gebieden verbeteren tegen bijvoorbeeld natuurrampen en pandemieën.	-0,03	1	0	-2
F1	Een van de belangrijkste functies van een urban digital twin is 3-Dimensionale visualisatie van de stad of regio.	-0,14	-1	0	2
F4	Een van de belangrijkste karakteristieken van een urban digital twin is dat de gebruikersinteractie zo makkelijk is als in een computerspel.	-0,21	-1	0	1
D2	Een digital twin is een digitale kopie van een fysiek object of artefact dat in de echte wereld bestaat.	-0,31	-2	-2	3
C6	Urban digital twins worden belemmerd door gebrek aan coördinatie tussen publiek-private organisaties.	-0,34	0	1	-2
C7	Urban digital twins worden belemmerd door gebrek aan transparantie en openheid voor niet-experts.	-0,38	-1	1	0
P1	Urban digital twins worden de regiekamer voor een stad of regio.	-0,48	1	-3	0
F2	Een van de belangrijkste functies van een urban digital twin is real-time meten en monitoring.	-0,59	0	-2	-1
C4	Urban digital twins worden belemmerd door gebrek aan digitale veiligheid.	-1,03	-2	-1	-1
C8	Urban digital twins worden belemmerd door het ontbreken van onderling verbonden stedelijke sensoren.	-1,1	-1	-1	-2
C2	Urban digital twin is een opgeblazen concept omdat het niet kan waarmaken wat het beweert.	-1,17	-3	2	-2
S7	Het zou een goed idee zijn om één digital twin van heel Nederland te hebben	-1,24	-2	-3	0
C5	Digital twins zijn niet bruikbaar voor besluitvorming omdat data en simulatiemodellen nog onbetrouwbaar zijn.	-1,31	-3	2	-3
D1	Een digital twin is niets meer dan een geavanceerd simulatiemodel.	-1,41	-3	-1	-1

D4	Een digital twin is in staat om complex sociaaleconomisch en politiek gedrag te modeleren.	-1,45	-1	-1	-3
I5	De uitvoer van een digital twin zal in de (nabije) toekomst meer autoriteit hebben bij besluitvorming dan de kennis van een expert.	-1,45	-2	-2	-1
S1	Het ontwikkelen en gebruiken van urban digital twins moet worden overgelaten aan de markt en afhangen van de vraag en het aanbod.	-1,9	-2	-3	-3
D5	Digital twins zijn een technologisch gedrocht in de handen van Big Tech.	-2,07	-3	-2	-3

Factor 1: Techno-utopisme in stedelijk bestuur

Vijftien deelnemers scoorden significant op frame één, waaronder: elf personen werkzaam voor de publieke sector, drie met een onderzoeksachtergrond en twee personen uit de private sector. Samen deelden ze een opvatting over urban digital twins met de volgende uitsluitend positieve statements: *urban digital twins hebben het potentieel om de kwaliteit van besluitvorming te verbeteren door toekomstige consequenties van beslissingen te berekenen en voorspellen (F3, +3). De overtuiging is dat dit de betrokkenheid van belanghebbenden aanzienlijk zal verbeteren (P9, +3) en zal helpen bij het vinden van een balans tussen verschillende waarden zoals veiligheid, duurzaamheid en bereikbaarheid (P3, +2).*

De techno-utopisten benadrukken dat (regionale) overheden de ontwikkeling van de technische en organisatorische infrastructuur voor urban digital twins actief moeten ondersteunen (S6, +2) om onderzoek en innovatie door private organisaties en kennisinstellingen te stimuleren. Ze zien het belang van deze samenwerking om de ontwikkeling en het gebruik van urban digital twins op elkaar af te stemmen (S5, +2). Uit de interviews blijkt dat er vaak een gat zit tussen de behoefte vanuit de gemeente en het aanbod van de ontwikkelaar.

Ze benadrukken ook dat een digital twin meer moet zijn dan een geavanceerd simulatiemodel (D1, -3). Visualiseren en simuleren zijn niet voldoende (digital modal en generator). Je moet er ook echt interactief mee kunnen rekenen met real-time data. Ze denken ook dat dit kan. De techno-utopisten zijn het sterk oneens met de stelling dat urban digital twins een opgeblazen concept zijn, dat niet kan waarmaken wat het beweert (C2, -3) en zien beperkt risico in belemmering aan transparantie en openheid voor niet-experts (C7, -1).

Bij het bekijken van de interviews is het duidelijk dat het centrale standpunt van dit frame draait om de positieve impact op besluitvorming. In een wereld met steeds complexere stedelijke uitdagingen kunnen urban digital twins worden gebruikt als een instrument om deze complexiteit aan te pakken. Ondanks hun imperfecties kunnen urban digital twins worden benut en er zijn al enkele betrouwbare voorbeelden. Een deelnemer erkent de kritiek, maar betoogt dat urban digital twins beter zullen zijn dan de huidige manier van werken, die ook bevooroordeeld is en beïnvloed wordt door subjectiviteit.

Frame 1 vertegenwoordigt de grootste groep individuen met een gedeeld standpunt binnen deze studie. De groep heeft hoge verwachtingen, maar onderschat mogelijk het risico van het gebrek aan transparantie en openheid voor niet-deskundigen.

Frame 2: Het heroverwegen van op data gebaseerde besluitvorming, kritisch perspectief

Frame 2 vertoont een significante correlatie met vijf deelnemers, bestaande uit vier ambtenaren en één onderzoeker. Twee van hen zijn actief betrokken bij ethische kwesties rond nieuwe technologieën. Deze critici zijn een stuk bezorgder dan de techno-utopisten.

Een belangrijke zorg is dat urban digital twins niet neutraal zijn omdat interfaces altijd filteren en kleuren wat we zien (C1, +3). Voor de virtuele groenbeleving bijvoorbeeld, maakt het uit hoe groot en groen de bomen in het 3D-model zijn. Ze vinden dat de beschikbaarheid en kwaliteit van data de ontwikkeling van digital twins belemmert (C3, +3). Omdat ze de kwaliteit van de data beperkt vinden, twijfelen ze of

urban digital twins de complexiteit in onze wereld inzichtelijk kunnen maken. Wat je niet weet of ziet, wordt immers vaak vergeten in besluitvorming. Daarom twijfelen ze ook of urban digital twins de potentie hebben om besluitvorming echt meer op feiten te baseren (P10, -2).

Ze vrezen dat deze risico's niet worden gezien door de mensen die ermee werken. Daarom moeten gebruikers meer training krijgen voordat urban digital twins breed kunnen worden toegepast (S4, +3) en ze moeten zich meer bewust zijn van de mogelijke risico's van het gebruik van digital twins (S2, +2). Die risico's zijn momenteel nog niet duidelijk genoeg. Daarom is er meer onderzoek nodig naar de ethische, maatschappelijke en politieke gevolgen van urban digital twins (S3, +2).

De critici geloven niet dat urban digital twins een gedrocht zijn in de handen van Big Tech (D5, -2). Maar, ze maken zich vooral zorgen over de techno-fixatie. Het wordt vaak verkocht en aangekocht als een must-have voor smart city (S1, -3) en ze zijn bang dat de twin uiteindelijk als een regiekamer voor de stad wordt gezien (P1, -3), terwijl het concept momenteel nog beperkt is en niet kan waarmaken wat het belooft (C2, +2). En, met welk doel? Nog meer optimaliseren en focussen op groei? Een van de deelnemers verwoordde het treffend: *We moeten helemaal geen smart city willen worden. Waar hij aan wil werken is een 'wise city'. Een stad die niet focust op techniek, optimalisatie en groei maar, op het steeds leefbaarder maken van de samenleving.*

Hoewel deze groep niet een groot aantal individuen vertegenwoordigt, voegt dit perspectief een waardevol element toe dat aandacht verdient bij de ontwikkeling van urban digital twins. De individuen in deze groep maken zich oprecht zorgen over de ethische, maatschappelijke en politieke gevolgen rond deze nieuwe technologie. Ze zien het als een technologie-push vanuit de industrie en zetten vraagtekens bij de vraag of het echt substantieel bijdraagt aan de problemen van de bewoners in hun stad. Ze zien het als een duur project met matig resultaat en met risico's voor persoonlijke gegevens, privacy, veiligheid en de betrouwbaarheid van de algoritmes. Vooringenomenheid en institutionele discriminatie, zoals het algoritme van de toeslagenaffaire, worden bijvoorbeeld genoemd binnen dit frame.

Frame 3: Real-World Integrators van digital twins

Zeven deelnemers passen in frame drie: zes werkzaam bij gemeenten en één vanuit de academische wereld. Ze zien een digital twin als een digitale kopie van een object of artefact dat in de echte wereld bestaat (D2, +3) en dat kan helpen burgerparticipatie te verbeteren met de visualisatiemogelijkheden van digitale modellen en generators (P7, +3). Ze zien dan ook de 3D-visualisatie als een van de belangrijkste functies van de digital twin (F1, +2). Om het 3D-model echt bruikbaar te maken voor participatie hechten ze veel belang aan het integreren en harmoniseren van grote hoeveelheden geo-data (F5, +3) en zien die representatie van die data ook als objectief (C1, -2). Dit is wat een urban digital twin in hun ogen belooft en waarmaakt (C2, -2). Ze zetten van alle frames ook de grootste vraagtekens bij de mogelijkheid om complex sociaaleconomisch en politiek gedrag te modelleren (D4, -3), maar zien andere gesimuleerde modellen, zoals verkeer, wel als betrouwbaar (C5, -3).

Uit de notities van de interviews wordt duidelijk dat er enig optimisme is ten opzichte van digital twins, maar dat ze het ook niet als dé oplossing voor alles zien. Bij bepaalde onderwerpen kan met beperkte simulatie veel inzicht worden gegenereerd. Wat opviel, is dat de mensen binnen dit frame actief betrokken zijn bij de implementatie van digital twins. Dat verklaart mogelijk ook waarom ze de nadruk leggen op visualiseren. Dat is waar de meeste digital twins nu op focussen en met aanpassingen kan dit n gebruikt voor participatie. Ze zeggen ook dat de gegevens niet perfect hoeven te zijn, zolang je daar transparant over bent. Het is niet alsof klassieke besluitvorming wel altijd klopt en perfect onderbouwd is. Een digitale twin maakt validatie van de informatie wel mogelijk door historische data en voorspellingen te valideren. Daardoor worden de modellen steeds beter en kan er op termijn

overgegaan worden van visualiseren naar simuleren. Of dit dan ook real-time moet plaatsvinden, vinden ze minder relevant (F2, -1).

Overeenkomsten en verschillen tussen de frames

De frames geven inzicht hoe verschillend er tegen urban digital twins wordt aangekeken in de regio, maar wat zijn nou de belangrijkste verschillen? En hoe zit dat voor de overeenkomsten? De in tabel 3 gegeven correlatiescores geven een idee van de verschillen tussen de frames. Zoals al duidelijk werd bij de interpretaties van de frames, wordt er door de techno-utopisten en de integrators met een hele andere blik naar urban digital twins gekeken dan de critici. Tussen de techno-utopisten en de critici zit 0.18 correlatie. Dit geeft aan dat er nog geen 18% overlap is tussen frame 1 en 2. De verschillen tussen frame 3 en 2 zijn nog groter (0.08). Tussen frame 1 en 3 is wel meer overlap: die zijn het in 60% van de gevallen met elkaar eens. Maar wat betekent dit?

TABEL 3: CORRELATIE TUSSEN FRAMES

Frames	Frame 1	Frame 2	Frame 3
Frame 1: Techno-utopisme in stedelijk bestuur.	1	0.18	0.60
Frame 2: Het heroverwegen van op data gebaseerde besluitvorming – het kritisch perspectief, en	0.18	1	0.08
Frame 3: Integrators van digital twins in de echte wereld.	0.60	0.08	1

Frame 1 Techno-utopisme * Frame 2 Kritisch perspectief

De techno-utopisten en de critici zijn het niet over veel eens (0.18) maar over de volgende onderwerpen wel (verschil ideale rang =0). Beide groepen zien urban digital twins als een waardevolle tool om te leren van verschillende scenario's (P2, +2) en zien het belang van het integreren en harmoniseren van grote hoeveelheden geodata als een van de minder belangrijke functies van een urban digital twin (F5, -1). Beiden zien een digital twin als meer dan een digitale kopie van een fysiek object of artefact dat in de echte wereld bestaat (D2, -2). De belemmering van onderling verbonden stedelijke sensoren zien ze als beperkt (C8, -1). En, ze betwijfelen of het mogelijk is om complex sociaaleconomisch en politiek gedrag te modelleren (D4, -1). Ook zien ze het niet als reëel dat in de toekomst urban digital twins meer autoriteit gaan hebben bij besluitvorming dan een expert (I5, -2)

Daar houden de overeenkomsten ook op en de volgende statements springen er uit (verschil ideale rang = >4). De critici geloven, in tegenstelling tot de utopisten bijvoorbeeld niet dat urban digital twins het potentieel hebben om besluitvorming meer op feiten te baseren (P10, +3/-2), en zien het niet als noodzakelijk voor smart cities en regio's (S1, +1/-3). Ze waarschuwen ook voor subjectiviteit van interfaces en vrezen dat het als een regiekamer voor de stad wordt gezien (C1, -1/+3, P1, +1/-3). Ze beschouwen digital twins als een opgeblazen concept en onbruikbaar voor besluitvorming vanwege onbetrouwbare data en simulatiemodellen (C2, -3/+2, C5, -3/+2).

Frame 1 Techno-utopisme * Frame 3 integrators

De techno-utopisten en de Integrators lijken meer op elkaar (0.60). De onderstaande statements liggen het dichtst bij elkaar (verschil ideale rang =0) en bevatten vooral statements over onderwerpen waar ze redelijk ambigue tegenover staan. Beide groepen voelen weinig urgentie naar meer onderzoek naar de ethische, maatschappelijke en politieke consequenties van urban digital twins (S3, 0). En, ze zien training in het gebruik als een beperkt probleem (S4, 0) en de economische potentie van twinning als een bijzaak (P4, 0). Ze hechten ook minder belang aan het samenwerken in één en dezelfde urban digital twin (I4, 0), om bijvoorbeeld concepten vast te leggen die nog niet bestaan (D3, 1) en om de plannen van verschillende stakeholders te integreren in één integraal ontwerp (P6, 1). Waar ze meer uitgesproken

over zijn, is hun vertrouwen dat digital twins betrouwbaar zijn om besluitvorming te ondersteunen (C5, -3). En ze verwerpen het idee dat het technologisch gedrocht in de handen van Big Tech is (D5, -3).

Waar ze echt van elkaar verschillen? Niet zo gek veel eigenlijk, maar het is geen verrassing dat het zit in dat de ene groep het ziet als een tool om scenario's door te rekenen, terwijl de ander het meer ziet als een data space (F5, +1/-3) voor het visualiseren van de huidige omgeving in 3D (D2, -2/+3) om participatie te bevorderen. Simuleren tegenover visualiseren en complexiteit modeleren, tegenover participatie.

Frame 2 Kritisch perspectief * Frame 3 Integrators

Ondanks de geringe overeenkomst (0.08) tussen de critici en de integrators zijn ze het eens over de volgende standpunten (verschil ideale rang =0): Beide erkennen dat deze technologie een waardevol instrument is om te leren van verschillende scenario's (P2, 2). Dit is het enige statement waar bij alle frames consensus over is en delen de beperkte bezorgdheid over digitale veiligheid (C4, -1). Ze beschouwen een digital twin als meer dan een geavanceerd simulatiemodel (D1, -1). Beiden zijn het zeer oneens dat de ontwikkelen urban digital twins aan de markt moet worden overgelaten (S1, -3).

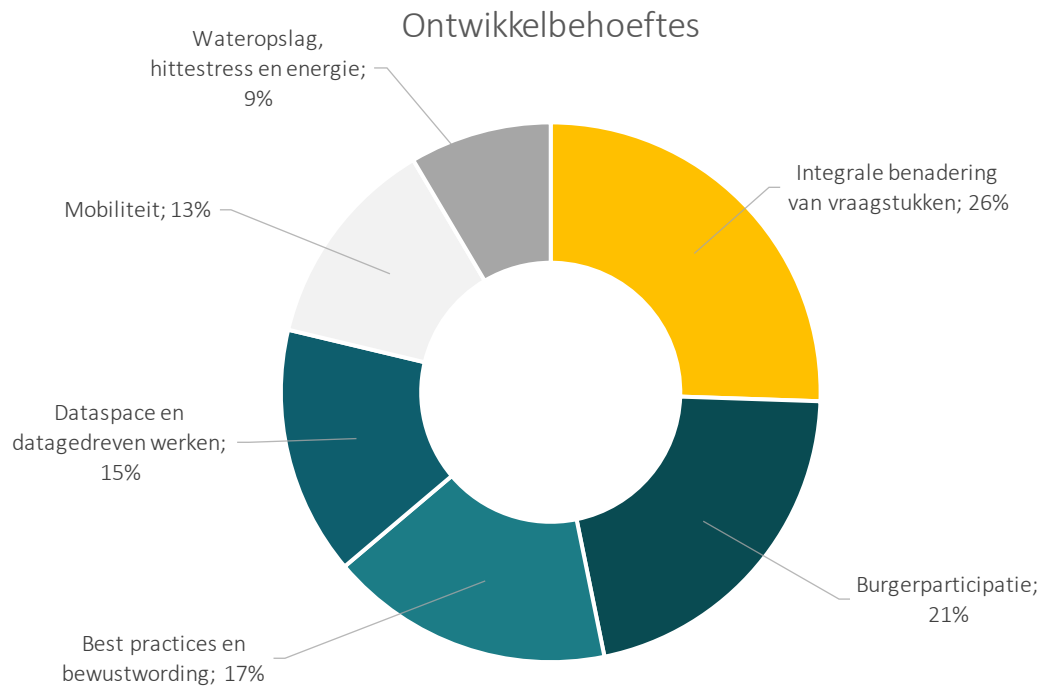
De verschillen tussen de twee groepen zijn groter. Ze hebben elk een andere visie op de potentie van digital twins om besluitvorming meer op feiten te baseren (P10, -2/+2) en de critici hechten minder belang aan het (toegang) hebben van grote hoeveelheden geodata (F5, -1/+3). Waar de integrators de data al goed genoeg vinden, twijfelen de critici (C3, 3/-1) of de data door de interfaces objectief is (C1, 3/-2) en bruikbaar is voor besluitvorming, vanwege de nog onbetrouwbare data en simulatiemodellen (C5, 2/-3).

De techno-utopisten, critici en de integrators kijken dus anders tegen urban digital twins aan. Er is niet één perspectief wat gelijk heeft. Door de techno-utopisten worden experimenten nodig. De critici dragen bij door de juiste vragen te stellen en de utopisten scherp te houden en de integrators proberen het toepasbaar te maken. Deze frames hebben andere standaarden en angsten voor en over data. Wat ze met elkaar gemeen hebben, is dat ze zoeken naar oplossingen om door de complexiteit te navigeren en dat ze geloven dat de mens, in combinatie met de twins, daar mogelijk aan kan bijdragen. Dat roept de vraag op: *Aan welke behoeftes ze denken dat twins kunnen bijdragen*. Dat hebben we in het volgende hoofdstuk onderzocht.

2.3 Welke ontwikkelbehoeftes zijn er in Noord-Brabant?

Na de Q-studie zijn de 29 deelnemers gevraagd waar ze tegenaan lopen bij het werken met urban digital twins, voor welk problemen zij denken dat het een oplossing kan bieden en welke rol zij voor BrabantStad zien. De interviews zijn opgenomen, automatisch getranscribeerd en handmatig gecodeerd. Alle 29 deelnemers (D1-29) hebben een nummer gekregen en hun antwoorden zijn samengevat en soms voorzien van een quote, gevolgd door het nummer. De behoeftes zijn vervolgens geclusterd in de zes onderstaande thema's.

GRAFIEK 2: ONTWIKKELBEHOEFTES DEELNEMERS



Integrale benadering van vraagstukken en afstemming met stakeholders

Wat in 26% van de gesprekken terugkomt, is de grote behoefte aan integraal inzicht van complexe vraagstukken. Veel van de onderwerpen die genoemd worden, komen ook terug in de andere onderwerpen, maar wat deze 25% gemeen hebben is de integrale benadering van die vraagstukken. Er is een "gigantische woningbouwopgave D1". Dit brengt bevolkingsgroei met zich mee maar het is niet duidelijk wat de impact gaat zijn op de mobiliteitsgroei in een provincie die nu al vastloopt van de files. Daarboven komt het klimaatadaptatie vraagstuk waarbinnen steden, maar vooral stenige steden als Den Bosch en Breda, moeten vergroenen ten bate van waterberging en hitte stress en daarboven komt nog een energietransitie. Al deze vraagstukken leggen claim op dezelfde beperkte vierkante meters maar de onderlinge verbondenheid ontbreekt. Vaak zijn het verschillende "silo's" die binnen een gemeente werken aan deze vraagstukken die met andere tools en data verschillende inzichten generen die passen bij de uitdagingen waar hun divisie tegenaan loopt. Waar behoefte aan is, zijn urban digital twins die data harmoniseren zodat duidelijk wordt hoe met het een steeds beperkter wordend aantal vierkante meters, de meeste winst te behalen is. Het delen en standaardiseren van data is essentieel voor het versnellen van transitie en het bereiken van een stevige basis voor besluitvorming die silo's kan doorbreken met een gemeenschappelijke om effectieve samenwerking mogelijk te maken. (D25: Waar ik van overtuigd ben wat we nodig hebben is een twin waar je verschillende ambities gaat vertalen naar KPI's die uiteindelijk getoetst worden in de keuze die je maakt, en scenario's die je ontwikkelt voor toekomst van je stad. Daar zie ik echt dat het ons gaat helpen om betere integrale en realistischere keuzes te gaan maken. "Een DT geeft niet het optimale resultaat, maar geeft richting ... waar zitten de knoppen waar je aan kunt draaien. Dat is ook wat je wil. Je wil een gevoel krijgen bij van h  waar kan ik de keuzes maken die het beste bijdragen aan mijn doelstelling").

Burgerparticipatie en transparantie

Van alle deelnemers ziet 21% potentie in het gebruik van digital twins voor participatie. "Nu wordt er vaak een klankbordavond georganiseerd en wat sessies" – "Dat is natuurlijk ook hartstikke belangrijk en goed, maar misschien biedt dit soort instrumentarium daar meer mogelijkheden voor" (D3). "Het hielp

enorm om het gesprek te voeren toen de plannen werden gevisualiseerd, alleen het gesprek werd ook heel snel, banaal, van een metertje hier en een metertje daar – Ik zou graag iets daartussen willen hebben. Een twin waarmee je niet alleen kan zien wat er nu is, maar ook eentje waar je toegankelijk in kan schetsen” (D3). Het hoeft niet op de vierkante meter en het mag best generiek zijn want de focus moet liggen op co-creatie. Het zou mooi zijn als je er in de toekomst ook verschillende scenario’s mee kan laten zien. Hoe ziet het scenario van de maximale dichtheid eruit? Eentje met alleen deelmobiliteit? Of de wijk die het meeste water kan bergen?

Er wordt benadrukt dat het essentieel is om te weten welke toepassingsmogelijkheden er zijn en hoe deze kunnen worden ingezet. Daar is nu nog beperkt inzicht in. Dat is ook niet zo verassend want Tabel 1 laat zien dat weinig twins dit al kunnen. De twins van Tygron lijken het dichtstbij te komen.

Best practices en bewustwording

Van alle deelnemers geeft 17% aan behoefte te hebben aan best practices en bewustwording. *“We zitten ook echt nog wel in een pioniersfase” (D1). We hebben binnen de organisatie een test gedaan naar onze digitale vaardigheden. Je kunt dan een score geven op een schaal van 0 tot 5, maar we hebben zelfs nog geen score van één behaald” (D11&D15).*

Hoe het vaak binnen een organisatie gaat, is dat enkele mensen er echt mee bezig zijn en dat anderen zijdelings betrokken zijn (D1). Dit is begrijpelijk omdat *“veel mensen denken van ja, ver van mijn bed show (D2)”, omdat ze niet weten wat ze ermee kunnen en omdat iedereen druk is. Hierdoor blijven de kennis en het experimenteren beperkt tot een paar personen. Bovendien zijn degenen die werken aan de ontwikkeling vaak niet dezelfde personen die de twin in hun dagelijkse werk moeten gebruiken. D23, van een van de bekendere digital twins, gaf aan dat ongeveer 300 mensen in de eigen organisatie baat zouden hebben bij de huidige twin, terwijl het aantal wekelijkse gebruikers slechts 3 was. Hieruit blijkt dat er in Brabant volop wordt geëxperimenteerd, maar dit gebeurt door een relatief kleine groep mensen. Op basis van dit onderzoek schatten we dat het aantal mensen in Brabant dat actief werkt aan urban digital twins niet meer dan 60 bedraagt. Deze mensen zijn verspreid over verschillende organisaties. Soms heb je een enkele pionier en soms is er een team van hooguit tien personen. Hierdoor blijft de kennis beperkt en wordt er niet altijd van elkaar geleerd wat het moeilijk maakt om voorbij de ad-hoc experimenten te komen. Dit benadrukt de behoefte aan meer best practices, bewustwording en leren werken met digital twins*

Het leren werken met een twin zou niet in de vorm van een cursus moeten gebeuren en mag zich ook niet alleen richten op het werken met één specifieke twin, omdat dit te beperkt is. Of doe het alleen met de groep die er regelmatig mee moet werken (D25). Het startpunt zou moeten zijn om gewoon te beginnen. Het moet deel uitmaken van de werkprocessen en de mensen die werken aan de meer complexe vraagstukken moeten eenvoudig toegang hebben tot de data en er daadwerkelijk mee kunnen werken (D6). *“Want vaak worden er beslissingen genomen op basis van onderbuikgevoel. Dat idee dat je werk vanuit een common data environment dat is een opgave voor een gemeente en daar is een DT een hulpmiddel voor (D6)”.*

Gezamenlijke data space en data gedreven werken

Er is dus behoefte (15%) aan een centrale data space waar gegevens worden samengebracht en gedeeld. Het gebrek aan zo'n technologische infrastructuur wordt als een uitdaging ervaren bij data-integratie, datadelen en sandbox-experimenten. Datakwaliteit verificatie is belangrijk maar het belemmert niet om al aan de slag te gaan en ervaring op te doen. In de interviews komt ook naar voren dat data-gedreven werken operationele uitdagingen met zich meebrengt. De cruciale rol van hoogwaardige data, de integratie van diverse databronnen en het overwinnen van disciplinele silo's wordt consequent benadrukt. De beschikbaarheid van data is, afhankelijk van het onderwerp, nog niet altijd aanwezig. De implementatie van een data space moet, zoals benoemd, ook gepaard gaan met een

herstructurering van werkprocessen. Deze nieuwe data-gedreven aanpak vergt een verschuiving in paradigma en vereist betere toegang tot data.

Naast de operationele aspecten wordt het belang van politieke borging, bewustwording en het vormen van expertteams voor digital twins belicht. In diverse interviews komt het belang van experimenteren en het durven maken van fouten naar voren, waarbij praktische ervaring met urban digital twins als leermiddel wordt gezien. Deze ervaring is ook nodig, want datageletterdheid wordt nadrukkelijk gezien als een uitdaging (D6: *“ambtenaren, data gedreven werk laten doen, daar is een ander paradigma voor nodig”*). Mensen buiten de data-wereld worstelen vaak met een informatie-overload en begrip van metadata. Welke cijfers zijn er en wat betekenen ze? Het vraagt om een andere denkwijze en benadering van vraagstukken en een overtuiging dat data gedreven werken daarbij kan helpen.

Fietsen, mobiliteit en transport

Van alle deelnemers brengt 13% digital twins in verband met mobiliteit. "Waar zijn de mensen en waar willen ze naartoe?" Binnen dit kader zijn drie stromingen te onderscheiden. Ten eerste is er het strategisch plannen voor de lange termijn. Ten tweede operationele monitoring en ten derde lokale optimalisatie.

Bij strategisch plannen voor de lange termijn wordt mobiliteit gezien als meer dan alleen stedelijk. Mensen verplaatsen zich tussen steden en het platteland. "Dit is een vraagstuk dat voor de provincie als geheel, heel belangrijk is (D2)." Hoe zorg je ervoor dat Brabant toegankelijk blijft terwijl steden voller worden en het platteland minder busdiensten heeft vanwege afnemende inkomsten? Welke factoren zijn beïnvloedbaar? Deze abstracte grote vraagstukken vereisen meer inzicht in de huidige verkeersstromen, waar digital twins mogelijk een oplossing kunnen bieden. Binnen steden werken sommige deelnemers met de Urban Strategy Index van TNO, "met name vanuit mobiliteitsopgave en het verkennen van bepaalde maatregelen en dat is best wel een opgave, omdat je daarmee ziet dat het niet een tool iets is dat je zo maar op alle niveaus kunt gebruiken (D26)".

Op operationeel niveau wordt al veel geëxperimenteerd door op korte termijn zowel terug als vooruit te kijken, zoals bijvoorbeeld met de Smart City Monitor twin van Argaleo. Een interessant vraagstuk zou zijn hoe de drukte in een stad beïnvloed kan worden, bijvoorbeeld door middel van verlichting na een voetbalwedstrijd.

De winst van lokale optimalisatie ligt vooral in het leren van de mogelijkheden van de "speeltuin van sensoren (D2)". Hoe kun je een kruispunt veiliger maken waar veel voetgangers oversteken? Welke soorten auto's rijden er? Of het dan 3D moet, daar twijfel ik dan over (D26)".

Wateropslag, hittestress en energie

In stedelijke gebieden, zoals Breda en Den Bosch, is er een aanzienlijke mate van verstening. Dit brengt uitdagingen met zich mee, zoals wateroverlast en hittestress. Er is behoefte aan een manier om te visualiseren en berekenen wat kosteneffectief mogelijk is om steden groener en daardoor en veerkrachtiger te maken. Mobiliteit speelt een belangrijke rol in het realiseren van deze doelen en wordt beschouwd als een manier om dit te financieren.

Een aspect dat vaak over het hoofd wordt gezien, maar van groot belang is, is het elektriciteitsnetwerk dat ondergronds ligt. Het in kaart brengen van dit netwerk is van belang om onnodige kosten te voorkomen. Het nauwkeurig in kaart brengen van het elektriciteitsnetwerk en ervoor zorgen dat deze informatie altijd up-to-date is, blijft een uitdaging.

2.4 Conclusie: Making (common) sense of urban digital twins

Welke percepties hebben beleidsmakers, academici en bedrijven over de impact en waarde van urban digital twins – Wat zijn de overeenkomsten en verschillen in percepties?

De percepties van de deelnemers over de impact van de urban digital twins zijn samengevat in drie frames waarbij de techno-utopisten en de integrators het meest op een lijn zitten en het kritische perspectief en de integrators het minst.

- **Techno-utopisme:** Deze groep ziet urban digital twins als krachtige tools voor betere besluitvorming en benadrukt de samenwerking tussen publieke en private sectoren. Ze geloven dat urban digital twins positieve impact kunnen hebben, maar hebben mogelijk weinig zicht op de beperkingen.
- **Kritisch perspectief:** Critici zijn bezorgd dat urban digital twins niet neutraal zijn en twifelen aan de kwaliteit van data wat urban digital twins in hun ogen beperkt bruikbaar maakt voor besluitvorming. Ze benadrukken de noodzaak van ethisch onderzoek en opleiding van gebruikers.
- **Integrators:** Deze groep ziet urban digital twins als digitale kopieën van echte objecten en benadrukt 3D-visualisatie en gegevensharmonisatie. Ze zijn minder bezorgd over datakwaliteit.

Welke urban digital twin ontwikkelbehoeftes zijn er in Noord-Brabant?

- 1. Integrale benadering van vraagstukken en afstemming met stakeholders (26%):**
Er is behoefte aan integraal inzicht bij complexe vraagstukken rond woningbouwopgave, mobiliteitsgroei, klimaatadaptatie en energietransitie.
- 2. Burgerparticipatie en transparantie (21%):**
Deelnemers zien potentie in het gebruik van digital twins voor burgerparticipatie. Het visualiseren van en schetsen van plannen kan het gesprek tussen burgers en beleidsmakers bevorderen en co-creatie toegankelijker maken.
- 3. Best practices en bewustwording (17%):**
Deelnemers benadrukken de behoefte aan best practices en bewustwording in het werken met digital twins. Er wordt opgemerkt dat veel organisaties zich nog in een pioniersfase bevinden en er is behoefte aan meer kennisdeling en bewustwording van de mogelijkheden van digital twins. Het leren werken met digital twins moet worden geïntegreerd in werkprocessen.
- 4. Gezamenlijke data space en data gedreven werken (15%):**
Er is vraag naar een centrale data space waar gegevens kunnen worden samengebracht en gedeeld. Het gebrek aan een dergelijke technologische infrastructuur wordt gezien als een uitdaging voor data-integratie en samenwerking. Data-gedreven werken vereist een verschuiving in denkwijze en betere toegang tot data.
- 5. Fietsen, mobiliteit en transport (13%)**
Dit omvat strategische planning voor de lange termijn, operationele monitoring en lokale optimalisatie. Urban digital twins kunnen helpen bij het begrijpen van verkeersstromen en het vinden van oplossingen voor complexe mobiliteitsvraagstukken.
- 6. Wateropslag, hittestress en energie (9%)**
Er is behoefte aan een manier om te visualiseren en te berekenen wat kosteneffectief mogelijk is om steden groener en daardoor en veerkrachtiger te maken. Het ondergrondse elektriciteitsnetwerk is daarbij van belang om kosten te voorkomen. Al blijft het nauwkeurig in kaart brengen en up-to-date houden van informatie daarbij een uitdaging.

Hoe komen we verder?

3

3 Samen werken aan urban digital twins

Welke casussen zijn interessant voor de toekomst?

Om de logica achter de casussen te begrijpen, is eerst context nodig. BrabantStad heeft BUAs gevraagd om te onderzoeken aan welke urban digital twin casussen er in Brabant behoefte is. Deze vraag komt voort uit de voorbereiding voor de Digital Europe-call Data Spaces en smart communities. Hoe die call er precies uit komt te zien is afhankelijk van de "Preparatory action for the data space for smart communities: "DIGITAL-2021-CLOUD-AI-01-PREP-SMART-COMM," waarvan de uitkomsten worden gepresenteerd in het voorjaar van 2024. Hoe de uiteindelijke calltekst eruit gaat zien, is dus nog niet bekend. Maar, uit de beschrijving van de preparatory action, kan al wel een inschatting worden gemaakt. Zoals hieronder beschreven.

Ongeacht de inhoud van de calltekst, is het belangrijk dat er draagvlak is voor de casussen die zijn ontwikkeld. Daarom is ervoor gekozen om, los van de calltekst, met een open blik een groot aantal belanghebbenden te interviewen om hun behoeftes en ambities te achterhalen, zoals beschreven in hoofdstuk 2, "making common sense of digital twins." Die behoeftes, en de nog te ontwikkelen calltekst, komen mogelijk niet altijd overeen. Daarom heeft BrabantStad aangegeven de behoeftes leidend te laten zijn boven de call. Dit maakt het best een uitdaging om ideeën uit 29 interviews en een nog niet concrete call, te vertalen naar een begrijpelijke tekst met concrete casussen die Brabant vooruithelpen. Daarom is gekozen voor een modulaire aanpak. Op basis van de interviews zijn vijf casussen ontwikkeld die aansluiten bij de behoeftes van de deelnemers. Deze vijf casussen zijn complementair aan elkaar en kunnen ook los ingezet worden in het geval dat het niet past bij de call van Digital Europe. De casussen zijn dus niet een eindpunt van het gesprek. Ze zijn een startpunt om samen vooruit te komen.

Call Data Spaces voor Smart communities

De doelstelling van de call is dat bestaande lokale data-ecosystemen en publieke en private belanghebbenden samen een data space ontwikkelen voor het delen van grote hoeveelheden (Europese) data. Deze data space moet helpen om de doelstellingen van de Europese Green Deal te bereiken. Het doel van de EU Green Deal is om de Europese Unie tegen 2050 klimaatneutraal te maken door de netto-uitstoot van broeikasgassen tot nul te reduceren, waarbij concrete acties worden ondernomen om de emissies in diverse sectoren zoals energie, transport, landbouw en industrie drastisch te verminderen en tegelijkertijd duurzame en groene economische groei te stimuleren. Daarom is behoefte aan een technische infrastructuur voor (Europese) gegevensdeling over bijvoorbeeld: stedelijke infrastructuur, verkeer, elektriciteit, vervuiling, afvalbeheer, water, riool en extreme weersomstandigheden. Toekomstige projecten voor deze call moeten vier onderdelen bevatten:

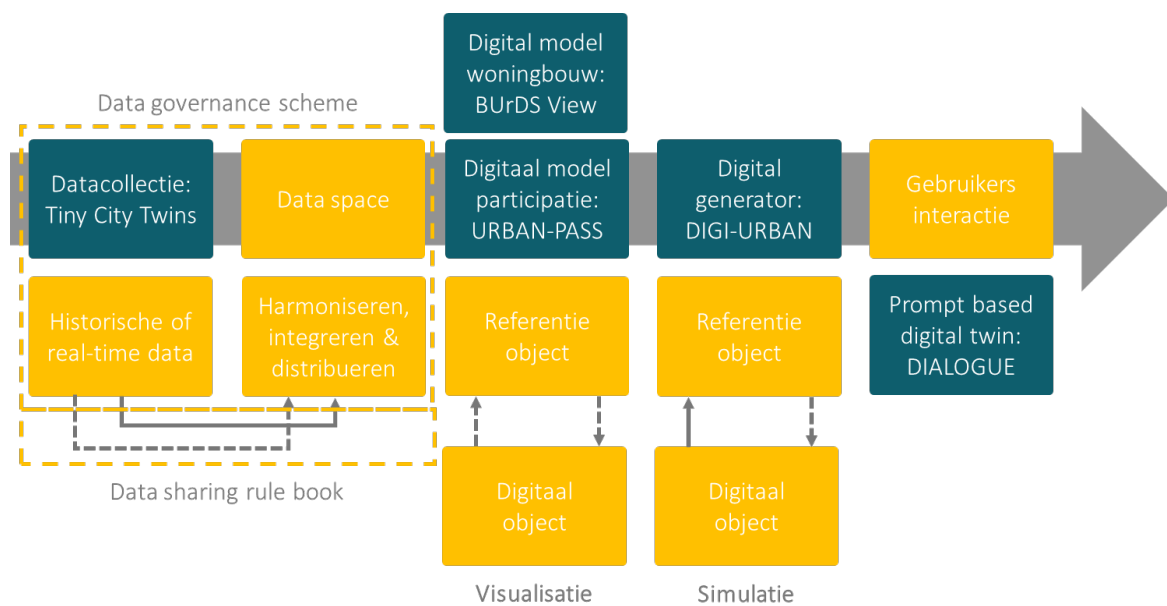
1. Het project moet belanghebbenden samenbrengen bij de (door)ontwikkeling van een data space en moet een data "governance scheme" gebruiken. De basis van dit governance scheme is ontwikkeld door de preparatory action. Dit governance scheme bevat datastandaarden, regels voor de harmonisatie van gebruiksrechten en richtlijnen om de privacy en betrouwbaarheid van gegevens te waarborgen.
2. Ten tweede moet de preparatory action een data sharing rule book ontwikkelen dat beschrijft hoe en onder welke voorwaarden data uit de data space op EU-niveau gedeeld moet worden, om gemeenschappelijk overeengekomen tools, standaarden, sjablonen en gedragscodes te bevorderen.
3. Ten derde moet overeengekomen worden hoe data- die relevant is voor de doelstellingen van de Green Deal, met betrekking tot stedelijke infrastructuur, verkeer, elektriciteit, vervuiling, extreme weersomstandigheden, water, riool en afvalbeheer - gedeeld en gebruikt moet worden (bijvoorbeeld in een digital twin) door EU-steden en-gemeenschappen.

4. Tenslotte moet de aanpak getest worden in een internationaal consortium met pilots waarbij bestuurders en burgers betrokken zijn.

Aannemelijk gaat het governance scheme, het data sharing rule book en de Europese data niet altijd aansluiten bij de huidige gegevens en datastrandaarden in Nederlandse steden. Het is ook aannemelijk dat de Europese lijn wel wordt doorgezet. Daarom is het handig om als een pilot in de uiteindelijke call te functioneren. Als wordt besloten om mee te doen in de call moet er: van een data governance scheme gebruik gemaakt worden; moeten partijen volgens het data sharing rule book data delen; is er waarschijnlijk aanvullende data nodig; moet dit samengebracht worden in een digitaal model en moet de effectiviteit getest worden in internationale pilot steden. Deze pilots moeten zich richten op planners en burgers van steden. Uit de theorie en praktijk blijkt dat dit vaak verschillende twins zijn. Daarnaast moet de gebruikersinteractie getest, gevalideerd en verbeterd worden.

Dit is best een opgave. Om het inzichtelijk te maken zijn de stappen weergegeven in visualisatie 8.

VISUALISATIE 8: DATA SPACE FOR SMART COMMUNITIES STRUCTURE



De gele blokken verbeelden de digital twin pijplijn. De blauwe blokken verbeelden de aanknopingspunten voor casussen. Hieronder zijn de casussen kort beschreven. Deze casussen kunnen allemaal of deels geïmplementeerd worden in een Digital Europe aanvraag. Er kan ook gekozen worden om de casussen individueel te ontwikkelen.

3.1 Casus 1: Tiny City Twins

Naam: Tiny City Twins
Potentiële partners: Provincie Noord-Brabant, B5/ Fontys/BUas
Topic

Real-time data zijn vooral handig om beweging te monitoren en bij te sturen in het verkeer of bij evenementen. Hiervoor is een gespecialiseerde data infrastructuur nodig met sensoren, camera's, IoT-controleapparaten. Dit is een flinke investering en daardoor niet rendabel om in de hele stad aan te leggen of proportioneel omdat voor de meeste planningsvraagstukken geen real time data nodig is. Wat wel nodig is, betrouwbare- en beschikbare data. Tiny City Twins komt tegemoet aan beide behoeftes. In plaats van de hele stad uit te rusten met sensoren, bestaat Tiny City Twins uit een verplaatsbare installatie dat in een gebied real-time data kan verzamelen, bijvoorbeeld tijdens een evenement, of tellingen uit te voeren in een gebied. Vervolgens kan de installatie, periodiek verplaatst worden om zo stukje bij beetje, de hele stad in kaart te brengen. Hierdoor hoeft niet de hele stad uitgerust te worden met sensoren, kan als nodig real-time data verzameld worden, maar is het vooral handig om betrouwbare data beschikbaar te maken in gebieden waar een informatievraag is. Het doel van deze casus is onderzoeken hoe soft- en hardware snel goedkoop, snel en goed kan worden opgezet, hoe dit betrouwbaar real-time data kan opleveren in een data space, en vervolgens weer ontmanteld en verplaatst kan worden naar het volgende gebied. Een soort rond reizend data circus.

Deze casus draagt bij aan de behoefte aan een integrale benadering van vraagstukken, het bouwen aan een flexibele, gemeenschappelijke, data space, en het goedkoper beschikbaar maken van betrouwbare data.

- Afbakening**
- De focus ligt op het bouwen van een installatie om snel en goedkoop betrouwbare data te verzamelen, dit samen te brengen in een data space om vervolgens de Tiny City Twin weer te verplaatsen naar een ander gebied.
 - De focus ligt niet op het bouwen van een digital twin.
 - De focus op de dataverzameling komt voort uit de behoefte in de steden om betrouwbare data beschikbaar en goedkoper te maken.

3.2 Casus 2: BUrDS View

Naam: BUrDS View: Built Urban Data Space

Potentiële partners: Provincie Noord-Brabant, B5, Argaleo/ Unity platform Amsterdam/ Utrecht

Topic Het voorstel voor deze casus is om op Europees niveau een data space met digitaal model te ontwikkelen. De focus ligt op woningbouw omdat binnen dit onderwerp veel stedelijke vraagstukken samenkomen en veel lokale en internationale steden de druk voelen van de woningcrisis maar waar een overzicht ontbreekt. Denk hierbij aan de gebouwen, functies, wegen, vegetatie, ondergrond, uitgebreid met onder andere informatie over mobiliteit, bereikbaarheid, groen quota's en eventueel benodigde vergunningen.

Dit onderwerp speelt in op de behoefte aan data die helpt bij een integrale benadering. Tegelijkertijd is de ervaring in het werken met urban digital twins, gemeente breed nog beperkt, daarom focust deze casus zich op een actuele opgaven zonder het te gecompliceerd of complex te maken om ervaring op te doen. Tegelijkertijd vormt deze gemeenschappelijke data space een fundament om op door te ontwikkelen. Hiermee voldoet deze casus aan de behoeftes, integrale benadering, bewustwording en data space.

Afbakening

- De focus ligt op het samenbrengen van (Europese) data en het statisch berekenen en visualiseren van betrouwbare informatie.
- De focus ligt niet op tekenen en simuleren.
- De focus op de data space komt voort uit de behoefte in de steden aan FAIR (Findable, Accessible, Interoperable en Reusable) data om te oefenen met data gedreven werken.
- BUrDS View is een fundament waar later op doorgebouwd kan worden met extra functies zoals in casus 4.

3.3 Casus 3 URBAN-PASS

Naam: URBAN-PASS: Urban Participation And Simulation System

Partners: Provincie Noord-Brabant, B5, Unity platform /EA games, BUas

Topic Urban-PASS is een digitaal model waarbij burgers via co-creatie en participatie kunnen meedenken over de ontwikkeling in/van de stad. Mensen kunnen een gebied in een digitaal model selecteren. Dit wordt dan uitvergroot en 3D gerenderd, waarna mensen erin kunnen gaan tekenen met een de Sims4 achtige interface. Mensen kunnen dus zelf muurtjes, vloertjes, textuurtjes en objecten plaatsen in een toegankelijke interface. Je kan de "met regels" versie aan en uit zetten. Met regels word je beperkt in te dicht bij een weg bouwen bijvoorbeeld. Zonder regels kan je overal bouwen binnen het geselecteerde gebied. Het voordeel van de geen regels functie is dat je in de participatiesessie echt een open gesprek kan voeren over de functie van de ruimte. Het voordeel van met regels spelen is dat je echt gaat kijken naar wat wel en niet kan en dit ook aan de groep kan uitleggen.

Dit onderwerp speelt in op de behoefte aan data die helpt bij een integrale benadering, participatie en ervaring op doen met/in het werken met urban digital twins zonder het te gecompliceerd of complex te maken.

- Afbakening**
- Het is in de basis meer een schetsboek in plaats van een betrouwbare digital twin. Dit is ook precies de bedoeling. Je wil er creatief snel mee kunnen werken met een grote groep mensen.
 - De data hoeven niet 100% betrouwbaar te zijn maar moeten voldoende context geven om er mee te werken.
 - Deze casus komt voor uit de sterke behoefte aan participatie en het idee dat dit een manier is om digital twins bij het grote publiek en organisatie breed te kunnen gaan bewijzen.

3.4 Casus 4 DIGI-URBAN

Naam: DIGI-URBAN: Digital Integrated Generator for Urban Applications Network
Partners: Provincie Noord Brabant, B5, Tygron / TNO / Argaleo, BUAs

Topic De digitale generator voor complexe veranderingsprocessen. Dit is de moeilijkste casus omdat het om een hoger niveau van twinning gaat. Om dit mogelijk te maken moet je nog steeds de stappen voor BUrDS View doorlopen, maar je gaat nu ook een stap verder. Met onzekerheidsmarges ga dat combineren en door de tijd simuleren. Woningbouw is hierbij de grootste opgave die genoemd wordt. Woningbouw genereert verkeer. Hoeveel verkeer er is, heeft onder andere te maken met de vervoersmogelijkheden en daarmee kan een schatting gemaakt worden van de modaliteit per woning. Voor welk segment wordt gebouwd? Hoe ver wonen deze bewoners af van het station? Hoeveel auto's per huishouden worden er verwacht en hoeveel parkeerplaatsen zijn hiervoor nodig? Welk materiaal wordt gebruikt voor de huizen en bestrating? Hoeveel hitte veroorzaakt dit op een warme, normale en koude dag en, als het extreem regent, welke gebieden komen onderwater te staan? DIGI-Urban heeft als doel om digitaal te experimenteren met hoe een gebied er uit kan gaan zien door het uitwerken van scenario's. Deze scenario's zijn schattingen op basis van historische data en natuurkundige modellen. Het kan ook gebruikt worden om door middel van een AI-model te zoeken naar de optimale indeling van een gebied. Als er een X aantal woningen in het gebied gebouwd moeten worden, moet een X aantal parkeervakken en groen worden voorzien. Welke indeling van de wijk zou daarbij passen? Het is al mogelijk om een optimale hoeveelheid parkeervakken in het gebied in te delen met behulp van AI. Hetzelfde systeem wordt gebruikt om kamers in gebouwen in te delen. En deze technologie zou ook kunnen werken voor de indeling van een wijk. Wat zorgt voor een hogere efficiëntie bij het uitdenken van de indeling. Niet als vervanger van de planner, maar als brainstorm hulp van de planner.

Deze casus komt voort uit een behoefte naar meer integraal werken, participatie, meer data gedreven werken en meer inzicht in mobiliteit en klimaat.

- Afbakening**
- De focus ligt op het samenbrengen van data en het statisch visualiseren van betrouwbare informatie.
 - De focus ligt ook op tekenen en simuleren.
 - De focus op de data space komt voort uit de behoefte in de steden aan toegankelijke, juiste informatie, een beeld krijgen van welke informatie voor handen is en beter te worden in data gedreven werken.
 - De focus op de digitale generator komt voort uit de sterke behoefte aan integraal werken en inzicht krijgen in de complexiteit.
 - Mogelijk is het momenteel te complex met de beperkte ervaring in het werken met urban digital twins en de grote onzekerheidsmarges in de statistische modellen om scenario's door te rekenen.

3.5 Casus 5: DIALOGUE

Naam: DIALOGUE: Digital Assistance for LOcating Geo-information in Urban Environments

Partners: Provincie Noord-Brabant, B5, BUas, Tilburg University

Topic Veel urban digital twins maken gebruik van lijsten om bepaalde lagen op een kaart aan en uit te zetten. Dit maakt de juiste informatie zoeken in een twin weinig gebruiksvriendelijk en dit wordt lastiger naarmate er meer verschillende data wordt toegevoegd. Daarnaast zijn veel mensen sterk visueel georiënteerd. Dit brengt het risico met zich mee dat een laag in een kaart verkeerd geïnterpreteerd wordt door het gebrek aan context of inzicht in de achterliggende data. Het succes van een Google Maps Chat GPT is dat het grote hoeveelheden data ontsluit door een zoekbalk. Je stelt je vraag en je krijgt het antwoord gevisualiseerd in Google Maps en beschreven in Chat GPT terug. Hierdoor hoeft de gebruiker niet zelf te zoeken naar het antwoord en is het risico op menselijke fouten zoals het verkeerd interpreteren van data beperkter.

Zou dit ook voor een urban digital twin mogelijk zijn? Je kan een model trainen op de gelabelde data in de urban digital twin. Vervolgens kan je door middel van prompts vragen stellen zoals: "Toon me alle beschikbare bouwlocaties binnen een straal van 5 kilometer van het stadscentrum" of "Wat is het gemiddeld inkomen in wijk A?" De assistent zou de vraag dan geschreven en gevisualiseerd kunnen beantwoorden.

In potentie is dit een concept dat niet alleen professionals in staat stelt om snel en efficiënt toegang te krijgen tot relevante gegevens, maar ook een breder publiek. Stadsbewoners, beleidsmakers en andere belanghebbenden kunnen de urban digital twin gebruiken om beter geïnformeerde beslissingen te nemen over zaken als stadsontwikkeling, milieuaspecten en levenskwaliteit.

Het idee is om de drempel te verlagen voor betrokkenheid en participatie in het stadsplanningsproces, terwijl tegelijkertijd de expertise en gegevens - die nodig zijn voor kwalitatieve besluitvorming - direct beschikbaar zijn. Dit is een benadering die zowel wetenschappelijk interessant als maatschappelijk relevant is. Daarnaast is door het gebruik van AI-modellen de kans aanwezig dat deze methode werkt om de interface van meerdere urban digital twins te verbeteren.

Deze casus komt voort uit een behoefte naar meer integraal werken, participatie, data spaces, meer data gedreven werken en meer inzicht in mobiliteit en klimaat.

- Afbakening**
- Dit concept werkt alleen op een dataset die gelabeld is op onderwerp en locatie.
 - Het is experimenteel - naar ons weten is dit niet eerder gedaan - daarom is het niet zeker of het werkt, wel is er een groot potentieel.
 - De focus ligt op het verbeteren van een bestaande interface, niet op het ontwikkelen van een urban digital twin.

Bronnenlijst

- Ávila Eça de Matos, B., Dane, G. Z., Van Tilburg, T., Verstappen, J., & de Vries, B. (2022). State-of-the-Art of the Urban Digital Twin Ecosystem in the Netherlands. *State-of-the-Art of the Urban Digital Twin Ecosystem in the Netherlands, 2022*, 1–116.
- Boyes, H., & Watson, T. (2022). Digital twins: An analysis framework and open issues. *Computers in Industry, 143*(August), 103763. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2022.103763>
- Computable. (2023). *data-spaces-komen-nauwelijks-van-de-grond*. Www.Computable.Nl. <https://www.computable.nl/artikel/nieuws/datamanagement/7545148/250449/data-spaces-komen-nauwelijks-van-de-grond.html>
- Grieves, M. (2016). Origins of the Digital Twin Concept. *Revista de Obstetricia y Ginecología de Venezuela, 23*(August), 889–896.
- Jones, D., Snider, C., Nassehi, A., Yon, J., & Hicks, B. (2020). Characterising the Digital Twin: A systematic literature review. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, 29*, 36–52. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2020.02.002>
- Ortt, J. R., & Tiihonen, L. V. (2022). *The Technology Monitor 2022 Digital Twins in an Urban Environment*.
- Semeraro, C., Lezoche, M., Panetto, H., & Dassisti, M. (2021). Digital twin paradigm: A systematic literature review. *Computers in Industry, 130*, 103469. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103469>
- Stacey, R. D. (2002). *Complexity and management: Uncertainty and the need to rethink management after the collapse of investment capitalism*. Routledge.
- Tekinerdogan, Bedir, & Verdouw, C. (2020). *Systems Architecture Design Pattern Catalog for developing digital twins*. *Sensors (Switzerland), 20*(18), 1–20. <https://doi.org/10.3390/s20185103>
- van der Valk, H., Haße, H., Möller, F., Arbter, M., Henning, J. L., & Otto, B. (2020). A taxonomy of digital twins. *26th Americas Conference on Information Systems, AMCIS 2020*.

Deelnemers:**Bertus Rosier****Jeroen Weppner****Kevin Vermeulen****Hans Teuben****Lex Geervliet****Margriet Heessels****Maarten van Veen****Michiel Oomen****Mieke van Schaik****Pim van de Port****Ran Haase****Rik van Stiphout****Annelore Evers****Daniel de Klein****Luuk Misdom****Wiebe Quekel****Wouter Streefkerk****Elian Stienen****Esther Cammaert****Laurens van der Burgt****Rob Nijskens****Theo Thewessen****Bram Verhoeven****Marcel van Roij****Paul ten Have****Sander Bayens****Marcel Duffhuis****Luc Wismans****Joost de Kruijf****Organisatie**

Avans

BUAS

BUAS/LCB

Capgemini

Gemeente Breda

Gemeente Breda

Gemeente Eindhoven

Gemeente Eindhoven

Gemeente Eindhoven

Gemeente Eindhoven

Gemeente Eindhoven

Gemeente Eindhoven

Gemeente Helmond

Gemeente Helmond

Gemeente Helmond

Gemeente Helmond

Gemeente Rotterdam

Gemeente Den Bosch

Gemeente Den Bosch

Gemeente Den Bosch

Gemeente Den Bosch

Gemeente Tilburg

Gemeente Tilburg

Gemeente Tilburg

Gemeente Tilburg

Gemeente Utrecht

Goudappel

TU Delft

Functie

Projectleider Digitale Werkplaats bij Avans Hogeschool

Business innovator

Medewerker Evenementenlogistiek bij LCB

Director Strategy and Innovation

Adviseur Innovatie en Elektrotechniek bij Gemeente Breda

Projectleider Digitalisering

Strategisch beleidsadviseur innovatie & ethiek

Program Manager Digital Innovation

Strategisch CIO adviseur & kwartiermaker datastrategie

Strategisch informatiemanager

Advisor law & ethics

Adviseur innovatie en effect op samenleving

Trainee bij de Toekomst van Brabant

Business Development Manager Digital City

Senior projectleider smart mobility

Smart City | Urban Innovator

Adviseur stadsontwikkeling en bouwadviseur

Strategisch beleidsadviseur Mobiliteit

Afdelingshoofd Ruimtelijke Ordening en Stedenbouw

Geo-ICT architect and certified GIS professional

Adviser on city development, data, and economics

Director New Business Development, Geodan

IT-trainee

Informatiemanager

Adviseur informatiemanagement

Landmeter

Informatiemanager ruimte

Innovation manager Goudappel & Associate Professor University of Twente

Programmamanager Mobiliteit & Innovatie