

AFSTUDEERSCHRIPTIE

BACHELOR AFSTUDEERONDERZOEK

Onderzoek naar de toepassingsmogelijkheden van een digital twin in het woningbeheer



Student 1 Thoby Würdemann 500697591 | **Student 2** Derek Veenstra 500777215
Afstudeeronderzoek Onderzoek naar de toepassingsmogelijkheden van een digital twin in het woningbeheer
Academie Hogeschool van Amsterdam | **Opleiding** Built Environment – Assetmanagement
Afstudeerbedrijf Bouwlab R&Do

COLOFON

Amsterdam, 24 januari 2022

Status:	Definitief
Auteur:	Thoby Würdemann - 500697591 06 – 13018090 thoby.wurdemann@hva.nl Built Environment – Assetmanagement
	Derek Veenstra - 500777215 06 – 55802882 derek.veenstra@hva.nl Built Environment – Assetmanagement
Onderzoeksacademie:	Hogeschool van Amsterdam Weesperzijde 190 1097 DZ Amsterdam 020 - 595 1111
1^e begeleider:	Koos Johannes Onderzoeker en docent assetmanagement k.johannes@hva.nl
2^e begeleider:	Germaine Zielstra-Olivier Afstudeercoördinator assetmanagement g.g.a.b.zielstra-olivier@hva.nl
Afstudeerbedrijf:	Bouwlab R&Do Oudeweg 91-95 2031 CC Haarlem 085 -750 0433
Bedrijfsbegeleider:	Wilfred van Beuningen – Kwartiermaker smart industrie digital 06 - 22233394 vanbeuningenpe@gmail.com

Colofon

Afstudeerscriptie:

‘Onderzoek naar de toepassingsmogelijkheden van een digital twin in het woningbeheer’

Copyright 2022 Hogeschool van Amsterdam

Auteurs: T. Würdemann & D. Veenstra

Voorwoord

Voor u ligt de afstudeerscriptie dat toebehoort tot het onderzoek wat uitgevoerd wordt om kennis te vergaren over de toepassingsmogelijkheden van digital twins die door middel van data gestuurd onderhoud waarde kunnen toevoegen aan het beheerproces van woningbeheerders. Dit afstudeeronderzoek is opgesteld door Thoby Würdemann en Derek Veenstra. Wij zijn beiden afstudeerders afkomstig van de afstudeerrichting assetmanagement aan de studie Built Environment aan de Hogeschool van Amsterdam. Dit onderzoek wordt door ons geschreven in het kader van ons afstuderen en zal leiden tot onze afstudeerscriptie. Het onderzoek zal worden uitgevoerd onder de paraplu van het atelier Beheer circulair en duurzaam vastgoed. Het onderzoek zal worden geleid door de heer Koos Johannes. Graag zouden wij de heer Koos Johannes willen bedanken voor het begeleiden van dit onderzoek.

Onder begeleiding van de Hogeschool van Amsterdam zal dit onderzoek worden uitgevoerd in opdracht van BouwLab R&Do. Vanuit de organisatie BouwLab R&Do zal de heer Wilfred van Beuningen ons ondersteunen bij de voortgang van ons onderzoek. Daarom zouden wij ook graag de heer Wilfred van Beuningen willen bedanken voor de begeleiding. Dit onderzoek is ontstaan vanuit het gebrek aan kennis binnen de woningbeheerders over de toepassing van data gestuurd onderhoud bij het beheerproces van haar woningen. Er is vanuit de woningbeheerders veel vraag naar use cases over het toepassen van data gestuurd onderhoud. Dit maakt het onderzoek zeer relevant.

Amsterdam, 24 januari 2022

Thoby Würdemann en Derek Veenstra

Samenvatting

De afgelopen jaren heeft vooral BIM (Building Information Modeling) haar intrede gemaakt in de gebouwde omgeving. Met een BIM-model kan de gebruiker/eigenaar zijn of haar gebouw virtueel bekijken. Echter is het al mogelijk om met datagestuurd onderhoud te werken en om deze informatie terug te laten komen in een digital twin. Deze innovatieve technieken van datagestuurd onderhoud en een digital twin worden slecht door enkele partijen gebruikt en men heeft voorderest geen idee hoe deze innovatietechnieken binnen de organisatie geïmplementeerd moeten worden.

Het uiteindelijke doel van dit onderzoek is om informatie te verkrijgen over bestaande projecten en pilots die betrekking hebben op datagestuurd onderhoud (zogenaamde use cases). Deze use cases dienen uitgebreid geanalyseerd te worden om zodoende de voor- en nadelen van bestaande projecten en pilots op een rijtje te hebben. Deze informatie kan vervolgens naar woningbeheerders worden doorspeeld waardoor zij het werken met datagestuurd onderhoud in een digital twin kunnen opstarten en waardoor het beheerproces wordt verbeterd. Hierdoor is de volgende onderzoeksvraag opgesteld: Hoe kan een digital twin met behulp van data gestuurd onderhoud waarde toevoegen aan het beheerproces van woningbeheerders?

Om antwoord te geven op de onderzoeksvraag is allereerst literatuuronderzoek gedaan. Hierop volgend is een verkennende enquête opgestuurd naar woningcorporaties en organisaties om te achterhalen welke praktijkervaringen er zijn. Sturend op de enquête uitkomsten zijn diepte-interviews uitgevoerd om zodoende professionals uit de praktijk te spreken over hun ervaringen met datagestuurd onderhoud. In totaal zijn er 27 partijen geïnterviewd waarvan 9 woningcorporaties en 18 niet-woningcorporaties. De interviews schetsen een relevant beeld over de gehele markt, dit komt doordat de geïnterviewde partijen zijn verdeeld over de gehele sector. Zo zijn er onder andere woningcorporaties, dakdekkers, onderhoudspartijen, softwarebedrijven en kennisorganisaties geïnterviewd.

Uit de interviews zijn 14 use cases naar voren gekomen met betrekking tot datagestuurd onderhoud. Daarnaast is er geconstateerd dat woningcorporaties nog geen werkende digital twin binnen het bedrijfsproces hebben geïmplementeerd. Enkele innovatieve corporaties hebben wel de verwachting uitgesproken dat de digital twin binnen enkele jaren voet aan bodem gaat krijgen binnen het beheer- en onderhoudsproces van gebouwen. Naast de verwachting dat de digital twin binnen enkele jaren geïmplementeerd gaat worden kan er ook geconcludeerd worden dat datagestuurd onderhoud veel waarde toevoegt aan het beheerproces van woningbeheerders. Het traditionele onderhoudsproces is minder effectief en efficiënt dan een onderhoudsproces waar data gedreven wordt gewerkt.

Om datagestuurd onderhoud en een digital twin mogelijk te maken voor alle woningcorporaties wordt er aanbevolen om vooruitstrevende woningcorporaties de grote innovaties op gang te laten zetten zodat de kleinere corporaties kunnen volgen. Daarnaast dienen alle partijen open en transparant te zijn over haar werkzaamheden en dient er een datateam gevormd te worden binnen het bedrijfsproces om de datastroom te verwerken. Tot slot dient de directie achter de innovatietechniek te staan.

Inhoud

COLOFON	2
Voorwoord.....	3
Samenvatting.....	4
Inhoud	5
Begrippenlijst.....	7
Hoofdstuk 1 Inleiding.....	8
1.1 Aanleiding: digitalisering in het woningbeheer	8
1.2 Probleem- en doelstelling.....	9
1.3 Leeswijzer	9
Hoofdstuk 2 Theoretisch kader	10
2.1 BIM (Building Information Modelling)	10
2.1.1 Tijdslijn van BIM	10
2.1.2 Gebruik van BIM in vastgoedbeheer	12
2.2 Digital twins	13
2.3 Artificial intelligence (AI).....	15
Hoofdstuk 3 Methodische opzet van het onderzoek	17
3.1 Hoofd- en deelvragen	17
3.2 Onderzoeksmodel.....	18
3.3 Ontwerp en uitvoering enquête	18
3.4 Diepte-interviews	20
Hoofdstuk 4 Onderzoeksresultaten	21
4.1 Deelvraag 1: Ontstaan digital twin	21
4.1.1 Tijdslijn van de digital twin.....	21
4.1.2 Grondbeginsel digital twin.....	22
4.1.3 Classificatie digital twin	23
4.1.3 Deelconclusie	26
4.2 Deelvraag 2: Digital twin in het beheer- en onderhoudsproces van woningcorporaties	27
4.2.1 Digital twin bouwstenen.....	27
4.2.2 Meerwaarde digital twin	31
4.2.3 Implementatie van een digital twin.....	34
4.2.4 Huidige stand van zaken digital twin in het beheerproces.....	38
4.2.5 Deelconclusie.....	40
4.3 Deelvraag 3: Onderhoudsproces woningbeheerders	42
4.3.1 Huidige onderhoudsproces woningbeheerders	42
4.3.2 Tekortkomingen in het huidige onderhoudsproces	47

4.3.3 Deelconclusie	50
4.4 Deelvraag 4: Gevonden use cases in de praktijk	51
4.4.1 Uitwerking use cases	51
4.4.2 Deelconclusie	68
4.5.1 Analyse use cases	70
4.5.2 SWOT analyse datagestuurd onderhoud	76
4.5.2.1 Strengths	77
4.5.2.2 Weaknesses	80
4.5.2.3 Oportunities	81
4.5.2.4 Threats	83
4.5.3 Deelconclusie	85
Hoofdstuk 5 Conclusie	87
Hoofdstuk 6 Aanbevelingen	89
6.1 Aanbevelingen praktijk	89
6.1 Aanbevelingen vervolgonderzoek	90
Literatuurlijst	91
Bijlage	96

Begrippenlijst

As-built omgeving	De definitieve versie van het ontwerp aan de hand waarvan de productie plaats zal gaan vinden. (betekenis-definitie, 2021)
BIM	BIM (Building Information Modeling) is een virtuele weergave van bijvoorbeeld een gebouw waarbij geometrie en informatie aan elkaar zijn gekoppeld. In deze weergave zijn aspecten als gevels, kozijnen en installatietechniek zichtbaar. (Bimloket, 2021)
Consortium	Een consortium is een tijdelijk samenwerkingsverband tussen verschillende partijen. Meestal is het een vereniging, maar het kan ook een contractuele samenwerking zijn. Het consortium wordt gevormd om iets te bereiken. (c3am, 2017)
CoP (Community of Practice)	Een CoP is een consortium van partijen uit verschillende sectoren die samen met elkaar onderzoek verrichten. Het doel daarbij is elkaars data combineren om het onderzoek zo compleet mogelijk te vervullen (eigen definitie, 2022).
Digital Twin	Een Digital Twin is in de basis een digitale vorm van een fysiek object of systeem. Het idee is verder gegroeid en omvat nu ook grotere simulaties, zoals gebouwen, fabrieken en zelfs steden. (BIMadvies, 2020)
MJOB (meerjaren onderhoudsbegroting)	Een rapportage van een vastgoedobject waarin het te verwachten onderhoud wordt begroot (eigen definitie, 2022)
MJOP (meerjaren onderhoudsplan)	Een rapportage van een vastgoedobject waarin het te verwachten onderhoud wordt gedocumenteerd a.d.h.v. tekst en foto's (eigen definitie, 2022).
Product Lifecycle Management	Het proces van het managen van de gehele levenscyclus van een product of gebouw. Dit proces bestaat uit een viertal fasen die doorlopen moeten worden. (Symbol, 2021)
DBFMO-fase	Een DBFMO-contract combineert de onderdelen Design, Build, Finance, Maintain en Operate in een integrale opdracht. Deze contractvorm wordt toegepast bij bouwprojecten. (Rvo, 2021)
Mutatiegraad	De mutatiegraad is het percentage van de woningen dat van bewoner(s) is veranderd (eigen definitie, 2022)
Computer-aided design (CAD) models	Het maken van tekeningen en ontwerpen met de computer, deze software wordt onder andere gebruikt in de bouwsector en andere technische sectoren. (Autodesk, 2021)
NL-SfB codering	NL-SfB is een classificatie van bouwdelen en installaties. Deze classificatie wordt onder andere gebruikt om lagen en objecten te coderen in BIM en CAD. (Zwakhals, 2020)
VHE	Verhuurbare eenheid, deze eenheid wordt zelfstandig verhuurd (eigen definitie, 2022).

Hoofdstuk 1 Inleiding

In dit hoofdstuk is de inleiding ten behoeve van het onderzoek te vinden. In de inleiding wordt duidelijk waarom dit onderzoek als relevant kan worden gezien. Allereerst wordt de aanleiding van het onderzoek aangekaart, wat heeft er toe geleid dat dit onderzoek is opgesteld? Hierop volgend zijn de probleem- en doelstelling opgesteld waarin duidelijk wordt wat het probleem is en wat het doel van het onderzoek is. Tot slot is de organisatieomschrijving en leeswijzer te vinden.

1.1 Aanleiding: digitalisering in het woningbeheer

De digitalisering van de gebouwde omgeving kent in de 21^e eeuw haar doorbraak. Door de jaren heen heeft de mens steeds meer gebruik kunnen maken van technische fuifjes om de gebouwde omgeving in kaart te brengen. De afgelopen jaren heeft vooral BIM (Building Information Modeling) haar intrede gemaakt in de gebouwde omgeving. Met een BIM-model kan de gebruiker/eigenaar zijn of haar gebouw virtueel bekijken.

Volgens (Hartemink, 2021) kan binnen de bouwwereld een digital twin worden gezien als de natuurlijke opvolger van een BIM (Building Information Modeling), de digitale weergave van de 'as-builtongeving'. Een digital twin komt grotendeels overeen met een 3D-model. Een digital twin heeft echter als toevoeging dat er in het 3D-model onder andere data en informatie zijn toegevoegd die het mogelijk maken om voorspellingen te doen voor bijvoorbeeld het onderhoud. In feite is een digital twin zowel een virtueel- als een werkelijke omgeving van een gebouw. Dit maakt het onder andere mogelijk om scenario's te laten zien.

Voor partijen met grote vastgoedportefeuilles kan een digital twin uitkomst bieden in het onderhoudsproces. Een grote vastgoedportefeuille is vaak lastig te beheren. Door het toepassen van een digital twin kan het onderhoud zonder tussenkomst van menselijke hand worden uitgezet aan bijvoorbeeld een aannemer. Zo kunnen in de digital twins gegevens verzameld worden over de levenscyclus van een gebouw die extreem nuttig zijn voor de gebouwdeigenaren. Het gebruik van een digital twin kan van net zo groot belang zijn voor onder andere de architecten, bouwbedrijven en gebruikers van het pand. Zo kunnen architecten het ontwerp verbeteren omdat zij precies kunnen zien hoe het gebouw werkelijk gebruikt wordt tegenover hun interpretatie over hoe zij denken dat het gebouw gebruikt zal worden. (Hartemink, 2021)

Daarnaast dienen de woningcorporaties ervoor te zorgen dat de kosten per woning dalen en dat de verduurzaming van de sociale huurwoningen omhooggaat. Deze stap is van groot belang om de beoogde kostenreductie van 20 tot 40 procent te behalen en het versnellen van de 200.000 verduurzaamde woningen per jaar uit het klimaatakkoord. Om dit doel te behalen dienen de verschillende partijen een consortium te bereiken en dient er kennis vanuit programma's en pilots van de koplopers te worden overgedragen naar het peloton.

Hoewel de opkomst van de digital twin wordt gezien als een kans om het beheerproces van assets te verbeteren en kan helpen bij het behalen van de klimaatdoelen is de ontwikkeling hiervan nog in een zeer pril stadium. Volgens (Community of Practice, 2021) hebben gebouwbeheerders vrijwel geen tot weinig kennis over een digital twin en weten niet hoe hiermee gewerkt kan worden. Er zijn slechts enkele marktvoorbeelden waarin een digital twin is toegepast, voor gebouwbeheerders is deze informatie vaak zeer lastig te verkrijgen wat de verdere ontwikkeling van het beheren met een digital twin in de weg loopt. Om dit probleem te tackelen dient er informatie uit bestaande projecten en pilots gewonnen te worden om deze vervolgens te delen met de gehele markt. Deze informatie is over het algemeen lastig te vinden. Door middel van dit onderzoek kan de lastig te vinden informatie over het werken met een digital twin toch gepubliceerd worden.

1.2 Probleem- en doelstelling

Probleemstelling

Hoewel veel woningbeheerders weten dat het werken met een digital twin en datagestuurd onderhoud grote voordelen kan hebben op het beheerproces van de assets weten zij niet hoe hiermee te werken door een gebrek aan kennis en ervaring.

Probleemstelling volgens de SSBK-methode:

Situatie nu =

Het beheerproces van de assets van woningbeheerders kost veel tijd en geld doordat dit proces niet gedigitaliseerd is omdat de woningbeheerders over te weinig kennis en informatie beschikken.

Situatie gewenst =

Het beheerproces van de assets van woningbeheerders wordt uitgevoerd door middel van een digital twin doordat de woningbeheerders beschikken over de juiste kennis en informatie.

Blokkades =

Er is weinig informatie bekend over het werken met een digital twin en deze informatie is lastig te verkrijgen voor woningbeheerders.

Kernvraag =

Op welke manier kan informatie over het werken met een digital twin gewonnen worden om het beheerproces van woningbeheerders te verbeteren?

Doelstelling

Door middel van de probleemstelling kan de doelstelling worden geformuleerd die behaald moet worden bij het uitwerken van het onderzoek. Het uiteindelijke doel van het onderzoek is informatie over het werken met een digital twin (zogenaamde use cases) van bestaande projecten en pilots te verkrijgen. Deze use cases dienen uitgebreid geanalyseerd te worden om zodoende de voor- en nadelen van bestaande projecten en pilots op een rijtje te hebben. Deze informatie kan vervolgens naar woningbeheerders worden doorgespeeld waardoor zij het werken met een digital twin kunnen opstarten en waardoor het beheerproces wordt verbeterd.

1.3 Leeswijzer

Dit rapport bestaat uit 6 hoofdstukken. Deze leeswijzer kan worden gezien als de afsluiting van hoofdstuk 1 waar het rapport wordt ingeleid. Het tweede hoofdstuk is het theoretisch kader, hierin zal een verkenning worden gedaan naar de theoretische literatuur van het thema. Het theoretisch kader zal verdieping brengen in de onderwerpen BIM, Artificial intelligence en trends op het gebied van digitalisering. Het derde hoofdstuk vormt de methodische opzet van het onderzoek, hierin wordt duidelijk hoe het onderzoek wordt uitgevoerd en hoe de data verzameld gaat worden. ook wordt hier het onderzoeksmodel gevisualiseerd.

In het vierde hoofdstuk worden de onderzoeksresultaten aan het licht gebracht en wordt er antwoord gegeven op de deelvragen. In het vijfde hoofdstuk is de conclusie van het onderzoek uitgewerkt, de conclusie vormt het antwoord op de hoofdvraag en komt voort uit de deelvragen. In het zesde hoofdstuk worden de aanbevelingen van het onderzoek aangekaart. Deze aanbevelingen zijn tijdens het onderzoek aan het daglicht gekomen en kunnen ondersteuning bieden aan de praktijk en voor vervolgonderzoek. Tot slot is de bijlagenkaart te vinden, de volledige bijlagen zijn te vinden in het bijlagenrapport.

Hoofdstuk 2 Theoretisch kader

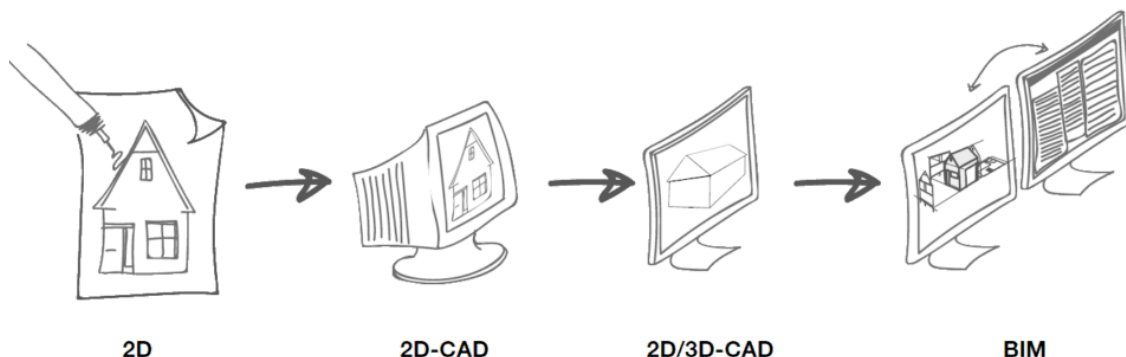
In dit hoofdstuk worden enkele kernbegrippen binnen dit onderzoek verkend en toegelicht. Het theoretisch kader beschrijft relevante modellen en theorieën van waaruit het onderzoek gericht kan worden opgezet. Binnen het theoretisch kader zijn drie kernbegrippen. Allereerst zal BIM besproken, waarna de slag wordt gemaakt naar digital twins in sectoren buiten de gebouwde omgeving. Tot slot wordt artificial intelligence (AI) beschreven.

2.1 BIM (Building Information Modelling)

BIM is een werkmethodek waarin een consortium van partijen of belanghebbende gebruik maakt van technologie om tot betere projectresultaten te komen in de AEC-markt (Architecture, Engineering en Construction). Onder BIM verstaat men doorgaans 'Building Information Modeling' of 'Building Information Model'. Het betreft hier een digitaal model dat een kopie is van een fysiek bouwwerk (of een nog te bouwen bouwwerk) waarbij informatie en geometrie aan elkaar gekoppeld worden. In het digitale model zijn verschillende componenten zoals ramen, vloeren, daken en dergelijk aanwezig met hun daarbij horende technische eigenschap.

Het uitgangspunt van BIM is dat verschillende partijen samenwerken in de verschillende fasen van de levenscyclus van een gebouw waarbij het ophalen, aanleveren en bewerken van informatie in het BIM ter ondersteuning dient voor belanghebbende. BIM heeft enkele vereisten:

- Een gedeelde digitale weergave
- De informatie in het model is uitwisselbaar tussen verschillende computers (software)
- Er wordt gebruikt gemaakt van open standaarden
- De uitwisseling van informatie moet mogelijk zijn in een taal die voor alle belanghebbende te begrijpen is



Figuur 1 – Onderscheid tussen de BIM-methodek en 2D/3D

2.1.1 Tijdlijn van BIM

BIM is een methodek die al ver teruggaat in de tijd. In 1957 was dr. Patrick J. Hanratty die de eerste commerciële computer ondersteunende fabricage (CAM) ontwikkelde onder de naam 'Pronto'. Dit was een numeriek-gecontroleerde machinale technologie die later groeide tot computerondersteunde fabricage (CAM). Niet veel later in 1961 ontwikkelde hij 'Design Augmented by Computers' (DAC), wat het eerste CAM/CAD-systeem werd dat interactieve grafieken gebruikte. In 1963 ontwikkelde Ivan Sutherland van het MIT Lincoln Lab de eerste computerondersteunde ontwerpsoftware met een grafische interface genaamd 'Sketchpad' wat een doorbraak was voor de interactie tussen mens en computer en tevens een grote doorbraak in de ontwikkeling van computergraphics (bron Sutherland invoegen).

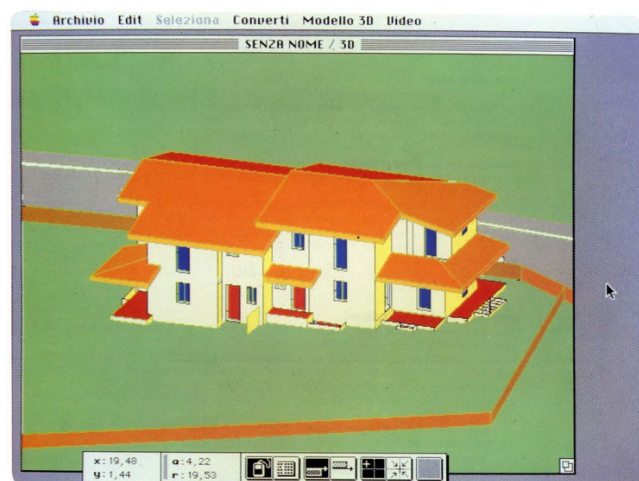
In 1975 publiceerde architect Charles Eastman een paper over een prototype genaamd 'Building Description System' (BDS). De paper van Charles Eastman bleek de omschrijving van de BIM-methodek

te zijn zoals wij hem vandaag de dag kennen. Het ging om het idee van een parametrisch ontwerp en hoogwaardige, berekenbare 3D-weergaven met een geïntegreerde database voor visuele en kwantitatieve analyses. Hij bekritiseerde ook tekeningen vanwege hun neiging om in de loop van de tijd te verslechteren en het gebouw niet weer te geven wanneer renovaties aan de gang zijn en tekeningen niet worden bijgewerkt. Dit werd gevolgd door de term geautomatiseerde modelcontrole om "de regelmatigheid van het ontwerp te controleren". Eigenlijk ging dit werk over BIM zoals we dat nu kennen. Hij ontwierp het programma dat elke gebruiker toegang gaf tot een gesorteerde database. Grafische gebruikersinterfaces met orthografische en perspectiefweergaven werden ook gebruikt in de database. BDS was één van de eerste projecten die met succes een gebouwendatabase creëerde.

Het BDS was één van de van de eerste projecten in de BIM-geschiedenis die succesvol was in het creëren van een zogenoemde 'bouwdatabank'. Het systeem beschreef een bibliotheek met elementen die aan een model gekoppeld konden worden (Bergin, 2012). Charles Eastman concludeerde dat BDS het opstellen en analyseren van projecten zou versimpelen met als gevolg een daling van de ontwerpkosten met ongeveer 50%. Als toevoeging op BDS creëerde Charles Eastman GLIDE (Graphical Language for Interactive Design), een programma dat de meeste kenmerken van BIM heeft zoals wij het vandaag de dag kennen.

Toen de jaren 80 voorbijkwam, werden er verschillende systemen ontwikkeld wereldwijd. Deze groeiden in populariteit binnen de industrie en een aantal werden zelfs toegepast bij bouwprojecten. Het was in 1986 wanneer RUCAPS (Universele Computerondersteunde Productie Systemen) gebruikt werd om te assisteren in de verbouwing van de Heathrow Luchthaven Terminal 3. Dit was het eerste CAD-programma, in de geschiedenis van BIM, dat gebruikt werd in geprefabriceerde constructie (of tijdelijke fase constructie om specifieker te zijn). Dit wordt beschouwd als de voorloper van de hedendaagse BIM-software (bron eastman 2008).

In de jaren 80 werden er wereldwijd sprongen gemaakt in de ontwikkeling van BIM. De methode groeide in populariteit en werd in de bouwsector mondjesmaat al in gebruik genomen. Zo werd in 1986 terminal 3 op luchthaven London Heathrow gebruik gemaakt van het CAD-systeem 'RUCAPS' (Riyadh University Computer Aided Production System) dat als voorloper gold voor de hedendaagse BIM-software. De ontwikkeling van BIM en softwareprogramma's ging voornamelijk in de Verenigde Staten en Engeland in snelle vaart met de ontwikkeling van onder andere AutoCAD; een 2D (en later ook 3D) tekenprogramma dat op dit moment één van de meest gebruikte CAD-software is. Toch was het in 1982 de Hongaarse technicus Gábor Bojár (Graphisoft) die met 'ArchiCAD' de eerste CAD-software ontwikkelde die kon draaien op een pc en waar zowel 2D- als 3D-tekeningen mee gemaakt kon worden (Arnold, 2002).



Figuur 2: - De eerste versie van ArchiCAD (Archdaily, 2012)

In 1985 was het Diehl Graphsoft dat één van de eerste 3D modelleringsprogramma's ontwikkeld genaamd 'Vectorworks'. Het programma was één van de eerste waarin de BIM-methode kon worden toegepast. Tegelijkertijd (1985), werd Parametric Technologie Corporatie (PTC) opgericht, welke in

1988 Pro/ENGINEER op de markt bracht. Dit programma wordt erkend als de eerste parametrische modelleringssoftware in de geschiedenis van BIM. Twee medewerkers van dit bedrijf (Irwin Jungreis en Leonid Raiz) ontwikkelde in 2000 het programma 'Revit' waarmee zij net een stap verder gingen door ook tijdsattributen zoals schaduwen toe te passen.

De moderne bouwkunde, bouwmethodiek en architectuur groeide in de jaren 90 richting een trend waarin samenhang tussen onderdelen steeds belangrijker werd. In 1995 werd daarom de 'Industry Foundation Classes' (IFC) geïntroduceerd. IFC is een neutraal open bestandsformaat voor het uitwisselen van BIM-specifieke tussen verschillende softwareprogramma's. Dit maakte het voor bijvoorbeeld architecten om met meerdere partijen uit verschillende disciplines in één bouwmodel te werken. Verdere updates zorgde er zelfs voor dat dit op afstand via het internet mogelijk werd. Dit revolutioneerde samenwerkingsverbanden en gaf architecten de mogelijkheid om met meerdere mensen tegelijkertijd aan een bouwmodel te werken. Opvolgende updates op Teamwork brachten verdere mogelijkheden om toegang van de bouwmodellen op afstand te verkrijgen over het internet, waardoor projectsamenwerking op een grotere schaal mogelijk werd.

In 2001 kwam NavisWorks op de markt. Dit is een 3D ontwerpbeoordelingssoftware die in BIM-modellen constructiesimulaties kon uitvoeren. Tevens beschikt deze programma ook over een probleemherkenningssoftware die zogenoemde 'clashes' in het ontwerp detecteert. Het was Revit dat in 2004 met een nieuwe innovatie kwam, namelijk Revit 6. Het betrof een update van hun al bestaande software echter werd het door deze update mogelijk voor verschillende partijen om tegelijkertijd in één bestandsformaat te werken. De tot nu toe laatste innovatie van voor de BIM-methodiek was in de ontwikkeling van Formit (Autodesk); een applicatie die BIM-modellen op een tablet of mobiel toestel kan weergeven.

2.1.2 Gebruik van BIM in vastgoedbeheer

Woonstad Rotterdam

BIM staat er voornamelijk bekend om gebruikt te worden door voornamelijk architecten, installateurs en bouwers in de ontwerp- en uitvoeringsfase van een bouwproject. Het gebruik tijdens de exploitatiefase is nog geen standaard onder woningcorporaties. Toch zijn er enkele partijen die al hard op weg zijn om BIM te implementeren in de exploitatiefase. Eén van die partijen is woningcorporatie Woonstad Rotterdam (Versteeg, 2021). In 2018 heeft deze woningcorporatie ervoor gekozen om haar gehele woningportefeuille (ca. 60.000 VHE's) te digitaliseren. De keuze daarvoor is volgens Wouter Kolbeek, consultant op de afdeling Digitale Innovatie en Transformatie, erg simpel. Woningcorporaties beschikken namelijk over een breed scala aan vastgoedinformatie. Dit kan technische informatie zijn, maar ook bijvoorbeeld afmetingen van ruimtes of materialisaties. Al deze informatie is nodig bij het beheren van vastgoed, zoals bij het opstellen van een meerjarenonderhoudsbegroting (MJOB) of bij een renovatie. Door het digitaliseren van de woningportefeuille is alle vastgoedinformatie voor medewerkers beschikbaar vanuit hun bureaustoel.

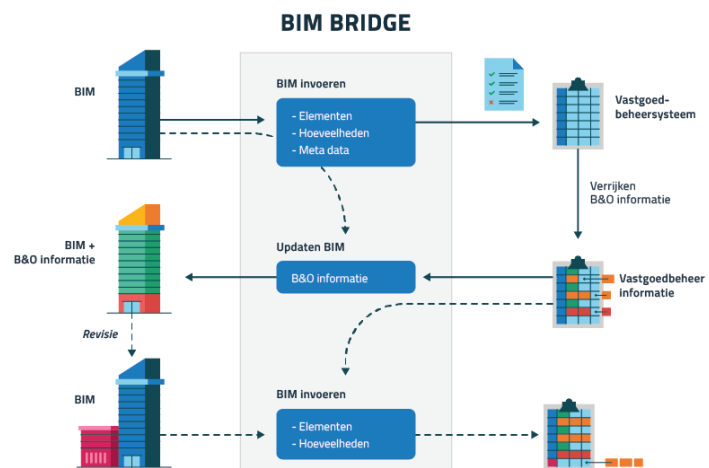
BIM is gebaseerd op een 3D-model wat als voordeel heeft dat het handig, overzichtelijk en toekomstgericht is. Met BIM kan alle vastgoedinformatie aan elkaar gekoppeld worden, waardoor bijvoorbeeld het onderhoud beter ingepland kan worden. Daarnaast is BIM ook erg handig voor het registreren van gebruiksoppervlakten conform NEN 2580 waardoor BIM ook gebruikt kan worden bij de uniforme woningwaardering of bij de bepaling van de WOZ-waarde door gemeentes. Een volgende stap in dit proces is het toevoegen van conditiemetingen van het vastgoed.

BIM-Bridge

Zoals eerder benoemd worden BIM-modellen voornamelijk in de ontwerp- en uitvoeringsfase gebruikt waarna ze in het archief verdwijnen. Softwarebedrijf BIM-Connected ontwikkelde daartoe de tool

‘BIM-Bridge’ waarmee een automatische koppeling wordt gemaakt tussen het BIM-model en vastgoed- en onderhoudssystemen waardoor niet alle gegevens opnieuw in geklopt dienen te worden. Volgens Jakko Heinen, oprichter van BIM-Connected, was er voorheen een groot probleem dat zijn BIM-bridge nu heeft opgelost: “BIM-modellen worden meestal gemaakt op basis van software als Revit, Archicad of Rhino. Er zijn wel tien pakketten. Probleem bij het leggen van koppelingen naar vastgoedbeheersystemen is dat daarvoor ook wel tien pakketten bestaan. Dat is dus $10 \times 10 = 100$ koppelingen. Aangezien de BIM-Bridge gebruik maakt van de open BIM standaard IFC, waarmee iedereen kan werken, kan het vanuit alle modelleerpakketten gebruikt worden. Omdat je tienmaal efficiënter bent, hou je veel tijd over om een specifiek algoritme te ontwikkelen. Daar profiteert de klant ook van” (Cobouw, 2018).

Het eerste grote project waar BIM-bridge werd gebruikt was de vtrekhal 1a van Schiphol. VolkersWessels was naast de bouw ook verantwoordelijk voor het onderhoud van de vtrekhal. Met behulp van BIM-Brigde kunnen inspecties en onderhoud visueel worden ingezien aan de hand van BIM. In het model is een klik op het gebouwonderdeel voldoende om erachter te komen wanneer er voor het laatst inspectie of onderhoud is



Figuur 3 - Principe van een BIM-Bridge (VolkersWessels, 2020)

geweest, of wanneer er onderhoud gepland staat. Ook voor onderaannemers is dit interessant. Met behulp van een gratis viewer hebben zij toegang tot het BIM-model.

2.2 Digital twins

Digital twins (DT's) komen in een breed scala aan sectoren voor. Naar buiten toe zijn het voornamelijk de digital twins uit de ruimtevaart, de productiesector en zelfs de F1 die algemeen bekend zijn. Buiten deze bekendste sectoren, zijn er ook enkel sectoren waarin digital twins (of vormen van een digital twin) worden gebruikt ter verbetering van processen. Twee van die sectoren zijn de luchtvaartsector en de zorgsector.

Luchtvaartsector

Daar waar een digital twin in de productiesector voornamelijk wordt ingezet om de productie te optimaliseren en te versnellen, wordt een digital twin in de luchtvaartsector voornamelijk gebruikt als tool om onderhoud te voorspellen, bijvoorbeeld om gevaarlijke veranderingen te detecteren, te diagnosticeren of als beslissingsondersteuning. Uit onderzoek van (Yang, Zhang, & Liu, 2013) kwam naar voren dat er verschillende vliegtuigen gebruik maken van een digital twin dat beschikte over een automatische beeldvolgmethode waarmee inzicht werd verkregen over de vervorming en scheurgedrag van aluminium en staal in de romp. De data die hiermee wordt verzameld stelt de digital twin in staat om scheuren en vervorming over de gehele levenscyclus van het vliegtuig te voorspellen. Hiermee worden kosten in zowel de ontwikkeling van het vliegtuig als in het onderhoud van het vliegtuig bespaard.

In het onderzoek van (Bielefeldt et al., 2016) kwam een digital twin ter sprake die scheuren veroorzaakt door gebruik (vermoeiingsscheuren) wist te detecteren door gebruik te maken van een rekenmethode (eindige-elementmethode) van een vliegtuigvleugel waarbij gebruik werd gemaakt van vormgeheugen legeringen. De onderzoekers hebben een vliegtuigvleugel gemodelleerd die werd blootgesteld aan

belastingen die overeenkwamen met de krachten waaraan een vliegtuigvleugel tijdens een vlucht wordt blootgesteld. Op deze manier is het voor hen mogelijk geweest om vermoeiingsscheuren te detecteren en te voorspellen.

Het onderzoek van (Zakrajsek et.al, 2017) introduceerde een digital twin van een vliegtuigband. De digital twin is gebouwd op basis van testgegevens met als doel om slijtage te voorspellen bij het landen van vliegtuigen om zo lekke banden (en dus eventueel ongelukken) te voorkomen. Deze ongelukken gaan tevens vaak gepaard met hoge kosten. Lekke banden van een vliegtuig worden voornamelijk veroorzaakt door een niet-ideale landing. De digital twin stuurt de verschillende landingsparameters, bijv. landingssnelheid, zinksnelheid en bandcondities (nieuw of versleten), door rekening te houden met de faalkans voor verschillende scenario's van dergelijke parameters.

Zorgsector

In de zorgsector werden digital twins in eerste instantie voornamelijk gebruikt om het onderhoud van de apparatuur te voorspellen en voor het optimaliseren van de prestaties. In het Johns Hopkins ziekenhuis in Baltimore heeft General Electric Healthcare Partners een 'Capacity Command Center' ontwikkeld die gebruik maakt van verschillende AI-toepassingen (Polyniak et al., 2016). Het controlecentrum maakt gebruik van de nieuwste systeemtechnologie, voorspellende analyses en innovatie probleemoplossing om meer grip te krijgen op onder andere de veiligheid van patiënten, de hoeveelheid patiënten en de verplaatsing van patiënten. Dit heeft geleid tot een verbetering van de bereikbaarheid van de vitale afdelingen in het ziekenhuis met als gevolg een daling van het aantal overleden personen.

Het Mater Private Hospital in Dublin is ook een voorbeeld van een ziekenhuis dat gebruik maakt van een digital twin (Siemens Healthineers, 2018). Het ziekenhuis had al enkele jaren te kampen met verschillende problemen, zoals een groei van patiënten, verouderde infrastructuur, gebrek aan ruimte, toename van wachttijden maar voornamelijk de vooruitgang van in medische technologie met als gevolg de aanschaf van extra apparatuur. Het ziekenhuis stond dus voor een pittige uitdaging. Aan de hand van deze uitdaging heeft Siemens Healthineers vervolgens een digital twin ontwikkeld van de radiologieafdeling die digitale procesoptimalisatie mogelijk maakte door gebruik te maken van workflowsimulaties en het testen van verschillende operationele scenario's en opstellingen. Aan de hand van deze digital twin is de gehele radiologieafdeling opnieuw ontworpen. Het gebruik van de digital twin heeft ertoe geleid dat de wachttijd en de turn around tijd voor een CT en/of MRI-scan fors is verkort.

Patients of Mater Private Hospital benefit from workflow optimization¹

Shorter waiting times:

Reduction of 13 minutes for CT and 25 minutes for MRI

Faster turnaround (arrival to departure):

Reduction of 28 minutes for CT and 34 minutes for MRI

Naast het gebruik van een digital twin op

facilitair gebied, wordt er ook al gebruik gemaakt van digital twins op lichamelijk niveau. Het Franse softwarebedrijf 'Dassault Systèmes' is in 2015 gestart met 'The Living Heart' project (3DS, 2019). Het project omvat een digital twin van een hart die rekening houdt met alle aspecten van de functionaliteit van het orgaan zoals bloedstroom en elektrische impulsen. De digital twin vereist als input een 2D scan die wordt omgevormd naar een 3D-model. Met dit model kunnen artsen hypothetische scenario's

¹ Potential improvements that will be achieved once the new processes are implemented
Figuur 4 - Verkorting van de wachttijd en de turn-around tijd van de CT/MRI (Siemens, 2018)

uitvoeren zoals het plaatsen van een pacemaker om de uitkomst van deze ingreep te voorspellen en hierop te anticiperen.

Ook Siemens Healthineers heeft een digital twin van een hart ontwikkeld (Tubbesin, 2018). Voor deze digital twin heeft Siemens gebruik gemaakt van gegevens uit een database waarin ruim 250 miljoen afbeeldingen, rapporten en operationele gegevens van het hart zijn opgeslagen. De op AI gebaseerd digital twin is getraind om gegevens over de structuur, en de elektrische- en fysieke eigenschappen van het hart samen te voegen tot een 3D-beeld. Voor het testen van de technologie hebben cardiologen 100 digital twin gemaakt van patiënten die in het ziekenhuis werden behandeld vanwege hartfalen. De cardiologen hebben vervolgens de werkelijke uitkomsten van de patiënten vergeleken met de voorspellingen die tot stand kwamen na de analyse van de digital twin. De uitkomsten van dit onderzoek zijn echter nog niet naar buiten gebracht.

2.3 Artificial intelligence (AI)

Artificial intelligence (AI) of kunstmatige intelligentie is de technologie die het mogelijk maakt voor machines om te leren van ervaringen, om zich aan te passen aan nieuwe input en het verrichten van taken die doorgaans worden uitgevoerd door mensen. De meeste voorkomende voorbeelden hiervan zijn apps die een potje kunnen schaken of de zelfrijdende auto's van Tesla die zonder menselijke input personen naar hun bestemming kan brengen. Deze systemen zijn sterk afhankelijk van 'deep learning' en 'natural language processing'. Met behulp van deze technologieën is mogelijk om computers te trainen zodat deze specifieke taken kunnen uitvoeren en/of grote hoeveelheden data kunnen verwerken waardoor verschillende patronen herkend kunnen worden. De definitie van artificial intelligence kan voor veel discussie zorgen. Zo zijn er volgens (Smith, 2003) een viertal definities:

- "Een studiegebied op het gebied van informatica. Artificial intelligence houdt zich bezig met de ontwikkeling van computer die in staat zijn om menselijke denkprocessen aan te gaan, zoals leren, redeneren en zelfcorrectie"
- "Het concept waarbij machines kunnen worden verbeterd om bepaalde capaciteiten aan te nemen die normaal worden beschouwd als menselijke intelligentie, zoals leren, aanpassen, zelfcorrectie en dergelijk"
- "De uitbreiding van de menselijke intelligentie door het gebruik van computer, zoals in vroege tijden fysieke kracht werd uitgebreid door het gebruik van mechanische hulpmiddelen"
- "In beperkte zin, de studie van technieken om computers effectiever te gebruiken door verbeterde programmeertechnieken"

Vanwege de ontwikkelingen die door blijven gaan, verandert ook de definitie van artificial intelligence. De definitie ligt hedendaags meer in de richting van "het intelligent imiteren van menselijk gedrag". Volgens (Kok et al., 2009) is het niet zinvol om te kijken naar de definitie van artificial intelligence, maar dient men zich te beperken tot de definitie van de systemen van artificial intelligence. Ondanks dat er vele definities in omloop zijn, kunnen de meeste definities worden opgedeeld in de volgende vier categorieën van systemen:

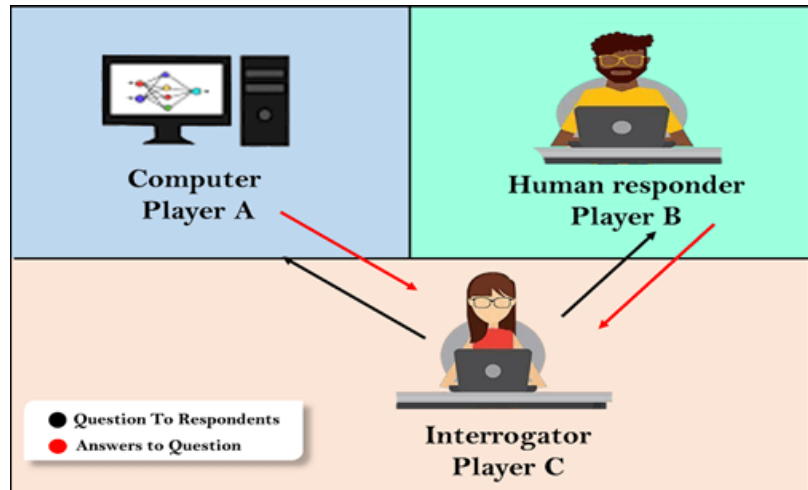
- Systemen die **denken** als mensen
- Systemen zich **gedragen** als mensen
- Systemen die **rationeel denken**
- Systemen die **rationeel handelen**

De 'Turing test'

Om te bepalen of een systeem over artificial intelligence beschikt, kan men de 'Turing test' toepassen (Turing, 1950). Dit experiment is bedacht door Alan Turing met als doel om te bepalen of een machine menselijk intelligentie kan vertonen. Het experiment werkt als volgt: Voor het eerste onderdeel van

het experiment zijn drie mensen benodigd: een man (A), een vrouw (B) en een ondervrager (C) waarvan het geslacht niet relevant is. De ondervrager (C) verblijft in een kamer apart van de man en de vrouw. De ondervrager kent de personen enkel als persoon 'X' en persoon 'Y'. Het doel van het spel is voor de ondervrager om van de andere twee personen te bepalen wie de man is en wie de vrouw is. Hiervoor mag de ondervrager vragen stellen aan beide personen. De ondervrager kan een vraag stellen in de trend van: "kan persoon 'X' mij vertellen hoe lang zijn haar is?".

Stel dat persoon 'X' nu eigenlijk man (A) is, dan dient de man (A) te antwoorden. Het is de taak van de man (A) om ervoor te zorgen de ondervrager (C) de verkeerde conclusie trekt. De man (A) kan dus manipulerende antwoorden geven zoals: "Mijn haar is donker en heet een dikte van 1 millimeter". Om voor de ondervrager (C) niet mogelijk te maken om zijn/haar keuze te maken op basis van stemgeluiden, worden de antwoorden of op een papier



Figuur 5 - Principe van de Turing Test (Javapoint, 2015)

geschreven of door een computer uitgesproken. Het doel van de vrouw (B) is om de ondervrager te helpen bij het maken van de juiste keuze.

In het tweede onderdeel van de het experiment wordt de man (A) vervangen door een computer. Het spel gaat voor de rest exact hetzelfde als het eerste onderdeel. Het maakt in de nieuwe situatie echter niet meer uit of de tweede persoon een man of vrouw is. Met de wisseling probeert men vragen te beantwoorden als: 'Wat gebeurt er als een persoon wordt vervangen door een machine?' of "Zal de ondervrager net zo vaak de verkeerde beslissing nemen als bij het spel met de man (A) als bij het spel met de computer (A)?" Uiteindelijk leidt dit tot een de conclusie of machines net zoals personen kunnen denken.

Hoofdstuk 3 Methodische opzet van het onderzoek

In dit hoofdstuk staat de methodische opzet centraal. Allereest zullen de hoofd- en deelvragen opgesteld worden. Hierna wordt er een globaal onderzoeksmodel opgesteld waarin stapsgewijs het onderzoek wordt gevisualiseerd. Tot slot wordt de opzet van de enquêtes en interviews opgesteld en het doel hierachter.

3.1 Hoofd- en deelvragen

Hoofdvraag

Aan de hand van de probleemstelling is de volgende hoofdvraag tot stand gekomen:

- “Hoe kan een digital twin met behulp van data gestuurd onderhoud waarde toevoegen aan het beheerproces van woningbeheerders?”

Deelvragen

Voor de beantwoording van de hoofdvraag zijn de onderstaande deelvragen geformuleerd:

Deelvraag 1: Een digital twin is voor velen mensen binnen de woningcorporatie nog een onbekend begrip. Om hierin duidelijkheid en uniformiteit te scheppen is om deze reden de eerste deelvraag als volgt opgesteld:

- “Wat is een digital twin en waarvoor kan dit gebruikt worden?”

Deelvraag 2: Nadat onderzocht is wat een digital twin is en waarvoor dit gebruikt kan worden is het van belang om onderzoek te doen naar het feit hoe een digital twin kan worden toegepast door woningbeheerder. Hierom is de tweede deelvraag als volgt opgesteld:

- “Hoe wordt een digital twin toegepast in het beheerproces van woningbeheerders?”

Deelvraag 3: Om te begrijpen waarom woningcorporaties veel baat hebben wij het gebruiken van een digital twin voor data gestuurd onderhoud is het van belang om eerst het huidige onderhoudsproces in kaart te brengen om zodoende de valkuilen te analyseren en om het maken van een vergelijking haalbaar te maken. Hierom is de derde deelvraag als volgt opgesteld:

- “Hoe wordt het huidige onderhoudsproces van woningbeheerders vormgegeven?”

Deelvraag 4: Data gestuurd onderhoud is iets wat in verschillende sectoren al breed wordt toegepast. In het vastgoed is dit een relatief nieuw begrip. Toch zijn er ook in deze sector diverse voorbeelden waarin data gestuurd onderhoud wordt gebruikt. Om tot beantwoording van de hoofdvraag te komen, dienen deze ervaringen/use cases bestudeerd te worden om zo eventuele bottlenecks te kunnen voorkomen. Hierom is de vierde deelvraag als volgt opgesteld:

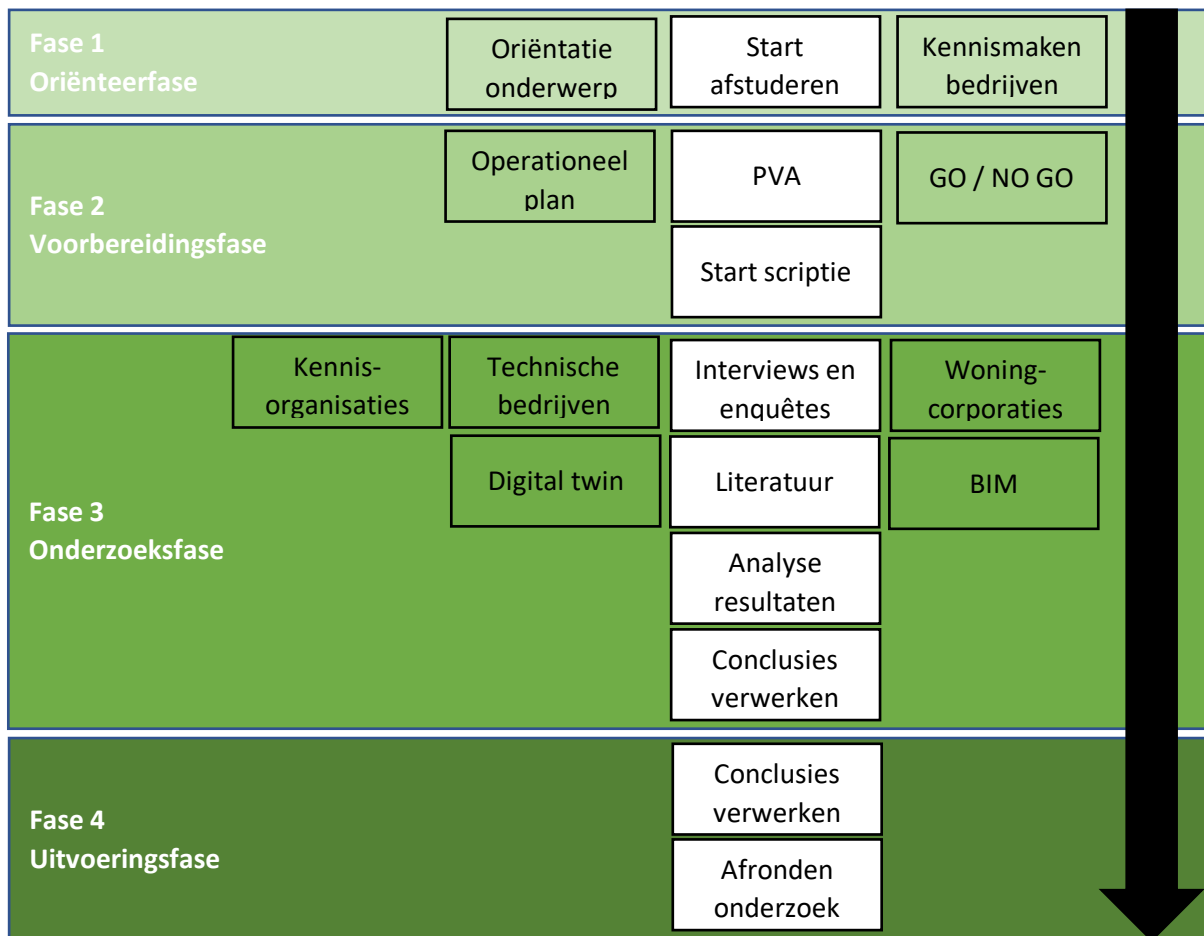
- “Welke praktijkervaringen/use cases zijn er al uitgevoerd op het gebied van data gestuurd onderhoud?”

Deelvraag 5: Om het gebruik van data gestuurd onderhoud te stimuleren voor woningcorporaties is het van belang om de toegevoegde waarde van datagestuurd onderhoud in kaart te brengen zodat woningcorporaties een gewogen keuzen kunnen maken omtrent het wel of niet gebruiken van data gestuurd onderhoud. Hierom is de vijfde deelvraag als volgt opgesteld:

- “Welke toegevoegde waarde leveren de use cases op aan het beheer- en onderhoudsproces van woningbeheerders?”

3.2 Onderzoeksmodel

Het onderstaande onderzoeksmodel geeft een schematische weergave van het onderzoekstraject. Het onderzoekstraject zal bestaan uit vier verschillende fases. Deze fases zijn op chronologische volgorde als volgt op te delen: oriënterende fase, voorbereidingsfase, onderzoeksfase en de afrondingsfase. **De oriënteerfase** van dit onderzoek kenmerkt zich door de kennismaking met het onderwerp. **De voorbereidingsfase** van dit onderzoek kenmerkt zich door het opstellen van het Plan van Aanpak waaruit het onderzoek verder vloeit. **De onderzoeksfase** van het onderzoek kenmerkt zich door het feit dat verkennend onderzoek wordt gedaan waaruit resultaten en literatuur voortkomen. **De uitvoeringsfase** van het onderzoek kenmerkt zich door beantwoording van de onderzoeksvragen en het concluderen van de resultaten.



Figuur 6: Schematische weergave van het onderzoeksproces (Eigen werk)

3.3 Ontwerp en uitvoering enquête

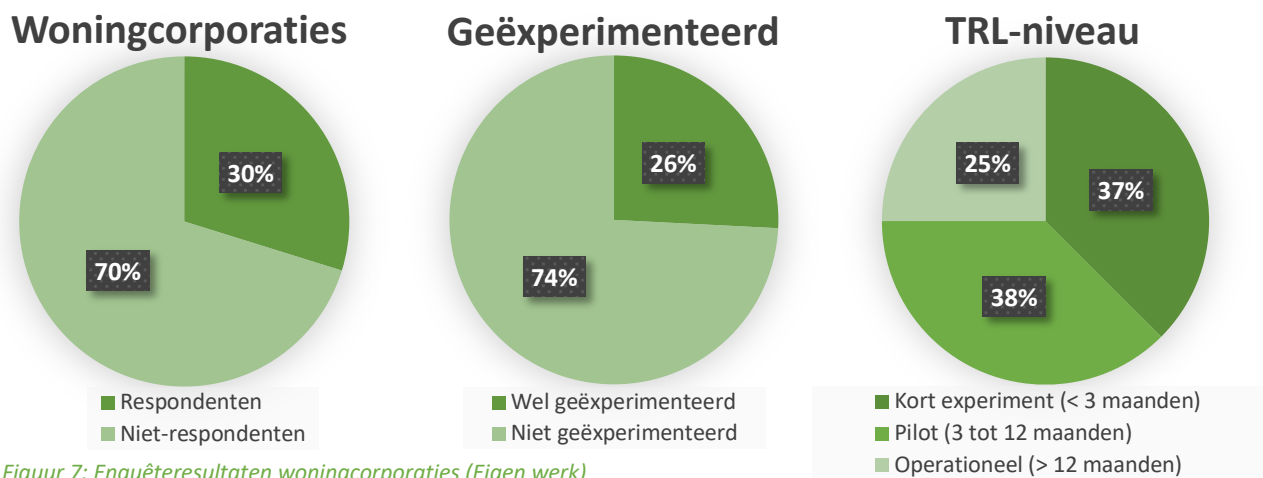
Om te achterhalen welke praktijkervaringen/use cases er zijn uitgevoerd door de marktpartijen, is allereerst een verkennende enquête opgesteld. Deze enquête kan worden gezien als de eerste marktverkenning om zodoende te inventariseren welke partijen (nadrukkelijk) bezig zijn met datagestuurde onderhoud. In de enquête is onderscheid gemaakt tussen twee soorten partijen, namelijk woningcorporaties en niet-woningcorporaties. De keuze is gevallen op woningcorporaties, omdat deze groep eigenaar is van ruim 2,3 miljoen woningen in Nederland (CBS, 2021). Dat is een kleine 29% van het totale aantal woningen in Nederland (CBS, 2021). In bijlage (D) is een overzicht van de vragenlijst voor de woningcorporaties bijgevoegd. Naast de woningcorporaties zijn er ook niet-woningcorporaties benaderd. Onder niet-woningcorporaties vallen voornamelijk kennisinstellingen, software-/IT-bedrijven en onderhoudsbedrijven die zich nadrukkelijk hebben beziggehouden met

datagestuurd onderhoud. In bijlage (D) is een overzicht van de vragenlijst voor de niet-woningcorporaties bijgevoegd.

Voor het selecteren van woningcorporaties, hebben wij gebruik gemaakt van een overzichtslijst die al in bezit was van BouwLab R&Do. Een snelle blik op deze lijst leerde ons dat deze incompleet was. Naar aanleiding daarvan hebben wij deze ruimschoots aangevuld met nieuwe woningcorporaties. Voor de niet-woningcorporaties hebben wij de partijen gebruikt uit het visiedocument van de CoP (te vinden in bijlage x). Deze is aangevuld met partijen die wij via vakbladen hebben kunnen vinden. Ter validatie hebben wij beide lijsten doorgezeten naar de CoP-leden. Deze hebben de lijst - daar waar nodig - aangevuld met nieuwe (niet)woningcorporaties en gegevens van aanspreekpunten. De enquête is online uitgezet via www.surveymonkey.com, een site waarbij gemakkelijk en overzichtelijk een enquête gemaakt kan worden. De website genereert voor de enquête een URL die vervolgens via de mail is verspreid. Naast uitnodigingen via de mail, is de URL ook gedeeld op een platform van Aedes.

Woningcorporaties

De enquête is naar in totaal 208 - van de 269 bij Aedes aangesloten - woningcorporaties gestuurd. In bijlage (C) is het overzicht van deze woningcorporaties te vinden. Hieruit hebben wij 65 antwoorden kunnen verzamelen van in totaal 62 woningcorporaties. In bijlage (C) is het overzicht van deze respondenten te vinden. Van de 62 woningcorporaties hebben 16 woningcorporaties al eens geëxperimenteerd met datagestuurd onderhoud. In bijlage (C) is het overzicht van deze woningcorporaties te vinden. Het experimenteren met datagestuurd onderhoud kan onderverdeeld worden in verschillende categorieën. Er is voor de volgende categorieën gekozen: Kort experiment (< 3 maanden), pilot (3 tot 12 maanden) en operationeel (> 12 maanden).

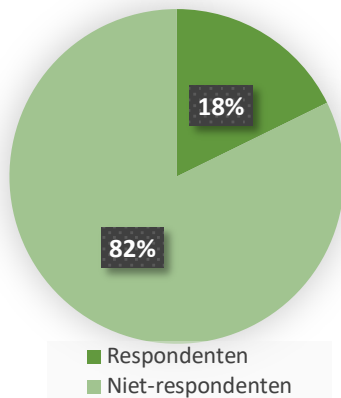


Figuur 7: Enquêteresultaten woningcorporaties (Eigen werk)

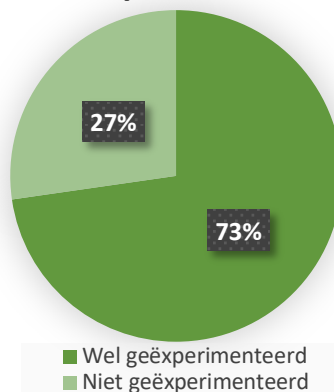
Niet-woningcorporaties

De enquête is naar in totaal 62 niet-woningcorporaties gestuurd. In bijlage (C) is het overzicht van deze woningcorporaties te vinden. Hieruit hebben wij 11 antwoorden kunnen verzamelen. In bijlage (C) is het overzicht van deze respondenten te vinden. Van de 11 niet-woningcorporaties hebben 8 niet-woningcorporaties al eens geëxperimenteerd met datagestuurd onderhoud. In bijlage (C) is het overzicht van deze woningcorporaties te vinden.

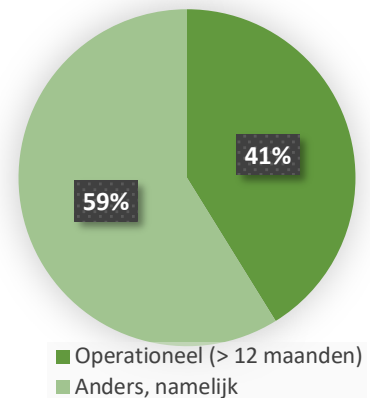
Niet-woningcorporaties



Geëxperimenteerd



TRL-niveau



Figuur 8: Enquêteresultaten niet-woningcorporaties

3.4 Diepte-interviews

De enquête heeft een duidelijk beeld geschetst van de voortgang omtrent datagestuurd onderhoud onder de respondenten. Als vervolg op deze enquête zijn er met verschillende partijen diepte-interviews uitgevoerd om hun ervaringen in kaart te brengen. De partijen die zijn geïnterviewd zijn de partijen die in de enquête hebben aangegeven dat er binnen hun organisatie enige sprake is geweest van een onderzoek naar datagestuurd onderhoud of een praktijkervaring. Voor deze interviews hebben wij een concept vragenlijst opgesteld die wij tijdens de interviews hebben aangevuld door tijdens het interview door te vragen. De vragenlijst is terug te vinden in bijlage (X). In figuur (X) is een onderbouwing weergegeven van de vraagstelling.

Het format van het interview bestaat uit een semi- gestructureerd interview. De vooraf opgestelde vragen geven een duidelijk richting aan (gestructureerd) waarin het interview zich dient te bewegen. Hiermee wordt de belangrijke data die verzamelt dient te worden niet over het hoofd gezien. Daarnaast is er echter ruimte voor een gesprek of discussie om extra informatie te vergaren (ongestructureerd). In totaal zijn er 27 interviews uitgevoerd. Dit betreffen 9 interviews met woningcorporaties en 18 met niet-woningcorporaties. In bijlage (X) is een overzicht van de geïnterviewde partijen bijgevoegd. De uitkomsten van de interviews schetsen een relevant beeld over de gehele markt, dit komt doordat de geïnterviewde partijen zijn verdeeld over de gehele sector. Zo zijn er onder andere woningcorporaties, dakdekkers, onderhoudspartijen, softwarebedrijven en kennisorganisaties geïnterviewd.

Hoofdstuk 4 Onderzoekresultaten

In dit hoofdstuk worden de onderzoeksvragen uitgewerkt. In deze uitwerking staan de resultaten van het onderzoek. De resultaten van de onderzoeksvragen zullen worden geanalyseerd en uitgewerkt. De antwoorden op de deelvragen zullen terugkomen in de deelconclusies aan het einde van de deelvragen. Deze deelconclusies helpen in de beantwoording van de hoofdvraag.

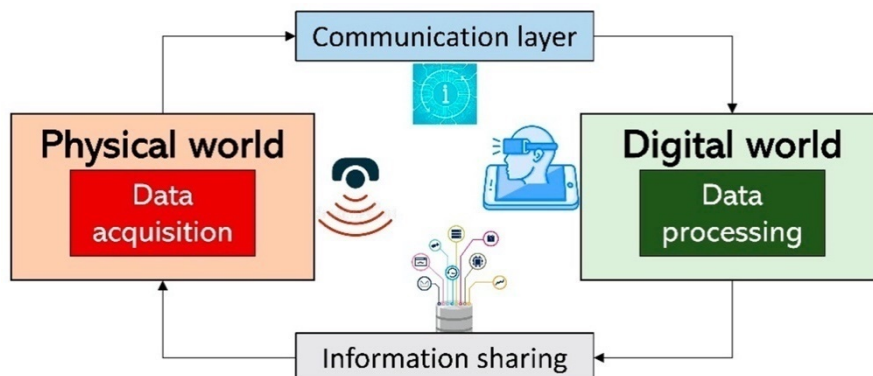
4.1 Deelvraag 1: Ontstaan digital twin

In deze paragraaf wordt het algemene begrip rondom de digital twin geanalyseerd. Allereerst zal onderzoek worden gedaan naar het grondbeginsel van de digital twin waarin het begrip zelf aan bod komt en de tijdlijn van het concept. Daarop volgt de classificatie van het begrip en de overeenkomsten van de definitie met andere sectoren. Tot slot is de deelconclusie opgesteld waarin antwoord wordt gegeven op de deelvraag uit deze paragraaf.

4.1.1 Tijdlijn van de digital twin

Een digital twin concept is gebaseerd op de integratie van al bestaande tools zoals sensoren en de 3D-modellen met als doel om de prestaties van bijvoorbeeld een gebouw te verhogen. Het concept bestaat uit drie onderdelen:

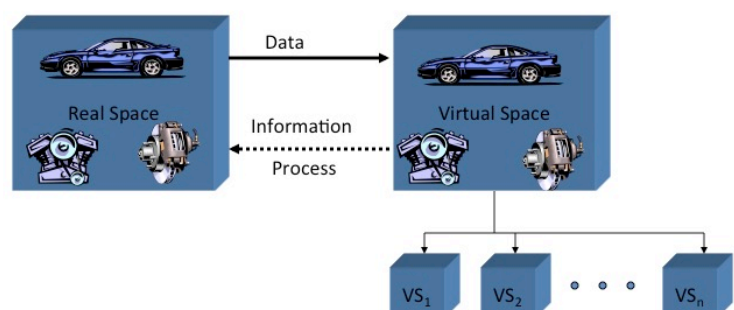
- Een fysiek product in de echte ruimte
- Een virtueel product in een virtuele wereld
- Data en informatie die het fysieke- en virtuele product met elkaar verbinden



Figuur 9 - Het concept van een digital twin bron (NASA, 2014)

Het concept kwam voor het eerste naar voren in de jaren 70 in de ruimtevaart tijdens de Apollo 13 missie van NASA. Technici dienden vanaf de aarde snel in te kunnen spelen op hun voertuig in de ruimte terwijl deze werd blootgesteld aan telkens veranderende omstandigheden. Deze extreme omstandigheden zorgde er tevens voor dat het fysieke model in de ruimte significante wijzigingen had ondergaan, waardoor de technici op aarde beslissingen niet meer konden baseren op het oorspronkelijke virtuele model simpelweg omdat dit niet meer een exacte kopie was. Het virtuele model had daarom een update nodig zodat deze een exacte weerspiegeling was van het fysieke model.

Conceptual Ideal for PLM



Figuur 10: Principe van een digital twin (Michael Grieves, 2015)

Het was echter Michael Grieves die met de eerste complete eigenschappen van een digital twin kwam tijdens een seminar over 'Product Lifecycle Management' aan de universiteit van Michigan (Grieves, 2005). Het uitgangspunt van de Digital Twin was dat elk systeem uit twee systemen bestond: het fysieke product dat bestaat en een nieuw virtueel product dat alle informatie over het fysieke product bevatte. Dit betekende dat er sprake was van een spiegeling oftewel 'twinning' van systemen tussen wat in de fysieke ruimte bestond en wat in de virtuele ruimte bestond (en vice versa).

In 2010 was NASA de eerste organisatie die met een volledige definitie kwam van een digital Twin voor de ruimtevaartsector. Zij omschreven een Digital Twin als een "geïntegreerd multi-fysisch, multi schaal probabilistische simulatie van een voertuig of systeem dat gebruik maakt van de best beschikbare fysieke modellen, sensoren, vlootverleden en dergelijke om het leven van zijn fysieke tegenhanger te spiegelen" (Shafto, et al., 2012). Deze definitie week op verschillende punten af van de eerste definitie van Michael Grieves. Het grootste verschil is dat de definitie van NASA expliciet verwijst naar een simulatiemodel, dat dient ter ondersteuning van het ontwerp en het valideren en testen van systemen. Na 2010 veranderde de definitie die NASA aan een Digital Twin had gegeven regelmatig. Daarnaast ontstonden er ook nieuwe definities waarbij de focus meer lag op de industriële sector.

4.1.2 Grondbeginsel digital twin

Het begrip 'digital twin' is een begrip dat nog relatief jong is in de wereld van de technologie. Daarnaast heeft dit begrip ook niet altijd onder dezelfde naam geopereerd. Dr. Michael was de eerste die een digital twin omschreef. Hij deed dit tijdens een presentatie voor de industrie aan de University of Michigan. Hij deed dit echter niet onder de huidige naam zoals we hem nu kennen. Hij noemde het 'Conceptual Ideal for Product Lifecycle Management (PLM)'. Ondanks de andere benaming omvatte dit model alle aspecten van een digital twin, namelijk:

- Een fysiek product in de echte ruimte
- Een virtueel product in een virtuele wereld
- Data en informatie die het fysieke- en virtuele product met elkaar verbinden

"Een digital twin is een verzameling van virtuele informatie die de potentiële- of huidige fysieke toestand van een product weergeeft. In deze verzameling dienen drie componenten terug te komen: een fysiek product, een virtueel product in een virtuele omgeving en de connectie met data en informatie die het fysieke- en virtuele product met elkaar verbinden."

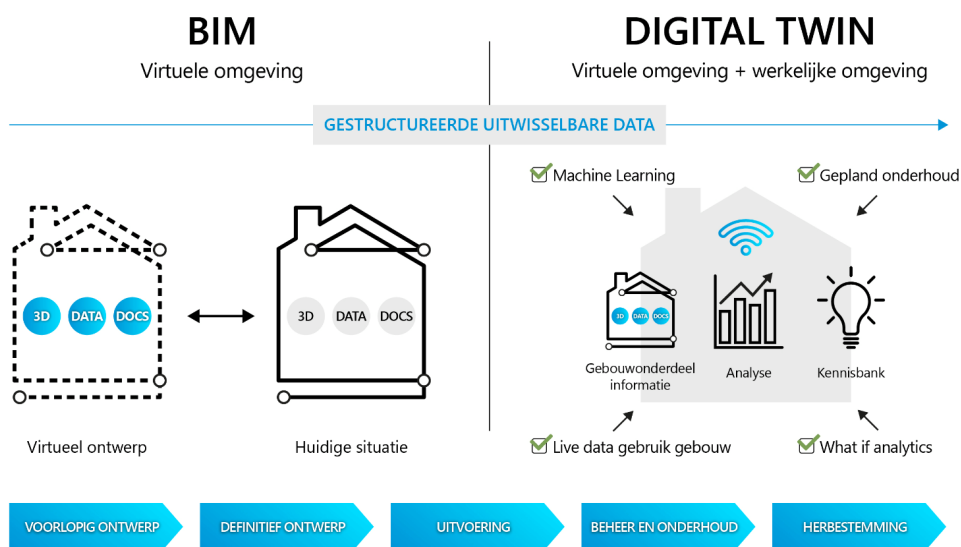
De PLM of Product Lifecycle Management betekende dat dit geen statische weergave was, maar dat de twee systemen gedurende de gehele levenscyclus van het systeem zouden worden gekoppeld. De virtuele en echte systemen zouden met elkaar worden verbonden terwijl het systeem de vier fasen van creatie, productie (productie), exploitatie (onderhoud/ondersteuning) en verwijdering doormaakte. Dit conceptuele model werd begin 2002 gebruikt in de eerste PLM-cursussen aan de Universiteit van Michigan, waar het bekend stond als het 'Mirrored Spaces-model'. Er werd op die manier naar verwezen in een tijdschriftartikel uit 2005 (Grieves, Product lifecycle management: the new paradigm for enterprises, 2005). In het PLM-boek, Product Lifecycle Management: Driving the Next Generation of Lean Thinking, werd het conceptuele model het 'Information Mirroring Model' genoemd (Grieves, 2006).

Het concept werd sterk uitgebreid in Virtually Perfect: Driving Innovative and Lean Products through Product Lifecycle Management (Grieves, 2011) waar het concept nog het 'Information Mirroring Model' werd genoemd. Het is hier dat de term digital twin aan dit concept werd gekoppeld door te verwijzen naar de manier waarop de co-auteur dit model beschrijft. Gezien het beschrijvende karakter

van de term digital twin, is deze term vanaf dat moment gebruikt voor het conceptuele model. De Digital Twin is in de afgelopen decennia aangenomen als conceptuele basis in de ruimtevaart. NASA heeft het gebruikt in hun technologische roadmaps (Piascik, et al., 2010) en voorstellen voor duurzame ruimteverkenning (Caruso et al., 2010). Het concept is voorgesteld voor de volgende generatie gevechtsvliegtuigen en NASA-voertuigen (Tuegel et al., 2011), samen met een beschrijving van de uitdagingen (Tuegel et al, 2011) en implementatie van as-gebouwd (Cerrone et al, 2014).

BIM

Een digital twin wordt veelal in één adem met BIM (Building Information Modeling) genoemd. Ten onrechte worden deze twee begrippen als gelijke gezien. Een digital twin kan gezien worden als een opvolging van BIM. BIM kan daarom goed dienen als startpunt voor een digital twin, maar het is zeker geen digital twin. Daar waar BIM enkel een visueel 3D-model van een (toekomstig) fysiek product betreft, beschikt een digital twin tevens over (real life) data en informatie die het product versterken. Deze data en informatie kunnen door zowel computers als mensen worden toegevoegd.



Figuur 11: Verschil van tussen BIM en een digital twin (Lecomhse, 2021)

4.1.3 Classificatie digital twin

Zoals eerder is beschreven zijn er veel verschillende begrippen gebruikt om een digital twin te omschrijven door onderzoekers uit verschillende industrieën. Daarom is het theoretisch fundament van een digital twin verdeeld over verschillende disciplines. Zoals eerder beschreven werd het concept van een digital twin als eerste in het leven gebracht in de ruimtevaartindustrie. Hierna werd het concept overgenomen in de productie-industrie. Over de jaren heen is het concept van een digital twin verder uitgebreid naar andere toepassingsmogelijkheden in de productie, daarnaast wordt een digital twin de laatste tijd prominent gebruikt om aan Product Lifecycle Management te voldoen (Kritzinger et al., 2018). Volgens (Lim et al., 2020) draagt een digital twin bij aan beslissingsondersteuning en optimalisatie gedurende de levenscyclus van het vastgoed.

Gezien het feit dat er veel verschillende definities worden meegegeven aan het begrip van een digital twin door onderzoekers en er veel verschillende interpretaties zijn over het begrip is het in de literatuur lastig om een eenduidige definitie vorm te geven. Om duidelijkheid te creëren in de toenemende literatuurwereld hebben (Negri et al., 2017) een onderzoek opgesteld waarin de definities van een digital twin worden geanalyseerd. De definities komen voort uit wetenschappelijke literatuur en zijn te herleiden uit verschillende branches: ruimtevaart, machines, assetmanagement, etc. In dit onderzoek zijn al meer dan 15 definities gevormd om een digital twin te omschrijven, dit aantal zal de komende jaren waarschijnlijk nog verder stijgen door de toenemende interesse in digital

twin onderzoek. Hierom lijkt het niet reëel noch haalbaar om alle definities uitgebreid te analyseren. In plaats daarvan is er gekozen om te kijken naar de meest gebruikte definities en deze te vergelijken op basis van hun overeenkomsten en verschillen. In figuur 12 is een overzicht gemaakt van de meest gebruikte digital twin definities in de literatuur op basis van de hoeveelheid citaten.

Auteur(s)	Definitie	Context
(Lee et al., 2013)	“Een gekoppeld model van de echte machine dat werkt op een cloud platform en de gezondheidstoestand simuleert met geïntegreerde kennis van zowel data gedreven analytische algoritmen en andere beschikbare fysieke kennis.”	Productie
(Shafto et al., 2012)	“Een geïntegreerde multiphysics, multiscale, waarschijnlijke simulatie van een voertuig of systeem dat gebruik maakt van de best beschikbare fysieke modellen, sensorupdates, etc. om het leven van zijn vliegende tweelingbroer te weerspiegelen.”	Lucht- en ruimtevaart
(Gabor et al., 2016)	“De simulatie van het fysieke object zelf om toekomstige toestanden van het systeem te voorspellen.”	Productie
(Bajaj et al., 2016)	“Een uniform systeemmodel dat onder andere de volgende systeemmodellen kan coördineren: architectuur, constructief, mechanisch, elektriciteit, etc. gedurende de gehele levenscyclus van het model. Hierbij worden modellen gebundeld in tools van meerdere leveranciers en configuratie gestuurde opslagplaatsen.”	Asset management levenscyclus
(Canedo, 2016)	“Een digitale weergave van het object uit de echte wereld waarin de focus ligt op het object zelf.”	Productie
(Macchi et al., 2018)	“Het systeem van een digitale tegenhanger gedurende de levenscyclus van het object. De digital twin kan worden gezien als een virtuele entiteit, die vertrouwd op de waargenomen en verzonden gegevens van de IoT-infrastructuur met als doel optimalisaties en besluitvorming mogelijk te maken.”	Asset management levenscyclus
(Schluse & Rossmann, 2016)	“Virtuele vervangers van objecten uit de echte wereld bestaande uit virtuele representaties en communicatiemogelijkheden die slimme objecten vormen die fungeren als intelligente knooppunten binnen ‘the internet of things’.”	Robotica
(Gockel et al., 2012)	Een ultra realistisch computermodel van wieg tot graf van een vliegtuig dat wordt gebruikt om het vermogen van het vliegtuig te bepalen om aan de missie-eisen te voldoen.	Luchtvaart

Figuur 12: Overzicht van de digital twin definities in de bestaande literatuur (Eigen werk)

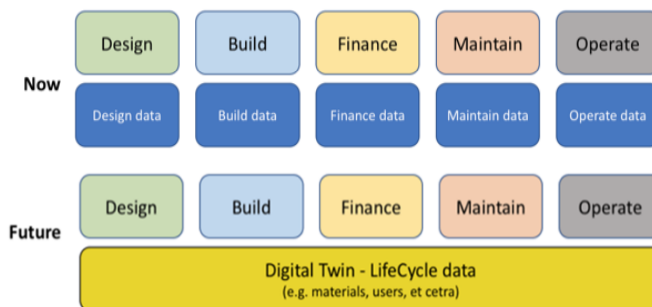
Uit de definities van figuur 12 zijn de volgende overeenkomstige begrippen geïdentificeerd: fysieke tegenhanger, simulatie aspect, levenscyclus aspect en ondersteuning bij besluitvorming. Al deze aspecten van het begrip worden hier onderstaand individueel geanalyseerd.

Fysieke en digitale tegenhanger

Het eerste deelbegrip waar de verschillende definities overlap in hebben is het deelbegrip fysieke en digitale tegenhanger. Uit de definities in tabel X komt naar voren dat een digital twin ten alle tijden een één op één digitaal model is van een fysiek object. Dit object kan variëren van aard, zo kan een digital twin worden toegepast op bijvoorbeeld: vliegtuigen, gebouwen, machines auto’s, etc. Volgens (Canedo, 2016) is een digital een weergave van het object uit de echte wereld waarin de focus ligt op het object zelf. Hierin is het belangrijk om te benoemen dat het digitale model uit de echte wereld leidend is voor het maken van beslissingen.

Levenscyclus aspect

Het tweede deelbegrip waar de verschillende definities overlap in hebben is het deelbegrip levenscyclus aspect. Uit de definities in figuur 12 komt naar voren dat een digital twin niet enkel toegepast wordt om de ontwerpfase te verbeteren. In tegendeel, volgens (Macchi et al., 2018) kunnen digital twins worden beschouwd als een concept met veel potentie voor de gehele levenscyclus van een vastgoedobject. Ook volgens (Proptech, 2021) kan een digital twin worden gezien als een meerwaarde voor de gehele levenscyclus van een vastgoedobject. Daarnaast spreken zij het vertrouwen uit dat digital twins de komende vijf tot tien jaar ingezet gaan worden om onder andere de volgende punten aan het vastgoed te verbeteren: beheer, de flexibiliteit, betrouwbaarheid en efficiency. In figuur 13 is inzichtelijk gemaakt hoe de wijze van dataopslag veranderd bij het toepassen van een digital twin. De informatie wordt niet per DBFMO-fase gewonnen en opgeslagen maar deze informatie gaat over naar een volgende fase. Hiermee wordt lifecycle data gecreëerd wat zorgt voor waardecreatie op de eerder genoemde punten: beheer, de flexibiliteit, betrouwbaarheid en efficiency.



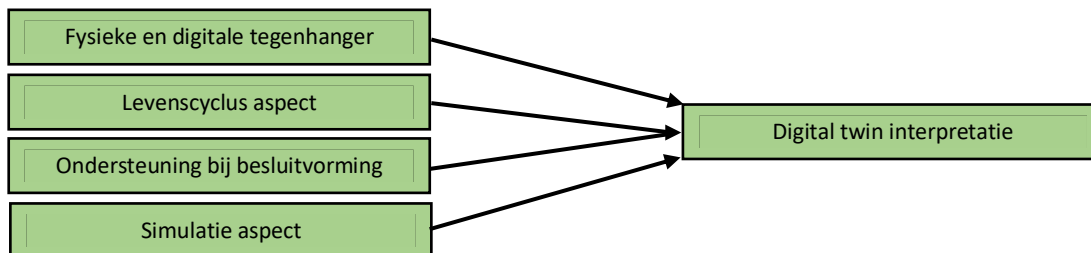
Figuur 13: De huidige en toekomstige manier van dataopslag tijdens de levenscyclus van een vastgoedobject

Ondersteuning bij besluitvorming

Het derde deelbegrip waar de verschillende definities overlap in hebben is ondersteuning bij besluitvorming. Uit de definities in tabel X komt naar voren dat een digital twin kan worden toegepast ter ondersteuning van het besluitproces. In het rapport van (Macchi et al., 2018) zijn enkele use cases op het gebied van digital twins geanalyseerd. Uit de use cases in dit rapport kan geconcludeerd worden dat er een grote diversiteit is aan beslissingen wordt ondersteund door de toepassing van een digital twin. Deze use cases zijn gebaseerd op verschillende fases en niveaus in de levenscyclus van het vastgoedobject.

Simulatie aspect

Het vierde deelbegrip waar de verschillende definities overlap in hebben is simulatie aspect. Uit de definities in figuur 12 komt naar voren dat een digital twin veel meerwaarde kan bieden door de toepassingsmogelijkheid van een simulatieaspect. Volgens (Macchi et al., 2018) heeft de digital twin een nieuwe extra functie gekregen toen het concept werd overgenomen uit de ruimtevaartindustrie. Zo is een digital twin in staat om het complexe gedrag van productiesystemen te simuleren, inclusief externe factoren, zoals technische beperkingen en de menselijke aanwezigheid. In de digital twin kan een simulatie gemaakt worden van het volledige gebouw of het proces, hierdoor is het mogelijk om te voorspellen hoe het gebouw of proces in realtime functioneert.



Figuur 14: Digital twin interpretatie door middel van kernbegrippen (Eigen werk)

Uit de vergelijking van de definities uit de literatuurstudie zijn de vier meest gebruikte begrippen voortgekomen die het begrip 'digital twin' gezamenlijk omvatten. Deze kernbegrippen zijn de input om het begrip digital twin juist te interpreteren vanuit het oogpunt van het woningbeheer. Deze kernbegrippen zijn in figuur 14 inzichtelijk geïllustreerd. Vanuit de kernbegrippen is de volgende definitie gegeven aan een digital twin vanuit het gebouwbeheer:

“Een één op één **digitaal model van een fysiek object** die gebruikt wordt gedurende de hele **levenscyclus** van het object van ontwerp- tot gebruiksfase. In dit digitale model wordt informatie uit het verleden en het huidige moment gebruikt ter **ondersteuning bij besluitvorming** voor de toekomst d.m.v. het **simuleren** van gegevens en informatie.”

4.1.3 Deelconclusie

Het doel van deze paragraaf was het schetsen en analyseren van het algemene begrip rondom de digital twin, dit is gedaan middels een literatuuronderzoek. Uit de analyse van het grondbeginsel is gebleken dat er een duidelijk onderscheid is tussen een digital twin en een BIM-model. Toch hebben deze twee onderdelen vele overeenkomsten. In feite kan een digital twin een BIM-model zijn dat gevoed wordt met real life data.

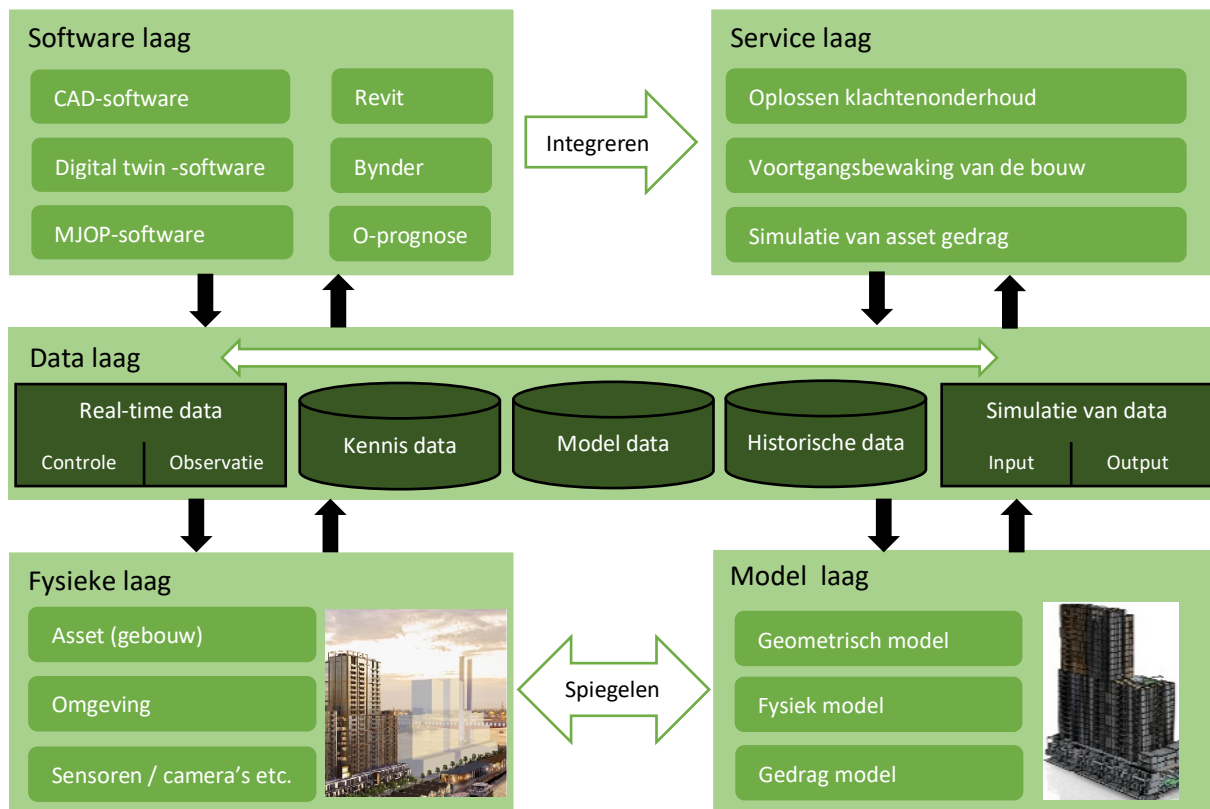
Uit de classificatie van een digital twin is naar voren gekomen dat het begrip kan worden opgedeeld in vier verschillende deelbegrippen bestaande uit: fysieke en digitale tegenhanger, levenscyclus aspect, ondersteuning bij besluitvorming en simulatie aspect. Vanuit de kernbegrippen is de volgende definitie gegeven aan een digital twin vanuit het gebouwbeheer: “Een één op één digitaal model van een fysiek object die gebruikt wordt gedurende de hele levenscyclus van het object van ontwerp- tot gebruiksfase. In dit digitale model wordt informatie uit het verleden en het huidige moment gebruikt ter ondersteuning bij besluitvorming voor de toekomst d.m.v. het simuleren van gegevens en informatie.”

4.2 Deelvraag 2: Digital twin in het beheer- en onderhoudsproces van woningcorporaties

In deze paragraaf zal de digital twin in het beheerproces van woningbeheerders geanalyseerd worden. Allereerst zal onderzoek gedaan worden naar de digital twin bouwstenen in het beheerproces van woningbeheerders. Hierop volgend wordt de meerwaarde van een digital twin in kaart gebracht. Daarna wordt beschreven hoe een digital twin geïmplementeerd dient te worden binnen het bedrijfsproces van woningbeheerders. Vervolgens wordt in kaart gebracht wat de huidige stand van zaken is met betrekking tot de digital twin in het beheerproces van woningbeheerder. Tot slot is de deelconclusie opgesteld waarin antwoord wordt gegeven op de deelvraag uit deze paragraaf.

4.2.1 Digital twin bouwstenen

Zoals eerder beschreven omvat een digital twin de volgende drie aspecten: een fysiek product, een virtueel product en data en informatie die het fysieke en virtuele product met elkaar verbinden. Echter is dit slechts een zeer eenvoudige omschrijving van een digital twin die niet alles omvattend is. In het rapport van (Zhang et al., 2019) komt naar voren dat een digital twin in het beheerproces van woningbeheerders kan worden opgedeeld in vijf verschillende dimensies die als volgt worden geformuleerd: software laag, service laag, data laag, fysieke laag en model laag. Deze dimensies zijn visueel vormgegeven in een raamwerk in figuur 15.



Figuur 15: Digital twin bouwstenen voor de gebouwbeheer industrie. Aangepast op het model van: (Zhang et al., 2019)

Dit raamwerk kan volgens (Zhang et al., 2019) worden toegepast om digital twin systemen te bouwen met een hoge betrouwbaarheid, uitvoerbaarheid, flexibiliteit en intelligentie. Echter is het raamwerk van (Zhang et al., 2019) niet allesomvattend voor de beheerproces van woningbeheerders, om deze reden is het raamwerk in figuur 15 op enkele punten aangepast om zodoende het beheerproces van woningbeheerders te omvatten. Dit figuur weerspiegelt de diensten die een digital twin kan aanbieden aan de verschillende stakeholders. De verschillende lagen in het model vormen gezamenlijk de bouwstenen voor een digital twin en maken het mogelijk om specifieke toepassingen aan te bieden. Om de verschillende bouwstenen verder toe te lichten is onderstaand een duidelijk overzicht gemaakt:

Software laag:

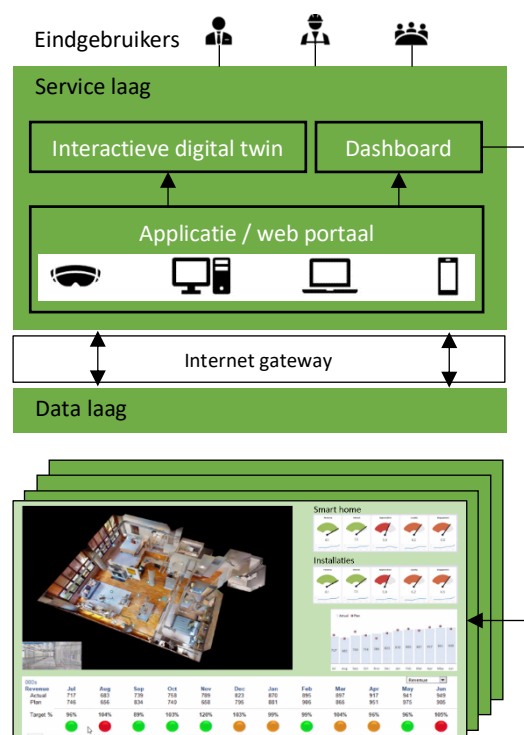
De eerste bouwsteen binnen het raamwerk is de software laag, deze laag omvat de software applicaties die noodzakelijk zijn om een digital twin te ontwerpen en te gebruiken. Volgens (Electronicdesign, 2020) gebeurt het ontwerpen van de assets in computer-aided design (CAD) models. Deze CAD modellen zijn een digitale weergave van een fysiek object. Een digital twin is een CAD model waaraan de meest recente sensorengegevens zijn gekoppeld aan het fysieke object. Volgens (Electronicdesign, 2020) kan software die gebruikt maakt van CAD ontwerpen, digital twins en simulatiemodellen gekoppeld worden aan elkaar. Zo kan het ontwerp worden uitgevoerd in een CAD model, vervolgens kan dit ontwerp worden overgezet naar een procesbesturingssysteem die het ontwerp gebruikt ter basis voor de digital twin. De software vormt de koppeling tussen de sensoren en regelaars van de digital twin en de sensoren en regelaars in de echte wereld. In figuur 16 is zichtbaar gemaakt welke softwaretoepassingsmogelijkheden er mogelijk zijn per fase.

CAD-software	Digital twin - software	MJOP-software
Revit / Solibri / Inventor / SolidWorks	Bynder / Marvia / Canto / Kontainer	O-prognose / Planon / FMIS / Condor

Figuur 16: Softwaretoepassingsmogelijkheden per fase (Eigen werk)

Service laag:

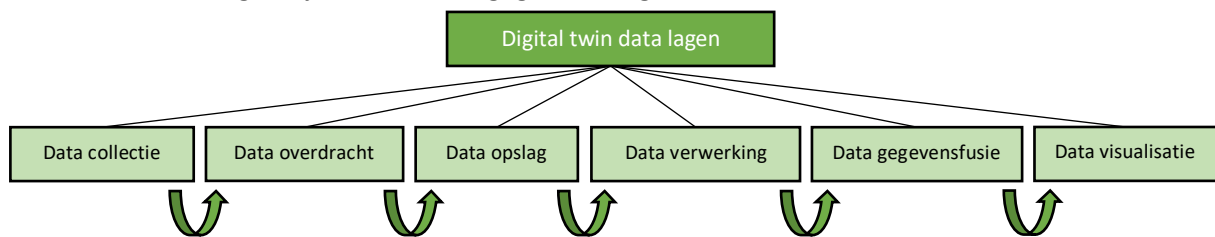
De tweede bouwsteen binnen het raamwerk is de service laag. Volgens (Zhang et al., 2019) integreert deze laag de functies die verschillende software hebben en rust deze krachtige gegevensverwerkingsalgoritmen uit om een servicesysteem te ontwikkelen van een digital in een dashboard. Volgens (Zheng & Sivabalan, 2020) kan de service laag ook worden benoemd als de interactie laag. In het onderzoek wat door hun is uitgevoerd komt naar voren dat deze laag interactie maakt met de menselijke factor. Doordat de digital twin in de cloud is opgeslagen is het mogelijk om de gegevens op elk apparaat te achterhalen, ook apparaten die weinig rekenvermogen hebben. Deze apparaten kunnen bij de gegevens door middel van een beveiligde web portaal. De service laag kan dus worden gepresenteerd in elk willekeurig apparaat dat in staat is om gegevens visueel weer te geven. Dit kan dus een mobiele telefoon zijn of een computer die informatie afbeeld. Het digitale model wordt in de monitormodus bijgewerkt zodat alle real-time data van het fysieke object aan de gebruiker kan worden getoond in een interactieve webpagina of dashboard. Volgens (Zheng & Sivabalan, 2020) zorgt de digital twin voor de synchronisatie en de modelupdates waardoor de gebruiker wordt meegesleept in het beheerproces. Het interactieve model zet sensorsignalen uit de fysieke wereld om in command signalen op het interactieve dashboard waarna dit vervolgens wordt verwerkt in de fysieke wereld. In figuur 17 is in de bovenzijde visueel zichtbaar gemaakt hoe de service laag eruit ziet in de gebouwbeheerindustrie, in de onderzijde is een mogelijke visuele opzet gemaakt van een dashboard voor de eindgebruiker.



Figuur 17: Visuele weergave van de service laag bouwsteen en de opzet van een dashboard in een serviceoverzicht voor de eindgebruiker (Eigen werk)

Data laag:

De derde bouwsteen binnen het raamwerk is de data laag. Volgens (Zhang et al., 2019) omvat deze laag databanken, gegevensprotocollen, gegevensinteractiekanaalen, enz. Deze zijn verantwoordelijk voor de opslag en het overbrengen van projectgegevens, modelgegevens en kennisgegevens. Deze gegevens helpen niet alleen ter ondersteuning bij visualisatie van het real-time productieproces, maar ook bij de optimalisatie en de upgrade van de geschiedenis. Volgens (Zheng & Sivabalan, 2020) fungeert de data laag als spin in het web tussen de overige lagen (software, service, fysiek en model) door alle gegevens te verzamelen en deze om te zetten naar een machine leesbare vorm. Volgens (Qi et al., 2021) kan data worden gezien als de drager van informatie en hiermee is data de belangrijkste factor binnen een digital twin. De data laag kan worden opgedeeld in zes lagen bestaande uit: data collectie, data overdracht, data opslag, data gegevensverwerking, data gegevensfusie en data visualisatie. Deze lagen zijn visueel vormgegeven in figuur 18.



Figuur 18: Visuele weergave van de data lagen in een digital twin. Gebaseerd op het model van (Qi et al., 2021)

Volgens (Qi et al., 2021) kan de data worden verkregen door het juist plaatsen van sensoren in het fysieke object. De software kan toegepast worden in een groot aantal modellen ter voltooiing van de analyse van signalen. Bij data overdracht is het van belang dat real-time data wordt overgedragen en hierbij dient informatie niet te ontbreken of verloren te gaan. Een veelgebruikt instrument voor data overdracht is Aspera. Volgens (Qi et al., 2021) staat Aspera bekend om het vermogen om zeer grote bestanden te versturen, deze dataoverdracht kan verzonden worden over grote afstanden en dit is ook mogelijk met instabiel internet. Daarnaast ondersteunt Aspera ook veel verschillende apparaten in de vorm van computers, telefoon, tablets, etc.

Data opslag wordt toegepast om de gewonnen gegevens op te slaan op een centrale plek. De laatste jaren heeft de technologische ontwikkeling rondom data opslag een grote sprong gemaakt. Volgens (Qi et al., 2021) is Hbase een goed voorbeeld van een data opslag platform. Hbase kan worden gezien als een zeer betrouwbaar database waarin de prestaties hoog zijn. Bij de data verwerking wordt onjuiste en tegenstrijdige informatie uit de database verwijderd, hierdoor is de informatie die overblijft efficiënt. Goede software die toegepast kan worden voor data verwerking is Spark. Spark is in staat om toepassingen in meerdere ontwerperstalen te ondersteunen zoals Java en Python waardoor de gebruikersdrempel eenvoudig is.

Volgens (Qi et al., 2021) is data gegevensfusie in staat om data te integreren, filteren en correleren waardoor het helpt bij de beoordeling, planning en diagnose. Een gegevensfusie tool die veel toepast wordt is Spyder, deze tool ondersteunt onder andere het eerder genoemde programmeringsprogramma Python. Data visualisatie is de laatste stap binnen de data laag, in dit stadium wordt data informatie overzichtelijk vormgegeven in een dashboard zoals vormgegeven in figuur 17.

Fysieke laag:

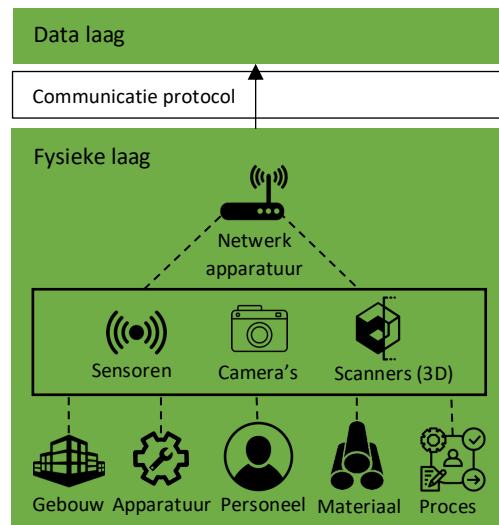
De vierde bouwsteen binnen het raamwerk is de fysieke laag. Volgens (Zhang et al., 2019) is de fysieke laag een verzameling van productiemiddelen. Deze laag omvat onder andere gebouwen, machines, sensorengroepen, netwerkwerkapparatuur, materialen, producten, mensen en de omgeving. Echter is uit het rapport van (Hokkeling, 2020) gebleken dat de inhoud van de digital twin bouwstenen kan

verschillen per toepassingsgebied. De eerder genoemde elementen uit de lijst van (Zhang et al.) kunnen dus niet direct worden overgenomen in de gebouwbeheerindustrie.

In de gebouwbeheerindustrie wordt vernomen dat de fysieke laag in ieder geval de volgende aspecten moet vervullen: hulp bieden bij de uitvoering, observatie, data overdracht en het totale eindproduct (gebouw). De fysieke laag kan uiteindelijk in drie categorieën onderverdeeld worden (figuur 19):

- Observatie eenheden
- Waarnemers
- Dataoverdracht componenten

Volgens (Hokkeling, 2020) hebben de observatie eenheden betrekking op zaken die in de echte wereld worden waargenomen en of getraceerd, maar niet in staat zijn om op zichzelfstaand te communiceren met de virtuele wereld. De observatie eenheden kunnen worden opgedeeld in de volgende vijf elementen: gebouw, apparatuur, personeel, materiaal en proces. Tot slot kan ook de omgeving worden opgenomen als zesde observatie eenheid. Echter varieert de omgeving met de rest van de elementen omdat dit element enkel en alleen kan worden waargenomen en niet kan worden gecontroleerd. Waarnemers hebben het vermogen om observatie eenheden te observeren en gegevens van deze eenheden vast te leggen. De waarnemers kunnen worden opgedeeld in de volgende drie elementen: sensoren, camera's en scanners. Echter moet er wel worden vermeld dat de sensoren onderdeel zijn van een camera. Deze eenheden verschillen in de output, zo delen sensoren signalen en camera's beelden. De informatie die wordt verzameld door de waarnemers kan worden doorgestuurd naar de dataoverdracht componenten. Deze dataoverdracht componenten kan worden gezien als netwerkapparatuur die de informatie van de fysieke laag naar de data laag transformeert.



Figuur 19: Visuele weergave van de data laag bouwsteen gebaseerd op (Hokkeling, 2020)

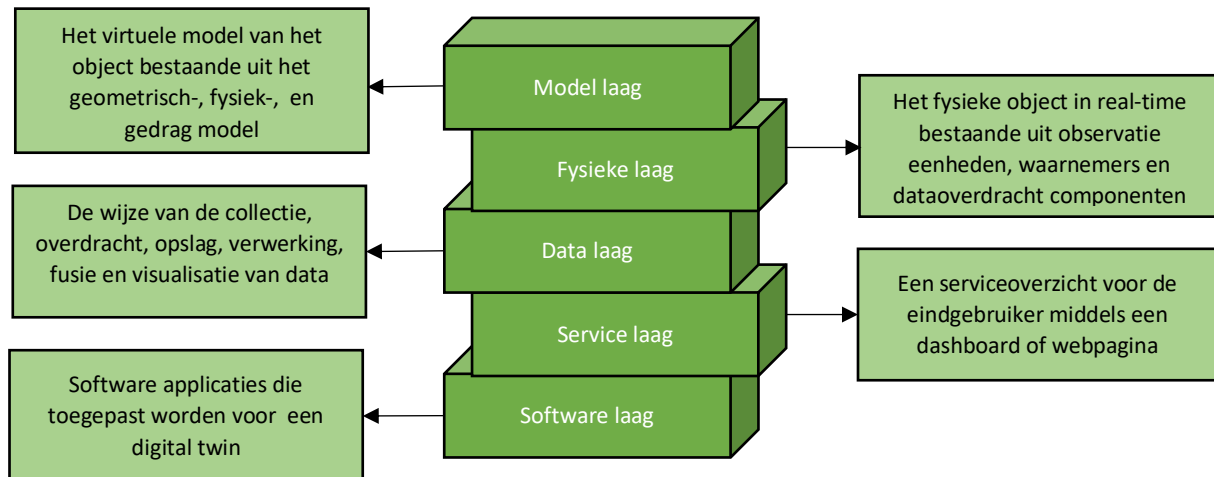
Model laag:

De vierde bouwsteen binnen het raamwerk is de model laag. Volgens (Zhang et al., 2019) is de model laag de belangrijkste bouwsteen binnen de digital twin bouwstenen en kan deze laag worden gezien als de basis van alle eerdergenoemde bouwstenen. De model laag kan worden opgedeeld in drie verschillende dimensies: geometrisch model, fysiek model en het gedragsmodel. De simulaties van de digital twin kunnen enkel en alleen toepasbaar zijn wanneer alle vijf de dimensies van de model laag correct en volledig zijn. De model laag is een één op één replicatie van het fysieke object in een virtuele wereld.

Een zeer belangrijke functie van de digital twin is het feit dat het gebouw kan worden geobserveerd in een 3D wereld door middel van VR en AR apparaten. Hierdoor is het mogelijk om ontwerp beter en nauwkeuriger te maken. Om dit mogelijk te maken dient er een geometrisch model opgesteld te worden om de ruimtes, vormen, groottes, enz. in een virtuele visualisatie te krijgen. Enkele kernbegrippen die aan een geometrisch model gekoppeld kunnen worden zijn: grootte, plaats, rotatie en vorm.

Doordat de digital twins dezelfde regels en eigenschappen hebben als het object uit de echte wereld is het mogelijk om onderhouds entiteiten in kaart te brengen. Om deze reden is een fysiek object nodig om de fysieke eigenschappen van de digital twin te omschrijven. Enkele kernbegrippen die aan een fysiek model gekoppeld kunnen worden zijn: massa, snelheid en slijtage.

Het gedragsmodel kan worden gezien als het model van de gedragslogica van het fysieke object in de echte wereld. Dit model omvat de interactie tussen de toestand van het object, systeemcomponenten en prestatievermindering over de tijd heen. Het gedragsmodel is van belang om op een juiste wijze de gedragslogica te beschrijven. Hierdoor is het mogelijk om toekomstige voorspelling te generen en te maken waardoor besluiten genomen kunnen worden. Enkele kernbegrippen die aan een gedrag model gekoppeld kunnen worden zijn: monitoren, wachten, fouten en simuleren.



Figuur 20: Visuele weergave van de digital twin bouwstenen (Eigen werk)

4.2.2 Meerwaarde digital twin

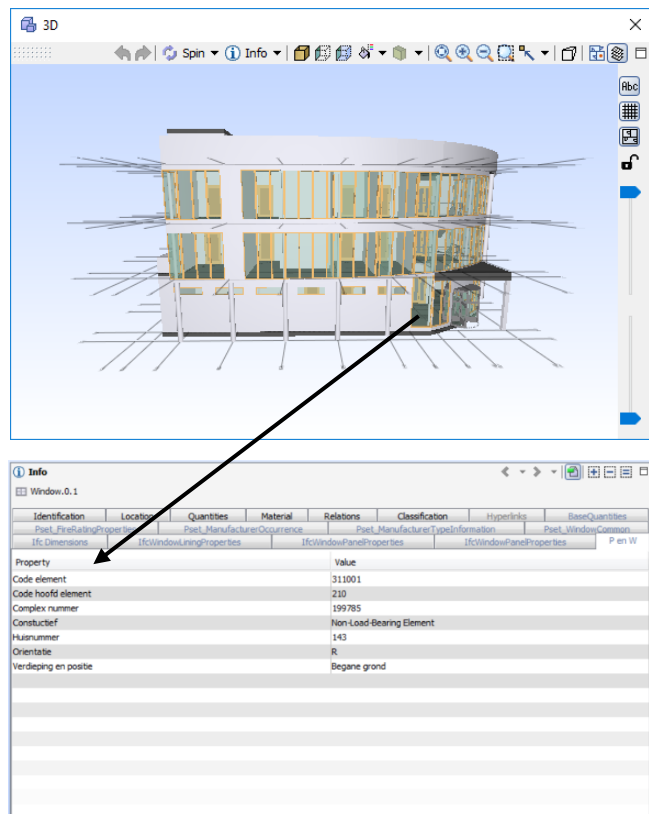
Uit de interviews met de woningcorporaties is naar voren gekomen dat de woningcorporaties verplicht zijn om het gebruikersoppervlak (GBO) van alle woningen in de portefeuille in kaart te brengen conform de NEN 2580 systematiek. Volgens (NEN, 2022) kan deze systematiek worden gezien als de norm voor oppervlaktebepaling. Doordat de woningcorporaties hun gebruikersoppervlak in kaart hebben kunnen ze voldoen aan de verplichting om het vastgoed in de jaarrekening te waarderen op basis van de marktwaarde in verhuurder staat. Het doel van het verplicht stellen om het gebruikersoppervlak van het vastgoed in kaart te brengen is het creëren van uniformiteit en transparantie. Door het toepassen van de deze systematiek wordt het voor woningcorporaties namelijk verplicht gesteld om dezelfde uniforme waardering te gebruiken voor het vastgoed, daarnaast zal het onderzoek veel makkelijker worden om te vergelijken aan elkaar.

Dit alles dienen de woningcorporaties voor het einde van 2022 te bewerkstelligen. Uit de interviews met de woningcorporaties is naar voren gekomen dat de corporaties hun vastgoed gedeeltelijk of geheel in kaart hebben via de NEN 2580 systematiek in een BIM model of draadmodellen via Bryder. Het verplicht stellen van het gebruikersoppervlak middels de NEN 2580 systematiek heeft er dus toe geleid dat alle plattegronden van het vastgoed van woningcorporaties in een digitale omgeving zijn gebracht zoals een BIM- of draadmodel. Daarnaast is het mogelijk om de buitengevel van de panden in kaart te brengen middels de point cloud technologie van Spotr waar door middel van het meten van puntjes de hoogte en lengtes van gebouwen kunnen worden achterhaald.

Doordat de woningcorporaties zijn gaan digitaliseren op basis van de NEN 2580 in een 3d omgeving is de modellaag uit de digital twin bouwstenen in hoofdstuk [4.2.1 Digital twin bouwstenen](#) al voldaan. Een 3D model in de vorm van een BIM model of een draadmodel waarin de afmetingen, hoeveelheden en materialen te achterhalen zijn is de eerste stap naar een digital twin en vormt hiervoor de basis. Uit de interviews (bijlage G) kan geconcludeerd worden dat de woningcorporaties gedeeltelijk of voor de hele portefeuille 3D modellen hebben opgesteld door de verplichting vanuit de NEN 2580 en om de data op een centrale plek op te slaan.

Zoals hierboven wordt aangegeven kan een digital twin ook worden toegepast als een centrale vastgoedcartotheek. Volgens Armand Sol van Delta Wonen (bijlage G) kan de vastgoedcartotheek worden gezien als de verzameling van alle materialen en elementen in een gebouw. Per bouwdeel en ruimte is het mogelijk om de elementen te zien met de bijhorende hoeveelheid. In het interview met Kleurrijk Wonen (bijlage G) is naar voren gekomen dat er in het oude onderhoudsproces, zonder digitaal model en bijhorende cartotheek, veel meer fouten worden gemaakt in het beheren en onderhouden van het vastgoed van de woningcorporaties. Dit komt doordat in het oude proces de data in de vastgoed cartotheek werd opgeslagen op een centrale schijf. Wanneer er gebruik wordt gemaakt van een digital twin vastgoedcartotheek dan is de data op een centrale plek in de digital twin. Hierdoor is het mogelijk om direct over de actuele en valide data te beschikken, dit heeft tot gevolg dat urgente vragen spoedig en accuraat beantwoord kunnen worden. Volgens (hetdatahuis, 2020) leidt een digital twin cartotheek tot een verlaging in zoektijd, rekentijd en fouten. Dezelfde werkzaamheden kunnen worden verricht met minder mensen.

Volgens (Nier, 2020) is het mogelijk om aan de elementen in het BIM model gegevens te koppelen die het mogelijk maken om asset management uit laten voeren via een 3D model. Zo is het onder andere mogelijk om waarden als leverancier en typenummer aan de elementen mee te geven om de koppeling te maken naar onderhoudscontracten. Daarnaast is het ook mogelijk om garanties te verwerken aan de elementen waardoor de koppeling naar garantievoorwaarden kan worden gemaakt. Door levensuur en conditiescores aan de elementen toe te voegen in het mogelijk om de koppeling naar meerjaren onderhoud te voldoen. (Nier, 2020) geeft aan dat het mogelijk is om alle willekeurige assetmanagement waardes aan een BIM model te geven maar dat hiervoor wel goede afspraken gemaakt moeten worden in een BIM ILS met de architect. In figuur 21 is zichtbaar hoe de assetmanagement waardes aan de elementen kunnen worden meegegeven. Aan het element van het kozijn zijn onder andere het complex nummer, huisnummer, oriëntatie, verdieping en positie en de elementcode gegeven. Dit is slecht een voorbeeld. Zoals eerder genoemd is het ook mogelijk om waardes als levensduur, bouwjaar, leverancier en garantie toe te voegen. Op deze wijze ontstaat er een uitgebreide digitale vastgoed cartotheek.



Figuur 21: Meegeven van assetmanagement waardes aan elementen

Daarnaast is het ook mogelijk om in een digital twin sensordata toe te voegen uit de fysieke wereld waardoor het model tot leven komt. In het interview met Trivire (bijlage G) komt naar voren dat de verkregen sensordata uit de fysieke wereld terugkomt in het digitale model. Hierdoor is het mogelijk om sensordata als temperatuur, luchtvochtigheid, luchtkwaliteit, geluid, licht en fijnstof te verwerken in een digitaal model. Deze sensordata kan visueel worden weergegeven in het 3D model of in een dashboard, dit is dus zowel 3D als 2D mogelijk, zie voor een verduidelijking van de visualisatie figuur 22. Voor schoonmakers is het hierdoor bijvoorbeeld mogelijk om te zien welke ruimtes wel en niet

gebruikt zijn, hier kunnen de schoonmaakwerkzaamheden op worden aangepast waardoor werk efficiënter uitgevoerd kan worden.



Figuur 22: Sensordata die terugkomt in een digital twin in het 3D model en een dashboard (Cobouw, 2019)

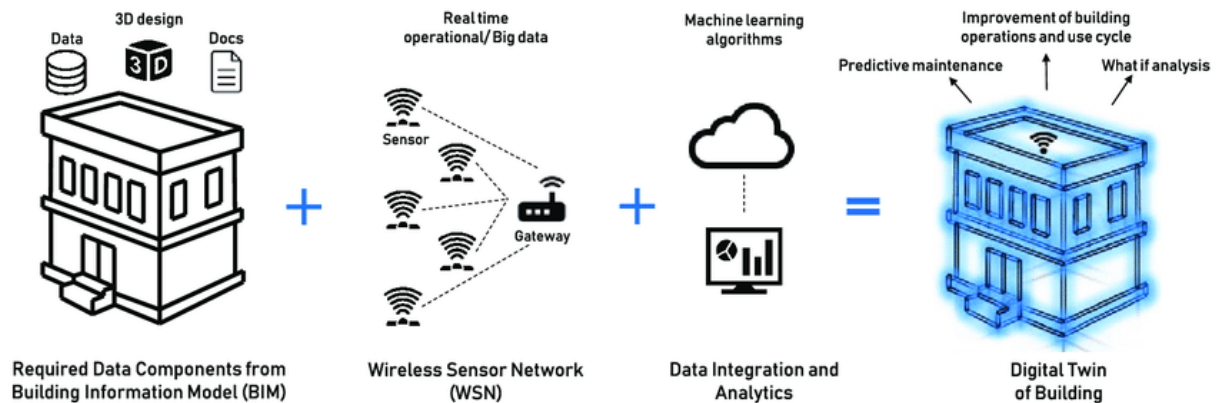
In het interview met Trivire (bijlage G) wordt aangegeven dat het gebouw op afstand kan worden aangestuurd en beheerd doordat de sensoren aan de digital twin zijn gekoppeld. Waar eerder het pand wordt beheerd door de menselijke factor kunnen nu beslissingen worden gemaakt op basis van data uit de sensoren. Dit maakt het onder andere mogelijk dat de gebruikerstevredenheid en efficiëntie in de panden toeneemt. Voorheen kon de luchtkwaliteit in het gebouw afnemen doordat er veel personen in de ruimte aanwezig waren, nu krijgt de gebouwbeheerder tijdig een melding binnen als de luchtkwaliteit verslechterd waardoor een raam of deur open gezet wordt. Dit is slechts een voorbeeld van de vele gevallen waarin de sensordata in de digital twin de leef kwaliteit in het gebouw verbeterd. In figuur 23 is zichtbaar hoe de sensoren in een bedrijfspand geplaatst kunnen worden.



Figuur 23: Sensoren in een bedrijfspand die koppeling maken naar digital twin (Khajavi, 2019)

Volgens (Khajavi, 2019) is de ruggengraat van een digital twin het BIM model, het BIM model vormt samen met het sensoretnetwerk en de integratie van de data de volledige digital twin. Door middel van het sensoretnetwerk en de integratie van de data is het mogelijk om een real-time beeld te creëren van het gebouw. Doordat de digital twin bestaat uit real-time data is het mogelijk om analyses te maken, voorspellend onderhoud uit te voeren, gebouwefficiëntie toe te passen en het comfort te verbeteren. In figuur X is visueel zichtbaar gemaakt dat het BIM model de basis vormt voor een digital twin in combinatie met een sensoretnetwerk en de integratie van data.

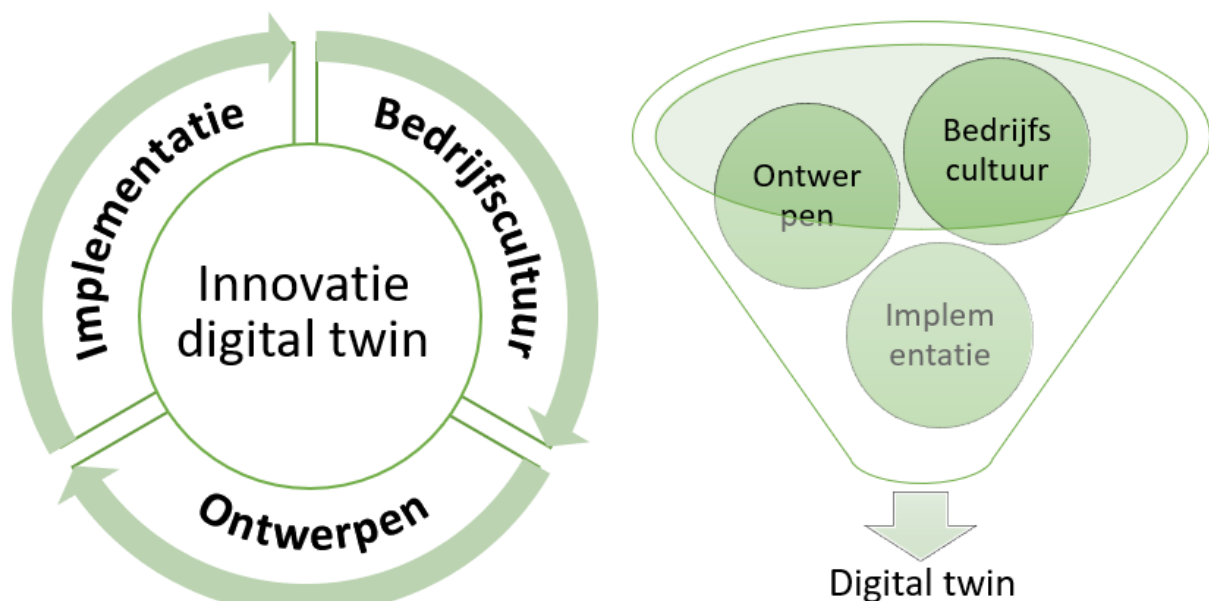
Een groot verschil tussen het BIM model en een digital twin is het feit dat een BIM model is ingericht op het ontwerpproces terwijl een digital twin zich richt op efficiëntieverbetering van het gebouw en het mogelijk maken van voorspellend onderhoud. Daarnaast is een groot verschil tussen beiden modellen dat een BIM model geen real-time data kan verwerken, een digital twin is wel in staat om dit te doen door de gegevens van de sensoren te verwerken. Het laatste grote verschil is dat een BIM model is ingericht voor kostenraming en efficiëntie in het bouwproces terwijl een digital twin real-time data integreert om het gebouw, de omgeving en de gebruikers te verbeteren en te analyseren. Al met al leidt het gebruik van een digital twin ertoe dat de onderhoudskosten verlagen, huurders- en gebruikerstevredenheid toeneemt en de beheer- en operationele kosten afnemen. (Khajavi, 2019)



Figuur 24: Digital twin bestaande uit BIM model, sensoretnetwerk en integratie van data (Khajavi, 2019)

2.2.3 Implementatie van een digital twin

Een digital twin die data gedreven werkt is niet van de één op andere dag geïmplementeerd binnen het bedrijfsproces van een organisatie. Dit is ook geen proces dat in weken of maanden geïntegreerd kan worden, hier gaan enkele jaren overheen. Het toepassen van een digital twin richt zich niet op een enkele afdeling binnen de organisatie maar is organisatie breed en wordt daarnaast ook toegepast door externe partijen voor onderhoud en data. Omdat het toepassen van een digital twin in het bedrijfsproces een arbeids- en kostenintensief proces vereist is het van belang om vooraf goed in kaart te hebben welke aspecten er bij de implementatie komen kijken.



Figuur 25: Implementatieprocessen digital twin met links innovatiecirkel en rechts innovatietrechter (Eigen werk)

Uit de interviews met de woningcorporaties is naar voren gekomen dat bij de implementatie van een digital twin 3 processtappen noodzakelijk zijn. De processtappen zijn onder te verdelen in chronologische volgorde als volgt: bedrijfscultuurfase, ontwerpfase en implementatiefase. Zie voor een visuele verduidelijking van de processtappen figuur 25. Zoals eerder beschreven dienen deze processtappen op chronologische volgorde doorlopen te worden. Aan de linkerkant van het figuur is de innovatiecirkel te zien. Aan de rechterkant van het figuur is de innovatietrechter te vinden waar de input de fases zijn en de output de digital twin. Onderstaand wordt een verdere uitwerking van de verschillende fases gegeven en zullen de processtappen dieper uitgewerkt worden.

Bedrijfscultuurfase

Uit het interview met Kleurrijk Wonen (bijlage G) is naar voren gekomen dat de eerste fase binnen het implementatieproces van een digital twin de bedrijfscultuurfase is. In dit interview met Kleurrijk Wonen wordt aangegeven dat de bedrijfscultuur dient te veranderen naar een cultuur waar innovatie en nieuwe technieken centraal staan. Deze culture verandering dient te beginnen bij de directie die de ambitie uitspreekt om nieuwe innovaties te gaan toepassen. De directie bepaald in welke richting de organisatie gaat varen maar kan dit niet alleen. Het is daarom van belang dat de directie de verschillende managers (wonen, strategie, financiën, etc.) gaat overtuigen van de kracht van een digital twin. De eerste hordes die genomen moeten worden is het overtuigen van mensen en het creëren van draagvlak voor de innovatie. Bij Kleurrijk Wonen heeft het circa 10 maanden geduurd voordat de overtuiging in de organisatie is gaan landen.

De eerste stap is dus dat de directie achter de innovatie ontwikkeling staat want anders zit men op tactische laag tegen het middenkader aan te praten en die deur zit dicht en blijft dicht. In het interview met Kleurrijk Wonen (bijlage G) wordt aangegeven dat de grootste winst die behaald kan worden een andere denkwijze is die betrekking heeft op het verkrijgen van data. 10 jaar geleden kon niemand zich voorstellen dat we vandaag de dag thuis zouden werken en vanaf ons bureau bestellingen konden plaatsen op Bol.com en Coolblue. Maar deze verandering begon met een andere denkwijze en de sense of urgency die daarachter zat. Bij de innovatie van een digital twin kan dat het afnemen van vakkennis zijn en de mate van complexiteit van het vastgoed. Het beheren en onderhouden van het vastgoed kan de mens zelf allemaal niet meer, en hierin kan het werken met data de juiste ondersteuning bieden. Deze andere manier van denken kan als de grootste winst worden gezien.

Naast het feit dat de directie de innovatie moet aansturen en de kar dient te trekken is het ook van belang dat er op de juiste plekken binnen de organisatie nieuwe functies worden gecreëerd. Er dienen mensen binnen de organisatie open te staan om nieuwe functies aan te nemen. Kevin van der Vliet van Kleurrijk Wonen (bijlage G) adviseert andere woningcorporaties die willen werken met een digital twin een datateam te formuleren. Daarnaast is het ook mogelijk om een datateam op te starten in samenwerking met een andere woningcorporatie of een bedrijf. Voor een aantal functies binnen de organisatie is een reorganisatie nodig die het mogelijk maakt om een digital twin toe te passen. Denk hierbij aan de komst van data ingenieurs, data analisten en stewards die zich bezig houden met het toepassen van de data. Kleurrijk Wonen geeft aan dat deze rollen van cruciaal belang zijn om binnen de organisatie te hebben.

Doordat nieuwe innovaties gepaard gaan met een andere werkwijze zal er vanuit de organisatie weerstand ontstaan tegen de implementatie. In het interview met de Alliantie (bijlage G) is daarom naar voren gekomen dat het van groot belang is om het personeel in een vroeg stadium mee te nemen met de innovatie. De Alliantie gaf hierin als voorbeeld dat er één grote tegenstander was van datagestuurde werken binnen de afdeling vastgoedonderhoud. De Alliantie nam het personeel in een vroeg stadium al mee in de innovatie en zette de tegenstander tegenover de innovatie neer en lieten beiden dezelfde werkzaamheden verrichten. Uiteindelijk bleek dat de datagestuurde innovatie vele

malen efficiënter en effectiever was dan de tegenstander. Doordat de tegenstander ervaarde dat de innovatie vele malen beter werkte dan hem besloot hij voorstander te worden van de innovatie om zijn werkproces te verbeteren.

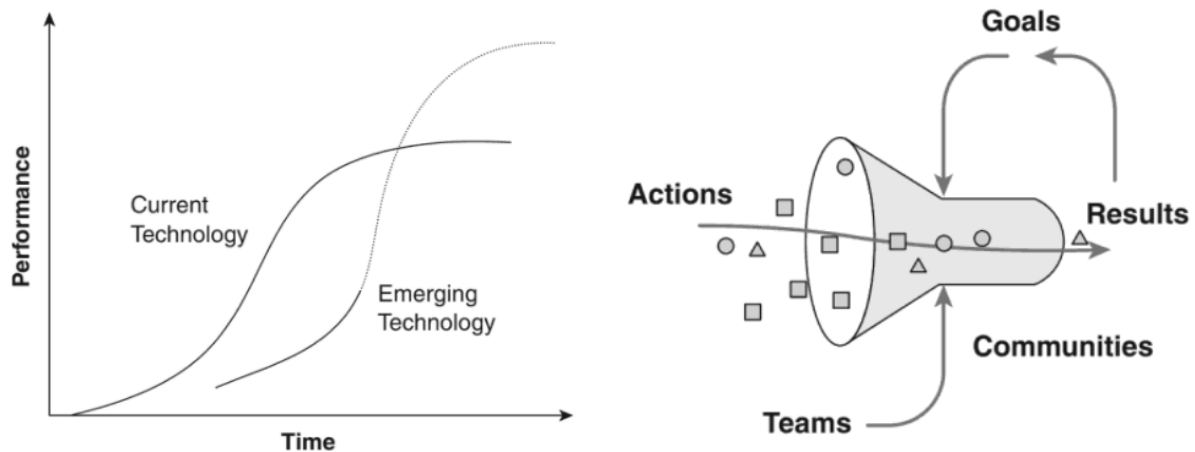
Naast het feit dat de organisatiestructuur aangepast dient te worden en het personeel in de innovatietechniek meegenomen dient te worden kan er worden aangenomen dat er wordt gestart met een verkennend onderzoek met betrekking tot de innovatie. Er zal onderzoek worden gedaan naar de mogelijke haalbaarheid van de innovatie digital twin en ideeën hierover worden besproken. De verandering van het bedrijfscultuurproces kenmerkt zich met Technology Readiness Level (TRL) niveau 1-3, de onderzoeksfase. Voor een verdere uitwerking van de TRL niveaus verwijst ik u naar hoofdstuk [4.5.1 Analyse use cases](#).

Ontwerpfase

Wanneer een verandering van het bedrijfscultuurproces is geïmplementeerd binnen de organisatie kan er overgeschakeld worden naar de tweede fasen binnen het implementatieproces: de ontwerpfase. Deze fase kenmerkt zich door het feit dat er een conceptueel model wordt gemaakt van een digital twin en deze wordt vervolgens getest en verbeterd. Volgens (Schuurman, 2014) zal er eerst een plan vastgesteld moeten worden in de vorm van een programma van eisen waaruit blijkt welke werkzaamheden ertoe gaan leiden dat de innovatie tot stand gaat komen. Het uiteindelijke einddoel van het ontwerpproces is een werkende innovatie zonder fouten die geïmplementeerd kan worden binnen de organisatie. Het ontwerpproces kan worden omschreven als TRL niveau 4-8, de experimentele fase en de pilot fase.

Nadat de eerste haalbaarheidsonderzoeken zijn afgerond in de bedrijfscultuurfase en de organisatie is omgevormd tot een organisatie waar innovatie hoog in het vaandel staat kan overgeschakeld worden naar de ontwerpfase. Uit de interviews (bijlage G) is naar voren gekomen dat allereerst een verkennende pilot uitgevoerd wordt waarin in een korte periode (< 12 maanden) testen worden gedaan naar de toepasbaarheid van de innovatie, in deze pilot zal een eerste prototype worden getest. In het interview met Delta Wonen (bijlage G) is naar voren gekomen dat het van belang is dat om zo klein mogelijk te beginnen met het innoveren, pas de pilot slecht op één bouwdeel of gebouw toe en niet de gehele portefeuille. Indien de pilotfase als negatief wordt ervaren binnen de organisatie dan zal er gekozen worden om de innovatie niet voort te laten zetten. Indien de pilotfase als positief wordt ervaren binnen de organisatie dan zal er gekozen worden om de innovatie wel voort te zetten.

Wanneer de pilotfase is afgerond en de resultaten zijn als positief ervaren dan kan er volgens de Delta Wonen (bijlage G) worden overgeschakeld naar de experimentele fase. In figuur 26 is gevisualiseerd welke resultaten de pilotfase moet gaan opleveren. Aan de linkerkant van het figuur is de oude proces tegen het nieuwe proces (digital twin) afgezet tegen tijd en prestaties, uit de verkennende pilotfase moet blijken dat de nieuwe innovatie beter presteert dan het huidige proces. Aan de rechterkant van het figuur is de innovatiefunnel zichtbaar, dit model toont de hoeveelheid acties die aan het begin van de trechter genomen moeten worden om tot een resultaat te komen. De experimentele fase volgt na de pilotfase en hierin zal verder onderzoek gedaan worden naar de technische en financiële aspecten van de technologische innovatie. Volgens (Katz, 2011) zullen in de experimentele fase geavanceerde testen worden gedaan en zal de digital twin in het praktijkveld toegepast worden. De experimentele fase van een digital twin kan enkele jaren duren doordat de innovatie vrijwel niet is toegepast op het gebied van vastgoed. Slecht enkele van de meest innovatie woningcorporaties (bijlage G) zijn pas bij de experimentele fase aangekomen en verwachten hier nog enkele jaren mee bezig te zijn.



Figuur 26 Links oude en nieuwe proces afgezet tegen tijd en prestaties en rechts de innovatiefunnel (O'Sullivan, 2009)

Implementatiefase

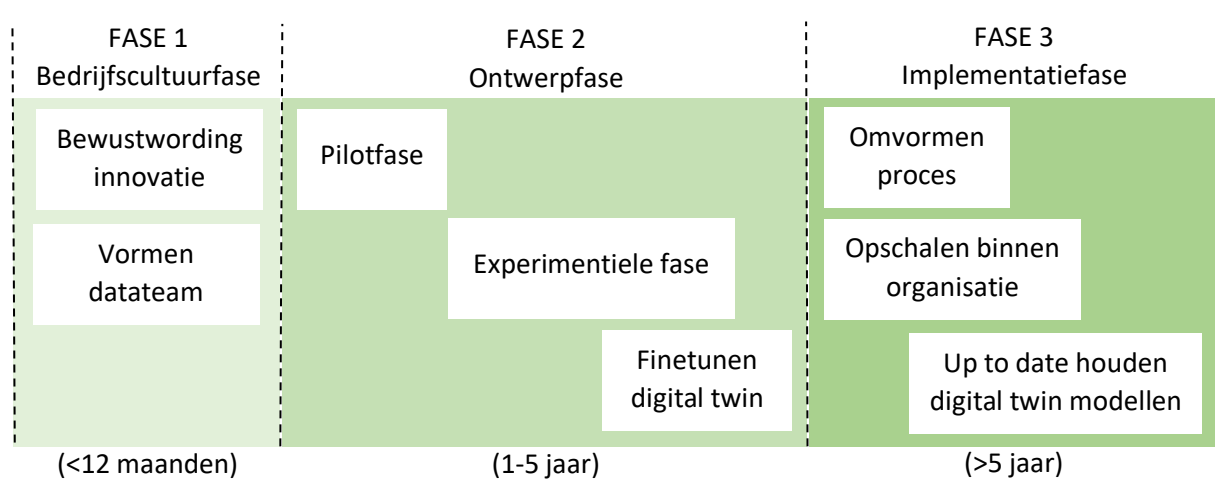
Wanneer de ontwerpfase is afgerond waarin de digital twin volledig is getest op haalbaarheid, kosten, efficiëntie, effectiviteit en opschaalbaarheid dan kan worden overgestapt naar de laatste fasen in het implementatieproces: de implementatiefase. Deze fase kenmerkt zich door het feit dat de digital twin volledig is getest en toepasbaar is binnen het bedrijfsproces. Uit de interviews met de woningcorporaties is gebleken dat nog geen enkele woningcorporatie een volledig werkende digital twin heeft geïntegreerd binnen het bedrijfsproces. Er kan geconcludeerd worden dat de implementatiefase nog niet is bereikt door de woningcorporaties maar woningcorporatie de Alliantie heeft wel aangegeven dat dit binnen enkele jaren bereikt gaat worden.

Zoals bij de bedrijfscultuurfase is aangegeven dient de organisatie en het bedrijfsproces omgevormd te worden om het gebruik van een digital twin mogelijk te maken. Uit het interview met Kleurrijk Wonen is naar voren gekomen dat er binnen de organisatie van de woningcorporaties een datateam gevormd moet worden om de complexe data achter de digital twin te managen en bij te houden. Zoals eerder is aangegeven zal ook het bedrijfsproces aangepast worden. Waar eerder onderhoud werd bepaald op basis van visuele inspecties zal nu het onderhoud worden bepaald door middel van camerabeelden. Daarnaast zal de dataopslag plaatsvinden in de digital twin en kan vanuit daar informatie over het complex gevonden worden. Waar eerder verschillende rollen en werkzaamheden waren ingericht om het beheer- en onderhoudsproces van vastgoed te bepalen zal nu de inzet van de digital twin centraal staan. Dit heeft effecten op de werknemers, de bedrijfsvoering, de partners en het vastgoed. Al deze partijen dienen het werken met een digital twin onder de knie te krijgen.

Nadat de eerste digital twins zijn geïntegreerd binnen het bedrijfsproces van de woningcorporaties kan er begonnen worden met de opschaling. De tijdsperiode van de bedrijfscultuurfase tot aan het begin van de implementatiefase kan oplopen tot 5 jaar. Dit komt doordat de organisatie omgevormd dient te worden en de digital ontworpen, getest en gevalideerd dient te worden. Zoals eerder aangegeven kan hierna begonnen worden met de opschaling naar de gehele portefeuille. In het interview met Delta Wonen (bijlage G) is aangegeven dat het van noodzakelijk belang is om zo kleinschalig mogelijk te beginnen en vervolgens op te schalen naar een portefeuillebreedte aanpak. Nadat de eerste digital twins ontworpen zijn zal het eenvoudiger zijn om de opschaling voort te zetten doordat eerder fouten en ervaringen in het proces geïntegreerd kunnen worden.

Naast het feit dat de digital twins opgeschaald moeten worden binnen de organisatie is het ook van groot belang om de digitale modellen up to date te houden. In het interview met Delta Wonen (bijlage G) komt naar voren dat wanneer de modellen niet bijgewerkt worden er veel data- en informatieverlies

gaat plaatsvinden. Om deze reden is het van groot belang om de modellen periodiek bij te werken wanneer werkzaamheden zijn verricht. Naast het feit dat er binnen de implementatiefase opschaling plaatsvindt en het bedrijfsproces aangepast wordt dienen de digital twins ook up to date gehouden te worden. In figuur 27 zijn de verschillende fases in het implementatieproces van een digital twin visueel vormgegeven.



figuur 27: visualisatie van de verschillende fasen in het implementatieproces van een digital twin (Eigen werk)

2.2.4 Huidige stand van zaken digital twin in het beheerproces

Om de praktijkervaringen in kaart te brengen omtrent het toepassen van een digital twin in het beheerproces van woningcorporaties is allereerst een verkennende enquête uitgezet om de antwoorden te verzamelen. Hierop volgend zijn diepte-interviews gehouden met enkele van de meest vooruitstrevende woningcorporaties op het gebied van data gestuurd onderhoud/digital twins. Uit de enquête uitkomsten is gebleken dat de woningcorporaties in de praktijk nog ver weg zijn van het toepassen van een digital twin. In figuur 28 is zichtbaar dat 50 procent van de woningcorporaties niet eens BIM toepast bij nieuwbouw. 35 procent van de corporaties geeft aan BIM gedeeltelijk toe te passen bij nieuwbouw. Slechts 15 procent van de corporaties geeft aan BIM volledig toe te passen.

Antwoord	Antwoorden	Ratio
1. Er wordt tijdens de ontwerp- en/of uitvoeringsfase niet gebruik gemaakt van BIM	32	49,2%
2. Er wordt tijdens de ontwerp- en/of uitvoeringsfase gedeeltelijk gebruik gemaakt van BIM, er worden vooraf geen duidelijke afspraken gemaakt waardoor de modellen soms niet in volledigheid kloppen	23	35,4%
3. Er wordt tijdens de ontwerp- en/of uitvoeringsfase wel gebruik gemaakt van BIM, er wordt gewerkt volgens een vast BIM-protocol of basis ILS	7	10,8%
4. Naast dat er ontworpen wordt middels een vast BIM-protocol of basis ILS worden er ook parameters toegevoegd aan het BIM-model (bouwjaar element, leverancier, garantie, etc.)	3	4,6%

Figuur 28: Woningcorporaties die bij nieuwbouw gebruik maken van BIM (Eigen werk)

Zoals eerder in het rapport al is vermeld vormt BIM de ruggengraat van een digital twin. Om deze reden heeft er in de enquête een filtering plaatsgevonden waardoor de woningcorporaties die niet met BIM werken in het ontwerpproces weg gefilterd worden. Op de vervolgvraag of de woningcorporaties na het ontwerpfase nog gebruik maken van BIM blijven dus 33 woningcorporaties over. In figuur 29 is zichtbaar dat 64 procent van deze woningcorporaties niet meer gebruik maakt van BIM na het ontwerpproces. 21 procent van de woningcorporaties geeft aan BIM te gebruiken om hoeveelheden en materialen te achterhalen. 3 procent van de woningcorporaties geeft aan BIM te

gebruiken doordat er parameters zijn toegevoegd. Slechts 12 procent van deze woningcorporaties geeft aan een digital twin te gebruiken na de ontwerpfase.

Antwoord	Antwoorden	Ratio
● 1. Er wordt na de realisatie niet meer gebruik gemaakt van het BIM-model	21	63,6%
● 2. Na de realisatie wordt het BIM-model gebruikt om hoeveelheden en materialen te achterhalen	7	21,2%
● 3. Er wordt na de realisatie wel gebruik gemaakt van het BIM-model doordat er parameters zijn toegevoegd aan het model	1	3,0%
● 4. Er wordt na de realisatie gebruik gemaakt van een digital twin	4	12,1%

Figuur 29: Woningcorporaties die na de ontwerpfase nog gebruik maken van BIM (Eigen werk)

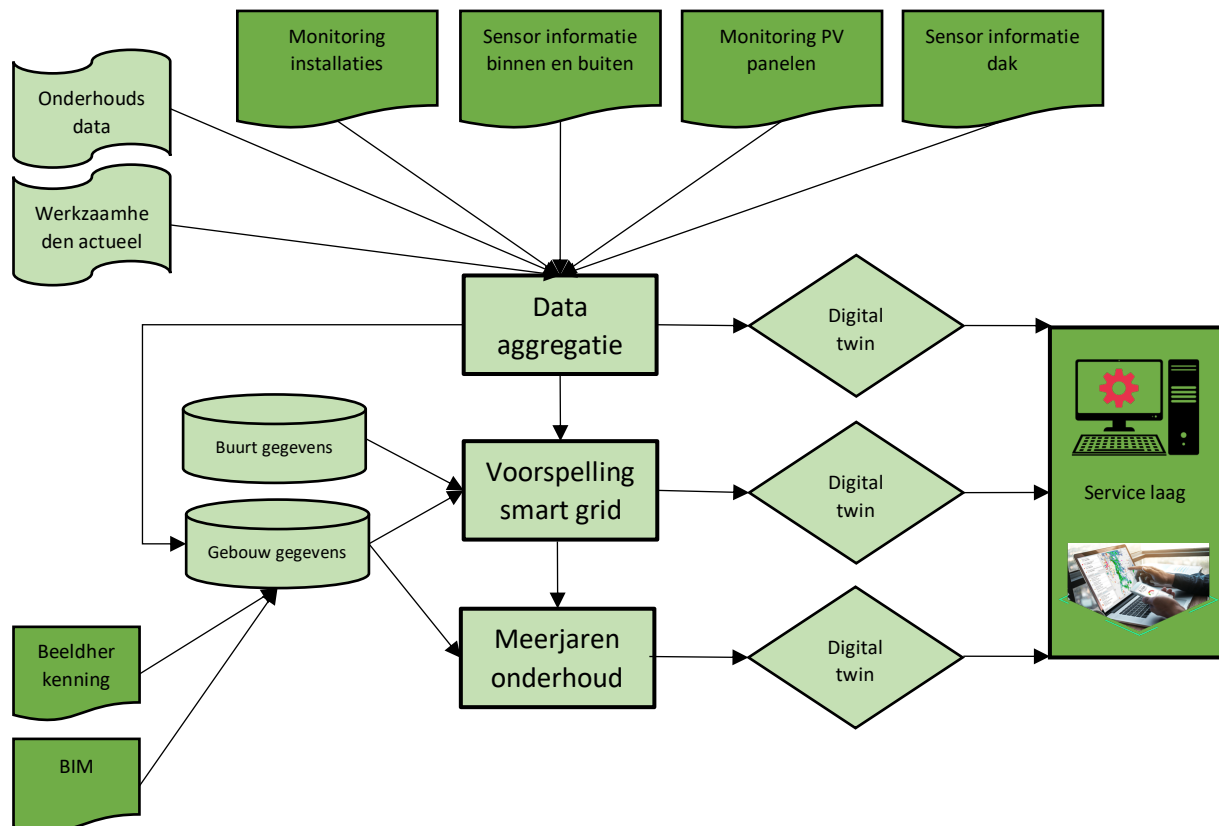
4 van de 65 woningcorporaties die de enquête hebben ingevuld geven aan een digital twin te gebruiken na de realisatie van het pand. Van de 4 woningcorporaties die hebben aangegeven een digital twin te gebruiken zijn er 2 corporaties geïnterviewd: Trivire en Woonstad Rotterdam. Uit de interviews (bijlage G) is naar voren gekomen dat beide woningcorporaties dachten een digital twin te gebruiken maar in de praktijk was dit slechts een BIM model. Doordat de digital twin afkomstig is uit andere industrieën en het een nieuwe innovatie is ontstaan er verschillende interpretaties over het begrip. De waarde van de 4 woningcorporaties die aangeven een digital twin te gebruiken klopt dus niet, na de woningcorporaties gesproken te hebben waren dit slechts BIM modellen. Er kan uit de enquête uitkomsten worden geconcludeerd dat geen van de woningcorporaties nog gebruik maakt van een digital twin in het beheerproces van het vastgoed.

Het feit dat slechts 12 van de 65 woningcorporaties aangeven nog gebruik te maken van het BIM model na de realisatie komt volgens Armand Sol van Delta Wonen (bijlage G) doordat het BIM model is afgestemd op het ontwerpproces van de architect en bouwer. Een BIM model is niet 'plug en play' en dient afgestemd te worden op het beheer- en onderhoudsproces van de woningcorporaties. In het huidige nieuwbouwproces wordt het BIM model volgens Armand Sol niet ontworpen voor het beheer- en onderhoudsproces. Zo worden er aan BIM modellen vaak geen parameters en waardes toegevoegd die voor assetmanagement noodzakelijk zijn. Indien de woningcorporaties een BIM-model of een digital twin willen toepassen in het beheerproces dan is het van belang om dit contractueel vast te stellen in een BIM ILS in het ontwerpproces.

In figuur 30 is een visualisatie gemaakt hoe een digital twin in elkaar zit, het figuur is gebaseerd op het model dat door de woningcorporatie Delta Wonen en Kleurrijk Wonen is opgesteld. Deze woningcorporaties hebben het model gepresenteerd tijdens de COP meeting die via Bouwlab worden gehouden. In deze COP meetings wordt het voortgangsproces van de woningcorporaties gemonitord en indien nodig bijgestuurd. In het figuur zijn de huidige werkzaamheden waar de woningcorporaties momenteel mee bezig zijn of net hebben afgerond donkergroen gemaakt. De woningcorporaties richten zich momenteel op de data aggregatie en onderzoeken hoe de sensorinformatie in een digital twin terecht kan komen. Daarnaast zijn de woningcorporaties bezig met verkrijgen van beeldherkenning door middel van camerabeelden en richten zij zich op het opstellen van volledige BIM modellen die als de ruggengraat van een digital twin kunnen worden gezien. Tot slot zijn de woningcorporaties gefocust om de gegevens en data uit de digital twin te visualiseren in een dashboard in de service laag.

Uit de COP meeting met de woningcorporaties en het model kan geconcludeerd worden dat de corporaties nog niet zo ver zijn dat ze een volledig werkende digital twin hebben die data kan opslaan en onderhoud kan bepalen. De woningcorporaties hebben in de COP meeting aangegeven dat de eerste

digital twin in het bedrijfsproces van de corporaties rond 2025 werkend zal zijn. Ook in het interview met Trivire (bijlage G) is naar voren gekomen dat de volledige portefeuille al is gedigitaliseerd in een BIM omgeving en dat de eerste pilot is afgerond met betrekking tot sensordata in een dashboard. Ook Trivire sprak de verwachting uit de eerste digital twin te lanceren rond 2025.



Figuur 30: Digital twin proces en de huidige werkzaamheden (donkergroen) die de woningcorporaties momenteel uitvoeren (Eigen werk)

2.2.5 Deelconclusie

Een digital twin in het beheerproces van woningbeheerders kan worden opgedeeld in 5 dimensies die de basis vormen: software laag, service laag, data laag, fysieke laag en de model laag. Deze 5 dimensies worden toegepast om digital twin systemen te bouwen met een hoge betrouwbaarheid, uitvoerbaarheid, flexibiliteit en intelligentie. Een digital twin heeft voor het beheerproces vele voordelen, zo ontstaat er bij het gebruik van een digital twin een centrale vastgoedcartotheek en is het mogelijk om het vastgoed vanaf de computer te managen doordat sensordata in het 3D model terugkomt. Al met al leidt het gebruik van een digital twin ertoe dat de onderhoudskosten verlagen, huurders- en gebruikerstevredenheid toeneemt en de beheer- en operationele kosten afnemen.

Wanneer een digital twin geïmplementeerd moet worden in het bedrijfsproces van woningbeheerders dan moeten de volgende 3 stappen op chronologische volgorde doorlopen worden: bedrijfscultuurfase, ontwerpfase en implementatiefase. In het kort houdt dit in dat er eerst een verandering moet komen in de bedrijfscultuur/denkwijze, hierna moet de digital twin ontworpen en getest worden en tot slot moet deze geïmplementeerd worden binnen de organisatiestructuur en moet er een opschaling plaatsvinden.

Wat betreft de huidige stand van zaken omtrent de digital twin in het beheerproces van woningbeheerders kan er gezegd worden dat de eerste digital twin binnen woningcorporaties nog niet op de markt is. Uit de interviews en COP meeting is gebleken dat de eerste digital twins rond 2025 worden verwacht. De woningcorporaties richten zich momenteel op de data aggregatie en

onderzoeken hoe de sensorinformatie in een digital twin terecht kan komen. Daarnaast zijn de woningcorporaties bezig met het verkrijgen van beeldherkenning door middel van camerabeelden en richten zij zich op het opstellen van volledige BIM modellen die als de ruggengraat van een digital twin kunnen worden gezien. Tot slot zijn de woningcorporaties gefocust om de gegevens en data uit de digital twin te visualiseren in een dashboard in de service laag. Al deze werkzaamheden samen moeten er uiteindelijk toe leiden dat de eerste digital twin binnen enkele jaren op de markt komt.

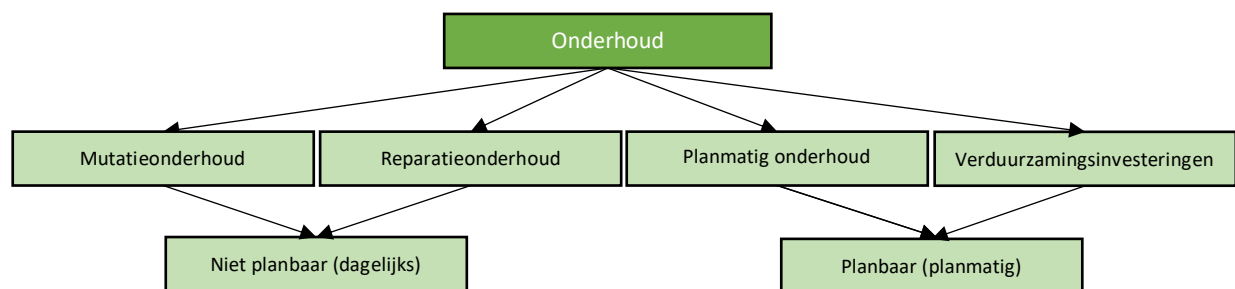
4.3 Deelvraag 3: Onderhoudsproces woningbeheerders

In deze paragraaf wordt onderzoek gedaan naar het huidige onderhoudsproces van woningbeheerders. Allereerst zal onderzoek gedaan worden naar de verschillende soorten onderhoud die bestaan en hoe het onderhoudsproces hierop is vormgegeven. Hierop volgend zijn de tekortkomingen in het huidige onderhoudsproces in kaart gebracht en geanalyseerd. Tot slot is de deelconclusie opgesteld waarin antwoord wordt gegeven op de deelvraag uit deze paragraaf.

4.3.1 Huidige onderhoudsproces woningbeheerders

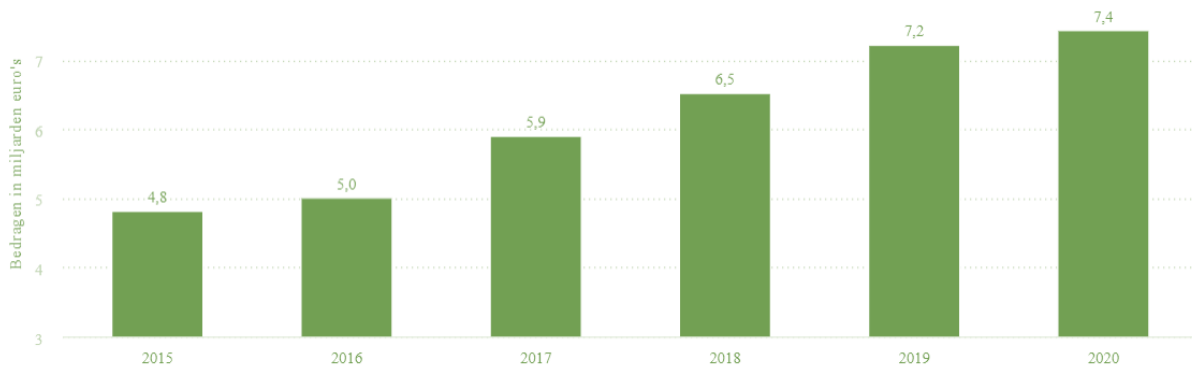
Woningcorporaties hebben als een primaire taken het investeren en beheren van woningen, zij verrichten deze werkzaamheden over het algemeen om mensen met een lager inkomen huisvesting te bieden. Deze werkzaamheden kunnen worden opgedeeld in een maatschappelijke- en een vastgoedfunctie. In het onderzoek van (Gedik, 2021) komt naar voren dat woningcorporaties verplicht zijn om kwetsbare groepen huisvesting te bieden en deze woningen dienen goed leefbaar te zijn. Daarnaast staat de onderhoudsplicht van woningcorporaties ook vastgesteld in de woningwet. In deze woningwet staan regels opgesteld waaraan woningcorporaties zich dienen te houden met betrekking tot het onderhouden van haar woningen. Het onderhoud is opgedeeld in een viertal onderhoudssoorten, deze onderhoudssoorten zijn kunnen als volgt geformuleerd worden:

1. Mutatieonderhoud
2. Reparatieonderhoud
3. Planmatig onderhoud
4. Verduurzamingsinvesteringen (geen onderhoud)



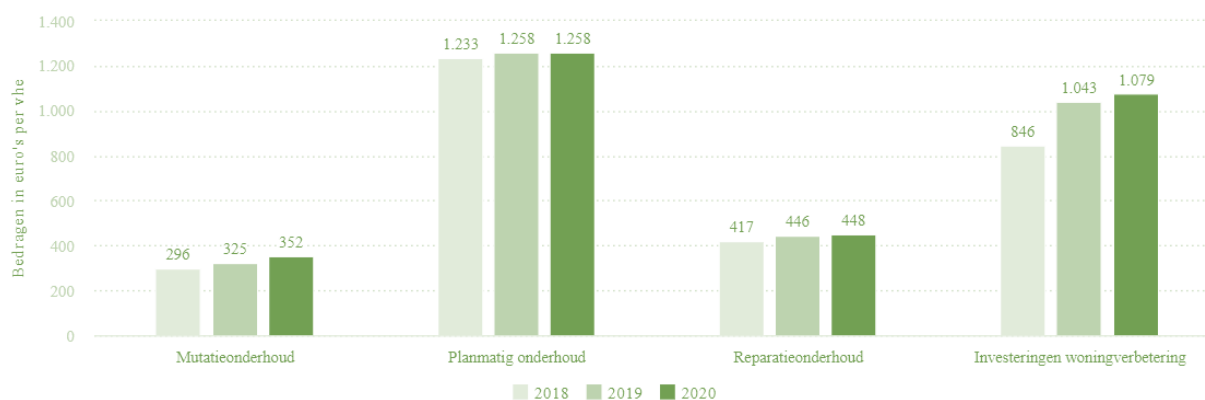
Figuur 31: Onderverdeling categorieën onderhoud (Eigen werk)

De ontwikkeling van de te maken onderhoudskosten van woningcorporaties is de afgelopen jaren flink gestegen. Zo zijn de onderhoudskosten in de periode van 2015 tot en met 2020 meer dan 50 procent gestegen, van 4,8 miljard euro naar ruim 7 miljard euro (Aedes, 2020). Deze flinke stijging is visueel zichtbaar in figuur 32. Hoewel de onderhoudskosten de afgelopen jaren met ruim 50 procent zijn gestegen kan er wel geconcludeerd worden dat de kosten in 2020 zijn afgevlakt met een stijging van slecht 2,8 procent (0,2 miljard euro) ten opzichten van 2019. De jaren daarvoor was deze stijging jaarlijks meer dan 10 procent.



Figuur 32: Ontwikkeling onderhoudskosten 2015-2020 (Aedes, 2020)

In figuur 33 zijn de onderhoudskosten opgedeeld in de eerder genoemde posten: mutatieonderhoud, planmatig onderhoud, reparatieonderhoud en verduurzamingsinvesteringen. Een van de grootste verschillen met voorgaande jaren is de afremmende groei van de post investeringen, zo steeg deze post in 2019 nog 197 euro per vhe ten opzichte van 2018, in 2020 was deze stijging slechts 36 euro per vhe. De onderhoudskosten van planmatig onderhoud en reparatieonderhoud zijn ten opzichten van 2019 nauwelijks tot niet veranderd. De post mutatieonderhoud is in 2020 ruim 8 procent gestegen ten opzichte van het voorgaande jaar naar 353 euro per vhe. Daarentegen is dit slechts een kleine post tegenover de kosten in de andere posten. De gemiddelde onderhoudskosten per vhe komen uit op 3136 euro in 2020, in 2019 was dit bedrag nog 3072 euro. Deze stijging is te wijden aan de toenemende onderhoudskosten van zeer grote corporaties (XL corporaties). Deze grote corporaties beheren ongeveer één derde van de woningvoorraad waardoor de stijging zwaar meeweegt (Aedes, 2020).



Figuur 33: Onderhoudskosten opgedeeld per onderhoudssoort (2018-2020) (Aedes, 2020)

Mutatieonderhoud

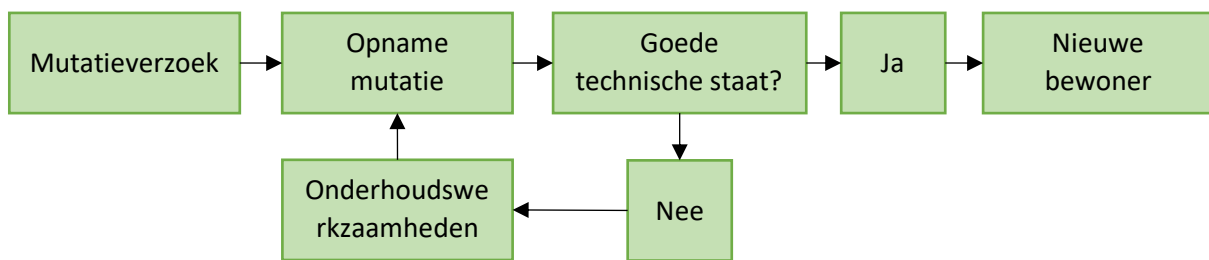
Volgens (Gedik, 2021) vindt mutatieonderhoud plaats op het moment dat in een woning huurders gaan wisselen, de ene huurder verlaat de woning en de andere huurder trekt in de woning. Deze onderhoudsvorm wordt toegepast om de woning in de oorspronkelijke onderhoudsstaat te brengen en wordt uitgevoerd door de afdeling klanten en buurten. Het mutatieonderhoud wordt voornamelijk uitgevoerd aan de binnenzijde van de woningen, denk hierbij aan stucwerkzaamheden, vervangingswerkzaamheden keukens, verwijderen wanden, etc. In 2019 was de mutatiegraad 7,9 procent van het totale bezit van alle verhuureenheden van de woningcorporaties, dit waren in totaal 35.264 verhuureenheden (Datawonen, 2020).



Figuur 34: Werkzaamheden bij mutatieonderhoud (Datawonen, 2020)

In figuur 34 zijn de verschillende werkzaamheden bij mutatieonderhoud visueel zichtbaar gemaakt. Hieruit valt te concluderen dat hang- en sluitwerk en Electra de meest voorkomende werkzaamheden zijn bij mutatieonderhoud met respectievelijk 23 en 22 procent van de mutaties, deze werkzaamheden zijn erop gericht om de woning weer leefbaar te maken. Wanneer deze werkzaamheden zijn verricht dan volgen de overige werkzaamheden die er toe leiden dat de woning wordt verbeterd en verfraaid. Enkele voorbeelden hiervan zijn het plaatsen van een nieuwe keuken of toilet, stucwerkzaamheden, schilderwerkzaamheden, etc. Het onderhoud van deze mutaties vindt voornamelijk plaats door middel van onderhoudscontracten met organisaties.

In figuur 35 is visueel zichtbaar gemaakt hoe het mutatieproces van woningcorporaties eruit ziet. Allereerst komt een mutatieverzoek binnen doordat de bewoner van de woning van huis wilt wisselen. Hierop volgend volgt een mutatieopname waarin de woning wordt gecontroleerd door middel van een inspectieronde. Tijdens deze inspectieronde wordt gecontroleerd of de bewoner het pand naar juistheid heeft achtergelaten en of de bewoner geen aanpassingen in de woning heeft aangebracht. Wanneer er geconstateerd wordt dat de woning naar onjuistheid is achtergelaten dan dient de vorige bewoner de woning in correcte staat te brengen. Indien de aangebrachte veranderingen een meerwaarde biedt voor de woning dan kunnen deze aanpassingen over het algemeen blijven. Een voorbeeld hiervan is het aanbrengen van een nieuw toilet, de nieuwe bewoner ervaart dit ook als positief. Wanneer het pand in goede technische staat is en is goedgekeurd tijdens de mutatieopname dan kan de nieuwe bewoner in het pand trekken (Theeuwen & Pim, 2016).



Figuur 35: Werkwijze bij mutaties door woningcorporaties gebaseerd op het model van (Theeuwen & Pim, 2016)

Reparatieonderhoud

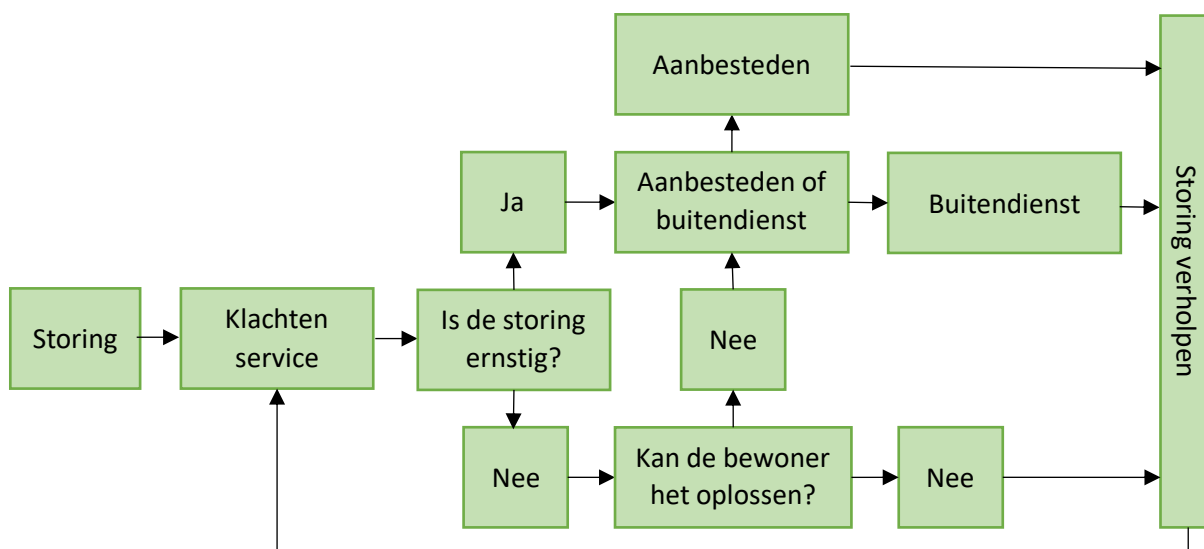
Volgens (Bouwkennis, 2021) kan reparatieonderhoud worden gezien als het onderhoud dat wordt uitgevoerd naar aanleiding van een klacht of een reparatieverzoek van een bewoner van het pand. Deze klacht vloeit voort uit een vermindering in het woongenot door de bewoner. In het onderzoek van (Gedik, 2021) komt naar voren dat de kosten van het reparatieonderhoud kunnen worden onderverdeeld in twee delen, de onderhoudskosten voor de huurder (huurdersonderhoud) en de onderhoudskosten voor de verhuurder (verhuurdersonderhoud). Huurdersonderhoud bevindt zich aan de binnenzijde van de woning, de bewoner van het pand krijgt de mogelijkheid om en onderhoudsabonnement af te sluiten voor dit onderhoud. Het verhuurdersonderhoud bevindt zich voornamelijk aan de buitenzijde van het pand, een voorbeeld hiervan is het vervangen van het schilderwerk van de kozijnen.



Figuur 36: Werkzaamheden bij reparatieonderhoud (Datawonen, 2020)

In figuur 36 zijn de verschillende werkzaamheden bij reparatieonderhoud visueel zichtbaar gemaakt. Hieruit valt te concluderen dat hang- en sluitwerk de meest voorkomende werkzaamheid is bij reparatieonderhoud met respectievelijk 37 procent. Daarnaast komen ook de klachten omtrent de riolering en waterleidingen vaak voor bij reparatieonderhoud. Daarnaast wordt de top vijf aangevuld met onderhoud aan de cv-ketel en het sanitair. Wanneer gekeken wordt naar de verschillende posten in figuur X dan valt te concluderen dat de posten direct invloed hebben op het woongenot van de bewoner en dat hier daarom klachten over worden gemaakt. Over het onderhoudsproces van reparatieonderhoud kan

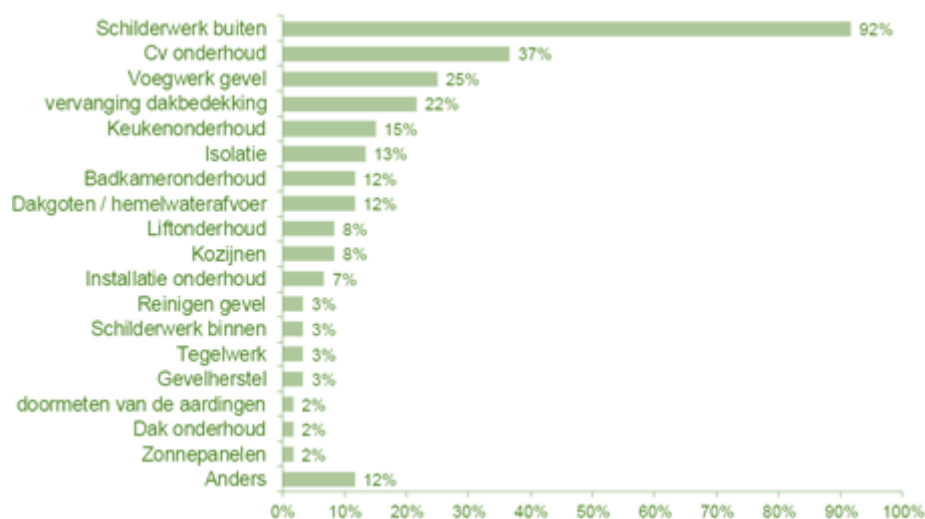
gezegd worden dat dit varieert ten opzichte van het onderhoudsproces van mutatieonderhoud. In figuur 37 is het onderhoudsproces van reparatieonderhoud visueel zichtbaar gemaakt.



Figuur 37: Werkwijze bij klachten door woningcorporaties gebaseerd op het model van (Theeuwes & Pim, 2016)

Planmatig onderhoud

Volgens (Straub, 2001) kan planmatig onderhoud worden opgedeeld in een viertal werkzaamheden: inventarisatie, inspectie, opstellen MJOP en de opdrachtverlening voor het uitvoeren van de werkzaamheden. Planmatig onderhoud kan volgens (Gedik, 2021) worden gezien als een terugkerende onderhoudsactiviteit. Planmatig onderhoud is erop gericht om de kans op reparatieonderhoud/klachten in te perken. Hierin kan planmatig onderhoud worden opgedeeld in een tweetal activiteiten: tijdsafhankelijk onderhoud en conditie-afhankelijk onderhoud. Tijdsafhankelijk onderhoud kan worden gezien als onderhoud dat uitgevoerd wordt op basis van een verstreken tijdsperiode of gebruiksuren. Denk hierbij aan onderhoud van installatiesystemen, dit service-onderhoud wordt op basis van gebruiksuren ingepland. Conditie-afhankelijk onderhoud kan worden gezien als onderhoud dat wordt uitgevoerd doordat een conditienorm niet meer gehaald wordt. Dit wordt geconstateerd door een inspecteur tijdens de inspectie. Voorbeelden van conditie-afhankelijk onderhoud is het vervangen van de dakbedekking doordat er craquelé haarscheurtjes in de dakbedekking aanwezig zijn waardoor de conditie van het bouwdeel onvoldoende is.



Figuur 38: Werkzaamheden bij planmatig onderhoud (Datawonen, 2020)

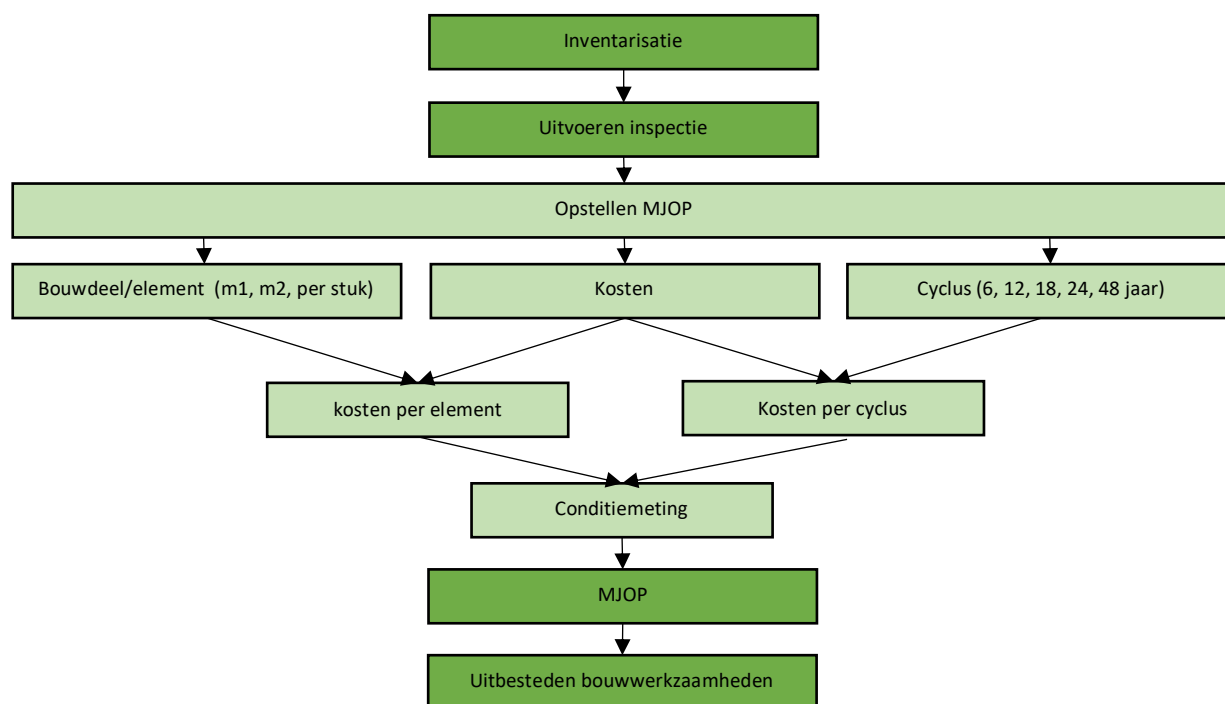
Naast het schilderwerk zijn ook cv onderhoud, voegwerkzaamheden en dak werkzaamheden veelvoorkomende onderhoudswerkzaamheden binnen planmatig onderhoud.

In figuur 38 zijn de verschillende werkzaamheden die bij planmatig onderhoud worden uitgevoerd visueel zichtbaar gemaakt. Er valt te concluderen dat het schilderwerk aan de buitenzijde van de gevel veruit de meest voorkomende activiteit is bij planmatig onderhoud, waarbij het bij 92% van de

Meerjaren onderhoudsplanning (MJOP)

Om het planmatige onderhoud vast te stellen wordt gebruik gemaakt van een meerjaren onderhoudsplan (MJOP). Een MJOP is een rapport waarin de conditie van alle onderhoud behoevende elementen van een gebouw genoteerd staan. Aan elk van deze elementen is een uitvoeringsjaar, hoeveelheid met een prijs gekoppeld. Op die manier ontstaat er een begroting en uitvoeringsplanning voor het onderhouden van het gebouw. In het MJOP zijn drie elementen van groot belang. Het MJOP moet aangeven over welk bouwdeel het gaat, wanneer deze aan vervanging of herstel toe is en wat de kosten hiervan zijn. Het gaat dan over de volgende onderwerpen:


1. **Bouwdeel:** het MJOP moet laten zien over welk bouwdeel het gaat (kozijnen, schilderwerk, gevel, dak, dakgoot, etc.). Het bouwdeel wordt altijd aangevuld door middel van een NL-SfB codering. Daarnaast dient er voor elk bouwdeel inzichtelijk te zijn wat de hoeveelheid is van dat bouwdeel (m1, m2, per stuk).
2. **Cyclus:** het MJOP moet laten zien hoe lang een bepaald bouwdeel meegaat en wanneer er dus herstel of vervanging plaats moet vinden. Dat gebeurt op basis van de technische levensduur. Van elk dak, kozijn of ander element is bepaald hoelang het element gemiddeld meegaat. De onderhoudscyclussen binnen een MJOP zijn voornamelijk opgedeeld in de volgende cyclussen: 6,12,18,24,36 en 48.
3. **Kosten:** tot slot moet er in het MJOP staan wat de kosten voor herstel of vervanging zijn van de bouwdelen. Als de informatie gekoppeld wordt aan wanneer en hoe vaak het onderhoud uitgevoerd moet worden dan kan bepaald worden hoe hoog de onderhoudskosten zijn.



Figuur 39: Visuele weergave van het onderhoudsproces bij planmatig onderhoud (opstellen MJOP) (Eigen werk)

Naast het feit dat een MJOP bestaat uit bouwdeel, kosten en een cyclus is de conditiemeting van groot belang binnen een MJOP. Door middel van de conditiescore wordt het vervangingsmoment van een bouwdeel bepaald. Door middel van de NEN 2767 kan de conditiescore van een bouwdeel bepaald worden. De NEN 2767 heeft als doel het bereiken van een transparante, herleidbare en daarmee persoonsonafhankelijke vaststelling en registratie van gebreken. Dit betekent dat de conditiescores, die worden bepaald volgens de NEN 2767, inspecteursonafhankelijk zijn en daarbij op een herleidbare manier (zoals omschreven in de NEN 2767) worden bepaald. De NEN 2767 is een standaardmethode

om bouwkundige gebreken te classificeren in ernst, intensiteit en omvang. De ernst wordt bepaald aan de hand van het type gebrek; dit is een logische indeling in een schaal van 1 tot 3 (gering/serieus/ernstig). Daarna wordt er gekeken naar het stadium. Tot slot wordt bepaald hoeveel van het element in die staat verkeerd. Wanneer het element is beoordeeld middels de NEN 2767 systematiek dan komt daar een conditiescore uit variërend van 1 tot en met 6 waarbij 6 de laagste score is (visueel zichtbaar in figuur 40)



Conditie score	Omschrijving	Toelichting
1	Uitstekend	Incidenteel geringe gebreken.
2	Goed	Incidenteel beginnende veroudering.
3	Redelijk	Plaatselijk zichtbare veroudering. Functievervulling van bouw- en installatiedelen incidenteel niet in gevaar
4	Matig	Functievervulling van bouw- en installatiedelen incidenteel in gevaar.
5	Slecht	De veroudering is onomkeerbaar.
6	Zeer slecht	Technisch rijp voor de sloop

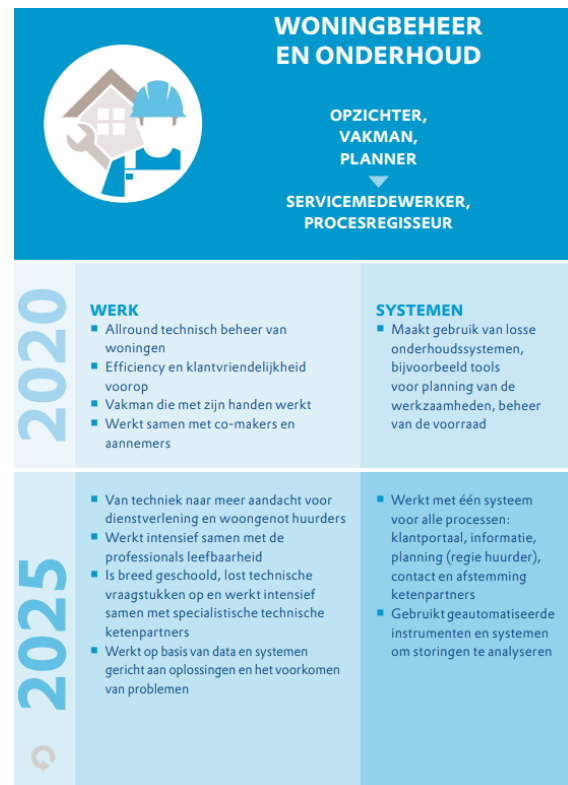
Figuur 40: Conditie scores die voortvloeien uit de NEN 2767 systematiek

Aan de hand van het MJOP wordt uiteindelijk bepaald wanneer onderhoud aan het pand uitgevoerd dient te worden. Volgens (Theeuwen & Pim, 2016) is binnen de woningcorporaties de afdeling strategie en advies eindverantwoordelijk voor het MJOP (correct en juist) en het uitbesteden van het onderhoud op een goedkope wijze die financieel verantwoord is. Een goedkope wijze om het onderhoud uit te besteden is ketensamenwerking. Ketensamenwerking kan gezien worden als een samenwerkingsvorm tussen partijen waarin afspraken gemaakt worden voor meerdere projecten. Doordat het onderhoud niet wordt uitgevoerd op één project maar op meerdere projecten kan het onderhoud op een goedkope wijze worden uitgevoerd. Daarnaast dient de afdeling strategie en advies ook het MJOP te controleren om zodoende fouten uit het plan op te sporen. Zo kunnen er fouten in het MJOP aanwezig zijn doordat het onderhoud is afgestemd op de technische levensduur, dit kan anders zijn dan de werkelijkheid. Ook kunnen huurders invloed uitoefenen op het uit te voeren onderhoud. Indien er veel klachten vanuit de huurders komen over lekkages onder de dakbedekking dan zal eerder de dakbedekking worden vervangen, ook wanneer dit niet in het MJOP staat.

4.3.2 Tekortkomingen in het huidige onderhoudsproces

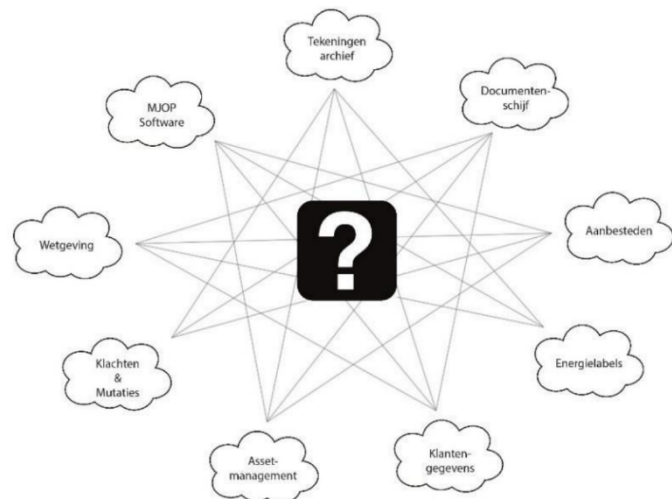
In 2019 zijn er een aantal woningcorporaties geweest, waaronder de Alliantie en Kleurrijk Wonen, die de overtuiging hebben uitgesproken dat de digitale wereld duidelijk de overhand gaat overnemen in de vastgoedbranche. Hier zijn een aantal redenen voor: het vertrek van de vakkennis bij de opdrachtgevers, de manier van samenwerken en de daarbij horende inkoop strategie en het vastleggen en monitoren van de kwaliteit. Dit is sinds 2020 geformaliseerd, dus kwaliteitsborging hoort onderdeel te zijn van het risicobeheersmaatregel in de volledige breedte. Om deze reden is er een traject gestart onder de naam 'woningcorporatie van de toekomst' waar zoals eerder genoemd de woningcorporaties de Alliantie en Kleurrijk Wonen (Bijlage G) de kartrekker van waren. In die hoedanigheid is er gekeken welke partijen aangeschreven kunnen worden en welke partijen benaderd willen worden.

Ook heeft Aedes samen met circa 1000 corporatiemedewerkers een toekomstbeeld opgesteld hoe het bedrijfsproces van de woningcorporaties er in 2025 ongeveer uitziet. Doordat er in de komende jaren veel ontwikkelingen en innovaties zijn zullen de woningcorporaties de komende jaren flink veranderen. Hoe de woningcorporaties er exact uit zullen zien in niet zeker maar stilstaan wordt niet als een optie gezien. In figuur 41 is zichtbaar wat Aedes verwacht met betrekking tot veranderingen in het woningbeheer en onderhoud. Hieruit valt te concluderen dat het gebruik van data en systemen wordt toegepast om oplossingen en problemen te voorkomen. Daarnaast zal er van losse onderhoudssystemen afscheid worden genomen en zal er via één systeem gewerkt worden voor alle processen. Daarnaast geeft Aedes aan dat er geautomatiseerde instrumenten en systemen komen om storingen te analyseren. Al met al kan geconcludeerd worden dat Aedes het oude onderhoudsproces ziet verdwijnen en dat nieuwe onderhoudssystemen als sensoren en Spotr de overhand zullen nemen waardoor het proces wordt geautomatiseerd en data toegepast wordt. (Aedes, 2020)



Figuur 41: Woningcorporatie van de toekomst volgens www.aedes.nl

Uit de interviews met de woningcorporaties is naar voren gekomen dat er in het huidige onderhoudsproces veel data- en informatieverlies plaatsvindt doordat er geen gestructureerde en uniforme wijze van opslaan gehanteerd wordt. Het data- en informatieverlies heeft grote gevolgen voor het beheer- en onderhoudsproces van de woningcorporaties doordat opgedane gegevens en informatie verdwijnt of ongestructureerd is. Hierdoor dienen eerder uitgevoerde werkzaamheden opnieuw uitgevoerd te worden wat tot gevolg heeft dat het proces inefficiënt is vormgegeven. In het onderzoek van (Theeuwes & Pim, 2016) komt ook naar voren dat er veel data- en informatieverlies plaatsvindt, dit komt volgens hun doordat er meerdere systemen aanwezig zijn bij het huidige onderhoudsproces waardoor informatie op verschillende plekken wordt opgeslagen en hierdoor moeilijk te vinden is. Daarnaast gebruikt ook iedere woningcorporatie haar eigen software en IT oplossingen terwijl de werkzaamheden voor iedere woningcorporatie gelijk zijn, uniformiteit zou hierin bevorderend kunnen zijn. In figuur 42 is het data- en informatieverlies in het huidige onderhoudsproces te zien doordat de informatie op verschillende plekken wordt opgeslagen.



Figuur 42: Data- en informatieverlies in het huidige onderhoudsproces (Theeuwes & Pim, 2016)

voren dat er veel data- en informatieverlies plaatsvindt, dit komt volgens hun doordat er meerdere systemen aanwezig zijn bij het huidige onderhoudsproces waardoor informatie op verschillende plekken wordt opgeslagen en hierdoor moeilijk te vinden is. Daarnaast gebruikt ook iedere woningcorporatie haar eigen software en IT oplossingen terwijl de werkzaamheden voor iedere woningcorporatie gelijk zijn, uniformiteit zou hierin bevorderend kunnen zijn. In figuur 42 is het data- en informatieverlies in het huidige onderhoudsproces te zien doordat de informatie op verschillende plekken wordt opgeslagen.

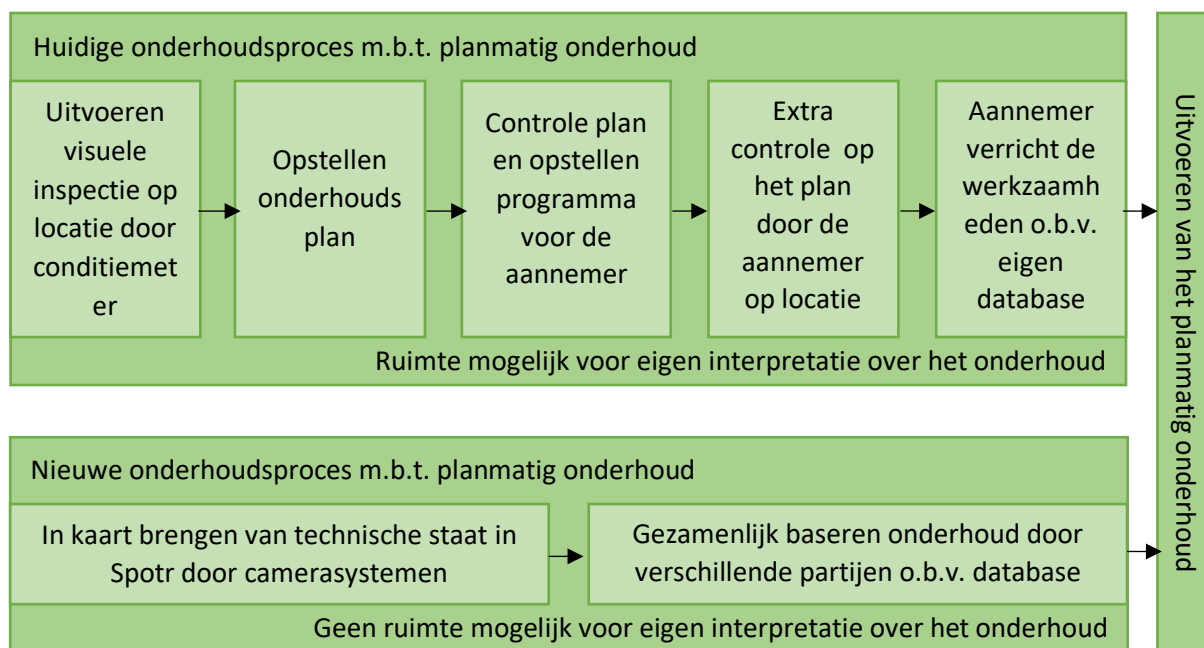
Naast het feit dat er veel data- en informatieverlies plaatsvindt bij het huidige onderhoudsproces heeft het huidige onderhoudsproces ook tot gevolg dat de technische staat van het vastgoed vaak niet goed in kaart is doordat er geen actuele stand van zaken is. Zo wordt de technische staat van het vastgoed bij planmatig onderhoud in het huidige onderhoudsproces om de 3 jaar in kaart gebracht, tweemaal per schilderbeurt welke om de 6 jaar plaatsvindt. Voorheen werd de conditiemeting in het midden en voor de onderhoudsbeurt uitgevoerd, in de overige jaren was de technische staat van het vastgoed dus niet actueel. Doordat de vastgoedportefeuille in de jaren waar er geen conditiemeting wordt gedaan geen relevant beeld geeft voor dat jaar vind er in die jaren veel reparatieonderhoud plaats doordat er technische gebreken zijn ontstaan die niet zijn gemonitord door de woningcorporaties. Door middel van het onderhoudsysteem van SPOTR is het mogelijk om de gehele portefeuille jaarlijks of zelfs per kwartaal in kaart te brengen. Daarnaast kan de frequentie van het inscannen van het pand per complex worden afgestemd, zo heeft een nieuwbouwpand minder gebreken dan een verouderd pand uit de 19^e eeuw. De kortere frequentie van de conditiemetingen bij Spotr leidt er toe dat de technische staat van het vastgoed veel beter in kaart is waardoor er onderhoud technisch betere keuzes gemaakt kunnen worden.

In het interview met Kleurrijk Wonen (bijlage G) is naar voren gekomen dat de menselijke factor een grote bijdrage in het huidige onderhoudsproces doordat de conditiemetingen worden uitgevoerd en beoordeeld door de mens. De conditiemetingen van de complexen kunnen hierdoor onvolledig of onjuist zijn door verkeerde interpretaties. Een mens kan immers enkel en alleen inspecteren wat er wordt gezien en gevoeld. Het onderhoudsysteem van Spotr is in staat om de gehele gevel te beoordelen, hierin maakt de grootte of hoeveelheid niet uit. Voor de mens is het onmogelijk en onrealistisch om elke vierkante meter van alle complexen in volledigheid in kaart te brengen. Zo kan de inspecteur niet bij de kozijnen en het voegwerk van de 7^e bouwlaag komen, in Spotr is het daarentegen wel mogelijk om alle gevels volledig in kaart te brengen. Het huidige onderhoudsproces is daardoor vele malen minder accuraat ten opzichten van het nieuwe onderhoudsproces om het planmatig onderhoud te bepalen.

Daarnaast vinden er volgens de Alliantie (bijlage G) vele herhaalstappen plaats bij het huidige onderhoudsproces die bij het nieuwe onderhoudsproces eenvoudig geëlimineerd kunnen worden. In de huidige onderhoudssituatie ging er een conditiemeter naar de wijk om daar foto's te maken en een visuele inspectie uit te voeren om vervolgens een rapport op te stellen. Dit rapport ging vervolgens naar de volgende persoon op de afdeling die verantwoordelijk was voor het opstellen van het programma. Deze persoon maakte het rapport compleet en gaf het door aan de aannemer. De aannemer ging vervolgens met het rapport in de hand kijken wat er uitgevoerd moest worden en ging terug naar het complex. De aannemer moest op locatie kijken hoeveel kozijnen er zijn, hoeveel er geschilderd moest worden en of er houtrot aanwezig is. De aannemer ging dus nogmaals hetzelfde bekijken en ging zijn eigen dataset opbouwen wat resulteerde in een offerte.

In het nieuwe onderhoudsproces van Spotr is er volgens de Alliantie (bijlage G) één dataset voor alle partijen. Hierdoor ontstaat er een fruitmand met alleen appels, wat voor persoon A appels zijn, zijn voor persoon B ook. In plaats van het huidige onderhoudsproces waar er een fruitmand is met appels en peren waardoor er verschillende interpretaties bestaan en mogelijk zijn. In het nieuwe onderhoudsproces is deze gezamenlijke fruitmand het grootste winstpunt te noemen tegenover het huidige onderhoudsproces, deze ene dataset maakt het mogelijk om vele malen efficiënter te werken. In het nieuwe onderhoudsproces dient de aannemer niet terug te gaan naar het complex om eigen bevindingen op te nemen maar wordt er gezamenlijk door de woningcorporatie en de gevel- en dakpartners gekeken om het onderhoud te bepalen. Als er eventuele vragen of onduidelijkheden zijn

dan kunnen deze gemakkelijk worden gekild door het opstarten van de gezamenlijke database in Spotr. Zie voor visuele vergelijking van beide onderhoudssystemen figuur 43.



Figuur 43: Het huidige en nieuwe onderhoudsproces m.b.t. planmatig onderhoud (eigen werk)

Naast het feit dat het onderhoudsproces van planmatig onderhoud in de huidige situatie vele malen minder efficiënt is dan een onderhoudstool als Spotr kan er ook gezegd worden dat het reparatieonderhoud beter kan. Een goed voorbeeld hiervan is het onderhoud aan de collectieve installaties van de woningcorporatie Staedion, zie voor de volledige uitwerking hoofdstuk [4.4.1. uitwerking use cases](#). Deze woningcorporatie kreeg te maken met boetebedragen variërend tussen de 4.000 en 40.000 euro wanneer het reparatieonderhoud aan de collectieve installaties niet binnen 4 uur werd opgelost. In het oude onderhoudsproces werd de tijd van 4 uur vaak niet gehaald doordat het proces niet geautomatiseerd is. Tegenwoordig vindt het onderhoudsproces plaats d.m.v. sensoren die een melding geven aan de monteur. Hierdoor wordt de maximale reparatietijd van 4 uur vrijwel altijd gehaald. Het toepassen van de sensoren in het nieuwe onderhoudsproces leidt er dus toe dat de boetebedragen vrijwel nooit meer betaald hoeven te worden, dit kan gezien worden als een groot voordeel tegenover het oude onderhoudsproces waar de reparatietijden veel langer waren.

4.3.3 Deelconclusie

Het onderhoud van woningcorporaties kan opgedeeld worden in een drietal soorten onderhoud: mutatieonderhoud, reparatieonderhoud en planmatig onderhoud. mutatieonderhoud vindt plaats op het moment dat in een woning huurders gaan wisselen, de ene huurder verlaat de woning en de andere huurder trekt in de woning. Reparatieonderhoud kan worden gezien als het onderhoud dat wordt uitgevoerd naar aanleiding van een klacht of een reparatieverzoek van een bewoner van het pand. Planmatig onderhoud kan volgens worden gezien als een terugkerende onderhoudsactiviteit. Planmatig onderhoud is erop gericht om de kans op reparatieonderhoud/klachten in te perken.

Het huidige onderhoudsproces heeft enkele tekortkomingen tegenover het nieuwe onderhoudsproces waar data gedreven wordt gewerkt zoals sensoren of een platform als Spotr. De tekortkomingen in het huidige onderhoudsproces kunnen als volgt worden genoemd: er vindt data- en informatieverlies plaats, de technische staat van het vastgoed is vaak niet actueel in beeld, de menselijke factor heeft een grote bijdrage waardoor er meer fouten worden gemaakt en er meerdere interpretaties mogelijk zijn, er vinden herhaalstappen plaats waardoor het proces niet efficiënt is en tot slot zijn er meerdere databasen die gebruikt worden door de verschillende partijen.

4.4 Deelvraag 4: Gevonden use cases in de praktijk

In deze paragraaf worden de opgedane praktijkervaringen, zogenoemde use cases, in kaart gebracht en uitgewerkt. Allereerst zal een verkennende enquête worden opgesteld en verstuurd. Hier opvolgend worden diepte-interviews uitgevoerd met partijen uit de praktijk om zodoende de use cases te achterhalen, zie voor verdere uitleg hoofdstuk 3.4 Diepte-interviews. Deze use cases zullen in deze paragraaf worden geanalyseerd en uitgewerkt. Tot slot is de deelconclusie opgesteld waarin antwoord wordt gegeven op de deelvraag uit deze paragraaf.

4.4.1 Uitwerking use cases

Om de opgedane use cases uit de praktijk in kaart te brengen zijn de diepte-interviews uitgevoerd. Zoals in hoofdstuk 3.4 Diepte-interviews staat omschreven zijn er in totaal 26 partijen geïnterviewd. De partijen kunnen opgedeeld worden in woningcorporaties en bedrijven/kennisinstellingen. Van de geïnterviewde partijen zijn er 9 woningcorporaties en 17 niet woningcorporaties geïnterviewd. In totaal hebben de interviews 14 use cases opgeleverd die onderstaand verder uitgewerkt worden. Voor een analyse van de gevonden use cases verwijst ik u naar hoofdstuk 4.5 Deelvraag 5: Analyse use cases datagestuurd onderhoud. De transcriptie van de interviews zijn te vinden in bijlage G.

Use case 1 – Funderingsmonitoring door middel van satellietdata

Deze use case is uitgevoerd door de woningcorporatie Ymere (bijlage G). Deze woningcorporatie heeft een groot deel van haar bezit in de binnenstad van Amsterdam en Haarlem, dit zijn verzakkingsgebieden die tot problemen leiden. Voorheen werd dit funderingsherstel gemonitord door middel van meetbouten die jaarlijks werden uitgelezen, dit onderzoeksproces was erg arbeidsintensief en duur omdat voor elk pand een inspecteur langs diende te komen om de bouten uit te lezen. Het geldt dat uitgegeven werd voor de inspecties voegde geen waarde toe en om deze reden heeft Skygeo contact opgenomen met Ymere om dit onderhoudsproces aan te passen.

Momenteel wordt de funderingsmonitoring gedaan door middel van satellietdata, Skygeo kan 100 procent van de portefeuille van Ymere in beeld brengen in haar systeem. Dit heeft een iets grotere afwijking dan het meten met meetbouten. In het systeem van Skygeo kunnen toleranties worden aangegeven, wanneer een bepaald complex in een bepaalde tolerantie terechtkomt dan wordt er overgeschakeld naar meetbouten. Op deze wijze dient slechts 5 procent van de portefeuille nog jaarlijks gemeten te worden door middel van meetbouten, bij 95 procent van de panden dienen geen metingen met meetbouten uitgevoerd te worden omdat deze via de satellietbeelden gemonitord kunnen worden.

In figuur 44 is een visuele weergave van het funderingsoverzicht in het programma van Skygeo. Door middel van deze digitale tool kan eenvoudig worden gezien welke panden tot problematiek leiden binnen de portefeuille. De applicatie kan worden gebruikt via de cloud, het werkt via de webbrowser van Skygeo. Skygeo en Ymere waren 2 jaar geleden gestart met deze pilot, de resultaten waren positief bevallen en om deze reden is vorig jaar de opschaling gemaakt naar de hele portefeuille. Sinds 2021 is dit onderhoudsproces volledig geïntegreerd binnen het werkproces van Ymere. Ymere geeft aan dat de tijdscyclus binnen dit traject juist is, er is geen druk op het traject gezet en dit tempo was snel genoeg. Het TRL niveau van deze use case valt dus in niveau 9 waarin het volledig is geïntegreerd binnen het bedrijfsproces.



Figuur 44: Digitale tool van Skygeo waarin funderingsherstel kan worden gemonitord met satellietbeelden (Skygeo, 2021)

Enkele DO's die kunnen worden gezien bij de implementatie van deze use case zijn: geen tijdsdruk achter het proces zetten en de marktpartij/leverancier de kans geven om een podium te geven wanneer zij aangeven dat er een kans ligt. Hierin is het belangrijk om de experts binnen het bedrijf in het proces aan de gang te laten gaan. Ook voor de inspecteurs heeft dit onderhoudsproces veel voordelen doordat zij veel meer data gedreven werken, hierdoor kunnen zij strategisch een pro positie innemen. Door het onderhoudsproces op deze wijze uit te voeren heeft Ymere een proces geïmplementeerd dat voor de bedrijfsvoering beter is, zo is dit proces goedkoper en is niemand beschadigd.

Ymere heeft op een enkele KPI gestuurd, zo mocht dit onderhoudsproces niet meer kosten dan dat het oude onderhoudsproces kostte. Uiteindelijk heeft deze use case Ymere veel meer opgeleverd. Zo had Ymere een jaarbudget van circa 2 á 3 ton voor funderingsherstel, door middel van het toepassing van deze werkwijze is een jaarlijkse daling van 50.000 euro gerealiseerd. De besparing zit niet zozeer aan de voorzijde maar aan de achterzijde. Er wordt gewerkt middels funderingsklassen en wanneer een bepaalde funderingsklasse normaal gesproken wordt bereikt dan dient de fundering hersteld te worden. Echter kan Ymere aangeven dat 100 procent van de portefeuille wordt gemonitord en aangeven dat de fundering nog goed is, ook al is de fundering in funderingsklasse 3 hoeft deze niet vervangen te worden. Vanuit de regelgeving zou deze normaal gesproken vervangen moeten worden maar nu niet. Puur door het feit dat Ymere de funderingen op deze wijze monitort maakt het mogelijk dat deze funderingen in funderingsklasse 3 niet vervangen dienen te worden. Hierin zit een enorme kapitaalbesparing. Om deze reden kan dit onderhoudsproces ook een bijdrage leveren aan het duurzaamheidsaspect. Zo kan de levenscyclus van de funderingen worden verlengd waardoor minder materialen nodig zijn. Daarnaast kan het destructief onderzoek worden verlengd, wanneer dit onderzoek uitgevoerd wordt dienen er ook andere bouwdelen verwijderd te worden om bij de fundering te komen.

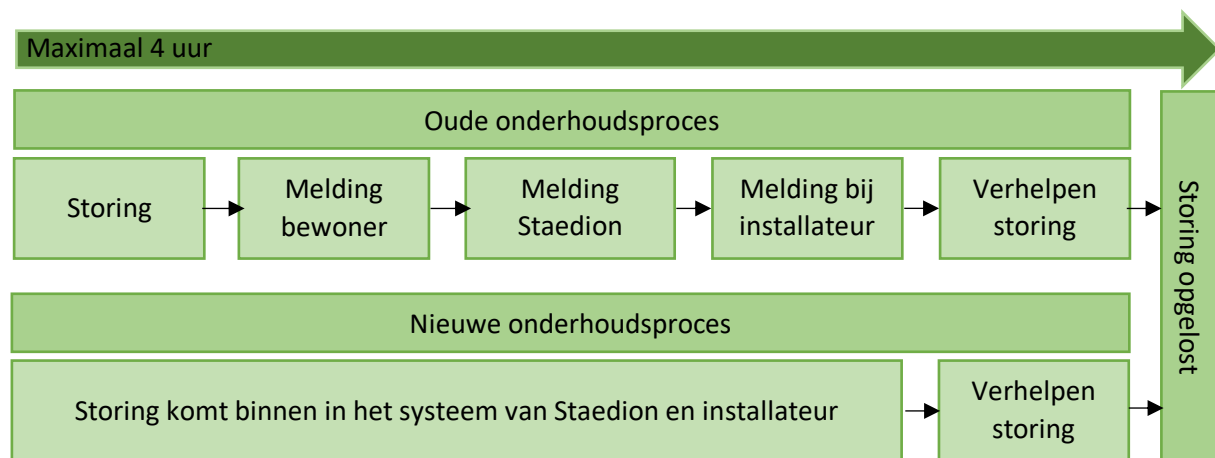
Use case 2 – Monitoring collectieve verwarmingssysteem

Deze use case is uitgevoerd door de woningcorporatie Staedion (Bijlage G). Deze woningcorporatie kreeg te maken met hoge boetebedragen vanuit de overheid wanneer er niet tijdig werd gehandeld bij storingen aan de collectieve installaties. De boetes werden opgelegd wanneer er niet binnen 4 uur werd gehandeld bij een storing. Deze boetes konden variëren van 40-200 euro per woning, de complexen bestaan vaak uit een grootte van 100 tot 200 woningen. Deze boetebedragen konden dus vaak erg hoog oplopen. Wegens financiële druk heeft Staedion besloten om de oude werkwijze, waarin de monteur telefonisch werd gealarmeerd bij storingen, in te ruilen voor de nieuwe werkwijze waar gebruik wordt gemaakt van sensoren in de collectieve installaties. Naast de financiële druk ervaaarde Staedion ook de kwalitatieve druk om de installaties beter te laten werken. Door middel van het toepassen van de sensoren in de collectieve installaties wordt zowel de financiële- als de kwalitatieve druk verminderd.

Staedion heeft een programma ontwikkeld waarin 16 sensoren zitten bij de collectieve installaties. Deze sensoren zitten voor een deel in het ketelhuis en voor een deel in de woningen. De temperatuur dient circa 21 graden te zijn, wanneer de temperatuur een andere waarde bereikt van bijvoorbeeld 24 graden dan dient de installateur iemand te sturen die de druk regelt om de apparatuur weer op 21 graden te krijgen. Hierin kunnen soms verkeerde waarden worden doorgegeven doordat de temperatuur in het ketelhuis zo hoog kan worden dat de sensoren doorbranden en de simkaart krom gaat staan. Zowel Staedion als de installateur kunnen vanuit hun eigen systeem de sensoren bewaken. Zoals eerder aangegeven kunnen er soms fouten in het systeem aanwezig zijn waardoor de installateur bij de sensoren werkzaamheden moet uitvoeren. Dit komt omdat er in het contract staat opgenomen

dat als de installatiepartij niet binnen 4 uur handelt dat de kosten voor hun zij waardoor de installatiepartij noodzaak heeft bij het oplossen van de storing.

Bij de werkwijze hiervoor kon de installateur vaak niet de garantie geven dat de problemen binnen 4 uur opgelost waren. Om deze reden is samen met de installatiepartij een monitoringssysteem geplaatst die kan communiceren met de installatie. Dit heeft er toe geleid dat Staedion bijna anderhalf miljoen euro heeft geïnvesteerd in de installaties om deze te kunnen monitoren. In totaal heeft Staedion circa 5.000 VHE die zijn voorzien van collectieve installaties, al deze complexen zijn voorzien van sensoren om te kunnen meten. Deze 5.000 VHE hebben in totaal circa 100 ketels verdeeld over de complexen. Dit is dus een zeer intensief stuk van de software bij collectieve installaties. Bij individuele installaties maakt Staedion niet gebruik van de sensoren omdat hier toestemming genoodzaakt is van de bewoners. Dit is opgenomen in de wet bescherming persoonsgegevens, die deze werkwijze moeilijk maakt.



Figuur 45: Oude en nieuwe werkwijze m.b.t. het onderhoud van de collectieve installaties van Staedion (Eigen werk)

Staedion heeft dit onderhoudsproces sinds 2016 volledig in de praktijk toegepast, in 2018 zijn zij overgestapt naar een nieuw partner genaamd Ista. Staedion ervaart positieve effecten in de vorm van klanttevredenheid, zo worden klanten sneller en beter geholpen. Daarnaast resulteert deze werkwijze in een kwaliteitsverbetering en wordt er een kwaliteits sprong in de tijd genomen. De data uit het systeem is eenvoudig te voorschijn te halen voor de klant. Hoewel Staedion positieve ervaringen heeft over het nieuwe onderhoudsproces zijn er ook dingen die beter konden bij de implementatie. Zo werd Staedion vanuit de warmtewet gepusht om sneller te beginnen waardoor ze met een experimentele installaties begonnen die samen met DVA zijn gebouwd. Doordat de installatie zelf is gemaakt heeft er veel tijd en geld in dit proces gezeten. Staedion adviseert nu een bestaande installatie op de markt uit te kiezen die hebben bewezen te werken. Momenteel zijn er circa 5 installatiesystemen op de markt die volledig en juist werken.

Eén van de doelen die Staedion nog heeft m.b.t. deze werkwijze is het verbeteren van het rendement van de ketels om bij te dragen aan het duurzaamheidsaspect. In 2022 wilt Staedion het rendement van alle ketels goed kunnen monitoren om zodoende te kunnen gaan optimaliseren. In 3 jaar tijd, dus tot 2025 dient het rendement van de ketels verbeterd te zijn. In de periode van 2022 tot 2025 gaat Staedion ook verouderde ketels vervangen omdat verouderde ketels relatief gezien niet veel in rendement kunnen gaan stijgen. Binnen drie jaar denkt Staedion dus een grote slag te gaan slaan m.b.t. de duurzaamheid van de ketels.

Use case 3 – Liftmonitoringssysteem

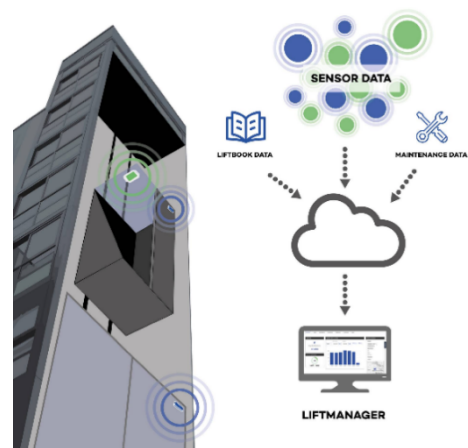
Deze use case is uitgevoerd door de woningcorporatie Staedion (bijlage G). Deze woningcorporatie kampte met veel storingen in de liften en waren hierom opzoek naar een nieuw onderhoudsproces

waar het onderhoud beter en sneller uitgevoerd kan worden. Om deze reden heeft Staedion een monitoringssysteem met sensoren in de liften geplaatst. Dit monitoringssysteem is in staat om de ritten te tellen en aan te geven welke verdiepingen de meeste storingen zijn. Dus je kan in één overzicht zien waar de lift blijft hangen en wat de oorzaak is. Niet alle technische oorzaken kan het systeem van tevoren weten maar er wordt wel altijd een melding naar de liftmonteur gestuurd. De persoon die binnen in de lift zit hoeft geen melding te maken over de storing omdat het systeem automatisch een melding maakt bij de monteur waar 24 uur per dag iemand aanwezig is om de storing te verhelpen.

Over het algemeen dient de monteur binnen 20 minuten bij de lift aanwezig te zijn. Sommige liften hebben een maximale wachttijd van 10-18 minuten en sommige liften hebben een wachttijd 18-30 minuten, dit is afhankelijk van het type huurders dat in het pand aanwezig is. Zo dient de wachttijd bij een pand met senioren korter te zijn dan als er studenten in gehuisvest zijn. In het oude onderhoudsproces werden deze tijden vaak niet gehaald door de monteur doordat er meerdere stappen in het storingsproces zaten. Zo belde de persoon die vast zat in de lift vaak naar de onderhoudsvertegenwoordiger van Staedion welke vervolgens de vertegenwoordiger van het liftinstallatiebedrijf belde. De persoon in de lift nam dan vaak ook nog zelf contact op met het liftinstallatiebedrijf terwijl de installateur al onderweg was naar de lift. Het onnodig heen en weer bellen is in het nieuwe onderhoudsproces geëlimineerd doordat er bij storingen direct een monteur naar locatie komt.

Over het algemeen worden de lifttijden wel gehaald maar er zijn ook veel gevallen waar de tijd niet behaald wordt. Er is een afspraak met de onderhoudspartij dat de dichtstbijzijnde monteur naar de lift toe moet. Wanneer de monteur bezig is met een reparatie die kan wachten en er zit iemand vast in de lift dan dient de monteur naar de lift te gaan om de persoon te helpen. Soms is er dus een variatie mogelijk van 1-5 minuten waarin het langer duurt. Wat je bij voorhand opstelt daar betaal je voor. Wil je dat er binnen 20 minuten een monteur aanwezig is in 95% van de gevallen dan kost dat 3000 euro. Wil je dit bij 98% van de gevallen dan betaal je 5000 euro per lift. Wil je dat er bij 100% van de liften op tijd een monteur aanwezig is dan moet er een monteur naast de lift staan en dan betaal je 25.000 euro bij wijze van spreken. Het is een keuzenpakket waarin de techniek aan de voorzijde zit met de mensen achter de techniek. De techniek mobiliseert de mens om hun activiteit te doen. Er moet beseft worden dat de techniek er is en dat de lampen kunnen gaan branden in het systeem, maar als er geen personeel is aan de andere kant dan gebeurt er niks.

Staedion heeft het monitoringssysteem met sensoren bij 100 procent van haar panden toegepast waar een lift aanwezig is, behalve gevelliften en transportliften. In totaal heeft Staedion 37.000 VHE, waarvan 30.000 een portiek of galerij hebben en daarvan is één derde een woning met een lift. Dat zijn circa 10.000 woningen waar liften met sensoren zijn. Sinds 2016 is dit onderhoudsproces geïntegreerd binnen de bedrijfsvoering van de woningcorporatie. Staedion geeft aan dat het onderhoudsproces sterk is verbeterd ten opzichte van het oude proces. Vooral bij kleine en gevoelige liften van een bijzonder type is dit een prettig onderhoudsproces doordat de klant weet dat er binnen 20 minuten een monteur op locatie aanwezig is, dit resulteert in een hogere huurderstevredenheid. In 2016 heeft Staedion ook een extra



Figuur 46: Monitoringssysteem met sensoren in de liften (Liftinsight, 2021)

investering moeten doen omdat er verschillende systemen in de liften aanwezig waren. Er moest overgestapt worden naar één uniform systeem omdat er anders niet geëist kon worden dat er een

monteur binnen 20 minuten bij de lift aanwezig is terwijl hij naar 3 of 4 schermen moet kijken met verschillende systemen.

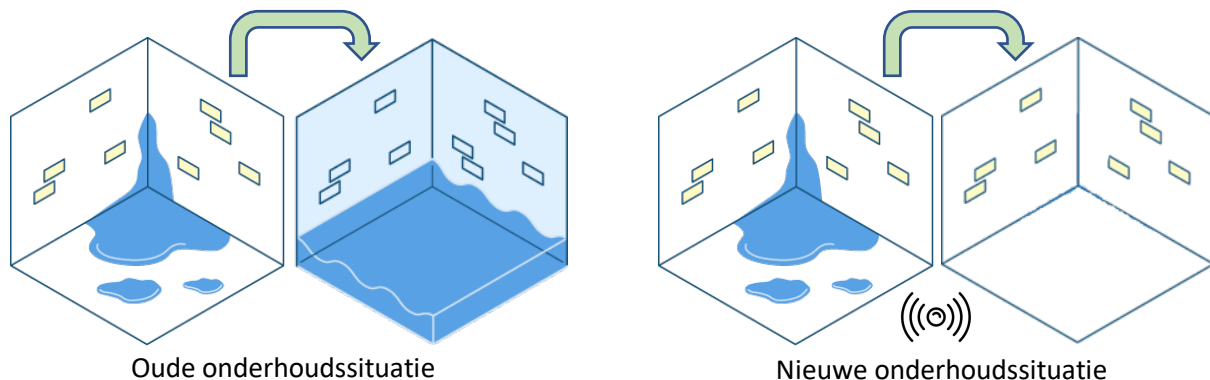
Staedion heeft iets meer dan een jaar gedaan over de implementatie van het onderhoudsproces doordat het oude systeem verwijderd diende te worden en een nieuw systeem geplaatst, getest en gefinancierd moest worden. Hoewel Staedion tevreden is over het nieuwe onderhoudsproces zijn er ook zaken fout gegaan tijdens de implementatie, zo was het soms lastig om te bepalen waar de sensoren geplaatst moesten worden en hoe deze bereikt konden worden. Momenteel ervaart Staedion soms slechte ervaringen doordat er vandalisme wordt gepleegd in de liften. Zo worden in bepaalde complexen hele apparaten gestolen uit de liftkooi omdat deze een hoge waarde hebben, dit gebeurt slechts bij een klein deel van de panden.

Use case 4 – Sensoren in de kelder voor overstromingen

Deze use case is uitgevoerd door de woningcorporatie Idealis (Bijlage G). Deze woningcorporatie kreeg bij een bepaald complex te maken met veel overstromingen in de kelder wat leidde tot overlast. Bij kelders is het vaak moeilijk te monitoren of er wateroverlast optreedt omdat er niet dagelijks mensen komen, daarnaast is het vaak al te laat om nog vroegtijdig op te treden wanneer de kelder al voor een deel is ondergelopen. Idealis heeft toen besloten een dospel pompje te plaatsen met een simkaart en sensoren in de kelder die de overstromingen kunnen monitoren waardoor vroegtijdig kan worden gehandeld bij mogelijke overstromingen in de kelder. Indien er water wordt gedetecteerd dan wordt er een melding gemaakt bij de installateur die vervolgens weet dat er wat aan de hand is en een controle uitvoert op de locatie. Sinds het toepassen van de sensoren in de kelder heeft Idealis geen last meer ondervonden van de overstromingen.

Zoals eerder aangegeven heeft Idealis de sensoren in de kelder bij één specifiek pand toegepast wat voor problematiek zorgde. Wateroverlast in kelders kan een groot drama opleveren doordat de bewoners van het pand opslagboxen hebben in deze ruimte. In dit specifieke complex wonen net afgestudeerde die zijn begonnen met werken. Die slaan over het algemeen waardevolle dingen op in hun bergingen. Wanneer deze bergingen onder lopen dan kan dit grote gevolgen hebben en leidt dit tot problematiek. Er komen veel klachten naar de woningcorporatie toe vanuit de bewoners en de schade is dus niet alleen in cijfers uit te drukken. De bewoners van dit complex zijn dus zeer tevreden met het huidige proces waarin de wateroverlast in een vroegtijdig stadium kan worden gedetecteerd.

Dit proces is ongeveer in 2016 geïmplementeerd binnen Idealis. Zij hebben de implementatie op gang gezet met de onderhoudspartij van toentertijd. De totale implementatie heeft minder dan een jaar geduurd en Idealis voert jaarlijks nog controles uit of het systeem nog naar behoren werkt, tot op heden heeft Idealis nog geen slechte ervaringen ondervonden. Al met al leiden de sensoren in de kelder tot een stijging in de huurderstevredenheid ten opzichte van de oude situatie waarin regelmatig wateroverlast plaatsvond in de kelder.



Figuur 47: Oude en nieuwe (sensoren) onderhoudssituatie m.b.t. wateroverlast in de kelder (Eigen werk)

Use case 5 – Slimme thermostaatkraan

Deze use case is uitgevoerd door de woningcorporatie Idealis (bijlage G). Deze woningcorporatie wil een bijdrage leveren aan de duurzaamheid, om deze reden heeft Idealis een pilot gestart met slimme thermostaatkranen die 4 graden naar beneden gaan op het moment dat de bewoner niet thuis is. Idealis heeft deze pilot 2 jaar geleden tegelijk gestart met de woningcorporatie Duwo maar het proces heeft binnen Idealis vertraging opgelopen door het coronavirus. Woningcorporatie Duwo heeft dit systeem al draaiende binnen het bedrijfsproces en heeft een besparing van 20 procent in het gasgebruik weten te behalen. Dit heeft er toe geleid dat Idealis heeft besloten om deze pilot verder voort te zetten.

Idealis zit in de laatste fase van de pilot en heeft de pilot op één complex toegepast op 3 van de 17 etages. Het doel van Idealis is om resultaten uit de pilot te behalen, hierom zijn er extra meters tussen de thermostaatkranen geplaatst om de data te verzamelen. Naar aanleiding van de dataverzameling gaat dat geanalyseerd worden en daar zal waarschijnlijk uitkomen dat een besparing van 20 procent bereikt gaat worden. Hierna zal intern een notitie worden geschreven binnen de organisatie om goedkeuring te vragen om het voor het hele complex uit te voeren. Hierna zal het hele complex worden uitgevoerd met dat systeem en als dat draait is er data van het hele complex beschikbaar. Dit zal waarschijnlijk een halfjaar tot een jaar duren. Wanneer in de pilot een gelijkwaardige besparing van 20 procent gaat behalen dan wilt Idealis de slimme thermostaatkranen gaan gebruiken bij meerdere complexen. De pilot zal in het eerste kwartaal van 2022 worden afgerond omdat er minimaal in één stookseizoen getest dient te worden.

Voor de opschaling wilt Idealis de thermostaatkranen voornamelijk gaan toepassen op oude complexen want die scoren slechter op duurzaamheid. De complexen die de afgelopen 10 jaar zijn opgeleverd zijn qua duurzaamheid nog goed en zijn geïsoleerd. Voor Idealis gaat het in het bijzonder om 4 grote flats en nog 2 appartementencomplexen, Idealis heeft de doelstelling om binnen 2 tot 3 jaar de slimme thermostaatkranen uit te rollen voor deze complexen.

Binnen de pilot is Idealis tegen het feit opgelopen dat het lastig is om goede data te krijgen. Idealis dacht slim te zijn door warmtemeters ertussen te zetten en de testwaarden op verschillende verdiepingen met elkaar te vergelijken. Echter bleek er dat de regelaars niet op elke verdieping waren ingeregeld, het gevolg is dat elke verdieping een ander volumestroom krijgt. Wanneer er dan een warmtemeter tussen gezet wordt en er worden verschillende waardes gemeten op de verdiepingen dan hoeft dit niet bij voorbaard slechter te zijn als de volumestroom groter is. Idealis zoekt hierin zelf naar oplossingen en geeft ook aan dat de kennis van de producent vaak beperkt is. Vaak weet niemand het echte antwoord en moet je zelf naar de oplossing opzoek gaan wat meer tijd kost dan je aanvankelijk denkt.



Figuur 48: Slimme thermostaatkraan (Kieback-peter, 2021)

Indien je dit traject tot een succes wilt brengen dan is het van belang om gezamenlijk tot oplossingen te komen, het is niet iets panklaar wat je koopt. Deze pilot wordt uitgevoerd met een Duitse leverancier van de thermostaatkranen genaamd Kieback&Peter, de radiatorkraan zelf heet En:key. Naast de radiatorkraan is er ook een ruimtethermostaat in de kamer. Idealis geeft wel aan dat zij een corporatie zijn die graag dit soort slimme dingen willen doen en daar staan zij ook voor open. Echter doet Idealis alleen dingen die aantoonbaar iets opleveren. In deze pilot gaat het om een CO2 reductie voor de bewoners en een bijdrage aan de duurzaamheid met een relatief kleine ingreep.

Use case 6 – Van BIM naar MJOP/MJOB

Deze use case is uitgevoerd door de woningcorporatie Delta Wonen (bijlage G). Deze woningcorporatie is bezig vanuit de afdeling innovatie om een BIM model om te zetten naar een meerjaren onderhoudsplanning (MJOP). Delta Wonen heeft allereerst uitgezocht welke elementen zij gebruiken in Fastware (software voor het opstellen van een MJOP) voor het opstellen van een MJOP, hierin kwamen ze uit op 195 elementen. Delta Wonen heeft een architect gevraagd om deze 195 elementen in een BIM model te zetten om te kijken wat daar als input uitkomt voor een MJOP. De elementen uit het BIM model worden rechtstreeks in Fastware getrokken en op basis daarvan wordt in Fastware een begroting gemaakt. Tijdens deze verkenning van het proces kwam Delta Wonen tot de conclusie dat de elementen in het BIM model opgeschroefd moesten worden naar 350.

Delta Wonen is in dit proces afgeweken van wat Aedes normaal gesproken voorstelt. Zo heeft Delta Wonen gekeken vanuit de invalshoek wat er minimaal nodig is voor een meerjaren onderhoudsplanning, Aedes geeft een lijst met circa 4.000 elementen wat er allemaal in kan zitten en daar moet zelf gefilterd worden welke elementen het beste werken. Delta Wonen geeft aan dat de gekozen aanpak een prettige wijze van werken is omdat je precies weet wat je waar voor nodig hebt. Richting een architect en aannemers is dit ook prettig omdat er duidelijk is welke elementen relevant zijn en welke niet.

Echter ziet Delta Wonen ook een uitdaging in het feit dat de elementen van 195 naar 350 zijn verhoogd. In 2022 gaat Delta Wonen verder met de validatie van het proces. Het is al mogelijk om de 350 elementen vanuit een BIM model naar Fastware te exporten, maar wat staat er nu al in Fastware o.b.v. handmatige inspecties of een SPOTR analyse en hoe verhoudt de data die uit een BIM model wordt getrokken zich tot SPOTR of een handmatige inspectie? Dit is een validatie die nog nodig is om de route van een BIM model naar een MJOP mogelijk te maken. Delta Wonen geeft aan dat het in de lijn der verwachting licht dat er een samenwerkingsverband zal worden gestart met Spotr voor het bepalen van de onderhoudsmomenten, maar geeft hierin ook aan dat het niet gezond is dat er maar één partij als Spotr is in de markt. Delta Wonen ziet graag dat er een tweede partij in de markt komt om deze gezonder te maken, net zoals Bryder en Lux bestaan in het stukje vastgoedinformatiemanagement.

Het eerste deel van de pilot is bijna doorlopen en heeft circa een jaar geduurd, er is nu een BIM model met daarin een deel van de 350 elementen. Tegelijkertijd is er nog wel de vraag of installaties in het BIM model dienen te staan of dat deze rechtstreeks in Fastware geplaatst kunnen worden. Daarnaast zijn de waardes nog niet aantoonbaar en een pilot is volgens Delta Wonen pas afgerond als de meerwaarde zichtbaar is en dat is nu nog niet mogelijk, dus daar ligt nog een kans. De pilot is op één pand toegepast en in kalenderjaar 2022 verwacht Delta Wonen de pilot helemaal af te ronden. Delta Wonen verwacht dat deze pilot een BIM protocol gaat opleveren waarmee de minimale randvoorwaarde voor toepassing van een MJOP, woningwaardering en NEN 2580 zijn afgevinkt. Indien de pilot met een succes wordt afgerond dan zal het onderhoudsproces worden opgeschaald voor nieuwbouwprojecten binnen de organisatie, Delta Wonen heeft de ambitie uitgesproken om dit binnen 2 tot 3 jaar uit te voeren.

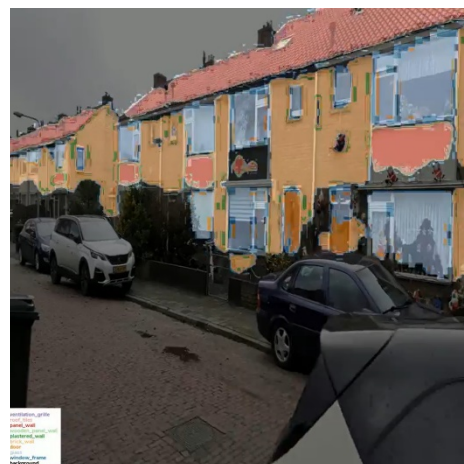
Naast het feit dat Delta Wonen er tegen aan is gelopen welke elementen gefilterd moeten worden en of de installaties in het BIM model dienen te staan wordt ook aangegeven dat het onderhouden van het BIM model problematiek kan opleveren. Er zijn 3 routes mogelijk binnen het onderhouden van het BIM model: het BIM model wordt onderhouden, het BIM model wordt niet onderhouden of bij renovaties wordt er opnieuw een scan gedaan met een 360° camera en kan er precies gezien worden wat waar zit. Via de derde optie kan relatief goedkoop een nieuwe blik op het pand gecreëerd worden zonder dat het BIM model bijgewerkt hoeft te worden. Een DO binnen deze pilot is het zo klein mogelijk maken van het proces. De pilot dient afgepeld te worden wat er minimaal nodig is voor een MJOP

Delta Wonen wilt dit onderhoudsproces inruilen voor de huidige manier van werken omdat er bij het huidige onderhoudsproces veel data- en informatieverlies plaatsvindt. Eerst kreeg Delta Wonen BIM modellen aangeleverd zonder informatie, aan de elementen van de 3D schil zat geen data. Dit kwam door het feit dat een BIM model is afgestemd op het bouwproces en niet het onderhoudsproces. Het BIM model wordt door de aannemer en architect gebruikt ter controle of er geen overlap in wanden of vloeren zijn, maar hier hangen vaak geen kenmerken aan welke voor het onderhoudsproces relevant zijn zoals het materiaal en de dikte. **Een BIM model is niet plug en play.** Dit houdt in dat een BIM model op maat moet worden afgestemd voor de organisatie om er bepaalde dingen mee te kunnen doen. Dit is bij veel mensen nog niet helder en kost veel tijd.

Use case 7 – Buitenonderhoud o.b.v. camerabeelden

Deze use case is uitgevoerd door de woningcorporaties de Alliantie, Woonstad Rotterdam, en Kleurrijk Wonen, daarnaast hebben we ook het bedrijf Spotr geïnterviewd (bijlage G). Spotr heeft een nauw samenwerkingsverband met een twaalfstal woningcorporaties, hiervan zijn de eerder genoemde woningcorporaties geïnterviewd. In 2019 zijn er een aantal woningcorporaties geweest die de overtuiging hebben uitgesproken dat de digitale wereld overduidelijk de overhand gaat nemen. Daar waren een aantal redenen voor, het vertrek van de vakkennis bij de opdrachtgevers, de manier van samenwerken en de daarbij horende inkoopstrategie en het vastleggen en monitoren van de kwaliteit. Hierdoor is er een traject gestart onder de naam 'woningcorporatie van de toekomst' waar Kleurrijk Wonen met de Alliantie kartrekker waren. Deze woningcorporaties zijn toentertijd met OCTO (tegenwoordig Spotr) in contact gekomen om op een innovatieve wijze het onderhoudsproces te veranderen.

Spotr is een onderhoudsysteem dat vastgoed in kaart kan brengen door het gebruik van vliegtuig-, drone-, auto- en satellietbeelden. Op deze wijze kan op afstand worden bepaald of schilderwerkwerkzaamheden verricht dienen te worden of dat het voegwerk nog in correcte staat is. Spotr digitaliseert dus het onderhoudsproces van vastgoed en verkrijgt, actualiseert en analyseert de data in een applicatie door middel van artificial intelligence. Naast dat Spotr in kaart kan brengen of er onderhoud genoodzaakt is kan Spotr ook de gevels en daken van panden visueel zichtbaar maken in 3D modellen. Spotr is in staat om door middel van speciale computer vision modellen elementen en afwijkingen te vinden op beelden, dit maakt het mogelijk om te bepalen waar onderhoud gepleegd dient te worden, zie ter verduidelijking figuur 49. Op deze wijze wordt er een database gecreëerd die georganiseerd en doorzoekbaar is, zonder dat de menselijke hand nodig is. Spotr wordt door de woningcorporaties toegepast om het planmatig onderhoud te



Figuur 49: Computer vision modellen die het mogelijk maken om elementen te vinden (Spotr, 2021)

bepalen en neemt hierin het oude onderhoudsproces over waar de menselijke factor de bovenhand had. Spotr is niet geschikt voor het dagelijkse onderhoud want dan zou overal een camera moeten hangen. Daarnaast is Spotr ook in staat om te communiceren met andere systemen zoals bijvoorbeeld Vabi en Ibis.

De Alliantie is van alle woningcorporaties het verste met de implementatie van Spotr en geeft ook aan dat zij verplicht zijn om deze innovatie te trekken gezien haar omvang en de wijze waarop zij zich willen profileren. De Alliantie geeft aan voorvechter te zijn van innovatie en heeft data en digitalisering hoog in het vaandel zitten. De Alliantie gebruikt Spotr aan de voorzijde van het primaire proces om het onderhoud te bepalen, zij doet dit gezamenlijk met haar gevel- en dak partners. Via Spotr kan bekeken worden of onderhoud noodzakelijk is, de partners gebruiken vervolgens de hoeveelheden uit Spotr om de werkzaamheden te bepalen. In de laatste maand van 2021 is de Alliantie ook gestart met het maken van drone opnames van de complexen, zodat er actuele modellen ontstaan in Spotr voor het bezit. Dit gaat over de complexen waarvan gedacht wordt dat volgend jaar de volgende onderhoudscyclus is.

De beelden in Spotr kunnen verschillende verversingen hebben afhankelijk van de gekozen frequentie van de scans van de auto's, vliegtuigen of drones. De Alliantie geeft aan deze verversing jaarlijks uit te willen voeren door middel van dronebeelden om het planmatig onderhoud te bepalen. Spotr wordt in die zin dus toegepast om te bepalen of er volgend jaar een schilderbeurt noodzakelijk is of niet, maar ook voor andere werkzaamheden. De Alliantie heeft een piloot in dienst genomen die de scans gaat uitvoeren voor de portefeuille, de totale kosten van de drone, het certificaat en een vergunning zijn rond de 30.000 euro. Kleurrijk Wonen geeft aan de scans via Aeroscan uit te laten voeren, de kosten hiervoor komen neer op 1.500 euro per dag. Het aanstellen van een piloot intern is kostentechnisch gezien vele malen voordeliger, zeker wanneer er wordt gekozen om de portefeuille jaarlijks te vliegen. Met de vergunning mag de Alliantie vrijwel haar hele portefeuille vliegen, behalve in aanvliegroutes naar Schiphol en no-flyzones, maar op deze locaties heeft Aeroscan ook niet de bevoegdheid om te vliegen. Vanaf januari 2022 wordt de vergunning omgezet naar een Europese vergunning, deze is soepeler dan de Nederlandse vergunning waardoor er op veel plekken lager gevlogen mag worden. De Alliantie geeft aan dat één persoon voldoende is gezien de omvang van haar portefeuille.

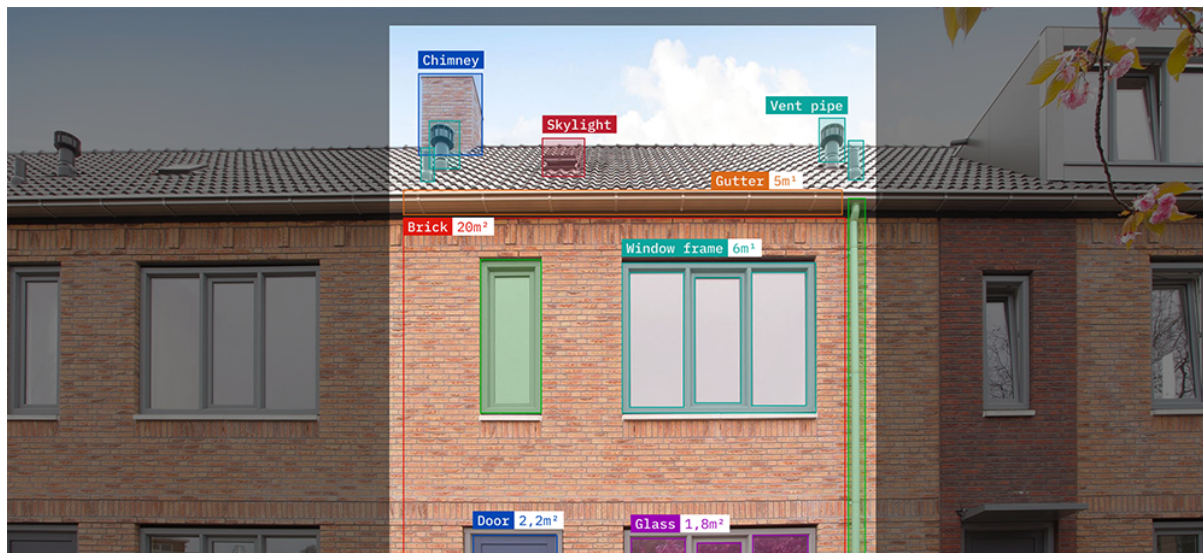


Figuur 50: Drone opname van een pand (Aeroscan, 2021)

De Alliantie wilt vooruitlopend op het vastgoedprogramma vliegen, in totaal zijn er 1500 complexen in bezit. Deze 1500 complexen dienen niet in één jaar gevlogen te worden, maar de gehele portefeuille dient in drie jaar in gescand te worden. Dit is een proces dat zich blijft herhalen met een scanfrequentie van 500 complexen per jaar. Wanneer de piloot volledig volleerd is dan is hij in staat om 5 complexen per dag te vliegen, in die situatie hoeft hij maar 2-3 dagen per week te vliegen en kan de gehele portefeuille periodiek gedaan worden. Wanneer dit wordt afgezet tegen de kosten van Aeroscan dan zou dit een paar miljoen kosten. Daarnaast brengt Aeroscan de portefeuille voor deze paar miljoen slechts één keer in beeld, waar de piloot dit meerdere malen blijft doen. Op die manier is Spotr niet meer rendabel.

In het oude onderhoudsproces had de Alliantie 5 conditiemeters op de afdeling die zich bezig hielden met het opstellen van onderhoudsplanningen. Deze conditiemeters stelden tweemaal per schilderbeurt een onderhoudsplan op voor de panden, dit was eens per 3 jaar. Dit betekent dat er in de oude situatie om de 3 jaar een beeld was van de gehele portefeuille. Door middel van Spotr is het

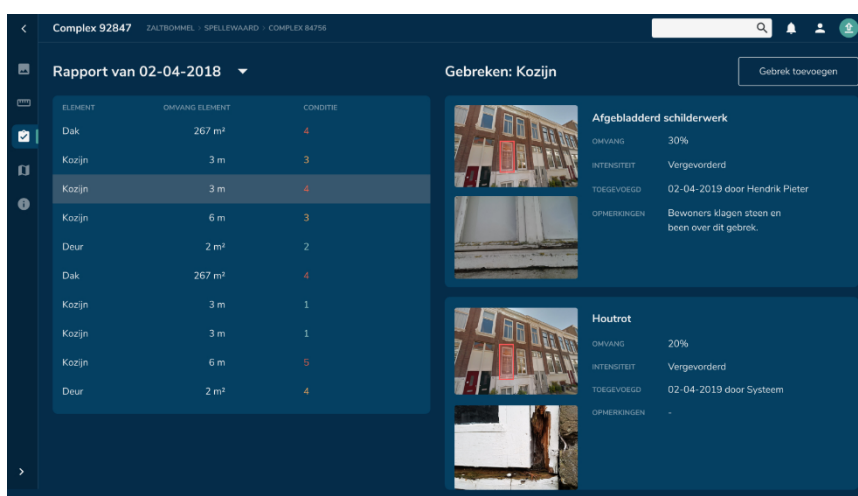
mogelijk om de scans jaarlijks uit te voeren waardoor er een veel beter beeld van de portefeuille inzichtelijk is. De dronebeelden hebben een dekking van circa 95 procent in het systeem van Spotr, voor de overige 5 procent dat ontbreekt dient een opzichter in de wijk foto's te maken in het veld. De opzichter kan deze foto's toevoegen aan Spotr waardoor de gegevensbank blijft groeien door de drone- en camerabeelden.



Figuur 51: Hoe Spotr de materialisatie en hoeveelheden visualiseert (Spotr, 2021)

Bij de implementatie van Spotr stuurt de Alliantie op de kosten efficiëntie, snelheid en het geven van een compleet overzicht wat nog niet bestaat in de markt. De Alliantie geeft aan Spotr te zien als een soort Google Maps waar ingezoomd kan worden op straatniveau wanneer ergens informatie van nodig is. Spotr is in die zin hetzelfde maar er wordt constant data aangevuld. Dus niet alleen de woningen zijn zichtbaar, maar ook is zichtbaar waar de woningen uit bestaan in de vorm van materialisatie en hoeveelheden. Daarnaast is het mogelijk om kaartlagen in Spotr toe te voegen die het mogelijk maken om wateroverlast of hittestress visueel zichtbaar te maken. Hierdoor is het mogelijk om op strategisch en tactisch niveau voor de wijk keuzes te maken welke het beste bij de situatie passen. Dus niet alleen op kostenniveau zal het hele onderhoudsproces beter beheersbaar zijn, maar ook vanuit efficiëntie kan de portefeuille veel beter beheerd kunnen worden. Momenteel is Spotr ook bezig met het zichtbaar maken van gebreken in het systeem, zie hiervoor ter verduidelijking figuur 52.

Hoewel Kleurrijk Wonen en Woonstad Rotterdam momenteel nog in de experimentele fase zitten met Spotr is de Alliantie al in de pilotfase beland. Spotr heeft een road map opgesteld wat er de komende periode en jaren ontwikkeld gaat worden, hierin heeft de Alliantie veel invloed. De Alliantie heeft wekelijks contact met Spotr en als dingen



Figuur 52: Systeem van Spotr waar o.a. gebreken zichtbaar zijn (Spotr, 2021)

aangepast dienen te worden dat past Spotr dit in sprints aan waardoor het systeem snelle sprongen

maakt. De Alliantie geeft aan dat gewenste aanpassingen binnen 2 weken in het systeem zijn toegevoegd doordat de lijnen tussen de beide partijen zeer kort zijn. Daarnaast geeft de Alliantie ook aan dat het huidige systeem van Spotr nog niet perfect is maar dat hier voortdurend aan gewerkt wordt. Momenteel staat Spotr op de één na of de twee na onderste trede van de lange ladder en beide partijen weten nog niet hoe lang deze ladder is. Elke issue wordt direct gemeld aan SPOTR, het is geen tool die al 10 jaar bestaat dus er zitten nog onvolledigheden in. De Alliantie geeft aan dat er om de 6-8 weken sessies zijn met SPOTR en de dak- en gevelpartners. Hierin wordt besproken wat de ontwikkelingen in de recente periode zijn, wat er verwacht kan worden en worden de wensen van de partners besproken.

De Alliantie geeft aan dat weinig grote problemen zijn geweest tijdens de implementatie, dit komt doordat er een lange aanloopfase was van een aantal maanden. De teams die met Spotr gingen werken kregen de mogelijkheid om het systeem te testen en issues te melden waardoor deze al in de testperiode werden opgelost. Hierdoor waren de kinderziekten uit het systeem bij het live gaan. Kleurrijk Wonen geeft aan dat het overtuigen van mensen als een probleem kan worden ervaren, mensen binnen de organisatie vragen zich af wat de toegevoegde waarde van Spotr kan zijn en dit kan nog niet bewezen worden doordat er geen data beschikbaar is en een deel nog ontdekt moet worden. Men vraagt een business case te schrijven o.b.v. data die er nog niet is. En dat is ook het lastige in het overtuigen van mensen want het kost ook nogal wat om het te implementeren. Het heeft tijd nodig om dat in te masseren en ook dat men technisch begrijpt wat Spotr inhoudt.

Naast het feit dat Spotr het onderhoudsproces efficiënter en goedkoper kan maken draagt Spotr ook bij aan de duurzaamheid. Zo hoeven er geen hoogwerkers toegepast te worden om het dak te beoordelen of dienen er niet 3 auto's naar een pand te rijden om naar de technische staat te kijken maar hoeft er maar één piloot foto's te maken met een drone, dus organisatorisch direct. Uitvoerend draagt Spotr bij in die zin dat gevels worden geïsoleerd op het moment dat de gevels aangepakt dienen te worden in het systeem. Daarnaast is het mogelijk om groene of grijze tuinen in het systeem te zien, dus waar is wateroverlast en waar niet. Binnenstedelijk leveren grijze tuinen soms problematiek op doordat water moeilijk kan wegstromen. Dat is een spin off waar Spotr nooit voor bedacht is maar wat uiteindelijk wel mogelijk is in het systeem.

Het grootste voordeel van Spotr zit hem in het feit dat nu één dataset is die gezien kan worden als een fruitmand vol met appels. Door het werken met Spotr zijn er niet meerdere interpretaties mogelijk, wat door persoon 1 als een appel wordt gezien wordt door persoon 2 ook als een appel gezien. In het oude onderhoudsproces was de fruitmand gevuld met appels en peren en was het mogelijk om verschillende interpretaties te hebben omdat de personen op de locaties verschillende waarnemingen konden doen. Wanneer er een vraag is dan wordt Spotr gezamenlijk opgestart en wordt er naar die ene dataset gekeken waardoor er veel efficiënter wordt gewerkt.

Al met al concludeert de Alliantie dat het gebruik van Spotr als een succes kan worden gezien. Op basis van Spotr is de afdeling conditiemeting afgeschakeld van 5 FTE naar 1 waarvan deze persoon piloot is geworden. Het feit dat de Alliantie deze stap durft te zetten geeft aan wat voor vertrouwen de woningcorporatie in Spotr heeft. De Alliantie geeft aan dat de vermindering van het aantal FTE heel natuurlijk is gegaan doordat het personeel met het nieuwe proces is meegenomen en er tijdig is voorzien dat het onderhoudsproces ging veranderen. Indien er de afgelopen jaren mensen van baan wisselde of met pensioen gingen dan werd deze functie niet overgenomen door nieuw personeel.

Het meest kritische persoon is tegenover Spotr gezet om de meerwaarde van Spotr te bevestigen. In het begin dacht deze persoon dat Spotr een gevaar vormde voor zijn baan en dat het systeem niet beter was dan het huidige onderhoudsproces. Na een paar sessies waarin met het systeem van Spotr

werd gewerkt was de persoon overtuigd in de mogelijkheden die Spotr kan bieden. Zo is het in Spotr mogelijk om de gehele gevel te zien in het systeem terwijl de inspecteur slechts de kozijnen kan zien die hij heeft gezien en gevoeld. Dit was de aanleiding voor de persoon om over te schakelen naar Spotr, doordat hij toekomst in het nieuwe onderhoudsproces zag heeft hij zijn vliegbrevet gehaald voor de drone. De Alliantie heeft de tegenstrijder van Spotr de kans gegeven om te werken aan nieuwe rol. Indien er vanuit de organisatie tegenstand ontstaat voor Spotr is het dus belangrijk om het personeel mee te nemen en te overtuigen van de mogelijkheden.

Use case 8 – Monitoring van binnenklimaat

Deze use case is uitgevoerd door de woningcorporatie Trivire (bijlage G). Deze woningcorporatie heeft sensoren geplaatst om het binnenklimaat te bepalen. Trivire heeft de eerste pilot van anderhalf jaar net afgerond waardoor de testresultaten toonbaar zijn, de pilot van de sensoren heeft plaatsgevonden in het kantoor van Trivire. Momenteel heeft Trivire het hele netwerk klaar en zijn ze in staat om de data te lezen en bij te houden in een dashboard. De resultaten van de pilot zijn door Trivire als positief ervaren, om deze reden wordt de use case voortgezet met de gemeente Dordrecht waarin 20 HBO studenten een business case gaan opstellen. In deze business case gaan de studenten onderzoek doen welke sensoren het beste toegepast kunnen worden op het gebied van kosten, prestatie, bruikbaarheid en haalbaarheid.

Tijdens de eerste pilot heeft Trivire ook een robot gebouwd omdat elk sensorbedrijf een eigen dashboard heeft. Het hebben van meerdere dashboards kan als onhandig worden gezien omdat hierdoor meerderen systemen gemonitord dienen te worden. Om deze reden is de robot aan het bedrijfsproces toegevoegd om alle soorten koppelingen met een dashboard uit te lezen en te verwerken in een power BI rapportage in de cloud. In figuur 53 is een voorbeeld visueel zichtbaar gemaakt van een power BI rapportage. Een power BI rapportage kan inzicht geven in een gegevensset door middel van visualisaties die bevindingen en inzichten weergeven. Facilitair zaken is verantwoordelijk voor het dashboard en ontvangt de meldingen als het te warm of te koud is of als de luchtkwaliteit slecht is. Dit heeft Trivire in de eerste pilot gebouwd, hierdoor is het straks mogelijk om de doorvertaling te maken hoeveel sensoren er geplaatst dienen te worden in de gebouwen. Dit gaat om grote hoeveelheden dus dat dient goed geregeld te zijn.



Figuur 53: Power BI rapportage (Losant, 2022)

Zoals eerder gezegd plaatst de robot de gegevens in de cloud via een script dat afgewerkt wordt. Het is mogelijk om dit via twee verschillende manieren te doen. De eerste methode is door middel van een API, deze wijze werkt niet altijd even goed. De tweede wijze is door middel van een export waarin de data in een dashboard wordt geplaatst. Welk dashboard er ook gebruikt wordt de data kan via twee

manieren worden vertaald naar een power BI rapportage waardoor de gegeven over blijven die noodzakelijk zijn en er toe doen.

De sensoren die zijn toegepast in de pilot waren voor geluid, licht, lucht, fijnstof, warmte en luchtvochtigheid. Op deze aspecten zijn de meetwaarden gevisualiseerd in het dashboard van de power BI rapportage. Naast het feit dat de sensoren aan de binnenzijde zijn geplaatst voor het binnenklimaat zijn er ook sensoren aan de buitenzijde van het pand geplaatst om de fijnstof te meten. Het kantoor van Trivire bevindt zich langs een snelweg waar in de spits vaak file is, door het plaatsen van de sensoren kan hierdoor de fijnstof in het gebied gemeten worden en kunnen de ramen gesloten worden als de fijnstofwaarde hoog is. Daarnaast is het mogelijk om het buiten- en binnenklimaat tegen elkaar af te zetten en te kijken of dat invloed op elkaar heeft.

De fijnstofmeter gaat omhoog als er veel auto's op de snelweg rijden, hier loopt men doorheen wat ongezond is. Trivire deelt deze gegevens met de gemeente doordat de data in de blockchain is opgeslagen waardoor er aangetoond kan worden dat de data niet is bewerkt. Met de gemeente wordt er nu gewerkt om verdeeld over de stad sensoren te plaatsen, vanuit de Europese Unie wordt geld gegeven om de smart city in Dordrecht uit te werken. Uiteindelijk is het daardoor mogelijk om een heel netwerk over Dordrecht en Zwijndrecht te creëren. De sensoren worden op elkaar aangesloten via het systeem van Lora. Op die manier is er zoveel data te verkrijgen dat er op gestuurd kan worden als gemeente zijnde.

Daarnaast kan er geconcludeerd worden dat de gebruikerstevredenheid toeneemt door het toepassen van deze use case. Trivire verhuurt haar kantoor voor een deel aan derden, deze partijen klagen minder en dat kan aangetoond worden door de data. In 2020 is er een verbouwing geweest in het kantoorpand, deze verbouwing had tot gevolg dat een bepaald deel van het pand klaagden over kou. Trivire heeft op dit deel van het pand extra sensoren geplaatst die aantoonde dat dit deel inderdaad enkele graden kouder was dan de rest van het gebouw. Trivire heeft op basis van de gegevens van de sensoren extra isolatie aangebracht op dat deel van het gebouw. Voorheen zou gedacht worden dat de huurders zeurden maar tegenwoordig kan het tegendeel technisch onderbouwd worden.

Ook is het mogelijk om de luchtkwaliteit te meten, Trivire past dit toe in de vergaderruimtes. Op het moment dat er een slechte luchtkwaliteit wordt gemeten dan gaat er een piepje af in de vergaderruimte die aangeeft dat de deuren of ramen open moeten. Nadat de HBO studenten het onderzoek afgerond hebben welke sensoren het beste toegepast kunnen worden wil Trivire het toepassen van de sensoren gaan opschalen naar alle nieuwbouwpanden. Bij bestaande panden is het nog lastig om de sensoren te plaatsen door de privacywet, dit hoopt Trivire de komende jaren beetje bij beetje op te schalen.

Use case 9 – Vochtmetingen in het dak

Een ander onderdeel waar Patina sensoren toepast, is het dak. Patina is op het moment bezig met een tweetal pilots, namelijk vochtsensoren in de isolatielaag en vochtsensoren in de dakbedekking. De eerste pilot is een pilot waar vochtsensoren in de isolatielaag worden geplaatst om vochtmetingen uit te kunnen voeren. Dit kan bijvoorbeeld een sensor zijn in een PIR-plaat, maar ook in De tweede pilot is een pilot waar vochtsensoren in de dakbedekking worden geplaatst zodat ook daar vochtmetingen kunnen plaatsvinden. Dakbedekking bestaat uit verschillende lagen, namelijk polyester, glasvlies, bituum en ga zo maar door. Tussen deze lagen heeft Patina een sensor geplaatst die enkel vocht meet.

Beide pilots hebben als doel om de levensduur van zowel de dakbedekking als het isolatiepakket te bepalen. In het dakpakket heb je het dauwpunt waarbij waterdamp ontstaat. Als er te veel vocht in het pakket zit, heeft dit een nadelig gevolg voor de levensduur. Daarnaast betekent vocht in het

dakpakket een verslechtering van de Rc-waarde, omdat een Rc-waarde wordt berekend aan de hand van een droge situatie.

Use case 10 – Dakinspectie m.b.v. robotisering

Naast dakgootsensoren is Patina, in samenwerking met de TU Delft, bezig met het ontwikkelen van technologie die gebruikt kan worden t.b.v. het onderhoud van platte daken. D.m.v. een robot kan Patina in de toekomst platte daken inspecteren zonder daarvoor mankracht in te zetten.

De inspectie werkt in feite hetzelfde als bij een geautomatiseerde grasmaaier. Een kleine robot rijdt over een plat dak, en daarbij controleert deze met behulp van infrarood oneffenheden, scheuren en gaatjes in het dakleer. Vervolgens stuurt de robot een GPS-sigitaal naar Patina met de exacte locatie van het gebrek zodat men weet waar het onderhoud of de reparatie plaats dient te vinden. Deze technologie kan voor Patina (en haar concurrenten) een goede oplossing zijn voor het tekort aan technisch personeel waarmee de gehele sector kampt (UWV, 2021). Naast de inspectie, heeft Patina ook de ambitie om robots in te zetten voor het daadwerkelijke onderhoud van platte daken. Denk hierbij aan het verwijderen van vuil op platte daken m.b.v. een automatische stofzuiger.

Use case 11 – Monitoring CV ketel en warmtepomp

Insmart is een partij die zich bezighoudt met monitoring van CV ketels. Hun monitoring bestaat uit twee onderdelen: Een kleine module en een online platform. De meeste woningen beschikken hedendaags over een CV ketel met een thermostaat die onderling data uitwisselen. Deze twee componenten zijn verbonden middels een draadje of een gateway. De module van Insmart wordt tussen deze twee componenten aangesloten. Die kan zowel via een draad als via een gateway worden aangesloten. De module opereert tussen beide databronnen in zodat alle beschikbare data vastgelegd. Deze data wordt vervolgens weer vastgelegd in het online platform van Insmart.

De module zelf is voorzien van een SIM chip van een mobiele operator die ervoor zorgt dat de module verbinding kan maken met het Narrowband IoT. Deze opereert dus niet op WiFi zoals vele andere oplossingen van andere fabrikanten. Insmart heeft expres gekozen voor zo'n verbinding, omdat WiFi volgens hen lastig aan te sluiten is vanwege de codes die vereist zijn van de klant, en daarbij garandeert WiFi niet altijd een stabiele verbinding waardoor de data-overdracht niet altijd optimaal is. Het gebruik van Narrowband IoT brengt overigens wel marginale kosten met zich mee, die volgens Insmart zeker in verhouding zijn tot het voordeel dat hiermee wordt bereikt.

De aansluiting van de module gaat erg gemakkelijk. Insmart pleit dat de aansluiting niet langer dan 5 minuten hoeft te duren. De module dient door middel van bedrading aangesloten te worden op zowel de CV ketel als de thermostaat. Vervolgens zoekt de module automatisch het juist protocol op die de CV ketel en de thermostaat praten. Daarnaast verbindt de module zich ook automatisch met het mobiele netwerk. Tot slot scant de monteur de Qr-code op de module waardoor hij toegang krijgt tot het online platform. Voordat hij toegang krijgt tot het platform, dient de monteur nog een paar kleine zaken als type ketel en klantnummer handmatig in te vullen.



Figuur 54 - De module van (Insmart, 20120)

Het online platform voorziet zowel gebruiker als installateur van informatie, zoals waterdruk, watertemperatuur, momenten waarop het de CV ketel het hardst dient te werken, en ga zo maar door. In feite is het een logboek van alle handelingen die zijn verricht. De gebruiker en/of installateur krijgt

door middel van een emailbericht informatie over de warmte-installatie. Hier wordt onderscheid gemaakt tussen drie soorten meldingen: de onderhoudsmeldingen (deze zijn gebaseerd op het aantal starts en branduren van de ketel), de waarschuwingmeldingen (meldingen die niet urgent zijn, maar waarmee storingen in de toekomst voorkomen kunnen worden zoals dalende waterdruk of een verslechterd expansievat) en de storingsmeldingen (deze tonen de foutcode die de ketel weergeeft).

Een groot voordeel van de module in combinatie met het platform is dat alle data van waar dan ook binnen handbereik is. Het enige dat nodig is, is een computer, tablet of mobiel. In de huidige situatie dient een installateur eerst naar locatie te gaan alvorens hij weet wat het probleem is. Daarnaast hoeven gebruikers geen melding meer te doen van gebreken, aangezien de module automatisch een melding verzendt die bij de installateur terecht komt, in de meeste gevallen zelfs voordat de gebruiker dit heeft opgemerkt.

De module van Insmart ondersteunt het OpenTherm protocol en het EMS-protocol van Nefit/Bosch. Hierdoor zijn bijna alle CV ketels (zowel oude als nieuwe) geschikt voor het gebruik van deze module. Insmart werkt op het moment enkel samen met installateurs, simpelweg omdat er vanuit particulieren (nog) geen vraag naar is. Installateurs beschikken vaak over een groot aantal CV ketels die zij dienen te onderhouden. Voor hen is het dus aantrekkelijk om deze allemaal vanaf één punt te kunnen monitoren, zeker nu er een dringend tekort is aan technisch personeel. Het UWV spreekt over ruim 105.000 openstaande vacatures in deze sector. De sector is daarmee goed voor zo'n 28% van het totaal aan openstaande vacatures in Nederland (UWV, 2021). Voor installateurs is het dus van belang dat zij hun beschikbare tijd zo efficiënt mogelijk besteden. De module van Insmart kost [REDACTED]. Dit is de kostprijs van de module. Insmart verkoopt de module tegen kostprijs aan haar klanten. Per actieve CV ketel ontvangt Insmart een vergoeding van tussen de [REDACTED] en [REDACTED] per maand. Met actieve module wordt een module bedoeld die verbonden is met het netwerk en data verzendt.

Use case 12 – Vastgoeddata m.b.v. AI en data-science

Ontwikkelaar Brink heeft met haar nieuwe app 'Digitale Vastgoedogen' goud in handen in de vastgoedsector. De app helpt woningcorporaties bij het opstellen van MJOB's. Dankzij data-science en artificial intelligence kan Brink nauwkeurig en snel vastgoeddata inwinnen voor haar klanten. Brink investeert al enige tijd flink in onder andere geautomatiseerde datacolleties, artificial intelligence en machine learning zodat woningcorporaties meer inzicht en grip krijgen op hun vastgoedportefeuille. Woningcorporaties kunnen met de hulp van Brink vervolgens beter onderbouwde beslissingen nemen over zaken als planmatig onderhoud en verduurzamingsinvesteringen.

De app maakt gebruik van geodata, beeldherkenning en slimme algoritmes om foto's van gevels nauwkeurig, snel en objectief te vertalen naar relevantie vastgoedinformatie zoals hoeveelheden en materialisatie. Het gebruik van de app kent vele voordelen. Zo wordt er tijd bespaard ten opzichte van traditionele inspecties doordat de app automatisch vastgoeddata inwint die normaliter handmatig bepaald dient te worden. Daarnaast zorgt de app voor uniforme en objectieve dataverwerking, en verhoogt het de datakwaliteit voor de MJOB.



Figuur 55 - Gebruik van de app (ibis, 2021)

Op basis van beeldmateriaal detecteert de app om welke soort materiaal het gaat en de hoeveelheid van dit materiaal. Ter aanvulling maakt de app gebruik van de BAG en de Actuele Hoogtestand Nederland(AHN). De combinatie van zowel de artificial intelligence en de open databronnen zorgt ervoor dat ongeveer 90% van de materialisatie en de hoeveelheden compleet is. De app kan namelijk nog niet alle materialen onderscheiden. Een voorbeeld hiervan is het verschil tussen houten- en kunststof kozijnen. Kunststof kozijnen worden tegenwoordig zo gemaakt, dat ze zelfs met het blote oog lastig te onderscheiden zijn van houten kozijnen. Om de overige 10% compleet te krijgen, gaat er vaak nog een snelle inspectie aan achteraf. Verkregen data kan op z'n beurt weer worden uitgeleverd aan IBIS Main, de calculatiesoftware voor de MJOB.

Use case 13 – Dakgootsensoren

Patina is een vooruitstrevend bedrijf dat zichzelf naast dakdekker ook omschrijft als 'dakdenker' en 'dakdoener'. Van nature is Patina een dakdekker, maar de afgelopen jaren is Patina veelvuldig gevraagd om mee te denken in dak gerelateerde problemen. Vandaar de uitbreiding van enkel dakdekker naar 'dakdenker' en 'dakdoener'.

Patina is naar aanleiding van hun uitbreiding bezig met verschillende dak gerelateerde onderzoeken om onder andere faalkosten te reduceren. Eén van die onderzoeken is de plaatsing van dakgootsensoren. Het is voor de afvoer van water van belang dat het water vanaf het dak in het riool (of op het oppervlak) kan worden geloosd zodat waterschade wordt voorkomen. Zo kan het bijvoorbeeld bij dakgoten voorkomen dat deze vol komen te staan. Het water kan daardoor in de woning terechtkomen met waterschade als gevolg. Als oplossing is Patina ruim een jaar geleden gestart met een pilot waarbij zij sensoren in de dakgoot plaatsen die via Lauren signalen verzendt naar Patina. Het gaat hierbij om een drietal sensoren die allemaal op verschillende hoogtes worden geplaatst: één laag, één midden en één hoog. De eerste sensor (laag) zorgt voor de eerste waarschuwing. Zodra deze sensor een signaal afgeeft, weet men dat de dakgoot lichtelijk vervuild is, maar niet zodanig vervuild dat het de werking van de dakgoot belemmert. Voor Patina is dan duidelijk dat deze dakgoot (nog) geen prioriteit heeft. Als de tweede sensor (midden) daarentegen afgaat, weet Patina dat zij het onderhoud van deze dakgoot in moeten gaan plannen, omdat de afwatering van de dakgoot in het gedrang kan gaan komen. Bij het signaal van de derde sensor (hoog) weet Patina dat de afwatering van de dakgoot dusdanig is verminderd, dat er waterschade kan gaan ontstaan. Het is voor Patina dus zaak dat zij ergens tussen het tweede en derde signaal onderhoud hebben uitgevoerd om waterschade te voorkomen. Met deze sensoren lijkt dat te gaan lukken.

Voor Patina zijn deze sensoren een goed meetinstrument. Voorheen vond het onderhoud van de dakgoten plaats aan de hand van het weer. Als voorbeeld: bij een sterke zuidwesterstorm in de herfst is het voor de hand liggend dat er veel blaadjes van de bomen afkomen, met als gevolg een volle dakgoot. Patina reed vervolgens met verschillende ploegen uit om zoveel mogelijk dakgoten te controleren. Bij een groot deel van de dakgoten bleek echter weinig tot niets aan de hand te zijn. In feite reden de ploegen dus voor niets uit, met als gevolg onnodig kosten maken (faalkosten). Met de sensoren is dit probleem grotendeels opgelost.



Figuur 56 - Dakgootsensor (Salland Electronics, 2021)

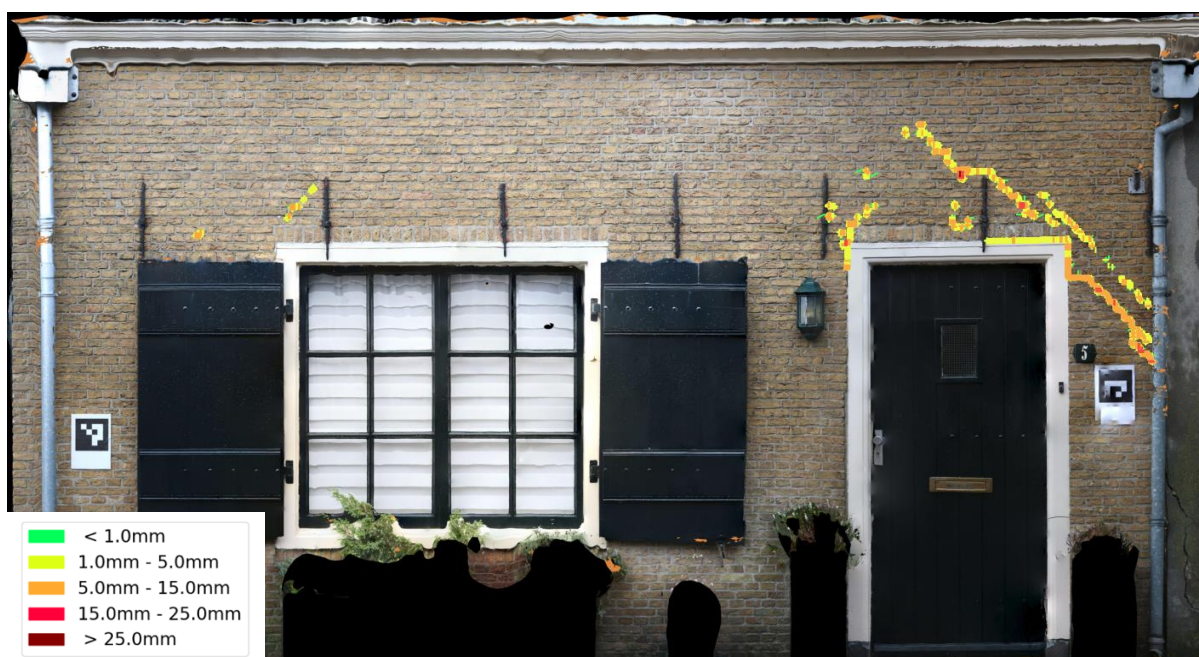
Voor Patina is het van belang dat zij hun faalkosten zo laag mogelijk houden, omdat zij met woningcorporaties resultaatgerichte samenwerkingsovereenkomsten hebben. In deze samenwerkingsovereenkomsten zijn KPI's vastgesteld. Eén van de KPI's is budgetbewaking. Met behulp van de dakgootsensoren kan Patina geld besparen, doordat ze exact weten wanneer er onderhoud moet plaatsvinden.

Omdat het nog om een pilot gaat, past Patina deze sensoren nu nog op kleine schaal toe. In samenwerking met o.a. Ymere, de Alliantie en Stadsgenoten heeft Patina deze dakgootsensoren op ongeveer 60 woningen geplaatst. Vanwege het succes van deze pilot, wilt Patina het aantal woningen met deze sensoren in de nabije toekomst opschalen. Patina loopt echter nog tegen één probleem aan: de sensor is nog niet 100% betrouwbaar. Waar men bij Patina nu vaak mee wordt geconfronteerd is, is het feit dat er zo nu en dan een blaadje tegen de sensor aan komt te liggen. Dit ene enkele blaadje geeft, ondanks dat deze geen invloed heeft op de afwatering in de goot, alsnog hetzelfde signaal af als een volle goot. Hierdoor heeft Patina zo nu en dan alsnog te maken met onnodige kosten.

Use case 14 – Conditie meting gevel

AssetHub (een TNO spin-off) is het eerste bedrijf in Nederland dat op basis van foto's automatisch scheuren kan detecteren, meten en monitoren in gevels. Asset Hub maakt daarbij gebruik van door TNO ontwikkelde algoritmes om op basis van foto's scheuren te kunnen detecteren. Daarbij kan worden nagegaan hoe groot deze scheuren zijn en in hoeverre deze scheuren in de loop der tijd groter zijn geworden.

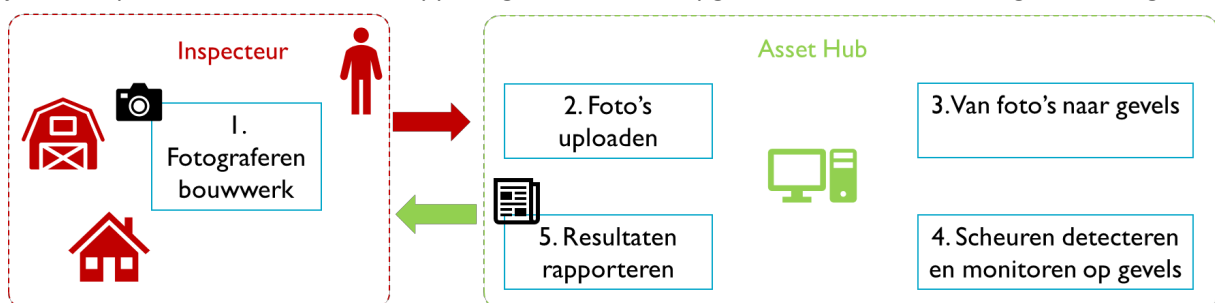
Asset Hub kent zijn oorsprong vanuit TNO. Jeroen Kruithof, voorheen werkzaam als consultant circulair beton, beschrijft drie verschillende strategieën voor circulariteit: levensduur verlengen, hergebruik en ontwikkeling van nieuwe materialen. Bij levensduurverlenging is het van belang dat de conditie van de assets goed bepaald kan worden. Hieruit is een project ontstaan waarmee is gekeken in hoeverre dit op een goede manier gedaan kan worden. In dit project kwam al vrij snel scheurvorming naar voren, aangezien dit een duidelijke indicatie is dat er (wellicht) iets mis is met de constructie van het gebouw en dus direct de veiligheid in het gedrang komt. Vandaaruit is Asset Hub ontstaan. In globale zin heeft Asset Hub een geautomatiseerd systeem ontwikkeld, waar een AI-model achter zit, waarmee scheurvorming in gevels gedetecteerd kan worden op basis van een set foto's.



Figuur 57: Scheurdetectie in de gevel

Asset Hub streeft naar een betrouwbaar en objectief beheer van de assets van hun klanten. Met dit gegeven is Asset Hub gestart met het inspecteren van gemetselde-, betonnen- en gestucte gevels. De nadruk ligt op het moment voornamelijk op gemetselde gevels, omdat deze in overvloed voorkomen. In Nederland worden nieuwbouwwoningen doorgaans ontworpen voor een levensduur van 50 jaar. In deze 50 jaar kan een hoop veranderen waardoor er scheurvorming in constructies kan ontstaan. Oorzaken hiervan kunnen trillingen van het verkeer in de ondergrond zijn, maar bijvoorbeeld ook veranderingen in de ondergrond of verzakkingen in de bodem. Met dit gegeven en het feit dat in Nederland ruim 3 miljoen woningen staan die ouder zijn dan 50 jaar (CBS, 2021), heeft Asset Hub in samenwerking met Sobolt een systeem ontwikkeld dat ten goede komt bij de inspectie van deze gebouwen. Tijdens de huidige bouwkundige opnames worden er overzichtsfoto's gemaakt, en zo nu en dan detailfoto's, waarop enkel de grotere scheurvormingen zichtbaar zijn. In het inspectierapport zijn de kleinere scheurvorming niet of nauwelijks zichtbaar. Asset Hub heeft een model ontwikkeld dat dit probleem oplost.

Asset Hub vraagt van inspecteurs verschillende foto's van geveldelen. Een uitgebreid instructiedocument legt de inspecteurs uit hoe deze foto's gemaakt dienen te worden. De inspecteur uploadt deze foto's vervolgens, waarna Asset Hub deze foto's middels hun model stitcht tot één gevel van hoge resolutie waarop de scheuren en de scheurwijdte (conform AS2870) tot op de millimeter nauwkeurig zichtbaar zijn. Concreet detecteert het model plekken waar geen voeg of metselwerk aanwezig is. Hiermee worden bijvoorbeeld knipvoegen niet gedetecteerd. De metingen kunnen op jaarbasis plaatsvinden zodat een rapportage kan worden opgesteld met verslechtingen van de gevel.



Figuur 58: De werkwijze tussen inspecteurs en Asset Hub

Het model van Asset Hub kent enkele voordelen. Allereerst wordt de arbeid verkort. Met de huidige manier van bouwkundige inspecties zijn inspecteurs veel tijd kwijt aan foto's maken, inmeten en documenteren. Het model van Asset Hub zorgt voor tijdsbesparing in dit traject door het inmeten en documenteren te automatiseren. Inspectiebureaus kiezen er soms nog voor om de scheuren handmatig of digitaal (AutoCad) in te tekenen. Het nadeel hiervan is dat dit arbeidsintensief en tevens foutgevoeliger is ten opzichte van het deep-learning model van Asset Hub. Daarnaast wordt alle verzamelde data overzichtelijk gemaakt in één overzichtsfoto in plaats van een fotoboek. Deze overzichtsfoto kan bijvoorbeeld ook een constructeur helpen, omdat hij een duidelijk beeld heeft van de (gewijzigde) krachtwerking op de gevel.

Asset Hub heeft in het verleden onder andere computervisiesoftware en beeldherkenningssoftware getest om scheuren in gevels te herkennen. Wat echter bleek is dat deze twee vormen van detectie enkele gebreken met zich meebracht. Tijdens de testfase konden de scheurlijnen in de gevel niet goed gevolgd worden. Daarnaast bleek dat deze software erg gevoelig te zijn voor schaduwvorming en mossen op gevel. Beide gebreken zorgen daardoor voor onjuiste informatie. Asset Hub heeft daarom gekozen voor de ontwikkeling van het deep-learning model dat zij hedendaags gebruiken.

4.4.2 Deelconclusie

In totaal zijn er 26 partijen geïnterviewd, dit waren 9 woningcorporaties en 17 bedrijven of kennisinstellingen. De interviews hebben 14 use cases uit de praktijk opgeleverd met betrekking tot

datagestuurd onderhoud. Dus use cases uit de praktijk kunnen onderverdeeld worden onder planmatig onderhoud, reparatieonderhoud en het managen van het binnenklimaat. Daarnaast kunnen de use cases ook onderverdeeld worden onder de volgende bouwdelen: dak, installaties, buitenbouw, binnenbouw en onderlaag. Voor een verdere analyse van de use cases verwijs ik u naar hoofdstuk 4.5 Deelvraag 5: Analyse use cases datagestuurd onderhoud. De use cases kunnen als volgt onderverdeeld worden over de bouwdelen:

- Bouwdeel dak: use cases 6, 7, 9, 10, 12 en 13
- Bouwdeel installaties: use cases 2, 3, 6 en 11
- Bouwdeel buitenbouw: use cases 6, 7, 12 en 14
- Bouwdeel binnenbouw: use cases 5, 6 en 8
- Bouwdeel onderlaag: use cases 1 en 4

4.5 Deelvraag 5: Analyse use cases datagestuurd onderhoud

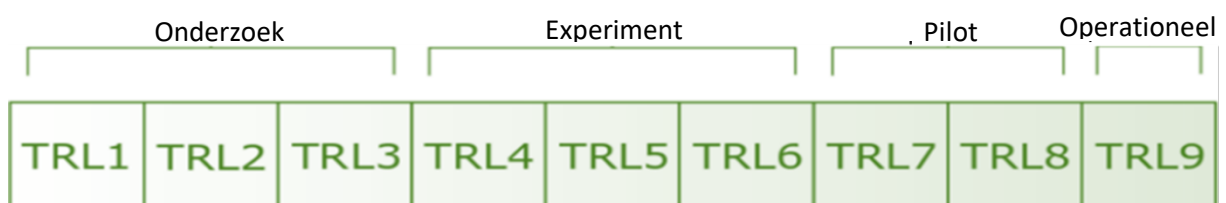
In deze paragraaf wordt een uitgebreide analyse gemaakt met betrekking tot de gevonden use cases in de praktijk. Hierop volgend is een SWOT analyse over datagestuurd onderhoud opgesteld waarin de sterktes, zwaktes, kansen en bedreigingen van datagestuurd onderhoud in kaart worden gebracht en geanalyseerd worden. Tot slot is de deelconclusie opgesteld waarin antwoord wordt gegeven op de deelvraag uit deze paragraaf.

4.5.1 Analyse use cases

Zoals eerder in het rapport is aangegeven hebben de interviews 14 use cases opgeleverd, enkele van de woningcorporaties hebben gelijksoortige use cases doordat samenwerkingen zijn aangegaan met elkaar. Deze use cases zijn uiteindelijk opgedeeld per bouwdeel (dak, installaties buitenbouw, binnenbouw en onderlaag) en Technology Readiness Level (TRL niveau 1-9) en hiervan is een visueel overzicht gemaakt in figuur X. De Nederlandse vastgoedsector richt zich vaak op de verschillende fases van innovatie en de ontwikkeling van producten. Om de verschillende fases van elkaar te onderscheiden wordt gebruik gemaakt van de Technology Readiness Levels (TRL niveaus). Volgens (Uden, 2017) geven deze Technology Readiness Levels de mogelijkheid om technologische ontwikkelingen te rangschikken. Hierbij kan TRL niveau 1 worden gezien als het begin van de ontwikkeling, TRL niveau 9 kan worden gezien als de fase waarin de technologische ontwikkeling volledig klaar is om in de markt geïntegreerd te worden. Deze 9 TRL niveaus kunnen worden onderscheiden in 4 verschillende fases:

- TRL niveau 1-3: onderzoeksfase
- TRL niveau 4-6: experimentele fase
- TRL niveau 7-8: Pilotfase
- TRL niveau 9: Operationele fase

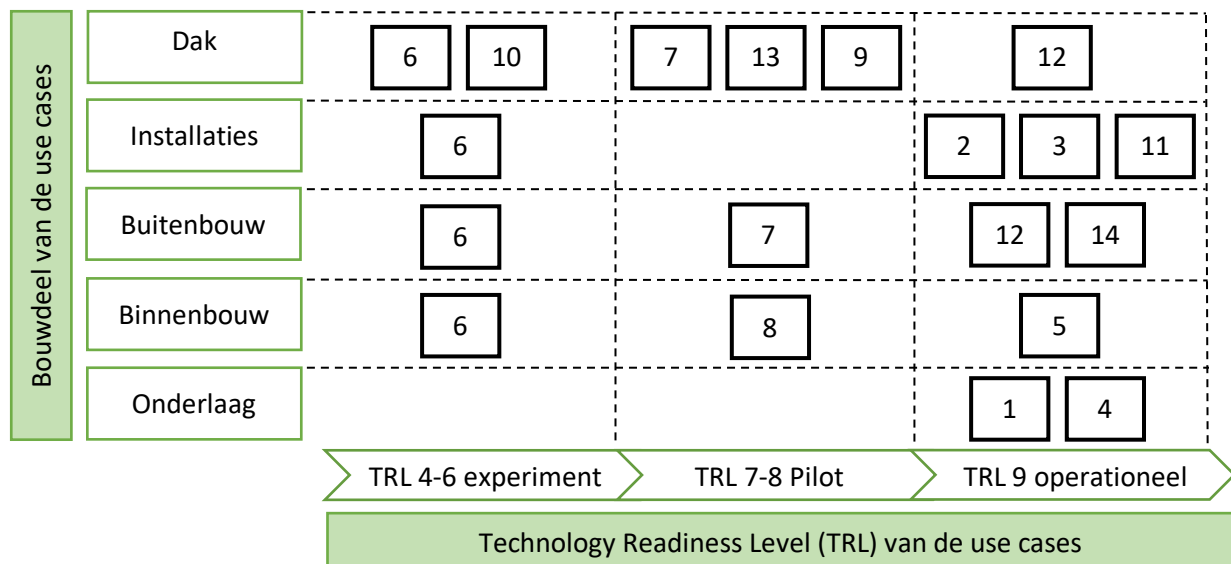
Binnen dit onderzoek kan TRL niveau 1-3 (onderzoeksfase) als niet relevant worden beschouwd doordat de use cases in deze fase nog in een beginstadium zitten. Volgens (Uden, 2017) kenmerkt de onderzoeksfase zich door het feit dat er beginnend onderzoek wordt gedaan naar de technologische ontwikkeling, er worden aannames gedaan maar deze zijn niet experimenteel bevestigd. Wel kunnen de eerste testen worden gedaan maar dit is slechts in een geïnstadium. TRL niveau 4-6 wordt ook wel de experimentfase wordt genoemd kenmerkt zich door het feit dat de eerste experimenten volledig zijn uitgevoerd. De technologische ontwikkeling wordt getest en gedemonstreerd in een relevante omgeving en hier worden de prestaties geoptimaliseerd voor de uiteindelijke omgeving. TRL niveau 7-8 wordt ook wel de pilotfase genoemd. Deze fase kenmerkt zich door het feit dat de technologische ontwikkeling is geïntegreerd binnen de omgeving. Echter is de productie en het behalen van de certificaten nog in gang. De technologische ontwikkeling werkt goed maar de laatste problemen worden nog opgelost voordat de technologie foutloos werkt. TRL niveau 9 wordt ook wel de operationele fase genoemd. Deze fase kenmerkt zich door het feit dat de technologische ontwikkeling volledig in de praktijk is toegepast en dat de fouten uit het systeem zijn gehaald. Zie voor een verduidelijking van de TRL niveaus met de verschillende fases figuur 59.



Figuur 59: TRL niveau 1-9 opgedeeld per fase (Eigen werk)

Er is gekozen om de use cases op te delen in de volgende vijf bouwdelen: dak, installaties, buitenbouw, binnenbouw en onderlaag. Deze bouwdelen zijn na goed overleg met enkele COP leden van de woningcorporaties gekozen en vormgegeven. Onder het bouwdeel dak vallen alle use cases die betrekking hebben op de schil van het dak. Onder het bouwdeel installaties vallen alle use cases die betrekking hebben op liften, cv installaties, etc. Onder het bouwdeel buitenbouw vallen alle use cases die betrekking hebben de schil van de gevel. Onder het bouwdeel binnenbouw vallen alle use cases die betrekking hebben op de binnenzijde van een pand of het binnenklimaat. Onder het bouwdeel onderlaag vallen alle use cases die betrekking de fundering of de kelder. De nummers van de use cases in figuur 60 horen bij de volgende use cases:

- | | |
|--|--|
| 1. Funderingsmonitoring d.m.v. satellietdata | 8. Monitoring van het binnenklimaat |
| 2. Monitoring collectieve verwarmingssysteem | 9. Vochtmetingen in het dak |
| 3. Liftmonitoringssysteem | 10. Dakinspectie m.b.v. robotisering |
| 4. Sensoren in kelder voor overstromingen | 11. Monitoring CV ketel en warmtepomp |
| 5. Slimme thermostaatkraan | 12. Vastgoeddata m.b.v. AI en data-science |
| 6. Van BIM naar MJOP/MJOB | 13. Dakgootsensoren |
| 7. Buitenonderhoud o.b.v. camerabeelden | 14. Conditie meting gevel |



Figuur 60: Overzicht use cases per bouwdeel en Technology Readiness Level (Eigen werk)

De 14 use cases zijn in figuur 60 verdeeld over de bouwdelen en Technology Readiness Levels. Er kan geconcludeerd worden dat slecht 2 use cases zich in TRL niveau 4-6 (experiment) bevinden, 4 use cases bevinden zich in TRL niveau 7-8 (pilot) en 9 use cases bevinden zich in TRL niveau 9 (operationeel). Van alle use cases is dus meer dan de helft in de operationele fase. Use case 6 (van BIM naar MJOP/MJOB), use case 7 (Buitenonderhoud o.b.v. camerabeelden) en use case 12 (digitale vastgoedogen) zijn verdeeld over meerdere bouwdelen, dit komt doordat deze use cases betrekking hebben op meerdere delen van een gebouw. In hoofdstuk [4.4 Deelvraag 4: Gevonden use cases in de praktijk](#) is al een uitgebreide uitwerking van de use cases uit de praktijk te vinden. Indien u geïnteresseerd bent in een beknopte analyse van de use cases dan kunt u deze op de volgende 4 pagina's vinden. In de tabel is een analyse gemaakt van de use cases op de volgende punten:

- Sterkte: de positieve punten die deze use case heeft tegenover het huidige onderhoudsproces
- Zwakte: de negatieve punten die deze use case heeft tegenover het huidige onderhoudsproces
- Conclusie: het uiteindelijke oordeel over het presteren van de use case

Case	Sterkte	Zwakte	Conclusie
1	Het onderhoud kan gemonitord worden op basis van satellietdata waardoor niet jaarlijks een inspecteur alle panden langs hoeft te gaan. Door middel van het toepassen van de satellietdata voor funderingsherstel heeft Ymere een jaarlijkse kostendaling van €50.000 weten te behalen op het oude onderhoudsproces.	Wanneer er op basis van de satellietdata wordt geconstateerd dat de fundering in slechte staat is dan dient er nog wel een inspecteur langs te gaan om de meetbouten uit te meten. Dit gebeurt slechts bij 5 procent van de panden en voorheen was dit een veel hoger percentage dus deze zwakte kan ook als positief worden gezien.	Het monitoren van het onderhoud van de fundering op basis van satellietdata werkt volledig en kan worden toegepast op de gehele portefeuille. Deze onderhoudstechniek heeft positieve effecten op de jaarlijkse onderhoudskosten doordat de satellietdata ondersteuning kan bieden bij het werkproces van de inspecteur.
2	Door het monitoren van de collectieve verwarmingssystemen door middel van sensoren is het mogelijk om storingen binnen 4 uur te verhelpen, dit was voorheen vaak niet mogelijk. Door middel van het toepassen van de sensoren in de collectieve installaties wordt zowel de financiële- als de kwalitatieve druk verminderd.	De temperatuur van de collectieve installaties kan soms hoog oplopen waardoor de sensoren doorbranden en de simkaart krom gaat staan. Hierdoor kunnen er soms fouten waardes worden doorgegeven en werkt het systeem op die momenten niet.	Het monitoren van de collectieve warmtesystemen door middel van sensoren werkt volledig en kan worden toegepast op de gehele portefeuille. Deze werkwijze leidt tot een hogere huurderstevredenheid, Daarnaast resulteert deze werkwijze in een kwaliteitsverbetering en een kostendaling.
3	Het liftmonitoringssysteem zorgt ervoor dat er een melding wordt gemaakt bij de monteur wanneer er een storing in de lift is. Hierdoor is het mogelijk om het onderhoud bij klachten en storingen veel sneller te verhelpen doordat de sensoren direct een melding plaatsen bij de monteur en overbodige handelingen worden overgeslagen.	Bij de implementatie van dit onderhoudsproces was het lastig om te bepalen waar de sensoren geplaatst moesten worden. Daarnaast worden in bepaalde complexen apparaten uit de liften gestolen omdat deze een hoge waarden hebben, echter gebeurt dit slechts bij een heel klein deel van de panden.	Het liftmonitoringssysteem werkt volledig en kan worden toegepast op de gehele portefeuille. Door deze werkwijze wordt het reparatieonderhoud van de liften geautomatiseerd wat er toe leidt dat het onderhoud sneller uitgevoerd kan worden. Uiteindelijk leidt dit tot een huurderstevredenheid in de complexen met sensoren.
4	De sensoren in de kelder zorgen ervoor dat de waterstand wordt gemonitord, hierdoor wordt er tijdig een melding gegeven als er een hoge waterstand is waardoor mogelijke overstromingen niet ontstaan en	Woningcorporatie Idealis heeft geen directe zwaktes ontdekt bij de implementatie van dit onderhoudsproces. De kosten en tijd die de innovatieve implementatie met zich mee brengt kunnen als negatief worden ervaren	De sensoren in de kelder die overstromingen monitoren werken volledig en kunnen worden toegepast op de gehele portefeuille. Door dit onderhoudsysteem toe te passen kan de waterstand in de kelder worden gemonitord wat er toe leidt

	waterschade niet plaatsvindt. Dit leidt tot een huurderstevredenheid en vermindering van overstromingskosten.	maar deze wegen niet op tegen de positieve effecten van het systeem.	dat er geen overstromingen meer plaatsvinden die hoge kosten met zich meebrengen.
5	De slimme thermostaatkraan zorgt ervoor dat de temperatuur 4 graden naar beneden gaat als de bewoner niet thuis is. Hierdoor kan een besparing in het gas worden gerealiseerd van ongeveer 20 procent. Dit werkt vooral erg goed bij oude complexen waar de duurzaamheid en isolatiewaarde wat minder zijn.	Deze slimme thermostaatkraan is niet zomaar een product wat panklaar gekocht kan worden. Bij de implementatie loopt men tegen problemen aan waar niemand echt het antwoord op weet, ook de producent niet. Hierdoor moet zelf naar de oplossing worden gezocht en dat kost meer tijd dan aanvankelijk wordt gedacht.	De slimme thermostaatkraan werkt nog niet volledig en wordt nog getest in een pilot door de woningcorporatie Idealis. De verwachtingen van de pilot zijn hoog doordat woningcorporatie Duwo op haar eigen portefeuille een daling van 20 procent in het gasgebruik heeft gerealiseerd
6	Het gebruiken van een BIM model voor het bepalen van het meerjaren onderhoud leidt er toe dat er minder data- en informatieverlies plaatsvindt doordat er een centrale vastgoed cartotheek is waar informatie vandaan gehaald kan worden. De benodigdheden om het meerjaren onderhoud te bepalen komen nu uit 3D BIM model.	Een BIM model is afgestemd op het bouwproces van de aannemer en architect en niet op het beheer- en onderhoudsproces van woningcorporaties. Een BIM model is niet plug en play en dient afgestemd te worden op het beheerproces om bruikbaar te zijn. Hier dienen vooraf goede en duidelijke afspraken te zijn in een BIM ILS.	Het toepassen van BIM modellen om het meerjaren onderhoud te bepalen is nog in de pilotfase en is nog niet volledig klaar om geïmplementeerd te worden. Indien de BIM modellen gebruikt willen worden voor het meerjaren onderhoud dan dienen hier duidelijke tekenafspraken over te worden gemaakt in een BIM ILS.
7	Het buitenonderhoud bepalen op basis van camerabeelden maakt het mogelijk om het planmatig onderhoud vanaf de computer te bepalen. De onderhoudscyclus kan jaarlijks of per maand uitgevoerd worden. Het grootste voordeel aan dit onderhoudsproces is het feit dat er één digitale dataset is waar informatie uit gehaald kan worden.	De implementatie van dit onderhoudsproces is zeer kosten- en tijdsintensief. Hierdoor is het voor kleine woningcorporaties niet mogelijk om deze innovatie momenteel toe te passen. De implementatie van dit onderhoudsproces wordt momenteel getrokken door enkele van de meest innovatieve woningcorporaties, de kleine zullen moeten volgen.	Het bepalen van het buitenonderhoud o.b.v. camerabeelden is momenteel aan het einde van de pilotfase en kan al op grote woningportefeuilles worden toegepast. Het gebruiken van dit onderhoudsysteem leidt tot een goedkoper en efficiënter proces ten opzichten van het huidige onderhoudsproces.
8	Door het monitoren van het binnenklimaat is het mogelijk om het binnenklimaat te managen	Door de wet bescherming persoonsgegevens is het lastig om de sensoren bij bestaande panden te	De monitoring van het binnenklimaat bevindt zich nog in een pilotfase en kan nog niet toegepast worden

	<p>van afstand achter de computer. Dit leidt tot een gebruikerstevredenheid doordat het binnenklimaat aanzienlijk verbeterd doordat de sensoren waardes doorgeven, bij een te hoge of lage waarden wordt er automatisch ingegrepen.</p>	<p>plaatsen, zo moet er eerst toestemming zijn van de bewoners. Om deze reden past Trivire de sensoren slechts alleen bij nieuwbouwpanden toe, de opschaling naar alle panden verloopt dus traag en bij sommige panden is dit niet mogelijk.</p>	<p>op de gehele portefeuille. Trivire gaat beginnen aan een business case waarin onderzocht wordt welke sensoren het beste toegepast kunnen worden op het gebied van kosten, prestatie, bruikbaarheid en haalbaarheid. Trivire verwacht dit eind 2021 af te ronden.</p>
9	<p>De vochtmeetsensoren kunnen vocht meten in de dakbedekking of in de isolatie. De data die hiermee wordt vergaard kan later in nieuw te ontwerpen daken worden gebruikt om eventuele gebreken te voorkomen.</p>	<p>De sensoren worden in de dakbedekking of in de isolatie geplaatst waardoor het zonder bouwkundige ingrepen niet mogelijk is om deze sensoren te verwijderen of aan te passen. Ook hebben de sensoren een batterijduur van 2 à 3 jaar wat dus betekent dat er na deze periode geen metingen meer worden gedaan.</p>	<p>Voordat dit systeem grootschalig toegepast kan worden, dient de batterijduur tenminste gelijk te zijn aan de levensduur van het dak zelf om vervanging niet noodzakelijk te maken. Dit brengt namelijk bouwkundige ingrepen met zich mee die geld kosten en tevens risico's zoals schade aan het dak met zich mee.</p>
10	<p>De dakinspectie met behulp van robotisering meten scheurtjes, oneffenheden en gaatjes in het dakleer die tijdens inspecties veelal niet worden gedetecteerd door het menselijke oog. Hierdoor weet men in een vroeg stadium al of er in de toekomst kans is op bijvoorbeeld lekkage.</p>	<p>Omdat de use case zich nog in een laag TRL-niveau bevindt is het lastig om de te verwachten zwaktes aan te geven. Een logische zwakte zou kunnen zijn dat de robot van zijn baan afwijkt doordat hij over een stuk vuil rijdt. Daarnaast kan het ook voorkomen dat de robot geen gebreken detecteert doordat het dak voorzien is van een laag mos/schimmel.</p>	<p>Voordat deze manier van inspecteren bruikbaar is, dient er een pilot uitgevoerd te worden die positieve- en negatieve punten aan het licht brengt.</p>
11	<p>De monitoring van de CV ketels en warmtepompen zorgt ervoor dat installateurs van afstand kunnen monitoren. Doordat kunnen simpele storingen telefonisch worden opgelost zonder dat de installateur daarvoor hoeft uit te rijden. Dit zorgt voor een vermindering van faalkosten en tevens is er geen verspilling van tijd. Iets wat in een krappe</p>	<p>De monitoring is op het moment enkel uitgerold onder installatiebedrijven. Deze bedrijven hebben veel klanten en een tekort aan personeel. Voor particulieren zonder een onderhoudsabonnement is dit systeem (nog) niet realistisch, omdat installatiebedrijven vanwege de krapte niet gaan uitrijden voor de particulieren die eenmalig een storing</p>	<p>De module van Insmart is een goed werkend systeem dat op het moment nog uitgerold wordt onder installateurs. Het systeem heeft echter al bewezen toegevoegde waarde te hebben voor installateurs. Ondanks het werkzame systeem is er forse concurrentie. Fabrikanten ontwikkelen namelijk ook eenzelfde soort software die zij bij de productie in hun</p>

	<p>arbeidsmarkt erg kostbaar is.</p>	<p>verholpen willen hebben. Daarnaast verwerken fabrikanten ook al monitoringsoftware in hun apparatuur.</p>	<p>apparatuur verwerken waardoor monitoren ook al mogelijk is.</p>
12	<p>Door het gebruik van artificial intelligence en data-sciene verzamelt de (mobiele) app betrouwbare data en hoeveelheden op een snelle manier. Deze data kan vervolgens weer hulp bieden tijdens belangrijke investeringsbeslissingen of bij het opstellen van MJOB's. De app werkt tevens goed in combinatie met calculatiesoftware van IBIS.</p>	<p>Sommige materialen en hoeveelheden dienen nog handmatig ingevoerd te worden omdat de app deze niet herkent. Een voorbeeld hiervan is het verschil in de materialisatie van kozijnen. Daarnaast kan de app tot ongeveer 90% van de hoeveelheden en materialen bepalen. De overige 10% dient nog met de hand ingevoerd te worden.</p>	<p>De app is al goed bruikbaar als dataverzamelaar van de woningportefeuille. Voor inventarisatiedoeleinden en calculaties is het systeem goed bruikbaar. Voor het onderhoud is dit in mindere mate ook het geval, echter werkt de detectie van bijvoorbeeld scheuren in een gevel niet met deze app. In combinatie met andere systemen kan deze app een sluitend totaalplaatje bieden.</p>
13	<p>Het is mogelijk om waterschade te voorkomen dankzij de signalen die het systeem geeft. Daarnaast zorgen deze signalen er ook voor dat onderhoudsbedrijven niet meer onnodig hoeven te inspecteren omdat ze dankzij de signalen precies weten wanneer er onderhoud vereist is aan bepaalde dakgoten. Dit zorgt voor een vermindering van faalkosten.</p>	<p>Uit het interview met Patina kwam naar voren dat het systeem over één klein gebrek beschikt. De sensoren geven namelijk ook waarschuwingssignalen af als er bijvoorbeeld één enkel blaadje ter hoogte van de sensor ligt. Hierdoor geeft het systeem in feite een foutief signaal af aangezien er geen kans is op verstopping.</p>	<p>Het systeem werkt naar behoren en is dus goed toepasbaar op dakgoten. Het systeem is echter nog niet 100% betrouwbaar wat dus alsnog tot faalkosten kan leiden. De mate waarin het systeem faalt komt echter enkel in de periodes voor waarin voornamelijk bladeren zich verplaatsen (herfst en storm) waardoor het systeem het grootste deel van het jaar wel betrouwbaar te noemen is.</p>
14	<p>Voor bedrijven zoals bouwkundig inspecteurs wordt het in 1 overzichtsfoto duidelijk hoe groot scheuren in de gevel zijn, waar ze precies (op de millimeter nauwkeurig) zitten en of deze groter zijn geworden. Hierdoor is het (handmatig) intekenen van deze scheuren niet meer nodig wat leidt tot een vermindering van arbeid. Daarnaast is lange documentatie ook verleden tijd.</p>	<p>Het systeem vereist een speciaal soort foto. Asset Hub legt via een bijgeleverde handleiding uit hoe deze foto's gemaakt dienen te worden. Asset Hub heeft echter gemerkt dat ondanks deze handleiding inspecteurs toch nog foutieve dus onbruikbare foto's maken waardoor een 'workshop' op locatie meestal nog nodig is.</p>	<p>Het systeem van Asset Hub heeft aangetoond dat het in elke situatie goed werkzaam is in zowel de woningbouw als in de utiliteitsbouw. Met een foutmarge van 0% kan dit systeem inspecteurs helpen bij het detecteren van scheurvorming in de gevels.</p>

4.5.2 SWOT analyse datagestuurd onderhoud

Volgens (Lucidchart, 2022) kan een SWOT analyse worden gebruikt als een visueel instrument om de strengths, weaknesses, oppertunities en threats in kaart te brengen en te indentificeren. Een SWOT analyse kenmerkt zich door de diagram in een twee-bij-twee raster, hierin wordt elk kwadrant vervuld door één van de eerder genoemde punten. Het maken van een SWOT analyse draagt bij aan het kritisch denken over het proces, hierdoor kan er kritisch bekeken worden welke obstakels overwonnen of geminimaliseerd moeten worden. Daarnaast kan een SWOT analyse ook een bijdrage leveren aan de te bepalen processtappen die genomen moeten worden om een succes te behalen. Binnen dit onderzoek richt de SWOT analyse zich op datagestuurd onderhoud. In figuur 61 is een visualisatie gemaakt van de strengths, weaknesses, oppertunities en threats van datagestuurd onderhoud. Voor een vedere uitwerking van de kwadranten verwijs ik u naar de literatuur die na het figuur.



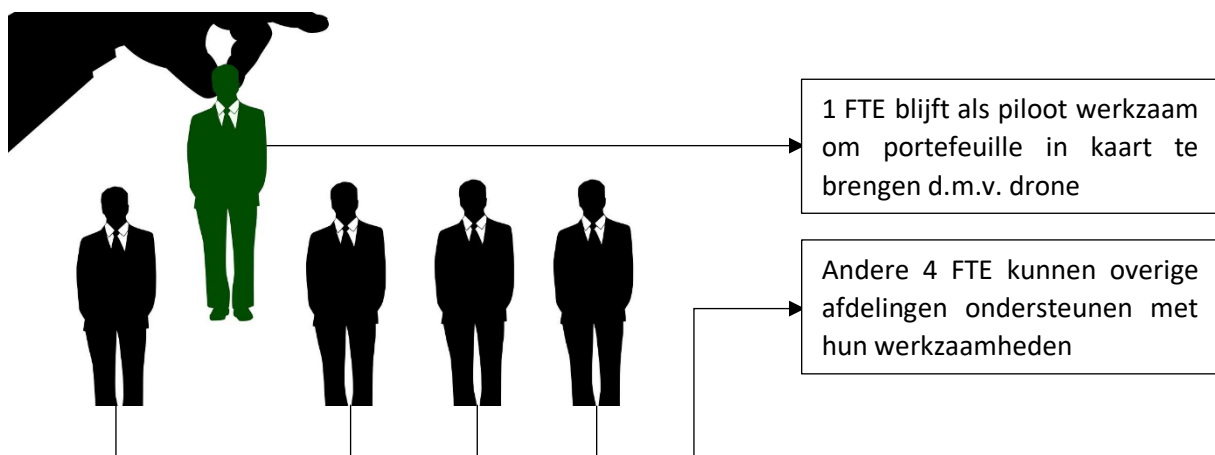
Figuur 61: SWOT analyse datagestuurd onderhoud (Eigen werk)

4.5.2.1 Strengths

Vermindering FTE

Het toepassen van datagestuurd onderhoud leidt tot een vermindering in het aantal FTE, dit komt doordat het oude onderhoudsproces wordt aangepast en doordat technologische ontwikkelingen op sommige punten de menselijke hand overnemen. Door middel van het toepassen van Spotr bij het planmatig onderhoud heeft woningcorporatie de Alliantie (bijlage E) een FTE vermindering van 5 naar 1 FTE weten te behalen op de afdeling conditiemetingen. In het oude onderhoudsproces waren de 5 conditiemeters bezig om de technische staat van de portefeuille in kaart te brengen in een cyclus van 3 jaar. In het nieuwe onderhoudsproces nemen de camerabeelden dit werk van de conditiemeters over, zo is er nog maar één conditiemeter actief als piloot die de portefeuille door middel van camerabeelden in kaart brengt.

Een vermindering in het aantal FTE leidt ook tot een kostenbesparing in de personeelskosten wat als positief effect kan worden gezien. Echter moet een vermindering van het aantal FTE niet iets zijn waar op gestuurd moet worden. In het interview met Kleurrijk Wonen is ook aangegeven dat het gebruik van Spotr daar tot een vermindering in het aantal FTE gaat leiden, echter gaf Kleurrijk Wonen (bijlage E) aan dat dit niet iets is waar zij op sturen. Kleurrijk Wonen gaat dit personeel inzetten op andere afdelingen omdat er tegenwoordig genoeg druk op de woningcorporaties staat. De vermindering in het aantal FTE kan dus kostentechnisch worden gezien maar het personeel kan ook op andere afdelingen worden ingezet. In figuur 62 is het proces van de Alliantie gevisualiseerd waarin de afdeling van 5 FTE naar 1 gaat, de overige werknemers kunnen andere afdelingen ondersteunen en ontlasten.



Figuur 62: Visualisatie van de verplaatsing van het aantal FTE intern binnen de bedrijfsvoering (Eigen werk)

Centrale vastgoedcartotheek

Door het toepassen van datagestuurd onderhoud ontstaat er een centrale vastgoedcartotheek wat kan worden gezien als een verzameling van alle materialen en elementen in een gebouw. Door het toepassen van BIM modellen waar sensordata in terugkomt komt alle data- en informatie van het vastgoed op een centrale plek samen waarvandaan het gebruikt kan worden. Ook kan het gebruik van Spotr worden gezien als een centrale vastgoedcartotheek doordat alle vastgoedinformatie van de gehele portefeuille terugkomt in een 3D model. In de centrale vastgoedcartotheek is het mogelijk om elementen en hoeveelheden van bouwdeelen en gebouwen te zien.

Uit het interview met Kleurrijk Wonen (bijlage E) is gebleken dat het oude onderhoudsproces, zonder digitaal model en bijhorende vastgoedcartotheek veel meer fouten worden gemaakt in het beheer- en onderhouds proces van de woningcorporaties. Dit komt doordat in het oude proces de data in de vastgoed cartotheek werd opgeslagen op een centrale schijf. Wanneer er gebruik wordt gemaakt van een vastgoedcartotheek in een 3D model dan is de data op een centrale plek. Hierdoor is het mogelijk

om direct over de actuele en valide data te beschikken, dit heeft tot gevolg dat urgente vragen spoedig en accuraat beantwoord kunnen worden. Volgens (hetdatahuis, 2020) leidt een digital twin cartotheek tot een verlaging in zoektijd, rekentijd en fouten. Dezelfde werkzaamheden kunnen worden verricht met minder mensen.

Conditiemetingfrequentie is korter

Op gebied van planmatig onderhoud is het mogelijk om de conditiemetingfrequentie korter te maken door gebruik te maken van camerabeelden. Een voorbeeld van onderhoudsysteem is Spotr, dit onderhoudsysteem maakt gebruik van vliegtuig-, drone-, auto- en satellietbeelden en voegt deze samen in een 3D model. De beelden in SPOTR kunnen verschillende verversingen hebben afhankelijk van de gekozen frequentie van de scans van de auto's, vliegtuigen of drones. De frequentie kan dus per kwartaal of jaarlijks uitgevoerd worden, dit heeft een groot voordeel ten opzichten van het huidige onderhoudsproces waarin het vastgoed één maal per drie jaar in kaart is. Waar de dataset nu elk jaar of per kwartaal kan worden verfrist was dit eerder per drie jaar, hierdoor is er een actuelere dataset.

Voor panden waar veel problematiek mee ervaren wordt kan er dus gekozen worden om de frequentie te verkorten waardoor het vastgoed beter in kaart is en er eerder herstelwerkzaamheden uitgevoerd kunnen worden indien dat noodzakelijk is. Daarentegen heeft de Alliantie tijdens het interview (bijlage E) wel aangegeven dat het extern laten vliegen van de vastgoedportefeuille door middel van dronebeelden erg kostenintensief is. Om deze reden heeft de Alliantie een personeelslid om laten scholen tot piloot, de totale kosten van de drone, het certificaat en een vergunning zijn rond de 30.000 euro. Indien de Alliantie dit door een gespecialiseerd bedrijf laat uitvoeren dan komen de kosten neer op een paar miljoen per jaar. Door het in dienst nemen van een piloot wordt dit onderhoudsproces efficiënt.

1 dataset zonder eigen ingevingen

In het interview met de Alliantie (bijlage E) is naar voren gekomen dat het gebruik van datagestuurd onderhoud leidt tot de komst van één dataset. Door het werken met Spotr zijn er niet meerdere interpretaties mogelijk, wat door persoon 1 als een appel wordt gezien wordt door persoon 2 ook als een appel gezien. In het oude onderhoudsproces was de fruitmand gevuld met appels en peren en was het mogelijk om verschillende interpretaties te hebben omdat de personen op de locaties verschillende waarnemingen konden doen. Wanneer er vragen of onduidelijkheden zijn in het nieuwe onderhoudsproces dan kan er gezamenlijk in het systeem gekeken worden naar die ene dataset waardoor er veel efficiënter wordt gewerkt.

In het oude onderhoudsproces waar het planmatig onderhoud werd bepaald door de conditiemeters waren eigen ingevingen over het onderhoud mogelijk. Een mens kan immers alleen zien wat hij ziet en voelt, daarnaast kunnen meningen ook verschillen. De aannemer kon vervolgens een ander beeld over het pand creëren en maakte zijn eigen dataset waarop hij werkzaamheden ging verrichten. In het onderhoudsproces waar datagestuurd onderhoud wordt toegepast ontstaat er één dataset en worden eigen ingevingen geëlimineerd. De camerasystemen nemen zorgen ervoor dat verschillende interpretaties niet mogelijk zijn, in Spotr dekken de camerasystemen 95 procent van het pand waar de conditiemeters en aannemers slecht kunnen beoordelen wat zij zien.

Tekort aan technisch personeel opvangen

Zoals eerder is aangegeven zijn er volgens (UWV, 2021) 105.000 openstaande vacatures in de technische sector. Hiermee is deze sector goed voor maar liefst 28 procent van de openstaande vacatures in Nederland. Ook in de interviews met de woningcorporaties is naar voren gekomen dat er een groot tekort is aan technisch personeel. Voor installateur, monteurs, technici en mensen uit de bouw is het dan ook van belang om hun beschikbare tijd zo efficiënt mogelijk te besteden. Door middel

van datagestuurd onderhoud is het mogelijk om het technische personeel te ondersteunen in hun dagelijkse werkzaamheden waardoor de technici worden ontlast van de vele werkzaamheden en zij de werkzaamheden effectief kunnen uitvoeren met minder mensen.

Zo kunnen sensoren de technische staat van installaties en bouwdelen monitoren waardoor de installateur niet op periodieke controle hoeft maar een melding binnenkomt indien er schade is. In het interview met Ymere (bijlage E) is naar voren gekomen dat het funderingsherstel gemonitord kan worden op basis van satellietbeelden. Hierdoor is het mogelijk om het onderhoud vanaf de computer te monitoren en wordt er een melding gegeven als de fundering in slechte technische staat is. Een groot voordeel hiervan is het feit dat de inspecteur niet langs elk pand hoeft om de fundering te beoordelen maar het onderhoudssysteem op basis van de satellietbeelden geeft aan welke panden een slechte fundering hebben. Hierdoor hoeven de inspecteurs nog maar 5 procent van alle panden te inspecteren.

Menselijke factor verminderen

Volgens (Hul, 2020) zijn 80 procent van de ongevallen in de bouw te danken aan het menselijk falen, vaak ligt dit aan de mentaliteit of de overschatting. Door het toepassen van datagestuurd onderhoud wordt de bijdrage van de menselijke hand verminderd wat tot een daling in fouten leidt. Waar eerder het onderhoud werd bepaald op basis van het menselijk oog wordt dit nu gedaan door camerasystemen en sensoren. Ook maken de sensoren het mogelijk om meldingen te geven bij storingen waardoor de mens niet periodiek langs alle installaties moet om de technische staat op te nemen.

Daarnaast zijn de camerasystemen en onderhoudstechnieken in het datagestuurde onderhoud vele malen effectiever in het in kaart brengen van de technische staat van het gehele pand. In het interview met de Alliantie (bijlage E) is naar voren gekomen dat de camerasystemen in Spotr vele malen beter zijn dan de menselijke conditiemeter. Zo kan een mens slechts zien wat hij visueel ziet en voelt, een camerasysteem in Spotr is in staat om 95 procent van de gevel in kaart te brengen. Zie hiervoor ter visualisatie figuur 62. Aan de linkerzijde van het figuur is de conditiemeting te zien waarin de mens slechts kan zien wat hij ziet vanaf de begane grond, aan de rechterzijde van het figuur is de conditiemeting te zien waarin de camerasystemen 95 procent van de gevel kunnen zien.



Conditie meting o.b.v. mens

Conditie meting o.b.v. camerasystemen

Figuur 62: Verschil tussen een conditiemeting van de mens en camerasystemen (Eigen werk)

Effectiviteit en productiviteit verbeterd

Ook leidt het gebruik van datagestuurde onderhoud ertoe dat de effectiviteit en productiviteit verbeterd en toeneemt. In het interview met de Alliantie is naar voren gekomen dat de effectiviteit toeneemt doordat het onderhoudsproces sneller en preciezer vormgegeven kan worden. In het onderhoudsproces zonder datagestuurde onderhoud vinden meerdere herhaalstappen die geëlimineerd worden door gebruik te maken van datagestuurde onderhoud. In het oude onderhoudsproces met betrekking tot planmatig onderhoud voerde een conditiemeter een visuele

inspectie uit en stelde hij een rapport op. Dit rapport ging naar de volgende persoon op de afdeling en deze maakte een programma en stuurde het door naar de aannemer. Deze aannemer ging vervolgens kijken wat er uitgevoerd moest worden in het rapport en ging terug naar het complex. Hier ging de aannemer kijken hoeveel kozijnen er waren en hoeveel er geschilderd moest worden, de aannemer ging dus nogmaals hetzelfde bekijken en ging zijn eigen dataset opbouwen wat resulteerde in een offerte.

Wanneer datagestuurd onderhoud wordt toegepast in de vorm van Spotr dan is het mogelijk om enkele processtappen over te slaan. Zo hoeft het pand niet meer visueel geïnspecteerd te worden door de conditiemeters maar komt de data en informatie van de camerasystemen binnen in het onderhoudssysteem. Daarnaast hoeven de conditiemeter en aannemer niet apart van elkaar een database te creëren maar kunnen zij gezamenlijk tot een interpretatie komen door samen in het onderhoudssysteem te kijken. Ook verbeterd de productiviteit doordat er minder tijd wordt besteed aan het verzamelen en zoeken van data door de centrale vastgoedcartotheek. Volgens (Theeuwen & Pim, 2016) vond er in het oude beheer- en onderhoudsproces veel data en informatieverlies plaatst door het zoeken naar informatie.

4.5.2.2 Weaknesses

Algemene verordening gegevensbescherming (AVG)

Voor de implementatie van datagestuurd onderhoud in de woningportefeuille dienen een paar stappen doorlopen te worden. Eén van die stappen kan het toepassen van data-science zijn in de vorm van het plaatsen van sensoren die op hun beurt data verzamelen. Dit kunnen verschillende vormen van data zijn, bijvoorbeeld een verzameling van data over het gebruik van installaties, het gebruik van sanitaire voorzieningen. Uit deze verzameling van gegevens is het mogelijk om een bepaald gedrag af te leiden van een persoon. Op dit punt is het toepassen van data-science in strijd met de Algemene Verordening Gegevensbescherming (AVG). Bij de AVG gaat het om (verkregen) gegevens die herleidbaar zijn tot personen (Ministerie van Justitie en Veiligheid, 2018).

In bestaande huurcontracten is weinig tot geen ruimte voor wijzigingen aangezien het contract op een bepaalde datum door (tenminste) een tweetal partijen is aangegaan onder de in het contract geldende voorwaarden. Het toepassen van data-science in bestaande huurwoningen is dus enkel mogelijk met een wettelijke grondslag tot detectie en opslag van persoonsgegevens. Dit kan toestemming zijn, een overeenkomst, een wettelijke plicht of een gerechtvaardigd belang. In het geval van een huurcontract is er dus enkel sprake van een bepaling in de overeenkomst waaruit duidelijk wordt gemaakt dat het toepassen van sensoren in de woning toegestaan is. Het is aannemelijk dat een huurder hier niet mee instemt, omdat het gebruik van data-science de huurder het gevoel kan geven dat hij/zij gedurende de dag geobserveerd wordt.

Techniek aan de voorzijde maar afhankelijk van de mens erachter

Het overschakelen naar datagestuurd onderhoud gaat gepaard met de start of verbetering van bestaande technieken. Deze technieken zijn ontwikkeld door de mens en zullen ook onderhouden moeten worden de mens. Eén van de doelen die het gebruik van datagestuurd onderhoud met zich mee kan brengen, is het constateren van (aankomende) gebreken die pas in een later stadium door de bijvoorbeeld een inspecteur gedetecteerd zou worden. Logischerwijs zou het aantal melding van onderhoud dankzij datagestuurd onderhoud dus moeten stijgen aangezien er een groot deel van de portefeuille gemonitord wordt.

Het onderhoud zal voorlopig nog steeds door menselijke arbeid verricht moeten worden. Zoals eerder gemeld kampt de technische sector met een tekort aan technisch personeel (UWV, 2021). Bij een stijgend aantal meldingen van onderhoud zal er dus ook meer technisch personeel beschikbaar

moeten zijn en die zijn er op dit moment niet. Het is daardoor aannemelijk dat de doorlooptijd van een melding zal oplopen.

Innovatietechnieken kosten tijd en geld

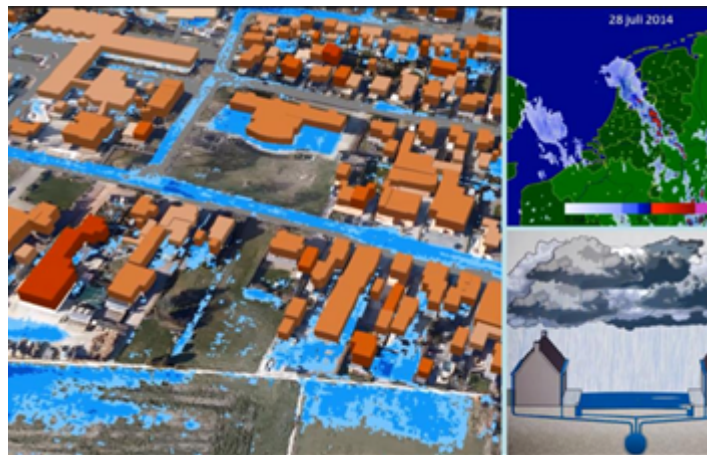
Het implementeren van nieuwe ontwikkelingen en techniek kan veel tijd en geld kosten. Het monitoren van cv-ketels bijvoorbeeld is iets wat nog niet op grote schaal gebeurt. De implementatie van dit systeem zorgt voor een grote kostenpost. In het interview met Insmart is hun business uitvoerig besproken. Zij gaven aan dat een module bij hen zo'n €35,- kost. Daarnaast kost het gebruik van deze module gemiddeld zo'n €1,70 per maand. Voor een woningcorporatie als Trivire (15.768 VHE's) kost de implementatie van dit systeem al gauw zo'n €551.880,-. Daarnaast kost het monitoren van de cv-ketels hen €321.667,- op jaarbasis. Bij nieuwe huurovereenkomsten kunnen de prijzen voor het monitoren van de cv-ketels worden doorgerekend aan de huurder, echter in bestaande contracten is dit niet mogelijk zonder wederzijdse goedvinding van de huurder. Het aanpassen van bestaande contracten kan in de meeste gevallen dus pas bij mutatie. Om het verhaal dus kostendekkend te krijgen, dient er eerst mutatie plaats te vinden. Bij Trivire is de gemiddelde woonduur van een huurder zo'n 11 jaar. Dat zou dus betekenen dat in het slechtste geval Trivire er tenminste 11 jaar over doet om dit systeem te implementeren en tevens kostendekkend te krijgen.

4.5.2.3 Oportunities

Hittestress of wateroverlast visualisatie

Volgens (Hiemstra, 2021) brengt klimaatverandering grote effecten met zich mee met betrekking tot wonen in steden. Zo is de kans op zeer hoge temperaturen veel hoger dan buiten de stad en levert veel regen ook overlast op in steden. Voor steden is het vaak moeilijk om met deze hittestress en wateroverlast om te gaan. In het onderhoudssysteem van Spotr is het mogelijk om kaartlagen toe te voegen die een visualisatie kunnen geven van wateroverlast en hittestress. Hierdoor is het mogelijk om op strategisch en tactisch niveau voor de wijk keuzes te maken welke het beste bij de situatie passen.

Ook is het mogelijk om via het systeem van Spotr groene- of grijze tuinen te zien, dus waar bevindt zich wateroverlast en waar niet. Binnenstedelijk leveren grijze tuinen soms problematiek op doordat water moeilijk kan wegstromen. Dat is een spin off waar SPOTR nooit voor bedacht is maar wat uiteindelijk wel mogelijk is in het systeem. In figuur 63 is een visualisatie gemaakt van wateroverlast in een 3D model. Hierdoor is het mogelijk om te zien hoe regenwater bij extreme buiten afstroomt en op welke plekken dit tot overlast of hinder leidt.



Figuur 63: Visualisatie van wateroverlast in 3D model (Klimaatadaptatienederland, 2020)

Vanaf de computer vastgoed managen

Door middel van het toepassen van datagestuurde onderhoud in de vorm van sensoren is het mogelijk om een fysiek model tot leven te laten komen in een 3D model. In het interview met Trivire is naar voren gekomen dat sensordata uit de fysieke wereld terugkomt in het digitale model. Dit maakt het mogelijk om data als temperatuur, luchtvochtigheid, luchtkwaliteit, geluid, licht en fijnstof te verwerken in een digitaal model. Deze data kan vervolgens vanaf de computer worden gevisualiseerd in een BIM model of dashboard. Hierdoor is het dus mogelijk om een gebouw op afstand aan te sturen en te beheren doordat er sensoren aan gekoppeld zijn.

Voorheen maakte men beslissingen aan de hand van de menselijke factor maar nu kunnen beslissingen worden gemaakt op basis van sensordata. Naast het feit dat het vastgoed op afstand kan worden gemanaged door sensoren is het ook mogelijk om het vastgoed voor planmatig onderhoud vanaf de computer in de gaten te houden. Zo worden in het onderhoudssysteem van Spotr camerabeelden geplaatst waardoor het mogelijk is om vanaf de computer de technische staat te beoordelen van het vastgoed. Een groot voordeel ten opzichten van het oude onderhoudsproces is het feit dat de vastgoedinformatie up to date is en dat beslissingen vanaf de computer gemaakt kunnen worden.

Grote corporaties zetten nu een roadmap uit waardoor kleinere corporaties volgen

De grote en vooral innovatie woningcorporaties zijn bezig met de technieken van datagestuurd onderhoud. Het is gemakkelijker om bestaande innovaties over te nemen dan zelf het wiel te ontwikkelen. Om deze reden zijn de grote woningcorporaties bezig met het uitzetten van een roadmap voor de kleinere corporaties waardoor innovatieve technieken en methodes kunnen worden overgenomen. Het grote voordeel zit hem in het feit dat woningcorporaties onderling dezelfde werkzaamheden en budgetten per VHE hebben. Dit maakt het mogelijk om de innovatie methoden toe te passen en over te nemen binnen de eigen organisatie. Uit het interview met de Alliantie is ook naar voren gekomen dat deze woningcorporatie zichzelf verplicht voelt om grote innovaties te ontdekken gezien haar grote, dit is iets wat kleine woningcorporaties niet kunnen doen. Daarnaast geeft de Alliantie aan dat de kleine woningcorporaties kunnen volgen nadat de grote corporaties het ijs hebben gebroken.

Komende jaren veel nieuwbouw waar de sensoren in de woningen kunnen

In het interview met Trivire is naar voren gekomen dat het moeilijk is om in bestaande woningbouw sensoren te plaatsen door de wet bescherming persoonsgegevens, zo dient er contractuele toestemming te zijn van de bewoners. Echter is het wel mogelijk om in nieuwbouwwoningen sensoren te plaatsen. Volgens (Rijksoverheid, 2020) wordt er binnen 2 jaar gestart met de bouw van 150.000 woningen door woningcorporaties. Het is de bedoeling om deze woningen te bouwen in een productiesnelheid van minimaal 25.000 woningen per jaar. Ook is de ambitie uitgesproken om circa 10.000 flexwoningen per jaar te gaan bouwen.

Zoals eerder aangekaart is het wel gemakkelijker om sensoren in nieuwbouwwoningen te plaatsen om het binnenklimaat te beheren. In het interview met Trivire is naar voren gekomen dat het eenvoudig is om het plaatsen van sensoren in het huurcontract op te nemen. Over het algemeen tekent met het huurcontract bijna altijd doordat er grote krapte is op de huizenmarkt. Indien de bewoners toestemming hebben gegeven in het huurcontract dan is het mogelijk om de sensoren aan de binnenzijde van de woning te plaatsen.

Afschaffing van de verhuurderheffing biedt ruimte voor investeringen

In een kamerbrief (Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, 2021) van toenmalig minister van Binnenlandse Zaken Koninkrijksrelaties, mevrouw Ollongren, zijn afspraken gemaakt over de verlaging van de verhuurderheffing met €500 miljoen in 2022. Aan deze verlaging zijn prestatieafspraken gekoppeld die ervoor zorgen dat er meer wordt geïnvesteerd in woningbouw en duurzaamheid door woningcorporaties. Daarnaast is er in het coalitieakkoord (Ministerie van Algemene Zaken, 2022) afgesproken om de verhuurderheffing vanaf 2023 volledig af te schaffen.

De vermindering van de verhuurderheffing in 2022 en de afschaffing per 2023 zorgt volgens de coalitiepartijen in potentie voor een investeringsruimte van €8,6 miljard tot 2035. Woningcorporaties hebben de komende periode dus meer geld om te investeren in nieuwbouw en duurzaamheid, maar dus ook in innovaties op het gebied van onderhoud aangezien dit indirect invloed kan hebben op

duurzaamheid. Als voorbeeld zorgt de digitalisatie van onderhoud voor minder werkbezoeken met als gevolg minder uitstoot van CO₂.

4.5.2.4 Threats

Weerstand vanuit de organisatie

Binnen de organisatie kan vanwege een wijziging in het onderhoudsproces weerstand ontstaan vanuit het personeel. Dit kan om verschillende redenen voorkomen. Een voorbeeld hiervan is dat automatisering/digitalisering in vrijwel elke situatie gepaard gaat met vermindering van fte's met als gevolg gedwongen ontslagen en/of contracten die niet worden verlengd. De ondernemingsraad (OR) kan zich hiertegen verzetten. Woningcorporaties zijn veelal organisaties met meer dan 50 werknemers wat het dus verplicht maakt om een ondernemingsraad te hebben (Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, 1971). Deze ondernemingsraad vertegenwoordigt de belangen van het personeel en voert overleg over het ondernemingsbeleid. De ondernemingsraad heeft vier rechten om invloed uit te kunnen oefenen (CNV): adviesrecht, instemmingsrecht, initiatiefrecht en informatierecht.

- **Adviesrecht:** Een werkgever is bij belangrijke besluiten verplicht schriftelijk advies te vragen aan de ondernemingsraad. Dit zijn financiële, economische of organisatorische besluiten die gevolgen hebben voor de organisatie. Als een werkgever iets anders beslist dan het advies van de ondernemingsraad, dan dient hij uitvoerig te onderbouwen waarom het besluit afwijkt van het advies.
- **Instemmingsrecht:** De werkgever dient schriftelijk instemming te vragen aan de ondernemingsraad als hij nieuwe regelingen wil invoeren of bestaande regelingen wil veranderen. Voorbeelden hiervan zijn winstregelingen, vakantieregelingen en werktijdregeling. De nieuwe regeling of een wijziging van een regeling mag niet worden uitgevoerd zonder toestemming van de ondernemingsraad.
- **Initiatiefrecht:** De ondernemingsraad mag en kan ook zelf een advies geven over zaken die voor hen belangrijk zijn. Voorbeelden hiervan zijn bedrijfskleding, afgevaardigden en lunchbijdragen. De werkgever heeft echter het recht om die advies te negeren.
- **Informatierecht:** De werkgever is verplicht de ondernemingsraad regelmatig (en op tijd) te informeren over zaken als resultaten en financiën van het bedrijf. Daarnaast dient de werkgever tenminste twee keer per jaar te overleggen met de ondernemingsraad. Verder dient de werkgever transparantie te bieden als de ondernemingsraad daarom vraagt.

Een ander voorbeeld is de weerstand van personeel op de afdeling waar de wijzigingen worden doorgevoerd. Dit was het geval bij de Alliantie. Zoals eerder gemeld beschikte de Alliantie over 5 fte's op de afdeling 'conditiemeting' die in enkele jaren waren afgebouwd naar 1 fte. De reden hiervoor was de implementatie van Spotr.ai op deze afdeling. Voorafgaand was er weerstand vanuit deze afdeling. Het personeel was van mening dat de conditiemetingen volgens de huidige manier beter werkte dan met Spotr.ai omdat je hetgeen wat het personeel kan niet kan aanleren aan zo'n systeem. Uiteindelijk heeft de Alliantie de meest kritische persoon tegenover Spotr.ai gezet om te bewijzen dat de nieuwe onderhoudstechniek velen malen effectiever is. De kritische persoon was snel overtuigd van de nieuwe innovatie en draaide hierom snel van mening om.

Vermindering fte's

Het overschakelen van het traditionele onderhoud naar datagestuurde onderhoud kan invloed hebben op de werknemersbezetting binnen een bedrijf. In de 'strenghts' hebben wij de Alliantie als voorbeeld aangehaald. Daar verdwenen dankzij artificial intelligence 4 fte's. De Alliantie voorzag enkele jaren terug dat het hebben van 5 fte's t.b.v. conditiemetingen in de toekomst aan de hoge kant zou kunnen zijn met het oog op alle toekomstige innovaties. Fred Jak, manager programma bij de Alliantie, heeft er toen voor gekozen om open posities, die ontstonden door pensioenen of een wisseling van baan,

niet opnieuw in te vullen waardoor er slechts 1 fte over bleef. Deze persoon is nu in zijn eentje verantwoordelijk voor alle conditiemetingen in de portefeuille.

Over het algemeen zorgt automatisering voor een daling van arbeid met als een gevolg een daling in fte's. In het geval van de Alliantie zijn de functies bij toeval komen te vervallen zonder dat er ontslagen zijn gevallen. Bij andere bedrijven kan de automatisering echter wel leiden tot gedwongen ontslagen omdat de fte's simpelweg niet meer nodig zijn. Een technicus zal in deze tijd vanwege het tekort aan technisch personeel hoogstwaarschijnlijk snel een nieuwe baan kunnen vinden, maar het tekort zal niet eeuwig blijven bestaand.

Te veel teren op de techniek

Innovatie van de techniek voor het bepalen van onderhoud bevindt zich in het een vergevorderd stadium en begint zijn intrede te vinden bij onder andere woningcorporaties. Bij sommige corporaties wordt als veelvuldig gebruik gemaakt van deze nieuwe technieken en loopt de menselijk inbreng bij het verzamelen van gegevens omtrent het onderhoud steeds verder terug. Ondanks deze overgang blijft de menselijk inbreng van groot belang. Vrijwel geen één techniek werkt namelijk voor de volle 100% en kan dus fouten maken. Het is daarom van belang dat er stelselmatig controles worden uitgevoerd die met de techniek vergeleken kunnen worden om te bepalen of de techniek nog naar behoren werkt. Stelselmatig niet werkend techniek kan namelijk zonder controle langdurig onopgemerkt blijven met schade als gevolg.

De grote corporaties moeten kartrekker zijn van grote innovaties

Het implementeren van nieuwe innovaties kan verschillende redenen hebben. Veelal is één van die redenen het verminderen van kosten. Om de implementatie mogelijk te maken is er vaak een (forse) investering nodig waardoor er aanspraak gemaakt dient te worden op de liquide middelen. In tabel (x) is een overzicht geplaatst van enkele woningcorporaties in Nederland met hun aantal verhuurbare eenheden (VHE) en hun liquide middelen aan het einde van 2020. In het overzicht is te zien dat de grotere woningcorporaties van Nederland zoals Ymere en de Alliantie beschikken over een forse buffer die oploopt tot in de tientallen miljoenen euro's. Kleinere woningcorporaties zoals Delta Wonen en Kleurrijk Wonen beschikken over fors kleinere buffer die uit een enkele miljoenen euro's bestaat.

Woningcorporatie	Omvang (VHE's)	Liquide middelen (€)
Ymere	83.984	179.000.000
De Alliantie	64.445	250.456.000
Portaal	51.118	47.092.000
Staedion	44.205	15.316.000
Kleurrijk Wonen	16.165	8.950.000
Trivire	15.768	209.000
Delta Wonen	15.496	2.505.000
Idealis	5.704	728.000

Figuur 64 - Overzicht woningcorporaties (31 december 2020)

Uit het interview met Spotr.ai is hun business case besproken. Zij gaven aan dat wanneer zij op grote schaal vastgoed digitaliseren voor woningcorporaties, waarbij sprake is van een meerjarige overeenkomst van ongeveer drie jaar, zij gemiddeld tussen de ■ en ■ per woning per jaar kosten. Bij een enkeljarige overeenkomst, waarbij eenmalig het vastgoed wordt gedigitaliseerd, lopen deze kosten al op naar gemiddeld tussen ■ en ■ per woning. Te zien is dat de grotere woningcorporaties gemakkelijk de kosten voor deze digitalisering kunnen dragen. Voor de kleinere woningcorporaties wordt dit al een stuk lastiger is of is dit zelfs niet mogelijk.

Woningcorporatie	Enkeljarige overeenkomst (€)	Meerjarige overeenkomst (€)
<i>Ymere</i>		
<i>De Alliantie</i>		
<i>Portaal</i>		
<i>Staedion</i>		
<i>Kleurrijk Wonen</i>		
<i>Trivire</i>		
<i>Delta Wonen</i>		
<i>Idealis</i>		

Figuur 65 – Kostenplaatje digitalisering d.m.v. Spotr.ai (Eigen werk)

Grote organisatorische wijzigingen

De implementatie van nieuwe innovaties gaat veelal gepaard met wijzigingen in de organisatie. Omdat er gebruikt wordt gemaakt van nieuwe technieken, is het evident dat dit ook zorgt voor nieuwe functies binnen de organisatie. Denk hierbij aan het aanstellen van data-ingenieurs om het nieuwe systeem te onderhouden, en data-analisten om deze data te verwerken tot een bruikbare gegevens. Daarnaast kan nieuwe technologie kan ook directe organisatorische veranderingen met zich meebrengen, zoals een andere sturingsfilosofie, andere overleg- en informatievormen of nieuwe manieren van samenwerken.

Directie dient overtuigd te worden

Voor grote veranderingen in de bedrijfscultuur is de eerste en gelijk de belangrijkste stap dat men ervoor zorgt dat de directie achter de nieuwe ontwikkeling staat. Zonder deze steun vanuit dit orgaan is de ontwikkeling nutteloos omdat het middenkader tegen een gesloten deur blijft praten die onder geen omstandigheden opengaat. Het is daarom van belang om directie te overtuigen van de toegevoegde waarde van innovaties in het woningbeheer. Als trekker van een ontwikkeling kan dit lastig zijn, omdat er vaak geen bruikbare pilots zijn die toonaangevend de toegevoegde waarde laten zien. Het opstellen van een business case bestaat dus veelal uit onderbouwde aannames en verwachtingen die in de toekomst moeten uitwijzen of dit daadwerkelijk het geval was.

Naast de overtuiging van de directie dient ook de organisatie overtuigd te worden van de nieuwe ontwikkeling. Bij Kleurrijk Wonen heeft het ruim tien maanden geduurd voordat er voldoende draagvlak was binnen de organisatie. Bij hen lag in eerste instantie te veel de focus op het sociale aspect van een woningcorporatie, namelijk het creëren van voldoende betaalbare huisvesting, waardoor het property management het ondergeschoven kindje was terwijl dit onderdeel minstens net zo belangrijk moet zijn.

4.5.3 Deelconclusie

De 14 use cases kunnen opgedeeld worden per bouwdeel (dak, installaties, buitenbouw, binnenbouw en onderbouw) en per Technology Readiness Level (1-9). De Technology Readiness Levels kunnen als volgt opgedeeld worden: TRL niveau 1-3: onderzoeksfase, TRL niveau 4-6: experimentiele fase, TRL niveau 7-8: Pilotfase en TRL niveau 9: Operationele fase. Binnen dit onderzoek kan de onderzoeksfase als niet relevant worden beschouwd doordat de use cases in deze fase nog in een beginstadium zitten. Enkele van de use cases zijn verdeeld over meerdere bouwdelen, dit komt doordat deze use cases betrekking hebben op meerdere delen van een gebouw. De gevonden use cases in de praktijk kunnen als volgt opgedeeld worden per TRL niveau:

- TRL niveau 4-6: experimentiele fase: 2 use cases gevonden
- TRL niveau 7-8: Pilotfase: 4 use cases gevonden
- TRL niveau 9: Operationele fase: 9 use cases gevonden

Wat betreft de SWOT analyse over datagestuurd onderhoud kan er geconcludeerd worden dat er veel sterktes en kansen zijn maar ook enkele zwaktes en bedreigingen. Enkele van de belangrijkste sterktes zijn een centrale vastgoedcartotheek die ontstaat door het toepassen van datagestuurd onderhoud en het ontstaan van één dataset zonder eigen ingevoingen. Uiteindelijk leidt dit er toe dat de effectiviteit en productiviteit toeneemt. De grootste zwaktes kunnen worden omschreven als het feit dat de innovatietechniek veel geld en tijd kost, daarnaast kan de techniek aan de voorkant werken maar blijft met nog steeds afhankelijk van de mens aan de achterzijde.

Enkele van de grootste mogelijkheden die datagestuurd onderhoud met zich meebrengt is het feit dat het vastgoed vanaf de computer gemanaged kan worden doordat sensordata terugkomt in een 3D model of dashboard. Ook is het mogelijk om onderhoud vanaf de computer te bepalen door onderhoudssystemen als Spotr. Er zijn enkele grote bedreigingen waar vooraf rekening mee gehouden moet worden. Zo kan er weestand in de organisatie ontstaan doordat er grote innovaties worden doorgevoerd. Daarnaast moet het werkproces omgevormd worden en moet de directie achter de innovatie staan om mensen te overtuigen. Al met al kan er geconcludeerd worden dat datagestuurd onderhoud veel voordelen heeft ten opzichten van het traditionele onderhoudsproces.

Hoofdstuk 5 Conclusie

Dit onderzoek heeft er aan bijgedragen om antwoord te geven op de volgende vraag: Hoe kan een digital twin met behulp van data gestuurd onderhoud waarde toevoegen aan het beheerproces van woningbeheerders? Om antwoord te verkrijgen op de deelvragen is allereerst theoretisch onderzoek gedaan. Verder is er onderzoek gedaan naar het ontstaan van de digital twin in de andere sectoren en is hierna een verdere opsplitsing gemaakt naar een digital twin in het beheerproces van woningbeheerders. Daarnaast is het onderhoudsproces van woningcorporaties uitgewerkt. Hierop volgend zijn de gevonden use cases met betrekking tot datagestuurd onderhoud in kaart gebracht en zijn deze tot slot geanalyseerd.

Uit het theoretisch kader is naar voren gekomen dat een digital twin al grootschalige in andere sectoren wordt toegepast waardoor er veel overeenkomsten zijn met digital twins voor het vastgoed. Net als bij gebouwen kunnen digital twins van losse elementen leiden tot één mooi geheel. In de zorgsector zijn daarnaast al use cases beschikbaar van digital twins op facilitair niveau die een positieve invloed hebben gehad op het gebouwbeheer van ziekenhuizen. Daarnaast is gebleken dat het gebruik van BIM-model een goede opstap kan zijn naar het creëren van een digital twin, omdat dit veelal een 3D-model betreft waarin kenmerken van een digital twin (zoals gegevens over een gebouw) verwerkt kunnen worden.

Een digital twin wordt in verschillende sectoren. Het gebruik in verschillende heeft ertoe geleid dat het begrip niet over één definitie beschikt, omdat elke sector zijn spin geeft aan de definitie. Toch is in beginsel elke digital twin hetzelfde doordat het bestaat uit een fysiek- en visueel product dat onderling verbonden is door data en informatie. Het laatste kenmerk geeft ook gelijk het grote verschil weer met BIM.

De digital twin is in het beheer- en onderhoudsproces van woningcorporaties is erg in opkomst. De digital twin van woningcorporaties is in de basis hetzelfde als in andere sectoren maar verschilt wel degelijk. Zo ligt de nadruk bij woningcorporaties op de service laag en is visualisatie in een dashboard of 3D model van groot belang. Over de meerwaarde van een digital twin voor woningcorporaties kan er gezegd worden dat er veel voordelen zijn tegenover het traditionele proces. Zo maakt een digital twin het o.a. mogelijk om een fysiek model tot leven te laten komen door sensordata terug te laten komen in een 3D model waardoor het bepalen van onderhoud en het maken van toekomstanalyses mogelijk is. Echter zijn de woningcorporaties nog niet zo ver dat zij een volledig werkende digital twin in het bedrijfsproces hebben geïntegreerd. De corporaties richten zich momenteel nog op data aggregatie, het opstellen van volledige BIM modellen en het maken van de service laag. Enkele innovatieve woningcorporaties spreken de verwachten uit dat de eerste digital twin rond 2025 in hun bedrijfsproces is geïntegreerd.

Het traditionele onderhoudsproces van woningcorporaties bestaat uit een drietal dimensies: mutatie-reparatie- en planmatig onderhoud. Datagestuurd onderhoud richt zich in het bijzonder op reparatie- en planmatig onderhoud. Over de tekortkomingen in het huidige en traditionele onderhoudsproces van woningcorporaties valt er veel aan te merken, ook Aedes geeft aan dat er digitaliseringstappen gezet moeten worden. In het huidige onderhoudsproces vindt er veel data- en informatieverlies plaats doordat er geen goede centrale vastgoedcartotheek is, door het toepassen van datagestuurd onderhoud en een digital twin ontstaat er één database die door alle partijen gebruikt kan worden. Het traditionele onderhoudsproces is minder effectief en efficiënt dan een onderhoudsproces waar data gedreven wordt gewerkt.

Op basis van de interviews is het mogelijk geweest om de praktijkervaringen met betrekking tot datagestuurd onderhoud in kaart te brengen. Zoals eerder is aangegeven richten de woningcorporaties

zich op reparatie- en planmatig onderhoud bij datagestueerd onderhoud. Reparatieonderhoud in de vorm van datagestueerd onderhoud richt zich voornamelijk op sensoren die melding geven bij storingen. Op deze wijze is er geen menselijke hand meer nodig om inspecties en controles uit te voeren en kan het vastgoed vanaf afstand gemanaged worden. Wat betreft planmatig onderhoud kan Spotr worden gezien als het onderhoudssysteem dat het traditionele onderhoudsproces gaat overnemen. Het onderhoudssysteem van Spotr is al op grote schaal toepasbaar. Omdat dit product een nieuwe innovatie is wordt er nog gewerkt aan de optimalisatie van dit onderhoudsproces.

Uit de uiteindelijke SWOT analyse van de use cases over datagestueerd onderhoud is gebleken dat datagestueerd onderhoud veel waarde kan toevoegen voor woningcorporaties ten opzichten van het traditionele onderhoudsproces. Veel grote en innovatie woningcorporaties hebben hun onderhoudswerkzaamheden al afgestemd op een wijze waar data gedreven werken centraal staat waardoor het bedrijfsproces effectiever en efficiënter vormgegeven kan worden. Doordat deze vooruitstrevende woningcorporaties de kar hebben getrokken om datagestueerde innovaties toe te passen is het voor de overige corporaties gemakkelijker om te volgen. Zo kunnen eerder opgedane ervaringen en ideeën worden toegepast. Kortom, datagestueerd onderhoud voegt veel waarde toe aan het beheerproces van woningbeheerders, echter zal het nog enkele jaren duren voordat de eerste digital twin in het bedrijfsproces van de woningbeheerders is geïmplementeerd.

Hoofdstuk 6 Aanbevelingen

Door middel van het uitvoeren van het onderzoek komen inzichten naar boven die kunnen leiden tot aanbevelingen in de praktijk en voor vervolgonderzoek. Allereerst worden de aanbevelingen voor de praktijk uitgewerkt, in het bijzonder woningcorporaties. Hierop volgen de aanbevelingen voor een vervolgonderzoek die het mogelijk maken om een verdiepend vervolgonderzoek uit te voeren.

6.1 Aanbevelingen praktijk

De vooruitstrevende woningcorporaties moeten grote innovaties op gang zetten

Grote innovaties op het gebied van datagestuurde onderhoud als bijvoorbeeld Spotr brengen veel kosten en tijd met zich mee. Voor kleinere woningcorporaties is het niet reëel om voor dit soort innovaties het wiel uit te vinden, om deze reden moeten grote en innovatieve woningcorporaties kartrekker zijn om dit tot een succes te laten eindigen. De woningcorporaties hebben per VHE vrijwel allemaal dezelfde inkomsten en kosten. Een kleinere woningcorporatie kan een budget hebben van 25.000 euro voor de realisatie van innovatietechnieken terwijl een grote corporatie als de Alliantie en Ymere een tienvoud van dat budget hebben. Om deze reden dienen grote en vooruitstrevende woningcorporaties de kartrekker te zijn van innovatieve technieken op het gebied van datagestuurde onderhoud.

Open en transparant zijn over werkzaamheden

Verder is het belangrijk dat de woningcorporaties open en transparant zijn over de werkzaamheden die zij verricht hebben. Het is gemakkelijker om gezamenlijk het wiel uit te vinden en dit niet apart van elkaar te doen. Een goede start is hierin gemaakt door middel van dit onderzoek waar alle praktijkervaringen zijn gedeeld. Indien woningcorporaties succesvolle innovaties in het bedrijfsproces hebben geïntegreerd dan is het van belang om dit openlijk te delen zodat andere woningcorporaties deze innovatietechniek kunnen overnemen. Samenwerken is hierin cruciaal, iedereen staat immers voor dezelfde problematiek en moeilijkheden. Een aantal van de woningcorporaties die tijdens de interviews zijn gesproken werken samen in teams, de volgende woningcorporaties werken onder andere samen: de Alliantie, Kleurrijk Wonen, Delta Wonen, Parteon en GroenWest.

Vormen datateam

Bij het werken met datagestuurde innovaties en een digital twin komen veel data- en informatiestromen vrij. Om deze reden is het van belang om alle data goed en zorgvuldig te verwerken. Een voorbeeld hiervan is sensordata uit de fysieke wereld die terecht komt in een 3D model of een dashboard. Om de data goed te verwerken dient het bedrijfsproces omgevormd te worden en moet er een datateam opgesteld worden binnen de woningcorporaties. Voor kleine woningcorporaties kan dit kostenintensief zijn en is dit waarschijnlijk niet reëel. Daarom is het advies voor de kleine corporaties om onderling gezamenlijke datateams te vormen of om de werkzaamheden in samenwerking met marktpartijen uit te laten voeren.

Directie moet voor de innovatie staan

Om binnen de organisatie datagestuurde werken hoog in het vaandel te krijgen dient de directie voor de innovatie te staan. De directie moet vervolgens in staat zijn om het personeel te overtuigen van de kracht van data gedreven werken. Bij woningcorporatie Kleurrijk Wonen heeft het ruim 10 maanden geduurd voordat de directie het personeel heeft weten te overtuigen. Indien de directie de innovatie niet steunt is het erg lastig om werkzaamheden als datagestuurde onderhoud binnen de organisatie te krijgen. Zonder deze steun vanuit dit orgaan is de ontwikkeling nutteloos omdat het middenkader tegen een gesloten deur blijft praten die onder geen omstandigheden opengaat.

6.1 Aanbevelingen vervolgonderzoek

Belangrijk om te vermelden is het feit dat dit onderzoek zal worden voortgezet door een drietal studenten die twee onderzoeken gaan uitvoeren. Onderzoek 1 zal zich richten op het ontwerpen van KPI's voor predictive maintenance. Onderzoek 2 zal zich richten op de ontwikkeling van een roadmap voor datagestuurd woningbeheer. Binnen dit onderzoek is het niet gelukt om tot de beantwoording te komen een aantal vraagstukken. Zo is er niet volledig onderzocht wat de invloed van datagestuurd onderhoud kan zijn op het behalen van de doelen uit het klimaatakkoord. Daarnaast zijn innovaties op het gebied van datagestuurd onderhoud en digital twin voor woningbeheerders in het buitenland niet meegenomen binnen dit onderzoek, wellicht dat vervolgonderzoek hier verdieping in kan bieden. Tot slot zijn er binnen dit onderzoek alleen woningcorporaties gesproken die aangeven innovaties uitgevoerd te hebben, wellicht dat het ook interessant kan zijn om partijen te spreken die er bewust voor kiezen om niks met datagestuurd onderhoud te doen om zo een realistisch beeld te scheppen.

Literatuurlijst

- 3DS. (2019, oktober). THE LIVING HEART PROJECT.
- Aedes. (2020, januari 1). */report/5-onderhoud--verbetering/51-uitgaven-voor-instandhouding-minder-hard-gestegen-dan-afgelopen-jaren*. Opgehaald van <https://benchmark.aedes.nl:https://benchmark.aedes.nl/report/5-onderhoud--verbetering/51-uitgaven-voor-instandhouding-minder-hard-gestegen-dan-afgelopen-jaren>
- Aeroscan . (2021, december 4). *www.Aeroscan.com*. Opgehaald van www.Aeroscan.com:www.Aeroscan.com
- Arnold, J. (2002, november 29). High hopes for hi-tech.
- Autodesk. (2021, oktober 20). */solutions/cad-software*. Opgehaald van <https://www.autodesk.com:https://www.autodesk.com/solutions/cad-software>
- Bergin, M. (2012, augustus 29). The History, Future and Impact of Building Information Modeling. Opgehaald van [www.issuu.com: https://issuu.com/loremipsum/docs/bim_paper-rev__1_](http://www.issuu.com:https://issuu.com/loremipsum/docs/bim_paper-rev__1_)
- betekenis-definitie. (2021, januari 1). */as-built%20design*. Opgehaald van [https://www.betekenis-definitie.nl: https://www.betekenis-definitie.nl/as-built%20design](https://www.betekenis-definitie.nl:https://www.betekenis-definitie.nl/as-built%20design)
- Bielefeldt, B., Hochhalter, J., & Hartl, D. (2016). *Computationally Efficient Analysis of SMA Sensory Particles Embedded in Complex Aerostructures Using a Substructure Approach*.
- BIMadvies. (2020, mei 15). */digital-twin/#:~:text=In%20het%20kort%20komt%20een,gebouwen%2C%20fabrieken%20en%20zelfs%20steden*. Opgehaald van <https://www.bimadvies.com:https://www.bimadvies.com/digital-twin/#:~:text=In%20het%20kort%20komt%20een,gebouwen%2C%20fabrieken%20en%20zelfs%20steden>
- Bimloket. (2021, oktober 23). */p/134/Wat-is-BIM*. Opgehaald van <https://www.bimloket.nl:https://www.bimloket.nl/p/134/Wat-is-BIM>
- Bouwkennis. (2021, januari 1). */klachtenonderhoud-van-corporaties/*. Opgehaald van [https://bouwkennis.nl: https://bouwkennis.nl/klachtenonderhoud-van-corporaties/](https://bouwkennis.nl:https://bouwkennis.nl/klachtenonderhoud-van-corporaties/)
- c3am. (2017, mei 12). */wat-is-een-consortium/*. Opgehaald van [https://c3am.nl: https://c3am.nl/wat-is-een-consortium/](https://c3am.nl:https://c3am.nl/wat-is-een-consortium/)
- Caruso, P., Dumbacher, D., & Grieves, M. (2010). *Product Lifecycle Management and the Quest for Sustainable Space Explorations*.
- CBS. (2021, november 5). *Voorraad woningen; eigendom, type verhuurder, bewoning, regio*. Opgehaald van CBS Statline: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/82900NED/table?fromstatweb>
- CBS. (2021, oktobert 27). *Voorraad woningen; gemiddeld oppervlak; woningtype, bouwjaarklasse, regio*. Opgehaald van CBS Statline: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/82550NED/table?ts=1642612030195>
- Cerrone, A., Hochhalter, J., Heber, G., & Ingraffea, A. (2014). *On the Effects of Modeling As-Manufactured Geometry: Toward Digital Twin*.

CNV. (sd). Wat doet een ondernemingsraad (OR)?

Cobouw. (2018, augustus 6). BIM gekoppeld aan beheer en onderhoud.

Cobouw. (2018). *BIM gekoppeld aan beheer en onderhoud: "Alsof je in een spelcomputer zit"*.

Cobouw. (2019, april 18). */innovatie/nieuws/2019/04/digital-twin-gebouwbeheer-vanachter-de-computer-101271890*. Opgehaald van <https://www.cobouw.nl>:
<https://www.cobouw.nl/innovatie/nieuws/2019/04/digital-twin-gebouwbeheer-vanachter-de-computer-101271890>

Community of Practice. (2021). *Community of Practice 'Het digitale huis van de toekomst'*. Amsterdam: Community of Practice.

Datawonen. (2020, januari 1).
/Jive/ViewerReportContents.ashx?report=cowb_framework_report_preview&chaptercode=2019_cowh7_7. Opgehaald van <https://datawonen.nl>:
https://datawonen.nl/Jive/ViewerReportContents.ashx?report=cowb_framework_report_preview&chaptercode=2019_cowh7_7

Electronicdesign. (2020, januari 1). */technologies/embedded-revolution/article/21806550/whats-the-difference-between-a-simulation-and-a-digital-twin*. Opgehaald van
<https://www.electronicdesign.com>:
<https://www.electronicdesign.com/technologies/embedded-revolution/article/21806550/whats-the-difference-between-a-simulation-and-a-digital-twin>

Grieves, M. (2005). *Product lifecycle management: the new paradigm for enterprises*.

Grieves, M. (2006). *Product Lifecycle Management: Driving the Next Generation of Lean Thinking*.

Grieves, M. (2011). *Virtually perfect : Driving Innovative and Lean Products through Product Lifecycle Management*.

Grieves, M. (2015). *Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication*.

Grieves, M. (2016). *Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems (Excerpt)*.

Hartemink, W. (2021, februari 23). */nl/resources/blog/digital-twin-technologie-waarom-dit-zo-belangrijk-is-voor-vastgoed/*. Opgehaald van <https://spacewell.com>:
<https://spacewell.com/nl/resources/blog/digital-twin-technologie-waarom-dit-zo-belangrijk-is-voor-vastgoed/>

hetdatahuis. (2020, januari 1). */woningcartotheek-electronisch-gebouwendossier*. Opgehaald van <http://www.hetdatahuis.nl>: <http://www.hetdatahuis.nl/woningcartotheek-electronisch-gebouwendossier>

Hiemstra, J. (2021, januari 1). */nl/project/Hoe-maak-je-een-stad-beter-bestand-tegen-hittestress-en-wateroverlast.htm*. Opgehaald van <https://www.wur.nl>: <https://www.wur.nl/nl/project/Hoe-maak-je-een-stad-beter-bestand-tegen-hittestress-en-wateroverlast.htm>

Hokkeling, J. (2020). *Towards construction 4.0: An assessment*. Twente: Heijmans.

Hul, J. v. (2020, december 3).
/viewer/collectie/Digibron/id/tag:RD.nl,19840922:newsml_ed6b3efbf9d396eb95bfc0ee34ecd

990. Opgehaald van <https://www.digibron.nl>:
https://www.digibron.nl/viewer/collectie/Digibron/id/tag:RD.nl,19840922:newsm_l_ed6b3efbf9d396eb95bfc0ee34ecd990
- Katz, G. (2011). *Rethinking the Product Development Funnel*. Texas: NPDP.
- Khajavi, S. (2019). *Digital Twin: Vision, Benefits, Boundaries, and*. Aalto: Aalto University.
- Kieback-peter. (2021, december 29). *www.kieback-peter.com*. Opgehaald van www.kieback-peter.com: www.kieback-peter.com
- Klimaatadaptatienederland. (2020, januari 1). */stresstest/aanbieders/overzicht/*. Opgehaald van <https://klimaatadaptatienederland.nl>:
<https://klimaatadaptatienederland.nl/stresstest/aanbieders/overzicht/>
- Kok, J. N., Boers, E. J., Kusters, W. A., van der Putten, P., & Poel, M. (2009). *ARTIFICIAL INTELLIGENCE: DEFINITION, TRENDS, TECHNIQUES, AND CASES*.
- Liftinsight. (2021, december 27). <https://www.liftinsight.com>. Opgehaald van <https://www.liftinsight.com>: <https://www.liftinsight.com>
- Losant. (2022, januari 2). *www.losant.com*. Opgehaald van www.losant.com: www.losant.com
- Lucidchart. (2022, januari 1). */pages/what-is-swot-analysis*. Opgehaald van <https://www.lucidchart.com>: <https://www.lucidchart.com/pages/what-is-swot-analysis>
- Ministerie van Algemene Zaken. (2022, 01 10). *Coalitieakkoord 'Omzien naar elkaar, vooruitkijken naar de toekomst'*. Opgehaald van www.rijksoverheid.nl:
<https://www.rijksoverheid.nl/regering/coalitieakkoord-omzien-naar-elkaar-vooruitkijken-naar-de-toekomst>
- Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. (2021, 12 16). *Kamerbrief afspraken verlaging verhuurderheffing en prestatieafspraken woningbouw en verduurzaming*. Opgehaald van www.rijksoverheid.nl:
<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2021/12/16/kamerbrief-afspraken-verlaging-verhuurderheffing-en-prestatieafspraken>
- Ministerie van Justitie en Veiligheid. (2018, mei 16). Algemene verordening gegevensbescherming.
- Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid. (1971, januari 28). *Wet op de ondernemingsraden*. Opgehaald van Overheid.nl: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0002747/2022-01-01#:~:text=Artikel%205a,-6&text=2%20De%20ondernemer%20kan%20voor,of%20in%20stand%20te%20houden>.
- NEN. (2022, januari 1). */en/bouw/beheer-en-onderhoud/oppervlaktebepaling*. Opgehaald van <https://www.nen.nl>: <https://www.nen.nl/en/bouw/beheer-en-onderhoud/oppervlaktebepaling>
- Nier, R. d. (2020, Oktober 1). BIM minor HVA. Amsterdam, Noord-Holland, Nederland.
- O'Sullivan, D. (2009). *Applying innovation*. California: Sage.
- Piasek, R., Vickers, J., Lowry, D., Scotti, S., Stewart, J., & Calomino, A. (2010). *Technology Area 12: Materials, Structures, Mechanical Systems, and Manufacturing Road Map, NASA Office of Chief Technologist*.

- Polyniak, K., & Matthews, J. (2016, oktober 26). The Johns Hopkins Hospital Launches Capacity Command Center to Enhance Hospital Operations.
- Proptech. (2021, januari 1). */blog/digital-twin/*. Opgehaald van <https://www.proptech.nl/https://www.proptech.nl/blog/digital-twin/>
- Rijksoverheid. (2020, september 14). */actueel/nieuws/2020/09/14/woningcorporaties-starten-binnen-twee-jaar-met-bouw-150.000-sociale-huurwoningen*. Opgehaald van <https://www.rijksoverheid.nl/https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2020/09/14/woningcorporaties-starten-binnen-twee-jaar-met-bouw-150.000-sociale-huurwoningen>
- Rvo. (2021, december 10). */initiatieven/financieringsvoorbeelden/design-build-finance-maintain-and-operate-dbfmo*. Opgehaald van <https://www.rvo.nl/https://www.rvo.nl/initiatieven/financieringsvoorbeelden/design-build-finance-maintain-and-operate-dbfmo>
- Schoot, K. (2020). *De weg naar digitaal vastgoedbeheer*.
- Schuurman, V. (2014). *Van idee naar innovatie*. Nijmegen: de verBeelding B.V.
- Shafto, M., Conroy, M., Doyle, R., Glaessgen, E., Kemp, C., LeMoigne, J., & Wang, L. (2012). *Modeling, Simulation, Information Technology & Processing Roadmap*. NASA.
- Siemens Healthineers. (2018). Digital Workflow Optimization.
- Skygeo. (2021, december 16). <https://skygeo.com/>. Opgehaald van <https://skygeo.com/https://skygeo.com/>
- Smith, S. S. (2003). The New International Webster's Comprehensive Dictionary of the English Language. In *The New International Webster's Comprehensive Dictionary of the English Language*. Trident Press International,.
- Spotr. (2021, december 1). www.spotr.ai/. Opgehaald van www.spotr.ai/https://www.spotr.ai/
- Symbol. (2021, december 4). */lean-six-sigma-consultancy/lean-transformatie-met-continuous-improvement-maturity-model-cimm/creer-toekomstbestendige-processen/product-lifecycle-management/#:~:text='Product%20Lifecycle%20Management'%20(PLM,gehele%20levenscyclus%20*. Opgehaald van [https://www.symbol.nl/https://www.symbol.nl/lean-six-sigma-consultancy/lean-transformatie-met-continuous-improvement-maturity-model-cimm/creer-toekomstbestendige-processen/product-lifecycle-management/#:~:text='Product%20Lifecycle%20Management'%20\(PLM,gehele%20levenscyclus%20](https://www.symbol.nl/https://www.symbol.nl/lean-six-sigma-consultancy/lean-transformatie-met-continuous-improvement-maturity-model-cimm/creer-toekomstbestendige-processen/product-lifecycle-management/#:~:text='Product%20Lifecycle%20Management'%20(PLM,gehele%20levenscyclus%20)
- Theeuwen, W., & Pim, S. (2016). *BIM biedt business voor beter beheer*. Den Haag: Hogeschool Utrecht.
- Tubbesin, K. (2018, september 15). Siemens makes digital hearts beat faster.
- Tuegel, E. J., Ingraffea, A. R., Eason, T. G., & Spottswood, S. M. (2011). *Reengineering Aircraft Structural Life Prediction Using a Digital Twin*.
- Turing, A. M. (1950). *COMPUTING MACHINERY AND INTELLIGENCE*.

-
- Uden, T. v. (2017, oktober 2). */blog/technology-readiness-levels/*. Opgehaald van <https://innovencio.nl>: <https://innovencio.nl/blog/technology-readiness-levels/>
- UWV. (2021). *Dashboard Vacaturemarkt*. Opgehaald van <https://www.werk.nl/arbeidsmarktinformatie/dashboards/vacaturemarkt>
- Versteeg, R. (2021, april 12). Zó gebruikt Woonstad Rotterdam vastgoeddata en BIM.
- Veuger, J., & Chafia, K. (2018). *Digitalisering dienstverlening corporatiesector*. Groningen: Institute of Real Estate Studies.
- Yang, J., Zhang, W., & Liu, Y. (2013). *Subcycle Fatigue Crack Growth Mechanism Investigation for Aluminum Alloys and Steel*.
- Zakrajsek, A. J., & Mall, S. (2017). *The Development and use of a Digital Twin Model for Tire Touchdown Health Monitoring*.
- Zwakhals, P. (2020, januari 8). */nieuwsberichten/nieuwe-nl/sfb-is-verschenen#:~:text=NL%2FSfB%20is%20een%20classificatie,('elementen'%20genoemd).&text=Deze%20classificatie%20wordt%20onder%20andere,leveranciers%20van%20bouwproducte n%20te%20ordenen*. Opgehaald van <https://www.technieknederland.nl>: [https://www.technieknederland.nl/nieuwsberichten/nieuwe-nl/sfb-is-verschenen#:~:text=NL%2FSfB%20is%20een%20classificatie,\('elementen'%20genoemd\).&text=Deze%20classificatie%20wordt%20onder%20andere,leveranciers%20van%20bouwproduct en%20te%20ordenen](https://www.technieknederland.nl/nieuwsberichten/nieuwe-nl/sfb-is-verschenen#:~:text=NL%2FSfB%20is%20een%20classificatie,('elementen'%20genoemd).&text=Deze%20classificatie%20wordt%20onder%20andere,leveranciers%20van%20bouwproduct en%20te%20ordenen).

Bijlage

In dit rapport zijn de bijlagen niet opgenomen, voor een uitwerking van de bijlagen kunt u het bijlagenrapport inzien.

Bijlage A: Vragenlijst en antwoorden survey bedrijven

Bijlage B: Vragenlijst en antwoorden survey corporaties

Bijlage C : Lijst geïnterviewde respondenten

Bijlage D: Vragenlijst interview

Bijlage E : Verslagen van de interviews