

Bij het slimme gebouw staat de gebruiker centraal

Veel gebouwen voldoen vandaag de dag niet meer aan de wensen van de gebouwgebruiker. In twintig jaar tijd is de behoefte dusdanig veranderd dat bepaalde gebouwen om die reden niet meer verhuurd kunnen worden. In de huidige gebouwontwikkelingen wordt daarom goed gekeken hoe aan de behoefte van gebouwgebruikers kan worden voldaan, zodat men uiteindelijk productiever wordt en effectiever kan samenwerken. Digitalisering speelt hierbij een essentiële rol.

Bij de digitalisering in de gebouwde omgeving zie ik een bepaalde ontwikkellijn, namelijk die van connected buildings naar smart buildings en van cognitieve gebouwen naar digital twins voor de levenscyclus van het gebouwen (zie figuur 1). Veel gebouwen zijn nog niet *connected* wat zoveel betekent dat bestaande technologieën als gebouwbeheersystemen, gas/elektra/water meters, inverters, liften etc zeer beperkt tot niet worden gebruikt in de beheerfase. Een slim gebouw begint bij het slim gebruiken van wat een bestaand gebouw reeds aan systemen en data in zich heeft. Met deze basis bieden nieuwe technieken, zoals binnenklimaatssensoren en data van het gebouwgebruik, kansen voor het handmatig verbeteren van het functioneren van het gebouw.

De volgende stap is deze informatie te gaan gebruiken voor het automatisch beïnvloeden van systemen in gebouwen, zoals bijvoorbeeld verwarming, koeling en ventilatie. Zodanig dat de ruimte zich automatisch

aanpast aan de gebruiker en tijdrovende en niet productieve taken van informatievoorziening en administratie worden weggenomen. Het vrijgeven van zones en daarmee dus het aan- of afschakelen van systemen, biedt de mogelijkheid om forse besparingen op het energiegebruik [1] te realiseren. Daarnaast kun je dan aansturen op een (in software geprogrammeerd) smart contract, toegespitst op gebouwonderhoud. De combinatie van BIM met voorgaande maakt het mogelijk om een digital twin, een virtueel model van het fysieke gebouw te creëren, die gedurende de levenscyclus wordt ingezet om continu de juiste prestaties voor gebouw en gebruiker te realiseren.

Persoonlijk zie ik het cognitieve gebouw als dé oplossing om ervoor te zorgen dat gebouwen gaan meebewegen met de veranderende behoeften in gebruik. Een cognitief gebouw kan zich namelijk geautomatiseerd aanpassen aan datgene waar die gebouwgebruiker behoefte aan heeft, zoals temperatuur, licht et cetera. De digitalisering in de gebouwde omgeving en de daaruit voortvloeiende data leert ons heel veel. Ten eerste: hoe is het gebouw gewend zich te gedragen? En ten tweede: wat verwacht die gebruiker - of groep van gebruikers - specifiek? Het gaat naast technische data die je uit een gebouw haalt, ook over de data van de gebruiker. Als je nog een stap verder gaat, dan kun je een gebouw zichzelf automatisch laten bijsturen. Ook data over het functioneren van het gebouw zelf is interessant, die data kun je in een smart contract stoppen. Dat zorgt er vervolgens voor dat het gebouw letterlijk zichzelf aanstuurt als het gaat om onderhoud. De regels en voorwaarden uit een smart contract verstrekken de opdracht aan de aangesloten onderhoudspartij en de werkzaamheden worden betaald als aan de overeengekomen regels



Figuur 1: Ontwikkellijn slimme gebouwen, eigen werk mede gebaseerd op The Building Buzz-Cycle.

en voorwaarden is voldaan; transparant, betrouwbaar, direct afrekenen, zonder menselijke tussenkomst en een fikse besparing in de proceskosten.

Smart building

Een slim gebouw is een gebouw dat duurzaam is, flexibiliteit als kenmerk heeft, waar beïnvloeding door de gebruiker mogelijk is, een gezond binnenklimaat heeft, waar je effectief en productief kunt samenwerken en veel inzichten geeft over hoe het wordt gebruikt en wat haar performance is. In dat laatste speelt digitalisering een belangrijke rol, denk aan data, sensoren etc. Sensoren die de ruimtetemperatuur, luchtvochtigheid en het CO₂-level meten. Basismeetgegevens als het gaat om binnenmilieu. Steeds vaker zien we deze in een uitgebreidere variant voorbij komen, waarbij ook de lichtintensiteit, fijn stof, vluchtige organische stoffen en geluid wordt gemeten. Dezelfde sensor of een separate sensor kan ook de aanwezigheid meten van mensen, en geeft hiermee input aan de gebouwgebruiker die bijvoorbeeld op zoek is naar een lege werkruimte of een collega. Hiermee wordt meteen de mogelijkheid geboden een vergaderzaal te boeken voor een x-aantal personen. Belangrijk is ook dat je er diensten op kunt baseren en deze efficiënter maakt, zoals de schoonmaak.

Technologieën als apps en sensoren maken de services in een gebouw slim. Hierbij onderscheiden we fysieke en digitale technologieën, die mede het fundament (zie tabel 1) vormen van het slimme gebouw. Bij fysieke technologieën gaat het om de technologieën, zoals energiemanagementsystemen, energiemeters rondom gas, water, elektra, gebouwbeheersystemen, toegangscontrole, liften en sensorsystemen. Digitale technologieën zijn de apps en de platformen die hieruit een grote diversiteit aan data ontginnen en daar betekenis aan geven. Data is in feite dom, tenzij je er als mensen iets slims mee doet en er conclusies aan verbindt. Je kunt het gebouw op die manier laten vertellen hoe het functioneert en presteert. Ook kun je het gebouw laten vertellen waar het geoptimaliseerd kan worden. Deze informatie kun je vervolgens aanleveren aan de keten van partijen die betrokken zijn bij de exploitatie van vastgoed.

In het verslimmen van gebouwen zie ik dat het vaak begint vanuit een facilitaire invalshoek (bijvoorbeeld het toepassen van sensoren voor meer inzicht in ontstane binnenklimaatklachten of een applicatie voor het sturen van de installatie op basis van weer) en dat daarmee een belangrijke basis wordt gelegd. Tegelijkertijd of in een latere fase wordt dit uitgebouwd naar zaken waarbij de gebruiker centraal staat. Wat hierbij heel belangrijk is, is een dashboard of gebruikersapplicatie die aansluit bij de behoeften en verwachtingen van de gebruiker. Van de medewerker binnen de organisatie tot aan de professional in het beheer van vastgoed. Zeker bij dashboarding is het heel belangrijk dat informatie visueel wordt weergegeven zodat deze snel te interpreteren is. Dashboarding geeft ons inzicht in de vraag hoe je de

exploitatiekosten van een gebouw kunt verlagen als het gaat om energie, onderhoud, toename van het comfort en de beleving daarvan. Zeker dat laatste wordt een heel belangrijk onderwerp. Een technisch dashboard kent een te beperkte gebruikersgroep. Een visueel en breed toegankelijk dashboard daarentegen een veel grotere groep met meer impact.

Fysiek	Digitaal	Generiek
<ul style="list-style-type: none"> - HVAC - Licht - Sensoren - Toegangscontrole - Energiemeters 	<ul style="list-style-type: none"> - Besturingssoftware - Platform/dashboard - Kunstmatige intelligentie - Data collectie / analyse 	<ul style="list-style-type: none"> - Open architectuur - Open protocol producten - IP gebaseerd

Tabel 1: Het fundament van een slim gebouw, eigen werk.

Het cognitieve gebouw

Het cognitieve gebouw focust middels de digitale services op het verbeteren van de gebruikstevredenheid door het leveren van een bijdrage aan de performance van de gebruiker en het wegnemen van uitdagingen van de gebruiker. Het gebouw anticipeert automatisch op de behoeften van een of meerdere gebruikers. Dat anticiperen leren de digitale services middels kunstmatige intelligentie aan, waardoor de gebruiker zaken niet meer handmatig hoeft in te stellen. Het maakt ook dat tijdsintensieve en niet-productieve zaken zoals communicatie wordt geautomatiseerd en daarmee creëert het voor de gebruiker tijd voor innovatie, samenwerking en interactie. Een goed voorbeeld hiervan is het smart contracting in de beheerfase van het gebouw. Wanneer ik het heb over het ideale cognitieve gebouw, dan gaat het er dus niet alleen om dat het gebouw zichzelf kan aanpassen, maar ook dat het opdrachten kan verstrekken. Het cognitief maken van een gebouw is wat mij betreft de oplossing op de veranderende behoefte die een gebruiker heeft. Maar daar zijn we nog niet. Op dit moment zijn al wel diverse ontwikkelingen gaande die bijdragen aan de verwezenlijking van deze droom.

Bij cognitieve gebouwen worden gebouwen en installaties dynamisch geregeld. Gebaseerd op basis van analyse van data uit het gebouw wordt direct ingegrepen in de verstellingsparameters (setpoints) van regelsoftware. Dat kan het gebouwbeheersysteem zijn, maar ook intelligentie die aanwezig is in het component. Het slim ingrijpen zorgt ervoor dat installaties naar behoren gaan functioneren en

dat prestaties ten aanzien van energie en comfort gaan voldoen aan de gebruikers- en ontwerpspecificaties [2]. Het lost daarmee eveneens op dat steeds meer installaties van gebouwen ingewikkelder worden en dat in de praktijk gemaakte fouten in regelsoftware worden beïnvloed zodanig dat installaties toch optimaal werken. Het slim ingrijpen wordt mogelijk gemaakt door de communicatie tweerichtingsverkeer te maken zodat “adviezen” direct kunnen worden geïmplementeerd in installaties. De twee belangrijkste parameters om te beïnvloeden zijn:

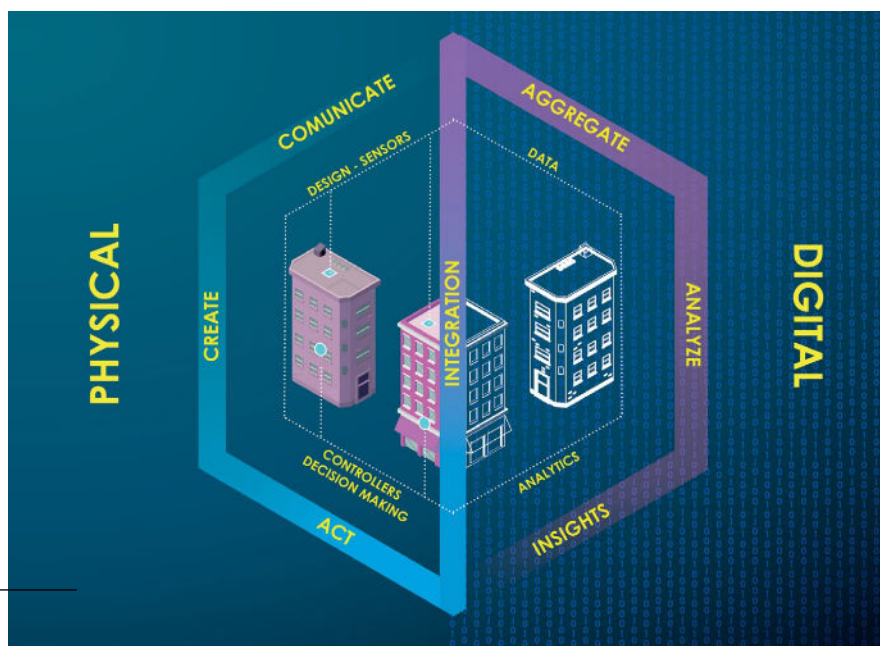
- Procesindicatoren – Verkeerd ingestelde regelingen leiden snel tot grote afwijkingen tussen gewenst en gerealiseerd gedrag en daarmee tot een te hoog energiegebruik of verminderd installatie-functioneren. Use-cases zijn bijv. het voorspellen van een (mogelijke) energieonbalans in een WKO en het, op voorhand, automatisch corrigeren hiervan.
- Comfortindicatoren – Rndom klimaat zijn heel veel klachten in gebouwen. Binnen door de beheerder ingestelde energierandvoorwaarden kan een optimaal klimaatsetpoint worden bepaald en teruggestuurd. Een use-case is bijvoorbeeld: Het optimaal starten/stoppen van zeer langzame verwarming-/koelingsprocessen op basis van weervoorspellingen (bijvoorbeeld bij betonkernactivering).

Smart Contract

Smart contracts zijn slimme contracten die een innovatief alternatief bieden voor de alledaagse reguliere contracten die wij gebruiken om zaken te regelen. Ook in de gebouwde omgeving bieden deze digitale overeenkomsten nieuwe mogelijkheden. Het bijzondere van smart contracts is dat de regels en voorwaarden die een dergelijk contract wettigen, zijn geprogrammeerd in het contract zelf. De coderingen van smart contracts zorgen ervoor dat deze slimme contracten zichzelf kunnen handhaven. Een smart contract is een

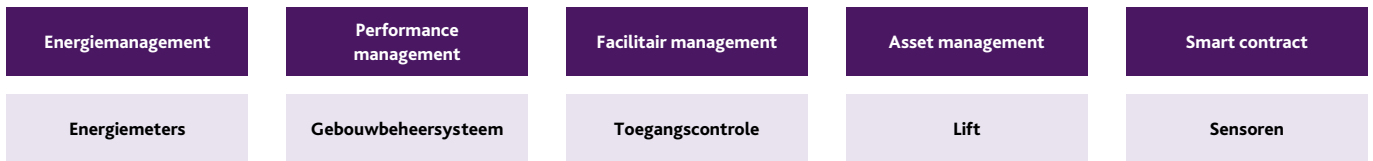
geprogrammeerd contract waarvan de afspraken in computercode staan vastgelegd op de blockchain (een systeem dat gebruikt kan worden om gegevens vast te leggen). Het contract wordt automatisch uitgevoerd zonder dat hier (vertrouwen in) een tussenpartij voor nodig is. Deze afspraken zijn altijd in te zien, maar kunnen onmogelijk nog worden aangepast. Een smart contract is dus allesbehalve een papieren contract waaronder je met pen je handtekening zet, zoals we dit gewend zijn. Het is een volledig digitaal contract, bestaande uit alleen maar computercode, dat door een programmeur voor je is geprogrammeerd. Hierin staat alle informatie van het contract opgenomen: de organisaties tussen wie het geldig is, wanneer het contract uitgevoerd dient te worden, wanneer de afspraken zijn vastgelegd, et cetera.

Een smart contract voor beheer en onderhoud aan het gebouw betekent dat op basis van informatie uit gebouwbeheersysteem, sensoren en andere databronnen opdrachten voor onderhoud, keuringen en inspecties volledig geautomatiseerd verstuurd kunnen worden naar aangesloten servicepartijen. Opdrachtverstrekkingen, communicatie, monitoring en betalingen kunnen plaatsvinden op basis van regels en voorwaarden, vastgelegd in het smart contract. Dit biedt mogelijkheden om realtime in control te blijven met betrekking tot de technische performance van een gebouw, de beheerskosten te verlagen en de huurderstevredenheid te verhogen. Processen waar normaliter veel tijd in gaat zitten, zoals werkbonnen aanmaken, heen en weer mailen over de status etc. worden hiermee geautomatiseerd. De regels en voorwaarden, die bij een traditioneel contract in een document staan opgeschreven en in een (digitale) map zijn opgeborgen, staan nu geprogrammeerd in het smart contract. Die regels en voorwaarden worden dus ook altijd toegepast en gehandhaafd. Smart contracts ofwel smart maincontracting ontzorgt tot wel 100% in de proceskosten.



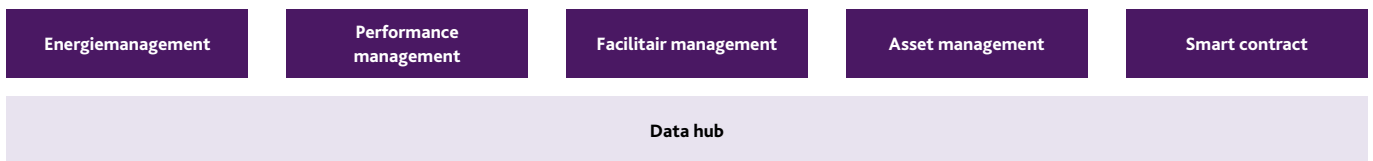
Figuur 2: Digital twin gedurende de levenscyclus, bron: sphere-project.eu.

Nu



Figuur 3: Vergelijking van een traditionele structuur van datasilo's en die van een digital twin.

Digital twin



Digital twin

Een digital twin is een digitale weergave van een gebouw. Het omvat het model van het fysieke gebouw, gegevens van het gebouw, een unieke één-op-één correspondentie met het object en de mogelijkheid om het object te bewaken. De digital twin stelt gebouwen en mensen in staat met elkaar te communiceren en transparantie te bevorderen door een virtuele kopie van de fysieke wereld te creëren. Zichtbaarheid, voorspellend, preventief onderhoud en "wat als ..." kunnen worden geanalyseerd op basis van het gedrag van het gebouw. Gegevens uit vele bronnen, zoals sensoren, worden gesynchroniseerd om een realtime status te bieden. De technologie helpt bij het optimaliseren van aanpassingen aan het gebouwen, lagere kosten en het implementeren van voorspellende onderhoudsmogelijkheden tijdens de levenscyclus (zie figuur 2).

Bij een digital twin vormt data ook de basis voor het gebouwbeheer. De traditionele structuur omvat datasilo's (zie figuur 3), waardoor het moeilijk is om data uit het gebouw te halen en te gebruiken. Silo's leiden ook tot hogere kosten in termen van data-ontsluiting en lagere prestaties. Het beheersen van kosten en het beperken van operationele fouten en systeemstoringen wordt belangrijker. De digital twin brengt de fysieke en virtuele middelen samen in een gemeenschappelijk netwerkmodel. Het verwijdert datasilo's in alle systemen, om nauwkeurige en efficiënte aanpassingen en voorspellend onderhoud mogelijk te maken. Wat dan ontstaat, is een datahub van gebouwd data (zie figuur 3). Een zogenaamde smart datahub is de basis van een digital twin. De hele digitalisering in de gebouwde omgeving heeft deze ontwikkeling versneld. Het continu beschikbaar hebben van de laatste data is belangrijk om de bouwprestaties te optimaliseren en kunnen met een smart data hub effectief worden ingezet.

Resultaat

Waarom is het zo interessant om met dit alles bezig te zijn? Je gebruikt de technologie en data om een gebouw slimmer te maken. Hierbij anticipeer je dus op de wensen en behoeften van de gebruiker. Je laat het gebouw rekening houden met de invloeden van buitenaf en het gebouw gaat zichzelf onderhouden. Technologie staat hierbij dus ten dienste van de mens in plaats van andersom. Hoewel we op sommige vlakken misschien nog aan het dromen zijn, is inmiddels ook heel veel al beschikbaar en creëren we al slimme gebouwen. Hierbij worden drie levels onderscheiden, namelijk:

1. Functioneel: diverse zaken als klimaat en licht zijn regelbaar, ruimten kunnen worden geboekt, er is inzicht in de bezetting etc.
2. Sociaal: het binnenklimaat is daadwerkelijk veilig, gezond en regelbaar, gebruikers kunnen elkaar vinden en het gebouw levert zo een bijdrage aan samenwerking en productiviteit.
3. Aspiratie: het gebouw versterkt de uitstraling van het organisatie-merk, de cultuur, de klant etc.

Stel dat je dit zou willen, waar moet een gebouw dan aan voldoen? Je moet nadenken over welke data je moet hebben. Je moet dus bekijken hoe die data beschikbaar komen en hoe je ervoor zorgt dat het 'slimme' data wordt. Het moet uiteindelijk één totaal van data worden die beschikbaar zijn voor alle partijen die daar iets mee willen. Er moet dus ook sprake zijn van open en veilige communicatie met een gebouw.

Onbegrensde mogelijkheden

Vervolgens kom je bij de vraag terecht: kan dat zomaar in elk gebouw? Mijn antwoord is ja. Of het nu een bestaand gebouw of nieuwbouw is, het kan. Een school of kantoor; het kan allemaal. Je moet echter zelf keuzes maken en ja er zijn praktische kaders. Je kunt beginnen met het verslimmen van engiemeters en op

de data uit de slimme energiemeters machine learning loslaten. Op deze manier ben je in staat om op basis van een datagedreven aanpak, versterkt met machine learning, heel efficiënt vele objecten te analyseren. Hiermee kun je uiteindelijk zien welke gebouw in een portfolio een te hoog energiegebruik hebben en wat gedaan moet worden om het energiegebruik van deze gebouwen te verlagen. Slim duurzaam. Dit kan natuurlijk ook voor 1 gebouw. Een hypermodern gebouw biedt soms al een grote hoeveelheid databronnen die door inzet van op regels gebaseerde analyse en machine learning echt worden geoptimaliseerd. Gefocust op behoeften van de gebruiker en/of het presteren van de gebouwinstallaties. Wat in welke type gebouw onder andere de mogelijkheden zijn is weergegeven in tabel 2 (opmerking: toepassingen uit oudere gebouwen zijn ook geschikt voor nieuwere gebouwen).

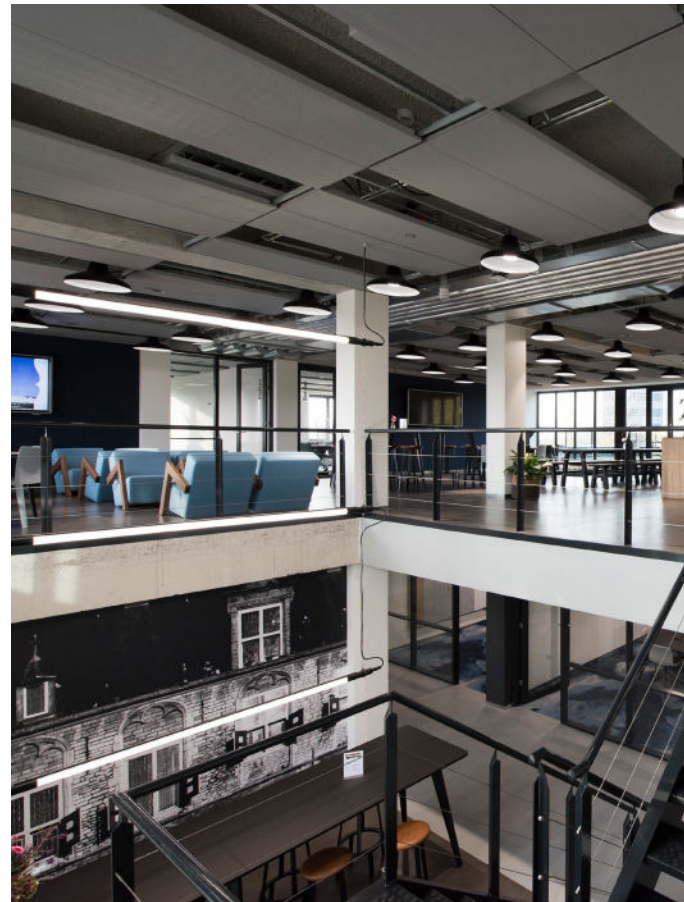
Voorbeelden van slimme gebouwen

In 'oude' gebouwen kun je wellicht niet zo ver gaan als in nieuwe. Het project Smarter buildings [3] heeft aangetoond dat je een gebouw uit 1959 connected en slim kunt maken (van 0 naar 100 datapunten). In het bewuste bedrijfsverzamelgebouw in Eindhoven is door toepassing van betaalbare technologieën verregaande energiebesparing, waterreductie en comfortverbetering gerealiseerd. Hierbij is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van de technologie die al in het gebouw aanwezig was, zoals de gas- en elektrameter. Maar wel met de toevoeging van nieuwe sensoren. Een van de belangrijkste taken hierbij was, om voor elke stakeholder de juiste informatie uit het gebouw aan te leveren. Het is een grote uitdaging om bestaande gebouwen van een bepaalde leeftijd te 'verslimmen'. In Nederland zijn tienduizenden gelijkwaardige gebouwen, waar je met betaalbare technologieën echt impact kunt hebben op de duurzaamheid en leefbaarheid van het gebouw.

Behalve oude gebouwen, zijn er ook gebouwen die worden aangeduid als moderne gebouwen. Hierbij gaat het om gebouwen die al dan niet na

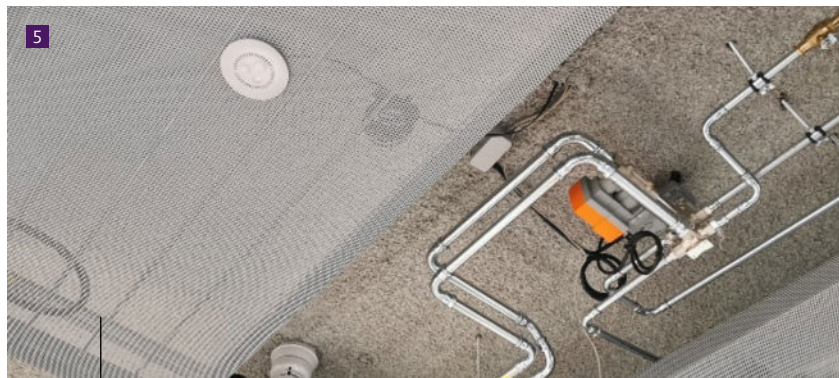
Tabel 2: De mogelijkheden voor slimme gebouwen.

Gebouw type	Voor- en na-oorlogse gebouwen	Moderne gebouwen	Recente gebouwen
Databron	Elektriciteit-, gas- en wetermeter	Gebouwbeheersysteem	Een grote hoeveelheid sensoren
Frequentie	Minuten data	Uurlijkse data	Realtime data
Analyse	Monitoring van systemen die onbedoeld aan staan op feestdagen, weekend en 's nachts	Systeem performance monitoring, bijv: - Niet goed functioneren van luchtbehandeling - Pendelgedrag in componenten of uitval	Tweaken en optimaliseren; reagerend op behoeften gebruikers
Resultaat	Inzicht op hoofdlijnen Dagelijks ipv 1 x keer / jaar de energierekening Lagere energielasten	Aanvullende inzichten voor pro-actieve aanpak van gebruikersklachten over bijvoorbeeld binnenklimaat	Continue inzicht en geïnformeerd zodra zich problemen voordoen ter voorkoming extra kosten onderhoud



renovatie zijn uitgevoerd met een GBS-systeem en/of met een grote hoeveelheid sensoren zijn uitgevoerd. Een goed voorbeeld is het recent uit de jaren '90 verslimde bedrijfsverzamelgebouw van DWA in Gouda (zie figuur 5). Bij de renovatie van het gebouw zijn twee ambities versleuteld: een toekomstbestendig aardgasvrij kantoorgebouw met innovatieve technieken. Hiermee is een slim, gezond én energiezuinig gebouw zonder nieuwe vierkante meters neergezet. Een integrale aanpak heeft een gebouw gecreëerd dat een comfortabel en gezond binnenklimaat én een minimale energievraag heeft. De gebruiker heeft hier de mogelijkheden om via een app op z'n telefoon de temperatuur te regelen, de zonwering te bedienen etc. Het GBS en de sensoren geven realtime inzicht in data. Machine learning analyseert deze data en zorgt voor foutdetectie (zie figuur 5).

Een laatste mooi voorbeeld is de renovatie van het kantoor van Dura Vermeer in Hengelo waar sensoren zijn toegepast. De data wordt actueel

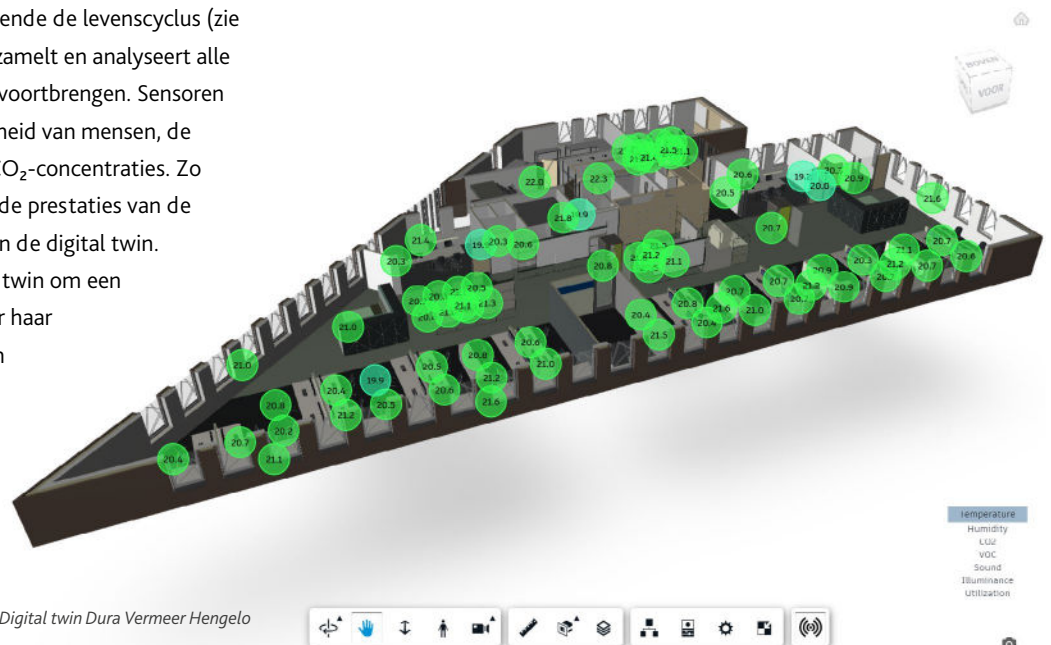


Figuur 4 en 5: Verslimd bedrijfsverzamelgebouw van DWA in Gouda.

invloed heeft op welzijn en productiviteit. Dit voorbeeld biedt voor Dura Vermeer meer mogelijkheden om met het digitale en het slimme van zo'n gebouw aan de slag te gaan, zoals het ontwikkelen nieuwe gebouwen die exact passen bij de wensen van de klant

In dit alles is belangrijk dat het gelegde fundament voor een slim gebouw ook in de toekomst kan inspelen op technologisch nieuwe ontwikkelingen. Denk daarbij aan toegangscontrole op basis van gezichtsherkenning, sensoren die overdag de temperatuur in een ruimte meten en 's nachts ruimte bewaken op ongewenste indringers of volledige draadloze naregelingen met intelligentie op decentraal niveau voor het juiste comfort op ruimteniveau voor de gebruiker. Bij een slim gebouw staat de gebruiker centraal, maar is ook zeker op die toekomst voorbereid.

getoond in een digital twin gedurende de levenscyclus (zie figuur 6). Het virtuele model verzamelt en analyseert alle data die sensoren in het gebouw voortbrengen. Sensoren die iets zeggen over de aanwezigheid van mensen, de temperatuur, de verlichting, de CO₂-concentraties. Zo is het gedrag van het gebouw en de prestaties van de installaties constant inzichtelijk in de digital twin. Dura Vermeer gebruikt de digital twin om een gezonde werkplek te creëren voor haar werknemers, door installaties aan te sturen op basis van gebruik, gedrag en comforteisen. Uit studies [4] weten we dat dit positieve



Figuur 6: Digital twin Dura Vermeer Hengelo

Referenties

1. Ir. D. Rozendaal, dr.ir. M.G.L.C. Loomans, dr.ir. P. Hoes, ing. W.F. van der Plas, ing. M. Lamers, prof. dr.ir. J.L.M. Hensen, 'Office hotelling: minder vrijheid, meer duurzaam', TVVL Magazine nr. 06 / oktober 2019.
2. Eindrapport 'Blueberry, het gebouwbeheersysteem van morgen', 2019. Blueberry is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (www.rvo.nl).
3. Eindrapportage 'Smarter Buildings: Efficiënter gebruik van energie en water in slimme gebouwen', 2019. Smarter buildings is uitgevoerd met co-financiering vanuit het OP Zuid programma (Ontwikkelings Programma Zuid Nederland); OP Zuid is een Europees subsidieprogramma voor Zuid-Nederland en maakt gebruik van middelen uit het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling (EFRO) uitgevoerd door Stimulus (www.stimulus.nl).
4. Center for people and buildings, 'Prestatieverbetering door uw kantoor; over de invloed van binnenmilieu op arbeidsproductiviteit', April 2018