

Een perfecte storm

Een verkenning in opdracht van de G40 gemeenten, Provincie Zuid Holland en de gemeente Rotterdam naar meer intergemeentelijke samenwerking op het gebied van *Urban Digital Twinning* en specifiek een (Dutch) Digital Twin Appstore (D)DTAs

We zien een razendsnelle opkomst van allerhande technologische ontwikkelingen en daarmee samenhangende businessmodellen. Tegelijkertijd zien we ook een toename van regelgeving, standaarden en samenwerkingsverbanden. Als het ons lukt deze elementen samen te brengen, ontstaat een veelheid aan mogelijkheden en handelingsperspectieven om concreet werk te maken van de benodigde transitie naar duurzame, leefbare steden en regio's. Terwijl de vele maatschappelijke knelpunten zich momenteel ophopen en de maatschappij in een wurgreep lijken te brengen, zien we hier een evenzo grote cumulatie van mogelijkheden die bijdragen aan het oplossen ervan. Een perfecte storm als antwoord.

*Under creative commons CC BY-ND
WE LABS
November*

Initiatiefnemers



Maarten Burggraaf is wethouder van de gemeente Dordrecht met onder ander stadsontwikkeling, MKB en innovatiebeleid, Zakelijke dienstverlening en Digitalisering (Smart Society) in zijn portefeuille. Daarnaast is hij samen met wethouder Marco Wenzkowski van de gemeente Apeldoorn trekker van de G40 Themagroep 'slimme duurzame verstedelijking en mobiliteitsvernieuwing' waarin digitalisering een belangrijke rol speelt. Binnen de G40 is hij ook de trekker op het onderwerp Urban Digital Twinning

Roland van der Heijden is programmamanager voor 'Digitale Stad Rotterdam' één van de meest innovatieve en toonaangevende stedelijke digitalisatie trajecten. Nu nog bestaat de stad uit een fysieke werkelijkheid en een sociale werkelijkheid. Samen vormen zij de "traditionele" stad zoals we die nu kennen. Maar als het aan Roland van der Heijden ligt, wordt dit gecompliceerd met een digitale werkelijkheid. Op dit moment wordt er hard gewerkt aan een "digital twin" van de stad die de fysieke stad Rotterdam zo dicht mogelijk benaderd. Dit wordt een verbindend platform tussen de bestaande fysieke werkelijkheid en de nieuwe digitale werkelijkheid. In de toekomst, wanneer de driehoek compleet is, zal de digitale stad als basis fungeren voor nieuwe vormen van dienstverlening en producten.



Jan van Ginkel, Concerndirecteur bij de Provincie Zuid-Holland en Grisjo Koers, Programmamanager Digitale Economie bij de Provincie Zuid-Holland. We zijn bij de overheid de digitale samenleving aan het vormgeven. De wereld om ons heen verandert in een enorm tempo. Elke dag wordt technologie uitgevonden die nieuwe mogelijkheden biedt. Digitalisering is dé gamechanger van deze tijd Jan: "Digitalisering doet mij stilstaan bij het bestaansrecht van de overheid. We zijn er van oudsher om als volksvertegenwoordiging te besluiten hoe we de Nederlandse samenleving willen inrichten en behouden. Dit betekent dat wij afwegingen moeten maken over hoe een digitale samenleving eruit zou moeten zien, welke regels we daarvoor nodig hebben en hoe de overheid dan moet werken. Bij de provincie zijn we de digitale overheid aan het vormgeven".

Voorwoord

Nederland staat voor grote en urgente uitdagingen. Uitdagingen die we alleen samen op kunnen lossen. De uitstoot van CO₂ en stikstof moet flink worden verminderd. We hebben 900.000 extra woningen nodig in de steden, het klimaat vraagt dringend om aanpassingen in de gebouwde omgeving en de energievoorziening is geen vanzelfsprekendheid meer. Daarnaast is de druk op de beschikbare ruimte, het mobiliteitssysteem, onze energienetwerken en de publieke financiën verder toegenomen. Burgers, bedrijven en overheden merken daar dagelijks de gevolgen van.

Al die verschillende onderwerpen hebben met elkaar te maken. En willen we al die grote uitdagingen goed aanpakken, dan moeten we dat in samenhang doen. Zodat de manier waarop we onze omgeving inrichten, er verblijven en ons verplaatsen ook echt duurzaam vooruitgang brengt. Omdat de oplossing voor deze uitdagingen is verdeeld over vele partijen en over verschillende overheden vraagt dit om het gericht coördineren van beleid en investeringen – zowel tussen overheden onderling als tussen overheden en bedrijfsleven – zodat we snel genoeg schaal en impact maken. En daarbij moeten we de mogelijkheden van technologisering en digitalisering maximaal benutten, binnen maatschappelijk verantwoorde kaders. En dat is waar het Dutch Metropolitan Innovations (kortweg DMI) voor bedoeld is. We zijn overtuigd van de kracht van een ecosysteem waarin bedrijfsleven, overheden en onderwijs en wetenschap gezamenlijk hun innovatie- en executiekracht, kennis en kunde en mogelijkheden bundelen en richten.

Binnen het DMI-ecosysteem wordt publiek-privaat hard gewerkt aan verschillende componenten zoals in dit paper worden genoemd. Zo werken we aan generieke voorzieningen voor federatief datadelen onder een gezamenlijk Afsprakenstelsel, aan vertrouwen en standaarden, aan meta-data en randvoorwaarden als privacy, databescherming en ethiek. En werken we aan verschillende concrete use-cases voor o.a. urban digital twinning en bijhorende kennisontwikkeling. De voorliggende paper beschrijft op een logische manier veel van deze ontwikkelingen en voegt daar een extra element aan toe: een gezamenlijke appstore voor digital twin oplossingen. Na het lezen komt de sterke gedachte op: *“waarom is dit er überhaupt nog niet?”*. Doorgaans is dat een goede graadmeter.

De titel van dit paper *“Een perfecte storm”* is treffend. De stapeling van opgaven kunnen niet afzonderlijk worden aangepakt en al zeker niet door een enkele individuele organisatie. In die opgaven de benodigde samenhang en samenwerking aanbrengen vanuit een ecosysteem is een betere strategie, mits alle betrokkenen zo snel mogelijk concreet worden in de oplossingen, inspanningen en doelen.

De Dutch Digital Twin Appstore kan daarbij een belangrijke rol spelen in de coördinatie van beleid en schaalbaarheid van investeringen. En ook bijdragen aan het vertrouwen tussen markt en overheid en overheden onderling. Maar ook op een praktisch niveau een flinke

versnelling aanbrengen zodat de oplossingen die worden gemaakt in de ene stad, ook direct gebruikt kunnen worden in de andere stad.

Voor het initiatief van *De G40 Themagroep Duurzame Verstedelijking en Mobiliteitsvernieuwing*, de *Provincie Zuid Holland* en de *gemeente Rotterdam* en WE LABS past veel waardering en dank. De hier beschreven oplossing om de ontwikkeling van digitale twins in Nederland (en wellicht daarbuiten) te versnellen is meer dan welkom. Het DMI-ecosysteem gaat er graag mee aan de slag om van een goede gedachte snel een nieuwe werkelijkheid te helpen maken.

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'C' followed by 'de Jonge'.

Caspar de Jonge
Programma Manager Ministerie Verkeer en Waterstaat

Inleiding

In dit tijdperk met grote maatschappelijke knelpunten waarin het vertrouwen in politici (en politieke instituties) historisch laag is¹, kan digitalisering op verschillende manieren een uitkomst leveren. (Urban) Digital Twinning (UDT) is hier een goed voorbeeld van. Het kan bv worden gebruikt als analyse instrument, maar ook om een common operational picture te bieden aan verschillende doelgroepen (één onafhankelijke data-gedreven waarheid op een visueel toegankelijke wijze ontsloten). Informatie wordt beter toegankelijk, wordt beter onthouden en geeft rijkere inzichten. We kunnen eenvoudiger trends en patronen ontdekken en voorspellende modellen ontwikkelen. We kunnen effecten meer integraal bekijken en verschillende perspectieven onderling afwegen. Kortom, het geeft een mooi alternatief instrument t.o.v. de instrumenten die overheden momenteel al gebruiken. Het vormt een tegenhanger voor statische rapporten en meningen die nu de basis vormen voor besluitvorming rond complexe opgaven met veel stakeholders. Het is niet voor niets dat digital twinning voor verschillende uitdagingen steeds vaker op de agenda van de gemeente staat. En hoewel we dat bewustzijn omarmen schuilt hierin ook een gevaar.

Tijdens Key notes die ik soms mag verzorgen rondom digital twinning stel ik regelmatig de vraag; "wie van u heeft een smartphone?" Het resultaat van die vraag is meestal een 100% score. De volgende vraag; "wie van u gebruikt daarop verschillende toepassingen ofwel apps?" levert wederom een 100% score. Als ik dan vervolgens vraag; "wie van u laat voor elke toepassing telkens een aparte telefoon met daarop een unieke app specifiek voor u en uw telefoon ontwikkelen?", krijg ik vooral niet begrijpende blikken en de te verwachten 0% score. Toch is dit wat er gebeurt als we het hebben over urban digital twin toepassingen. We ontwikkelen digital twins als antwoord op een specifiek knelpunt of specifieke behoefte zonder nadrukkelijk aandacht te hebben voor interoperabiliteit en/of schaalbaarheid.

Natuurlijk snap ook ik wel dat bovenstaande, gezien de vele ontwikkelingen op dit vlak een beetje al te kort door de bocht is. Er lopen namelijk wel degelijk interessante initiatieven binnen de EU en ook binnen Nederland, maar over de gehele linie zien we toch vooral veel unieke initiatieven die niet of nauwelijks met elkaar in verbinding staan. Dit is deels begrijpelijk vanwege het nog prille bewustzijn en de beperkte kennis rondom het onderwerp. We hebben immers de diverse pilots ook nodig om kennis op te bouwen en zicht te krijgen op de werkelijke kansen en bedreigingen, op de randvoorwaarden voor succes en de termijnen waarop die kansen zijn te verzilveren. Anderzijds is er voldoende potentie om nu al de randvoorwaarden voor succesvolle adoptie van het concept urban digital twinning in te gaan vullen.

Tijdens onze verkenning naar de verschillende urban digital twins in Nederland worden vaak de verschillen in benadering, technologie en toepassing benadrukt. Daardoor lijkt het soms alsof er veel verschillen zijn in het digital twin landschap. Echter als we juist focussen op de overeenkomsten, dan vinden we een goede voedingsbodem voor verregaande

¹ Bronnen: CBS mei 2023/ Erasmus: de laag vertrouwen samenleving 2021/dr. Andre Krouwel: Covid -19 en institutioneel vertrouwen

samenwerking en standaardisatie. Samenwerking tussen overheden onderling en ook tussen overheden, marktpartijen en/of kennisinstellingen. Het idee voor een “appstore” zoals geschetst in deze paper oogstte hierom niet alleen bijval van overheden maar ook van de vele marktpartijen die erg positief zijn ten aanzien van de betere schaalbaarheid die hiermee wordt gerealiseerd.

In deze paper beschrijven we eerst het concept Urban Digital Twin om vervolgens te kijken naar de huidige situatie in binnen- en buitenland. Veel Nederlandse organisaties waaronder gemeenten zijn momenteel op autonome wijze bezig met de ontwikkeling van (urban) digital twins. Dit is belangrijk voor het opdoen van kennis en ervaring maar vanuit het perspectief van de belastingbetaler niet persé wenselijk. In deze paper beschrijven we de transitie naar meer intergemeentelijke samenwerking op dit gebied door toe te werken naar uitwisseling van digitale twin toepassingen tussen gemeenten. We zien het als een ‘Dutch Digital Twin Appstore’. We willen een situatie waarin toepassingen enkelvoudig worden ontwikkeld en meervoudig worden gebruikt. Om te komen tot meer intergemeentelijke samenwerking zijn er verschillende paden te lopen. Zo moet de techniek interoperabiliteit mogelijk maken maar moet er ook aandacht zijn voor de digitale mindset en skillset van mensen en voor o.a. juridische, economische, ethische, organisatorische en financiële aspecten.

Het is goed om te beseffen dat de voorliggende paper is geschreven vanuit de behoefte om een helder maar ambitieus vergezicht te schetsen. Vanuit dat vergezicht kijken we naar de knelpunten die we onderweg tegenkomen en schetsen we concrete stappen om de beoogde situatie te kunnen realiseren inclusief mogelijke tussenstations. We gaan hierbij soms wellicht voorbij aan bepaalde bestuurlijke en interbestuurlijke complexiteit en aan regionale of andere belangen.

Tot slot een woord van grote dank aan de opdrachtgevers voor deze verkenning en de daaruit voortvloeiende paper. De G40 gemeenten, de Provincie Zuid Holland en de Gemeente Rotterdam nemen hiermee een belangrijke eerste stap in de richting van verregaande intergemeentelijke samenwerking. Door te onderzoeken hoe op meer effectieve en efficiënte wijze overheden onderling beter samen kunnen werken aan digital twins en hoe het bedrijfsleven en de wetenschap hier optimaal op aansluit zetten zij een belangrijke stap naar een maatschappij waar we sámen verantwoordelijk zijn voor onze steden en regio’s. Naast het getoonde vertrouwen voor de opdracht wil ik ze ook zeker bedanken voor de voortdurend constructieve bijdrages.



Klaes Sikkema is één van de partners van WE LABS, een onafhankelijke organisatie die werkt voor een grote groep overheden, maatschappelijk betrokken bedrijfsleven en onderwijs en wetenschap. WE LABS richt zich op complexe maatschappelijke vraagstukken en het ontwikkelen en matchen van innovatieve oplossingen om die op te kunnen lossen. Dit doet zij door het ontwikkelen van innovatieve projecten, door het opzetten van publiek-private samenwerkingen en door het van wal roeien van deze projecten in kwartiermakerrollen. Voor het realiseren van de hedendaagse complexe maatschappelijke knelpunten is een veelheid van integraal samenhangende innovaties noodzakelijk. WE LABS werkt samen met capabele organisaties en personen om telkens te komen tot een optimaal team waarin alle benodigde kennis en competenties zijn vertegenwoordigd. WE LABS heeft ruime kennis op het gebied van het ontwikkelen en realiseren van innovatieve projecten en publiek-private samenwerking.

Managementsamenvatting

Er is een verscheidenheid aan definities voor de digital twin. In de basis komen ze er allemaal op neer dat de digital twin een virtuele representatie van een fysieke werkelijkheid is waarin de factor tijd een rol speelt. Waar voorheen de technologie om digital twins te bouwen en te onderhouden onvolwassen en onevenredig duur was, is door de snelle opkomst van Internet of Things (IoT) de digital twin nu een haalbare en kosteneffectieve manier om ontwerp en prestaties te optimaliseren.

Hoewel de urban digital twin (UDT) niet de heilige graal is voor de fysieke leefomgeving en in hoge mate afhankelijk is van de beschikbaarheid en betrouwbaarheid van de data waarmee zij wordt gevoed, is de overtuiging dat zij in belangrijke mate bij kan dragen aan het bieden van het inzicht en overzicht dat noodzakelijk is voor duurzame en inclusieve beleid- en besluitvorming bij de inrichting en het beheer van de publieke ruimte. Ze kan daarin verschillende rollen vervullen. De rollen die we daarin het meeste tegenkomen zijn het bieden van een *common operational picture* hetgeen leidt tot begrip en verbinding tussen stakeholders, waarmee de twin ook goed inzetbaar is als participatie-instrument. De digital twin kan ook laagdrempelig en integraal overzicht en inzicht bieden en daarmee faalkosten voorkomen en beter passende interventies opleveren. Ten slotte wordt de UDT ingezet voor feedback, begripvorming en verantwoording ofwel het verbinden van beleidsdoelen, besluitvorming en resultaten in de praktijk.

De digital twin is in Nederland een onderwerp op vele gemeentelijke agenda's. Vaak betreft het nog pilots om te leren hoe digital twinning bij kan dragen aan de opgaven van een gemeente. Net als in Europa en de rest van de wereld is het daarbij opvallend dat er relatief weinig is nagedacht over interoperabiliteit en opschaalbaarheid. Conclusie is dan ook dat Urban Digital Twinning in belangrijke mate bij kan dragen aan de verschillende maatschappelijke opgaven maar dat we op veel plaatsen het wiel opnieuw uitvinden en digital twins vaak op "geïsoleerde wijze" worden ontwikkeld en gebruikt waardoor we de potentiële waarde ervan niet ten volle benutten.

De uitdagingen rondom UDT's zijn divers te noemen. Zo is de stad en regio een complex 'system of systems' waarin ieder systeem effect heeft op de andere en we de onderlinge verbanden en impact nog onvoldoende doorgronden. Hier ligt voor de kennis en wetenschap een belangrijke uitdaging om samen met publieke instanties nader onderzoek te doen en daarmee dit begrip in kaart te brengen. Opkomende digitale tweelingsystemen kunnen dit versnellen. De complexiteit wordt verder vergroot door verschillende abstractieniveaus van een digital twin variërend van een digitale twin op component niveau (bijvoorbeeld een warmtepomp), op assetniveau (bijvoorbeeld een woning), op wijkniveau of op het niveau van een stad, regio of zelfs land of continent. In de ideale wereld zijn de verschillende niveaus van digitale twins compatibel met elkaar waardoor we de effecten van individuele componenten kunnen bekijken op verschillende abstractieniveaus. In de praktijk betekent dit dat we niet alleen afspraken moeten maken op het niveau van de (slimme) stad, maar waar mogelijk internationale en industriestandaards moeten kiezen en ontwikkelen over sectoren heen.

Belangrijkste uitdagingen voor het toewerken naar interoperabel gebruik liggen waarschijnlijk op het gebied van organisatie en de mens zelf. Gemeentelijke organisaties en andere betrokken stakeholders moeten beschikken over een toereikende digitale mindset en skillset om de toegevoegde waarde van digital twinning te kunnen en willen zien. Het gaat daarbij niet alleen om het vermogen om digitale techniek te kunnen gebruiken maar vooral om nieuwe mogelijkheden, toepassingen en oplossingen te kunnen bedenken. In veel organisaties zien we dat de nadruk van digitaal bewustzijn en bekwaamheden ligt op de operatie. Echter, juist de kennis op middel en hoger managementniveau om te kunnen doorgronden hoe digitalisering doelmatig kan worden ingezet is in de meeste gevallen onvoldoende. Zonder nadrukkelijke aandacht voor digitaal leiderschap blijft digitalisering beperkt tot kleinschalige ontwikkelingen en aanpassingen in lopende processen, terwijl het juist kan worden ingezet voor fundamentele verandering.

Door bundeling van inkoop-, innovatie- en executiekracht kan intergemeentelijk veel voordeel worden behaald. Gemeenten blijken in hoge mate dezelfde knelpunten en opgaven te ervaren en zijn daarmee gebaad bij goed doordachte, schaalbare en gevalideerde oplossingen. Omdat de oplossing voor deze uitdagingen verdeeld zijn over vele partijen en over verschillende overheden vraagt dit om het gericht coördineren van beleid en investeringen – zowel tussen overheden onderling als tussen overheden en bedrijfsleven. Het DMI Ecosysteem streeft ernaar om hierin te voorzien.

Aangezien een digitale twin in de basis uit verschillende functies bestaat is het zinvol deze functies ook daadwerkelijk te scheiden van elkaar. We kennen 3 basisfuncties: data, dataplatform en toepassing. De brandstof voor iedere digital twin is 'data'. Hoewel er veel data is, is de consistente beschikbaarheid en kwaliteit van data een terugkerend knelpunt. Veel data zit opgesloten in afgeschermdes databases of in formats die niet of lastig zijn te ontsluiten, waarvan de hoeveelheid of frequentie niet bekend is of waarvan de kwaliteit onvoldoende is voor de beoogde doelstelling. Daarbij blijft eigenaarschap van de data een heikel punt, aangezien data (vooralsnog) geen plek heeft in het goederenrecht. Ook bewerkte data door combineren en/of toepassen van algoritmes is niet formeel bij wet geregeld. Het niet kunnen beschermen van de intellectuele investering die een organisatie heeft gedaan zorgt ervoor dat er met name door marktpartijen terughoudend wordt omgegaan met het geven van inzicht in de toepassingen die zij ontwikkelen.

Door afspraken rondom standaardisatie van urban dataplatformen te maken realiseren we meer gemeentelijke uniformiteit waardoor zowel datakoppeling als ook toepassingen op die open urban platformen uitwisselbaar worden. Dit (open) urban dataplatform bepaalt hoe de toepassingen (applicaties) en databronnen veilig en snel met elkaar kunnen communiceren, borgen het 'many-to-many' concept en ook de veiligheid en confidentialiteit waardoor vraag (applicatie) en aanbod (datasets) telkens traceerbaar en koppelbaar zijn.

De toepassing of applicatie is de interface naar de gebruiker en huisvest een groot gedeelte van de sectorspecifieke intelligentie. De applicaties zijn divers en de ontwikkeling ervan zal grotendeels door marktpartijen (in samenwerking met overheden en andere stakeholders) worden ingevuld.

Door de geschetste functiescheiding is nu ruimte ontstaan voor een online (transactie-) platform waar toepassingen op worden geplaatst vergelijkbaar met de welbekende app-store van Apple (en Microsoft en Android). Toepassingen worden hierdoor enkelvoudig ontwikkeld waarna ze een traject doorlopen voor goedkeuring en zijn daarna voor iedere gemeente die beschikt over een open urban platform dat aan de vereisten voldoet, beschikbaar. De appstore als online transactieplatform brengt vraag en aanbod ten aanzien van toepassingen (applicaties) efficiënt bij elkaar komen en de 'zoek en vind'-functie draagt bij aan een efficiënte marktwerking. Net zoals u als consument niet voor iedere vraag een nieuwe toepassing en een nieuw device ontwikkeld doet u dat als gemeente ook niet langer. U kijkt simpelweg of voor uw vraag wellicht niet al een oplossing is ontwikkeld en gevalideerd die op de app-store beschikbaar is.

Naast overeenkomsten zijn er natuurlijk ook verschillen met de Appstore van bijvoorbeeld Apple of Google. Zo kunnen Digital twin toepassingen niet simpel worden gedownload maar zal in de meeste gevallen sprake zijn van een implementatietraject waarin toepassingen per stad of regio op basis van daar geldende parameters opnieuw worden gekalibreerd en gevalideerd. Zo'n implementatietraject zal afhankelijk van het aantal variabelen en het instapniveau van de gebruikers variëren in intensiteit en doorlooptijd maar zal in principe altijd ruimschoots voordeliger zijn dan het ontwikkelen van een eigen nieuwe oplossing.

De huidige Nederlandse markt voor digital twin applicaties, platforms en data wordt ingeschat op ca. €200 miljoen. De wereldmarkt wordt voor 2023 ingeschat op \$10 miljard en met een geprognoseerde groei van ruim 60% per jaar gaat de omzet richting \$110 miljard in 2028. In de werknaam (D)DTAs staat de eerste D voor Dutch. Deze staat bewust tussen accolades want het geschetste concept waarbij Digital Twinning versneld in een meer volwassen fase komt, is eenvoudig schaalbaar naar Europa of zelfs internationaal. Het geeft onze marktspelers in potentie een voorsprong in het internationale speelveld, aangezien ons land qua digitalisering bij de koplopers in de wereld hoort.

Naast de potentiële versnelling ten aanzien van digital twinning in Nederland levert het hier geschetste platformmechanisme een enorme besparing op voor de bv-Nederland ten aanzien van ontwikkel- en beheerkosten en levert het een grote bijdrage aan integraal inzicht dat helpt bij duurzamere en meer inclusieve beleid- en besluitvorming.

In deze paper beschrijven we ten slotte ook HOE we stapsgewijs komen tot de hier beschreven situatie.

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
Inleiding	5
Managementsamenvatting	7
Inhoudsopgave	10
1. De historie en opkomst van ‘Digitale Twins’	12
1.1. Definitie van een Digital Twin.....	12
1.2. Urban Digital Twin.....	13
1.3. Een korte historie.....	13
1.4. De toegevoegde waarde van Urban Digital Twins.....	15
2. Aansprekende voorbeelden van Urban Digital Twinning	20
2.1. China nog steeds frontrunner.....	20
2.2. Toepassingsgebieden mondiaal	20
2.3. Urban Digital Twinning in de EU.....	21
2.4. Situatie in Nederland	23
2.5. De grote “MAAR” bij huidige UDT-ontwikkeling.....	25
3. De uitdagingen rondom urban digital twins	26
3.1. De Stad en regio als system of systems.....	26
3.2. Open urban platforms en standaarden.....	26
3.3. De uitdaging rond data	28
3.4. Digitale mindset en -skillset.....	30
3.5. Vertrouwen	32
3.6. Sturing op intergemeentelijk gebruik van middelen en capaciteit.....	33
4. Het concept van een (Dutch) DT Appstore	34
4.1. Wat is een app store?.....	34
4.2. Een marktplaats met regels, richtlijnen, expertise en ondersteuning	35
4.3. Verschillen t.o.v. de Apple App store	37
5. Businesscase.....	39
5.1. De digital twin markt en -sector.....	39
5.2. Het brede maatschappelijke perspectief.....	40
5.3. Voor wie is DDTAS?.....	41

5.4.	Van wie is DDTAS.....	44
5.5.	(D)DTAs schaal mogelijkheden en DDTAs als exportproduct.....	45
6.	De weg naar DDTAS.....	46
6.1.	Naar interoperabiliteit en flexibiliteit.....	46
6.2.	De techniek.....	47
6.3.	Kennis en gedrag	50
6.4.	Digital twinning voor starters.....	51

1. De historie en opkomst van 'Digitale Twins'

1.1. Definitie van een Digital Twin

Een zoekopdracht voor 'Digital Twins' op Google levert ruim 53 miljoen resultaten met een grote verscheidenheid aan uiteenlopende definities. Het wordt snel duidelijk dat dé digital twin niet bestaat. Hieronder staan een aantal definities afkomstig van toonaangevende organisaties.

- **Wikipedia (juni '23):** A digital twin is a digital representation of an intended or actual real-world physical product, system, or process (a *physical twin*) that serves as the effectively indistinguishable digital counterpart of it for practical purposes, such as simulation, integration, testing, monitoring, and maintenance.
- **Gartner:** A digital twin is a digital representation of a real-world entity or system. The implementation of a digital twin is an encapsulated software object or model that mirrors a unique physical object, process, organization, person, or other abstraction. Data from multiple digital twins can be aggregated for a composite view across a number of real-world entities, such as a power plant or a city, and their related processes.
- **IBM:** A digital twin is a virtual model designed to accurately reflect a physical object. The object being studied, -for example a wind turbine-, is outfitted with various sensors related to vital areas of functionality. These sensors produce data about different aspects of the physical object's performance, such as energy output, temperature, weather conditions and more. This data is then relayed to a processing system and applied to the digital copy. Once informed with such data, the virtual model can be used to run simulations, study performance issues and generate possible improvements, all with the goal of generating valuable insights, which can then be applied back to the original physical object.
- **Center for Digital Build Britain:** A digital twin refers to a digital replica of physical assets, processes and systems. Digital twins integrate artificial intelligence, machine learning and data analytics to create living digital simulation models that update and change as their physical counterparts change. A digital twin continuously learns and updates itself from multiple sources to represent its near real-time status, working condition or position
- **European Commission:** Local digital twins are a virtual representation of a city's physical assets, using data, data analytics and machine learning to help simulation models that can be updated and changed (real-time) as their physical equivalents change. Some may consider a digital twin only describing reality (and the history of it), while it is the additional applications that bring the real intelligence and help create the common picture of reality that is the value-added of a local digital twin. In terms of rationale, they can bring cost efficiencies, operational efficiencies, better crisis management, more openness and better-informed decision-making, more participatory governance or better urban planning.
- **Gemeente Rotterdam:** een gemeenschappelijke en deelbare digitale beschrijving van de actuele fysieke werkelijkheid.

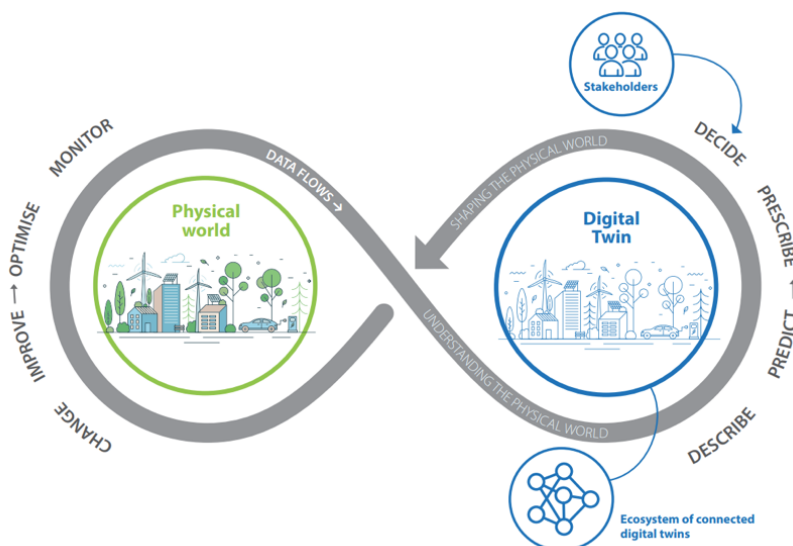
Waar iedereen het over eens lijkt te zijn is dat een digitale twin een virtuele representatie is van iets dat in de werkelijke wereld bestaat en waar de factor tijd een belangrijke rol. Je zou de digitale twin dus ook als 4D model van de werkelijkheid kunnen beschouwen waarbij die 4^e D staat voor de dimensie tijd. Aan 3D modellen voegen we dus dynamische data toe. Dit laatste is een belangrijk onderscheid ten opzichte van conventionele statische 3D modellen die nog vaak onterecht worden aangeduid als digitale twin. Door het combineren van

dynamische data, verklarende en voorspellende modellen en statische data, wordt het mogelijk om digital twins te gebruiken voor simulaties, integraties en validatie.

1.2. Urban Digital Twin.

De digitale representatie van de stad of regio noemen we in dit document Urban Digital Twin (ook wel aangeduid als Local Digital Twin of City Twin). Het betreft zoals de naam al doet vermoeden een virtuele representatie van de fysieke stad en haar assets en gedragingen. De meeste hedendaagse Urban Digital Twins zijn (voorsnog) gericht op het fysieke domein waar ze allerhande inzichten bieden in verkeer, energie, water, vegetatie, etc.

Onderstaande afbeelding is afkomstig van het Center of Digital Built Britain en de Universiteit van Cambridge en geeft de verhouding tussen de fysieke en virtuele wereld goed weer. Binnen de fysieke wereld wordt data verzameld over gedrag van de diverse assets in de fysieke omgeving. Steeds meer data zijn daarbij afkomstig uit een breed spectrum aan sensoren want hoe beter we meten hoe beter de fysieke en virtuele omgeving op elkaar



aansluiten. Die data worden vervolgens gebruikt in de virtuele wereld om de fysieke wereld en al haar variabelen beter (in samenhang) te doorgronden en op basis van daaruit voortvloeiende inzichten de fysieke wereld verder te optimaliseren. Aangezien dit een voortdurende interactie en ontwikkeling betreft is het figuur dan ook logischerwijs vormgegeven als lemniscaat.

Figuur 1: bron University of Cambridge

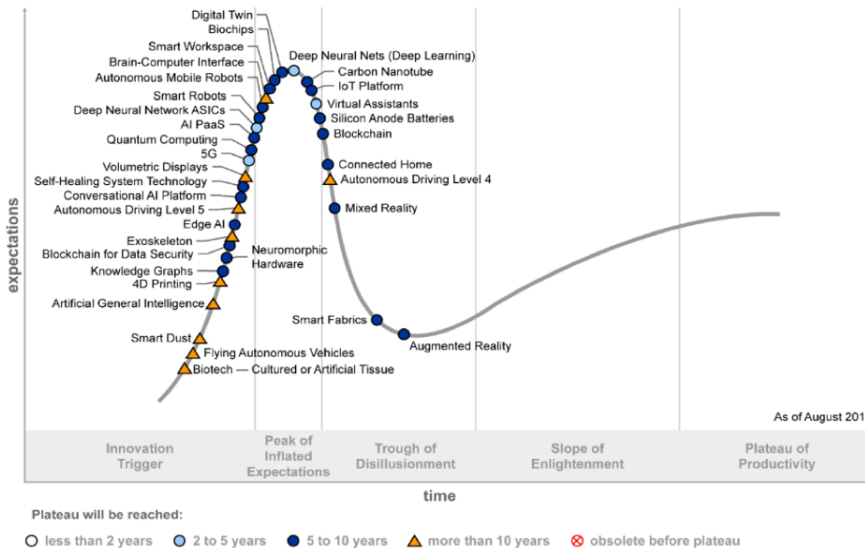
1.3. Een korte historie

Digital Twins zijn zeker niet nieuw. Binnen de industrie wordt al decennialang gewerkt met virtuele representaties van objecten om verschillende scenario's te kunnen simuleren. Simulaties die in de echte wereld te duur of te complex zijn om te modelleren, zijn op basis van digitale representaties in combinatie met data, op relatief betrouwbare en betaalbare wijze wel te realiseren. Zo is bekend dat de NASA al in de jaren 60 experimenteerde met rudimentaire digital twins voor haar Apollo-programma (zie kader) en deze later ook steeds verder doorontwikkelde voor latere ruimtevaartprogramma's. In de lucht- en ruimtevaart en in de industrie gebruiken we dus al een halve eeuw virtuele modellen om het

Na de lancering van Apollo 13 in april 1970 had niemand kunnen voorspellen dat door het exploderen van de zuurstoftanks vroeg in de missie, het een gevecht zou worden om te kunnen overleven. De hele wereld hield haar adem in toen technische problemen op 320.000 kilometer afstand moesten worden opgelost. Een belangrijke sleutel tot deze reddingsmissie was echter dat NASA een digitaal tweelingmodel van Apollo 13 op aarde had waarmee ingenieurs mogelijke oplossingen vanaf de grond konden testen.

gedrag van objecten in verschillende, soms extreme, omstandigheden te kunnen onderzoeken zonder daar fysieke objecten voor te gebruiken (en op te offeren). Echter de benaming 'digital twin' komt pas voor het eerst² voor in 1998 in "Alan Alda meets Alan Alda 2.0". De term kreeg vervolgens in 2002 echt bekendheid door Michael Grieves van de University of Michigan na een presentatie over "Product Lifecycle".

Daarin wordt een dubbelganger van een fysiek product gemodelleerd om het gedrag van dat product te kunnen simuleren en voorspellen. Het feit dat het hier ging over de gehele levenscyclus van een product impliceert dat de digitale twin in principe net zo lang blijft bestaan als het product zelf. Deze variant lijkt erg op de digitale twin die van elke Tesla exemplaar wordt gemaakt. Hier wordt de feedback uit de



Figuur 2: Gartner hypecycle 2018

grote hoeveelheid sensoren uit de specifieke Tesla gebruikt om onderhoud te plannen en de auto op het juiste moment van de juiste software te voorzien. Maar daarnaast wordt deze data ook gebruikt om het gehele Tesla Ecosysteem te doorgronden en op basis van die inzichten producten en diensten verder te verbeteren. Waar in de tijd van Michael Grieves de technologie om digital twins te bouwen en te onderhouden nog onvolwassen en onevenredig duur was, is door de snelle opkomst van Internet of Things (IoT) de Digital Twin nu een haalbare en kosteneffectieve manier om ontwerp en prestaties te optimaliseren. Hoewel het concept dus al sinds 2002 bekend is, is het pas in 2018 één van de belangrijkste strategische technologietrends geworden in de Gartner Hype Cycle (zie figuur 2).

Inmiddels is de technologie in sneltreinvaart volwassen aan het worden, zijn er wereldwijd ontelbare voorbeelden te vinden van succesvolle digital twins en is het een industrie 'an sich' geworden waar miljarden in omgaan. Partijen als General Electrics, Siemens, Bentley Systems, Microsoft, Dassault en vele anderen zetten er groot op in. Of het nu voor de industrie, de medische wetenschap of stedelijke ontwikkeling is, de digitale twin zal de komende jaren steeds meer gemeengoed gaan worden. Deze twin zal daarbij zoveel meer zijn dan een 3D weergave van een fysieke asset maar zal meer en meer tot leven komen door grote hoeveelheden data afkomstig van de gedeelde fysieke ervaringen van zijn broertje(s) of zusje(s).

² Aldus digital twin research expert, Carlos Miskinis

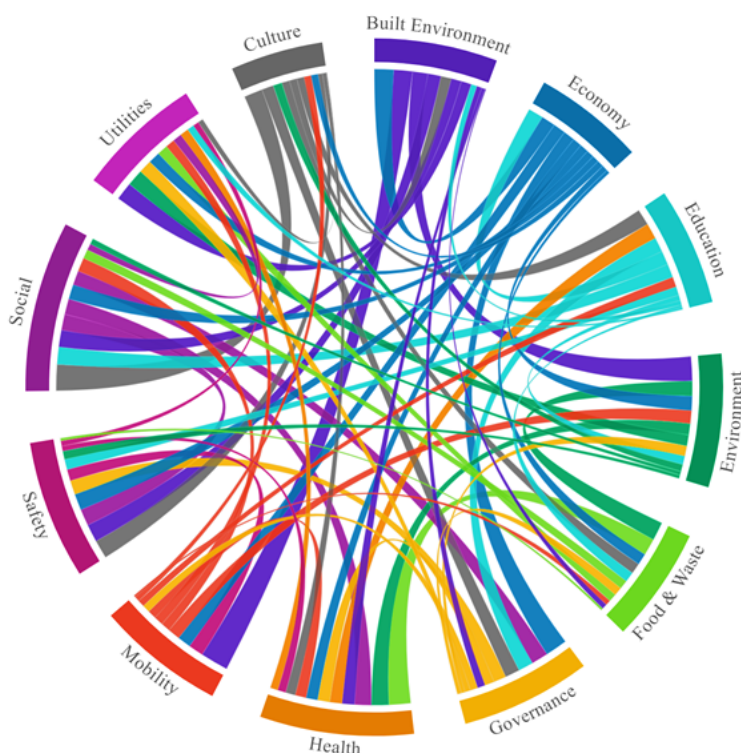
1.4. De toegevoegde waarde van Urban Digital Twins

Gezien de complexiteit van onze leefomgeving en de hieraan gerelateerde complexe uitdagingen is het niet meer dan logisch dat de digitale tweeling steeds meer toepassing krijgt. De steeds verder toenemende bevolkingsgroei in toch al relatief dichtbevolkte steden en regio's in Nederland leidt bijvoorbeeld tot allerlei knelpunten op het gebied van bereikbaarheid, leefbaarheid, veiligheid, energievoorziening, inclusiviteit, concurrerend landgebruik, etc. Daarbovenop komen nog de gevolgen van de klimaatcrisis waardoor we meer te maken krijgen met extreme weersinvloeden die impact hebben op de weerbaarheid van de stad en de regio.

Die complexiteit heeft de afgelopen decennia geleid tot meer en meer specialistische silo's binnen de overheid, de wetenschap en het bedrijfsleven. Specialistische silo's om snel kennis en expertise op te kunnen bouwen om die verschillende knelpunten het hoofd te kunnen bieden. Echter, steeds meer zien we ook de negatieve effecten van deze segmentatie. Grootste keerzijde hiervan komt tot uiting bij interventies in het ene domein die effecten hebben in andere domeinen.

We herkennen allemaal wel aansprekende voorbeelden waar besluitvorming ten behoeve van een betere bereikbaarheid van de stad of regio heeft geleid tot negatieve effecten op het gebied van veiligheid, luchtkwaliteit en/of geluidsoverlast.

De stad is een systeem dat bestaat uit verschillende samenhangende systemen. Onderstaande figuur is het resultaat van onderzoek uit 2019 betreffende "The Urban Anatomy" door Brouwer en Rostron die binnen verschillende steden inzichtelijk hebben gemaakt in hoeverre domeinen elkaar beïnvloeden. In dat onderzoek wordt duidelijk dat alle domeinen in de stad impact hebben op elkaar. Hoewel de mate van impact van het ene op



Figuur 3: The Urban Anatomy

het andere domein kan variëren van stad tot stad, blijken er vooral grote gelijkenissen te zijn tussen steden onderling. Hieruit kunnen we concluderen dat het kijken naar effecten van interventies binnen geïsoleerde domeinen risico's oplevert. Puntoplossingen vanuit geïsoleerde domeinen kunnen positieve effecten hebben op dat ene domein, maar misschien negatieve of zelfs destructieve effecten op andere domeinen. Dit leidt niet zelden tot verkramping, negatieve neveneffecten en polariserende discussies

De gezondheid van de stad en regio hangt af van hoe goed alle elementen van het systeem met

elkaar verbonden zijn en in harmonie functioneren. Daarom kijken we liever integraal naar de effecten die ons ontwerp en onze interventies zullen hebben op onze omgeving en komen we met betrouwbare modellen om deze effecten te voorspellen. Opkomende digitale tweelingsystemen bieden de mogelijkheid om zowel het virtuele als het fysieke afzonderlijk of samen te bestuderen. Deze krachtige mogelijkheid vormt de sleutel tot het versnellen van holistisch begrip en verbeterde besluitvorming door middel van menselijke en kunstmatige intelligentie.

Door de toenemende verdichting als gevolg van de grote bouwopgaves, hoge eisen aan bereikbaarheid en leefbaarheid en de verschillende grote maatschappelijke transitie zoals de energietransitie wordt deze samenhang tussen knelpunten steeds explicieter en wordt duidelijk dat ze niet geïsoleerd kunnen worden opgelost. De vele variabelen en effecten kunnen we niet overzien of voorspellen en dat leidt tot veel onzekerheid en daarmee tot besluiteloosheid en gebrek aan leiderschap. Waar versnelling nodig is om de grote opgaves het hoofd te bieden zien we juist telkens vertragingen met nieuwe discussies en verschillende naast elkaar bestaande en soms tegenstrijdige 'waarheden'.

De urban digital twin (UDT) is zeker niet de heilige graal en is in hoge mate afhankelijk van de beschikbaarheid en betrouwbaarheid van de data waarmee zij wordt gevoed. Toch is de overtuiging dat zij in belangrijke mate bij kan dragen aan het bieden van het inzicht en overzicht dat noodzakelijk is voor passende beleid- en besluitvorming. Ze kan daarin verschillende rollen vervullen. De rollen die we daarin het meeste tegenkomen kunnen als volgt worden gerubriceerd als rollen voor verbinding, voor overzicht en inzicht, en voor feedback, leren en verantwoording.

1.4.1. UDT als verbindende schakel tussen mensen, domeinen en 'werkelijkheden'

Door een visuele representatie te gebruiken waarin corresponderende effecten zichtbaar worden gemaakt ontstaat een zogenaamde 'common operational picture', ofwel een

Crowd Safety Manager, een 3D weergave van een stad(-sdeel) waarbij drukte in kaart wordt gebracht in combinatie met sentimenten biedt één integraal overzicht aan Politie, Gemeentelijke diensten en Evenementorganisaties waarop zij samen kunnen bepalen welke interventies gewenst zijn om de stad veilig, bereikbaar en leefbaar te houden. Voorheen verzamelde iedere individuele organisatie haar eigen informatie en was extensief overleg nodig om te bepalen wie op welk moment welke interventie ging doen en wat daar het gewenst effect van was.

gezamenlijke waarheid. Hierdoor kan op integrale(re) wijze worden gekeken naar de samenhangende effecten en de impact op de verschillende relevante domeinen. Door stakeholders vanuit verschillende perspectieven naar deze gezamenlijke "waarheid" te laten kijken ontstaat sneller begrip en zijn afwegingen beter uitlegbaar. Er treedt daarbij minder polarisatie op; stakeholders zien een gezamenlijk beeld met een meer gedeeld belang. De Digital Twin treedt daarbij dus op als verbindende schakel tussen stakeholders vanuit verschillende geledingen, domeinen, afdelingen en/of organisaties.

1.4.2. UDT als participatie instrument

Dit maakt het ook een zeer bruikbaar instrument voor participatietrajecten. De Chinese filosoof Confucius schreef zo'n 500 jaar voor Christus al: *Wat je hoort vergeet je, wat je ziet onthoud je, maar wat je ervaart laat je daadwerkelijk in actie komen*". Nog steeds echter

vindt participatie overwegend plaats op basis van rapporten die vrijwel alleen door ingewijden op de juiste manier kunnen worden geïnterpreteerd. De trajecten zijn hierdoor weinig inclusief en minder effectief. Bij participatieavonden komen vaak de usual suspects en worden voorgenomen plannen uiteengezet door betrokken experts. De gewenste dialoog tussen overheid en omgeving blijft vaak uit.

Door relevante data (in samenhang met elkaar) op laagdrempelige wijze visueel te ontsluiten wordt het verwerken van de informatie eenvoudiger voor onze hersenen. Visuele en meer op een beleving gerichte informatie is eenvoudiger te processen voor de meeste personen dan een ambtelijke of technisch opgesteld rapport. Volgens Ethos3 die de resultaten van verschillende onderzoeken hebben gecombineerd nemen we visuele informatie zelfs 600.000(!) keer sneller op dan tekst. Het is wetenschappelijk bewezen dat 70% van de informatie daadwerkelijk beter wordt geïnterpreteerd en onthouden als deze visueel weergegeven wordt in plaats van verteld of in tekstvorm wordt gedeeld. Door gevisualiseerde data zien we ook makkelijker trends en patronen en kunnen we voorspellende modellen ontwikkelen ten aanzien van de impact die interventies en besluiten hebben. Door verschillende data te combineren kunnen effecten ook meer integraal worden bekeken en verschillende perspectieven onderling worden afgewogen. De UDT kan daarmee op veel inclusievere wijze stakeholders betrekken. Dit effect kan verder worden versterkt middels immersieve technologieën zoals holografische weergaves, AR- of VR-bril, haptische feedback etc. waardoor de geboden beleving nog realistischer wordt.

Door de inzet van digitale technologie zoals digital twinning ontstaat meer informatiegelijkheid en meer transparantie. Alle belanghebbenden kunnen in principe beschikken over dezelfde informatie. Waar tot voor kort iemand ermee weg kwam dat de effecten van een besluit grotendeels niet zijn te voorspellen en het dus voor een belangrijk gedeelte op overtuigingskracht en geloof aankwam, is er straks data beschikbaar op basis waarvan effecten wel zijn te voorspellen. In eerste instantie zal discussie nog plaatsvinden op basis van interpretaties van de data, maar hoe betere de data en de modellen, hoe betrouwbaarder de uitkomst wordt. Zodra we vertrouwen op de uitkomst van die modellen gaat het dus meer een afweging worden van de verschillende en gewenste effecten. Je zou dus kunnen zeggen dat het straks meer democratisch wordt en politieke standpunten doorslaggevend zijn.

De stad Zürich heeft een belangrijke stap gezet in het publieke bewustzijn door vrijgave van de 3D ruimtelijke gegevens en modellen onder Open Government Data. Door visualisatie en analyse van digitale prototypes en het aantonen van interacties met de gebouwde omgeving kunnen scenario's digitaal worden ontwikkeld en besproken in besluitvormingsorganen. Met behulp van de digital twin kunnen vragen over het stadsklimaat worden gesimuleerd en kunnen resultaten worden gekoppeld aan de bestaande 3D ruimtelijke data. De stad Rotterdam is met het Open Urban Platform met enigszins vergelijkbare ontwikkelingen bezig.

Bron: The digital Twin of the city of Zürich for urban planning; Gerhard Schrotter and Christian Hürzeler; 2020

Maatschappelijke verhoudingen tussen verschillende stakeholders en ook de rol van de ambtenaar veranderen als gevolg van al deze ontwikkelingen. Voorheen was het verzamelen van relevante informatie voor het ontwikkelen van een coherente visie op stedelijke ontwikkeling of voor een gewenste interventie binnen de stad een relatief anonieme bezigheid. Een bezigheid die grotendeels geïsoleerd plaats kon vinden binnen de muren van betreffende overheidsinstantie. Inmiddels zien we een toename van maatschappelijke betrokkenheid bij burgers en organisaties die zelf hun verantwoordelijkheid willen nemen en daarmee een stempel willen drukken op

de stad en regio. De digitale twin biedt een instrument om op basis van informatiegeïktheid voortdurend in gesprek te blijven met de omgeving en belangen van verschillende betrokkenen op juiste wijze af te wegen en te vertalen naar beleid en besluitvorming.

1.4.3. UDT voor overzicht en inzicht voor de voorkoming van faalkosten

Door het werken met een digitale representatie van de stad kunnen we net als in de industrie verschillende scenario's gaan simuleren en de effecten afwegen zonder dat we daarvoor de fysieke objecten eerst moeten gaan bouwen. Daarmee creëren we dus al waardevolle inzichten alvorens de bouw wordt gestart. Hiermee voorkomen we in potentie veel faalkosten³. Dit geldt voor gebouwen en infrastructuur maar ook voor bijvoorbeeld de geschatte effecten van zonnepanelen op daken of de afvoer van water in de stad. We kunnen op basis van gesimuleerde scenario's waarin we data uit verschillende bronnen combineren, de benodigde faciliteiten in de stad beter dimensioneren, of dat nu de waterafvoer, de fietsinfrastructuur, zorgvoorzieningen of het aantal scholen betreft. De digitale Twin draagt dus bij aan een beter ontwerp van de stad en stedelijke interventies.

De gemeente Hilversum heeft een model ontwikkeld waar ze kijkt naar de wortelgroei van bomen in de stad. Door deze data te koppelen met data over alle leidingen in de ondergrond kan worden voorkomen dat bomen in de toekomst schade toebrengen aan leidingen en kan de groenvoorziening in de stad duurzamer worden geplant.

De gemeente Rotterdam heeft een vergunningenchecker gebouwd waarmee zowel de ontwikkelaar als de toetsende partij, op basis van BIM-modellen die worden geprojecteerd op de geo-coördinaten in het digitale stadsmodel, direct kan zien wat de toekomstige werkelijkheid doet met de huidige omgeving en in hoeverre wordt voldaan aan alle wettelijk gestelde eisen ten aanzien van bijvoorbeeld de brandveiligheid.

Aanvullend hierop wordt het eenvoudiger om alle assets binnen een stad en regio in samenhang te gaan bekijken en de impact vast te stellen. Hoe meer data we verkrijgen en combineren hoe meer waardevolle inzichten ontstaan om fouten nu en in de toekomst te voorkomen en de stad en haar voorzieningen te dimensioneren op zowel het heden als ook de toekomst.

1.4.4. UDT als continue feedbackloop ("hoofd in de wolken, voeten op aarde")

Doordat de UDT wordt gevoed met relevante en actuele data die afkomstig is van haar fysieke broer of zus en de omgeving kan de Digitale Twin worden ingezet voor continue monitoring, bijsturing, of kortom: het verbinden van beleidsdoeleinden, besluitvorming en resultaten in de praktijk. In verschillende steden worden bv emissies gemeten. Hierdoor komt steeds nauwkeuriger in beeld waar uitstoot vandaan komt, of het meer of minder wordt en waar de causale verbanden liggen. Al deze kennis draagt vervolgens bij aan het ontwerpen van steden met optimale ecologische layout. Experts kunnen verschillende layouts vergelijken en daaruit het optimale ontwerp voor betreffende omgeving kiezen. Een andere toepassing van continue feedbackloop is

Helsinki Energy and Climate Atlas wil de ambitie van de stad ondersteunen om in 2035 CO₂-neutraal te zijn en maakt gebruik van semantische modellen van gegevens over zonne-energie en warmte. Naast koolstofneutraliteit moedigt Helsinki ook de betrokkenheid van het hele ecosysteem aan voor grotere sociale voordelen

³ Afhankelijk van de geraadpleegde bronnen en wijze van berekening worden faalkosten in de fysieke leefomgeving geschat op 6 tot 16 miljard euro op jaarbasis.

bijvoorbeeld het monitoren van crowds in combinatie met het continu testen van de effectiviteit van verschillende interventies. Een bijkomend voordeel is dat beslissingen steeds beter te herleiden zijn naar data uit de praktijk wat bv ook ten goede komt voor verantwoording.

2. Aansprekende voorbeelden van Urban Digital Twinning

2.1. China nog steeds frontrunner

De Urban Digital Twin werd voor het eerst op grotere schaal voorgesteld binnen de 'China Academy of Information and Communication Technology' in 2017. Het is dan ook logisch dat China kan worden gezien als één van de koplopers op het gebied van Urban Digital Twinning. Maar ook Australië de VS en Europa hebben het concept volledig omarmt en verschillende aansprekende initiatieven ontwikkeld. Van China is bijvoorbeeld bekend dat zij Digital Twinning steeds meer gebruikt voor geautomatiseerde besluitvorming waarbij technieken als kunstmatige intelligentie worden gecombineerd met autonoom transport. Zo worden bv bij het Urumqi project van de China-Europe Railway en bij Xinjiang International Landport digital twins ingezet om autonoom vervoer voor transportafhandeling mogelijk te maken. Op basis van IoT worden grote hoeveelheden data verzameld voor de bewaking en het beheer van de verschillende stations. Door de data en de scenariotoepassingen te koppelen aan de digitale twin kunnen onbemande vrachtwagens en onbemande veiligheidspatrouillevoertuigen worden ingezet waardoor grote voordelen worden behaald op het gebied van capaciteit en veiligheid.

Tevens is dit helaas ook een voorbeeld waarbij economisch- en sociaal kloppende argumentatie wordt misbruikt om vergaande inbreuk te maken op privacy, de ondersteuning van centrale machtsstructuren en de onderdrukking van etnische minderheden. Dit laat onverlet dat de argumentatie achter de inzet van digital twins klopt en dat het dus ook in de praktijk kan werken, mits aan voorwaarden worden voldaan van goed democratisch bestuur.

2.2. Toepassingsgebieden mondiaal

Steden bezetten minder dan 2% van het aardoppervlak, maar verbruiken toch 78% van de mondiale energie en pompen 60% procent van de uitstoot van broeikasgassen uit, terwijl 100 megasteden als New York, Seoul, Hong Kong en Shanghai een schokkende 18% van de broeikasgassen produceren. Het is dan ook niet verrassend dat digital twinning veel wordt ingezet voor het verbeteren van de leefbaarheid.

Georgetown Maleisie: Om de economische weerbaarheid te verhogen heeft Georgetown een digitale twin ontwikkeld waarmee zij impact van stedelijke infrastructuur en nieuwe stedelijke ontwikkelingen kan simuleren en daarmee de effecten op de economie en leefbaarheid in de stad kan voorspellen.

Het CReDo programma binnen het Verenigd Koninkrijk is een mooi voorbeeld waar een baanbrekend digital twin-project wordt ingezet om de weerbaarheid van steden in relatie tot de klimaatverandering in kaart te brengen. CReDo staat voor 'Climate Resilience Demonstrator' en is een praktisch voorbeeld hoe data uit verschillende domeinen bij kan dragen aan het adaptievermogen en de weerbaarheid van een "system of systems". Het project kijkt specifiek naar de impact van overstromingen op energie-, water- en telecomnetwerken. Het laat zien hoe de exploitanten van die netwerken, data delen over sectorgrenzen heen en die data gebruiken om het effect

van overstromingen op de netwerkprestaties en dienstverlening te voorspellen om tijdig mitigerende maatregelen te kunnen nemen.

Ook het 'liveable city digital twin project in New South Wales, Australië is een goed voorbeeld van een project gericht op stedelijke leefbaarheid en weerbaarheid. De digitale twin wordt ingezet om multistakeholder participatie in stedelijke ontwikkelingen te faciliteren. Het geeft inzicht in onder andere hitte stress en voetgangersbewegingen om te komen tot een meer optimale (voetganger-) infrastructuur inclusief oog voor de bereikbaarheid voor hulpdiensten. Het project betreft de omgeving actief bij zowel het ontwerp van de stad als bij de overheidsdienstverlening.

De kosten voor digitale twin projecten lopen sterk uiteen van miljarden tot enkele tienduizenden dollars. Naar aanleiding van de in 2019 getekende Energy Transition Act is in New Mexico, USA een nieuw 'smart infrastructure and carbon-neutral energy' platform ontwikkeld in de vorm van een digitale twin. De staat en haar partners voorspellen dat het 20 miljard (!) kostende project dat over 10 jaar wordt gerealiseerd het leven en de economie in New Mexico (2,35 miljoen inwoners, BBP \$104 miljard) zal transformeren. Door de inzet van de digitale twin verwacht men de operationele stedelijke kosten met 35% te verminderen, de productiviteit met 20% te laten stijgen en de uitstoot van CO₂-emissies 50 tot 100% te verminderen. Daarnaast wordt de investering verantwoord op basis van de verwachting dat de effecten naar buiten rimpelen naarmate andere energiebedrijven, staten en naties de voordelen zien.

Wellington, Australië; een mondiale competitie voor de inzet van technologie om de klimaatuitdagingen te tackelen heeft uitgemond in een showcase voor verschillende technologieaanbieders zoals Buildmedia en Unreal. Het project laat goed zien hoe levensecht we inmiddels scenario's kunnen simuleren.

Het merendeel van de Urban Digital Twin toepassingen wereldwijd zien we binnen het fysieke domein voor o.a. stedelijke ontwikkelingen en ontwerp, energie en mobiliteit. Maar ook de eerdergenoemde toepassingen op het gebied van participatie zijn populair in Europa (zie eerdere voorbeeld in Zurich) maar ook in Australië.

2.3. Urban Digital Twinning in de EU

Het streven⁴ van de EU is dat iedere stad, groot of klein binnen een termijn van een aantal jaren zelf haar eigen digitale tweeling kan implementeren terwijl tegelijkertijd het volwassenheidsniveau van de twin wordt verhoogd en industriestandaards worden gecreëerd voor interoperabiliteit op Europees niveau. Binnen de Europese Unie is er verder zoals verwacht relatief veel aandacht voor de bescherming van de privacy en andere ethische vraagstukken.

Hierbij wordt momenteel hard gewerkt aan meer interoperabiliteit om (m.n.) aan de eerste twee karakteristieken te kunnen gaan voldoen. Onder andere door het ontwikkelen van

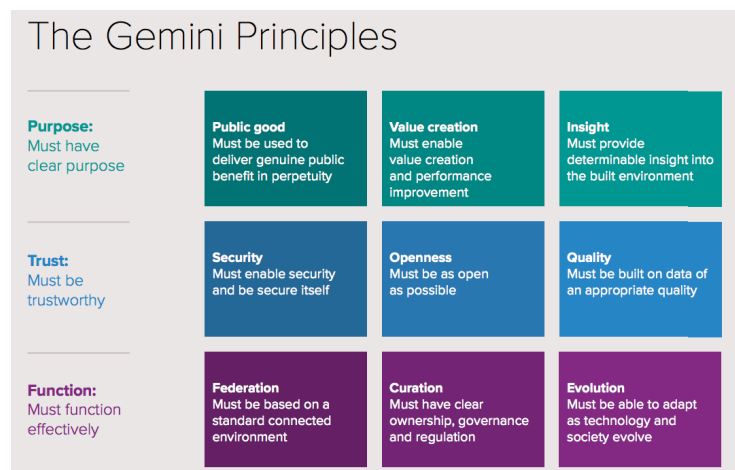
⁴ Invulling o.a. middels het [Local Digital Twins programma](#)

hulpmiddelen zoals: Minimum Interoperability Mechanisms (MIM's); *Interoperabele stedelijke digitale platforms*; Het in ontwikkeling zijnde *data-ecosysteem voor klimaat-neutrale en slimme gemeenschappen en een interoperabiliteitskader voor slimme steden en gemeenschappen*.

Naast interoperabiliteit zijn kwesties rond de rechtszekerheid t.a.v. het delen van gegevens van groot belang, alsook gegevenseigendom, gegevensrollen en -verantwoordelijkheden, de beschikbaarheid en kwaliteit van gegevens en privacyaspecten. Deze uitdagingen worden breed besproken en er wordt gezocht naar een gemeenschappelijke basis om ze op te lossen. In verschillende EU-projecten wordt het concept voor de bevordering van een lokaal data ecosysteem voor duurzaamheid getest (DUET, LEAD, DigiTranScope, URBANAGE, enz.) terwijl Eindhoven, Newcastle, Rennes, Luxemburg en het Verenigd Koninkrijk UDT's opzetten die gericht zijn op hun eigen specifieke behoeften. Binnen Nederland zijn er partijen die aangeven te willen wachten op Europa, maar uit de verkenning blijkt dat een groot gedeelte het beter vindt om zelf een koers uit te zetten in voortdurende afstemming met de Europese ontwikkelingen. Dit sluit ook beter aan bij de positie van Nederland als digitaal koploper binnen Europa.

Hier zijn een aantal interessante voorbeelden van trajecten in EU-landen of EU-gerelateerde landen:

Hoewel de VK niet langer onderdeel is van de EU is zij zeker een voorbeeld voor Europa. Ze heeft eerder een rol genomen in de ontwikkeling op het gebied van Digital Twinning waar we veel van kunnen leren. Het Center of Digital Build Britain is een initiatief uit 2019 van onder andere de Cambridge University om te komen tot een nationaal Digital Twin Initiatief. Het initiatief dat in eerste instantie liep tot 2022 heeft verschillende waardevolle opbrengsten geleverd waaronder de zogenaamde Gemini Principles (zie figuur hiernaast). De principes zijn opgesteld om te kunnen komen tot een ecosysteem van verbonden digital twins vanuit de overtuiging dat er een enorme meerwaarde schuilt juist in de verbinding tussen verschillende twins.



- Het DUET programma is een goed voorbeeld van samenwerking rond digital twins op Europees niveau. Hier werken een aantal gerenommeerde Europese partijen in samen; waaronder TNO, IMEC en de KU Leuven. Het gaat hier om onderzoek hoe de complexe relatie tussen verkeer, luchtkwaliteit, geluid en andere stedelijke factoren in

elkaar zit en heeft als doel betere (evidence-based) besluitvorming mogelijk te maken en het faciliteren van betere lange termijn beleidskeuzes.

Verder zien we ook op dit onderwerp de gevolgen van mondialisering. Niet alleen door de inzet van internationale spelers maar ook door de samenwerking tussen steden onderling met de betrokkenheid van universiteiten en onderzoeksinstituten. Bijvoorbeeld:

- Vanuit Cambridge loopt er een interessante samenwerking (zie inzet hiernaast) met het Cambridge Centre for Advanced Research and Education in Singapore (CARES) waar geavanceerde modellen worden ontwikkeld op het gebied van digital twinning (zie kader);
- Vanuit de Universiteit Utrecht wordt onderzoek gedaan naar large scale simulaties samen met toonaangevende internationale partijen als AWS (Amazon), Microsoft en NVIDIA. Hier wordt gekeken naar technische schaalbaarheid
- Binnen de Technische Universiteit Delft wordt middels verschillende internationale programma's gekeken naar voorspelmodellen en naar de inzet van AI ondersteunde beslismodellen binnen digitale twins.
- Ten slotte is BuildingSmart een interessant Europees initiatief. Een community met verschillende Europese koplopers verkennen samen de mogelijkheden voor een transitie. Recent hebben zij een update gebracht op een eerdere whitepaper "*enabling an ecosystem of digital twins*". Interessant in de BuildingSmart benadering zijn de overeenkomsten met deze paper ten aanzien van de transitie die zij schetsen van de hedendaagse realiteit naar connected digital twins. Daarnaast werken ook zij met verschillende perspectieven die grotendeels overeenkomen met de knelpunten geschetst in Hoofdstuk 4 (maatschappelijk, technisch, economisch, capabilities, data, organisatie en governance).

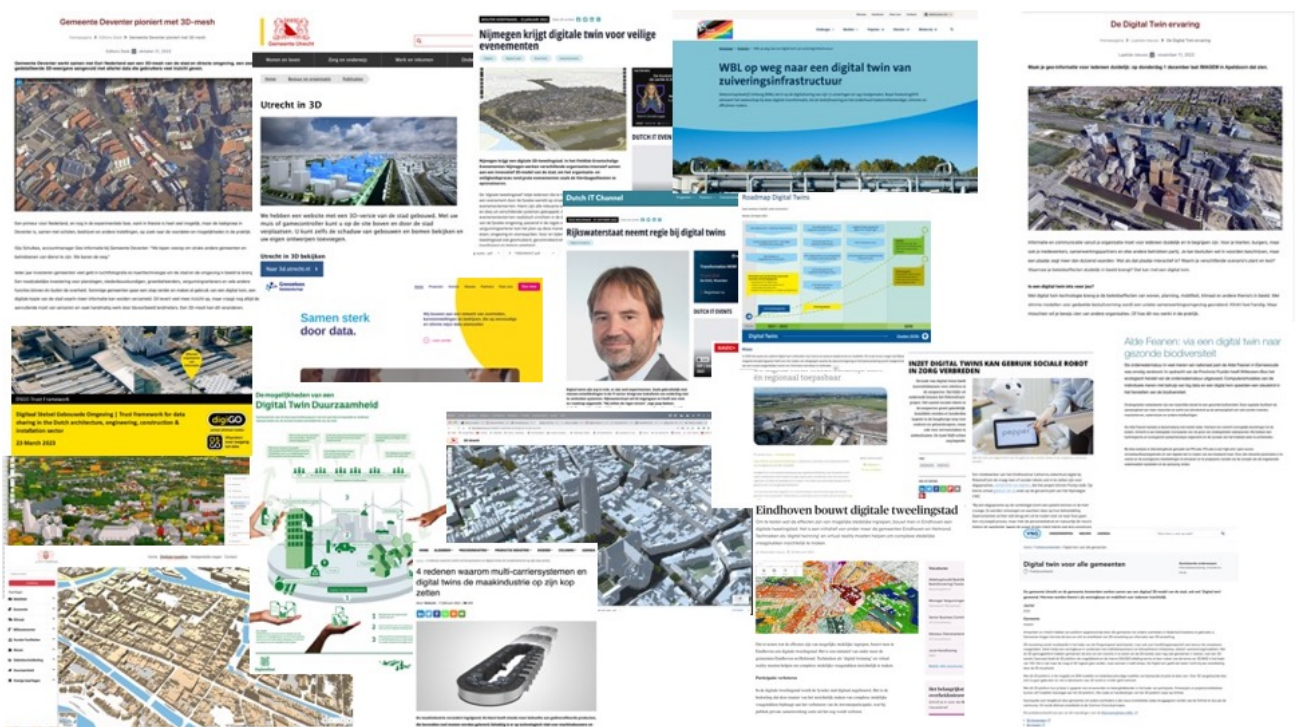
Singapore, Cambridge Centre for Advanced Research and Education in Singapore (CARES) runt o.a. het Carbon Reduction in Chemical Technologies (C4T) programma. Het betreft een internationale samenwerking die zich richt op de vraag hoe we positief kunnen bijdragen aan door Singapore getekende klimaatovereenkomst van Parijs en tegelijkertijd de vooruitgang en bekwaamheid van het land op economisch, technologisch, ecologisch en sociaal vlak kunnen garanderen. C4T onderzoekt systematisch de grondstoffen, processen en producten van de lokale chemische industrie en onderzoekt technologieën om de CO₂-voetafdruk van deze belangrijke pijler van de economie van Singapore te verkleinen. Een doorbraak op dit gebied is een door CARES ontwikkelde aanpak om een architectuur te creëren voor een universele digitale tweeling – iets dat de toestand en het gedrag van elk onderling verbonden systeem kan beschrijven (ook bekend onder de titel The World Avatar (TWA-) project. TWA simuleert het gedrag van de wereld met een ecosysteem van autonome computeragenten die de concepten en gegevens zo bijwerken dat de digitale wereld actueel blijft in de tijd. Op deze manier is het mogelijk om digitale tweelingen te creëren die het gedrag van elk complex systeem kunnen beschrijven en datagestuurde beslissingen kunnen nemen over hoe de systemen kunnen worden geoptimaliseerd.

2.4. Situatie in Nederland

Hoewel veel Nederlandse UDT projecten minder groot zijn dan een aantal van de geschetste internationale initiatieven, timmert Nederland behoorlijk aan de weg. Van de ca 25 overheden die tijdens de verkenning zijn gesproken (waaronder veel gemeenten) geeft een groot aantal

aan na te denken over de realisatie van één of meer digital twins of zijn er al in verschillende stadia van ontwikkeling mee bezig. Opvallend is daarbij dat van de UDT's die we tegenkomen veel nog in de pilotfase zitten en er weinig tot niet is nagedacht over opschaalbaarheid, borging in de staande organisatie, en/ of interoperabiliteit.

De meeste pilots richten zich (net als in het buitenland) op het fysieke domein (stedelijke ontwikkeling, bereikbaarheid, veiligheid, crowds, klimaat en weerbaarheid en energie). In het sociale domein zijn ze minder gemeengoed hoewel op verschillende plekken wordt nagedacht over hun inzet om armoede in kaart te brengen en om trends en variabelen in kaart krijgen voor het ontwerp van betere interventies in het sociale domein. Onderstaand figuur geeft een doorsnede van aantal Digital twin projecten en programma's in Nederland.



Zoals gezegd zitten daar veel autonome (lokale) initiatieven bij. Veel zijn het resultaat van één organisatie die in opdracht van de gemeente of provincie een digitale twin heeft ontwikkeld. Steeds meer, echter, zijn er voorbeelden waarbij een consortium van overheid, bedrijfsleven en onderwijs de handen ineen hebben geslagen en samen digital twin toepassingen te ontwikkelen. Voorbeelden daarvan zijn, o.a.: De Alliantie Smart Zwolle op het gebied van duurzaamheid; Deventer de Kien op het gebied van leefbaarheid; De Crowd Safety Manager⁵ in Den Haag op het gebied van veiligheid en leefbaarheid. Laatste is ontwikkeld vanuit een consortium van de gemeente, nationale politie, wetenschap en bedrijfsleven en is opgeschaald naar de Impact coalitie Safety en Security en naar andere steden waaronder Den Bosch, Breda en Rotterdam.

⁵ CSM voorspelt waar en wat voor soort drukte gaat ontstaan in de stad waardoor Politie, gemeente en evenementorganisatie samen de best passende interventie kunnen nemen om de veiligheid en leefbaarheid van de stad te borgen.

Daarnaast zijn er binnen Nederland een aantal trajecten waarbij daadwerkelijk wordt gekeken naar meer standaardisatie ten behoeve van een betere interoperabiliteit. Goede voorbeelden hiervan zijn het OUP traject in *Rotterdam* waar de gemeente samen met onder andere Future Insight en Cap Gemini bouwt aan een open urban platform met digital twin faciliteiten waarop leveranciersafhankelijke toepassingen ontwikkeld kunnen worden; *Geonovum* die met TNO en andere publieke en private organisaties werkt aan een nationaal stelsel waar iedereen gebruik van kan maken, inclusief leidende principes en een generieke architectuur en DigiGO waar men met verschillende overheden en marktpartijen samen werkt aan het schaalbaar maken en standaardiseren van Digital Twin (GEO/BIM) oplossingen. Nederland heeft een aantal basisregistraties relatief goed op orde, De Basisadministraties Adressen en Gebouwen (BAG), - Grootchalige Topografie (BGT), - Ondergrond (BRO), -Kadaster (BRK), - Topografie (BRT) en – Waardering Onroerende Zaken (WOZ) zijn inmiddels allemaal gekoppeld.

Ten slotte voor iedereen die alvast wil kijken naar de basis voor een urban digital twin is er *Nederland in 3D*. Een initiatief waar een aantal partijen zoals Nelen&Schuurmans, Future Insight, Kavel 10, Sweco en anderen een voor iedereen toegankelijke 3D visualisatie hebben ontwikkeld waarin een aantal basisregistraties standaard wordt ontsloten en verschillende use-cases als voorbeeld zijn opgenomen.

2.5. De grote “MAAR” bij huidige UDT-ontwikkeling

Geschetste voorbeelden op Mondiale, Europese en Landelijke schaal laten zien hoe Urban Digital Twinning bij kan dragen aan de verschillende maatschappelijke opgaven die we hebben. Ze laten echter ook zien dat er op veel plaatsen nog veel redundante ontwikkelingen plaatsvinden en dat digital twins vaak op “geïsoleerde wijze” worden ontwikkeld en gebruikt. Juist daarom schetsen we in deze paper een wijze waarop op meer effectieve en efficiënte wijze innovatie- en executiekrachten kunnen worden gebundeld en een versnelling wordt gerealiseerd in Digital Twinning en de impact die ermee kan worden gerealiseerd.

3. De uitdagingen rondom urban digital twins

Rondom het concept Urban Digital Twinning zien we verschillende categorieën van uitdagingen voor ons; namelijk t.a.v.:

1. De stad en regio als een 'system of systems';
2. Het belang van standaarden;
3. De inzet van data als brandstof voor UDT's;
4. Benodigde vaardigheden;
5. Publiek privaatsamenwerking t.b.v. maatschappelijke knelpunten;
6. Intergemeentelijke samenwerking.

3.1. De Stad en regio als system of systems

Zoals we in paragraaf 1.4 *De toegevoegde waarde van Urban Digital Twins* hebben gezien is de stad en regio een complex "system of systems" waarin ieder systeem effect heeft op andere systemen. Om tot een beter holistisch begrip van die stad en regio te komen moeten we de verschillende relaties binnen en tussen al die verschillende systemen goed leren begrijpen. Dit geldt voor zowel de korte termijn- als de lange termijn dynamiek van steden. De integrale aanpak die daarvoor nodig is vergt een beter begrip van zowel de afzonderlijke domeinen als van de samenhang ertussen. Hier ligt voor de kennis en wetenschap een belangrijke uitdaging om samen met onder andere gemeenten hier onderzoek naar te doen en daarmee dit begrip in kaart te brengen. Opkomende digitale tweelingsystemen kunnen dit versnellen.

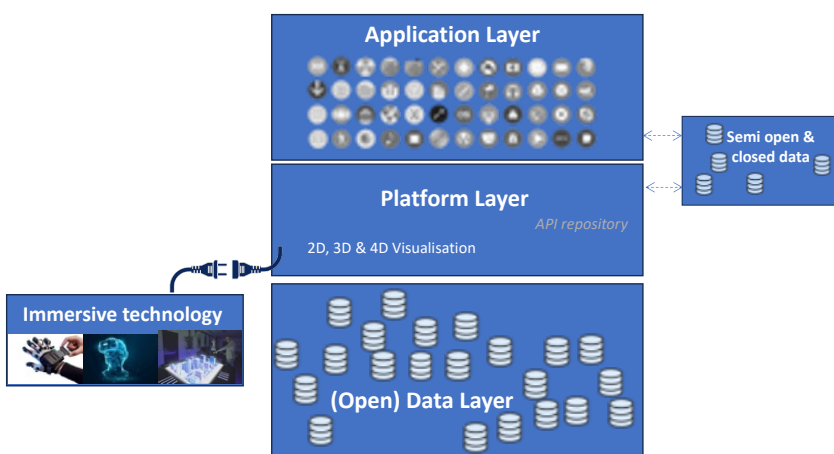
Naast impact die verschillende domeinen op elkaar hebben zien we ook impact op een andere as die we duiden als 'granulariteit binnen het digital twin landschap'. Er worden digitale twins op verschillende niveaus gebruikt, variërend van een digitale twin op component niveau, assetniveau, wijkniveau of op het niveau van een stad, regio of zelfs land of continent. Binnen de maakindustrie worden digital twins bv toegepast om de effecten van een warmtepomp in verschillende omstandigheden te kunnen simuleren om te kijken hoe een betreffende warmtepomp als geheel reageert of om te kijken hoe de verschillende onderdelen ervan reageren en hoe lang zij gemiddeld mee zullen gaan. Die warmtepomp wordt vervolgens geplaatst in een gebouw. Van dat gebouw worden digitale twins gebouwd (BIM-Geo modellen met daaraan gekoppeld dynamische data om de werking van het gebouw te kunnen simuleren), dat gebouw staat in een wijk waarvan ook weer een digitale twin is gebouwd, die wijk staat in een stad enzovoort.

In de ideale wereld zijn al deze verschillende niveaus van digitale twins compatibel met elkaar waardoor we de effecten van individuele componenten kunnen bekijken op verschillende abstractieniveaus.

3.2. Open urban platforms en standaarden

In de praktijk betekent bovenstaande dat we ten aanzien van afspraken over interoperabiliteit, afspraken niet alleen moeten maken op het niveau van de (slimme) stad, maar dat we waar mogelijk (industrie)standaarden moeten kiezen (en ontwikkelen) over sectoren heen.

Hoewel we zien dat veel gemeenten die bezig zijn met digital twinning zich nog duidelijk in een pilot- of experimenteerfase bevinden zien we dat al snel risico's op negatieve effecten optreden zoals vendor lock-in, performance- en compatibiliteitsissues, (cyber-)security risico's, beheerrisico's, oplopende licentiekosten, etc. Dit wordt mede veroorzaakt door de wijze waarop veel digital twin oplossingen worden ontwikkeld. In de huidige fase zijn het veelal oplossingen waar data, platform en toepassing één zijn. Voor de gebruiker is hierbij eigenlijk alleen het resultaat (de visualisatie binnen de digitale twin omgeving) zichtbaar. Omdat een digitale twin uit verschillende functies bestaat is het zinvol deze functies ook daadwerkelijk te scheiden van elkaar (Zie onderstaande figuur). Op deze wijze kunnen we verschillende



Figuur 4: bron WE LABS 2022

componenten beter gaan hergebruiken en kunnen we gericht gaan werken aan de inzet en ontwikkeling van (industrie-) standaarden die een betere interoperabiliteit mogelijk maken.

Op het gebied van data en datadelen willen we dat, waar mogelijk, breed gedragen open source oplossingen het fundament gaan vormen voor een interoperabel stelsel. Om

meer eenduidigheid te verkrijgen tussen gemeenten waardoor meer gebruik kan worden gemaakt van ontwikkelingen elders moet al die data vervolgens op uniforme adequate en veilige wijze worden ontsloten binnen gemeenten. De uitdaging daarbij is om dat op een dusdanige wijze te doen dat een agnostisch platform ontstaat waar verschillende leveranciersafhankelijke toepassingen gebruik van kunnen maken. Zo'n platform vormt een stekkerdoos waarin een aantal (geautomatiseerde) functionaliteiten zijn gecombineerd. Door deze functionaliteiten waar mogelijk op open standaarden te baseren en zoveel mogelijk (intergemeentelijk) afspraken te maken over standaard uitwisselbare componenten ontstaat een platform dat voldoet aan uniforme richtlijnen waar leveranciers van Digital Twin Toepassingen eenvoudig(er) gebruik van kunnen maken. Dit zogenaamde Open Urban Dataplatform (afgekort OUP) vormt dus een belangrijke basis voor gemeenten om data eenduidig en veilig te kunnen ontsluiten.

Toepassingen op het platform moeten straks op verschillende wijze kunnen worden gevisualiseerd. Van simpele userinterfaces op een tablet of desktop tot een volledig immersieve beleving via een holo-room. Dit betekent dat ook ten aanzien van devices interoperabiliteit gewenst is (van mobiele devices zoals een tablet of smartphone tot multi-screen walls, augmented- en virtual reality brillen, holografische schermen of andere apparaten).

Naast standaarden is het ontwikkelen van een gezamenlijke taal van belang om elkaar goed te begrijpen en om toepassingen op elkaar aan te kunnen laten sluiten. Taal die domeindoorsnijdend maar ook sectordoorsnijdend is. Semantische modellen waarin betekenis wordt vastgelegd zoals bijvoorbeeld bij Linked Data kunnen daarin ondersteunen. Daarnaast zijn ontologien⁶ van belang waarin alle relevante entiteiten en hun onderlinge relaties en regels worden vastgelegd.

3.3. De uitdaging rond data

De brandstof voor iedere digital twin is 'data'. Hoewel er veel data is, is de consistente beschikbaarheid en kwaliteit van data een terugkerend knelpunt. Veel data zit opgesloten in applicaties in afgeschermdes databases of in formats die niet of lastig zijn te ontsluiten. Binnen de meeste steden werken we (nog) niet vanuit een vooraf bedachte datastrategie waarin is geformuleerd welke data we nodig hebben om specifieke maatschappelijke knelpunten op te kunnen lossen. Per gevolg werken we vaak met data die is ingewonnen zonder dat we daarbij ook andere toepassingen voor ogen hadden. Veel steden die willen werken met digital twins zullen dus vooral ook goed moeten nadenken over de te volgen datastrategie voor de stad (en regio). Belangrijk hierbij zijn de issues rond het gebruik van openbare data, het gebruik van semiopenbare data, data-eigenaarschap, nieuwe opkomende technologie, en licentiebeheer.

3.3.1. Openbare en beschikbare data

We hebben binnen Nederland duizenden openbare datasets beschikbaar. Toch is niet al deze data eenvoudig ontsloten binnen elke gemeente. Veel gemeenten hebben (nog) geen heldere datastrategie waarin wordt gekeken welke behoeftes zij middels data in kunnen vullen en hebben (nog) geen platform waar die data centraal worden ontsloten. Dat betekent in de praktijk dat zij iedere afzonderlijke dataset voor iedere afzonderlijke toepassing ook telkens afzonderlijk moet gaan ontsluiten.

Belangrijk onderdeel voor de realisatie van de in deze paper geschetste ambitie is de platformlaag die volgens uniforme principes wordt vormgegeven waardoor een scala aan verschillende Digitale Twin toepassingen daarop kan landen en worden gevisualiseerd. Binnen één van de projecten binnen de DMI NGF aanvraag wordt onder leiding van Geonovum gewerkt aan de interoperabiliteit tussen digitale tweelingen. Het gaat om het vormen van een infrastructuur voor digitale tweelingen die daar "Digitale Tweeling - Services" (DT-Services) wordt genoemd. In de applicatielaag bovenop deze DT-Services worden analyses en simulaties uitgevoerd die inzichten geven op het gebied van Wonen, Mobiliteit, Energie, Klimaat en Natuur. Het resultaat zijn nieuw dataproducten die in 2D, 3D of 4D gevisualiseerd kunnen worden. De digitale tweeling infrastructuur roept dataproducten 'as a service' aan, om ze via een DT-service te visualiseren in een digitale tweeling. Deze DT-servicelaag zorgt voor de verbinding met databronnen en applicaties (die als service beschikbaar komen) zodat beiden gevisualiseerd worden in de digitale tweeling. De digitale tweeling die zo ontstaat is het resultaat van het proces van digital twinning en kan op haar beurt ook als dataproduct, als service beschikbaar worden voor een nog groter geheel. Om de interoperabiliteit op het niveau van dataproduct en DT-functionaliteit te borgen zijn binnen het eco-systeem federatieve afspraken, standaarden en voorzieningen nodig.

(Bron: Bouwen aan digitale tweelingen voor slimme mobiliteit en duurzame steden, Use cases & Digitale Tweeling Eco-systeem voor Dutch Metropolitan Innovations, oktober 2022)

Beginnen met het bouwen van een digitale twin om er vervolgens achter te komen dat de benodigde data niet op orde is, is een strategie die tot veel teleurstelling zal leiden. Voordat

⁶ Een ontologie is een gestructureerd datamodel met concepten en mogelijke relaties tussen concepten die courant en belangrijk zijn in een bepaalde discipline of werkgebied.

wordt aangevangen met het bouwen van meer geavanceerdere oplossingen als een digitale twin is het van belang om eerst te inventariseren of gewenste data in de gewenste hoeveelheid of frequentie beschikbaar is (of beschikbaar gemaakt kan worden) en of de data voor de beoogde doelstelling kwalitatief voldoende⁷ is. Vervolgens zal zij na moeten denken over een goede dataontsluiting en koppeling met een Urban data platform (indien van toepassing).

Zodra er meer uniforme toepassingen ontstaan zal ook de behoefte ontstaan aan uniforme data-requirements. Afhankelijk van de behoefte en het voorstellingsvermogen van een gemeente zal zij een datastrategie op kunnen stellen waarbij zij prioriteert op basis van hetgeen zij inzichtelijk wil hebben in de stad en waar zij verwacht op te zullen gaan sturen. Op basis van de mate waarin een gemeente voldoet aan voor "uniforme" toepassingen gestelde data-requirements is te bepalen welke toepassing wel of niet zal functioneren. Er is dus een directe correlatie tussen toepassingen die operationeel gemaakt kunnen worden in een gemeente en de mate waarin een gemeente voldoende data van voldoende kwaliteit kan ontsluiten.

Antwerpen is een goed voorbeeld van een stad met een heldere datastrategie. Met het 'City of Things project' dat in 2016 is aangevangen heeft IMEC in multidisciplinaire teams (samen met burgers, bedrijven, en onderzoeksgroepen aan de Vlaamse universiteiten) geïnventariseerd hoe technologie kan helpen om de leefbaarheid van de stad te vergroten. Zij hebben daarbij gekeken welke bouwstenen en informatiebehoefte nodig is om de complexe domeinoverstijgende uitdagingen (zogenaamde wicked problems) in de regio op te kunnen lossen en de leefbaarheid van de stad te vergroten. Belangrijk onderdeel daarbij is het vooraf nadenken over informatiebehoefte en samenhangende data-inwinning. Op basis van deze gewenste informatiebehoefte zijn in de stad allerlei sensoren geplaatst voor fijnmazige en real time monitoring waardoor nu betere voorspellende modellen zijn ontstaan.

3.3.2. Niet of niet volledig openbare data

Naast de vele openbare datasets die een gemeente via haar platform kan ontsluiten zullen er ook 'niet open data' zijn; bv welke afkomstig is van commerciële partijen die eigen IoT gebruiken of data verkrijgen uit eigen assets. Daarnaast zijn er data afkomstig van private of (semi-)publieke instellingen met beperkte doelbinding en/of waar autorisatieniveaus gelden. Data dus, die alleen onder bepaalde restricties kan worden gebruikt. Voor data die niet openbaar is kunnen gemeenten niet altijd de verantwoordelijkheid nemen. In die gevallen kan of de gemeente (of andere overheden) of de desbetreffende leverancier afspraken maken over de condities waaronder zij mag beschikken over deze data.⁸

3.3.3. Eigenaarschap van data

Toen Voormalig Europees Commissaris Neelie Kroes in 2011 zei "Data is het nieuwe goud" duidde zij daarmee met name de financiële waarde die zij toekende aan data. Wellicht belangrijker nog is dat, net als bij het delven van olie en goud, eerst nieuwe conventies nodig zijn om te bepalen wie rechten heeft op de ontginning, verkoop en waardecreatie-processen ervan. Data heeft bijvoorbeeld vooralsnog geen plek in het huidige goederenrecht. Het recht dat traditioneel gaat over de zeggenschap over voor de mens waardevolle

⁷ Afhankelijk of men absolute (gevalideerde) waarden nodig heeft om "slechts" trends wil analyseren is datakwaliteit van meer of minder belang

⁸ Niet alleen afspraken over een financiële vergoeding maar ook bijvoorbeeld data-reciprociteit of inzet voor algemeen belang kunnen worden ingezet voor het onderhandelen over het verkrijgen van de data. Let er bij de onderhandeling t.a.v. het verkrijgen van de data wel op dat er ook Service Levels worden afgesproken waarin continuïteit en beheer zijn geregeld.

vermogensbestanddelen. Dit recht is uitsluitend van toepassing op stoffelijke objecten en -vermogensrechten. Hierdoor hebben data geen formele eigenaar en kunnen zij ook niet fungeren als het onderwerp voor een pandrecht of beslag. Huidige eigenaarschap wordt veelal op basis van contracten (zoals een gegevensleveringsovereenkomst) geregeld. Dit probleem, wanneer data in (quasi-)eigendom⁹ is, speelt ook bij datadelen en data-analyse. Immers uit meerdere gezamenlijke datasets ontstaan weer nieuwe data waarmee waarde wordt gecreëerd. Naast data-eigenaarschap is dus ook de waardebepaling van data uitermate subjectief en lastig.

3.3.4. Opkomende technologie

Naast knelpunten op het gebied van data zien we snel oprukkende technologieën zoals Artificiële Intelligentie (AI), machine learning en immersieve technologie zoals AR/VR, holografische techniek en haptic feedback en de komst van Quantum computing en de Metaverse. Een deel van deze technologieën worden nu al toegepast in verschillende digitale twins en leveren nieuwe uitdagingen op het gebied regelgeving, interoperabiliteit, organisatie en beheersbaarheid.

3.3.5. Licentiebeheer

Als we eigenaarschap via licenties gaan regelen dan zal het beheren van de licentie-naleving voor digitale tweelingen een nieuwe uitdaging zijn voor de licentiebeheerder. Dit betreft bv licenties voor het Twin-toepassingen en -componenten, IoT-platforms, ingebedde licenties ondergebracht in edge-computers voor IoT-apparaten (zoals camera's en bewegingssensoren), AI-, AR/VR- en holografische oplossingen etc. De lijst omvat elk licentiemodel en elke permutatie. Er komen daarbij ook GPU-licenties (voor leveranciers zoals Nvidia die rekenkracht leveren om simulaties aan te sturen) of licenties voor datagebruik. Dit alles zal de komende jaren een opkomende benodigde vaardigheid zijn in het licentiebeheer, vooral gezien de inschatting van Gartner t.a.v. de snelle groei van digital twinning voor alles, van een megastad tot een huishoudelijk apparaat. De echte vraag is dan ook of een licentiemodel toekomst heeft waar het digital twinning betreft of dat er een alternatief model ontwikkeld moet worden voor digitale oplossingen die gebruik maken van een veelheid aan verschillende bronnen en systemen.

3.4. Digitale mindset en -skillset

Hoewel techniek en data de nodige uitdagingen bieden leert de ervaring dat die oplosbaar zijn. Belangrijkste uitdagingen voor het toewerken naar interoperabel gebruik van digitale twins liggen waarschijnlijk op het gebied van organisatie en de mens zelf.

Gemeentelijke organisaties en andere betrokken stakeholders moeten beschikken over een toereikende digitale mindset en -skillset om de toegevoegde waarde van digital twinning te kunnen en willen zien. Het gaat bij de digitale mindset niet alleen om het vermogen digitalisering en digitale techniek te kunnen gebruiken maar vooral om, met verworven

⁹ Formeel is dit in de wet nog niet geregeld en huidige juridische vacuüm leidt er in de praktijk toe dat data gewoon blijven bij degene die het geluk heeft om de data onder zich te hebben, ook al is dat niet per se de partij die 'het meeste recht heeft' op die data. In de literatuur is dan ook, ter aanduiding van de huidige eigendomssituatie van data, vaak sprake van 'de facto eigendom'. (Bron, Erasmus University Rotterdam, Koen Swinnen, hoogleraar Privaatrecht en publieke en private belangen)

digitale vaardigheden, nieuwe mogelijkheden, toepassingen en oplossingen te kunnen bedenken. Te begrijpen hoe in een digitale wereld processen werken en kunnen worden toegepast. Digitalisering en digitale volwassenheid staan inmiddels bij veel gemeenten in diverse beleidsdossiers maar de echte diepere verschuiving die de gemeentelijke organisatie en dienstverlening in de kern verandert blijft vooralsnog uit.

Toch verandert als gevolg van digitalisering nu al de manier waarop de gemeente zich verhoudt tot haar omgeving. Denk bijvoorbeeld aan de nieuwe omgevingswet waar informatiegeïmpliciteit een basisvoorwaarde is. Het aloude adagium kennis is macht mag definitief naar de geschiedenisboeken.

Digitalisering heeft niet alleen impact op de kleine groep ambtenaren binnen de gemeente die zich bezighouden met data en ICT, maar in toenemende mate ook op alle beleidsambtenaren en bestuurders binnen een gemeente. Omdat de omgeving beschikt over steeds meer data en informatie en op basis daarvan het gesprek aangaat met de gemeente zal ook die gemeente zelf moeten beschikken over voldoende data en informatie om een serieuze gesprekspartner te blijven voor haar inwoners.

Op het gebied van de digitale mindset en -skillset zal de komende jaren door gemeenten maar ook door andere organisaties flink moeten worden geïnvesteerd. De *21^{ste} century skills* (samenwerken, creatief denken, probleemoplossend vermogen, computational thinking, media wijsheid, ICT- basisvaardigheden, informatievaardigheden, zelfregulering, e.a.) zoals deze door Europa zijn geformuleerd bieden daar goede aanknopingspunten voor.

3.4.1. Digitaal leiderschap

Aandacht voor digitaal leiderschap mag hier zeker niet ontbreken. In veel organisaties zien we dat de nadruk ten aanzien van digitaal bewustzijn en digitale bekwaamheden ligt op de operatie. Echter juist ook de kennis op middel en hoger management die nodig is om goed te kunnen doorgronden hoe digitalisering doelmatig kan worden ingezet voor de organisatie, is in de meeste gevallen onvoldoende. Zonder nadrukkelijke aandacht ook voor digitaal leiderschap blijft digitalisering beperkt tot wat kleinschaligere ontwikkeling en digitale aanpassingen in lopende processen terwijl digitalisering juist ook kan worden ingezet voor meer fundamentele verandering.

3.4.2. Toegenomen verwachtingen syndroom

Bij de digitale mindset speelt nog een ander wonderlijk fenomeen dat *toegenomen verwachtingen syndroom* kan worden genoemd. Op het moment dat we menselijk handelen vervangen door digitalisering stellen we plotseling veel hogere eisen. Ten aanzien van autonoom vervoer werd plotseling de vraag opgeworpen rond de ethische kwestie *“wat als er onvoldoende remweg is en een ongeval onvermijdelijk is: wat zijn dan de overwegingen van het autonome vervoersmiddel om juist het oude omaatje of toch het plots overstekende kindje te raken..”*? Een vraag die waarschijnlijk nooit aan de bestuurder van een auto is gesteld op het moment dat hij of zij het examen aflegt. Ook bij datagedreven beleid- en besluitvorming stuiten we regelmatig op soortgelijke situaties. Terwijl jarenlang beleid is gemaakt op beperkte applicaties en onderbuikgevoel, wordt bij datagedreven beleid en

besluitvorming plots de datakwaliteit ter discussie gesteld; datakwaliteit van diezelfde data die vaak jarenlang verstopt zat achter een applicatie. Terwijl die applicatie in de ogen van de gebruiker destijds wel voldoende werd geacht. Waar menselijke besluitvorming en menselijk beleid dus vooral uitlegbaar moet zijn op basis van beschikbare informatie, worden aan digitale twins plotseling veel hogere eisen gesteld en moeten de data en de modellen plotseling onfeilbaar zijn. Het is belangrijk ons bewust te zijn van dit fenomeen en de verwachtingen rondom data- en AI- ondersteunde besluitvorming telkens goed te managen maar ook te relativeren.

3.5. Vertrouwen

Vertrouwen is een cruciaal aspect op vele vlakken. Vertrouwen tussen de overheid en het bedrijfsleven, tussen overheden onderling en vertrouwen in het systeem

3.5.1. De Relatie tussen overheid en bedrijven

In 2020 hebben we vanuit WE LABS in opdracht van een groot Techbedrijf onderzoek gedaan naar de relatie tussen gemeente en Techbedrijf. Uit dat onderzoek kwam naar voren dat aan beide kanten sprake is van veel wantrouwen en vooringenomenheid. Je zou overdreven kunnen zeggen: *“de overheid kijkt naar de markt als graaiers die enkel en alleen uit zijn op winstbejag en de markt kijkt op haar beurt naar de overheid als technisch incompetent, bureaucratisch en risico-avers”*. Feit waar rekening mee moet worden gehouden is dat beide partijen herkennen en erkennen dat de noodzaak voor verregaande samenwerking aanwezig is, maar het wederzijdse vertrouwen kwetsbaar.

3.5.2. Intellectuele investering

In de relatie met de markt is dit vertrouwen een uitdaging ten aanzien van *eigenaarschap van data* en (quasi) intellectueel eigendom¹⁰. Omdat eigenaarschap van data maar ook van algoritmes en kunstmatige intelligentie niet bij wet is geregeld is er veel angst dat de ontwikkelde algoritmes en modellen eenvoudig worden hergebruikt door derden. Het niet kunnen beschermen van de intellectuele investering die een organisatie heeft gedaan zorgt ervoor dat er met name door marktpartijen terughoudend wordt omgegaan met het geven van inzicht in de toepassingen die zij ontwikkelen. Immers bedrijven moeten de kans krijgen investeringen in tijd en geld terug te verdienen als onderdeel van hun businessmodel. Tegelijk dienen ze ook te beseffen dat de overheid investeert met belastinggeld en de zorg draagt deze doelmatig en efficiënt te besteden. In elke vorm van samenwerking moet voldoende aandacht zijn om vertrouwen te winnen en te borgen in processen, procedures en principes.

3.5.3. De betrouwbare overheid voor de langere termijn

Bij overheden alsook binnen bedrijven wordt regelmatig geklaagd over het grote aantal pilots in Nederland en met name het feit dat een zeer groot deel van die pilots geen vervolg krijgen en geleerde lessen uit de pilots zeer beperkt worden gedeeld. Het ontbreekt aan afstemming

¹⁰ Net als bij data zijn algoritmes (voor bijvoorbeeld voorspellende modellen) niet juridisch in het huidige goederenrecht vastgelegd en ook het auteursrecht voorziet niet in bescherming van het algoritme. Uitzondering daarop zijn algoritmes die in sterke mate afhankelijk zijn van menselijke input en sturing. In zeer beperkte gevallen geldt als uitzondering als aan het creativiteitsvereiste en het vereiste van scheppende menselijke arbeid wordt voldaan. Op grond van deze benadering, worden in China de resultaten en data van sommige algoritmes inmiddels wel beschermd door het auteursrecht.

en coördinatie, met veel vergelijkbare pilots in verschillende regio's als gevolg. Voor de inzet van belastinggeld is dit weinig doelmatig, voor betrokken bedrijven betekent dit dat ze voortdurend mee-investeren zonder veel perspectief op opschaling.

De overheid wordt regelmatig betiteld als onbetrouwbaar, niet in minste mate door de overheidsmedewerkers zelf. Dit heeft voor een belangrijk deel te maken met het systeem waarin iedere 4 jaar een nieuwe dynamiek optreedt en niet zelden ook nieuwe prioriteiten worden vastgesteld. Voor bedrijven en ook burgers kan deze frequent veranderende politieke werkelijkheid als onbetrouwbaar overkomen. Immers je hebt net een relatie opgebouwd met een gemeente en samen afspraken gemaakt om oplossingen te gaan bouwen voor belangrijke maatschappelijke knelpunten om vervolgens de prioriteiten te zien veranderen en afspraken daardoor te zien stranden. Mooie intenties tot innige samenwerking komen dan ook vaak niet tot stand simpelweg door gehanteerde termijnen in relatie tot veranderende prioriteiten en door onvoldoende kennis en begrip voor elkaars context. Ook de wijze waarop de overheid haar financiën regelt is voor veel bedrijven niet helder evenals de aanbestedingsregels die evenzo vaak wel als juist niet de gewenste effecten hebben en die juist voor kleine innovatieve organisaties belemmerend kunnen zijn.

3.6. Sturing op intergemeentelijk gebruik van middelen en capaciteit

Hoewel steeds meer gemeenten aangeven maatschappelijke knelpunten niet autonoom op te kunnen lossen, wordt er nog niet heel actief gestuurd op de intergemeentelijke inzet van capaciteit en middelen voor innovatieve toepassingen en vernieuwing. Door bundeling van inkoop-, innovatie- en executiekracht kan veel voordeel worden behaald. Toch is dit bundelen juist ook complex, arbeidsintensief en daardoor kostprijsverhogend waardoor veel gemeenten uiteindelijk er toch voor kiezen om autonoom te blijven ontwikkelen. Uit onderzoek "Samenwerking G40 en Rijk: Slimme Duurzame Verstedelijking"¹¹ blijkt dat met simpele principes en toepassingen grote baten worden gerealiseerd bij een integrale aanpak. Tegelijkertijd blijkt dat de baten uit investeringen heel goed kunnen vallen in andere domeinen dan het domein waaruit de aanvankelijke investering is geïnitieerd. Het vergt dus besluitvorming op voldoende integraal niveau om een business- of waardencase voor interdisciplinaire en intergemeentelijke samenwerking mogelijk te maken.

Omdat het ontwikkelen van een schaalbare digitale toepassing duurder is dan het ontwikkelen voor één autonome gemeente hebben gemeenten in de huidige situatie vaak onvoldoende motief om robuuste en schaalbare toepassingen te ontwikkelen. Dus hoewel de business case voor intergemeentelijk toepassingen volstrekt helder is (zie ook hoofdstuk 5), is deze voor een individuele gemeente (ondanks goede initiatieven van bijvoorbeeld de VNG en Future City Foundation) soms lastig uit te leggen aan de Raad. Omdat het zicht op ontwikkelingen elders vaak zeer beperkt is, kiezen gemeenten vaak toch nog steeds voor de scope van de eigen organisatie. Een traject als Dutch Metropolitan Innovation Ecosystem probeert hier verandering in aan te brengen door meer gezamenlijk te programmeren en bestaande producten en diensten actief onder de aandacht te brengen van ecosysteemdeelnemers.

¹¹ Bron Stedennetwerk G40 en Capgemini maart 2021

4. Het concept van een (Dutch)¹² DT Appstore

Voorbeelden van UDT-toepassingen in voorgaande hoofdstukken laten zien dat digital twinning een belangrijke bijdrage levert aan het oplossen van prangende maatschappelijke knelpunten. We zien echter ook dat daarbij een aantal hobbels nog genomen moeten worden. Zo komt intergemeentelijke samenwerking en ook publiek private samenwerking vooralsnog moeilijk van de grond en zijn er nog de nodige uitdagingen om te komen tot een interoperabel stelsel van twin oplossingen.

Om de voorwaarden te creëren die vertrouwen bieden, interoperabiliteit mogelijk maken en 'enkelvoudige' ontwikkeling van toepassingen mogelijk te maken waarna ze 'meervoudig' gebruikt kunnen worden kijken we naar de voordelen die een online transactieplatform kan bieden.

De (Dutch) Digital Twin Appstore (kortweg (D)DTAs) naar analogie van de Apple Appstore is bedacht om dit mogelijk te maken. Hoe mooi zou het zijn als je niet voor elke vraag een nieuwe digitale twin hoefde te ontwikkelen, maar die als gevalideerde toepassing uit een appstore kon plukken om vervolgens aan te passen aan de parameters van je eigen gemeente? En hoe mooi is het voor ontwikkelaars als zo'n appstore een veilige en betrouwbare plek biedt om je toepassingen (apps) voor de gemeentelijke markt breed in te zetten en nationaal (of evt internationaal) op te kunnen schalen? De (D)DTAs zoals die hier is beoogd, is dan net als de Apple Appstore, een omgeving waarin toepassingen worden aangeboden die voldoen aan hoge eisen op het gebied van privacy, beveiliging, beheer en (financiële) transacties en waar gebruikers alle toepassingen zien die zij met een gerust hart, binnen de eigen (ICT-) omgeving kan inzetten.

4.1. Wat is een app store?

Een appstore is eigenlijk een transactieplatform of markt. Markten werken als vraag en aanbod efficiënt bij elkaar komen. Online platforms stroomlijnen dit zoek en vindproces en dragen bij aan een efficiëntere marktwerking. Het onderscheidende kenmerk van platforms is de focus op bemiddeling tussen vraag en aanbod van goederen en diensten.

Platforms zorgen voor interactie tussen verschillende groepen gebruikers. Deze interactie kan vervolgens leiden tot transacties en tot netwerkeffecten: meer gebruikers aan één zijde van de markt, bijvoorbeeld consumenten, maakt het platform aantrekkelijker voor gebruikers aan de andere zijde, bijvoorbeeld producenten. Het levert daarmee met name een bijdrage aan een forse verlaging van transactiekosten. Kortgezegd zijn platformen zoals Airbnb, Bol.com, Uber, Thuisbezorgd of Amazon online ontmoetingsplaatsen voor aanbieders en vragers.

¹² Hoewel de paper is geschreven met de Nederlandse gemeentelijke voor ogen, staat (Dutch) niet geheel toevallig tussen accolades. De appstore zoals hier wordt geschetst is eenvoudig als exportproduct schaalbaar naar het buitenland indien ten minste ook aan de uniforme richtlijnen ten aanzien van urban data platformen en aan gestelde data requirements kan worden voldaan.

En net zoals bij een reguliere markt zijn hier regels voor. Alvorens een toepassing in een appstore wordt toegelaten moet deze aan voorwaarden voldoen en moet daarvoor een beoordelingsproces worden doorlopen.

4.2. Een marktplaats met regels, richtlijnen, expertise en ondersteuning

DDTAS is zoals gezegd te vergelijken met de Apple Appstore. Voor de Apple Appstore moeten ontwikkelaars zich inschrijven voor het Apple Developer Program waarmee zij een schat aan ontwikkeltools, hulpmiddelen en ondersteuning krijgen. Vervolgens heeft ze specifieke richtlijnen en technische vereisten zoals basale wettelijke eisen, privacyregels, richtlijnen voor leeftijdsclassificatie maar ook voor het naleven van Human Interface Guidelines. Dit alles is vastgelegd in de 'review guidelines' die waar nodig verwijzen naar de lokale wetten die van toepassing zijn op de inhoud en functionaliteit van de app. Denk bijvoorbeeld eens aan het uitgebreide privacybeleid dat aan de app gekoppeld dient te zijn.

Soortgelijke voorwaarden willen we nu laten gelden voor de (D)DTAs. Toepassingen die worden ontwikkeld moeten voldoen aan voorwaarden waarmee wordt geborgd dat zij breed en zo eenvoudig mogelijk toepasbaar zijn binnen alle gemeenten. Hieronder volgen een aantal voorbeelden:

Productpagina's	
De Apple Appstore kent gerubriceerde productpagina's waar je alle informatie vindt die je nodig hebt om te kiezen uit het aanbod. De productpagina's hebben vaak een uitgebreide beschrijving van de werking eventueel met een video, beoordelingen en recensies maar geven ook informatie betreffende de minimale vereisten aan de hardware.	Voor (D)DTAs geldt hetzelfde met dien verstande dat er minimale specificaties gelden op verschillende niveaus. Dus voor toepassing, het dataplatform en de hardware (devices) die wordt gebruikt alsook voor de data die wordt gebruikt.

Ieder jaar wijst Apple meer dan 200k applicaties af omdat ze niet voldoen aan privacyrichtlijnen. Verder zijn meer dan 1m apps zijn afgewezen wegens aanstootgevende, schadelijke, onveilige of illegale content en zijn 2,3 miljoen apps verwijderd omdat ze niet (tijdig) zijn bijgewerkt of niet werken op de nieuwste operating software van het platform.

Beoordeling	
<p>De Appstore maakt gebruik van App Review-controleurs die beoordelen of een app aan de strenge eisen voldoet en dus volgens de richtlijnen veilig is, makkelijk in gebruik, aan de privacy-eisen voldoet, het device vrijhoudt van malware en virussen en gebaseerd is op een goedgekeurd businessmodel. Zo wordt gegarandeerd dat apps afkomstig zijn van een bij Apple bekende ontwikkelaar en veilig geïnstalleerd en gebruikt kan worden. 100% van de apps wordt automatisch gecontroleerd op malware. Elke app moet op een goedgekeurd businessmodel zijn gebaseerd, een duidelijk prijskaartje hebben, laten zien wat je krijgt voor je geld en vooraf uitleggen hoe het zit met een eventueel abonnement. Zodra je een aankoop in een app doet, stuurt Apple een aankoopbewijs. Bovendien staat in je account altijd een overzicht van dit soort aankopen en abonnementen. Je krijgt dus niet onverwacht de rekening gepresenteerd.</p>	<p>Ook hier voor (D)DTAs grote overeenkomsten. Er gelden strenge richtlijnen waar toepassingen en ook ontwikkelaars aan dienen te voldoen en daar wordt op gecontroleerd. Kennis die nodig is om toepassingen en achterliggende technologie en data te kunnen doorgronden is centraal belegd binnen de DDTAs organisatie waardoor niet iedere afzonderlijke gemeente over betreffende kennis hoeft te beschikken. Naast controle op veiligheid, beheer, ethiek, etc. kan de organisatie waar nodig ook ondersteunen bij het ontwikkeltraject zelf door bijvoorbeeld inkoopondersteuning te bieden om ervoor te zorgen dat ontwikkelaar(s) zich conformeert aan de richtlijnen van (D)DTAs ten aanzien van interoperabiliteitsvereisten maar ook ten aanzien van het op robuuste wijze inregelen van het beheer. Ook ten aanzien van de businessmodellen die door verschillende ontwikkelaars worden gebruikt wordt een kader gecreëerd met toegestane businessmodellen en daaraan verbonden voorwaarden (ten aanzien van transparantie, eigenaarschap, transacties, etc).</p>

Ook het businessmodel achter iedere afzonderlijke app heeft goedkeuring nodig. Sommige apps zijn “gratis” anderen hebben een model op basis van in-app aankopen en weer anderen rekenen een eenmalige, maandelijkse of jaarlijkse prijs voor gebruik van de app. Daarbij regelt de appstore de financiële transactie(s) die plaatsvind(en) zodat dit op veilige en transparante wijze kan worden ingeregeld en de gebruiker te allen tijde een volledig overzicht heeft van zijn of haar aankopen. Zoals het bij een marktplaats betaamd wordt de beprijzing grotendeels vrijgelaten. Immers de markt reguleert zichzelf, (te) dure apps zullen snel uit de markt worden geconcurrereerd door goedkopere aanbieders met vergelijkbare toepassingen. Binnen DDTAs zal naar voorbeeld van het Apple platform de financiële afwikkeling tussen gemeentelijke afnemer en aanbieder op veilige en transparante wijze via een e-commerce oplossing kunnen worden gerealiseerd.

Identificatie, Authenticatie en Autorisatie (IAA)¹³

Bij de appstore is identificatie (wie ben je?), authenticatie en eventueel tweestapsverificatie (bevestiging dat je bent wie je zegt te zijn) en autorisatie (de rechten die je hebt om ergens toegang toe te krijgen) van het grootste belang. Middels deze IAA krijg je niet alleen toegang tot de app maar zijn vaak ook je persoonlijke instellingen en eventuele betaalmethoden gekoppeld.

Door IAA centraal en op vertrouwde wijze in te regelen en gemeenten en leveranciers daarmee te ontzorgen op dit gebied kan (D)DTAs oneigenlijk gebruik van toepassingen tegengaan en ervoor zorgen dat gebruikers alleen de informatie zien waar zij recht op hebben. Ook de parameters voor een specifieke gemeente kunnen hier worden bijgehouden waardoor het inregelen van een nieuwe toepassing steeds eenvoudiger wordt.

IAA (zie hierboven) is één van de cruciale elementen voor het bouwen aan vertrouwen.

4.3. Verschillen t.o.v. de Apple App store

Anders dan bij de App store van Apple worden Digitale Twin Toepassingen voor een stad niet simpelweg gedownload uit de store om vervolgens direct operationeel te zijn. Afhankelijk van de complexiteit van de toepassing zullen er verschillende stappen nodig zijn om een toepassing operationeel aan te kunnen bieden binnen betreffende gemeente.

Zo heeft elke stad of dorp verschillende variabelen die afwijken van stad tot stad en van dorp tot dorp. Toepassing moeten daardoor veelal per stad of dorp telkens op basis van nieuwe parameters worden gekalibreerd en gevalideerd. Daarnaast zal in veel gevallen een implementatietraject nodig zijn om de gebruikers binnen een gemeenten te trainen en begeleiden ten aanzien van het werken met betreffende toepassing en eventuele duiding van data o.b.v. sectorspecifieke kennis.

Zo'n implementatietraject kan sterk variëren in intensiteit en doorlooptijd, afhankelijk van bijvoorbeeld het aantal variabelen binnen de toepassing en/of het instapniveau van de gebruikers. Iedere toepassing zal daarom niet alleen een beschrijving op de productpagina bieden van de toepassing zelf maar ook van de geboden mogelijkheden voor implementatie en servicelevels ervan.

Waar er wereldwijd een beperkt aantal app stores is op basis van beschikbare operating systems en platformtechnologie¹⁴ zal, -zeker in eerste instantie-, nog variëteit zijn in

¹³ De begrippen "identificatie", "authenticatie", "tweestapsverificatie" (ook wel 2 factorverificatie) en "autorisatie" worden nogal eens door elkaar gebruikt. Hier wat duiding:

- Allereerst vraagt het systeem om een login (meestal een naam of e-mailadres). De gebruiker voert die in en het systeem herkent dat als een echte login. **Dit is identificatie.**
- Het systeem vraagt vervolgens om een wachtwoord. De gebruiker voert die in, en als het wachtwoord overeenkomt met het in het systeem opgeslagen wachtwoord, dan stemt het systeem ermee in dat de gebruiker inderdaad echt lijkt te zijn. **Dit is authenticatie.**
- In veel gevallen vraagt het systeem vervolgens ook nog om een eenmalige verificatiecode via een sms'je of een authenticator-app. Als de gebruiker ook deze code correct invult, is het systeem eindelijk overtuigd dat diegene ook de daadwerkelijke eigenaar van het account is. **Dit is tweestapsverificatie.**
- En tenslotte geeft het systeem op basis van de identificatie, authenticatie en eventuele tweestapsverificatie de gebruiker, de aan hem of haar toegewezen rechten binnen het systeem. **Dit is autorisatie.**

¹⁴ M.n. Apple app store, Android (Google Play) en Microsoft app store

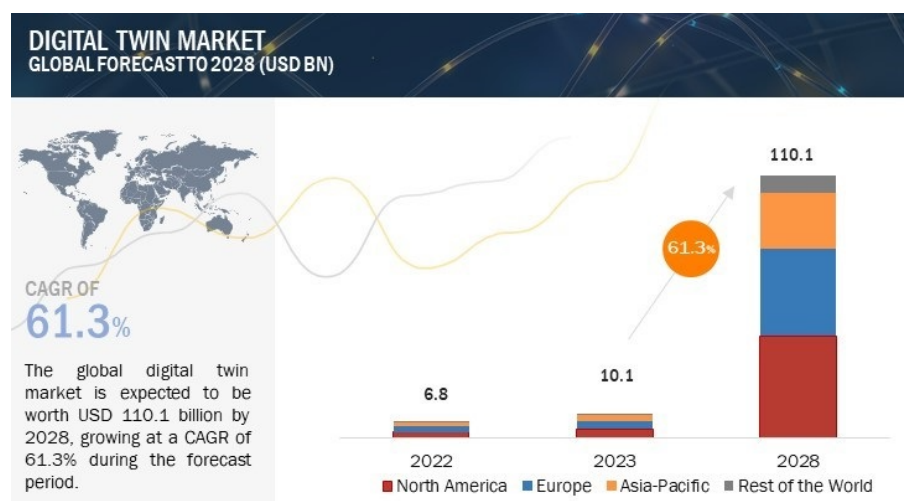
gemeentelijke dataplatformen en beschikbare data. In het laatste hoofdstuk beschrijven we daarom de transitie die wij voor ogen zien om het concept van de (D)DTAs optimaal tot haar recht te laten komen.

5. Businesscase

Hierboven is al beschreven welk probleem het idee van een Appstore adresseert. Het gaat om het adresseren van issues van samenwerking bij de ontwikkeling en inzet van digital twins zoals rond vertrouwen, hoge transactiekosten, onnodige ontwikkelingskosten, beperkte interoperabiliteit, grote variëteit in kennis en vaardigheden etc. Het probleem ligt niet alleen bij de overheden maar ook bij de leveranciers. De geschetste DDTAS is een aantrekkelijke propositie voor beiden en legt onder bepaalde voorwaarden een goede basis voor een businesscase. De condities waaronder deze businesscase zou kunnen renderen moeten verder worden verkend. Voor hier is het voldoende de eerste hypothesen te bespreken.

5.1. De digital twin markt en -sector

Alvorens wat verder in te gaan op de contouren van een business case is het waardevol even stil staan bij de ontwikkelende markt van digital twins voor het publieke domein. Hiernaast ziet u een plaatje van een geprognoseerde groei van de markt met 61,3% per jaar richting een omzet van € 110 miljard in 2028. Vanuit dit plaatje alleen al is een goede casus te maken voor enige regie ten aanzien van de publieke inzet van deze technologie: de ontwikkelingen gaan nu eenmaal heel snel.



Daarin kunnen Nederlandse bedrijven een waardevolle rol spelen. Als we dan kijken naar aanbod in de Nederlandse markt zien we dat toeleveranciers kunnen worden ingedeeld naar minimaal drie lagen:

1. De applicatiebouwers die zorgen voor de verschillende toepassingen;
2. De platformaanbieders die de platformen bieden waarop applicaties draaien;
3. De data- en IoT leveranciers die data uit diverse bronnen halen en kunnen ontsluiten;
4. De 'systemintegrators' die de verbinding leggen tussen de toepassing en de behoefte en processen van de klant (zoals de gemeente) en kunnen ondersteunen bij het operationeel maken van de toepassing;

In de huidige situatie vallen de eerste 3 lagen zoals gezegd vaak samen in één integrale oplossing (aangeduid als vertical). De business potentie voor elk van deze lagen is onderscheidend. Naar schatting gaat t.a.v. die eerste drie om enkele tientallen bedrijven met in totaal circa €200 miljoen omzet in Nederland. De sector is nog jong en de komende jaren sterk groeiend. Naast de typische kennisinstellingen zoals TNO en IMEC zijn de meer bekende spelers in deze jonge markt: ESRI, Cyclomedia, GEO-bedrijven zoals Geodan en snel groeiende start- en scale-ups zoals bijvoorbeeld Argaleo en Tekle Holographics.

Daarnaast zijn in toenemende mate ook ingenieursbureaus (*Arcadis*, *Tauw*, *Witteveen & Bos*, *RHDHV* en *Antea*), wetenschappelijke instituten¹⁵ als de *Technische universiteiten van Delft*, *Eindhoven*, *Twente* en *Wageningen* maar ook *universiteiten van Groningen*, *Tilburg*, *Utrecht* en *Nijmegen*, kennisinstituten als *TNO*, *IMEC* en *Fraunhofer* en overheidsinstanties als *Kadaster* en *Geonovum* actief in de markt.

Als toepassing wordt hier primair de publieke markt verkend, met gemeenten als doelgroep. Aanvullend bestaat deze maatschappelijke doelgroep echter ook uit de provinciale en landelijke overheidsinstanties (ministeries) en aan de overheid gerelateerde instanties als rijkswaterstaat,¹⁶ de waterschappen¹⁷ en Staats Bosbeheer.¹⁸ Binnen deze overheden worden digital twins ontwikkeld voor elk mogelijk domein, van mobiliteit en infrastructuur tot het sociaal domein en van energievoorziening tot woningbouw. Daarbij kan gesteld worden dat de Geo-sector in combinatie met de Bouw (BIM-modellen) het verst zijn gevorderd: de bouwopgave zal in toenemende mate simulaties vereisen en verdere digitalisering van de infrastructuur in de grond en niet enkel de gebouwen en wegen erboven.¹⁹

De publieke markt is eigenlijk niet geheel los te zien van de private markt en dan zien we een totale potentiële Nederlandse markt tegen 2030 van ruim meer dan €1 miljard.

5.2. Het brede maatschappelijke perspectief

Vanuit de korte bovengeschetste ontwikkeling is direct een goede casus te maken voor het nemen van enige regie in de deze nog prille sector; zeker als het gaat om publieke toepassingen. De ontwikkelingen gaan heel snel, de potentie is groot (ook internationaal gezien) en Nederland als relatief klein kennisintensief land kan hierbinnen een relevante rol vervullen. Daarnaast, zo hadden we al beargumenteerd, is een publiek-private institutionele interventie nodig voor een systeem die optimaler zou kunnen functioneren. De roep voor een institutionele oplossing om de publieke inzet van digital twins beter navigeerbaar en meer laagdrempelig te maken wordt daarom alom luider; en dit vanuit verschillende invalshoeken:

- Voor een bredere inzet van dit instrumentarium voor beleidsopgaven;
- Voor een eenvoudiger toegang tot de markt van app-ontwikkelaars;
- Voor de ontwikkeling van een maatschappelijk relevante markt gericht op de inzet van data-technologie voor complexe opgaven en besluitvorming.

Zo zijn eerder in dit document de onnodig hoge kosten voor de inzet van digitale twins in het publieke domein benoemd. Digital twin toepassingen kunnen veel laagdrempeliger en met

¹⁵ Dit betekent dat veel ontwikkeling nog zit in lage TRL-levels en pas in latere instantie gereed zijn om naar de markt te gaan.

¹⁶ Simulaties op het gebied van mobiliteit gekoppeld aan infrastructurele werken zijn al gangbaar en nemen verder toe. Verkeersmobiliteit is een verdienmodel voor de apps van Google Maps, Waze en Flitsmeister. De verkregen data worden vervolgens ook gecommmercialiseerd richting digital twin applicatie-bouwers die mobiliteitsdata wensen op te nemen.

¹⁷ Watermanagementbedrijven en -instanties simuleren overstromingsgebieden o.a. aan de hand van verwachte hoogwaterstanden om tijdig waterkeringen, sluizen en pompen aan te sturen.

¹⁸ De herinrichting van parken met zonering naar natuur- en recreatiegebieden en in de toekomst naar voorkoming en voorspelling van bosbranden en overstromingen zal baat hebben bij simulatie via digital twins.

¹⁹ Data van de basisregistratie ondergrond (BRO) spelen hierin een belangrijke rol. Bij de energietransitie wordt verder van digital twinning gebruik gemaakt om slagschaduw en turbulentie van windmolens te simuleren en de optimale plaatsing te bepalen van zonnepanelen op gebouwen.

veel lagere kosten even zo effectief of effectiever worden ingezet dan nu. De transactiekosten zijn nu te hoog: voor elk probleem wordt een leverancier gevonden die (bv na het winnen van een duur aanbestedingsproces) voor dat probleem een nieuwe twin ontwikkelt. Per gevolg blijft de businesscase voor het veelvuldig gebruik van digital twins beperkt: de opbrengsten wegen vaak niet op tegen kosten. Met de beoogde appstore moet hier vooraleerst een oplossing voor gevonden worden: dat twins op zo'n manier worden ontwikkeld en worden ontsloten dat het eenvoudiger door meerdere gemeentes kan worden ingezet en/of voor verschillende uitdagingen worden gebruikt. Dus:

Door een strak beheerde marktplaats te ontwikkelen wordt het mogelijk om de kosten voor het toepassen van digital twin technologie sterk te verlagen. Daarbij worden faalkosten voorkomen, wordt betere interoperabiliteit gestimuleerd, wordt versnippering voorkomen en zien we in het geheel een effectievere en efficiëntere inzet van mensen en middelen. Hiermee wordt de inzet van dit krachtige instrument beter en breder toegankelijk voor meerdere gemeentes en meerdere uitdagingen en kan deze veelbelovende technologie ook echt bijdragen aan de zeer complexe maatschappelijke uitdagingen die ons ten deel vallen.

Tegelijkertijd ontstaat met de Appstore voor partijen in de markt de mogelijkheid om eenvoudiger toepassingen vorm te geven en te vermarkten. De Appstore is in die zin ook een uitnodiging naar hen toe. Het geeft een stimulerend effect voor innovatie voor het ontwikkelen van apps voor maatschappelijke vraagstukken; het haalt ontwikkelingskosten en daarmee ook de entry-barriere voor deze markt fors omlaag. Voor de ontwikkelaar loont het daarbij om het veelvuldig gebruik van de toepassing te stimuleren: dus om niet enkel voor een specifieke toepassing een hele oplossing te bouwen. Het netwerkeffect speelt hierbij een belangrijke rol: hoe meer gebruikers hoe waardevoller de app. In andere woorden, er kan via de Appstore rendement worden gehaald uit het halen van zo veel mogelijk (maatschappelijke) impact per app. Een voorwaarde daarvoor is dan wel dat een app-ontwikkelaar de Appstore ook kan gebruiken voor dat netwerkeffect; dus dat de Appstore veel gebruikers kent.

Om (D)DTAS in te kunnen zetten als maatschappelijk relevante institutionele oplossing moet o.a.:

- Het functioneren als onafhankelijk intermediair tussen vraag en aanbod,
- Het functioneren als gerespecteerd marktmeester, als degene die toegang tot deze markt beheerd, het platform up-to-date en relevant houdt en ondersteuning en wegwijs biedt aan ieder die van de store gebruik maakt,
- Het zo snel mogelijk voldoende draagvlak en gebruikers krijgen om een netwerkeffect te bewerkstelligen.

5.3. Voor wie is DDTAS?

Er is brede interesse in de beoogde oplossing, met o.a. ook waterschappen en provincies, maar de belangrijkste gebruikers voor onze doelstellingen zijn nu:

- 1) Aan de vraagzijde van de markt: de gemeentes;

- 2) Aan de aanbodzijde de ontwikkelaars van digital twin oplossingen (voor apps, platformen en data).

5.3.1. De vraagzijde: gemeentes

Wanneer een gemeente nu met een digital twin aan de slag wil, is zij genoodzaakt deze op maat te laten ontwikkelen qua platform, data-ontsluiting, visuele interface en de integratie met haar operatie. Dit is duur, geeft inflexibiliteit, geeft afhankelijkheid aan de leverancier(s) en vraagt om veel kundigheid binnen de organisatie. Dit is niet voor elke gemeente weggelegd en zeker ook niet voor elke stedelijke uitdaging.

De appstore-propositie zal hier een oplossing voor aanbieden. Een gemeente heeft straks de keuze om a) of een verticaal geïntegreerde op maat gemaakte digitale twin te laten ontwikkelen zonder gebruik te maken van de DDTAS, b) een aparte app te laten ontwikkelen op het platform van DDTAS, of c) gebruik te maken van een al bestaande applicatie op DDTAS en die fijn te tunen voor eigen doeleinden. Uiteraard is de eerste optie het verreweg het duurst en met het hoogste risico van vendor-lockin; deze hadden we al. Hier komen nu voor de gemeentes dus twee opties bij die de keuze van de inzet van een digital twin laagdrempeliger maakt.

Dit maakt de inzet van digital twins toegankelijk voor ook de kleinere gemeentes en ook voor meerdere uitdagingen/ of kansen. De meer laagdrempelige toegang tot de digital twin maakt het eenvoudiger om voor een uitdaging dit instrumentarium in te gaan zetten. Daarnaast maakt het een succesvolle toepassing minder afhankelijk van de kundigheid en vaardigheden (of een gebrek daaraan) die een gemeente in huis heeft. Het leergeld is al betaald en de appstore zorgt voor standaardisering, deskundigheid t.a.v. de toegang van apps op de store, en ondersteuning bij de inzet van apps. Zeker in het licht gezien van overheidstekorten en de skillsgap van kleinere gemeenten ten aanzien van digitale innovaties, is dit een belangrijk argument.

Als we bovenstaande vertalen naar de gemeentelijke organisatie zien we dat (zie [paragraaf 3.6](#)) de baten en kosten niet altijd in hetzelfde domein vallen. De gemeentelijke casus voor een investering in een app op DDTAS kan daardoor vaak beter op een domein-overstijgend niveau worden uitgewerkt en beheerd. Hierbij bestaat de casus van de appstore met name uit lagere kosten per app, snellere beschikbaarheid, ontzorging (rondom specialistische taken) en een meer doelmatige en efficiënte besteding van overheidsgeld voor informatiegeijkheid en een toename van handelingsperspectieven.

5.3.2. De aanbodzijde: de ontwikkelaars

DDTAS levert voor de aanbodzijde voor de Digital Twin markt:

- a) De mogelijkheid van ontwikkelaars om enkelvoudig te ontwikkelen en meervoudig te vermarkten;

Voor leveranciers van digitale twins en digitale twin toepassingen is de schaalbaarheid die ontstaat door het Appstore platform van grote meerwaarde. In plaats van veelal kleinschalige pilots en experimenten krijgen ze nu de mogelijkheid hun toepassing

eenvoudiger op te schalen naar een veel groter aantal gemeenten. De initiële investering kan uiteraard eenvoudiger rendabel worden gemaakt en verdeeld over een grotere groep gebruikers, maar nog belangrijker: de werking van de toepassing wordt beter met de inzet van een grotere hoeveelheid data.

- b) Directe toegang naar een veel grotere hoeveelheid potentiële klanten met veel lagere transactiekosten.
Niet alleen wordt de markt groter in de zin van meer gebruikersgroepen bij gemeentes, ook wordt het breder met meer toepassingsgebieden. Er zijn bv verkenningen gedaan, via Argaleo, naar de retailmarkt en hieraan gelieerd het binnenstad-management. Het hiervoor gangbare BIZ-samenwerkingsverband is een semipublieke instantie op arm's length van de gemeente, waarbij lokale retailondernemers en de vastgoedsector zijn aangesloten.
- c) De mogelijkheid om onderdelen van een propositie te ontwikkelen en dus niet per se telkens een 'verticale' totaaloplossing;
Waar veel digital twins vooralsnog worden gemaakt door specialistische partijen met expertise binnen de volledige kolom van data-inwinning tot 3d visualisatie zal door scheiding van de verschillende functies zoals aangegeven in [paragraaf 3.2](#): ook ruimte zijn voor partijen die expertise hebben op één van die functies. Er ontstaan dus zogenaamde market-entry mogelijkheden voor andere dan de nu bekende aanbieders van digitale twins.
- d) Door lagere 'entry-barriers' de mogelijkheid om met meerdere partijen en ook kleinere partijen samen te werken binnen een nog prille en grotendeels te ontginnen markt;
Een goed voorbeeld van zo'n sector waarvan wordt verwacht dat zij de markt voor digitale twinning verder zullen gaan betreden is die van immersive technology: augmented- en virtual realities, haptic feedback, holografische technologie, zijn allemaal gericht op het aanbieden van een levensechte ervaring waardoor de virtuele stad steeds dichterbij haar fysieke broer of zus benaderd. Ook de maakindustrie, data- en IoT bedrijven en andere zullen op basis van deels nieuwe businessmodellen de markt gaan betreden.
- e) De kans om mee te liften op een groter netwerkeffect welke direct meerwaarde en relevantie biedt aan de propositie van de apps die ze ontwikkelen en bijdragen aan het lerend vermogen van die apps (met meer verificatiedata etc.).
Ten slotte levert een groter platform ook een groter netwerk. De relevantie en de kwaliteit van de apps die worden ontwikkeld groeit met toename van het gebruik ervan. Het gebruik van apps creëert nieuwe data en dat voegt weer waarde toe aan de app. Hoe meer gebruikers hoe belangrijker de app.

Daartegenover staat wel dat de initiële ontwikkelingskosten voor een appstore mogelijk wat hoger kunnen zijn omdat aan hogere kwaliteitseisen moet worden voldaan i.v.m.

opschaalbaarheid van de toepassing. Daartegenover kan je als ontwikkelaar wel gebruikmaken van een kundige counterpart als beheerder van de store.

5.4. Van wie is DDTAS

De propositie van DDTAS moet beheerd worden. Iemand moet hier eigenaarschap van nemen. Deze eigenaar is nog niet gevonden. Mogelijk zou deze nog moeten worden gecreëerd. Het gaat erom dat er een organisatie is die het distributieplatform beheert en doorontwikkelt, die toegang en het beheer van toepassingen op het platform regelt en zorgt dat gebruikers op veilige en vertrouwde wijze toegang krijgen tot de toepassingen die zij afnemen inclusief de kalibratie, validatie en borging ervan binnen de betreffende gemeenten.

Naar het huidige inzicht zal het dit een non-profit organisatie kunnen zijn die haar inkomsten haalt uit een marge over de toepassingen in de appstore haalt. Het is een soort marktmeester rol. Hiervoor zal een organisatiestructuur moeten worden ingericht. Nader onderzocht gaat worden of het een (semi-)autonome organisatie wordt of gebruik gemaakt kan worden van een reeds bestaande organisatiestructuur of dat er een netwerkorganisatie wordt gebouwd waarbij gebruik wordt gemaakt van capaciteit op maat vanuit deelnemende organisaties. Uit de verkenning kwam verder naar voren dat met name overheden (D)DTAS bij voorkeur in handen van de overheid willen hebben of eventueel in publiek-private handen. Tegelijk wordt ook de digitale volwassenheid van de overheid juist als risico genoemd voor een adequate beoordeling van digitale toepassingen en het inregelen van de randvoorwaarden daarvoor. Naast de VNG²⁰ is ook gekeken naar andere geschikte overheidsinstanties en naar publiek private ecosystemen. Voorbeeld van die laatste categorie is het Dutch Metropolitan Innovations Ecosysteem.

5.4.1. De organisatie

De organisatie zal zich de komende periode gaan vormen, beginnend met een projectorganisatie gericht op het faciliteren van een Community of Practise (CoP) en het inventariseren en bijhouden van digital twin toepassingen in een DT-repository (en eventuele andere repositories t.b.v. data, API's en standaard componenten).

Een belangrijke taak van de DDTAs organisatie straks is het inrichten van robuuste processen en procedures voor bijvoorbeeld het intake- en beoordelingsproces en voor de beheerprocessen. Ook belangrijk is de inrichting van de "shared facilities" en de expertgroepen waaronder bijvoorbeeld adequate IAA, financiële afhandeling en registraties en ondersteuning op specialistische expertisegebieden zowel technisch inhoudelijk op het gebied van digitale twins als procesmatig gericht op o.a. publiek private samenwerking. Expertgroepen zijn daarbij expliciet gericht op zowel het versterken van kennis en expertise binnen gemeenten als op het opbouwen en borgen van expertise binnen de DDTAs organisatie zelf.

Nadere uitwerking van de organisatie is geen onderdeel van deze verkenning en volgt in later stadium.

²⁰ Vanuit haar rol in intergemeentelijke samenwerking en kennisuitwisseling tussen gemeenten

5.4.2. Waardenkader en principes

Als basisvereiste zijn alle geldende juridische kaders vanuit Nederland en Europa van toepassing. Daarbovenop geldt dat we waar mogelijk gebruik maken van al ontwikkelde en gevalideerde kaders en principes. Zo maken we ten aanzien van data gebruik van FAIR principes. Internationale richtlijnen voor het beschrijven, opslaan en publiceren van data. FAIR is een acroniem voor Findable, Accessible, Interoperable, Reusable (ofwel vindbaar, toegankelijk, uitwisselbaar en herbruikbaar). Ook de eerder (in paragraaf *2.3 Urban Digital Twinning in de EU*) genoemde Gemini principes zijn eenvoudig te adopteren binnen DDTAs net als de 'Principes voor de digitale samenleving'²¹ die de VNG heeft opgesteld samen met gemeenten.

Daarnaast worden binnen de projectenorganisatie specifieke kaders en principes ontwikkeld voor DDTAs gericht op de ontwikkeling van nieuwe toepassingen en het eenvoudig en objectief kunnen beoordelen ervan op vastgestelde criteria. Deze kaders en principes worden vervolgens vertaald naar samenwerkingsovereenkomsten inclusief Service Levels (SLA's) met zowel leveranciers als afnemers.

5.5. (D)DTAs schaal mogelijkheden en DDTAs als exportproduct

Hoewel onderliggende verkenning zich nadrukkelijk heeft gericht op de gemeentelijke omgeving en op Digital Twinning zijn er verschillende paden om dit concept verder op te schalen. Zo zijn er naast gemeentelijke overheden die te maken hebben met Urban Digital Twinning ook veel provinciale en rijksoverheden die gebruik zouden kunnen maken van (D)DTAs en zijn er ook veel private organisaties die hier gebruik van kunnen maken (denk bijvoorbeeld aan partijen binnen de OBT-sector zoals projectontwikkelaars, aannemers, landschapsarchitecten etc.. Ook is het concept eenvoudig te verbreden naar andere toepassingen dan Digital Twinning waar intergemeentelijke bundeling van innovatie en executiekracht relevant is. En,... het is niet ondenkbaar dat (D)DTAs ook de grens zal oversteken om toepassingen op Europese schaal te distribueren.

Echter laten we onze fantasie niet met ons op de loop laten gaan en eerst maar eens kijken hoe we überhaupt komen tot geschetste (D)DTAs. Uiteraard ligt de eerste kans op opschaling bij intergemeentelijke samenwerking. Hier ligt direct een jaloersmakend groot schaalpotentieel.

²¹ <https://vng.nl/sites/default/files/2022-12/Principes-voor-de-Digitale-Samenleving.pdf>

6. De weg naar DDTAS

Realistisch moeten we concluderen dat veel gemeentelijke organisaties die bezig zijn met digital twinning op dit moment (veelal op afdelingsniveau) middels pilots en experimenten op kleine schaal en met beperkte datasets, kennis en ervaring op doen. Aangezien het pilots en experimenten betreft wordt er minder nagedacht over de opschaalbaarheid en interoperabiliteit van de digital twin. Het doel is immers vooral het opdoen van kennis en ervaring. Effect is dat de digital twin in deze fase vaak een black box is waar dataontsluiting en -analyse, modellering, platform, sectorspecifieke kennis en expertise en visualisatie van dit alles, in één en dezelfde product zit.

Als gemeenten voldoende kennis en ervaring op hebben gedaan en zowel de bestuurlijke als ambtelijke laag niet langer hoeven te worden overtuigd van de toegevoegde waarde van digital twinning is het zaak om de business- en waardencase op orde te krijgen waarmee een (substantieel) budget voor digitalisering kan worden verantwoord. Let daarbij wel op dat kosten en baten vaak niet in hetzelfde domein vallen en een business- en/of waardencase dus een integrale benadering vergt (zie ook paragraaf 3.6 *Sturing op intergemeentelijk gebruik van middelen en capaciteit*).

6.1. Naar interoperabiliteit en flexibiliteit

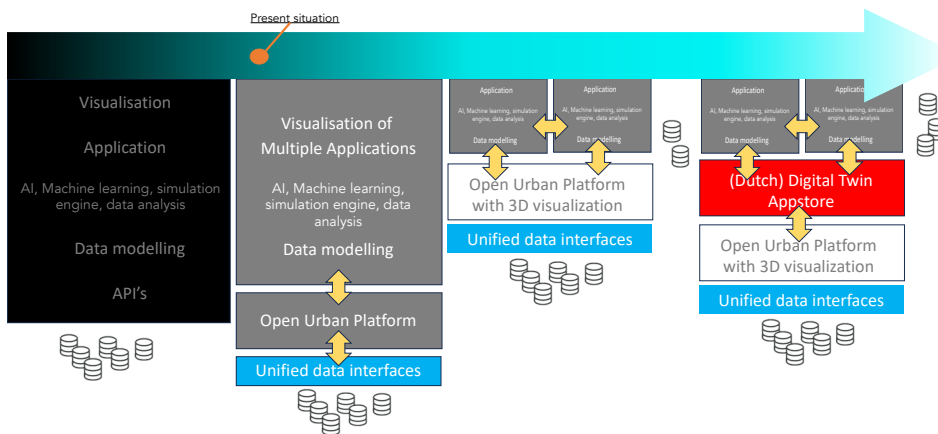
De volgende stap in de bewustwording van de gemeentelijke organisatie is het streven naar meer interoperabiliteit en meer flexibiliteit en vooral meer externe oriëntatie. Digital twinning is inmiddels niet langer het speeltje van een afzonderlijke-afdeling maar wordt een gangbaar instrument voor de gemeente. Het instrument moet daarom ook flexibeler om kunnen gaan met verschillende vragen vanuit verschillende domeinen om vervolgens bij voorkeur die vragen in relatie tot elkaar te kunnen beantwoorden. Dit is de fase waarin bijvoorbeeld Rotterdam zit met haar OUP-ontwikkeling en waar ook andere steden versneld terecht zullen komen door o.a. lopende projecten vanuit zowel EU als bijvoorbeeld DMI.

In deze fase moet de gemeente daadwerkelijk integraal nadenken over hoe data-gedreven inzichten en -modellen, beleid- en besluitvorming kunnen ondersteunen en hoe de verschillende stakeholders van de gemeente daarin kunnen participeren. Intergemeentelijk en interbestuurlijk moet worden nagedacht over de uniforme "landingsplek" waarop al de verschillende toepassingen in de toekomst operationeel kunnen worden gemaakt. *Net als bij de Apple of Google Appstore is het van belang dat er niet veel variatie zit in de deze landingsplek. Immers, indien ieder type en versie van een device van Apple of Google een andere toepassingen zou vergen zou het app store concept niet, of alleen tegen torenhoge kosten functioneren en is het voor aanbieders van toepassingen weinig interessant gezien de dan gebrekkige opschaalbaarheid van de individuele toepassing.* Zo geldt het ook voor het gemeentelijk platform waarop de toepassing moet landen en voor de data die daarin wordt ontsloten. Dit platform en de data moeten voldoende uniform zijn om één individuele toepassing op verschillende gemeentelijke platformen laten functioneren. De toepassing stelt dus eisen aan het platform en aan de data. De kunst is om de aan het platform en aan de data gestelde eisen op uniforme wijze te omschrijven waardoor iedere gemeente die gebruik

wil maken van betreffende toepassing een platform volgens voorgeschreven specificaties kan ontwikkelen en ervoor kan zorgen dat vereiste data wordt ontsloten.

6.1.1. Van black-box naar platform agnostisch

We verwachten de komende jaren een transitie te zien waarbij een verschuiving zal plaatsvinden (zie onderstaande figuur) van de “blackbox” achtige pilots en projecten waar alles één en hetzelfde Digital Twin product is, naar een situatie waarin gemeentelijke platformen zijn beschreven volgens uniforme principes, waarin data gestructureerd beschikbaar is en waarin toepassingen agnostisch van het platform kunnen worden ingezet binnen verschillende gemeenten.



waarin toepassingen agnostisch van het platform kunnen worden ingezet binnen verschillende gemeenten.

Bovenstaande transitie zal plaatsvinden langs verschillende assen

die we hier afzonderlijk beschrijven. Zo onderscheiden we een technische as, een organisatorische as en een kennis- en gedrag as. Het tempo van de transitie is daarbij afhankelijk van alle 3 de assen. Bent u als gemeente geïnteresseerd maar nog niet actief bezig met Digital Twinning lees dan vooral ook “6.4 Digital twinning voor starters”

6.2. De techniek

De bovenbedoelde verschuiving van black box naar platform agnostische toepassingen zoals hierboven geschetst begint met de functiescheiding zoals beschreven in [paragraaf 3.2 Open urban platforms en standaarden](#). Naast de in deze paper beschreven Appstore moet daarbij voldoende aandacht zijn voor de data laag en voor de urban platform laag. Op deze 3 niveaus zullen verschillende ontwikkelingen plaatsvinden die in samenhang tot elkaar leiden tot de beoogde situatie waarin een centraal distributieplatform zorgt voor enkelvoudige ontwikkelingen die meervoudig worden gebruikt.

6.2.1. Toepassingen

Ten aanzien van toepassingen op het gebied van de inzet van digital twins is het goed om vooraf te bepalen wat de belangrijkste doelstellingen zijn voor de stad.

6.2.2. Bepalen doelstellingen UDT

Waarvoor wordt de digital twin straks met name ingezet en wat zijn de belangrijkste thema's binnen de stad. Is dat stakeholderparticipatie; is dat het ontwikkelen van een omgeving waar beleidsambtenaren en bestuurders samen op basis van simulaties tot besluitvorming komen, is dat een relatief simpele weergave van bijvoorbeeld enkel de actuele vervoersstromen door een stad of is dat alle voorgaande samen. Afhankelijk van de doelstelling en ambitie van de gemeenten zal ook de complexiteit en samenhangende kosten die de gemeente kan dragen

een belangrijke overweging vormen. Waarbij niet alleen de kosten voor de techniek (data, platform en toepassingen) een rol spelen maar ook de digitale volwassenheid van de organisatie in termen van digitale mindset en -skillset.

6.2.3. CoP's en DT-repository

Meer externe gerichtheid en daarmee meer 'gezamenlijk leren en ontwikkelen' kan zorgen voor een grote versnelling van de inzet van goede digitale oplossingen bij gemeentes. Een community of practise (hierna CoP) waarin actief kennis wordt uitgewisseld kan daarin actief faciliteren evenals het bijhouden van een open online catalogus (hierna aangeduid met de engelse term repository) waarin de verschillende digital twin trajecten op gestructureerde wijze worden bijgehouden. In de Digital Twin repository (hierna DT-repository) worden urban digital twin initiatieven in Nederland actief bijgehouden, inclusief eisen aan onderliggende platform en aan benodigde data.

Gemeenten met ambities op het gebied van digitale twins kunnen op die manier eenvoudig kennis delen en valideren binnen de CoP en kunnen de DT-repository raadplegen of er al initiatieven bestaan die aan hun eigen behoefte voldoen. Elders geleerde lessen kunnen dan worden meegenomen in de eigen plannen en reeds ontwikkelde componenten van elders kunnen wellicht worden hergebruikt. Dit is feitelijk de eerste stap in de richting van de (Dutch) Digital Twin Appstore ((D)DTAS).

6.2.4. Naar agnostische functies

De volgende stap is toepassingen platform agnostisch gaan ontwikkelen. Hier kunnen we aansluiten op ontwikkelingen zoals in Rotterdam waar nieuwe toepassingen leveranciersafhankelijk worden ontwikkeld op het OUP. Maar waar we ook reeds bestaande oplossingen gaan herontwerpen waardoor ze geschikt gemaakt worden voor landing op het OUP. In die projecten leren we in de praktijk waar knelpunten optreden en hoe we ze op kunnen lossen.

6.2.5. Inrichten beoordelingsproces

Parallel hieraan breiden we de DT-repository uit met beoogde intake-/beoordelingsproces (zie *paragraaf 4.1 wat is een app store?*). Door het opstellen van toetsingscriteria en het toetsen op ethische, juridische, sociale, economische en technische en beheersmatige aspecten krijgen Digital Twin toepassingen een score toebedeeld op betreffende criteria. Daarmee wordt de kwaliteit geborgd maar wordt ook tijd en capaciteit uitgespaard bij gemeenten die betreffende digital twin voor hun eigen gemeente aan willen kopen. Veel van de verplichte processen zoals het toetsen op AVG-regels zijn immers al gedaan en netjes vastgelegd in de DT-repository waarnaar verwezen kan worden. In veel gevallen volstaat dan ook het ingeven van de variabelen van de eigen gemeente om compliant te zijn aan wet- en regelgeving.

6.2.6. DT-repository als voorportaal van de DDTAs

Zodra er meer platformen (OUP's) op basis van eenduidige principes in Nederland ontstaan verandert de DT-repository in het voorportaal van de appstore. Waar in de DT-repository in principe alle digital twin toepassingen worden opgenomen onafhankelijk van de beoordeling op de verschillende criteria worden in de appstore alleen die toepassingen opgenomen die

boven een vastgestelde norm per criterium scoren (en voldoen aan de gevraagde compatibiliteitsvereisten voor een OUP met de daaraan gestelde principes).

6.2.7. Platform

Het streven is te komen tot een platform dat het veilig ontsluiten en delen van data mogelijk maakt op basis van uniforme principes. Gemeenten worden daardoor technische meer overeenkomstig. Dat betekent dat er een belangrijke professionaliserings- en uniformeringsslag plaats moet vinden waarbij zoveel mogelijk wordt gekeken naar (open) internationale en Europese standaarden en naar een veilige maar voldoende open omgeving die ook allerhande 3d visualisaties ondersteunt en zaken als autorisatie en authenticatie van gebruikers regelt.

Het is vooral nuttig om (gezamenlijk) vooraf te kijken naar Landelijke en Europese initiatieven op dit gebied om een desinvestering van capaciteit en middelen te voorkomen en aansluiting te zoeken bij initiatieven gericht op het realiseren van uniforme gedragen principes. Praktisch is het voor gemeente die nog geen eigen Urban Open Data Platform (of andere benaming) aan te raden om te kijken naar lopende initiatieven zoals het OUP van Rotterdam of vergelijkbaar waardoor niet nog meer versnippering plaatsvindt.

6.2.8. Data

Omdat de digitale twin uiteindelijk wordt gevoed met data zal de gemeente zich moeten gaan richten op databeschikbaarheid en -kwaliteit. Zij zal een datastrategie moeten gaan formuleren waarin, op basis van knelpunten die zij op wil lossen de informatiebehoefte en daarmee de gewenste data en de wijze waarop deze data wordt ingewonnen, helder wordt gemaakt en die strategie vervolgens moeten gaan realiseren. Zie ook [paragraaf 4.2](#) Indien toepassingen worden ontwikkeld waarbij ook data wordt gebruikt die niet (standaard) door de gemeente wordt ontsloten zullen met de ontwikkelaar/beheerder van de toepassing afspraken moeten worden gemaakt ten aanzien van servicelevels rond data-inwinning, -ontsluiting en -beheer.

Het is belangrijk dat we continu de relatie tussen data en toepassing in de gaten houden. In de bedoelde DT-repository waarin de digitale twin toepassing wordt geregistreerd zal tevens informatie worden opgenomen ten aanzien van de voor betreffende DT Toepassing benodigde data (gespecificeerd naar soort en herkomst van de data maar ook naar informatie t.a.v. beschikbare API's en eisen op bijvoorbeeld het gebied van ontsluiting, doelbinding, veiligheid, beschikbaarheid, kwaliteit, omvang, frequentie en performance),

Voor het ontsluiten van veel data zijn inmiddels standaard API's ontwikkeld die ook intergemeentelijk gebruikt kunnen worden en hun bestemming vinden in open Urban Data Platformen. Een open API-repository waar REST API's¹ en Web API's centraal worden bijgehouden is voor zover bekend (nog) niet beschikbaar maar met enig gericht zoeken op het Web is overwegend snel resultaat te vinden.

Afhankelijk van de fase waarin de gemeente zich bevindt t.a.v. digital twinning is het raadzaam om een datastrategie te baseren op de informatiebehoefte nu en in de toekomst of juist te kijken in de DT-repository naar toepassingen en de daaraan gekoppelde data om op basis daarvan data in te gaan winnen.

Waar in eerste instantie iedere gemeente nog vrij autonoom bezig is met het vaststellen van de datastrategie en – behoefte zal in iets verdergevoerd stadium steeds meer ook intergemeentelijke samenwerking op het gebied van data in lijn der verwachting liggen. Zo kan bijvoorbeeld het (versie)beheer en standaard 'servicelevel agreements' met dataleveranciers op het niveau van de DDTAs worden ingericht zodat niet iedere individuele gemeente afzonderlijk afspraken moet maken met data-leveranciers en/of leveranciers van IoT oplossingen.

6.3. Kennis en gedrag

Naast kennis van digitalisering die nodig is om te werken met Digital Twinning gaat het hier ook om kennis van samenwerken in publiek private ecosystemen, om intergemeentelijke samenwerking en om een versnelling van de huidige transitie naar data- en evidence based werken.

6.3.1. Digital mind- en skillset

In paragraaf 3.4 beschrijven we kort de digitale mind- en skillset maar ook digitaal leiderschap. We adviseren gemeenten om een structureel²² skillsprogramma op te zetten voor de digitale volwassenheid van haar medewerkers voor zover dat nog niet is gebeurd. Belangrijker wellicht nog is de digitale mindset bij medewerkers en bestuurders. Met een digitale mindset wordt namelijk de nieuwsgierigheid naar digitale mogelijkheden aangewakkerd en zullen medewerkers, leidinggevend en bestuurders zelf op zoek gaan naar bijbehorende digitale skills. In enige mate digitaal onderlegd zijn is overigens wel een voorwaarde voor een digitale mindset. Deze mindset ontwikkelen vraagt investeren in digitale skills, in delen van ervaringen over gelukte en mislukte digitale innovaties en in verbeeldingskracht op basis van verhalen van ervaren leiders en deskundige professionals. Ook hier biedt de DT-repository (en later de DDTAs) goede aanknopingspunten om mensen te inspireren.

6.3.2. Datagestuurd werken

Binnen veel gemeentes heeft data-gestuurd werken de afgelopen jaren haar intrede gemaakt. Waar beleid- en besluitvorming voorheen plaatsvond op onderbuikgevoel en (incidenteel) onderzoek is het tegenwoordig steeds normaler om hier datagedreven dashboards voor te gebruiken variërend van simpele Excel-overzichten tot geavanceerde Business Intelligence overzichten gevoed met real time data.

Onze maatschappij vraagt steeds meer evidence based beleid en besluitvorming ook omdat zij zelf steeds beter in staat is op basis van apps en openbare data, informatie van de overheid te valideren. Hierdoor ontstaat steeds meer informatiegelijkheid en worden inwoners en organisaties steeds meer gelijkwaardige gesprekspartners. Toch moeten we ook constateren dat zeker aangaande minder digitale en zelfredzame doelgroepen er nog steeds sprake is van grote en structurele informatie-ongelijkheid zelfs binnen de gemeentelijke organisatie zelf. Door de veelal visuele interface van de digitale twin beperken we deze informatie-ongelijkheid.

²² Gezien de snelle groei van digitale ontwikkelingen is een incidentele training niet voldoende

Vrijwel iedereen kan werken met "Google" terwijl maar weinigen de achterliggende techniek snappen.

"It's the interface stupid".

De argumenten tegen datagestuurde werken die we in deze verkenning hoorden, worden volgens ons, -naast datakwaliteit en beschikbaarheid-, mede veroorzaakt door de beperkte en vaak technische gebruikersinterface die veel dashboards nog steeds kenmerkt. Gebruikers worden daardoor gedwongen tot een technische diepgang die ze niet beheersen en worden overvoerd met grote hoeveelheden informatie zonder duidelijke context waardoor veel dashboards simpelweg niet aansluiten bij de informatiebehoefte van de gebruiker.

Door betere interfaces te bouwen waardoor de gebruiker zelf minder technische kennis hoeft te bezitten kunnen we datagedreven werken beter aan laten sluiten op de werkelijke behoefte van de gebruikers. Tegelijk vragen we bestuurders en ambtenaren een been bij te trekken ten aanzien van hun digitale kennis en vaardigheden. De wereld om ons heen verandert in sneltreinvaart en digitalisering of u wilt of niet is daarin in toenemende mate een belangrijk onderdeel.

6.4. Digital twinning voor starters

Veel gemeenten zitten momenteel in een pré-Digital twin fase of in de fase waar in zij het voornemen hebben om te gaan experimenteren met het concept om het concept van de digitale twin beter te leren begrijpen en daar ervaring mee op te doen in de praktijk.

Voor gemeenten die nog aan de vooravond staan van digital twinning is het goed om te beseffen dat partijen zoals Cyclomedia, ESRI of Argaleo (op basis van openbare beschikbare datasets) ook zonder enorme investeringen te vragen, standaard al heel veel waarde in hun digital twin oplossingen hebben waar een gemeente direct gebruik van kan maken. Gemeenten kunnen dan relatief eenvoudig kennis en ervaring opdoen. Ze kunnen hiermee, eventueel op afdelingsniveau, experimenteren met laagdrempelige beschikbare oplossingen om te kijken of de politieke wil en de ambtelijke organisatie aanwezig is voor digital twinning voor bijvoorbeeld "evidence based besluitvorming" of een meer participatieve maatschappij.

Als u als gemeente overtuigd bent geraakt van de toegevoegde waarde van digitale twin toepassingen dan is de volgende stap het toewerken naar Datastrategie en een Open Urban Dataplatform dat voldoet aan de richtlijnen waardoor u in de toekomst uit de dan ongetwijfeld rijke keus aan Digital Twin toepassingen kunt gaan kiezen. Ook hier adviseren we u vooraleerst te kijken naar reeds bestaande en/of in ontwikkeling zijnde initiatieven zoals het OUP in Rotterdam alvorens zelf uw eigen platform ontwikkeling te starten.

Voor vragen, opmerkingen en suggesties over deze paper kunt u contact opnemen met:

WE LABS

Klaes Sikkema

Klaes.sikkema@welabs.nl | +31 (0)6 43 04 48 37

Meer weten van het Dutch Metropolitan Innovations Ecosysteem, kijk dan op <https://dmi-ecosysteem.nl/> Wilt u direct onderdeel worden van het DMI Ecosysteem en meebouwen aan de appstore en de toepassingen daarbinnen, neem dan contact op met DMIteam@minienw.nl

Voor informatie over de G40 Themagroep Slimme Duurzame Verstedelijking en Mobiliteitsvernieuwing of neem rechtstreeks contact op met Zoë Spaaij

Informatie over OUP en overkoepelende het digitale stad initiatief van Rotterdam

Informatie over de Digitale Economie binnen de provincie Zuid-Holland

Het document mag onder de Creative Commons CC BY-ND voorwaarden vrij worden gebruikt en gedistribueerd.

