
B4B: BRAINS FOR BUILDING'S ENERGY SYSTEMS

Model Projectplan MOOI-regeling 2020





INHOUDSOPGAVE

1. OPENBARE SAMENVATTING.....	3
2. Introductie	4
2.1. Achtergrond	4
2.2. Probleemanalyse	5
2.3. Internationale stand van onderzoek, techniek en/of toepassing	7
2.4. Stakeholderanalyse.....	9
3. Projectdefinitie.....	10
3.1 Van maatschappelijk effect tot en met activiteiten.....	10
3.1.1 Maatschappelijk effect: bijdrage aan de doelstellingen van MOOI-thema(s)	10
3.1.2 Afbakening van het project.....	10
3.1.3 Projectdoelstelling	11
3.1.4 Projectaanpak: resultaten en activiteiten	12
3.2 Projectstrategie	19
3.3. Markt en maatschappij.....	21
3.3.1 Waarde voor de afnemer en gebruiker	21
3.3.2 Beschrijving van de markt.....	22
3.3.3 Implementatie / marktintroductie	23
3.4 Mate van vernieuwing.....	23
4. Projectplanning en mijlpalen.....	26
4.1 Projectplanning	26
4.2 Toelichting mijlpalen en go/no-go momenten	28
5. Externe factoren en risicobeheersing	29
5.1. Externe factoren.....	29
5.2. Risicobeheersing.....	29
6. Projectorganisatie.....	30
6.1. Overzicht van uitvoerende partijen.....	30
6.3. Organisatiestructuur.....	32
6.4. Betrokkenheid stakeholders / externe organisatie.....	33
6.5. Intellectueel eigendom.....	34
6.6. Kennisverspreiding	34
7. Financiering van eigen aandeel in de projectkosten	35
Bijlage 1 Projecttabel	36

1. OPENBARE SAMENVATTING

Projecttitel

Brains for Buildings' Energy Systems (B4B)

Aanleiding

Zelfs in de modernste utiliteitsgebouwen wordt 10-30% van de energie verspild door slecht werkende installaties en onverwacht gedrag van gebruikers terwijl de kwaliteit van het binnenmilieu onvoldoende en de operationele kosten hoog zijn. Slimme meters, gebouwbeheersystemen en Internet of Things bieden de mogelijkheid om grote hoeveelheden data te verzamelen. Het gebruik van deze gegevens om energieverbruik te verminderen, comfort te verhogen, flexibel in te spelen op gebruikersgedrag en lokale energievraag en -aanbod, en te besparen op kosten voor installatieonderhoud wordt gezien als kansrijk, maar is onderontwikkeld en nauwelijks geïmplementeerd. Voor het real-time analyseren en gebruiken van grote hoeveelheden data zijn Machine Learning en Kunstmatige Intelligentie nodig. Echter, huidige modellen en algoritmen zijn nog niet snel en efficiënt genoeg om gebouwen echt "slimmer" te maken, en de implementatie een omslachtige en tijdrovende exercitie. Gezien de complexiteit is samenwerking van partijen in de hele waardeketen en een open-source benadering een must om tot opschaalbare en geïntegreerde oplossingen te komen en tot systeeminnovatie in de installatiesector.

Doel van het project

B4B voegt operationele intelligentie toe aan gebouwen om de transitie naar energie-efficiëntie en -flexibiliteit te bewerkstelligen (missie B van het klimaatakkoord & thema 5&6 van MOOI-GO). Gebouwen hebben "brains" nodig om in te spelen op gebruikersgedrag, en zelfdiagnose en zelfoptimalisatie mogelijk te maken (Doelstelling 3 & thema 4 van MOOI-GO). Onze ambitie is om schaalbare en modulaire oplossingen te ontwikkelen die 20-30% energiebesparing realiseren. De marktwaarde is groot door de impact van deze "brains" op energierekeningen, exploitatie- en onderhoudskosten en gebruikersgemak. B4B richt zich op

- De ontwikkeling van controle- en besturingssystemen voor utiliteitsgebouwen die slim sturen op (1) vermindering van energieverstopping, reductie van CO₂ emissies, verhoging van de inzet van lokale bronnen, ontsluiting van regelbare energieflexibiliteit en verlaging van onderhoudskosten die (2) rekening houden met gebruikersgedrag en comfort, gezondheid en welzijn van gebruikers garanderen.
- Het testen en valideren van open-source prototypes (living labs, use-cases) zodat de marktwaarde duidelijk wordt voor bedrijven, gebouweigenaren en facility managers.

Resultaat

Het project resulteert in

- Gevalideerde geïntegreerde prototypes van software plug-ins voor slimme controle en besturing van gebouwen en installaties, die resulteren in een vermindering van het energiegebruik met 20-30% en onderhoudskosten verlagen in utiliteitsgebouwen.
- Gevalideerde algoritmes en prototypes van software voor vergroting van de regelbare energieflexibiliteit in gebouwen, toegepast op multi-commodity gebouwen.
- Gevalideerde prototypes van datagestuurde en gebruikersgerichte gebruikersinterfaces die bijdragen aan comfort, gezondheid en welzijn van gebruikers.
- Gestandaardiseerde Smart Readiness Indicator (SRI) en bijhorende quick-scan aanpak die aangeeft hoe de "smart readiness" voor bestaande gebouwen verhoogd kan worden.
- Methoden, richtlijnen en standaarden voor data-integratie t.b.v. slimme gebouwinfrastructuur, met bijhorend open data platform voor demonstratie- en onderzoeksdoelinden.
- Learning community waarbinnen partners structureel kennis delen/uitwisselen, resulterend in online en offline lesprogramma's over zelflerende software voor slimme gebouwen en de koppeling met slimme netten gericht op studenten (HBO, WO) en bij- en nascholing van professionals.

Korte omschrijving van de activiteiten

- **Werkpakket 1:** ontwikkeling van slimme diagnosesystemen om energieverliezen in gebouwen te verminderen op een geautomatiseerde manier. Dit kan vervolgens worden gebruikt voor de planning van prestatiegericht onderhoud.
- **Werkpakket 2:** ontwikkeling van slimme besturingsmodellen om de energieflexibiliteit (warmte, koude en elektriciteit) binnen gebouwen te vergroten. Kosten optimalisatie, en ook CO₂-uitstoot, comfort en maximale inzet van lokale bronnen worden meegenomen.
- **Werkpakket 3:** ontwikkeling van gebruikersinterfaces (eindgebruikers en facility managers) om een energiezuinig en gezond binnenmilieu te waarborgen en om de gebruiker aan te zetten tot energiezuinigheid en flexibiliteit.
- **Werkpakket 4:** dataconnectiviteit tussen applicaties, evenals de veiligheid van de gegevens, het ethisch gebruik en de standaardisatie. Er wordt onderzoek gedaan naar systeemintegratie op API-niveau en niet op het dataniveau van individuele systemen van verschillende fabrikanten
- **Werkpakket 5:** kennis en ervaringen worden gedeeld in een learning community, wat resulteert in de ontwikkeling van nieuwe samenwerkingsverbanden en praktische toepassing in onderwijsprogramma's.

Locatie(s) waar het project wordt uitgevoerd (plaats, land):

- TNO, Delft en Den Haag, NL – kantoren, laboratoria, vergaderzalen
- Campus TU Delft, NL - Aula, Pulse, Wiskunde en informatie kantoren en onderwijs
- Campus TU Eindhoven, NL – Vertigo gebouw



- Haagse Hogeschool, Delft, NL - *onderwijsgebouw*
- Avans Hogeschool, Breda, NL - *onderwijsgebouw*
- Windesheim, Zwolle, NL - *onderwijsgebouw*
- Kropman, Breda, NL - *kantoor*

MOOI-thema waar het project op ingediend wordt:

Gebouwde omgeving

2. INTRODUCTIE

2.1. Achtergrond

Groot potentieel voor reductie CO₂ in utiliteitsgebouwen door slimme data-gestuurde oplossingen

Om klimaatverandering zoveel mogelijk tegen te gaan, moet de (mondiale) uitstoot van CO₂ fors worden gereduceerd. Dit is een van de grootste maatschappelijke uitdagingen van vandaag. In het klimaatakkoord heeft de Nederlandse overheid zich ten doel gesteld een reductie van 49% van de broeikasgasemissies te realiseren in 2030 ten opzichte van 1990. De doelstelling voor de gebouwde omgeving in Nederland is het realiseren van een reductie van de CO₂ uitstoot met 3,4 Mton in 2030 en volledige klimaatneutraliteit in 2050. Het reduceren van het fossiele energiegebruik door het verhogen van de energie-efficiëntie en het vergroten van de inzet van duurzame energiebronnen zijn belangrijke pijlers richting een klimaatneutrale gebouwde omgeving. Utiliteitsgebouwen zijn verantwoordelijk voor ongeveer 36% van het mondiale energieverbruik en installaties in de gebouwen verbruiken gemiddeld 20% meer energie als gevolg van inefficiënties. Vermindering van de energieverspilling in gebouwinstallaties en het vergroten van de inzet van duurzame energiebronnen binnen gebouwen kunnen daarmee een significante bijdrage leveren aan het reduceren van de CO₂ uitstoot.

Kansen door technologische ontwikkelingen

Technologische ontwikkelingen op het gebied van sensoren, energiemeters en datatransport en -opslag maken het mogelijk om real-time de prestaties van gebouwen te volgen, zoals de verbruikte en geproduceerde energie, de binnenmilieuparameters, de bezettingsgraad, en de prestaties en veroudering van installaties (conditiemeting). Deze ontwikkelingen kunnen helpen om gebouwen efficiënter en duurzamer te maken door het gebruik van slimme energiemeters, slimme thermostaten en feedback-systemen. Als dergelijke controle en besturingssystemen - die gebruik maken van deze data - grootschalig ingezet worden, kan energieverspilling verminderd worden en de inzet van duurzame energie ververgroot door zoveel mogelijk lokaal geproduceerde energie in te zetten. Het voorkomen van piekbelasting, het matchen van energievraag en aanbod en de mogelijkheden van energieopslag in het gebouw zijn daarbij essentieel.

Kaders voor bredere uitrol slimme data-gestuurde oplossingen

De Europese Commissie heeft de herziene European Energy Performance of Buildings Directive (EPBD-III) vastgesteld met als doel om de energie-efficiëntie van gebouwen te verbeteren, waardoor het energiegebruik daalt. De herziene richtlijn is op 10 maart 2020 geïmplementeerd in de Nederlandse wet- en regelgeving.

Ten eerste beschrijft de EPBD-III de systeemeisen die moeten leiden tot verbetering van de energieprestatie van technische gebouwssystemen. Utiliteitsgebouwen met verwarmings- of airconditioningssystemen met een vermogen van meer dan 290 kW moeten vanaf 2026 zijn voorzien van een gebouwautomatiserings- en controlesysteem (GACS). Dit betekent dat alle utiliteitsgebouwen van meer dan 5000 m² (in Nederland meer de helft van alle kantoorgebouwen) in het bezit van een GACS zullen moeten zijn [Bak, 2017]. Deze systemen moeten in staat zijn om:

- Het energieverbruik permanent te controleren, bij te houden, te analyseren en de bijsturing ervan mogelijk te maken;
- De energie-efficiëntie van het gebouw te toetsen, rendementsverliezen van technische bouwsystemen op te sporen, en de beheerder van de voorzieningen of technische installaties te informeren over de mogelijkheden om dit te verbeteren.

De huidige gebouwbeheersystemen kunnen hieraan niet voldoen. Er wordt wel data geproduceerd en (soms) in grafieken getoond, maar de analyse daarvan ontbreekt en is niet geautomatiseerd. Interfaces om beheerders te informeren en te ondersteunen in hun beslissingen zijn zeer beperkt.

Ten tweede heeft de Europese Commissie de "Smart Readiness Indicator" (SRI) gelanceerd om ervoor te zorgen dat eigenaren van gebouwen bewust worden gemaakt van de voordelen die slimme technologieën kunnen opleveren, met name in termen van betere energieprestaties en meer comfort en welzijn. De SRI is een nieuw instrument voor het beoordelen van de "smart readiness" van gebouwen, die in het kader van de richtlijn (EPBD) 2018/844 moet worden vastgesteld. Er wordt verwacht dat er zo een marktvraag gaat ontstaan.

Tot slot verplicht de Europese Energy Efficiency Directive (EED) bedrijven om iedere 4 jaar een energieaudit uit te laten voeren. De energie-audit geeft o.a. inzicht in de mogelijke besparingsmaatregelen en de te verwachten effecten daarvan. Het implementeren van een EnergieBeheerSysteem (EBS) is een van de maatregelen die sinds 1 januari 2018 op de lijst voor verplichte maatregelen staat voor o.a. kantoren en onderwijsinstellingen. De verplichting houdt ook in dat elk jaar een rapportage wordt opgesteld over het functioneren van de klimaatinstallatie waarbij gegevens worden geanalyseerd en instellingen eventueel worden aangepast.

2.2. Probleemanalyse

Hoofdproblemen

- Energieverspilling: Zelfs in de meest moderne utiliteitsgebouwen wordt jaarlijks 10-30% van de energie verspild door slecht werkende en gecontroleerde verwarming, koeling en elektrische apparatuur; dat is evenveel als de jaarlijkse Nederlandse productie van duurzame energie. In [Taal, 2020] wordt 25% besparing aangetoond voor een gebouw met goed werkende WKO-installaties en in [Rooijakkers, 2015] zijn in verschillende proefprojecten met continue optimalisatie ("continuous commissioning") 30% besparingen gehaald. Verder is de kwaliteit van het binnenmilieu veelal onvoldoende en zijn de operationele kosten hoog. De ervaring leert bovendien dat hoe complexer de apparatuur in het gebouw is, hoe groter de kans is dat deze niet goed wordt bediend.
- Gebrek aan flexibiliteit bij het inzetten van duurzame energiebronnen: De operationele inzet van verschillende duurzame bronnen (geothermie, warmte- en koudeopslag, zonne-energie) in één gebouw is nu lastig aan te sturen. Welke bron wanneer in te zetten wordt redelijk ad-hoc bepaald wat leidt tot suboptimale keuzes in termen van CO₂-emissies, energie kosten, balanceren (bij warmte- en koudeopslag) en het te vaak toch inzetten van fossiele bronnen.
- Integreren vanuit bestaande (legacy) systemen: Bestaande installatiesystemen en gebouwbeheersystemen verzamelen en ontsluiten data op verschillende manieren en in diverse datastructuren. Dit belemmert de data-integratie die nodig is ten behoeve van energieanalysemodellen en slimme aansturing van gebouwinstallaties. Naast deze data hoort ook gebruikersdata, BIM model data, en externe data (bv. weerdata) gecombineerd te worden voor een optimale werking van het gebouw, met inachtneming van privacy en dataveiligheid. Het gebrek aan integratie genereert hoge kosten voor de gebouw eigenaar en voor de installatiebedrijven aangezien ad-hoc oplossingen bedacht moeten worden en vormt een drempel voor de aanschaf van aanvullende systemen.

Mogelijke oplossingsrichtingen

- Om het eerste probleem op te lossen, kan gedacht worden aan (1) eenvoudige robuuste systeem, (2) beter opleiden van gebouwbeheerder en installateurs, (3), procedures voor continue optimalisatie ("continuous commissioning") en regelmatige inspecties en (4) het automatiseren van foutdetectie en bediening. Oplossingen in de eerste denkrichting zijn echter niet toekomstbestendig want ze staan haaks op de noodzaak tot flexibilisering en de bijhorende complexiteit van de systemen. Bij de vierde denkrichting is zeker wat te behalen maar er is veel nationale en internationale vakliteratuur, zie bijvoorbeeld literatuur in [Rooijakkers, 2015, Taal 2020] die aangeeft dat de setpoint zo snel verschuiven dat het niet te doen is zonder een zeer grote mate van automatisering. Vandaar dat dit project zich richt op de derde en tweede oplossingsrichting.
- Om het tweede probleem op te lossen, zijn er eigenlijk weinig andere opties dan slimme regelmethodes te ontwikkelen voor een goede aansluiting tussen aanbod en vraag, die rekening kunnen houden met de dynamica daarvan en het balanceren tussen verschillende belangen, bijv. kosten versus CO₂-emissies. Dit vraagt om optimalisaties op basis van meerdere doelstellingen.
- Om het derde probleem op te lossen, moeten open standaarden en methoden ten aanzien van data interoperabiliteit tussen verschillende systemen en modellen op semantisch en ontologisch niveau ontwikkeld worden. Deze moeten een systeem-integratie mogelijk maken op software-niveau (API's), zodat privacy- en veiligheidsvereisten gerespecteerd kunnen worden.

In Nederland en internationaal zijn al veel beleidmakers, bedrijven en onderzoekers tot deze conclusies gekomen. Echter spelen bij het realiseren van slimme controle- en besturingssystemen nog een aantal belangrijke problemen die ervoor zorgen dat de potentie niet volledig benut kan worden:

Belangrijkste barrières op weg naar een oplossing

Geautomatiseerde foutdetectie en besturing kan alleen gebaseerd zijn op de analyse van datastromen uit de installatie, gebouwgebruik (gebruikersdata), het gebouw (data van het gebouwbeheersysteem) en op datastromen uit de aanbodkant. Zo'n analyse kan enkel schaalbaar gerealiseerd worden door data-analyse en machine learning/kunstmatige intelligentie-methoden toe te passen op de datastromen: *Brains for Buildings*. We lopen echter tegen de volgende barrières aan:

1. De methodes zijn voornamelijk gerealiseerd op TRL2-4, en dus nog niet in de praktijk op grote schaal toepasbaar (TRL6). Daar waar ze worden gebruikt, zijn ze nog niet snel en efficiënt genoeg om gebouwen echt "slimmer" te maken. Bovendien is het zeer omslachtig en tijdrovend om ze in een specifieke installatie te installeren doordat heel veel verschillende databestanden (XLSX, DOCX, PDF, SQL databank) handmatig gezocht en geïntegreerd moeten worden. De bijbehorende tijdsinvestering is een barrière in de aanschaf van dit soort systemen. Daarnaast spitsen systemen die nu gebruikt worden zich toe op een eenvoudige dataweergave en laten ze een groot deel van de data-interpretatie aan de gebruiker over. Ook wordt een groot deel van de data niet gebruikt waardoor het potentieel aan energiebesparing en flexibiliteit niet volledig benut wordt. Tot slot zijn veel methodes, databronnen en algoritmes niet vrijelijk (open source) beschikbaar maar bevinden zich achter betaalmuren.
2. De technieken vinden geen aansluiting bij processen in installatietechniek, gebouwbeheer en facilitair management. Bij de ontwikkeling zijn gebouwbeheerders veelal niet gekend. Omgekeerd, door onbekendheid met de mogelijkheden, worden bepaalde functionaliteiten niet eens gevraagd. Op dezelfde manier zetten energiebedrijven in op flexibiliteitssturing, maar zijn ze niet op de hoogte van de wensen van de gebouwbeheerders, met als gevolg dat de markt voor deze systemen klein blijft. Bijkomend probleem is dat er weliswaar veel data verzameld worden, maar dat deze data veelal niet worden gebruikt of geanalyseerd. Dit komt omdat het nog niet duidelijk is welke analyses nuttig zijn, en dus ook niet welke sensoren geplaatst moeten worden en welke data bewaard moet worden, en hoe lang. De meeste data uit gebouwbeheersystemen worden na een paar dagen of weken on-geanalyseerd weggegooid om servercapaciteit te sparen.

3. Gebrek aan interoperabiliteit en open data standaarden. Vaak worden verschillende systemen in één gebouw geplaatst (bv een systeem van fabrikant 1 voor de W-installatie, een systeem van fabrikant 2 voor de verlichting, een systeem van fabrikant 3 voor de binnenluchtkwaliteit, plus zelf geplaatste sensoren met interne open data access). Ieder merk heeft zijn eigen protocol, wijze van output/input en dataplatforms, waarop verschillende systemen moeizaam of niet met elkaar communiceren. Het vergt veel handwerk en tijd om ze aan elkaar te koppelen. De huidige trend in de markt is dat een aantal systemen van bekende merken gekoppeld kunnen worden op specifieke maatwerk-platforms. Dit maakt dat innovatieve ontwikkelingen door andere partijen mogelijk worden gestaakt en het voor iedere gebouwbeheerder een enorme klus is om data te ontsluiten. Het volledige potentieel aan energiebesparing en flexibiliteit wordt daardoor niet gerealiseerd en de kosten voor alle partijen blijven hoog. Daarnaast is het ook heel lastig om gebruikersdata (wensen en regelgedrag) te integreren; het is op dit moment zelfs nog grotendeels onduidelijk hoe die gemonitord moeten worden. Hier speelt ook de belangrijke problematiek van data-eigendom, privacy en ethisch gebruik, wat transparanter en duidelijker moet worden vastgelegd volgens geldende standaarden.
4. Moeizame acceptatie door eindgebruikers. Het is al langer bekend dat enige mate van controle door de eindgebruiker noodzakelijk is voor de acceptatie van slimme systemen. Het systeem en de eindgebruiker moeten elkaar begrijpen en aanvaarden. Als de eindgebruiker niet begrijpt waarom iets gebeurt (bv de zonwering gaat automatisch omlaag) is het risico reëel dat hij gaat ingrijpen, wat de energiebesparing teniet kan doen. Anderzijds, niet begrijpen waarom de eindgebruiker ingrijpt (bv hij wil op dat moment meer licht of uitzicht) leidt tot ongeschikte besturingsalgoritmes. Dit betreft ook de energieflexibiliteit: de meeste installaties (b.v. ventilatie, zonwering) in utiliteitsbouw kennen een centrale basisregeling, en een decentrale na-regeling op kamerniveau. Flexibiliteit zal niet alleen gerealiseerd moeten worden op het niveau van de centrale basisregeling, maar ook op die van de na-regeling. En dat laatste moet de eindgebruiker geen onbehaaglijk gevoel geven.
5. Businessmodellen zijn onduidelijk. Aan de ene kant is er een voorzichtige ontwikkeling aan de kant van installatietechnische adviesbureaus, die de afgelopen jaren zijn gestart met het analyseren van data uit gebouwbeheersystemen om het functioneren van installaties te verbeteren. Deze bureaus lopen tegen het probleem aan dat ze geen data- of machine learning-specialisten zijn. Aan de andere kant zijn er veel technologische nieuwkomers (startups) op de markt, die wel vanuit de kant van databeheer, data-analyse en kunstmatige intelligentie opereren, maar weinig verstand hebben van installatietechniek en gebouwontwerp. Deze nieuwkomers zijn net als de installatietechnische adviesbureaus bovendien erg afhankelijk van de fabrikanten van gebouwbeheersystemen om hun tools te kunnen ontwikkelen; dit is voorlopig bijna altijd maatwerk en moeilijk schaalbaar. De enige overblijvende mogelijkheid voor data-integratie, zeker bij gebruik van kunstmatige intelligentie, is systeemintegratie i.p.v. integratie van databanken. Bijkomende problemen zijn dat adviesbureaus en startups moeilijk kunnen voorinvesteren in nieuwe kennis: de installatiesector kampt met krappe winstmarges en bouwweigenaren zijn nog niet altijd overtuigd van het nut van continue optimalisatie. Tegelijkertijd zijn prestatiecontracten in opkomst. Die vereisen monitoring en data-analyse, maar bedrijven zijn er nog niet klaar voor; welke KPI's en bijsturing nodig zijn, is nog lang niet duidelijk. Al met al is het waarschijnlijk dat monitoring, analyses, automatische diagnoses, flexibiliteit en gebruikerstevredenheid in de nabije toekomst vereisten gaan worden. Bedrijven die daar niet mee om kunnen gaan, zullen verdwijnen.

Problemen die worden opgelost binnen het B4B project

Wij kiezen met B4B voor een modulaire, schaalbare benadering. Wij tackelen onderdelen van de 4 problemen en zorgen ervoor dat ze integraal (dus in samenhang met elkaar) opgelost worden.

- Het hoofdprobleem van energieverspilling in utiliteitsbouw wordt aangepakt door fout- en energiediagnosesystemen die gebruik maken van gebouwd data (gebouwbeheersysteemdata, gebruikersdata, sensordata, etc.) en machine learning/kunstmatige intelligentiemethoden (patroonanalyse, detectie van afwijkingen, voorspellende analyse, etc.) een flink stap verder te brengen door automatisering en betere aansluiting met de installatie- en onderhoudstechnische praktijk. Daarmee pakken we barrières 1 en 2 aan, en levert B4B een flink bijdraagt aan missie B van het klimaatkkoord en thema 4 van de MOOI-thema gebouwde omgeving (Slim energiegebruik in/tussen gebouwen door haar gebruikers)
- Het gebrek aan energieflexibiliteit in gebouwen wordt opgelost door besturingsstrategieën en -algoritmes te ontwikkelen voor een aantal configuraties die naar verwachting veel toegepast gaan worden, zoals combinaties van WKO-installaties met warmtepompen, zonnecellen, of integratie van geothermie met WKO (zie Hoofdstuk 3.1), en die ook gebaseerd zijn op data (van gebouwbeheersystemen, gebruikers, energieleveranciers) en kunstmatige intelligentiemethoden. Kortom, het gebouw krijgt hersenen: "brains". Dit adresseert barrière 2 en bijdraagt aan thema 6 (Flexibiliteit van/voor het energiesysteem). Deze "brains" houden ook rekening met de beleving en wensen van gebruikers op kamerniveau, leren van wat de gebruiker wil en nemen de wensen van gebouwbeheerders mee (barrière 4). Dit sluit aan bij thema 4 met bijzondere aandacht voor bouwweigenaars – en gebruikers)
- Om de integratie met bestaande systemen mogelijk te maken, wordt er gewerkt aan interoperabiliteit en data-integratiemethoden, zodat het mogelijk wordt om een bestaande woning te analyseren op beschikbare data, de Smart Readiness te bepalen, en bestaande datasets te integreren zodat het gebouw kan omgevormd worden tot een geïntegreerd gebouw met "brains" (barrière 3) en aansluiting met thema 4 (Slim energiegebruik in/tussen gebouwen door haar gebruikers) en doelstelling 3 (slimme oplossingen voor de betrouwbaarheid, betaalbaarheid en eerlijkheid van de elektriciteitsvoorziening)
- Tot slot worden ook zakelijke mogelijkheden en open source living labs gerealiseerd, zodat best practices beschikbaar worden, niet iedereen het wiel opnieuw hoeft uit te vinden en resultaten breed beschikbaar komen voor verdere toepassing. Dit draagt bij aan de doelstelling van de MOOI-thema Gebouwde omgeving om 'systemkosten voor producten, diensten en processen te reduceren'.

Afbakening van het project

Om een goede focus te krijgen hebben wij besloten een aantal zaken binnen het B4B project NIET op te pakken.

Geen onderdeel van B4B	Onderbouwing
Ontwikkeling van terugkoppelingsmethodes waarmee installatieontwerpers leren van huidige fouten in installaties	B4B is gericht op de operationele kant en niet op het ontwerp kant.
Ontwikkeling en validatie van nieuwe businessmodellen (barrière 5)	De bedrijven die meedoen aan B4B hebben al een businessmodel of zijn al overtuigd dat het in de toekomst niet anders zal kunnen.
Ontwikkeling van flexibiliteitsstrategieën voor verwarming-, koeling- en elektriciteitsnetten buiten het gebouw	Wij focussen uitsluitend op wat er binnen het gebouw geregeld en geoptimaliseerd kan worden. Er is dus wel een interface met de aanbod kant maar die ontwikkelen we niet binnen dit project. Dit wordt o.a. opgepakt binnen andere projectinitiatieven (zie 6.6)
Bewustwordingscampagnes om eindgebruikers te overtuigen hun gedrag te veranderen	Wij richten ons op een regelsysteem dat 'begrijpt' wat de gebruiker wil, en dat de gebruiker begrijpt waarom bepaalde keuzes worden gedaan, en wat de consequenties zijn van interfereren.
Implementatie van een enkel volwaardig softwareplatform	In B4B wordt alleen een prototypisch demonstratieplatform geïmplementeerd; we gaan uit van reeds beschikbare software/softwareontwikkelingen.

2.3. Internationale stand van onderzoek, techniek en/of toepassing

Er zijn tal van (internationale) onderzoeken gedaan en gaande op de afzonderlijke onderwerpen van B4B. Deelnemers aan het project zijn betrokken bij (internationale) projecten op dat gebied. In hoofdstuk 3.4 'Mate van vernieuwing' wordt specifiek ingegaan op de innovaties die B4B brengt ten opzichte van deze projecten. De stand van zaken wordt hieronder kort weergegeven voor elk van de onderdelen van B4B, om te verduidelijken waar de kennishiaten zitten.

Fout- en energie-diagnosesystemen ter ondersteuning van exploitatiebeheer¹ & onderhoud

Het energiegebruik in utiliteitsgebouwen is 10-30% hoger dan het zou moeten zijn (zie uitgebreide literatuurstudies in [Dronkelaar et al., 2016; Jing et al., 2017; Taal, 2018/2020]). Voor een deel komt dit door de toegenomen flexibiliteit in gebouwgebruik, bijvoorbeeld door veranderingen in bezetting of functie van ruimtes, waar de besturing van installaties niet tegenop gewassen is. Voor een ander deel komt het door degradatie en disfunctioneren van installatiecomponenten en -besturingen tijdens hun levensduur. Dit blijft vaak jarenlang onopgemerkt omdat het niet gemonitord wordt. Uiteindelijk worden installaties steeds complexer en dus steeds gevoeliger voor fouten: installaties die gebruik maken van duurzame en hernieuwbare energie zijn vaak 'multi-commodity', wat betekent dat zij gebruik maken van meerdere bronnen binnen en buiten het gebouw; bijvoorbeeld WKO installaties, die niet alleen aquifer-warmte gebruiken, maar ook gekoppeld zijn aan een warmtepomp, een ketel, een droge koeler en steeds vaker ook aan zonnewarmtewisselaars [ISSO 39], en in de toekomst ook aan geothermische warmtenetten [Warmingup]. Ook wordt de besturing van installaties steeds meer gedistribueerd tussen een centraal deel (b.v. de luchtbehandelingskast), een zoneregeling en een decentraal deel op kamerniveau, waar de eindgebruiker een rol speelt [Jung and Jazizadeh 2019]. De besturing is dus complexer en gevoeliger voor fouten. Er wordt al jaren gewerkt aan methoden en tools voor continue commissioning (het geheel van de activiteiten die ervoor moet zorgen dat operationele prestaties op peil blijven) en voorspellend onderhoud [Verhelst et al., 2017; Taal, 2020], maar geautomatiseerde energieprestatiediagnosetechnologieën worden nog steeds zelden gebruikt. Gebouwbeheersystemen (GBS) kunnen miljoenen meetpunten opslaan die nuttig zouden moeten zijn voor de optimalisatie van energieprestaties. Maar de praktijk is dat slechts een minimaal deel daarvan wordt gebruikt. Energieprestatiediagnose is tot nu toe beperkt tot simpele grafieken, die weliswaar waardevol zijn maar niet toereikend voor geautomatiseerde continue commissioning. De afwezigheid van slimme geautomatiseerde diagnostische methoden in de praktijk heeft te maken met de complexiteit van de taken die uitgevoerd moeten worden en de grote tijdsinvestering die ze vergen [Kim and Katipamula, 2017; Taal et al., 2020]. Installatietechnische kennis moet gekoppeld worden aan energiemodellerings technieken en aan data analytics en machine learning technieken [Zhao et al., 2019; Mirnaghi and Haghighat, 2020], en het geheel moet ook nog op maat gemaakt worden voor ieder afzonderlijk gebouw. Er zijn geen standaarden voor modulaire diagnostische tools, en de integratie met installatieontwerp, GBS, en onderhoud- en beheertools is afwezig. Belangrijk is om de beschikbare data uit het GBS te kunnen koppelen met de functionele omschrijving van de regelingen [Andriamamonjy et al., 2018; Hoseini et al., 2019] en om dit modulair te doen om de complexiteit behapbaar te maken. Op deze onderwerpen gaat WP1 van B4B in.

Besturing van energy flexibiliteit binnen het gebouw

Zoals benoemd in de vorige alinea is flexibiliteit in multi-commodity energie installaties van groot belang om maximaal gebruik te kunnen maken van duurzame bronnen, CO₂-emissies te reduceren, kosten te besparen en de robuustheid van de besturing te garanderen. Veel ontwikkelingen op dit gebied vinden plaats vanuit de optiek van systeemontwerp voor het regionale en lokale elektriciteitsstelsel. De energievraag en -prestaties van individuele gebouwen worden op zeer vereenvoudigde wijze meegenomen, meestal door niet-gevalideerde vraaggrafieken te gebruiken die weinig recht doen aan de werkelijke energievraag en variaties daarin in tijd en per gebouw [Canizares, 2014]. Bovendien betreft het meestal de elektriciteitsvraag en worden warmte- en koudevoorzieningen buiten beschouwing gelaten, terwijl deze meer dan de helft van het energiegebruik in gebouwen behelzen en van wezenlijk belang zijn voor opslag ('heat to heat' en 'power to heat' [WarminUP]). Bovendien zijn nauwkeurige voorspellingen van de energievraag essentieel voor energieflexibiliteit: om te kunnen inspelen op de vraag moet die minstens een dag vooruit bekend zijn, en wel op een hoge resolutieschaal (dus eerder op (milli)seconde, minuut, en uurniveau dan op geaggregeerd dagniveau). Onderzoek vindt daarom plaats op het niveau van individuele gebouwen en richt zich op het voorspellen van het vraagprofiel, gebruik makend van machine-learning algoritmes [Gibescu et al., 2018; Mocanu E,

¹ Hiermee wordt bedoeld het besturen van de installaties tijdens hun werking.

2019]. Deze algoritmes zijn vrij krachtig in het voorspellen van de energievraag op basis van historische energiedata uit slimme meters of GBS, tijdstip en weersomstandigheden. Het gebouw en zijn installaties zijn echter 'black boxes'. De mogelijkheden om energie op te slaan in het gebouw of om met de vraag te schuiven blijven onbekend en onzichtbaar. De energieflexibiliteit van het gebouw zelf wordt dus niet gemodelleerd. Daarom is een tweede onderzoekslijn ontstaan, waarin met behulp van gedetailleerde gebouwmodellen zoals TRNSYS or Energy-Plus [Ascione et al., 2016; Schirrer et al., 2016] or RC netwerken [Decoinck et al., 2017], het gebouw en zijn installaties gemodelleerd wordt, zodat de mogelijkheden tot flexibiliteit binnen het gebouw zichtbaar worden. De laatste jaren is een verschuiving ontstaan naar hybride modellen, waarin gebouwmodellen worden gekalibreerd d.m.v. machine learning gebaseerd op historische energiedata uit GBS. Dit levert accuratere en robuustere voorspellingen. Er wordt echter nog steeds gebruik gemaakt van statische eindgebruikersprofielen, en bufferingsmogelijkheden worden maar beperkt meegenomen.

Omdat flexibiliteitssturing plaatsvindt op verschillende niveaus (centraal, zone, decentraal) is er ook behoefte aan een structuur en hiërarchie tussen de controllers verspreid op verschillende niveaus [Ma et al., 2015]. De controllers moeten lokaal en centraal met elkaar kunnen communiceren. Daarnaast blijft de energievraag bepaald door stochastische, tijdsafhankelijke parameters (weer, bezetting, gebruik etc.) en bevat dus altijd een bepaalde graad van onzekerheid, des te meer omdat er vaak ook data ontbreekt. Het kwantificeren van deze onzekerheden is dus essentieel [Rostampour et al., 2016]. Kortom, de besturingsalgoritme (dat in feit een optimalisatiealgoritme is) moet in staat zijn de taken te verdelen tussen verschillende besturingsniveaus (centraal, zone, decentraal), moet modulair zijn (zodat onderdelen toegevoegd of weggehaald kunnen worden naarmate de installatie verandert of wanneer er onderhoud gepleegd wordt), moet kunnen omgaan met onzekerheden [Han et al., 2015; Mesbah, 2016], met verschillende tijdschalen (van (milli)seconde tot dag), en moet kunnen omgaan met multi-actor computation [Alexandrou et al., 2020] omdat verschillende partijen (component aanbieders bijvoorbeeld) verschillende onderdelen van het controlesysteem zullen ontwikkelen. B4B richt zich daarom in WP2 op betere vraagmodellering en de hierboven genoemde eisen aan het besturingssysteem.

Gebruikersgerichte interfaces en feedback

Het gedrag van de eindgebruiker is onderwerp geweest van veel studies en pogingen die mee te nemen in ontwerp, voorspellingsmodellen en besturingssystemen, veelal op basis van een 'gemiddeld' gedrag. De mens in een gebouw wordt gezien als een passieve receptor van zijn omgeving en leidt tot polariteit tussen energiebesparing en comfort [Jaskiewicz & Keyson, 2015]. Ruimtes worden bijvoorbeeld uniform verwarmd zonder rekening te houden met de behoeften en voorkeuren van de kantoorgebruikers op dat moment, terwijl het bekend is dat die heel sterk kunnen variëren [Guerra-Santin et al., 2016]. Het blijft echter moeilijk om deze voorkeuren real-time te monitoren en te koppelen aan het besturingssysteem. Recentelijk is er een start gemaakt om methodes daarvoor te ontwikkelen [Romero-Herrera et al., 2020], maar een groot probleem in kantooromgeving is de grote diversiteit aan gebruikers in termen van activiteiten en voorkeuren [Powells et al., 2014; Skjølsvold et al., 2017; Kim et al., 2018; Bavaresco et al., 2019]. Dit moet vaak geaccommodeerd worden in één kamer.

In een kantooromgeving is er weinig financiële stimulans voor energiezuinig gedrag [Guerra-Santin et al., 2016], maar verschillende studies laten zien dat geschikte feedback en informatie over de consequenties van keuzes en handelingen wel een effect kunnen hebben op het energiegebruik [Ek & Söderholm, 2010; Nguyen and Aiello, 2013; Jaskiewicz & Keyson, 2015; Skjølsvold et al., 2017; Valor, 2019]. De effectiviteit van deze feedback wordt echter betwijfeld [Nicholls and Strengers, 2015] omdat mensen na een tijdje er niet meer naar kijken [Buchanan et al., 2015; Boomsma et al., 2018], en omdat de displays vaak moeilijk te begrijpen zijn. Aan de andere kant is gedragsverandering wel geïdentificeerd als een efficiënte strategie voor vermindering van de piekvraag in gebouwen [Chen and Ahn, 2014; Rafsanjani, 2016/2019; Karji Ali, 2017; Ghahramani et al., 2018a/2018b; Zarei and Maghrebi, 2020]. Het is ook bekend dat energiebesparende technologieën en besturingen (bv zonweringbesturing of thermostaatsetting) de benodigde gedragsaanpassingen moeten faciliteren om succesvol te zijn [Baborska-Narozny et al., 2016].

De integratie van real-time data zoals aanwezigheid, gebruik van zonwering, gebruik van natuurlijke ventilatie, activiteiten, comfortbehoeften en -voorkeuren, met een systeem voor continue monitoring, optimalisatie en diagnose is nieuw en wij verwachten dat het kan bijdragen aan nauwkeurigere energievoorspellingsmodellen, meer energieflexibiliteit, betere acceptatie van maatregelen, betere binnenluchtkwaliteit en groter welzijn van de kantoorgebruikers. Dit is het onderwerp van WP3.

Interoperabiliteit

Om analyses te kunnen maken van operationele informatie van gebouwen, installaties en gebruikers en om die te kunnen gebruiken voor diagnose, onderhoud en besturing moet eerst die informatie verzameld en beschikbaar gesteld worden. Deze informatie is verdeeld over verschillende gebouwen en (legacy) apparatuur [Bashir and Gill, 2017; Moseley, 2017]. Elk gebouw presenteert een verzameling totaal verschillende datastromen, waaronder Excel-spreadsheets, BMS-systemen (open en gesloten [Kučera and Pitner, 2018; Iddianozie and Palmes, 2020]), BIM-modellen [Borrmann et al., 2018; Volk et al., 2014], CAD-bestanden, WiFi-signalen [Lee et al., 2018], indoor navigatiesystemen [Sattarian et al., 2019] en andere. Er is beperkte standaardisatie en interoperabiliteit [Pauwels et al., 2017; Turk, 2020], waardoor het duur is om een gebouw te transformeren tot een slim gebouw.

Vervolgens is data-integratie nodig [Bolchini et al., 2017]. Er is door de markt veel onderzoek gedaan naar de koppeling van verschillende databases om interoperabiliteit te vergroten. Er zijn goede voorbeelden van hoe een platform van fabrikant A is gekoppeld aan het data-analysesysteem van fabrikant B. Dat deze koppeling telkens maatwerk is, remt de marktontwikkelingen voor slimme analyses. In plaats van deze integratie op databaseniveau, is het beter om te streven naar systeemintegratie op API-niveau (Application Programming Interface) [Rajasekhar and Pindoriya, 2016; Prasse et al., 2011; Foglietta et al., 2019]. Daarom wordt ook sinds kort onderzoek gedaan naar linked building data (LBD) en semantische gebouwrepresentaties [Pauwels et al., 2017; Kučera and Pitner, 2018; Rasmussen et al., 2019, 2020; Wagner and Rüppel, 2019], ook voor Digital Twins voor beheer [Boje et al., 2020].

Daarnaast is er sterke behoefte aan open standaarden en aan gebruikersgegevens, waardoor diepgaand onderzoek naar de privacy, beveiliging en ethiek rond het gebruik van deze data vereist is [Ismagilova et al., 2020. Naar aanleiding van de onderzoeken van [Verbeke et al., 2020] en [Vigna et al., 2020] blijkt dat er ook behoefte is aan een uit te werken smart readiness indicator, dat helpt een gebouw om te vormen tot een slim gebouw. In WP4 worden deze uitdagingen aangegaan.

2.4. Stakeholderanalyse

Tabel 2.1

Stakeholder	Rol	Belang (hoog, medium, laag)	Positie (voor, tegen, neutraal)	Mate van invloed (hoog, medium, laag)	Deelnemer in project ja/nee
Gebouwgebruikers	Probleemeigenaar/begunstigde	Hoog	Tegen/Neutraal	Hoog	Ja
Gebouwbeheerders	Probleemeigenaar/begunstigde/afnemer/beslisser	Hoog	Neutraal	Hoog	Ja
Gebouweigenaren	Probleemeigenaar/begunstigde/afnemer/beslisser	Hoog	Neutraal	Medium	Ja
Installatie- en onderhoudsbedrijven	Afnemer/leverancier	Hoog	Voor	Hoog	Ja
Adviesbureaus	Afnemer/leverancier	Hoog	Voor	Hoog	Ja
Interface/productleveranciers	Afnemer/leverancier	Hoog	Voor	Hoog	Ja
Kennisinstellingen	Leverancier kennis	Hoog	Voor	Hoog	Ja
Overheden	Begunstigde	Hoog	Voor	Hoog	Nee
Leveranciers gebouwbeheersystemen	Afnemer/leverancier	Hoog	Voor	Laag	Nee
Energiebedrijven/flexibiliteitsleveranciers	Begunstigde	Hoog	Voor	Hoog	Nee

Tabel 2.1 geeft een overzicht van stakeholder die relevant zijn voor de ontwikkeling waaraan gewerkt wordt in het B4B project, hun rol, belang, positie, mate van invloed en of ze deelnemer zijn in het project. Hieronder is per stakeholder aangegeven hoe wij met de belangen en dilemma's van de stakeholders rekening houden in het project.

1. Gebouwgebruikers ervaren veelal een laag comfortniveau en een gebrek aan begrip voor/controle over gebouwssystemen. De ontwikkelde systemen, instrumenten en modellen zullen rekening moeten houden met de werkelijke behoeften en voorkeuren van de gebruikers, waardoor hun welzijn, tevredenheid en de aanvaardbaarheid van de slimme oplossingen zal toenemen. Zij kunnen via participatieve, gebruikersgerichte en co-creatiebenaderingen in de living labs invloed uitoefenen op de projectresultaten.
2. Gebouwbeheerders worden geconfronteerd met hoger dan verwachte energiekosten, gebrek aan anticipatie op benodigd onderhoud, ongezond binnenmilieu en te veel klachten van gebruikers. Zij ervaren grote werkdruk om storingen in apparatuur te achterhalen en het reageren op valse alarmen van gebouwbeheersystemen. Verder vormt gebrek aan interoperabiliteit tussen GBS en facilitair managementproces en tussen verschillende onderdelen van gebouwbeheersystemen belangrijke barrière voor verdere toepassing van energieoptimalisatie. Zij vormen een belangrijke groep eindgebruikers voor de te ontwikkelen producten en diensten. Zij brengen via het beschikbaar stellen van use-cases en living labs hun wensen/eisen in m.b.t. prestatie, diagnose, en foutdetectiecontroles en de vereisten voor gebruikersinterfaces.
3. Gebouweigenaren hebben te maken met onzekerheid over de toekomstige flexibiliteit van het gebouw in termen van duurzame energievraag en -aanbod en de daarmee samenhangende waarde van hun vastgoed, die mede gebaseerd zal zijn op het succes van hun flexibiliteitsmanagementsysteem.
4. Installatie & onderhoudsbedrijven zien een toenemende vraag naar integrale prestatiecontracten voor gebouwen waarbij zij de verantwoordelijkheid krijgen voor meerjarig onderhoud, energiegebruik, gebruikscomfort. Dit biedt de mogelijkheid om nieuwe diensten aan te bieden aan gebouwbeheerders (zoals geautomatiseerde detectie van fouten, verminderen van energieverstopping en het vermarkten van de energieflexibiliteit). Installatie & onderhoudsbedrijven zijn binnen het project direct betrokken bij de ontwikkeling van producten en diensten en het valideren van prototypes in hun eigen use-cases.
5. Interface- en andere productontwikkelaars zien dat marktgroei voor hun producten wordt belemmerd door gebrek aan data-interoperabiliteit en systeemintegratie. Door dit aan te pakken, kunnen zij hun platform breder inzetten (m.a.w. beter koppelen met een grotere diversiteit aan data-aanbieders en -types). Zij gaan binnen het project samen met andere partners hun producten en diensten (her)ontwerpen en deze testen in living labs en use-cases.
6. Adviesbureaus zien een toenemende vraag naar levering van integrale energie/prestatiecontracten (ESCO's) voor gebouwen. Verder willen zij ervaringen met datagedreven aansturing meenemen bij het ontwerp van nieuwe gebouwen voor hun klanten. Deelname aan het project levert hun nieuwe kennis over de werkelijke prestaties die voortkomen uit de analyse van de gebouwbeheersysteemgegevens. Zij gaan binnen het project samen met andere partners hun producten en diensten (her)ontwerpen en deze testen in living labs en use-cases.
7. Energiebedrijven en flexibiliteitsleveranciers willen regelbare flexibiliteit binnen gebouwen benutten om pieken op het net te vermijden ("peakshaving") en netinvesteringen uit te sparen. Deze partijen zijn niet opgenomen in het consortium. Hun wensen en kennis worden ingebracht via een gebruikersgroep die wordt ingesteld (zie paragraaf 6.6) waarin o.a. kennis wordt uitgewisseld en gedeeld met andere lopende en nieuwe projectinitiatieven op het gebied van slimme netten.
8. Overheden: Europese, nationale en lokale overheden zijn aanjagers van ontwikkeling, met als doel het behalen van de klimaatdoelstellingen tegen eerlijke maatschappelijke kosten.
9. Kennisinstellingen in samenwerking met verschillende stakeholders de basis leggen voor een paradigmaverschuiving naar meer geïntegreerde slimme producten en diensten.

10. *Leveranciers van gebouwbeheersystemen* zijn vaak aanjagers van nieuwe ontwikkelingen, maar kennis en resultaten blijven binnen hun bedrijf en wordt niet gedeeld. Doel van het B4B project is om deze kennis breder beschikbaar te maken.

3. PROJECTDEFINITIE

3.1 Van maatschappelijk effect tot en met activiteiten

3.1.1 Maatschappelijk effect: bijdrage aan de doelstellingen van MOOI-thema(s)

Tabel 3.1 Bijdrage aan doelstelling voor MOOI-thema's

MOOI-thema	Kruis aan (X)
Gebouwde omgeving	X

Het B4B project draagt bij aan het realiseren van de doelstellingen binnen het MOOI-thema gebouwde omgeving door het ontwikkelen *van slimme geïntegreerde gebruiksvriendelijke prototypes* van betaalbare, *modulaire en schaalbare software plug-ins* voor utiliteitsgebouwen. Deze software plug-ins zijn in 2025 gereed voor verdere opschaling naar de markt en leiden tot:

- (1) Minder energievervalsing in de warmte- en koudevoorziening van gebouwinstallaties en de daaraan gerelateerde CO₂ uitstoot.

Volgens [ECN \(2016\)](#) is het gemiddeld energiegebruik in kantoorgebouwen

- 17m³ gas/m² en 60kWh elektriciteit/m².
- 1 m³ gas geeft 1.89 kg CO₂ uitstoot, 1 kWh opgewekte stroom geeft 0,649 kg CO₂
- Uitgaande van 25% energiebesparing door de slimme besturingen en plug-ins levert dat een besparing van 4.25 m³ gas en 15 kWh elektriciteit per vierkante meter.
- Dit is dus een totale CO₂-reductie van $1.89 \times 4.25 + 15 \times 0.649 = 18$ kg CO₂/m²

Met 24 miljoen vierkante meter kantoren die een GBS bezitten (kantoren van meer dan 5000m²), is het potentieel voor CO₂-reductie **426480 ton CO₂**, oftewel **0.4 Mton per jaar. Dit is 5.7% van de totaal benodigde reductie voor de gebouwde omgeving.** (De overheidsdoelstelling van 49% CO₂-reductie in 2030 in de gebouwde omgeving komt neer op 7Mton CO₂ reductie.) Dit is nog zonder het meetellen van dat deel van de 23 miljoen vierkante meters aan kleinere kantoren die ook zullen overgaan naar een GBS. Daarnaast is er ook een groot potentieel bij onderwijsgebouwen, ziekenhuizen, winkels etc. Nederland telt in totaal 460 miljoen utiliteitsgebouwen (Klimaatkoord, 2018). Onder de aanname dat deze gebouwen hetzelfde energiegebruik per m² hebben en dat 52% van deze gebouwen geëquipeerd wordt met een slimme plug-in, **dan wordt in één keer 4 Mton CO₂ bespaard. Dat is meer dan de helft van de overheidsdoelstellingen voor de gebouwde omgeving.** Dit benadrukt het enorm belang van op GBS-data-gebaseerde energiediagnostische methoden en plug-ins. Deze CO₂-reductie wordt verkregen met zeer lage investeringen per vierkante meter (4EUR/m²)

- (2) Toename van het comfort van de eindgebruikers, de binnenluchtqualiteit en de gebruikersvriendelijkheid van decentrale besturingssystemen. Uiteindelijk staat of valt iedere technische oplossing met de acceptatie en het juiste gebruik daarvan door de eindgebruiker. Hij is tot nu toe zo goed als nooit meegenomen in onderzoek naar foutdiagnose en besturingsstrategie, waardoor de aansluiting met gebruikersbeleving en acceptatie door gebruikers totaal ontbreekt. Het wel meenemen zal, naast extra energiebesparing, leiden tot een bredere acceptatie van slimme besturingssystemen.

- (3) Grotere regelbare energieflexibiliteit waarmee de inzet van zelfgeproduceerde hernieuwbare energie voor warmte- en koudevoorziening wordt vergroot en de systeemkosten voor de transformatie van de gebouwde omgeving met 20-40% worden verlaagd. Door slimme aansturing van de opslagcapaciteit kan het gebruik van lokale duurzame energieproductie worden vergroot met 40-50% (en inzet van fossiele bronnen evenredig verlaagd [Topsector Energy, onderzoeksrapport Navigant 2019]). Toename van 90-95% worden ook genoemd, maar de kosten daarvoor zijn nog te hoog. Dit geld evengoed voor fotovoltaïsche cellen als voor opslag in de bodem in combinatie met geothermie. Uitgaande van een beschreven OEM (On site Energy Matching) waarde van 40% wordt zelfconsumptie van gebouwen van ongeveer 15% nu verhoogd tot 40%. Dit betekent 25% minder gebruik van het net: met het benutten van de regelbare energieflexibiliteit kunnen hoge investeringen in netverzwaring worden voorkomen of uitgesteld.

3.1.2 Afbakening van het project

MOOI-thema Gebouwde omgeving

Hoofdinnovatiethema	Innovatiethema	Kruis aan (X)
1. Doorontwikkeling van aardgasvrije arrangementen en ondersteunende processen/diensten	1 Ontwikkeling van integrale arrangementen voor renovatie	
	2 Industrialisatie en digitalisering van het renovatieproces	
	3 Gebouweigenaren en -gebruikers centraal bij energierenovaties	
	4 Slim energiegebruik in/tussen gebouwen door haar gebruikers	X
2. Verduurzaming van de (collectieve) warmte- en koudevoorziening	5 Collectieve warmte- en koudevoorziening	X
3. Oplossingen voor een betrouwbare, betaalbare en eerlijke elektriciteitsvoorziening	6 Flexibiliteit van/voor het energiesysteem (in de gebouwde omgeving)	X
	7. Systeemontwerp voor het elektriciteitssysteem in de gebouwde omgeving	
	8. Lokale flexibiliteit ten behoeve van het totale elektriciteitssysteem	

Ad 4) Focus op slim energiegebruik IN het gebouw door energiediagnose (WP2) voor energie-efficiëntie; Ook focus op maximale inzet van duurzame bronnen op locatie (bv warmteopslag of zonne-energie) (WP2); en op het meenemen van de gebruiker (WP3)

Ad 5): Bij collectieve warmte en koude worden verschillende temperatuurniveaus aangeboden; Hoe acceptabel is dit voor eindgebruikers (WP3); Wanneer moet extra bijstook aangeboden worden (WP2); Hoe werken de kosten door op gebouwniveau (multi-objective optimalisatie in WP2: kosten + CO2); Dit vergroot de acceptatie van collectieve systemen; 3.1.3 Projectdoelstelling

3.1.3 Projectdoelstelling

Het doel van het B4B-project is het toevoegen van operationele intelligentie aan gebouwen. Gebouwen hebben “brains” nodig voor zelfdiagnose en zelfoptimalisatie, om zo energie te besparen, rekening te houden met de gebruiker en actief onderdeel te zijn van het energiesysteem. De ambitie van B4B is om bij te dragen aan de ontwikkeling en marktintroductie van zulke slimme systemen in utiliteitsgebouwen door:




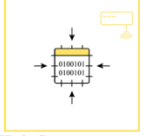
1. Het ontwikkelen van besturingssystemen die zijn uitgerust met intelligente algoritmes die het comfort, de gezondheid en het welzijn van de gebruikers garanderen, daarbij hun privacy waarborgen en zo de acceptatie van slimme systemen verbeteren.
2. Het ontwikkelen van besturingssystemen die energieverstopping verminderen, het gebruik van zelfgeproduceerde (duurzame) energie verhogen en regelbare flexibiliteit t.a.v. het warmte/koude/elektrisch net mogelijk maken,
3. Het verlagen van de kosten voor slimme besturingssystemen in gebouwen, en het verbeteren van de businesscases voor facility managers, gebouwgebruikers en dienstverleners die de waarde van het hele energiesysteem in de gebouwde omgeving vastleggen.

Betreffende het laatste punt in de projectdoelstelling (verlagen kosten slimme controlesystemen) gaat B4B uit van open innovatie, d.w.z. het openbaar beschikbaar stellen van methodes en algoritmes. Dit zal sterk bijdragen aan het verlagen van ontwikkelingskosten door bedrijven en zo de business case verbeteren. Dit zal binnen het project getest worden door de bedrijven hun eigen producten te helpen ontwikkelen op basis van de bevindingen in de open living labs. Door good practice aan te leveren en deze proactief te verspreiden (via WP5, learning community), draagt B4B er aan bij dat facility managers en gebouwgebruikers de meerwaarde gaan zien.

Onderzoeksvragen

Uit de state of the art, de probleemanalyse en de doelstelling voor het project zijn 9 onderzoeksvragen geformuleerd.

Tabel 3.2: Koppeling onderzoeksvragen aan werkpakketten

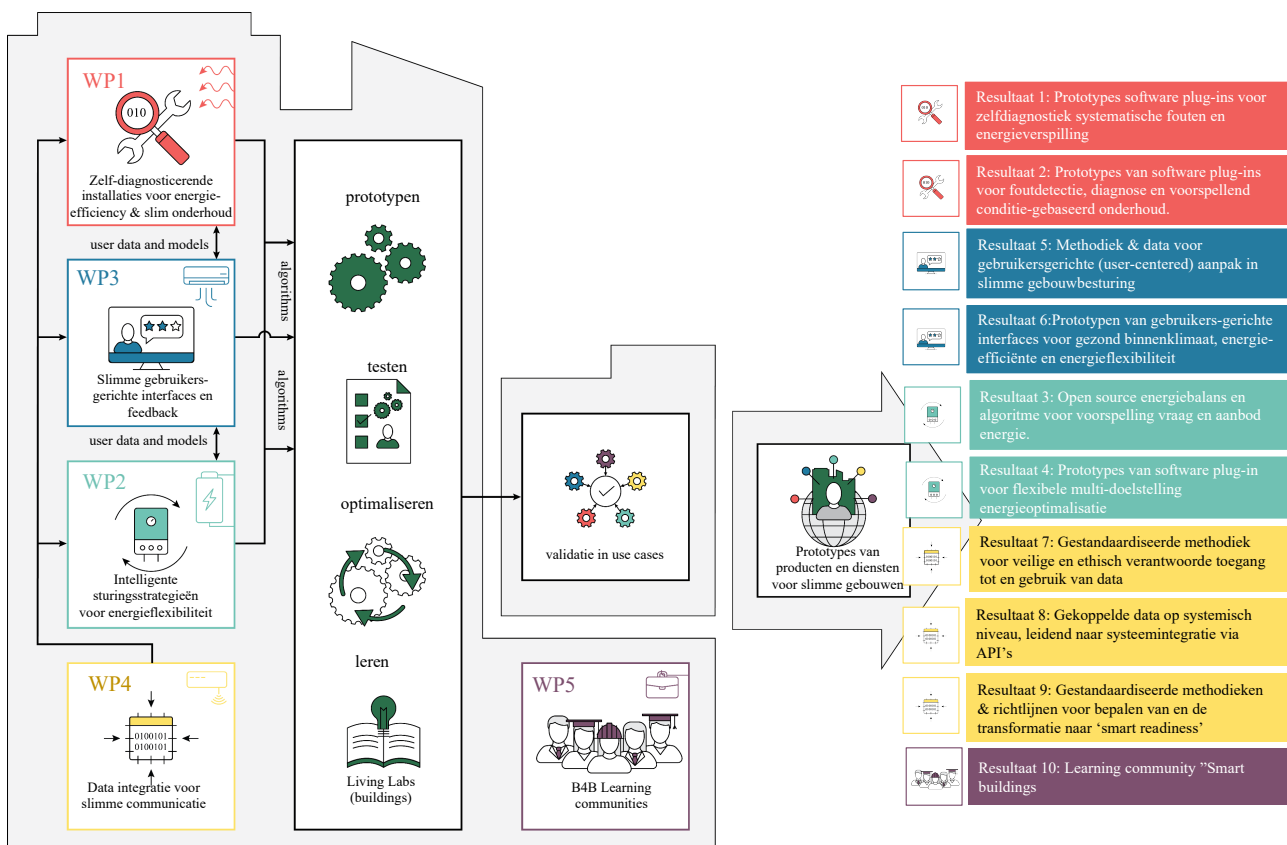
Onderzoeksvraag	Gegroepeerd in werkpakket:
<ol style="list-style-type: none"> 1. Hoe kan de kennis - die ontwerpers en gebouwbeheerders vertalen naar principes en regelschema's - ontsloten worden in een architectuur die het mogelijk maakt om op systematische en geautomatiseerde wijze fouten en energieverstopping tijdens de werking van installaties te diagnosticeren, gebruik makend van gebouwbeheersysteemdata? (of kort gezegd: hoe kunstmatige intelligentie te ontwikkelen voor installaties?) en hoe kan die kennis toegepast worden op energie-flexibele gebouwen en op decentrale regelingen waar eindgebruikers een rol spelen? 2. Is het mogelijk om d.m.v. een combinatie van machine learningtechnieken en pareto-lean analyses kennis te vergaren over een statistisch valide verloop van de prestaties in de tijd om die te koppelen aan voorspelend conditieafhankelijk onderhoud? En kan die kennis weer geïntegreerd worden in het kunstmatig intelligent raamwerk van Onderzoeksvraag 1? 	 <p>WP1: Zelf-diagnosticerende installaties voor energie-efficiency en slim onderhoud</p>
<ol style="list-style-type: none"> 3. Hoe een energiemodel te ontwikkelen dat met genoeg nauwkeurigheid de energievraag in het gebouw één dag vooruit kan voorspellen EN alle knoppen bezit waarmee de energievraag geregeld en aangepast kan worden en waarmee het laden/ontladen van buffers en batterijen gecontroleerd kan worden? 4. Wat zijn geschikte regelstrategieën voor energieflexibele gebouwen, tegelijkertijd rekening houdend met operationele kosten, CO₂-uitstoot, maximale inzet van in-situ geleverde duurzame energie en comfort (multi-objective optimalisatie)? Hoe kunnen deze regelstrategieën toegepast worden in de volgende configuraties: a) Conventionele WKO inclusief zonnewarmtewisselaar; b) een slim warmte- en koelnet met verschillende temperaturen (uitgaande van het feit dat op elk moment de CO₂ uitstoot en prijzen van de geleverde energie bekend zijn) + bijhorende lokale installaties; c) warmtepompinstallatie met zonnecellen en DC-net? 	 <p>WP2: Intelligente sturingsstrategieën voor energieflexibiliteit</p>
<ol style="list-style-type: none"> 5. Hoe real-time dynamische data over en van de eindgebruiker (activiteiten, voorkeuren en acties t.o.v. decentrale regeling, zelf-gerapporteerd comfort en behoeften) te bepalen en te integreren in FDD-systemen, in voorspellend onderhoud en in de regelstrategieën voor energieflexibiliteit? En hoe dit te gebruiken voor de evaluatie van bestaande regelinterfaces (bv ventilatie-instellingen, thermostaat en zonwering, op kamerniveau) en toekomstige ontwerpen? 6. Hoe gebruikersgerichte interfaces te ontwikkelen die a) de gebruiker helpen te begrijpen, en dus te accepteren, wat de regeling doet en waarom b) de gebruiker ondersteunen bij zijn regelacties bij de decentrale installaties (op kamerniveau), rekening houdend met zijn comfort, gezondheid en het teengaan van energieverliezen? 	 <p>WP3: Slimme gebruikersgerichte interfaces en feedback</p>
<ol style="list-style-type: none"> 7. Hoe kunnen we de veiligheid garanderen van op menselijk gedrag gerichte dataverzamelingen, alsmede ethisch gebruik en open standaarden? 8. Hoe ervoor te zorgen dat data-connectiviteit ontstaat op een systemisch niveau, leidend tot data-integratie op API (application programming interface) niveau liever dan op DB (database) niveau, zodat niet alleen standaarden zoals BACNet of LonMark aan bod komen, maar ook de vele private data-modellen die al ontwikkeld zijn of ontwikkeld zullen worden? 9. Is het mogelijk om de status van een gebouw op het gebied van data connectiviteit, veiligheid, en slimheid vast te stellen en om aan te geven hoe het gebouw tot een “slim” gebouw is te transformeren (smart readiness)? 	 <p>WP4: Data-integratie voor slimme communicatie</p>

Benodigde ontwikkelingen

De 9 onderzoeksvragen zijn gegroepeerd in vier inhoudelijke werkpakketten, waarin op een geïntegreerde manier gewerkt aan de benodigde ontwikkeling van slimme gebouwaansturing. In tabel 3.2 is aangegeven zijn hoe de onderzoeksvragen zijn gekoppeld aan de vier inhoudelijke werkpakketten. Een vijfde werkpakket 'B4B Learning Communities' richt zich op kennisdisseminatie. In **Bijlage 13b** zijn uitgebreide WP-beschrijvingen opgenomen. Hieronder volgt een samenvatting per werkpakket::

- **Werkpakket 1 'Zelf-diagnosticerende installaties voor energie-efficiency en slim onderhoud'** richt zich op het ontwikkelen van slimme diagnosesystemen om energieverliezen in gebouwen te verminderen door een continue identificatie van storingen in de functionering van het gebouw op een geautomatiseerde manier die ook kan worden gebruikt voor de planning van prestatiegericht onderhoud. Het wordt ook toegepast op energie-flexibele gebouwen en op decentrale regelingen waar de gebruikers een grote rol spelen. Dit werkpakket maakt gebruik van resultaten van WP2 en WP3 en levert diagnostische inzichten aan WP3.
- **Werkpakket 2 'Intelligente sturingsstrategieën voor energieflexibiliteit'** richt zich op het ontwikkelen van slimme besturingsmodellen om de flexibiliteit van gebouwen te vergroten met het oog op de levering en de opname van warmte, koude en elektriciteit van/naar het net buiten het gebouw. De besturingsmodellen zijn nadrukkelijk multi-objective, dat wil zeggen dat het niet alleen gaat over kosten optimalisatie, maar ook CO₂-uitstoot, comfort en maximale inzet van lokale bronnen. Dit werkpakket maakt gebruik de in WP3 ontwikkelde gebruikersscenario's en levert aan WP1 inzichten in de verschillende besturingsstrategieën.
- **Werkpakket 3 'Slimme gebruikersgerichte interfaces en feedback'** richt zich op de ontwikkeling van gebruikersinterfaces (eindgebruikers, facility managers en gebouw eigenaren) om een energiezuinig en gezond binnenmilieu te waarborgen en om de gebruiker aan te zetten tot energiezuinigheid en flexibiliteit. WP3 levert methoden en data aan WP1 en WP2 en maakt gebruik van diagnostische inzichten uit WP1.
- **Werkpakket 4 'Data integratie voor slimme communicatie'** zorgt voor de dataconnectiviteit tussen applicaties, evenals voor de veiligheid van de gegevens, het ethisch gebruik en de standaardisatie. Er wordt onderzoek gedaan naar het gebruik van linked building data (LBD) en semantische gebouwrepresentaties om systeemintegratie op API-niveau te ondersteunen. Vanwege de diversiteit van de legacy systemen is integratie op systeemniveau van veel groter belang dan data-integratie van individuele systemen van verschillende fabrikanten op dataniveau. Daarom wordt ingezet op API-niveau.
- **Werkpakket 5 'B4B Learning communities'** zorgt ervoor dat kennis en ervaringen worden gedeeld in een leergemeenschap, wat resulteert in de ontwikkeling van nieuwe samenwerkings- en bedrijfsmodellen en praktische toepassing in onderwijsprogramma's.

3.1.4 Projectaanpak: resultaten en activiteiten



Figuur 1: Vijf werkpakketten georganiseerd rond livings labs & use case die leiden tot 10 tastbare resultaten

Figuur 1 geeft een schematisch overzicht van de 5 werkpakketten en laat zien dat de werkzaamheden zijn georganiseerd rond open living labs en use-cases. Methoden, modellen en algoritmes ontwikkeld in de werkpakketten worden eerst getest in één of meerdere living labs en vervolgens gevalideerd in use-cases. Resultaten uit de open living labs zijn voor zowel de consortiumpartners als andere marktpartijen vrij beschikbaar. In totaal resulteert het project in 10 resultaten die door de markt verder ontwikkeld kunnen worden tot producten en diensten voor slimme gebouwen.

Resultaat 1 (WP 1)

Prototype van AI-gebaseerde software plug-ins voor zelfdiagnostiek van fouten en energieverstopping in gebouwinstallaties.

Dit resultaat bestaat uit open prototypes van slimme plug-in die gebruik maken van AI-algoritmen om systematische fouten en energieverstopping automatisch te diagnosticeren tijdens de werking, op basis van ontwerp- en managementprincipes, regelschema's en met behulp van GBS-data, en die kunnen worden toegepast op energieflexibele gebouwen, centrale- en decentrale besturingen en rekening houden met eindgebruikers

Uitkomsten

- Plug ins voor de implementatie van 4S3F diagnosesysteem met continue GBS-gegevensstroom
- Methode voor automatisering van dataprocessing voor de voor- en nabewerking
- Open bibliotheek van gestandaardiseerde Diagnostische Bayesiaanse Netwerkmodellen (DBN) voor de meest voorkomende componenten & sensoren / modellen / besturing in installaties
- Uitbreiding van de methode met additionele data van gebouwbeheer en impact op a-priori-kansen in DBN.
- Uitbreiding van het 4S3F framework voor a) het identificeren van onvoorspeld gebruik door de eindgebruiker en slechte kwaliteit van het binnenklimaat b) het identificeren van suboptimale regelingen in energieflexibele gebouwen

Doelgroepen: Enerzijds gebruikers en beheerders (doordat de installaties beter functioneren, verbetert het comfort en de binnenluchtkwaliteit; vermindering van het energiegebruik en onderhoudskosten). Anderzijds installatie- en onderhoudsbedrijven die deze markt willen bedienen.

Activiteiten

Ontwikkelen van de eerste plug-ins (trekker: TU Delft, type: IO): Onderzoek naar het implementeren en automatiseren van continue datastromen in diagnostische modellen (4S3F), door-ontwikkeling naar eerste versie plug-ins en het eerste testen hiervan in living labs (TUD CRE, Kropman, de Haagse Hogeschool en TNO) met doel de markt te overtuigen. De TUD, samen met de HHS en TU/e heeft al eerste positieve ervaringen mee opgedaan met testen op historische data. Onderzoek naar hoe het proces van het maken van de DBN in zijn werk kan gaan bij bedrijven. Daarna wordt onderzocht hoe het proces van het maken van een DBN voor een specifieke installatie geautomatiseerd kan worden (livinglabs TUD CRE en Kropman; use-case Heroes) en hoe de gebouwbeheerders de data gepresenteerd willen hebben (link met WP3) en eisen en afspraken hoe de data uit de GBS in te lezen en te pre-processen (als case voor WP4). Er wordt een bibliotheek aan gestandaardiseerde DBN modellen voor de meest voorkomende componenten & sensoren/modellen/control in installaties ontwikkeld.

Toevoegen extra expert kennis van gebouwbeheer (trekker: TU Delft, type: IO): Onderzoek naar het vaststellen van de a-priori-kansen voor in de DBN en hoe additionele data van gebouwbeheer ermee kan helpen. In deze activiteit wordt meer intelligentie toegevoegd aan het systeem door te onderzoeken hoe 'fuzzy' kennis over levensduur, veel voorkomende fouten en onderhoudskennis toegevoegd kan worden aan de framework. Machine Learning en AI technieken worden gebruikt om data uit WP 1.2 en 1.3 te ontsluiten in de 4S3F framework (living labs TUD CRE, Kropman, use-case Heroes).

Uitbreiden 4S3F framework naar gebruikers, binnenmilieu en energieflexibele gebouwen (trekker TU Delft, type: IO). Uitbreiden plug-ins naar het identificeren van onvoorspeld gedrag van gebruikers en suboptimale regelingen die beide leiden tot energieverstopping en toepassing ervan op een flexibel gebouw. Er wordt hier eerst onderzocht wat de aannames van ontwerpers zijn over het gebruik van de decentrale installaties op kamerniveau en hoe het werkelijk gebruik te vangen in de BBN. Het gaat hier om gebruik van zonwering, ramen, thermostaten en kamerventilatievoorzieningen: alle decentrale regelingen. Daarnaast wordt het diagnostische netwerk toegepast op energieflexibele gebouwen. Hoe komt de algoritme op zijn zogenaamde optimale keuze betreffende energiekosten, inzet van duurzame bronnen of CO2-emissies? In dit onderdeel gaan wij onderzoeken hoe de 4S3F framework dat inzichtelijk kan maken. (living labs TUD CRE, Kropman, de Haagse hogeschool, TNO)

Rol partners: TU Delft: (penvoerder, expertise 4S3F methode en Bayesian statistics, onderzoek en testen in living labs; inbreng living lab CRE), TU/e (Integratie Pareto/Lean met 4S3F methode en Bayesian statistics), Haagse Hogeschool (Inbreng living lab HHS, expertise 4S3F methode en Bayesian statistics), TNO (Onderzoek en testen 4S3F framework in living labs; integratie met energieflexibiliteit (WP2) en gebruiker (WP3), livinglab TNO), Heroes (ontwerp- en energiebeheerkennis, inbreng living-lab en use-case), Cloud Energy Optimizer (toepassing 4S3F voor gebruikersanalyses en energieflexibiliteit) Kropman (InsiteView platform, living lab), Peutz (diagnostiek voor binnenklimaat en gebruikers), Sensing360 (toepassing 4S3F voor energieflexibiliteit), WOI (Programma van eisen aansluiting installatiesector)

Eigendom: De functionele omschrijving van de in het project ontwikkelde algoritmes en modeleringen evenals de resultaten die in het project worden verkregen in de open living labs, worden gedeeld met de deelnemers in het project en zijn volledig openbaar. Producten ontwikkeld in the use-cases (cirkel 2) zijn eigendom van de partner die ze ontwikkeld.

Resultaat 2 (WP 1)

Prototypes van slimme software plugins voor symptoomdetectie, foutdiagnose en voorspellend conditie-gebaseerd onderhoud.

Dit resultaat bestaat uit het open prototype van slimme plug-in voor continu foutdiagnose voor voorspellend toestandafhankelijk onderhoud door een combinatie van machine learningtechnieken en pareto- en LEAN analyses om een statistisch valide verloop van de prestaties in de tijd te bepalen.

Uitkomsten

- 1.6 Tools voor Continue Commissioning met a) pareto- en LEAN energieanalyse en b) datatrends van continue monitoring voor controles en bepaling energieflexibiliteit, voor detectie en GBS-plug-ins (verder te ontwikkelen door industriepartners)
- 1.7: Algoritmen en modellen voor continue monitoring en diagnose o.b.v. datasets voor datamining en machine learning
- 1.8: Machine learning softwaremodule (bèta-versie) voor voorspellend onderhoud (verder te ontwikkelen door industriepartners)

Doelgroepen: Enerzijds gebruikers (doordat de installaties beter functioneren, verbetert het comfort en de binnenluchtkwaliteit) en anderzijds de beheerders (door vermindering van het energiegebruik en onderhoudskosten). Hierdoor ontstaat een win-win situatie die ook nog eens bijdraagt aan de versnelling van de energietransitie doordat energie-inefficiëntie wordt verminderd in de gebouwde omgeving.

Activiteiten

Ontwikkeling van data-analyse en zelflerende plugins voor symptoomdetectie, gebruikmakend van pareto-analyse en LEAN-energieanalyse (Trekker TU/e, type: IO). Analyse van hybride (fysieke en/of datagestuurde) modellen op gebouw- en hoofdkomponenten-

Resultaat 2 (WP 1)

Prototypes van slimme software plugins voor symptoomdetectie, foutdiagnose en voorspellend conditie-gebaseerd onderhoud.

niveau en aanscherpen van op regelgebaseerde controles. Analyse van energieverbruik en -patronen door middel van (slimme) data-analyse van energiehoofdmeters of -submeters en de toepassing van de Pareto-LEAN-methode om het aantal benodigde sensoren te verminderen. Verder zullen modellen van het gebouw en de gebouwdiensten zoals ontwikkeld in WP2.1 worden gebruikt als virtuele sensoren, evenals het werkelijke gedrag van de gebruikers, voor bijvoorbeeld de aansturing van de verlichting, de aanwezigheid of de thermostaat-instellingen (in samenwerking met WP3). Het verschil tussen de in de werkelijkheid gemeten parameterwaarden en de door het model berekende parameterwaarden (virtuele sensor, b.v. energieverbruik, binnentemperatuur of koel-vermogen) dienen als storingsindicator.

Ontwikkeling van plugins voor foutdiagnostiek gebaseerd op hybride modellen en data-analyse technieken (combinatie van kunstmatige intelligentie en fysieke modellen) (Trekker TU/e, type: IO) In de living-labs wordt op basis van de gegevensanalyse van de onafhankelijke onderdelen van het systeem (modules) een eerste storingsdiagnose-opstelling gebouwd. Deze modulaire aanpak vermindert de complexiteit en vergroot de mogelijkheid om fouten te isoleren en te. De simulatieresultaten worden gebruikt om verschillende trainingssets te creëren om de meest geschikte methodologie te selecteren uit het domein van de machine learning. De eerste versie van het foutdiagnosesysteem wordt getest met simulatieresultaten. Om de systemen te valideren worden gegevens uit een operationeel systeem verzameld. De eerste opstelling voor een foutdiagnosesysteem wordt aangepast aan een echte installatie en geprogrammeerd in het state-of-the-art Scada-systeem.

Ontwikkeling van zelflerende plugins voor voorspellend onderhoud (Trekker TU/e, type: IO). Met behulp van de Pareto-LEAN-analyse worden de aspecten met een grotere impact op de onderhoudskosten, corrigerende maatregelen en vervangingen bepaald. De industriepartners leveren een bijdrage met hun specifieke aanpak op het gebied van diagnosesystemen. DYSECO ontwikkelt diagnostiek op basis van Bayesian Networks die op het Waylay platform draaien en die wordt toegepast op de gebouwde omgeving. Waylay biedt de mogelijkheid om Machine Learning Models voor Predictive Maintenance te operationaliseren. Peutz zal een model bestuderen om een relatie te leggen met trilling gegevens van installaties om de onderhoudsbehoeften te bepalen. Het model wordt uitgebreid om proactief onderhoud te plannen.

Activiteiten binnen dit project worden uitgevoerd in zowel

Open living labs (TNO Delft en Den Haag, Kropman, HHS, CRE TU Delft) voor het experimenteren en onderzoeken van de mogelijkheden van data-analyse en machine learning

Validatie use-case gebouwen (Philips RE, DWA, Heroes, Strukton), voor het beproeven van de software applicatie op hun robuustheid en nauwkeurigheid in normalere omgevingen. Daarnaast zullen ook BAM Energy Systems en Could Energy Optimizervalidatietesten uitvoeren.

Rol van de partners in de verschillende activiteiten: TU/e (trekker en inbreng machine learning in combinatie met Pareto-LEAN analyse, TUD CRE (open living lab), TNO (algoritmes voor virtuele sensing, model tracking en foutdetectie, validatie in eigen livinglabs), Avans Hogeschool (interactie met EV's en het gebouw met V2X technologie), AirTeq & ChessWise (monitoring en sensortechnologie), ArtEnergy (energiemanagement), BAM Energy Systems (input leveren voor analyse van resultaten), Building G100 en WOI (ophalen behoeften stakeholders), Cloud Energy Optimizer (data-analyse platform), Heroes, (data-analyse, open source aspecten, use-case), DWA (ontwerp- en beheersaspecten use-case), DYSECO, dynamisch klimatiseren), Kropman (open living lab, service en onderhoud), Kuijpers (inbreng domeinkennis van beheer en onderhoud bijdragen in de ontwikkeling van algoritmen van data-analyse), Peutz, (dynamische energiemodellen, akoestiek en trillingen voor performance analyse), Royal HaskoningDHV (energie flexibiliteit), Renor (toepassing van LEA/Pareto), Sensing360 (sensortechnologie voor rotating equipment & inbreng vanuit ML platform), Strukton (data gedreven diagnose en analyse op gebouw en hoofcomponentniveau, doorontwikkeling van rule-based controle op componentniveau. Validatie in use-case), SystemAir (service en onderhoud luchtbehandelingsinstallaties).

Eigendom: De functionele omschrijving van de in het project ontwikkelde algoritmes en modeleringen evenals de resultaten die in het project worden verkregen in de open living labs, worden gedeeld met de deelnemers in het project en zijn volledig openbaar. Producten ontwikkeld in the use-cases (cirkel 2) zijn eigendom van de partner die ze ontwikkeld.

Resultaat 3 (WP 2)

Open source energie modellen voor gebouw en installaties en bijhorende energiebuffering en algoritme voor voorspelling energievraag

Dit resultaat bestaat uit een energiemodel van een gebouw, de verschillende verwarmings-, ventilatie- en airconditioningsinstallaties en de elektrische installaties die betrekking hebben op de energievraag, de buffering in de gebouwmassa en in de lokale opslagmogelijkheden (b.v. buffers, grond, aquifer), evenals de mogelijke decentrale duurzame productie. De modellen moeten de aansturing van de beschikbare faciliteiten, gebruiken het gebouwbeheersysteem (GBS) en houden rekening met de aansluiting op de elektriciteits en warmte/koudenetten. Er wordt een combinatie van fysieke modellen en datagestuurde modellen gebruikt.

Uitkomsten

- 2.1 Open-source en modulair energiemodel van verwarmings-, ventilatie- en airconditioningsinstallaties en elektrische installaties met alle buffermogelijkheden.
- 2.2 Open-source energievoorspellingsmethodes voor energievraag gecombineerd met lokale duurzame energieopwekking en comfort beleving inclusief voorspellingsnauwkeurigheid.
- 2.3 Algoritme voor betrouwbare voorspelling van de energievraag in combinatie met lokale duurzame energieopwekking en comfort beleving waarbij gebruik wordt gemaakt van kalibratie met kunstmatige intelligentie op basis van prestaties uit het verleden (historische GBS-gegevens)

Doelgroepen: Adviesbureaus en installatiebedrijven die energieflexibele gebouwen willen ontwerpen of gespecialiseerd zijn in besturings-technologieën; Esco's en energiebedrijven.

Activiteiten

Ontwikkeling van een open source model van verwarmings-, ventilatie- en airconditioningsinstallaties en elektrische installaties (Trekker: HHS, type: IO): In deze activiteit vinden de volgende werkzaamheden plaats: 1) Definieren van de systeemblokken voor de installatie op basis van de configuraties van het Rijksvastgoedbedrijf. 2) Modelleren van de blokken en hun onderlinge relaties, met gebruik van monitoringgegevens van open living labs voor kalibratiedoelinden. 3) integreren van de ontwikkelde modelblokken met de voorspellingsmodellen van activiteit 2.2. HHS en Hogeschool Windesheim maken de black box blokken en modellen, TNO maakt hybride modellen en verzorgt de integratie. Rijksvastgoedbedrijf levert informatie over gebouwtypologieën en de TU Delft neemt de rol als producteigenaar binnen het Agile werkproces.

Ontwikkeling van algoritmes voor gecombineerde voorspelling van vraag, comfortbeleving en lokale duurzame energieopwekking (Trekker: TNO, type: IO): In deze activiteit vinden de volgende werkzaamheden plaats: 1) Ontwikkelen een energievoorspellingsmodel. 2) Integreren van de modelblokken. En 3) afstemming van het geïntegreerde model met behulp van kunstmatige intelligentie om de korte termijn energieprognose voor de open living labs te doen. TNO, DWA, HHS en Hogeschool Windesheim ontwikkelen de algoritmen van een betrouwbare voorspelling. Avans Hogeschool maakt de voorspellingen van het binnenklimaat. Peutz draagt bij aan de robuustheid

Resultaat 3 (WP 2)

Open source energie modellen voor gebouw en installaties en bijhorende energiebuffering en algoritme voor voorspelling energievraag

van modellen. O-Nexus ontwikkelt algoritmen voor een betrouwbare energievoorspelling specifiek voor MKB-gebouwen (met beperkte meetpunten) en de TU Delft draagt bij aan de toepasbaarheid van de modellen door de output van de modellen te testen op de controle-algoritmen van activiteit 2.3.

Eigendom: De functionele omschrijving van de in het project ontwikkelde algoritmes en modeleringen evenals de resultaten die in het project worden verkregen in de open living labs, worden gedeeld met de deelnemers in het project en zijn volledig openbaar. Producten ontwikkeld in the use-cases (cirkel 2) zijn eigendom van de partner die ze ontwikkeld.

Resultaat 4 (WP 2)

Methode en prototype voor op AI-gebaseerde software plug-in voor real-time besturing en optimalisatie van energieflexibele installaties (kosten, CO₂-emissies, maximaal inzet van duurzame lokale energie en comfort)

Dit resultaat levert een real-time controlestrategie die maximaal gebruik maakt van de operationele flexibiliteit in het gebouw en de verschillende externe omstandigheden (energieprijzen, energiesoorten, leveringsbeperkingen). De besturing wordt modulair opgebouwd om marktimplementatie te faciliteren en is de control van het hele systeem gebaseerd op een mix van gedistribueerde en hiërarchische besturing. Stochastische tijdsafhankelijke onzekerheden worden in de voorspellingen opgenomen (b.v. weersverwachtingen, gebouwbelastingen, aggregatiemodellen) omdat die van groot belang zijn voor het slagen van de besturingsstrategie.

Uitkomsten

- 2.4 Prototype voor open-source hoogfrequent dynamisch plug-in voor het voorspellen van de warmte/koude/elektriciteitsvraag van energieflexibele gebouwen, met functionaliteit voor het meenemen van de bufferingsmogelijkheden in het gebouw.
- 2.5 Open-sourcebesturingsmethoden voor energieflexibiliteit gebaseerd op hoogfrequente vraagvoorspelling en met ingebouwde nauwkeurighedsanalyse van de stochastische paprameters voor een robuuste regeling.
- 2.6 Algoritmes voor de optimale balancerings van vraag en aanbod wanneer meerdere doelstellingen bereikt moeten worden (multi-objective Pareto optimalisatie): energiekosten, CO₂-emissies, maximaal inzet van lokale duurzame bronnen en beschikbaarheid van energie bronnen uit het net.
- 2.7 Bewijs van het concept van de besturingsstrategie voor energie-flexibiliteit getest in de open living lab van TNO en TU Delft.
- 2.8 Integratie door industriële partijen van de besturingsmethoden voor energieflexibiliteit in hun eigen software en ontwerpmethoden.

Doelgroepen: Adviesbureaus en installatiebedrijven die energieflexibele gebouwen willen ontwerpen of gespecialiseerd zijn in besturings-technologieën; Esco's en energiebedrijven

Activiteiten:

Ontwikkeling van methoden en strategieën voor flexibele multi-objective energieoptimalisatie (Trekker: TU Delft, IO): In deze activiteit vinden de volgende werkzaamheden plaats: 1) Simulatiemodel van de hoogfrequente energievraag van gebouwconfiguratie op basis van met open-source code repository. 2) Beschrijving van de besturingsstrategie met de open-source code repository. 3) Ontwikkeling van real-time energiebalanceringsalgoritme. 4) Testen van real-time energiebalancerings met projectpartners. TU Delft ontwikkelt met TNO, Deerns en DWA de algoritmen. Avans Hogeschool ontwikkelt een geoptimaliseerde Distributed Model Predictive control. O-Nexus onderzoekt de toepasbaarheid van de ontwikkelde automatische zelflerende/dynamische benaderingen op kleine kantoorgebouwen en Rijksvastgoedbedrijf geeft terugkoppeling aan gebouwbeheerders.

Testen en valideren van een eerste prototype software plug-in voor flexibele multi-objective energieoptimalisatie (Trekker: TNO, IO): In deze activiteit vinden de volgende werkzaamheden plaats: 1) Combineren van voorspellingsmodel (uit activiteit 2.2) en regelmethode (uit activiteit 2.3) in een balansregelalgoritme. En 2) Ontwikkelen van een eerste softwareprototype van het balansreguleringsalgoritme. TNO verzorgt de ontwikkeling van een gecombineerd voorspellingsmodel en eerste prototype en e proof of concept. Kropman draagt bij aan data-algoritmen voor het beheer op afstand van gebouwen. O-Nexus implementeert en test een prototype, Unica assisteert hierbij. Avans Hogeschool implementeert de controller in een echte case study op bouw- en netwerkniveau, TU Delft draagt daaraan bij.

Eigendom: De functionele omschrijving van de in het project ontwikkelde algoritmes en modeleringen evenals de resultaten die in het project worden verkregen in de open living labs, worden gedeeld met de deelnemers in het project en zijn volledig openbaar. Producten ontwikkeld in the use-cases (cirkel 2) zijn eigendom van de partner die ze ontwikkeld.

Resultaat 5 (WP 3)

Methodiek & data voor gebruikersgerichte (user-centered) aanpak in slimme gebouwbesturing

Dit resultaat betreft de integratie van een gebruikersgerichte (user-centered) aanpak in de smart plug-ins die in dit project ontwikkeld worden voor FDD-systemen, voorspellend onderhoud en control strategieën voor energie flexibiliteit. En tevens de mogelijkheid om het geleverde comfort en gezondheidsniveau van slimme gebouw met deze plug-ins real-time te toetsen met behulp van prestatiegaranties.

Uitkomsten

- 3.1 Een bepalingmethode van het real-time comfort- en gezondheidsniveau van gebouwen. Meetbaar via succesvolle toepassing van de methodiek bij RVB en CRE.
- 3.2 Data en algoritmen voor toepassing in de modellen voor FDD en voorspellend onderhoud. Meetbaar via succesvolle integratie in de plug-ins.
- 3.3 Een methode om het slimme besturingssysteem en de impact van gebruik hierop te visualiseren. Meetbaar via succesvolle toepassing in de interfaces.
- 3.4 Gebruiksprofielen om gebruik te integreren in energie flexibilisering van gebouwen. Meetbaar via succesvolle integratie in de control strategie voor energieflexibilisering.

Doelgroepen: Eigenaren van gebouwen (verhuurders), eigenaren van (MKB) bedrijven (huurders) en facility managers. De integratie draagt bij aan de efficiëntie en effectiviteit van de systemen en aan de tevredenheid en acceptatie van gebouwgebruikers. Daarmee leidt dit resultaat tot betere prestaties van de slimme besturingssystemen van wat betreft energiezuinigheid, het realiseren van een gezond binnenklimaat en gebouwflexibiliteit.

Activiteiten

Ontwikkelen en testen van een gebruikersgerichte bepalingmethode voor comfort en gezondheid (Trekker: OfficeVitae, type: IO): In deze activiteit wordt een bepalingmethode met KPI's ontwikkeld om real-time tijdens de gebruiksfase van het gebouw het comfort- en gezondheidsniveau van een slim gebouw te bepalen en te toetsen voor prestatiegaranties. Allereerst worden de randvoorwaarden voor de methode opgesteld (FME/VLA). Op basis van monitoring met data en self rapportage (ontwikkeld en opgezet door OfficeVitae), worden

Resultaat 5 (WP 3)

Methodiek & data voor gebruikersgerichte (user-centered) aanpak in slimme gebouwbesturing

KPI's geïdentificeerd (TNO) van de bepalingmethode en worden algoritmen voor dataverwerking ontwikkeld (objectieve data: TNO, subjectieve data: TUD). De methode wordt getest in open living labs (TUD CITG en TNO Leeghwaterstraat), waarbij RVB als klankbord optreedt. Koppeling met BREEAM-NL In-Use wordt gemaakt door DGBC.

Ontwikkelen van methoden & verzamelen gebruikers data ten behoeve van FDD, continue monitoring en commissioning (Trekker: TU/e, type: IO): In deze taak wordt een methode ontwikkeld om real-time gebruikers comfort en gezondheid niveaus te integreren in FDD, continue monitoring en commissioning. Eerst worden eisen en wensen vanuit de eindgebruikers opgesteld. Vervolgens wordt bepaald wat relevante feedback is voor eindgebruikers om energie efficiëntie te bevorderen en een gezond binnenklimaat te verhogen. Tot slot wordt onderzocht in hoeverre gedrags-gerelateerde data geïntegreerd kan worden in grey- en black-box modellen voor FDD. TNO legt hierbij de link tussen fysieke modellen en gedrag, TU/e tussen grey- en blackbox modellen en gedrag. APTA Technologies brengt kennis in van datacollectie en management. Unica organiseert de verzameling van data, Avans ondersteunt daarbij. Spectral, Strukton en Cloud Energy Optimizer geven input over technische en praktische aspecten van feedback. DBC legt de link naar de markt.

Ontwikkelen van methoden & verzamelen van gebruikersdata ter ondersteuning van energieflexibilisering (Trekker: TNO, type: IO): Het doel van deze taak is om user-centric en datagedreven strategieën te ontwikkelen om energie-flexibilisering te ondersteunen. Eerst worden eisen en wensen van de eindgebruikers opgesteld (TU/e, met TNO in workshops met Unica, DGBC, O-Nexus, Cloud Energy Optimizer). Vervolgens wordt onderzocht welke gedragsverandering bijdraagt aan flexibilisering (TU/e) en welke feedback daarbij kan ondersteunen (TU/e, Avans, HAN). Tot slot worden gebruikers profielen ontwikkeld (TNO, ondersteund door TU/e) gebaseerd op monitoring en zelf-rapportage om gebruik te integreren in energie flexibilisering van gebouwen. APTA Technologies brengt kennis in van datacollectie en management. Unica organiseert de verzameling van data en Spectral van data verzameling en data-analyse. DGBC verzorgt de link naar BREEAM. Han levert de mock-ups van de interfaces die getest gaan worden.

Eigendom: De functionele omschrijving van de in het project ontwikkelde algoritmes en modeleringen evenals de resultaten die in het project worden verkregen in de open living labs, worden gedeeld met de deelnemers in het project en zijn volledig openbaar. Producten ontwikkeld in the use-cases (cirkel 2) zijn eigendom van de partner die ze ontwikkeld.

Resultaat 6 (WP 3)

Prototypen van datagestuurde gebruikersgerichte interfaces voor een gezond binnenklimaat, energie-efficiënte en energie flexibiliteit van het gebouw

Vier gevalideerde marktrijpe prototypes van datagestuurde en gebruikersgerichte user-interfaces die de gebruiker helpen om de besturing van het kantoor te begrijpen en helpen bij zijn regulaties in de gedecentraliseerde installaties (op kamerniveau), rekening houdend met een gezond binnenklimaat, energie efficiëntie en energie flexibiliteit van het gebouw.

Uitkomsten

- 3.5 Gebruikersgerichte aanpak voor het ontwerpen van gepersonaliseerde interfaces, dashboards en feedback.
- 3.6a Gepersonaliseerde interfaces voor gezonde en energie efficiënte gebouwen voor eindgebruikers en FMs (Strukton en Spectral).
- 3.6b Gepersonaliseerde interfaces voor energie flexibiliteit - voor eindgebruikers en FMs (O-Nexus en Unica).

In de periode na het project zullen de bedrijven verdere ervaring opdoen met de prototypes en door ontwikkelen naar volwassen producten. De indicatoren voor het succesvol behalen van het projectresultaat zijn de validatie resultaten voor gebruikersvriendelijkheid, acceptatie, effectiviteit en efficiëntie van de prototypes.

Doelgroepen; Eigenaren van gebouwen (verhuurders), eigenaren van (MKB) bedrijven (huurders) en facility managers. De interfaces dragen bij aan de tevredenheid en acceptatie van gebouwgebruikers. Beter begrip van gebruikers zal bijdrage aan de prestaties van de slimme besturingssystemen van gebouwen, waarmee de efficiëntie en de effectiviteit wat betreft energiezuinigheid, het realiseren van een gezond binnenklimaat en gebouwflexibiliteit.

Activiteiten

Vaststellen van het programma van eisen voor de interfaces voor de verschillende stakeholders (Trekker: HAN, type: IO): Han stelt een programma van eisen op, gebaseerd op workshops met stakeholders (Strukton, O-Nexus, Unica, Spectral en Strukton) en een inventarisatie van bestaande producten. HAN, Avans en TUD-IO organiseren de workshops waaraan TU/e, TNO, hun bijdrage leveren.

(Her)ontwerp, implementatie, optimalisatie en evaluatie van de interfaces (Trekker: HAN, type: IO): (Her)ontwerp van de interfaces in korte ontwikkel sprints, op basis van participatory methoden en uitkomsten van methodiekontwikkeling voor resultaat 5. De (her)ontwerpen worden getest in de open living labs HHS, Avans Breda en TNO. HAN en TUD-IO definiëren de ontwerp aanpak. Strukton, Unica, O-Nexus en Spectral ontwerpen de technische componenten van hun interface. Han, TNO en TU/e ontwerpen de niet-technische aspecten. OfficeVitea zet de monitoring op in de open living labs. Na enkele ontwikkelingsloops worden prototypes van de interfaces geproduceerd door Strukton, Unica, O-Nexus en Spectral en door hen geïmplementeerd in hun eigen faciliteiten. TU/e en TNO coördineren de evaluatie en bepalen de KPI's voor impact, gebruikersvriendelijkheid en acceptatie.

Ontwikkelen van een methode voor ontwerp en evaluatie van gebruikersgerichte userinterfaces (Trekker: TU/e, type: IO): Met de kennis en ervaringen van bovenstaande activiteiten wordt een aanpak uitgewerkt voor een aanpak voor het ontwerpen van gepersonaliseerde interfaces, dashboards en feedback. Daarin worden ook de methode ontwikkeld voor resultaat 5 betrokken. TU/e zal de methode opstellen en daarbij de ervaringen van TNO, TUD-IO en HAN integreren.

Eigendom: De functionele omschrijving van de in het project ontwikkelde algoritmes en modeleringen evenals de resultaten die in het project worden verkregen in de open living labs, worden gedeeld met de deelnemers in het project en zijn volledig openbaar. Producten ontwikkeld in the use-cases (cirkel 2) zijn eigendom van de partner die ze ontwikkeld.

Resultaat 7 (WP 4)

Gestandaardiseerde methodiek voor het garanderen van een veilige en ethisch verantwoorde toegang tot en gebruik van data (verzameling, beheer en gebruik)

Dit resultaat betreft een gestandaardiseerde methodiek wat betreft het verzekeren van veiligheid, autorisatie, ethisch correctheid, en eigenaarschap van data. Doorheen het project worden verschillende databronnen gebruikt. Deze data is telkens eigendom van verschillende stakeholders, en die data kan enkel op een gecontroleerde en ethisch correct manier gebruikt worden. Daar is deze gestandaardiseerde methodiek voor nodig, toegespitst op smart buildings.

Uitkomsten

- 4.4 Set van richtlijnen voor privacy, ethiek en veiligheid:
- 4.4a Overzicht van te hanteren toegangsprotocollen (autorisatie en authenticatie) die toe te passen zijn op gebruikte systemen en hun APIs.

Resultaat 7 (WP 4)

Gestandaardiseerde methodiek voor het garanderen van een veilige en ethisch verantwoorde toegang tot en gebruik van data (verzameling, beheer en gebruik)

- 4.4b Overzicht van beveiligingsmechanismen op niveau van devices, servers, en dataflows over het web (encryptie) ter voorkomen van ongewenste datalekken en aanvallen van buitenaf.
- 4.4c Data Ethics en Management protocol met overzicht van de te hanteren procedures om data ownership, GDPR compliance, en ethisch gebruik van data te vrijwaren en garanderen.

Doelgroepen: Dit resultaat is essentieel voor alle stakeholders betrokken in dit project en bij de realisatie van smart buildings. Het is essentieel en noodzakelijk dat iedereen die data hanteert in een smart building toelating heeft tot het gebruik van die data vanwege de rechtmatige eigenaar van die data; en dat data en systemen correct beveiligd en beschermd worden. Rechtstreeks betrokken doelgroepen zijn eigenaren van gebouwen, individuele gebruikers van gebouwen, service providers en systeeminstallateurs, ingenieursbureaus met expertise naar optimalisatie van gebouwgebruik (flexibilisering). Via de deliverables in dit resultaat worden onderling overeengekomen middelen en protocollen ter beschikking gesteld die toetst zijn aan geldende regelgevingen en standaarden (e.g. GDPR) en met de beschikbare open living labs, zodat toekomstige projecten een bruikbare handleiding hebben om efficiënt en effectief aan privacy, ethische en beveiligingseisen te voldoen. Dit resultaat draagt bij aan data standaarden en protocollen, en bevordert de acceptatie door eindgebruikers als kritische succesfactor van slimme gebouwen en regelsystemen.

Activiteiten

Bepalen van een totaaloverzicht wat betreft bestaande regelgevingen, aanpakken en beperkingen rond privacy, security en ethics, inclusief GDPR vereisten (Trekker: TU/e, type: IO): Er wordt een driedelige actie opgezet waarin een zo concreet en volledig mogelijk overzicht wordt uitgewerkt wat betreft het behandelen van privacy, security, en ethics in een context van smart buildings. Kennis hierover is verspreid over de deelnemende partners, dus is het belangrijk dat deze activiteit breed uitgevoerd wordt. TU/e voert een literatuurstudie uit, inclusief wetenschappelijke literatuur en standaarden, in samenwerking met TNO en NEN, en stuurt deze activiteit aan. Ten tweede bepalen WE, DGBC, RVB, en Philips RE een marktoverzicht van de urgenties en eisen op het gebruik van data vanuit de gebruikers, de experts en de installatiesystemen. Ten derde wordt een lijst van informatie-technische vereisten en randvoorwaarden (API security protocollen, data storage locations, etc.) opgesteld door Simaxx, Kropman en TU/e. Elk van deze drie groepen doet onafhankelijk onderzoek en uitwerking van hun scope. TU/e en TNO organiseren meetings en workshops om een totaaloverzicht uit te werken.

Gestandaardiseerde methode voor toetsing aan privacy, ethics en security randvoorwaarden t.b.v. het vergroten van marktacceptatie voor data-integratie oplossingen (Trekker: TNO, type: IO): Op basis van het totaaloverzicht wordt een methodiek met afspraken en richtlijnen uitgewerkt voor het behandelen van socio-technische aspecten in een smart building context. Deze activiteit wordt gecoördineerd door TNO met bijdrage van TU/e, TU Delft (Green Village), WE, NEN, DGBC, RVB, Philips RE, Simaxx, en Kropman. Deze activiteit vindt vooral plaats in interactie waarin de systeemarchitectuur en de set aan data flow procedures worden uitgewerkt in relatie tot randvoorwaarden met betrekking tot (1) privacy, (2) security, en (3) ethics. De uitkomsten worden gecombineerd met de oplossingen voor data-integratie. Waar mogelijk wordt teruggevallen op standaardmethododes (NEN).

Eigendom: De uitkomsten kunnen door alle projectpartners worden gebruikt voor ontwikkelingen in het project. Alle bovenstaande resultaten worden openbaar, met uitzondering van het interne privacy-, ethiek- en beveiligingsplan.

Resultaat 8 (WP 4)

Gekoppelde data op systemisch niveau, leidend naar een systeemintegratie via APIs eerder dan rechtstreekse koppelingen of integraties van databanken (zowel open als private data modellen)

Dit is een IT-technisch kernresultaat van WP4, namelijk een uitgebreide en gedetailleerde methodiek, incl. referentie-implementaties in open living labs, voor het koppelen en combineren van verschillende databronnen (GBS-data, BIM-data, gebruikersdata, WiFi-data, enz.) op systeemniveau (systeemintegratie). Dit behelst het uitwerken, implementeren en uittesten van databeheersystemen (diverse types databanken), het invoeren van data volgens gestandaardiseerde en verder te standaardiseren dataformaten (e.g. IFC, OTLs), en het onderling koppelen van die systemen en datasets met in acht name van data en privacy guidelines (resultaat 7). Binnen dit resultaat worden ook business strategies uitgewerkt die aangeven waar zakelijke kansen liggen in het voorgestelde raamwerk voor data-integratie in slimme gebouwen. Tot slot worden ook aanbevelingen voor standaardisatie geformuleerd (API-signatuur, OTLs, linking guidelines, IEA Annexes alignment, NTA 8035).

Uitkomsten

- 4.1 State-of-the-art overzicht en marktanalyse over 'data-integratie voor slimme gebouwen'
- 4.5 Referentie-architectuur voor data integratie in smart buildings, inclusief uitgebreide en gedetailleerde documentatie.
- 4.6 Werkende en functionele open living labs wat betreft data beschikbaarheid. Datasets worden beschikbaar gemaakt volgens de vermelde referentie-architectuur en binnen de open living labs van het project; en een prototype platform wordt uitgewerkt (als onderdeel van Green Village open living lab) voor demonstratiedoeleinden.
- 4.7 Business strategy voor data integratie die bruikbaar is voor bedrijven binnen en buiten het consortium ter implementatie in de praktijk.
- 4.8 Aanbevelingen voor open standaarden voor data integratie.

Doelgroepen: Dit resultaat is in het bijzonder van belang voor service providers, facility managers en systeeminstallateurs, en geeft hen duidelijke richtlijnen en een open geïmplementeerd demonstratieplatform als referentie voor het uitwerken van eigen systemen, oplossingen en diensten volgens de meegeleverde business opportunity reports. Daarnaast is dit resultaat van sterk belang voor standaardisatieorganisatie, die met deze tastbare uitkomsten aan de slag kunnen om standaarden te verbeteren naar de veranderende realiteit van smart buildings.

Activiteiten

Bepaling van datanoden en -vereisten voor Smart Buildings, en uitwerking van sample data set (Trekker: TU/e, type: IO): Het doel van deze taak is om na te gaan welke data typisch beschikbaar is in bestaande gebouwen. Dit wordt gedaan aan de hand van literatuurstudie (TU/e, TNO), marktstudie (TU/e, TNO, TUD), interviews (DGBC, RVB, NEN, Philips RE), verzameling van expertise bij de partners (WE, Simaxx, Kropman), en open living lab overzichten (TUD – Green Village). Hierbij wordt de bestaande situatie (beschikbaarheid van welke data) en de ideale situatie (wat is nodig) in kaart gebracht (lead TU/e). TU Delft (Green Village) organiseert samen met DGBC, RVB en Philips RE het verzamelen van de bestaande status. Op basis hiervan wordt ook een sample data set voor onderzoeksdoeleinden uitgewerkt, onder leiding van TU Delft (Green Village).

Ontwikkeling van referentie systeemarchitectuur en set aan data-flow procedures (Trekker: TU/e, type: IO): Deze activiteit is essentieel voor het data-integratie doel van WP4. De ontwikkeling is gericht op TRL6 en conform deze TRL wordt geen operationele prototype of software opgeleverd. De betrokken partners (TU/e, TNO, TUD, WE, NEN, DGBC, RVB, Philips RE, Simaxx, Kropman) ontwikkelen samen een conceptuele systeemarchitectuur (collectie van gedocumenteerde UML-diagrammen en gevalideerde experimenten) en methodiek met

Resultaat 8 (WP 4)

Gekoppelde data op systemisch niveau, leidend naar een systeemintegratie via APIs eerder dan rechtstreekse koppelingen of integraties van databanken (zowel open als private data modellen)

concrete aanbevelingen i.h.b. voor de dataflows. De resulterende aanpak en systeemarchitectuur wordt getoetst in verschillende experimentele omgevingen, waar in veel gevallen al in grote mate software-implementaties aanwezig zijn (Kropman, TU Delft Green Village, Simaxx, Cloud Energy Optimizer) zodat het resultaat (data management and integration framework – conceptueel technisch) gevalideerd kan worden (open living labs).

Support en iteratie van implementaties in living labs (Trekker: Green Village, type: IO): In deze activiteit wordt actief ondersteuning aangeboden voor de verschillende bestaande testomgevingen en voor de open living labs (i.h.b. Green Village Open Living Lab van TU Delft). Deze support en iteratie in de ontwikkeling en voorspelling van een systeemintegratie-aanpak wordt geleid door Green Village in samenwerking met TNO, Simmax en Cloud Energy Optimizer, gebruik makend van een open living lab rond data-integratie, en met WE en Kropman als voornaamste gebruikspartners. TU/e zorgt grotendeels voor de terugkoppeling in het algemene kader en om met TNO de ondersteuning en IT-technische iteratie mogelijk te maken.

Eigendom: De resultaten die in het project worden verkregen in de open living labs, worden gedeeld met de deelnemers in het project en zijn volledig openbaar. Producten ontwikkeld in the use-cases (cirkel 2) zijn eigendom van de partner die ze ontwikkeld.

Resultaat 9 (WP 4)

Gestandaardiseerde methodieken en richtlijnen voor het bepalen van en de transformatie naar 'smart readiness' van gebouwen

Dit resultaat omhelst een methodologische aanpak en standaardevaluatiemethode om na te gaan wat het niveau van smartness voor een bestaand gebouw is (smart building Quick-Scan en smart readiness indicator). Zowel de evaluatiemethode (quick-scan) als de bijhorende smart readiness indicator worden zo veel mogelijk gestandaardiseerd (NEN), zodat beiden nationaal uitrolbaar zijn op de markt. Daarbij aansluitend wordt ook een werkwijze opgeleverd die toelaat om aanbevelingen te maken en procedures te volgen om een gebouw slimmer te maken (verhoging smart readiness indicator): wat moet gebeuren om het gebouwgebruik te verbeteren (flexibilisering van energieverbruik). Dit resultaat wordt afgetoetst met geldende normering (DGBC, EPBD III Bouwbesluit, NTA 8800 H.15) en bestaande benchmarking- en evaluatietools (BREEAM, GPR Gebouw, SRI www.smartreadinessindicator.eu).

Uitkomsten

- 4.2 Richtlijnen om een gebouw te transformeren in een smart building. Hierin wordt de kloof tussen bestaande situatie en ideaalscenario (smart building) gefaseerd weergegeven, inclusief aanwijzingen en methodes om een bestaand gebouw te transformeren in een smart building.
- 4.3 Smart Readiness Indicator. Een berekeningsmethode wordt uitgewerkt die toelaat om een procentueel cijfer te bekomen die als smart readiness indicator dient. Deze indicator wordt binnen het project berekend voor de gebouwen in de portfolio's van de projectpartners (real estate owners) en de open living labs en wordt haar bruikbaarheid in combinatie met andere indicatoren in beschikbare software geïmplementeerd en gebenchmarkt (e.g. GPR Gebouw).

Doelgroepen: Dit resultaat is van primair belang bij vastgoedeigenaren en dienstenleveranciers (ingenieursbureaus en consultants) die klanten bijstaan in het upgraden van hun gebouw tot smart buildings. Aan de hand van deze standaard methodiek (Smart Building Quickscan) en smart readiness indicator (incl. berekeningsmethode) kan er nationaal gewerkt worden tot het verbeterd gebruik van het gebouwd patrimonium, inclusief een solide benchmark ter vergelijking (D4.16).

Activiteiten

Uitwerking van Smart Buildings Quick-Scan procedure en gebenchmarkte berekeningsmethode voor smart readiness indicator

(Trekker: WE, type: IO): In deze taak wordt een Smart Buildings Quick-Scan procedure uitgewerkt, in eerste instantie door Deerns en W/E adviseurs. Zij doen hiervoor beroep op hun eigen kennis en expertise, maar koppeling terug met DGBC, Philips RE, RVB, en Kropman om de praktische haalbaarheid van deze procedure te kunnen valideren. NEN, TU/e, TUD en TNO dragen bij met informatie rond standaardisatiemogelijkheden in het opstellen van die procedure en SRI. Met name in het opstellen van de berekeningsmethode voor de SRI wordt een sterke basis verwacht in de Europese SRI. NEN zorgt voor de koppeling richting NTA8035 en NTA8800. Tot slot wordt de uiteindelijk verkregen SRI en bijhorende berekeningsmethode door W/E adviseurs en DGBC geïmplementeerd in eigen software (e.g. GPR Gebouw) en methodes; en wordt een benchmark uitgevoerd rond het gebruik van deze SRI in combinatie met andere indicatoren en bestaande certificatieprocedures (e.g. BREEAM)

Uitwerking van standaarden en gevalideerde valorisatieplannen voor databeheer en -integratie (Trekker: TNO, type: IO): In deze activiteit worden standaardisatiemogelijkheden nagegaan en uitgewerkt. Deze taak omvat het uitwerken van standaarden op basis van het werk in dit project binnen bestaande standaardisatie-organisaties (NEN, CEN, ISO) (lead NEN). Daarnaast wordt binnen deze activiteit ook een business opportunity report uitgewerkt (TNO lead), waarin valorisatie-mogelijkheden en business opportuniteiten uitgewerkt en gevalideerd worden met de aanwezige partners (TU/e, TUD, WE, DGBC, Cloud Energy Optimizer, Simaxx, RVB, Philips RE, Kropman).

Eigendom: De uitkomsten kunnen door alle projectpartners worden gebruikt voor ontwikkelingen in het project. Alle bovenstaande resultaten worden openbaar, met uitzondering van het prototype Quick Scan tool dat eigendom is van de projectpartners (cirkel 2)

Resultaat 10 (WP 5)

Learning communities "Smart buildings"

Dit resultaat is een Learning Community Smart Buildings waarin partners structureel kennis delen/uitwisselen resulterend in online en offline lesprogramma's over zelflerende software voor slimme gebouwen en de koppeling ervan aan slimme netten gericht op studenten (mbo, hbo, wo) en bij- en nascholing.

Uitkomsten

- 5.1 Een structureel samenwerkingsverband tussen deelnemende onderwijsinstellingen, kennisinstituten, bedrijven om leren, werken en innoveren dicht tegen elkaar te organiseren.
- 5.2 Open kennisplatform waar bestaande kennis is verzameld en samengevoegd en overzichtelijk is ingedeeld.
- 5.3 Opfriscursus Smart Buildings Essentials.

Doelgroepen: Werkgevers, werkgeversfonds en de hele keten (van beroepsonderwijs/mbo tot aan de universiteiten; en het bedrijfsleven). Door het goed opleiden van mensen kunnen structurele tekorten op de arbeidsmarkt ondervangen worden.

Activiteiten

Opzetten organisatie van de learning community (incl. governance) (Trekker: TU Delft, type: OP). In deze activiteit wordt een structureel samenwerkingsverband opgebouwd tussen deelnemende kennisinstellingen en bedrijven onder de noemer "Learning Community on Smart Buildings". Deze learning community blijft na het onderzoeksproject actief en wordt onderdeel van een collectief aan learning

Resultaat 10 (WP 5) Learning communities “Smart buildings”

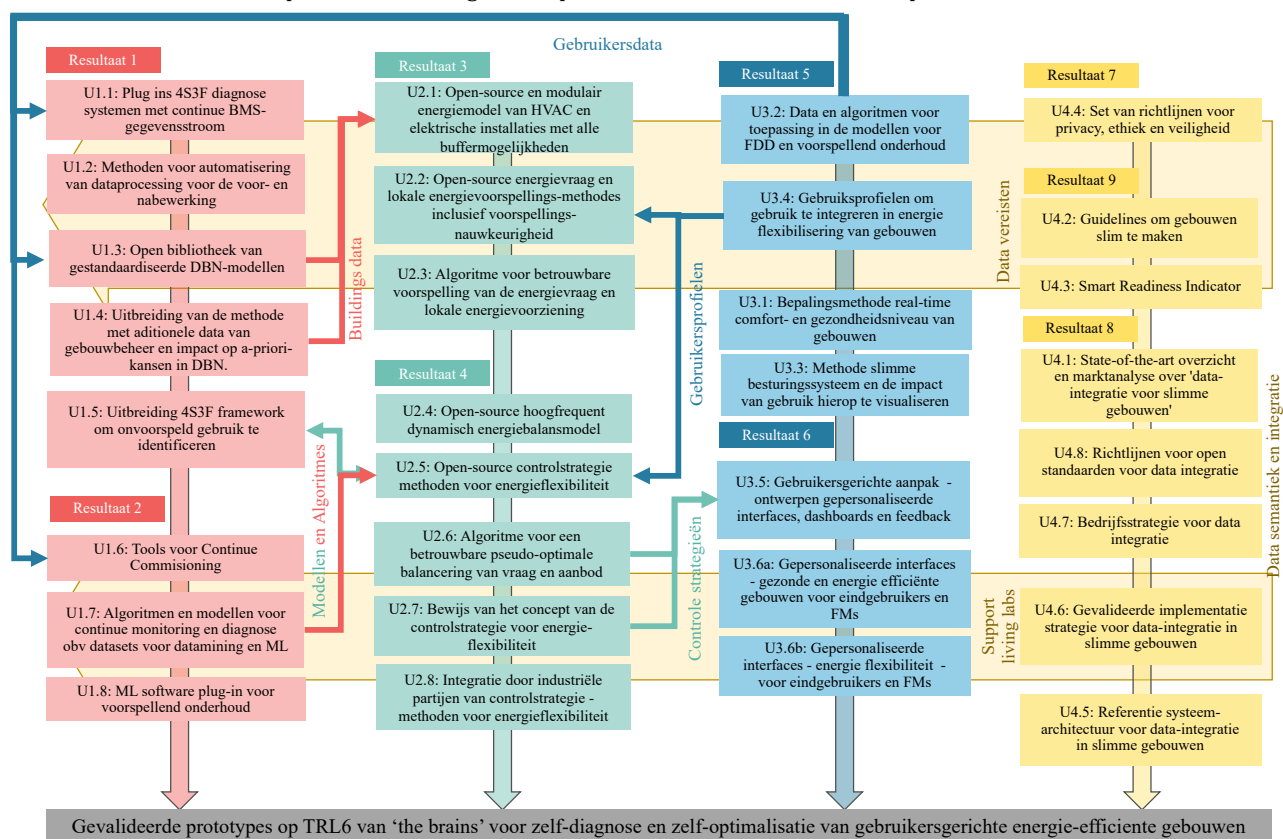
communities die zich richten op de energietransitie. TU Delft is trekker van deze activiteit, naast de consortiumpartners in dit project hebben de volgende partijen aangegeven te willen deelnemen en investeren met eigen middelen in de learning community: ROC Mondriaan, TVVL, Van Dorp Academie, Sbscentre/RiBUILT, Provincie Zuid Holland en Gemeente Delft.

Bouwen kennisplatform (incl. versie beheer en bouwen portal) (Trekker: DGBC, type: OP). Hier is alle kennis uit dit onderzoeksproject verzameld en overzichtelijk ingedeeld en onder Creative Commons licentie publiek bruikbaar. In het open kennisplatform wordt state-of-the-art kennis op het gebied van het verslimmen van bestaande gebouwen en/of het integreren van slimme systemen in nieuwe gebouwen verzameld, samengevoegd en overzichtelijk is ingedeeld. We maken hierbij gebruik van het al ontwikkelde materiaal uit het Transact project, bestaande cursussen binnen hogescholen en universiteiten. Het digitale platform van de DGBC wordt aangepast en gaat fungeren als centraal kennisplatform.

Ontwikkelen opfriscursus ‘Smart Building Essentials’ (Trekker: TU Delft, type: OP). Uit een reeks webinars waarin deelnemende bedrijven hun kennis delen, wordt een opfriscursus opgesteld. Tevens wordt op basis van de uitkomsten van de vier werkpakketten webinars opgenomen. Deze vormen bouwstenen voor te ontwikkelen cursussen en er zal een raamwerk worden opgetuigd voor een te ontwikkelen MOOC (Voor deze MOOC zal aanvullende financiering gezocht worden).

Eigendom: Tijdens en na het project zijn alle uitkomsten openbaar.

Figuur 2 geeft een overzicht van de wijze waarop de integratie van de werkpakketten, waarbij is aangegeven hoe de uitkomsten van het verschillende werkpakket samenhangen en input vormen voor een andere werkpakket.

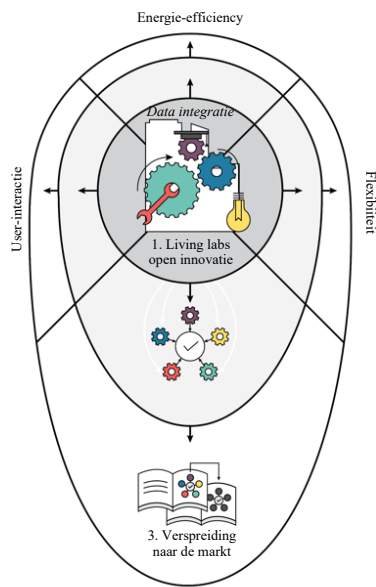


Figuur 2: Samenhang en integratie tussen de uitkomsten van de verschillende werkpakketten.

3.2 Projectstrategie

Er zijn gezamenlijke inspanningen nodig om de voorwaarden te definiëren voor de volledige integratie van slimme besturings-systemen. Dit impliceert een aanpak waarbij eindgebruikers hun behoeften en eisen in het ontwerpproces van besturings-systemen tot een sturende rol hebben in het onderzoeksproces en systemen worden geïntegreerd, getest en gevalideerd in veilige omgevingen die representatief zijn voor de werkelijke gebruiksomstandigheden, en belanghebbenden ondersteund worden bij het aannemen van de nieuwe rollen die nodig zijn om energie-efficiëntie en flexibiliteit in utiliteitsgebouwen te realiseren. Dit vereist nieuwe manieren van langdurige en stimulerende samenwerking van de hele waardeketen.

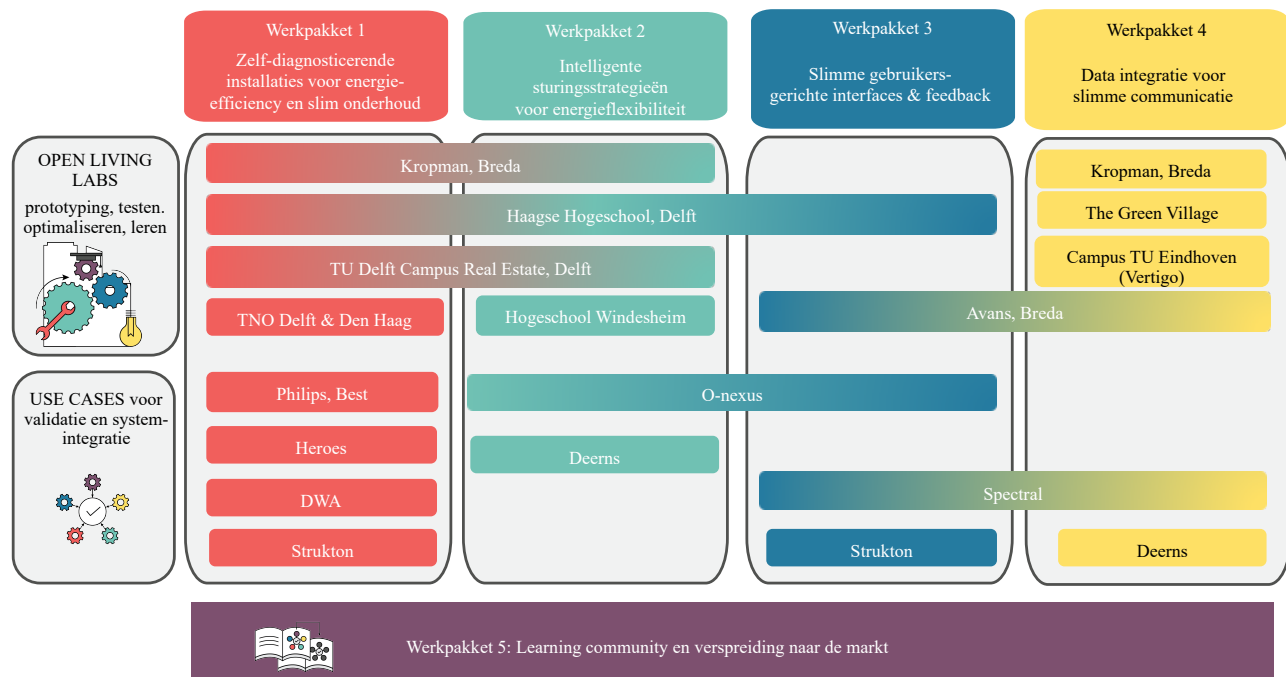
Om deze voorwaarden voor goede open samenwerking te creëren is het B4B project opgezet rond een zestal *open living labs* (testlocaties in utiliteitsgebouwen die gebruikt worden als eerste validatiestap om producten en diensten te prototypen, testen en evalueren in een *beschermde omgeving*).



Figuur 3: Samenwerking rond 3 cirkel: open living labs (cirkel 1), use-cases (cirkel 2) en potentiële gebruikers & marktpartijen (cirkel 3).

een probleem op te lossen die door één of meer industriepartners wordt aangedragen. Iedere use-case wordt bestudeerd in tenminste twee werkpakketten, waardoor de integratie van kennis en samenwerking tussen verschillende stakeholders wordt gemaximaliseerd. De kennis die met de use-cases wordt gecreëerd, zal bijdragen aan de open innovatie in het project en zal ten goede komen aan alle partners in het consortium en daarbuiten. Voorlopige use-cases zijn geïdentificeerd als: GBS-dashboards en plug-ins voor voorspellend onderhoud en energiediagnose, vraag- en aanbodsturing en flexibiliteitssturing voor gebouwen die met DC zijn uitgerust.

Daarnaast onderscheiden we een **DERDE CIRKEL** die wordt gevormd door een brede groep van potentiële gebruikers en (markt)partijen die interesse hebben in de resultaten van het project of deze resultaten verder willen verspreiden naar hun achterban. In het kennisdisseminatie plan is beschreven hoe we deze partijen in de derde cirkel gaan betrekken (zie support letter in Bijlage 13 E).



Figuur 4: Open living labs en de use-cases die binnen het project worden uitgewerkt met de verdeling over de werkpakketten.

3.3. Markt en maatschappij

3.3.1 Waarde voor de afnemer en gebruiker

Het unique selling point van het B4B project is dat we voor de eindgebruikers en afnemers van de op GBS-gebaseerde producten waarde creëren door energie-efficiëntie te koppelen aan onderhoud, binnenklimaat en eindgebruikerstevredenheid, zodat efficiënt exploitatiebeheer gefaciliteerd wordt: dreigende storingen en onderhoudsbehoeftes worden tijdig gesignaleerd, klachten van de gebruikers verminderen (beter binnenklimaat en besturingen op maat) en beheerders en facility managers zijn veel minder tijd kwijt aan het uitzoeken en oplossen van problemen en klachten (minder onderhoudstijd).

Stakeholder	Waarde
Gebouwgebruikers	<u>Verbeterde gebruikersinterfaces (WP3)</u> zullen zowel gebouwbeheerders, huurders als eindgebruikers beter inzicht geven in de werking van hun gebouwssystemen, en vergroten daarmee de acceptatie van en het vertrouwen in het gebruik van innovatieve oplossingen zoals slimme gebouwaansturing. Interfaces voor installaties zijn op dit moment veelal alleen begrijpelijk voor ontwerpers en engineers. Nog belangrijker is dat de gebruikersinterfaces betere decentrale besturingsmogelijkheden geven aan de eindgebruiker, zonder dat het gebouw aan energie-efficiëntie inboet. Betere decentrale besturingsmogelijkheden geven de eindgebruiker een bepaalde mate van controle over zijn eigen omgeving. Dit is bekend als een belangrijk pluspunt voor het psychisch welzijn en gevoel van comfort. <u>Slimme diagnostische systemen (WP1)</u> hebben een grote rol te spelen bij het garanderen van comfort en binnenluchtkwaliteit. Binnenluchtkwaliteit is niet zichtbaar, en de koppeling met op de gebruiker afgestemd interfaces zal helpen dit zichtbaar te maken, en dus de acceptatie van de achterliggende besturing te verbeteren, en hiermee een gezondere omgeving garanderen.
Gebouwbeheerders/-gebouweigenaren	<p>Wat van waarde is voor de eindgebruiker is in het algemeen ook van waarde voor beheerders en eigenaren, al is het maar omdat het <u>aantal klachten sterk vermindert (WP1, WP3)</u>. In de dagelijkse praktijk van gebouwbeheerders gaat veel tijd zitten in het oplossen van binnenklimaatklachten, en dit kost dus geld. Gebouweigenaren en -beheerders zijn de afnemers van de gestandaardiseerde <u>smart building Quick-Scan</u> en <u>smart readiness indicator (WP4)</u> die hen inzicht geven in de waarde van slimme oplossingen voor hun eigen gebouwen en in hoeverre hun gebouwen klaar zijn voor de implementatie van oplossingen.</p> <p>Op weg naar energie-efficiëntie zullen beheerders en eigenaren van gebouwen investeringen moeten doen in gebouwbeheersystemen (GBS). Dit wordt verplicht voor ongeveer alle gebouwen van meer dan 5000 m² (vermogen groter dan 290 kW).</p> <p>De prijs van een GBS is sterk afhankelijk van het type installatie, de stramienmaat en de zone-indeling; het is daardoor moeilijk om een eenduidige prijs aan te geven. Deze zal variëren tussen 40 EUR/m² voor een standaard eenvoudig gebouw tot meer dan 100 EUR/m² in een uitgebreid flexibel indeelbaar gebouw. Ook al is het veel goedkoper dan vervanging van een gehele installatie (kosten ongeveer 200-400 EUR/m²), blijft het een aanzienlijke investering. Zo is een GBS meestal niet voorzien van energiefunctionaliteit, wordt het voornamelijk gebruikt voor de besturing van installaties en voor alarmering, en is het bijzonder weinig gebruikersvriendelijk. Wil men meer functionaliteit, zoals het inzien van energiedata om energierekeningen en contracten te checken, voor een benchmark of voor het maken van verplichte rapportages of rapportages in het kader van een duurzaamheidsparagraaf, dan moet extra functionaliteit gekocht worden. Dit gaat meestal op basis van initiële kosten voor het koppelen van de GBS aan de software en jaarlijkse licentiekosten. Ook hier zullen de prijzen erg afhangen van de complexiteit van het gebouw. Prijzen tussen 0,5 en 4 EUR/m² per jaar worden genoemd. Deze bijkomende kosten zijn dus klein in vergelijking met de aanschafkosten van een GBS, maar leveren nu al (beperkte) mogelijkheden om energie te besparen.</p> <p>Met de slimme plug-ins die in B4B ontwikkeld worden, kan op jaarbasis veel meer energie bespaard worden. Laten wij uitgaan van 25% energiebesparing (een ietwat conservatieve waarde). Jaarlijkse energiekosten in kantoorgebouw zijn laag (ECN, 2016): ongeveer 17 EUR/m² voor een ouder gebouw, en minder dan 9 EUR/m² voor nieuwbouw. De kostenbesparing (25%) zal dus ongeveer 4 EUR/m² zijn voor een oud gebouw en 2 EUR/m² voor een nieuwe. Als wij alleen maar naar deze kosten kijken is de business case gering omdat de kostenbesparing door energiebesparing dezelfde orde grootte heeft als de kosten van de plug-in. Dit is echter maar een klein deel van het verhaal want de gebouweigenaar/beheerder heeft ook andere belangen (hij weet allang dat zijn energierekening verwaarloosbaar is in vergelijking met andere lasten zoals salarissen, onderhoud, verzekeringen, schoonmaak etc.):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verminderen van binnenmilieu- en comfortklachten; afhandeling daarvan kost de beheerder en facility manager veel tijd - Verminderen van storingskosten door op tijd een waarschuwing te krijgen als een component dreigt kapot te gaan of de energiebesturing niet optimaal is - Vermindering van verloren tijd door het uitzoeken van de oorsprong van een probleem in de installaties of in het binnenklimaat - Het op tijd kunnen plannen van onderhoudsactiviteiten - Het op tijd kunnen sturen op de energierekening - Benchmarking en imago: kunnen laten zien hoe goed het gebouw presteert - Duurzaamheid: veel eigenaren en beheerders willen graag duurzaamheidsdoelstellingen halen en kunnen met de plug-in sturen op CO₂-reductie. - Optimaal gebouwgebruik en flexibiliteit: door bijvoorbeeld de bezetting per kamer inzichtelijk te maken, kunnen de thermostaat en ventilatie-instellingen erop afgestemd worden met energiebesparing als gevolg. - Inzicht krijgen in de operationele kanten van complexe installaties is vaak ook een wens van gebouwbeheerders. <p>Kortom, <u>de waarde van de slimme plug-in is vele malen groter dan een eerste kosteninschatting doet vermoeden</u>.</p>
Onderhoudsbedrijven	Onderhoudsbedrijven die beheer op afstand doen zullen de B4B producten ook willen afnemen en gebruiken in hun nieuwe en lopende onderhoudscontracten. Het geeft hen de mogelijkheid om prestatiecontracten beter te bewaken en onderhoudswerkzaamheden beter en ruim op tijd in te plannen, en levert dus winst op.

3.3.2 Beschrijving van de markt

Markt

In hoofdstuk 2.4 is in de stakeholderanalyse al beschreven hoe de markt eruit ziet en is aangegeven waarom en op welke stakeholders in de gehele waardeketen het B4B project zich richt. De afzetmarkt is die van gebouwen die al voorzien zijn van een gebouwbeheerssysteem, of verplicht zullen worden een GBS aan te schaffen in het kader van de implementatie van EPBD III (zie hoofdstuk 2.1). Daarnaast zijn ook kleinere kantoorgebouwen die willen inzetten op slimme technologieën en energie-efficiëntie onderdeel van de potentiële markt.

Marktontwikkeling en trends

1. De markt voor slimme gebouwautomatisering ontwikkelt zich snel door de steeds grotere beschikbaarheid van real time data, de beschikbaarheid van steeds goedkopere sensoren, en de wens om op afstand te kunnen beheren.
2. Voor de trends bij gebouweigenaren en beheerders, zie paragraaf 3.3.1: omgaan met flexibiliteit, duurzaamheidsdoelstellingen, en het reduceren van storingskosten tijdens operatie, van gebruikersklachten en van de werkload worden steeds belangrijker.
3. Er komt vanuit EPBD III de verplichting om een GBS te plaatsen bij gebouwen met een installatie groter dan 290 kW, wat overeenkomt met gebouwen groter dan 5000 m². In Nederland is dit meer dan de helft van alle kantoorgebouwen en vertegenwoordigt dus meer dan 24 miljoen vierkante meters kantoren [Bak, 2017]. Uitgaande van jaarlijkse licentiekosten van 4 euro/m² zou de totale jaarlijkse omzet in deze segment al 96 miljoen EUR kunnen zijn.
4. De dienstenaanbieders willen allemaal “de boot niet missen”. Ze zijn van mening dat ze kennis in huis moeten halen om hun klanten (gebouweigenaren, -beheerders en projectontwikkelaars) goed te kunnen blijven bedienen en nieuwe businessmodellen te kunnen ontwikkelen.
5. Er is meer aandacht voor het belang van de eindgebruiker en diens invloed op energiebesparing.
6. Door de hoge kosten voor de ontwikkeling van slimme software (niet zelden 3-4 manjaren), de jaarlijkse onderhouds- en ontwikkeling aan de softwareplatform en de relatief lage licentiekosten voor plug-ins (zie paragraaf 3.3.1, 0,5 tot 4 EUR/m²) heeft de markt er belang bij dat dit vanuit een industrie-brede aanpak wordt onderzocht en open source wordt gemaakt: open innovatie dus. Op deze manier kunnen de kosten voor het toepassen van dergelijke algoritmes worden verlaagd, waardoor de kans op een brede adoptie door de markt groter wordt en de markt vanuit verschillende kanten kan worden benaderd.

Spelers op de markt en hun concurrentiepositie

Data-gedreven slimme aansturing van gebouwen maakt dat stakeholders moeten samenwerken waar dat voorheen niet nodig was. Een aantal partijen heeft kennis van een kleiner deel van de keten maar nog geen enkele partij overziet de dienstverlening over de gehele keten. Dit heeft tot gevolg dat op dit moment vanuit veel verschillende disciplines en marksegmenten aan dit complexe probleem wordt gewerkt. Bedrijven met kennis van machine learning en kunstmatige intelligentie ontbreken meestal installatietechnische kennis, en omgekeerd. Er zullen ook verschuivingen ontstaan waarbij bedrijven een groter aandeel van de waardeketen bedienen (b.v. onderhoudsbedrijven richten zich ook op ontwerp, en ingenieursbureaus ook op onderhoud, zie tabel hieronder). Dit draagt bij aan systeminnovatie in de keten.

Speler	Positie
Installatie- en onderhoudsbedrijven	Slimme software plug-ins bieden installatie- en onderhoudsbedrijven de mogelijkheid <u>directe energie- en kostenbesparingen</u> te realiseren op <u>lopende onderhoudscontracten</u> door de prestaties te monitoren en de mogelijkheid om aantrekkelijkere langjarige contracten aanbieden waarin nieuwe diensten worden aangeboden zoals inzetten van flexibiliteit op het E-net van een gebouw (voorsprong op concurrenten in een zeer competitieve markt), diagnostische systemen en garantie van kwaliteitsverbetering. Er kunnen nieuwe verdienmodellen ontstaan als installatie- en onderhoudsbedrijven door deze ontwikkelingen zich ook richten op installatieontwerp: ze kunnen dan de kennis opgedaan met de operationele kant vertalen naar ontwerpen en hebben zo meer greep op de prestaties en lopen minder risico bij prestatiecontracten.
Adviesbureaus	Adviesbureaus kunnen de resultaten verder meenemen bij het <u>ontwerp</u> van nieuwe gebouwen voor hun klanten. Resultaat van de data-gedreven aansturing is het ontstaan van een digitale omgeving waarin ontwerpen voor nieuwe gebouwen of aanpassingen in bestaande gebouwen kunnen worden getest. Met de inzichten uit deze digitale omgeving (DigitalTwin) kunnen adviesbureaus betere ontwerpen maken door bv het beter voorspellen van het gedrag. Betere voorspellingen betekenen betere kostenbeheersing in de praktijk. Gekoppeld aan een lagere CO ₂ -uitstoot en beter comfort stimuleert dat de toepassing van deze systemen. Er kunnen nieuwe verdienmodellen en systeeminnovatie ontstaan als ingenieursbureaus door deze ontwikkelingen zich ook richting beheer en onderhoud bewegen.
Esco's	Esco's zijn in de eerste plaats afnemers van de slimme software plug-in. Net als bij de installatie- en onderhoudsbedrijven betekent de toepassing van slimme aansturing <u>directe besparingen</u> op <u>lopende langjarige ESCO-contracten</u> waarin afspraken worden gemaakt over te leveren energie- en comfortprestaties. Toepassing van slimme aansturing biedt verder de mogelijkheid om scherpere/aantrekkelijkere prestatiecontracten aan te bieden en <u>nieuwe diensten</u> te ontwikkelen (zoals inzetten van flexibiliteit van een gebouw).
Interface/productleveranciers	Verbeterde systeemintegratie en interoperabiliteit van data via API's biedt aanbieders van gebruikersinterfaces/productontwikkelaars mogelijkheden om hun platform breder in te zetten (m.a.w. te koppelen met een grotere diversiteit van data-aanbieders en -types). Hiermee kunnen ze de markt voor hun product uitbreiden. Op korte termijn levert dit extra klanten op die ze kunnen bedienen met hun bestaande diensten. Verder biedt de integratie van slimme sturingsalgoritmes mogelijkheden om nieuwe diensten te ontwikkelen voor klanten. Dat klanten in het bezit zijn van een GBS is een noodzakelijke voorwaarde voor het toepassen van plug-ins. Door de verplichtingen n.a.v. EPBD III wordt de markt veel groter.

Niet-technologische aspecten: werkgelegenheid

De installatiesector lijdt onder een wat stoffig imago. De arbeidsmarkt is krap, en het is moeilijk om werknemers te behouden. De ontwikkelingen rondom GBS en slimme plug-ins maken dat de sector een redelijk snelle ontwikkeling moet maken van MBO-HBO niveau naar HBO-WO niveau. Traditionele installatietechniek wordt beoefend op MBO-HBO niveau, terwijl data analytics, machine learning en kunstmatige intelligentie werkgelegenheid scheppen op HBO-WO niveau. Dit zal een hernieuwde interesse van potentiële werknemers in de sector bewerkstelligen, en ook ontwikkelingsmogelijkheden van werknemers vergroten. Dit vraagt op termijn uitgaande leertrajecten en learning communities (*WP5*). Andersom zal de markt voor energie analytics blijven groeien wat betreft simpele interfaces en analyse tools. Maar als het gaat om diagnostische en besturingssystemen zal samenwerking tussen installatietechniek- en data-analyticsbedrijven een vereiste blijven, en dit werkt systeeminnovatie in de waardeketen in de hand.

3.3.3 Implementatie / marktintroductie

Het project levert zowel open source resultaten (proofs-of-concept, methoden en algoritmen) als bètaversies van producten en diensten die door marktpartijen verder ontwikkeld en vercommercialiseerd gaan worden buiten het project.

1. De consortiumpartners met een use-case in het project kunnen door hun kennisvoorsprong deze stap naar een vermarktbaar product of dienst naar verwachting het snelste maken. Zij doen hiervoor zelf de benodigde aanvullende investeringen (*de producten die ontwikkeld worden in the use-cases (cirkel 2) zijn eigendom van de partner die ze ontwikkelt*).
2. De deelnemers aan het project zijn overtuigd van het nut van open innovatie op dat gebied. De deelnemers hebben echter door hun actieve participatie en het feit dat kennisdisseminatie altijd met enige vertraging plaats vindt wel een voorsprong op andere marktpartijen.
3. Voordat de prototypes van slimme plug-ins en algoritmes toegepast kunnen worden, moeten de proofs-of-concept en bètaversies eerst worden getest en verder ontwikkeld in reële omstandigheden. Consortiumpartners doen hiervoor zelf de benodigde aanvullende investeringen.
4. Andere potentiële afnemers en gebruikers zullen hier nog een inhaalslag moeten maken. De door B4B ontwikkelde kennis is wel open source maar daarmee nog niet hapklaar toepasbaar. Deze groep willen we bereiken via de kanalen van verschillende (branche)verenigingen/organisaties die in het project zijn betrokken als deelnemer. De 'B4B learning communities' spelen hierin een grote rol.
 - DGBC kan via haar netwerk van 380 partners in de hele bouw- en vastgoedketen de vraagzijde meenemen in de nieuwe besparingskansen die door B4B zijn gecreëerd. Binnen het deelprogramma Paris Proof hebben partijen zich gecommitteerd aan een reductie van het 'energieverbruik op de meter' inclusief de toezegging dat zij zich daar op laten monitoren. De verwachting is dat in deze groep veel belangstelling is voor de binnen B4B ontwikkelde oplossingsrichting. Doordat DGBC op deze manier de vraagzijde activeert ontstaat er ook bij aanbieders/ontwikkelaars van slimme diensten en producten een prikkel om de resultaten van B4B echt naar de markt te brengen. Denk daarbij aan gebouw eigenaren, asset managers, facility managers en projectontwikkelaars.
 - FGH (de vereniging van gebouwautomatiseerders met 800 leden), Building G100 (eindgebruikers van gebouwautomatisering en gebouwmanagementsystemen), SBScentreRiBuiLT en TVVL (het platform voor mens en techniek, die zich richt op installatietechniek) hebben zich eraan gecommitteerd de vraag- en aanbodkanten van de markt te stimuleren rondom slimme producten en diensten voor energiediagnose en flexibiliteit.
5. Met het ook op structurele tekorten op de arbeidsmarkt participeren in de learning communities daarnaast ROC's en Hogescholen; zij zijn cruciale schakels in het opleiden van toekomstige werknemers.
6. Doordat bedrijven met verschillende expertisegebieden in B4B samenwerken (data analytics, installatietechniek, beheer en onderhoud etc.) verwachten wij dat nieuwe duurzame samenwerkingen ontstaan die de markt verder zullen verkennen.

3.4 Mate van vernieuwing

Het B4B project innoveert door voort te bouwen op:

- De wensen van de markt en de problemen die markt en overheden aanstippen (zie hoofdstukken 2.1 en 2.2)
- De wetenschappelijke stand van zaken (zie hoofdstuk 2.3)
- De stand van zaken in eerder geïnitieerde TKI-projecten op dat gebied, in Europese projecten en projecten van de International Energy Agency (zie tabel hieronder).

Samengevat zijn de unieke selling points van B4B:

- Oplossingen voor schaalbaarheid, dus van tailor-made naar confectie, door telkens modulaire oplossingen eerst te testen in living-labs en daarna in use-cases, zodat de markt deze ontwikkelingen sneller kan oppakken.
- Waardecreatie door energie-efficiëntie te koppelen aan onderhoud, binnenklimaat en eindgebruikerstevredenheid, zodat efficiënt exploitatiebeheer gefaciliteerd wordt: dreigende storingen en onderhoudsbehoeftes worden tijdig gesignaleerd, klachten van de gebruikers verminderen (beter binnenklimaat en besturingen op maat) en beheerders en facility managers zijn veel minder tijd kwijt aan het uitzoeken en oplossen van problemen en klachten (*minder onderhoudstijd*)
- Waardecreatie doordat het diagnostische proces beter aansluit bij het ontwerpproces, gestandaardiseerd en (deels) geautomatiseerd kan worden, waardoor de installatietijd van energieanalyse tools veel kleiner wordt.
- Maximaliseren van de energie-efficiëntie door het integreren van de eindgebruikers in diagnostische systemen en in de besturing van energieflexibiliteit, en door het integreren van diagnostische systemen in energie-flexibele besturing.

Huidige stand van zaken		Innovatie in B4B
<u>Evaluatie TKI projecten, onderdeel 'Slimme Gebouwen', stand 2018</u>		
KPI1: Energie optimalisatie	Projecten voornamelijk gericht op de optimalisatie tussen enkele processen binnen een gebouw, waardoor er nog steeds energieverstopping mogelijk is. Door meerdere processen op elkaar af te stemmen kan energieverstopping verder worden tegengegaan.	De gehele installatie wordt meegenomen. Koppelingen worden gemaakt met (voorspellend) onderhoud, met installatieontwerp en met energieflexibiliteit.
KPI 2: Waardecreatie:	In sommige projecten wordt al een link gelegd met een andere functie, naast energieoptimalisatie. Veelal wordt er gekeken naar comfort. De data die beschikbaar is uit het regelsysteem kan ook voor andere functies ingezet worden. Een vernieuwende kijk op het gebruik van de data kan veel waarde toevoegen aan een energieregelsysteem.	Naast energie en comfort worden in B4B ook binnenluchtkwaliteit en gebruikersvoorkeuren meegenomen in de diagnose. Het diagnosesysteem zal ook beheerders helpen het aantal klachten te reduceren. Er gaat daardoor minder tijd zitten in het oplossen van problemen.
KPI 3: Installatie- en onderhoudstijd	Nog zeer weinig projecten zijn gericht op het terugdringen van de installatie- en onderhoudstijd. Zowel voor ontwikkelingen op gebied van KPI 3 (installatie- en onderhoudstijd) en in relatie tot het verhogen van de flexibiliteit van het energiesysteem, zijn er nog grote uitdagingen wat betreft interoperabiliteit.	Door de foutdiagnose en de koppeling met onderhoud zijn de beheerders/facility managers veel minder tijd kwijt aan het identificeren en oplossen van installatietechnische problemen. De diagnose framework (4S3F) sluit aan bij het ontwerpproces van installaties, waardoor installatie minder lang zal duren dan nu het geval is. Bovendien wordt specifiek onderzocht of het 'construeren' van het diagnosesysteem ook geautomatiseerd kan worden op basis van de principe-schema's. Er wordt onderzocht hoe interoperabiliteit generiek te faciliteren is op API-niveau, tussen GBS, diagnosesystemen, gebruikersdata, en de data die nodig zijn voor flexibiltetsmanagement.
Internationale markt	Er wordt verwacht dat de markt voor intelligente regelsystemen en -diensten sterk gaat groeien. Daarom bewegen verschillende soorten bedrijven zich richting deze markt, ieder met hun eigen expertise. Nieuwe partijen komen op de markt, er worden samenwerkingsverbanden gesloten en acquisities gepleegd. Op het gebied van digitalisatie worden grote ontwikkelingen verwacht, die de werking van de energieregelsystemen zullen verbeteren en de kosten ervan zullen verlagen. Belangrijke trends zijn Internet of Things (IoT), kunstmatige intelligentie, machine learning en cloud computing.	B4B heeft van deze ontwikkelingen gebruik gemaakt om verschillende stakeholders rondom het project te verenigen. Het project bouwt expliciet voort op deze trends en ontwikkelt de volgende generatie slimme energieregel- en diagnosesystemen.
Nederlandse Normen (NEN)		
NEN (2020), NTA 8035:2020: Semantisch gegevensmodellering in de gebouwde omgeving	Deze norm definieert een methode om gegevens uit te wisselen volgens een overeengekomen gegevensstructuur, beter bekend als een ontologie, tussen betrokken partijen gedurende een of meer specifieke levensfasen van een object.	B4B bouwt voort op deze ontwikkelingen voor de specifieke toepassing op diagnosesystemen, besturing van energieflexibele systemen en het meenemen van gebruikersgedrag.
Europese projecten		
European Commission, VITO, Waide (2020), Smart readiness Indicator (SRI)	Eindrapport over de technische ondersteuning van de ontwikkeling van de Smart Readiness Indicator voor gebouwen, Brussels: Publications Office of the EU.	In B4B wordt op basis van deze voorstudie een SRI verder ontwikkeld en getest.
<u>BPIE (2017)</u> , Is Europe ready for the smart buildings revolution?	De toonaangevende lidstaten op het gebied van smart-readiness - Sweden, Finland, Denmark en Nederland - hebben al beleid geïmplementeerd op dat gebied. Maar er is bij de meeste andere landen weinig vooruitgang te merken bij het ondersteunen van de markt voor vraag/ response en bij het vergroten van het gebruik van de energiebufferingscapaciteit van gebouwen.	B4B draagt bij aan het behouden van de leidersrol van Nederland op dit gebied.
EU <u>Interconnect</u>	Dit project beoogt het fundament te leggen voor toekomstige slimme energiemanagement-oplossingen door 7 flexibele testlocaties op te zetten in Portugal, België, Duitsland, Nederland, Italië, Griekenland en Frankrijk. In Nederland leidt TNO het project en werkt aan de demonstratie van interoperabiliteit van verschillende systemen vanuit de perspectief van een energieoperator.	B4B gaat niet in op de perspectief van de operator, maar neemt die van de gebouw eigenaar en de gebruiker, die vaak vergeten wordt, mee. Daarnaast zal via TNO een link gelegd worden met het Interconnect project, om een goede aansluiting te waarborgen en kennis te delen.
International Energy Agency		
<u>Annex 67</u> Energy Flexible Buildings (2014-2019)	Het doel van dit project was om aan te tonen hoe energieflexibiliteit in gebouwen kan zorgen voor opwekkingscapaciteit voor energienetten, en om kritische aspecten en mogelijke oplossingen te identificeren om die flexibiliteit te beheren. Het project richtte zich op de principes voor energieflexibele gebouwen en regelstrategieën om de energieflexibiliteit te maximaliseren met behoud van temperatuurcomfort. De	TU/e en TUD hebben deelgenomen aan deze Annex. WP1 en WP2 van B4B baseren zich op de bevindingen van de Annex. B4B is gericht op utiliteitsbouw, waarin veel meer bufferingscapaciteit aanwezig is dan in woningen. In tegenstelling tot Annex 67, neemt B4B multi-commodity energiesystemen mee (warmte, koude, elektriciteit uit diverse bronnen).

	Huidige stand van zaken	Innovatie in B4B
	meeste modellen en testcapaciteiten richtten zich op woongebouwen.	
Annex 79 Occupant-centric Building Design and Operation (2018-2023)	Het project biedt nieuwe inzichten in het comfort & bewonersgedrag in gebouwen en de impact daarvan op de energieprestaties van gebouwen. Er wordt een open samenwerkingsplatform voor data en software gecreëerd ter ondersteuning van het gebruik van 'big data'-methoden en geavanceerde gedragsmodellen van bewoners.	Nederland participeert in deze annex en vanuit B4B gaan wij de ontwikkelingen in deze annex volgen en synergie zoeken.
Annex 81 Data-Driven Smart Buildings (2019-2024)	Dit project ontwikkelt kennis, standaarden, protocollen en procedures voor het goedkoop vastleggen, delen en gebruiken van gegevens van hoge kwaliteit in gebouwen, en een Building Emulator-platform waarmee de impact van alternatieve HVAC-regelstrategieën voor gebouwen in een digitale omgeving kan worden getest.	TNO participeert in deze annex, die tegelijkertijd gaat lopen met B4B. Wij verwachten hier ook synergie en nauwe contacten die ten goede zullen komen aan het onderzoek en de mogelijkheden de producten te vermarkten.
Annex 82 Energy Flexible Buildings towards resilient Low Carbon Energy Systems (2019-2024)	Dit vervolg op Annex 67 onderzoekt de flexibiliteit om op te schalen van enkele gebouwen naar clusters van gebouwen, energieflexibiliteit en veerkracht in energiesystemen met meerdere dragers, acceptatie door belanghebbenden, en ontwikkeling van bedrijfsmodellen.	TU/e participeert in deze annex en synergie zal dus ontstaan. Daar waar Annex 82 clusters van gebouwen onderzoekt, zal B4B de verdieping zoeken op gebouwniveau.



4. PROJECTPLANNING EN MIJLPALEN

4.1 Projectplanning

[illegible]

[illegible]

4.2 Toelichting mijlpalen en go/no-go momenten

Tabel 4.2 Mijlpalenoverzicht

<p>Mijlpaal 1 [M1-M12]: Databeschikbaarheid, data- en gebruikersvereisten en eerste (bèta)methoden, modellen en algoritmen zijn beschikbaar voor verder onderzoek en implementatie in living labs.</p> <p>Behaalde resultaten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - D1.1: Real time Implementatie van een deel van de 4S3F in 2 livinglabs (HHS en Kropman) - D1.8a: Eerste overzicht Machine learning softwaremodule (bètaversie) voor voorspellend onderhoud - D3.1: Bepalingsmethode van het real-time comfort- en gezondheidsniveau van gebouwen. - D3.3: Inzicht in welke feedback helpt bij de acceptatie door gebruiker, verminderen van klachten en verhogen van energiebesparing - D3.6: Eisen van de eindgebruiker voor energie-flexibiliteitsregelsystemen en -interfaces - D4.1: State-of-the-art overzicht en marktanalyse over 'data-integratie voor slimme gebouwen'. - D4.2: Data test set voor interne onderzoeksdoeleinden - D4.4: Data needs & requirements plan dat kan gebruikt worden als basisplan voor dataverzameling en -integratie - D5.3: Opfriscursus Slimme gebouwaansturing <p>Motivatie: Na 12 maanden zijn de (data en user) eisen van de systemen gedefinieerd en worden de eerste methoden en softwaremodules in bètaversie voltooid. Datasets van de living labs zijn beschikbaar en de eerste modellen en algoritmen zijn klaar om te worden getest in living labs.</p>
<p>Go/no-go [M12] – Mijlpaal 1: Beschikbaarheid van gegevens om modellen en algoritmen te ontwikkelen, en de definitie van vereisten om de systemen te ontwikkelen, zijn noodzakelijk om te beginnen met het implementeren en testen van de basismethoden, (bèta)modellen en algoritmen in de living labs.</p>
<p>Mijlpaal 2 [M13-M24] Eerste bètaversies softwaremodules, methoden, modellen en algoritmen worden geïmplementeerd en getest in living labs.</p> <p>Behaalde resultaten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - D1.2: Publicatie over use-cases dataprocessing voor de voor- en nabewerking - D1.8b: Finale overzicht Machine learning softwaremodule (bètaversie) voor voorspellend onderhoud. - D2.1: Open modulair energiemodel van het HVAC- en elektrische systeem - D2.2: Open-source energievraag en voorspellingsmethodes voor het energieaanbod, incl. nauwkeurigheid van de voorspellingen - D2.3: Eerste versie algoritme voor een betrouwbare energievoorspelling - D2.4: Open hoogfrequent energiebalansmodel - D2.6: Functionaliteiten voor de controle op de uitvoering van het flexibiliteitsmanagement - D2.7: Proof-of-principle geselecteerde functies - D3.2: Methode voor bepalen gebruikers comfort en gezondheid - D3.4: Inzicht in welke feedback acceptatie door de gebruiker bevordert, klachten vermindert en de energiebesparing verhoogt - D3.5: Comfort- en bezettingsgegevens voor foutdetectie en -diagnose - D3.8: Gebruikersprofielen voor gebruik in hybride modellen - D3.9: Eisen voor re-design van interfaces voor O-Nexus, Unica en Spectral - D4.5: Referentie-systeemarchitectuur voor data-integratie in slimme gebouwen - D 4.10: Datamanagement en -integratieraamwerk (follow-up of D4.5) <p>Motivatie: Alle bètaversies van methoden, modellen en algoritmen zijn geïmplementeerd en zijn getest in living labs. De onderlinge verbanden tussen werkpakketten zijn gelegd. De eerste softwaremodules (bètaversie) zijn afgerond.</p>
<p>Go/no-go [M24] – Mijlpaal 2: Alle resultaten (software, methoden, modellen, algoritmen) moeten beschikbaar zijn om de implementatie in use cases voor validatie te starten.</p>
<p>Mijlpaal 3 [M25-M36] Implementatie en validatie in use cases</p> <p>Behaalde resultaten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - D1.3: Open bibliotheek van gestandaardiseerde DBN-modellen voor de meest voorkomende componenten & sensoren / modellen / besturing in installaties - D1.6: Tools voor Continue Commissioning met a) Pareto LEAN energieanalyse en b) datatrends van continue monitoring voor controles en bepaling energieflexibiliteit, voor detectie en GBS-plug-ins (verder te ontwikkelen door industriepartners) - D1.9: Eerste resultaten living labs WP 1 en eerste versie software plug-in - D2.5: Flexibility management control system. - D3.10: Resultaten toepassing van WP3 methoden op (re) design van interfaces - D 4.11: Data integratie handboek voor eindgebruikers (openbaar rapport) - D 4.12: Rapport met overzicht van functionele living labs op vlak van data integratie - D 4.13: Rapport standaardisatie van databeheer en -integratie <p>Motivatie: Alle modellen, methoden, algoritmen en software zijn geïmplementeerd in use cases voor hun validatie met bedrijven. Alle open resultaten zijn afgerond en zijn klaar voor een bredere verspreidingsdoeleinden.</p>
<p>Go/no-go [M36] – Mijlpaal 3: Alle modellen, methoden, algoritmen en software zijn geïmplementeerd voor validatie in use cases.</p>
<p>Mijlpaal 4 [M37-M48] Afronding van het project: resultaten opgeleverd en actief gedeeld met stakeholders</p> <p>Behaalde resultaten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - D1.4: Uitbreiding van de methode met additionele data van gebouwbeheer en impact op a-priori-kansen in DBN - D1.5: Uitbreiding van het 4S3F framework voor a) het identificeren van onvoorspeld gebruik door de eindgebruiker en slechte kwaliteit van het binnenklimaat b) het identificeren van suboptimale regelingen in energieflexibele gebouwen - D1.7 Evaluatie Machine Learning algoritmen, nieuwe sensoren toepassen & mogelijkheden dynamisch klimatiseren - D1.10/1.12/1.13: Finale resultaten living labs WP 1 - D2.8: Open balance software implementation door industrial partners - D3.11: Validatie van WP3-methoden op interfaces - D3.12: Evaluatie van de gebruikersgerichte aanpak van het ontwerp en de evaluatie van de interfaces - D4.14: Evaluation and business opportunity report

- D4.15: Aanbevelingen voor open data standaarden voor data integratie
 - D5.1: Een structureel samenwerkingsverband tussen deelnemende onderwijsinstellingen, kennisinstituten, bedrijven om leren, werken en innoveren dicht tegen elkaar te organiseren.
 - D5.2: Open kennisplatform waar bestaande kennis is verzameld en samengevoegd en overzichtelijk is ingedeeld.
- Motivatie:** Prototypes, methoden en modellen zijn gereed op verder opgepakt te worden voor volgende stap voor opschaling in de markt (> TRL 6). Prototypes van software plug-in kunnen worden gedownload en alle resultaten en lessons learned zijn gedocumenteerd en actief gedeeld met de stakeholders.

5. EXTERNE FACTOREN EN RISICOBEBEERSING

5.1. Externe factoren

Toelichting op de externe factoren is opgenomen in tabel 5.1. waar de risico's en beheersmaatregelen zijn beschreven.

5.2. Risicobebepaling

Tabel 5.1 Risicoanalyse

Re-sultaat	Omschrijving	Kans	Impact
Alle	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Risico (Intern):</i> Marktpartijen ontwikkelen hun producten op dit moment veelal nog puur vanuit de techniek en zullen open moeten staan voor een andere aanpak. - <i>Beheersmaatregelen:</i> actieve communicatie vanuit WP3 en WP5 naar de partners - <i>Verantwoordelijke projectpartner:</i> TU Delft (projectcoördinatie en trekker WP5) en TU/e (trekker WP3) 	Medium	++
Alle	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Risico (Intern):</i> Consortium is moeilijk te managen zijn vanwege het grote aantal partners. - <i>Beheersmaatregelen:</i> Een heldere managementstructuur met duidelijke verantwoordelijkheden op werkpakket- en projectniveau. Er komt vanuit het projectmanagement een duidelijk schema van deadlines, mijlpalen en verwachte resultaten per partner. Belangrijk is ook dat het management het gevoel kweekt van verbondenheid in een gezamenlijke learning community en activiteiten rond de gezamenlijke living labs. Het project zal professioneel geleid worden door een zeer ervaren projectleider vanuit het Urban Energy Institute van de TU Delft en de werkpakketleiders zijn zeer ervaren en hebben al goede contacten en ervaring in samenwerking binnen projecten met een groot aantal consortiumdeelnemers. - <i>Verantwoordelijke projectpartner:</i> TUD (projectcoördinatie) 	Laag	++
Alle	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Risico (Intern):</i> Deelnemers zetten onvoldoende of niet de juiste medewerkers in waardoor er a) onvoldoende wordt afgestemd/geïntegreerd of b) toezeggingen niet worden nagekomen. - <i>Beheersmaatregelen:</i> Sturing – en bijsturing – vindt plaats op twee niveaus. WP-leiders gaan in overleg met de betreffende deelnemer(s) om tot een oplossing te komen. Zij kunnen escaleren naar de penvoerder. - <i>Verantwoordelijke projectpartner:</i> WP-leider + TUD (projectcoördinatie) 	Medium	++
1-6	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Risico (Intern):</i> Data uit de living labs zijn niet tijdig beschikbaar of van onvoldoende kwaliteit. - <i>Beheersmaatregelen:</i> De living labs zijn o.a. geselecteerd op de beschikbaarheid van goede continue dataverzameling. Verder hebben de consortiumpartners reeds ervaring met onderzoek in deze living labs en kunnen bij mogelijke problemen direct alternatieve oplossingen worden aangedragen. - <i>Verantwoordelijke projectpartner:</i> iedere WP-leiders + TUD (projectcoördinatie) 	Laag	+++
Alle	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Risico (Intern):</i> Consortiumleden gaan ieder voor zich iets ontwikkelen en de samenhang wordt minder groot dan verwacht. Dit kan ook gebeuren omdat de veldtesten in de living labs lang op zich laten wachten. - <i>Beheersmaatregelen:</i> Duidelijk maken dat het 2 richtingen op gaat: onderzoekers en bedrijven voeden elkaar op; het gaat om een 'cyclische' ontwikkeling. - <i>Verantwoordelijke projectpartner:</i> iedere WP-leider + TUD (projectcoördinatie) 	Medium	++
Alle	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Risico (Intern):</i> 'Change of control' bij een deelnemer of wijziging van prioriteiten waardoor een of meerdere activiteiten vroegtijdig moeten stoppen (door wegvallen deel financiering) of vertraging oplopen (door wegvallen van experts). - <i>Beheersmaatregelen:</i> Projectpartners worden bijeengeroepen om besluit te nemen, bijv. over versneld afbouwen project(en) en/of aanpassing projectplan (uitbreiding taken bestaande partners) of het aantrekken van een vervangende partners. - <i>Verantwoordelijke projectpartner:</i> TUD (projectcoördinatie) 	Medium	+
5, 6	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Risico (Extern):</i> Door de Coronacrisis is het onderzoek in WP3 (eindgebruikers) moeilijk uit te voeren, en loopt vertraging of minder mensen worden meegenomen in het onderzoek. Ook zou de data niet representatief kunnen zijn doordat gebouwen door Corona anders gebruikt worden of in de toekomst anders gebruikt gaan worden. - <i>Beheersmaatregelen:</i> Tijdig beginnen met onderzoek met eindgebruikers zodat ook snel naar mogelijke alternatieven kan worden gezocht. In het uiterste geval kan teruggevallen worden op dataverzameling in onze eigen gebouwen en kan de methodiek daarop ontwikkeld worden. Invulling van patronen door data zou mogelijk later opnieuw plaats moeten vinden als het gebruik van onze kantoren definitief anders blijkt te worden. - <i>Verantwoordelijke projectpartner:</i> TU/e (trekker WP3) 	Medium	++
5,6	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Risico (Intern):</i> Door problemen met privacy kunnen gebruikersdata niet worden verzameld en geïntegreerd in de software plug-in. - <i>Beheersmaatregelen:</i> In het uiterste geval kan teruggevallen worden op dataverzameling in onze eigen gebouwen en kan de methodiek daarop ontwikkeld worden. (Zie ook vorige punt). - <i>Verantwoordelijke projectpartner:</i> iedere WP-leiders + TUD (projectcoördinatie) 	Laag	+
10	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Risico (Extern):</i> Learning community "smart buildings" blijft heel tijdelijk van aard. 	Laag	+

Re-sul-taat	Omschrijving	Kans	Im-pact
	<ul style="list-style-type: none"> <i>Beheersmaatregelen:</i> The learning community goed inbedden in de bredere “learning community” energietransitie van de The Green Village (TUD) en bestaande structuren in de installatiesector door het ontwikkelen van een aantrekkelijk kennisaanbod. <i>Verantwoordelijke projectpartner:</i> TUD (WP5, The Green Village) 		

6. PROJECTORGANISATIE

6.1. Overzicht van uitvoerende partijen

Tabel 6.1 geeft een overzicht van de deelnemers aan het B4B project. Voor alle deelnemers is aangegeven aan welke werkpakketten ze een bijdrage leveren. In WP1 zijn relatief veel partijen actief; dit komt doordat in dit werkpakket veel verschillende aspecten worden onderzocht, waarvoor de expertise nodig van een diverse groep stakeholders.

Tabel 6.1 Overzicht van betrokken partijen in het project

Naam deelnemer	Type organisatie		WP2	WP3	WP4	WP5
TU Delft	Onderzoeksorganisatie					
TU Eindhoven	Onderzoeksorganisatie					
TNO	Onderzoeksorganisatie					
Hogeschool Windesheim	Onderzoeksorganisatie					
Hogeschool Arnhem Nijmegen	Onderzoeksorganisatie					
Haagse Hogeschool	Onderzoeksorganisatie					
Avans Hogeschool	Onderzoeksorganisatie					
Air-teq	Klein bedrijf					
Almende	Klein bedrijf					
APTA Technologies	Klein bedrijf					
Art Energy	Klein bedrijf					
BAM Energy Systems	Groot bedrijf					
Building G100	Klein bedrijf					
ChessWise	Klein bedrijf					
Cloud Energy Optimizer	Klein bedrijf					
Deerns	Groot bedrijf					
DGBC	Overig					
DWA	Midden bedrijf					
DYSECO	Klein bedrijf					
FHI	Overig					
FME/VLA	Overig					
Heroes	Klein bedrijf					
Kropman	Groot bedrijf					
Kuijpers	Klein bedrijf					
NEN	Overig					
O-Nexus	Klein bedrijf					
OfficeVitae	Klein bedrijf					
Peutz	Midden bedrijf					
Philips Real Estate	Groot bedrijf					
Renor	Klein bedrijf					
Rijksvastgoedbedrijf	Overheid					
Royal HaskoningDHV	Groot bedrijf					
Sensing360	Klein bedrijf					
Simaxx	Klein bedrijf					
Spectral	Klein bedrijf					
Strukton	Groot bedrijf					
SystemAir	Midden bedrijf					
Unica	Groot bedrijf					
W/E adviseurs	Klein bedrijf					
WOI	Overig					

6.2. Beschrijving per uitvoerende partij

Bijlag 6 geeft een uitgebreid overzicht van de kennis, ervaring en capaciteit per consortiumpartners, inclusief belang van deelname en bijdrage aan B4B. In onderstaande tabel is dit gegroepeerd voor de verschillende type consortiumdeelnemers.

Namen deelnemers	Belang van deelname voor deelnemer	Belang voor consortium B4B	Bijdrage aan B4B project
Kennisinstellingen: TU Delft TU Eindhoven TNO	Slaan/versterken van bruggen tussen fundamentele kennis en praktijkonderzoek op het gebied van slimme gebouwaansturing naar slimme aansturing van gebouwinstallaties. Bijdrage aan opschaling en daarmee aan verduurzaming van de gebouwde omgeving.	Inbreng van (fundamentele) kennis gebruik van ML/AI voor slimme gebouwaansturing, data-integratie, flexibilisering en gebruiksinteractie. Vanuit hun onafhankelijke positie aanjager zijn voor “ <u>open innovatie</u> ”.	Project coördinatie (TUD), Trekker verschillende werkpakketten, Inbreng living labs (TUD, TNO, TU/e) en dataplatform (TUD)
Hogescholen: Haagse Hogeschool Hogeschool Windesheim Hogeschool Arnhem Nijmegen Avans Hogeschool	Versterken netwerk voor praktijkonderzoek waarin bedrijven, studenten en onderzoekers samen optrekken en studenten beroepservaring kunnen opdoen rond slimme gebouwen. Vergroten van kennis op dit onderwerp voor onderwijscurriculum.	Inbreng groot netwerk in verschillende regio's met relevante stakeholders. Link met beroepspraktijk i.h.k.v opleiden van toekomstige werknemers. Specifiek inbreng van expertise op grey box modellering, user interfaces, energieflexibiliteit, elektrotechnische aspecten	Bijdrage aan ontwikkeling en testen in living labs (HHS, Avans, Windesheim), Kennisdisseminatie (deelname learning community)
Installatie- en onderhoudsbedrijven: BAM Energy Systems Kropman Kuijpers Strukton Unica,	Verdere ontwikkeling en integratie van slimme aansturing in hun eigen tools/platforms en dienstverlening (b.v. Escó's) t.b.v. het realiseren van kostenbesparingen en comfortverbetering bij hun klanten. Voorsprong krijgen/houden in de markt.	Inbreng van specifieke domeinkennis en praktijkcases via eigen platforms; Inbreng groot bestand van gebouwen voor potentiële toepassing van innovatie na verder ontwikkelingsstap	Bijdrage aan ontwikkeling en testen in living labs en validatie in use-cases binnen verschillende WPs.
Adviesbureaus: Deerns DWA Peutz Royal HaskoningDHV W/E adviseurs	Verdere ontwikkeling/uitbreiding van dienstverlening op het gebied van slimme gebouwaansturing voor hun klanten (prestatiecontracten, digitale diensten). Voorsprong krijgen/houden in de markt	Inbreng praktijkkennis op het gebied van bouw fysica, ontwerpen, fysische modellen, geavanceerde continue monitoring, data-analyse, regulering & certificering; Inbreng van data uit eigen praktijk voor validatie van ontwikkelde methoden, modellen en algoritmes.	Bijdrage aan ontwikkeling en validatie in use-cases binnen verschillende WPs
Platform/interface ontwikkelaars: APTA Technologies DYSECO Cloud Energy Optimiser Heroes O-Nexus Simaxx Spectral OfficeVitae	Verbeterde systeemintegratie en interoperabiliteit van data via API's biedt mogelijkheden om platform/interfaces breder in te zetten en hun markt te vergroten. Nieuwe/betere dienstverlening door integratie van slimme aansturing-algoritmes en inbreng van gebruiksgebruik in platforms/interfaces.	Inbreng en ontwikkeling van verschillende platform technologieën voor monitoring en aansturing van gebouwen. Inbreng van kennis vanuit verschillende domeinen (dynamisch klimatiseren, gebruikersgedrag, visualisaties) en marktsegmenten (grote kantoren, MKB, onderwijs). Inbreng groot gebouwportfolio voor potentiële toepassing van innovatie na verdere ontwikkelingsstap	Bijdrage aan ontwikkeling, validatie in use-cases en inbreng testen van algoritmes binnen eigen databestanden.
Gebouweigenaren & beheerders: Philips Real Estate Rijksvastgoedbedrijf (RVGB)	Opdoen van kennis van mogelijkheden voor opschaling van slimme aansturing van hun eigen portfolio van gebouwen. Voorbeeld stellen voor de markt (RVB).	Inbreng van use-case (eigen gebouwen) en praktijkkennis energiemanager. Beschikbaar stellen monitoring data van eigen gebouwen (RVB) als “open data” voor ontwikkelen/testen van algoritmes.	Validatie in use-case
Specifieke kennisleveranciers: Sensing360 Renor ArtEnergy Almende	Open ML platform inzetten voor relevante use-cases om daarmee marktbreik te vergroten. Vergroten van kennis monitoring en algoritmes voor HVA-installaties en kennis van de markt	Inbreng open platform voor proces waarmee bijdrage kan worden geleverd aan “open innovatie” binnen dit project. Inbreng commissioning kennis marktkennis energie en installaties	Gebruik Open machine learning platform. Bijdrage aan verschillende WPs.
Productleveranciers; Air-teq ChessWise SystemAir	Opdoen van kennis over mogelijkheden voor toepassing van producten in nieuwe marktsegmenten	Inbreng kennis t.a.v. condition monitoring roterende systemen, sensing, service en onderhoud luchtbehandelingssystemen en testomgevingen beschikbaar stellen.	Bijdrage aan ontwikkelingen in WP 1.
Brancheorganisaties: Building G100 DGBC FHI FME/VLA WOI	Relevant zijn voor hun leden/achterban door kennisbehoefte op te halen en kennis/potentie over mogelijkheden voor slimme aansturing proactief met hun leden/achterban te delen.	Inbreng van groot netwerk en eigen communicatiekanalen van potentiële afnemers en (eind)gebruikers voor de ontwikkelde producten. Ophalen van de behoeften in de markt.	Kennisdisseminatie via learning communities en eigen kanalen.
Overig: NEN	Opdoen van kennis over mogelijkheden en barrières voor slimme gebouwaansturing en behoefte aan standaardisatie	Basis leggen voor standaardisatie rond data-integratie, processen en commissio-ning	Bijdrage aan onderzoek in WP 4 data-integratie

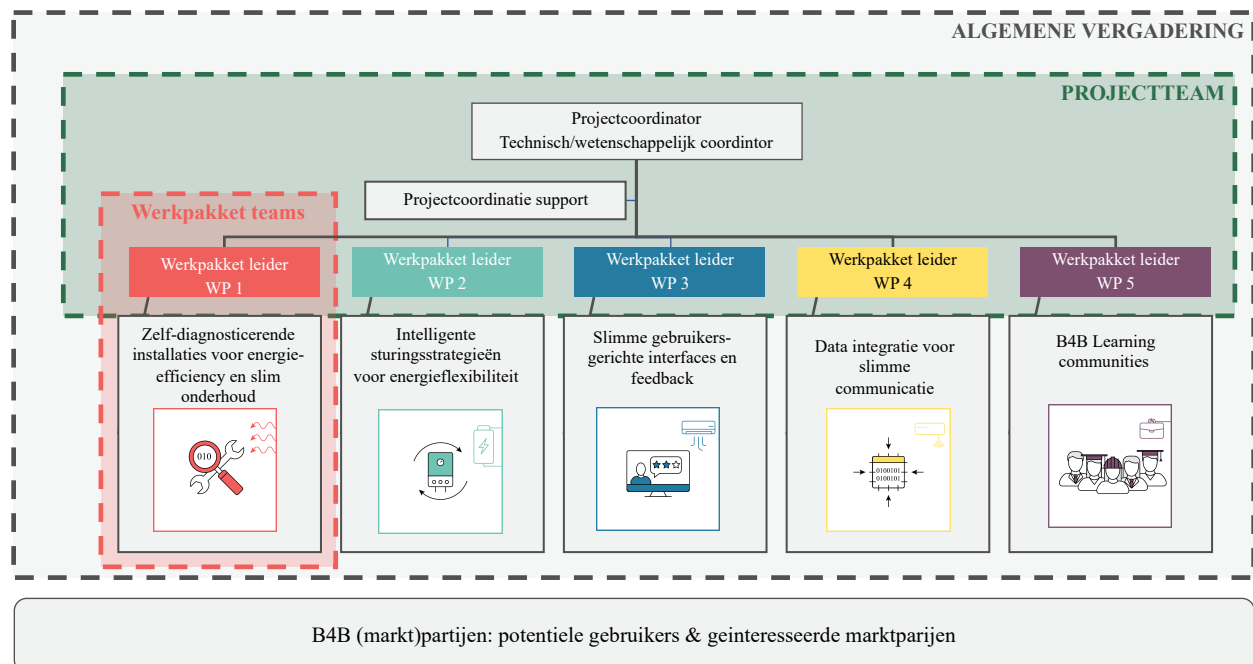
Naast bovengenoemde deelnemers in het subsidievoorstel hebben de volgende partijen aangegeven zeer geïnteresseerd te zijn in het project en actief te willen bijdragen aan disseminatie van de resultaten via de learning community en de gebruikersgroep(en): PAO, FMJ, ROC Mondriaan, TVVL, Van Dorp Academie, SBScentreRiBuiT, Hogeschool Utrecht (Support letters zijn opgenomen in *Bijlage 13 E*).

6.3. Organisatiestructuur

Organisatiestructuur

Figuur 5 geeft een overzicht van de organisatiestructuur van het B4B project. Het project wordt geleid door een zeer ervaren projectcoördinator en een technisch/wetenschappelijk coördinator vanuit de TU Delft die voor administratieve en financiële zaken wordt ondersteund vanuit het valorisatiecentrum van de TUD. Het project is vervolgens georganiseerd langs 5 werkpakketen met voor ieder pakket een werkpakketleider. Binnen ieder werkpakket zijn de werkzaamheden onderverdeeld naar taken met aparte taakleiders. Op deze wijze onderscheiden we vier niveaus van verantwoordelijkheid: (1) de projectcoördinator en technisch/wetenschappelijk coördinator voor het gehele project, (2) de WP-leiders voor hun respectievelijke WP, (3) Taakleider voor hun specifieke taak en (4) de leden van het consortium voor de activiteiten die aan hen zijn toegewezen.

Het Projectteam bestaat uit de projectcoördinator, wetenschappelijke/technische coördinator en de WP leiders (eventueel aangevuld met belangrijk taakleiders ter beoordeling aan de projectcoördinator). De Werkpakket teams bestaan uit de WP leider, de taakleider en consortiumleden met een grote/belangrijke taak (te beoordelen door de WP leider). Alle consortiumleden zijn vertegenwoordigd in de Algemene Vergadering.



Figuur 5: Organisatiestructuur van het B4B project

Rollen en verantwoordelijkheden

- Projectcoördinator en wetenschappelijke/technische coördinator: Zij vormen samen het projectmanagement en houden het projectbrede overzicht, bevorderen synergie, signaleren mogelijke inconsistenties en houden algemeen toezicht op de uitvoering van het project als geheel. Zij zijn verantwoordelijk voor het projectmanagement van zowel de technische inhoud als de administratieve procedures. De projectcoördinatie vindt plaats op twee niveaus: De wetenschappelijke/technische coördinator zorgt voor de inhoudelijke ontwikkeling van het project. De hoofdverantwoordelijkheid van deze coördinator is ervoor te zorgen dat de hoofddoelen van het project worden nagestreefd, om een vlotte samenwerking binnen het consortium te vergemakkelijken en om de inhoudelijke kwaliteit van alle resultaten die uit het project voortkomen te bewaken. De projectcoördinator zal de volgende taken uitvoeren: (1) Optreden als contactpersoon naar RVO, (2) Monitoren van contractuele en rapportageverplichtingen; (3) Opstellen van juridische documenten, contract en bijlagen, consortiumovereenkomst etc., (4) Indienen van deliverables en projectrapporten; (5) Bewaken van het budget en uitvoeren financieel beheer; (6) Bewaken van de voortgang (deadlines, deliverables etc.); (7) Co-organiseren van projectbijeekkomsten.
- WP-leiders: Voor elk werkpakket is een ervaren WP-leider aangesteld om de activiteiten binnen het betreffende WP (inoudelijk) te coördineren en te overzien. De WP-leiders zijn verantwoordelijk voor het bewaken van de mijlpalen en resultaten binnen hun WP en zullen nauw en frequent contact onderhouden met de projectcoördinator, de taakleider en indien noodzakelijk individuele consortiumleden die bij hun WP betrokken zijn (zie Voortgangsoverleg).
- Consortiumleden: Zij zijn verantwoordelijk voor het uitvoeren van de taken die aan hun organisatie zijn opgenomen in het B4B projectplan en voor het borgen van de tijdige oplevering van resultaten en het vereiste kwaliteitsniveau. Alle consortiumleden hebben de faciliteiten en expertise om de taken zoals beschreven in de werkschrijving individueel uit te voeren. Zij rapporteren over de voortgang van hun werkzaamheden aan de taakleiders en dragen actief bij aan disseminatie van kennis en resultaten. Voor de meeste taken is er zowel complementariteit als gedeeltelijke overlap

in specifieke expertise, zodat, mocht een consortium lid zijn taak niet kunnen uitvoeren, deze taak kan worden overgenomen door een van de andere consortiumleden. Elke consortiumpartner kan een of meerdere rollen in het project hebben.

Besluitvorming

Formele beslissingen worden genomen door de Algemene Vergadering, die de formele vertegenwoordiging is van het consortium als geheel. Deze komt minimaal halfjaarlijks bijeen op de voortgangvergaderingen (fysiek of virtueel), maar vaker indien een beslissing van de algemene vergadering op korte termijn is vereist om de voortgang van het project te kunnen garanderen. In de samenwerkingsovereenkomst is beschreven welke type beslissingen aan de algemene vergadering voorgelegd moeten worden.

Projectbeheer

Voor het volgen van de voortgang van zetten het consortium een aantal instrumenten in:

- Voortgangsoverleg: Het Projectteam overlegt 2-maandelijks, de werkpakketteams overleggen maandelijks, en het gehele consortium komt 2-jaarlijks bij elkaar.
- Beoordeling van mijlpalen en resultaten: De voortgang van de activiteiten in elk WP en de vooruitzichten voor de exploitatie van de resultaten zullen kritisch worden beoordeeld en vergeleken met de planning en criteria beschreven in het werkprogramma. Dit is in de eerste plaats de taak van de WP-leiders. De kwaliteit van de te leveren producten wordt beoordeeld door de Wetenschappelijk/technisch coördinator.
- Voortgangsrapportages: De WP-leiders stellen elke zes maanden kort voortgangsrapporten op waarin zij de voortgang voor iedere consortiumpartner beschrijven en leggen deze voor aan de projectcoördinator TU Delft. In dit voortgangsrapport worden de resultaten van recente activiteiten gerapporteerd, de voortgang ten opzichte van het oorspronkelijke projecttijschema en de geplande activiteiten voor de komende 6M periode.
- Tussentijdsevaluatie met RVO conform de eisen zoals opgenomen in projectbeschikking.
- Financiën: Begrotingscontrole en financieel beheer, met inbegrip van de coördinatie van de verklaringen of betalingen van of naar consortiumpartners, wordt uitgevoerd door de TU Delft. Als coördinator heeft de TU Delft toegang tot een grote pool van ervaring met door RVO gefinancierde projecten.

In de terugkoppeling op de vooraanmelding was de adviescommissie RVO kritisch over de omvang van het consortium en uitte zorgen over de mogelijkheid zo'n groot consortium doelmatig en efficiënt aan te sturen. Wij zijn van mening dat we het consortium doelmatig kunnen besturen omdat:

- In de aanvraagfase is gebleken dat met de hierboven beschreven structuur het consortium in controle is. In slechts enkele maanden tijd hebben de kennisinstituten (o.l.v. het Urban Energy Institute van de TU Delft) hun netwerk gemobiliseerd en een consortium samengesteld waarin in nauwe samenwerking met de bekende partners voor iedereen een duidelijke rol/taak is uitgewerkt in het innovatief projectplan.
- De beoogde werkpakketleiders zijn zeer ervaren en hebben al goede contacten en ervaring in samenwerking binnen projecten met een groot aantal consortiumdeelnemers.
- De organisatiestructuur is vergelijkbaar met dat van grote nationale en EU-programma's waarmee de beoogde projectcoördinator Mirjam Harmelink (programma-manager van het Urban Energy Institute) ruime ervaring heeft.

6.4. Betrokkenheid stakeholders / externe organisatie

Stakeholder	Betrokken bij het project via
Gebouwgebruikers	Living labs en use-cases binnen B4B
Gebouwbeheerders	Kennisdisseminatie in het kader van de learning community
Gebouweigenaren	Kennisdisseminatie en communicatie via brancheorganisaties in het consortium Websites en andere communicatiemiddelen en -kanalen
Installatie- en onderhoudsbedrijven	Deelname aan ontwikkelingsactiviteiten binnen B4B
Adviesbureaus	Living labs en use-cases binnen B4B
Interface/productleveranciers	Kennisdisseminatie in het kader van de learning community Kennisdisseminatie en communicatie via brancheorganisaties in het consortium Websites en andere communicatiemiddelen en -kanalen
Overheden	Deelname aan ontwikkelingsactiviteiten binnen B4B (eigen gebouwen) Kennisdisseminatie in het kader van de learning community Kennisdisseminatie en communicatie via brancheorganisaties in het consortium Websites en andere communicatiemiddelen en -kanalen
Kennisinstellingen	Deelname aan ontwikkelingsactiviteiten binnen B4B Living labs binnen B4B Gebruikersgroep voor kennisuitwisseling met andere lopende projecten en projectaanvragen (zie 6.6) Websites en andere communicatiemiddelen en -kanalen
Leveranciers gebouwbeheersystemen	Gebruikersgroep voor kennisuitwisseling met andere lopende projecten en projectaanvragen (zie 6.6)
Energiebedrijven/flexibiliteitsleveranciers	Kennisdisseminatie in het kader van de learning community (de netwerkbedrijven participeren ook in de bredere learning community energietransitie van de TU Delft) Websites en andere communicatiemiddelen en -kanalen

6.5. Intellectueel eigendom

Het B4B consortium legt in een samenwerkingsovereenkomst afspraken vast omtrent het omgaan met intellectueel eigendom, rechten en licenties (ook wel: Intellectual Property Rights, IPR). De concept-samenwerkingsovereenkomst (BIJLAGE 11) is al aan alle deelnemers voorgelegd. De komende maanden wordt gewerkt aan een definitieve samenwerkingsovereenkomst.

- Het basisprincipe met betrekking tot kennisdeling binnen het B4B project is 'open access': kennis en innovaties, ontwikkeld tijdens de uitvoering van het project in de living labs worden proactief gedeeld met derden. Ons doel is om alle publicaties en de verzamelde experimentele gegevens openbaar te maken. Op deze manier kunnen experimentele gegevens 1) onafhankelijk worden geverifieerd en 2) waarde behouden buiten het project om. Er is wel vastgesteld op welke wijze er wordt omgegaan met IPR. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen reeds aanwezige IPR – deze blijven in principe eigendom van de deelnemer die deze inbrengt – en gezamenlijke ontwikkelde IPR, inclusief de afspraken die daarover gemaakt dienen te worden
- In overeenstemming met het open access beleid zal de informatie- en communicatietechnologie (ICT) infrastructuur (inclusief databases) worden opgebouwd rond open-source software en templates. Verder wordt er vastgesteld onder welke open access licenties er zal worden gewerkt, denk hierbij aan bv. Apache en CC BY.

Dit betekent specifiek voor het B4B consortium

- Dat producten en diensten die door de consortium partners samen ontwikkeld worden binnen de living labs 'open access' resultaten zijn. Dit betekent o.a. dat alle kennis en innovaties van de deelnemende kennisinstellingen als open access resultaten beschikbaar komt via het [open access gold model](#) en middels het gebruik van open access software.
- Dat alvorens er een use-case wordt ontwikkeld er binnen de living labs wordt geëxperimenteerd, tenzij deze faciliteiten ontoereikend zijn, in dat geval zal de eerste use-case als living lab case worden beschouwd en derhalve onder dezelfde open access standaard worden uitgevoerd.
- Dat producten en diensten die in de use-cases worden ontwikkeld het intellectueel eigendom worden van de consortiumpartners die deze kennis aandraagt. Consortiumpartners beslist dan zelf of ze dit open access maken of niet.

Om actieve kennisdeling te faciliteren, is er in de samenwerkingsovereenkomst verder opgenomen dat universiteiten en andere onderzoeksorganisaties welke deel uit maken van het consortium onverminderd het recht hebben hun eigen project- en programmaresultaten te publiceren.

6.6. Kennisverspreiding

Interne en externe kennisoverdracht wordt georganiseerd vanuit werkpakket 5 "learning communities". De interne kennisoverdracht vindt plaats tijdens de projectbijeenkomsten en aanvullende expertmeetings, waarbij de projectdeelnemers en indien gewenst externe deskundigen worden uitgenodigd. De externe kennisoverdracht wordt ondersteund door:

1. Inrichting van een [online platform voor slimme gebouwen](#) dat toegang geeft tot (1) open access prototypes van software plug-in en methoden en modellen, (2) databestanden van gebouwen t.b.v. verdere ontwikkeling van slimme aansturing (3) kennisaanbod voor (na)scholing op het gebied van smart building via opleidingsfaciliteiten van de verschillende partners in de learning community. Dit online platform wordt ontwikkeld en beheert door de Dutch Green Building Council (DGBC). Hierdoor is structurele beschikbaarheid ook na B4B beter geborgd en kan de link met praktijkvoorbeelden gemaakt worden.
2. Een [projectwebsite](#) met publiek toegankelijke projectresultaten (deliverables) en publicatie van artikelen (in vakbladen en wetenschappelijke publicaties) site visits, projectfilms, presentaties op conferenties, seminar en inzet van social media.
3. Instelling van een [gebruikersgroep](#) gericht op uitwisseling van kennis en resultaten met [andere projecten \(lopend of in aanvraag\)](#) waarbinnen projectresultaten worden gedeeld met brede kennisnetwerken van stakeholders. Dit betreft concreet:
 - BTIC samenwerkingsverband. Het B4B voorstel is ontwikkeld in het kader van BTIC, een samenwerkingsverband van verschillende partijen in de bouwsector. Het doel van BTIC is ervoor te zorgen dat er open, meerjarige kennis- en open innovatieprogramma's worden uitgevoerd waarbij de inhoud van de verschillende initiatieven op elkaar worden afgestemd en de resultaten zo breed mogelijk worden gedeeld.
 - IEBC project (lopend project MMIP programma geïnitieerd door BTIC): Uitwisseling van kennis op het gebied van monitoring
 - Warming UP (lopend project MMIP programma, trekker TNO): uitwisseling van kennis over slimme aansturen van warmtenetten
 - Upgrade4Building (projectvoorstel in het kader van MOOI geïnitieerd door BTIC): Uitwisseling van kennis op het gebied van renovatie van kantoren.
 - TROEF - Transparant Reduceren van CO₂ en Optimaliseren van energie in een Ecosysteem van Flexibiliteit (projectvoorstel in het kader van MOOI, trekker BAM Energy Systems)
 - ROBUST - Robuust duurzaam elektriciteitssysteem door regionale flexibiliteit (projectvoorstel in het kader van MOOI, trekker USI)

Door samenwerking met diverse NGO's en (branche)organisaties (zowel als consortiumpartner als door in-kind bijdrage) die verschillende (groepen) stakeholders in de markt vertegenwoordigen kunnen we via bestaande kanalen een bereik voor de resultaten realiseren. In BIJLAGE 7 is een plan voor kennisverspreiding opgenomen.

7. FINANCIERING VAN EIGEN AANDEEL IN DE PROJECTKOSTEN

Financieringswijze eigen aandeel	Naam deelnemer
Eigen onderzoeksmiddelen (eerste geldstroom)	TU Delft, TU Eindhoven, Hogeschool Windesheim, Hogeschool Arnhem Nijmegen, Haagse Hogeschool, Avans Hogeschool
Eigen kennisinvesteringsmiddelen (samenwerkingsmiddelen Onderzoek (SMO).	TNO
Eigen innovatie en ontwikkelingsbudget	Air-teq, APTA Technologies, Art nergy, BAM Energy Systems, ChessWise, Cloud Energy Optimizer, Deerns, Alemend, DGBC, DWA, DYSECO, FME/VLA, Heroes, Kropman, Kuijpers, NEN, O-Nexus, OfficeVita, Peutz, Philips Real Estate, Renor, Rijksvastgoedbedrijf, Royal HaskoningDHV, Simaxx, Spectral, Strukton, SystemAir, Unica, W/E adviseurs
Reguliere financieringsstroom van de jaarlijkse partnerbijdrage	DGBC, FHI, Building G100, WOI

De kosten voor projectcoördinatie door de TU Delft worden gefinancierd door een bijdrage van 4% van de subsidiabel kosten door alle consortiumpartners aan de TU Delft. Dit is vastgelegd in de samenwerkingsovereenkomst met de consortiumpartners (zie bijlage 11: Concept samenwerkingsovereenkomst artikel 9 lid 2)

BIJLAGE 1 PROJECTTABEL

	Beschrijving	Indicator	Informa- tiebron	Externe factoren (risico's)	Betrokken deelnemers
Maat- schappe- lijke ef- fect	Reductie van de CO ₂ -emissies in de gebouwde omgeving door vermin- dering van energiegebruik en vergroting regelbare energieflexibiliteit				
Project- doel:	Het ontwikkelen van slimme geïntegreerde gebruiksvriendelijke pro- totypes van <u>software plug-ins</u> (TRL 5-6) voor utiliteitsgebouwen die (1) sturen op vermindering van energieverstopping, vergroting regel- bare energieflexibiliteit en verlaging van onderhoudskosten voor ge- bouweigenaren en -beheerders; (2) comfort, gezondheid en welzijn van gebruikers garanderen, en (3) na afloop van het project door marktpartijen naar hogere TRLs worden ontwikkeld.				
Resultaat 1	Prototypes van AI-gebaseerde software plug-ins voor zelfdiagnostiek van fouten leidend tot energieverstopping in gebouwinstallaties.				
Activitei- ten Re- sultaat 1	Ontwikkelen van de eerste plug-ins (Taken 1.1.1, 1.1.2 en 1.1.3).	Implementatie van eerste versie 4S3F plug-ins in 2 living labs (M10). Beschikbaarheid en toe- passing van automatische pre- en postproces- sing in uitbreiding van de plug-ins en use-cases (M24). Beschikbaarheid en toepassing van openbare bibliotheek van downloadbare mo- dellen (M36)	Rapport D1.1 Rapport D1.2 Rapport D1.3	Realisatie wordt ver- traagd als er problemen aan het licht komen bij aansluiting op GBS van de living labs.	TUD TUE, HHS, DWA, Kropman, WOI
	Toevoegen extra expert kennis van gebouwbeheer (Taak 1.1.4 en 1.1.7).	Rol van additionele data van gebouwbeheer in a-priori-kansen in de DBN (M42).	Rapport D1.4	Geen. Er doen voldoende gebouwbeheerders mee om een eventuele risico op te weinig data te dekken.	TUD TUE, HHS, DWA, Kropman, WOI
	Uitbreiden 4S3F framework naar gebruikers, binnenmilieu en ener- gieflexibele gebouwen (Taken 1.1.5 en 1.1.6).	Algoritmes geschikt voor identificeren niet- voorspeld en suboptimaal gebruik. Uitgebreide 4S3F framework algoritmes getest in 3 use-ca- ses en bijhorende publicatie. (M48)	Rapport D1.5 Rapport D1.6	Dit is een koppeling met WP2 en 3. Er gelden de- zelfde externe risico's als voor WP2 en 3 (resultaten 3 t/m 6)	TUD TUE, HHS, DWA, Kropman, WOI
Resultaat 2	Prototypes van slimme software plug-ins voor foutdetectie, diagnose en voorspellend conditie-gebaseerd onderhoud.				
Activitei- ten Re- sultaat 2	Ontwikkeling van data-analyse en zelflerende plug-ins voor foutdetc- tie, gebruikmakend van pareto-analyse en LEAN-energie-analyse (Taak 1.2).	Beschikbaarheid en toepassing van plug-ins, nieuwe sensoren, multi-sensor techniek en soft sensoren (M48).	Rapport D1.2.1 Rapport D1.2.2	Geen overeenstemming over de te volgen metho- dologie met als gevolg ver- snijpering van activitei- ten.	TUE TUD, TNO, Avans Hogeschool, AirTeq, Ar- tEnergy, BAM Energy Systems, Building G100, ChessWise, Cloud Energy Optimi- zer, DWA, DYSECO, Heroes, Kropman, Kuijpers, , Peutz, Royal HaskoningDHV, Renor, Sensing360, Strukton, SystemAir, WOI

	Beschrijving	Indicator	Informa- tiebron	Externe factoren (risico's)	Betrokken deelnemers
	Ontwikkeling van plug-ins voor foutdiagnostiek gebaseerd op hybride modelgebaseerde data-analyse technieken (combinatie van kunstmatige intelligentie en fysieke modellen) (Taak 1.3).	Eerste diagnose-setup plug-in voor koeling, verwarming en ventilatie in Living Labs (M36). Integratie van de verschillende deelbenaderingen in een plug-in voor de totale installatie in Living Labs (M48).	Rapport D1.3.1 Rapport D1.3.2 Rapport D1.3.3	Geen overeenstemming over de toe te passen zelflerende technieken, waardoor geen eenduidige aanpak.	TUe TUD, TNO, HHS, Avans Hogeschool, Air-Teq, ArtEnergy, BAM Energy Systems, Building G100, ChessWise, Cloud Energy Optimizer, DWA, DYSECO, Heroes, Kropman, Peutz, Royal HaskoningDHV, Renor, Sensing360, Strukton, SystemAir, WOI
	Ontwikkeling van zelflerende plug-ins voor voorspellend onderhoud voor het bepalen van de periode voor onderhoud of vervanging van onderdelen (Taak 1.4).	Implementatie van plug-in op ICT-platformen. Eerste resultaten van Living Lab tests met voorspellend conditie afhankelijk onderhoud (M40) Evaluatie van de plug-in in Living Lab-tests (M48)	Rapport D1.4.1 Rapport D1.4.2 Rapport D1.4.3	Door moeilijke detectie van langzame verslechtering van prestaties en ruis in de data niet in staat zijn tot significante identificatie	TUe TUD, BAM Energy Systems, Building G100, ChessWise, Cloud Energy Optimizer, DWA, DYSECO, Heroes, Kropman, Peutz, Renor, Strukton, SystemAir, WOI
Resultaat 3	Open source HVAC en elektrische installaties model en algoritme voor voorspelling vraag- en aanbod energie				
Activiteiten Resultaat 3	Ontwikkeling van een open source HVAC en elektrische installaties model (Taak 2.1).	Beschikbaarheid van een open source HVAC en elektrische installaties model (M24).	Rapport D2.1	Data living labs is niet beschikbaar of van slechte kwaliteit.	HHS TU Delft, TNO, Windesheim Hogeschool, Rijksvastgoedbedrijf
	Ontwikkeling van algoritmes voor voorspelling energievraag/ aanbod en comfort (Taak 2.2).	Beschikbaarheid van open-source energiemodel voor het voorspellen van vraag, aanbod en comfort, inclusief nauwkeurigheid van de voorspelling (M24). Algoritme voor een betrouwbare voorspelling (M24).	Rapport D2.2 Rapport D2.3	Onvoldoende betrouwbare voorspelling.	TNO TU Delft, HHS, Windesheim Hogeschool, Avans Hogeschool, DWA, Peutz, O-Nexus
Resultaat 4	Methodes en prototypes van AI-gebaseerde software plug-in voor flexibele multi-objective energieoptimalisatie (kosten, CO2-emissies, beschikbaarheid van duurzame energie en comfort)				
Activiteiten Resultaat 4	Ontwikkeling van <u>software plug-in</u> voor <u>flexibele multi-objective</u> energieoptimalisatie (Taak 2.3)	Beschikbaarheid van een open-source hoge frequentie energiebalansmodel (M12). Beschikbaarheid van een control systeem voor flexibiliteit management. (M36).	Rapport D2.4 Rapport D2.5	Data living labs is niet beschikbaar of van slechte kwaliteit.	TU Delft TNO, Avans Hogeschool, DWA, Deerns, O-Nexus, Rijksvastgoedbedrijf, Almende
	Testen en valideren van een eerste prototype software plug-in voor flexibele multi-objective energieoptimalisatie (Taak 2.4)	Beschikbaarheid van overzicht van functionaliteiten voor de implementatie van flexibiliteitsmanagement (M24) Proof of principle van geselecteerde functies (M24) Beschikbaarheid van open-source software plug-ins, geïmplementeerd en gevalideerd door industrie partners. (M48)	Rapport D2.6 Rapport D2.7 Rapport D2.8	Living labs gebouwbeheersysteem niet toegankelijk voor het aanpassen en testen van nieuwe softwarefuncties	TNO TU Delft, Avans Hogeschool, Kropman, Royal HaskoningDHV, Unica, O-Nexus
Resultaat 5	Methodiek & data voor gebruikersgerichte (user-centered) aanpak in slimme gebouwbesturing				
Activiteiten Resultaat 5	Ontwikkelen en testen van een gebruikersgerichte bepalingsmethode voor comfort en gezondheid (Taak 3.1).	Beschikbaarheid van de methode voor monitoren en verzamelen van real-time subjectieve comfortdata (M12)	Rapport D3.1 Rapport D3.2	Het is niet mogelijk om gedragsgegevens te verzamelen zonder problemen met privacy.	TNO TUD-IO, FME/VLA, Avans, RVB, Unica, O-Nexus, Strukton

	Beschrijving	Indicator	Informa- tiebron	Externe factoren (risico's)	Betrokken deelnemers
		Beschikbaarheid van de methode voor het bepalen van gebruikerscomfort en gezondheidsgerelateerde aspecten (M24)			
	Ontwikkelen van methoden & verzamelen gebruikers data ten behoeve van FDD, continue monitoring en commissioning (Taak 3.2).	Inzicht in welke feedback helpt bij gebruikers-acceptatie, reduceren van klachten en verhogen van de energiebesparing (M20). Beschikbaarheid van comfort- en gebruiksdata voor foutdetectie en diagnose (M24)	Rapport D3.3 Rapport D3.4 Rapport D3.5	Gedragsdata kan niet geïntegreerd worden in de foutdetectie en diagnose plug-ins door problemen met schaalbaarheid of privacy.	TU/e TNO, Avans, APTA Technologies RVB, Spectral, Strukton, DGBC, Unica, O-Nexus, Cloud Energy Optimizer
	Ontwikkelen van methoden & verzamelen gebruikers data ten behoeve van ondersteuning van energieflexibilisering (Taak 3.3).	Beschikbaarheid van een methode voor het visualiseren van de werking van gebouwssystemen, energie gebruik, subjectief ervaren gezondheidsaspecten en de impact van gedrag hierop (M36). Beschikbaarheid van gedragsprofielen om te gebruiken in de hybride modellen in resultaten 1a, 2a en 2b(M18)	Rapport D3.6 Rapport D3.7 Rapport D3.8	Gedragsdata kan niet geïntegreerd worden in de plug-ins voor energie flexibilisering door problemen met schaalbaarheid of privacy.	TNO TU/e, APTA Technologies, Avans, O-Nexus, Unica, DGBC, Cloud Energy Optimiser, HAN, Spectral, Almende
Resultaat 6	Prototypen van datagestuurde gebruikersgerichte interfaces voor een gezond binnenklimaat, energie-efficiënte en energieflexibiliteit van het gebouw				
Activiteiten Resultaat 6	Vaststellen van het programma van eisen voor de interfaces voor de verschillende stakeholders (Taak 3.4).	Beschikbaarheid van het programma van eisen voor het herontwerp van interfaces van O-Nexus, Unica en Spectral (M18).	Rapport D3.9	De eisen die de eindgebruikers aan de interfaces stellen, wijken te veel af van de resultaten van het project.	HAN Spectral, O-Nexus, Unica, OfficeVita, TNO, TU/e, TUD-IO, Avans
	(Her)ontwerp, implementatie, optimalisatie en evaluatie van de interfaces (Taak 3.4).	Beschikbaarheid van het (her)ontwerp van de interfaces (M35) Evaluatie van de interfaces (M42)	Rapport D3.10 Rapport D3.11	Het herontwerpen of implementeren van de interfaces in use-cases duurt veel langer dan gepland.	HAN Spectral, O-Nexus, Unica, OfficeVita, TNO, TU/e, TUD-IO, Avans
	Ontwikkeling van een methode voor ontwerp en evaluatie van gebruikersgerichte userinterfaces (Taak 3.4).	Beschikbaarheid van een gebruikersgerichte benadering voor het ontwerp en de evaluatie van interfaces (M48)	Rapport D3.12	De ontwikkelde aanpak is te complex in de praktijk of het is niet mogelijk om het te verenigen in een enkel proces.	HAN TNO, TU/e, TUD-IO, Avans
Resultaat 7	Gestandaardiseerde methodiek voor het garanderen van een veilige en ethisch verantwoorde toegang tot en gebruik van data (verzameling, beheer en gebruik)				
Activiteiten Resultaat 7	Bepalen van een totaaloverzicht wat betreft bestaande regelgevingen, aanpakken en beperkingen rond privacy, security en ethics, inclusief GDPR vereisten.	Literatuur- en marktoverzicht van bestaande regelgevingen en aanpakken rond privacy, security en ethics (M9)	Rapport D4.1	Regelgevingen rond privacy, security en ethics blijken te complex en uitgebreid om voldoende te kunnen behandelen binnen project	TUe TNO, TUD, WE, NEN, DGBC, RVB, Philips RE, Simaxx, Kropman
	Gestandaardiseerde methode voor toetsing aan privacy, ethics en security randvoorwaarden t.b.v. het vergroten van marktacceptatie voor data-integratie oplossingen	Privacy-, ethiek- en beveiligingsrichtlijnen (M21) Privacy-, ethiek- en beveiligingsplan (M24)	Rapport D4.5	Privacy, ethics, and security beperking verhinderen open standaarden en open oplossingen	TNO TUe, TUD, DGBC, WE, Deerns, NEN, Cloud Energy Optimizer, RVB, Philips RE, Simaxx, Kropman

	Beschrijving	Indicator	Informa- tiebron	Externe factoren (risico's)	Betrokken deelnemers
Resultaat 8	Gekoppelde data op systemisch niveau, leidend naar een systeemintegratie via API's eerder dan rechtstreekse koppelingen of integraties van databanken (zowel open als private datamodellen)				
Activiteiten Resultaat 8	Bepaling van datanoden en -vereisten voor Smart Buildings, en uitwerking van sample data set.	Literatuur- en marktoverzicht van bestaande methoden voor datacollectie en -integratie (M6) Data test set voor interne onderzoeksdoeleinden (integratie en simulatie in andere WPs) (M9) Data needs & requirements plan dat kan gebruikt worden als basisplan voor dataverzameling en -integratie (M12)	Rapport D4.1 Rapport D4.2 Rapport D4.3	Te grote diversiteit in datamodellen en systemen leidt tot technisch onhaalbare eisen	TUe TNO, TUD, WE, NEN, DGBC, RVB, Philips RE, Simaxx, Kropman
	Ontwikkeling van referentie systeemarchitectuur en set aan data-flow procedures.	Referentie-systeemarchitectuur voor data-integratie in slimme gebouwen (incl. documentatie) (M18). Datamanagement en -integratieraamwerk (follow-up van D4.5 – intern strategisch overzicht en key deliverable voor WP4) (M24)	Rapport D4.6	Te veel diversiteit in oplossingen voor systeemintegratie maakt een eenduidige referentie-architectuur onhaalbaar en onrealistisch	TUe , TNO, Simaxx, TUD, WE, Kropman, Cloud Energy Optimizer, NEN
	Support en iteratie van implementaties in living labs	Data integratie handbook voor eindgebruikers (openbaar rapport) (M27) Rapport met overzicht van functionele living labs op vlak van data integratie (prototype – TRL6) (M36)	Rapport D4.7 Rapport D4.8	Te weinig resources beschikbaar voor veel en te specifieke technische challenges	TNO TUe, Green Village, WE, Kropman, Simaxx
Resultaat 9	Gestandaardiseerde methodieken en richtlijnen voor bepalen van en de transformatie naar 'smart readiness' van gebouwen				
Activiteiten Resultaat 9	Uitwerking van Smart Buildings Quick-Scan procedure en gebenchmarkte berekeningsmethode voor smart readiness indicator.	Richtlijnen om ieder gebouw "smart" te maken (M18) Rapport Smart Readiness Indicator voor Nederland (M18) Uitgebreid rapport met benchmark analyse en validatie van smart readiness indicator in combinatie met bestaande certificatieprocedures (e.g. BREEAM) (M48)	Rapport D4.4 Rapport D4.11	Te grote diversiteit in bestaande gebouwen	WE TUe, TNO, TUD, Deerns, NEN, RVB, DGBC, Philips RE, Kropman
	Uitwerking van standaarden en gevalideerde valorisatieplannen voor databeheer en -integratie.	Rapport standaardisatie van databeheer en -integratie (M36) Evaluation and business opportunity report (M48) Aanbevelingen voor open data standaarden voor data integratie (M48)	Rapport D4.9 Rapport D4.10	Te veel diversiteit maakt een eenduidige standaard onhaalbaar en onrealistisch	TNO TUe, TNO, Green Village, WE, DGBC, NEN, Cloud Energy Optimizer, RVB, Philips RE, Simaxx, Kropman
Resultaat 10	10. Learning community "smart buildings"				
Activiteiten Resultaat 10	Opzetten organisatie van de learning community (incl. governance) (Taak 5.1).	Strak georganiseerde learning community, die met o.a. financiële steun vanuit de provincie de	Rapport D5.1	Onvoldoende deelnemers; kosten vallen hoger uit dan begroot	TU Delft (The Green Village) Alle andere partners in stuurgroep

	Beschrijving	Indicator	Informa- tiebron	Externe factoren (risico's)	Betrokken deelnemers
		komende jaren wordt uitgebouwd tot een geoliede leergemeenschap (M12).			
	Bouwen kennisplatform (incl. versiebeheer en bouwen portal) (Taak 5.2).	Open kennisplatform waar kennis m.b.t. smart buildings is verzameld, samengevoegd en overzichtelijk is ingedeeld (M24).	Rapport D5.2	Kosten kennis verzamelen vallen hoger uit	DGBC TU Delft (The Green Village)
	Ontwikkelen opfriscursus 'Smart Building Essentials' (Taak 5.3).	Eerste lesprogramma beschikbaar voor bij- en omscholing (reeks webinars waarin de deelnemende bedrijven hun kennis en ervaring delen ten bate van de sector) (M48).	Rapport D5.3	Vertalingskosten niet groot	TU Delft, The Green Village Extension School
Randvoorwaarden (hele project)				1. Marktpartijen staan open voor samenwerking 2. Goede project coördinatie voor het grote consortium 3. Deelnemers zetten voldoende & juiste capaciteit in. 4. Voldoende mogelijkheden representatief onderzoek eindgebruikers	