

Openbare voortgangsrapportage MOOI622007

Missiegedreven Onderzoek, Ontwikkeling en Innovatie
Energy Control Businesspark - Ecofactorij



Voortgangsrapportage 2

Publicatiedatum
28-01-2025

Uitgevende partner
Parkmanagement Ecofactorij U.A.

Intermediair en auteur
Sparkling Projects
Steven Lobregt
sl@sparklingprojects.nl

UNIVERSITY
OF TWENTE.

SAXION
HOGESCHOOL

SCHOLTenergy

BEDRIJVENTERREIN
ECOFACORIJ

VDL

Inhoudsopgave

1

Uitgangspunten en doelstellingen

Samenvatting van de uitgangspunten en de doelstelling van het project en de samenwerkende partijen.

Bladzijde 3

2

Resultaten

De uitgevoerde activiteiten en behaalde resultaten per mijlpaal worden in dit hoofdstuk weergegeven.

Bladzijde 4

3

Bijdrage project

Samenvatting van de uitgangspunten en de doelstelling van het project en de samenwerkende partijen.

Bladzijde 18

Uitgangspunten en doelstellingen

Samenvatting van de uitgangspunten en de doelstelling van het project en de samenwerkende partijen.

Het doel van het project is om tot een gebiedsoplossing te komen voor een voorspellend (machine learning), zelflerend en regulerend schaalbaar smart grid systeem. Tijdens het project ligt de focus op bedrijventerreinen waarbij gekeken wordt om in co-creatie tussen technologiebedrijven en gebruikers een schaalbaar energiesysteem te ontwikkelen.

Op basis van de ontwerpspecificaties van de diverse projectresultaten wordt het smart grid op Ecofactorij uitgebreid. Het smart grid bestaat uit energie infrastructuur en besturingsapplicatie met de mogelijkheid om modules eraan te koppelen tot een totale energy hub applicatie. Hiervoor wordt maximaal gebruik gemaakt van modules die in de markt te verkrijgen zijn en worden de diverse deelsystemen met elkaar verbonden.

De ontworpen modules kunnen beschikbaar worden gesteld aan de markt waarbij wordt gewerkt aan een blauwdruk en uniformiteit centraal staat.

Voor het bedrijventerrein Ecofactorij zijn de volgende subdoelstellingen gedefinieerd:

- Voor de leden een robuust en stabiel elektriciteitsnet exploiteren.
- Mogelijkheden bieden om kosten voor elektriciteitsgebruik te minimaliseren. O.a. door het uitwisselen van elektriciteit op het eigen netwerk en door opties aan te bieden om gebruik te maken verdienmodellen in de markt.
- Kennis door ontwikkelen over elektragebruik en energietransitie. O.a. wet- en regelgeving voor batterijen, GVO's, invoeden groene stroom, laadvoorzieningen en HBE's.

Tijdens het project wordt tevens een businesscase opgezet. In de business case worden scenario's meegenomen van verdere prijsontwikkelingen van de energiebuffers, gekoppeld aan de verwachte prijs stijgingen en dalingen op de energiemarkt.

Validatie zal plaats vinden met behulp van een Digital Twin. De gekoppelde Digital Twin zal worden getest met verschillende scenario's, en waar mogelijk worden gevalideerd met gemeten data gemeten van Ecofactorij.

Afronding van het project staat gepland voor eind 2026.

Resultaten

De uitgevoerde activiteiten en behaalde resultaten per mijlpaal worden in dit hoofdstuk weergegeven.

Werkpakket 1: Architectuur

1.1 Ecofactorij Pilot Design

De ontwerpfase van de Ecofactorij-pilot is succesvol afgerond. De fysieke locaties voor nieuwe buffers, PV-systemen en regelbare apparaten zijn bepaald op basis van zowel technische als niet-technische criteria. Een uitgebreide schematische weergave van de nieuwe elektrische infrastructuur is hierbij opgesteld, waarin de nieuw geïnstalleerde apparaten zijn opgenomen en die een solide referentie biedt voor toekomstige projectfasen.

Behaalde mijlpalen

Vaststelling en goedkeuring van de installatielocaties voor batterijen, PV-systemen en laadpunten voor elektrische voertuigen (EV).

Ontwikkeling en oplevering van de bijgewerkte weergave van de grid infrastructuur.

1.2 ICT infrastructuur

De telecommunicatie-infrastructuur voor het monitoren en aansturen van fysieke systemen is met succes opgezet. Er zijn 89 meetpunten gedefinieerd, verbonden via 34 fysieke verbindingen, waarmee betrouwbare en veilige toegang tot realtime elektriciteitsdata via de influxdatabase van de Ecofactorij mogelijk is. Beschikbare data omvat elektriciteitswaarden, batterijstatus, spanningsfrequentie, stuurcommando's, prognoses en weersgegevens als tijdsreeks.

Behaalde mijlpalen

Ontwikkeling van de ICT-architectuur voor de smart grid software, met een gedetailleerde beschrijving van de benodigde infrastructuur en datastromen.

Toegang tot realtime systeemvariabelen, zoals elektriciteitsdata, batterijstatus, frequentie, stuurcommando's en prognoses, is nu gerealiseerd en geïntegreerd.

Deze architectuur vormt een basis voor lopende en toekomstige projectactiviteiten.

1.3. Digital Twin and AI Architectuur

Een framework voor de digital twin (DT) is ontwikkeld en geïmplementeerd. Dit DT-framework richt zich op industriële microgrids, specifiek de grid van Ecofactorij, en maakt gebruik van historische en realtime gegevens van de Ecofactorij. De belangrijkste functies van de DT omvatten modellering, realtime state-estimation en 'what-if'-scenarioanalyses. Daarbij worden AI-technieken ingezet, zoals data cleaning, regressie, voorspelling en optimalisatie. Ook is de interface tussen het fysieke systeem en de DT vastgesteld.

Behaalde mijlpalen

Literatuurstudie: Bij de ontwikkeling is een literatuurstudie uitgevoerd die belangrijke onderzoeksgaps blootlegt, waaronder het ontbreken van praktijkvoorbeelden voor de validatie van DTs en de behoefte aan schaalbaarheid voor grotere systemen zoals bedrijventerreinen. Daarnaast werd gewezen op de complexiteit van het beheren van zowel individuele bedrijfsbehoeften als collectieve netvoordelen, en het onderscheid tussen echte DTs en eenvoudige simulaties.

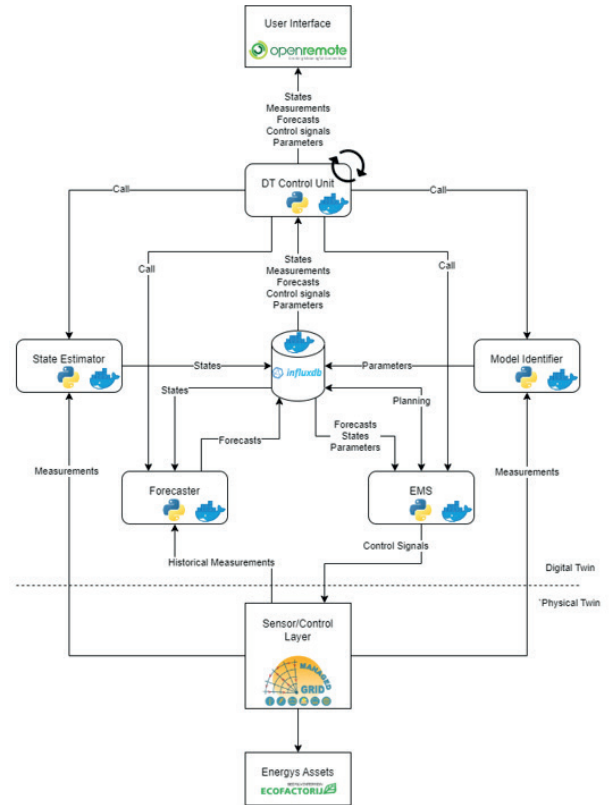
Ontwikkeling van de initiële architectuur: Een DT-architectuur is voorgesteld die aansluit bij het Ecofactorij Pilot Design en de ICT-architectuur van de smart grid software. Het ontwerp simuleert op basis van real-time gegevens en brengt mogelijke knelpunten in kaart.

Vaststelling van het functionele framework: Kernfunctionaliteiten van de DT—zoals modellering en parameterinschatting, realtime state-estimation en 'what-if'-scenarioanalyses—zijn gedefinieerd en ontworpen.

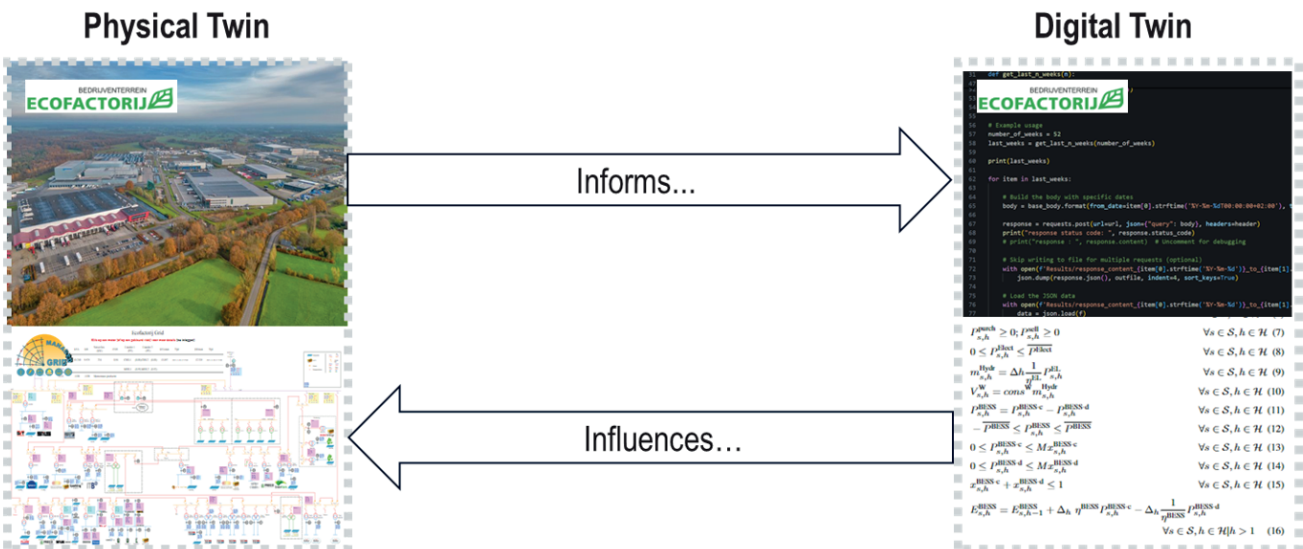
Systeemintegratie: Een gesynchroniseerde bidirectionele interactie met het fysieke grid is gerealiseerd, wat zorgt voor aanpasbaarheid en snelle respons op systeemwijzigingen. Zie Figuur 2.

Infrastructuur opzet: Onderdelen zoals de gebruikersinterface, DT-control-unit, InfluxDB, state estimation, modelidentificatie en forecastingsmodule zijn uitgewerkt en geïntegreerd in de systeemarchitectuur. Zie Figuur 1.

Alle kernfunctionaliteiten van de voorgestelde DT zijn ontwikkeld en beschikbaar gesteld in een digitale repository voor eenvoudige doorontwikkeling en onderhoud. De architectuur maakt gebruik van microservices en Docker-containers, zodat implementatie op elk hostingsysteem mogelijk is. De volgende DT-functies zijn voltooid en getest met de Sparkling Project grid: parameter estimation en modelidentificatie, state estimation en foutdetectie, en forecasting en scenariogeneratie. Bovendien is een realtime verbinding met ManagedGrid geïmplementeerd.



Figuur 2. Voorgesteld DT design en AI gebruik.



Figuur 1. Interactie tussen de DT en de physical twin.

Werkpakket 2: Business analyse

2.1 Beschrijving huidig energie Management en FO

Het huidige energie systeem van de Ecofactorij is beschreven en zal gebruikt worden voor het uitwerken van de business case.

2.2 Selecteren rekenmodel en tool t.b.v. Ecofactorij

In de afgelopen periode zijn 3 vrij beschikbare rekentools beoordeeld, met als doel een gemotiveerde selectie mogelijk te maken. De 3 tools zijn:

- EHDO (EnergyHub Design Optimization), <https://ehdo.eonerc.rwth-aachen.de>
- ETM (Energy Transition Model), <https://energytransitionmodel.com/>
- Energyplan, <https://energyplan.eu/>

Om dit te bereiken is er een keuzevak gestart bij Saxion, waarin studenten de verschillende tools gebruiken om het energiegebruik van een bedrijventerrein (versimpelde en geanonimiseerde voorstelling van Ecofactorij) te evalueren. De beoogde resultaten van het keuzevak, dat eindigt op 31/1/2025, zijn een beoordeling en tutorial van elke tool. Hierna zullen activiteiten 3 t/m 6 verder worden opgepakt.

De 3 geselecteerde rekentools worden verder onderzocht en getoetst op gebruiksgemak, welke data kan gebruikt worden en gebruiksvriendelijkheid.

Beoogd resultaat van werkpakket 2 is verschillende scenario's voor kostprijs van de techniek, CO2 impact, beschikbaarheid flex en verdienmodellen in de markt. Deze resultaten zijn een workflow met de geselecteerde tools om businesscases te kunnen analyseren en getoetst op de Ecofactorij in WP7.

Werkpakket 3: Digital Twin

Op basis van bestudering van de literatuur, zie ook WP1, is geconstateerd dat een DT uitermate geschikt is voor de aansturing van een complex systeem door het goed ordenen van data aan de hand van de fysieke realiteit. Daarnaast wordt meetdata continu verrijkt met onder andere voorspellingen. Mede hierom is het systeemontwerp (WP4) in samenwerking met Saxion afgestemd op de integratie van DT technologie, zoals het verkrijgen van voorspellingen. Daarnaast heeft Universiteit Twente op basis van de verkregen technische schema's een digital twin gemaakt van het elektriciteitsnet op de Ecofactorij met behulp van de Power Grid Model simulatietool (<https://power-grid-model.readthedocs.io/en/stable/>)

3.1 Business and Data Understanding – a) Towards an effective smart energy hub

Als opstap naar het realiseren van een digital twinning-oplossing is de benodigde python codebase opgezet om relevante meterdata te verzamelen uit het reeds bestaande dataplatform dat ManagedGrid bij Ecofactorij heeft opgezet. Via deze codebase zijn geaggregeerde metergegevens verzameld voor tijdsintervallen van 1 minuut, 5 minuten, 15 minuten en 1 uur. Door gebruik te maken van alle verzamelde gegevens, is een verkennende beschrijvende analyse uitgevoerd, beginnend met de gegevens van het kantoor van Sparkling Projects.

Op dit moment wordt gewerkt aan het opzetten van een eenvoudig dataplatform voor onderzoeksdoeleinden, inclusief automatisering van het gegevensverzamelingsproces door het opzetten van georkestreerde datapijplijnen. Dit zal helpen bij het opschalen op het gebied van de ontwikkeling van ML-modellen voor activiteit 3.2c.

3.2 Modelling and Evaluation – a) En route to classical data-driven simulations

Op basis van het voorgestelde digital twin ontwerp en de architectuur van WPI hebben is samen met Universiteit Twente de eerste geïmplementeerde versie van het DT gerealiseerd. Momenteel kan de DT (i) de batterijen als natuurkunde-gebaseerd entiteiten weergeven; (ii) de fysieke batterijparameters schatten; (iii) een toestandsschatting berekenen om de toestand van de meter te voorspellen in geval van ontbrekende gegevens. Naast de twee componenten – natuurkunde-gebaseerd model prediction en state estimator - bestaat de proof-of-concept ook uit een derde component - een ML gebaseerde voorspelling component, die essentieel is voor scenario studies. Deze component wordt verder uitgewerkt onder activiteit 3.2c. Een eerste versie van de DT-setup is uitgerold, die iteratief wordt geupdate met nieuwe bevindingen en ontwikkelingen. Op dit moment wordt de DT in een lab omgeving gevalideerd.

3.2 Modelling and Evaluation – b) Hardware in the Loop (HIL)

In de afgelopen periode is gewerkt aan de selectie, aankoop en installatie van de HIL-apparatuur die de real-time simulatie van het energiesysteem van de Ecofactorij mogelijk moet maken. In november 2024 is de apparatuur geïnstalleerd in het Flexlab van Saxion, en is begonnen met het leren werken met deze apparatuur.

Parallel hieraan is gestart met het modelleren van het energiesysteem van de Ecofactorij, meer specifiek is er een model gemaakt van het energiesysteem van het kantoor van Sparkling Projects. Na afronding en validatie van dit model wordt er verder gewerkt op twee fronten. Ten eerste wordt het model geschikt gemaakt voor gebruik in de HIL-simulator. Ten tweede is er een student-project gemaakt waarin een student andere delen van de Ecofactorij modelleert, zodat deze toegevoegd kunnen worden aan de real-time simulatie. Er is een geschikte student gevonden die zal starten op 3/2/2025.



3.2 Modelling and Evaluation – c) ML-powered classical data-driven simulations

Zoals kort vermeld in activiteit 3.2a, richt deze activiteit zich op de ML gebaseerde voorspellingen component van de digital twin. Voor de ontwikkeling van dit component, is CRISP-DM gebruikt - een industriestandaard dataminingmethodologie – door gebruik te maken van de gegevens van het kantoor van Sparkling Projects. Hierdoor is het volgende bereikt.

- Verkennende data-analyse uitgevoerd voor de Sparkling Projects-gegevens, voortbouwend op het werk en het begrip van de gegevens behaald in activiteit 3.1.
- De state-of-the-art methoden voor uitlegbare tijdreeksvoorspelling beoordeeld.
- Deze voorspellingsmodellen geïmplementeerd en een vergelijkende studie uitgevoerd om het beste model (of de beste modellen) voor ons doel te bepalen.
- Een ML-modelontwikkelingspipeline opgezet, zodat we de ontwikkeling kunnen opschalen naar een groter aantal meters.
- Daarnaast zijn 3 afstudeer projecten en 2 studentengroepen van de DataScience en AI-module van Universiteit Twente begeleid, die hebben meegewerkt aan de voortgang van de activiteiten.

Werkpakket 4

4.1 Voorwaarden

De voorwaarden voor de smart grid software zijn succesvol vastgesteld, met een uitgebreide beschrijving van de ICT-infrastructuur die het voorgestelde systeem zal ondersteunen.

Documentatie en specificaties van essentiële componenten van de smart grid-software zijn bijgewerkt, waaronder de softwarearchitectuur, inputs en outputs, ManagedGrid API's, aansluitcontracten, elektriciteitstarieven en stuursignalen voor deelname aan elektriciteitsmarkten. Onderzoek naar capaciteitsallocatie-algoritmes voor industriële microgrids heeft plaatsgevonden, wat heeft geresulteerd in een afgeronde masterthesis.

Behaalde mijlpalen

Integratie van ManagedGrid:

ManagedGrid is opgezet als het platform voor elektriciteitsdataverwerking, waarbij gebruik wordt gemaakt van AI en InfluxDB voor realtime sturing, voorspellingen en interactie met externe systemen. Zie Figuur 4.

Ontwikkeling van het

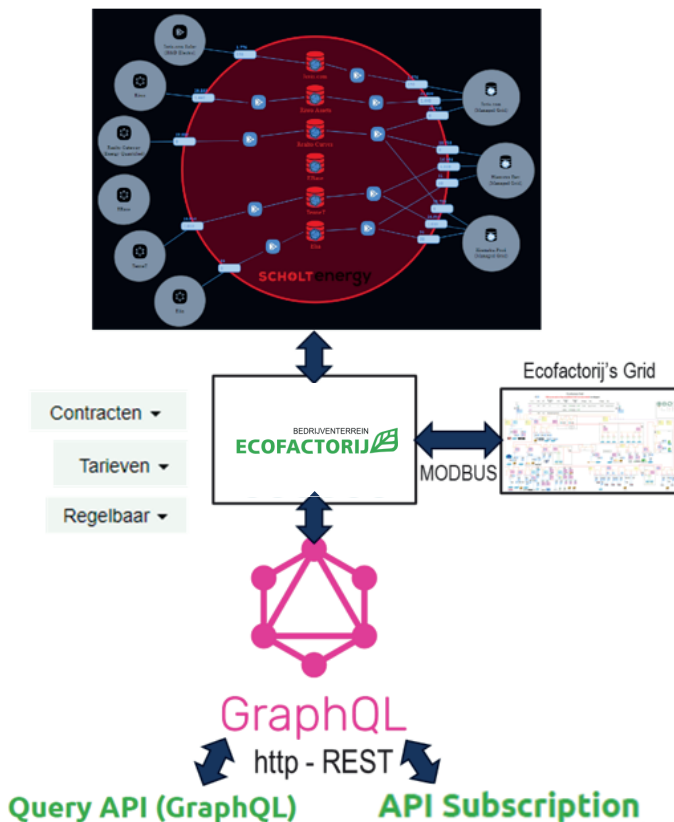
ICT-framework: Een uitgebreid ICT-infrastructuurplan is opgesteld, inclusief communicatiestandaarden, dataservices (zoals elektriciteitsmarkt voorspellingen) en technische specificaties om de smart grid software te ondersteunen.

Analyse van contracten en tarieven:

Aansluitcontracten en elektriciteitstarieven zijn geëvalueerd, waarbij is benadrukt dat effectief congestiebeheer nodig is om capaciteit en verbruik in balans te houden.

Integratie met

electriciteitsmarkten: Mechanismen voor interactie met elektriciteitsmarkten, zoals EPEX SPOT en balanceringsmarkten, zijn uitgewerkt, zodat flexibiliteitsassets kunnen reageren op prijssignalen en frequentiefluctuaties.



Figuur 4. Externe services en interactie met database.

4.2 Datamodel en Datavergaring

Het datamodel en de datavergaring structuur voor de smart grid software zijn succesvol gedefinieerd, met een duidelijke structuur voor databeheer. Deze fase richtte zich op het organiseren van gegevens vanuit de database van de Ecofactorij, het faciliteren van gegevensuitwisseling en het formaliseren van afspraken tussen de betrokken partners. De datastructuur van ManagedGrid omvat onder andere het elektrische systeem van de Ecofactorij, elektriciteitsmarkten, weergegevens en batterijen. Een databasearchitectuur is opgezet in lijn met de DT. Data wordt vergaard en gebruikt door de DT. Daarnaast is er een datawarehouse opgezet voor historische informatie om AI/ML-modellen te trainen. De database-architectuur ondersteunt de interne modellen, parameters en voorspellingen van de DT.

Behaalde mijlpalen

Definiëring van datastructuur: Er is een gedetailleerd timeseries data model ontwikkeld, georganiseerd in vier belangrijke reeksen (Ecofactorij, Elia, KNMI en TenneT) en gegroepeerd in 'Buckets' voor schaalbaar beheer van metingen, voorspellingen en stuursignalen.

Ontwikkeling van Saxflux: Een Python-script en een privaat GitHub-repository zijn opgezet voor efficiënte gegevensopslag, het ophalen van gegevens en samenwerking, zodat partners eenvoudig toegang hebben tot de benodigde data.

Samenwerkingsovereenkomst afgerond: De ondertekende overeenkomst over gegevensgebruik en -deling biedt duidelijke regels rond intellectueel eigendom, vertrouwelijkheid en het gebruik van resultaten, wat een transparante en veilige samenwerking bevordert.

4.3 Control System Design

Het eerste prototype van de smart grid software is met succes ontwikkeld en getest, waarbij een integratie is gerealiseerd tussen het ManagedGrid-energiebeheersysteem en de Digital Twin (DT)-functionaliteiten. Figuur 5 toont het voorgestelde systeem dat momenteel in ontwikkeling is. De basisfunctionaliteiten en architectuur van de smart grid software zijn vastgesteld, en experimenten voor bètatests en prototyping zijn gedefinieerd. Een echte batterij van VDL laat zien hoe de DT in staat is P-Q-setpoints van een grid-feeding batterij te bepalen op basis van de bedrijfseigen laadstrategie bij Sparkling Projects. Een tweede opstelling, gericht op Harbers Trucks, maakt gebruik van HIL-infrastructuur in het Energy Flexibility Lab van Saxion. Deze experimenten zullen de controlealgoritmen van de smart grid software verder vormgeven.

Behaalde mijlpalen

Integratie van prototype:

Influxdatabase Ecofactij is verbeterd om naadloos samen te werken met de DT, wat heeft geleid tot de ontwikkeling van het smart grid systeem. Deze integratie maakt real-time controleacties en voorspellende analyses mogelijk.

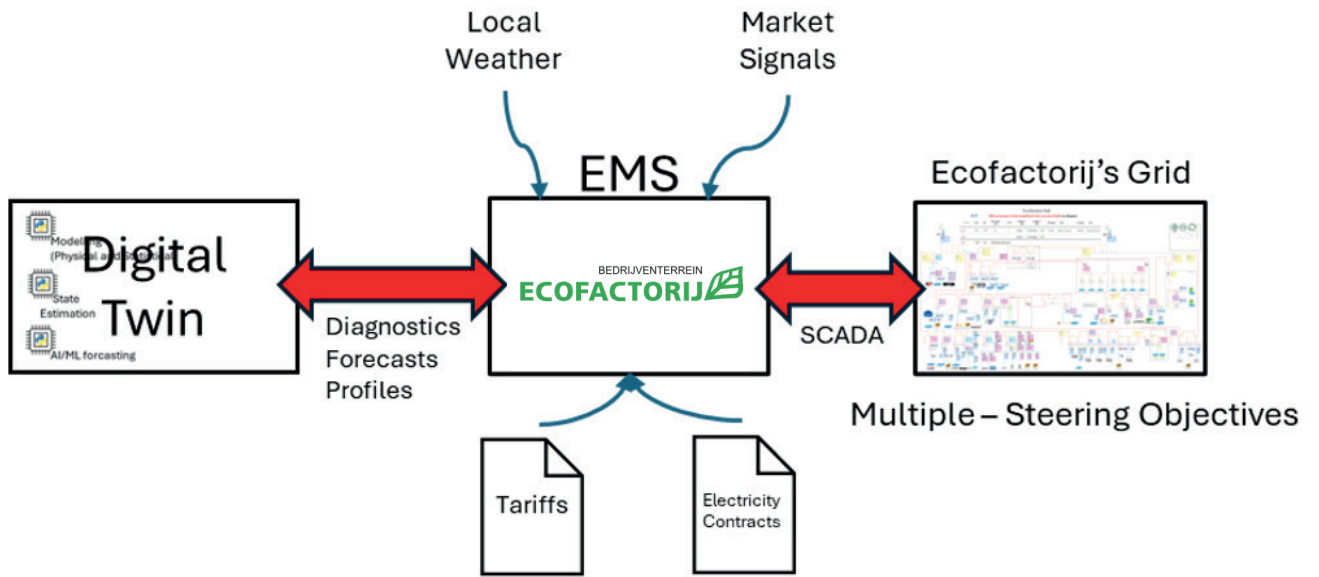
Proof-of-concept demonstraties:

- Een lithium-ion batterijopstelling (e-PU60) bij Sparkling Projects is getest om de capaciteit van de DT te valideren in het beheren van P-Q-setpoints binnen de grenzen van contractuele capaciteiten. Deze opstelling wordt weergegeven in Figuur 6.
- Een tweede opstelling, gebruikmakend van HIL-infrastructuur in het Energy Flexibility Lab van Saxion, simuleert het elektriciteitsnet en valideert de capaciteit van de DT om fysiek systeemgedrag te repliceren.

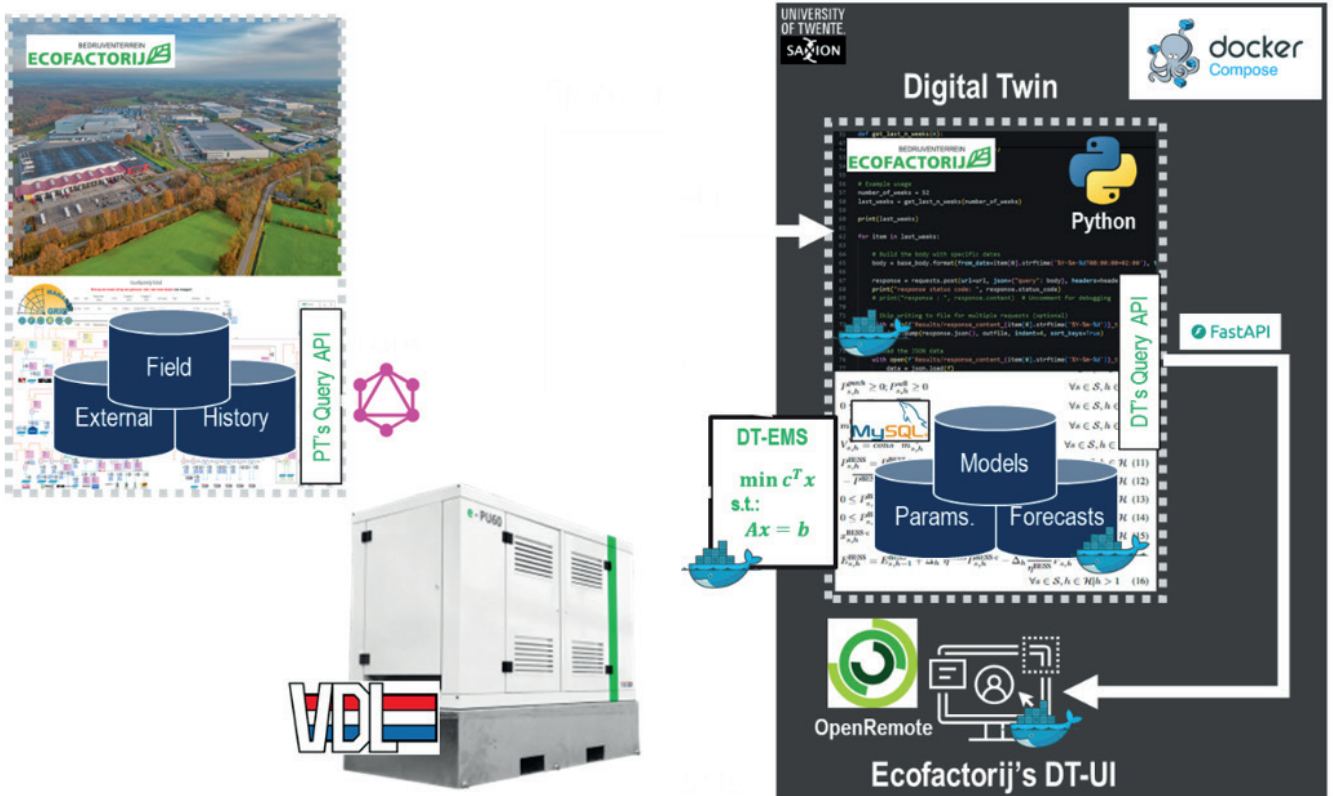
Ontwikkeling en testen van

algoritmen: Controlestrategieën en AI/ML-algoritmen zijn ontwikkeld en gevalideerd met behulp van DEMKit.

Haalbaarheidsbeoordeling: Deels zijn de resultaten van het prototype beoordeeld en gevalideerd door projectpartners, waarmee de afstemming met de doelen op bedrijventerrein-niveau is gewaarborgd en noodzakelijke aanpassingen voor optimale systeemprestaties zijn voorgesteld.



Figuur 5. Smart Grid Software.



Figuur 6. Set-up met VDL 's e-PU60 batterij systeem.

Werkpakket 5

Voor dit werkpakket zijn initiële stappen gezet om de ontwikkelingen van de architectuur in praktijk te kunnen brengen. Er zijn hierbij 2 belangrijke ontwikkelingen:

1. Een aantal ontwikkelingen van het energiemanagementsysteem en de DT zijn al van waarde voor de Ecofactorij. Een voorbeeld hiervan is de ontwikkelde module om de efficiëntie van de zonnepanelen te bepalen om zo schade, vuile panelen, etc. te kunnen detecteren. Momenteel wordt gewerkt aan de integratie van deze software module in het Ecofactorij framework.
2. De ontwikkelde aansturing voor de batterij zal worden getest in samenwerking met VDL. Hiervoor heeft de Universiteit Twente haar software gekoppeld met een SCADA systeem simulator van de batterij die geleverd is door VDL. Op deze manier is de aansturing getest.

Werkpakket 6

6.1 Uitbreiden smart grid m.b.t. voorspelbaarheid en optimaal inzetten capaciteit

In Januari 2024 is de eerste kleine batterij, welke opgesteld is bij het kantoor van Sparking Projects op het bedrijventerrein Ecofactorij, succesvol ingeregeld met een nieuw sturingsprogramma. Hiermee wordt beoogd de levensduur van het accupakket te verlengen. Tot en met de levering van de eerste grote batterijen is met deze kleine batterij het sturingsprogramma verder ontwikkeld en uitgebreid. In het 2e kwartaal van 2024 is de 2e volledig stuurbare asset in bedrijf gegaan. Dit is het verwarmingssysteem van het kantoor van Sparkling Projects. Hiermee is het AI/ML-model voor de smart grid sturing uitgebreid met een nieuw type asset. De volledige aansturing van dit systeem is geïntegreerd in het stuurprogramma van de Ecofactorij (beheerd door Managed Grid).

Het systeem is opgenomen in de digital twin. De hardware ontwikkeling van dit systeem heeft raakvlakken met een ander MOOI project, namelijk MOOI 32016 – De Nederlandse warmtepompfabriek.

Begin het 3e kwartaal van 2024 heeft de kleine batterij gekampt met onvoorspelbare uitval tijdens schakelacties. Een uitgebreide analyse is gedaan van zowel factoren intern als extern van de batterij. Hierbij is simultaan getest met de 2e kleine batterij bij VDL Energy Systems in Almelo. Met enkele aanpassingen aan de datacommunicatie zijde zijn de problemen verholpen. Een uitgebreide uitwerking van de bevindingen zal begin 2025 uitgevoerd worden.

6.2 Inregelen batterijen smart grid

Eind 3e kwartaal van 2024 is de levering van de grote batterijen gestart. Eind 4e kwartaal is de laatste batterij opgeleverd. 4 van 9 grote batterijen staan tijdelijk aangesloten in afwachting van hun definitieve standplaats. Dit in verband met levertijden van aansluitonderdelen en/of vergunningen.

Eind 2024 zijn 9 van de in totaal 11 batterijen volledig operationeel en worden op secondebasis nauwkeurig aangestuurd, dit voor: peakshaving, netstabilisatie en cosinus phi correctie op de Ecofactorij. Daarnaast worden de batterijen ingezet voor diverse elektriciteits- en balanceringsmarkten.



Figuur 7. Batterijen Ecofactorij.

6.3 Implementatie lokale sturing

Het sturingsprogramma is uitgebreid met een AI/ML-model wat 4-uursvoorspellingen maakt van de diverse energiemarkten. Gedurende de productie en uitlevering zijn de grote batterijen verder door ontwikkeld door VDL Energy Systems. Verschillende verbeteringen op het gebied van veiligheid, communicatie en kwaliteit zijn doorgevoerd.

Hiernaast is het gehele smart-grid voorzien van temperatuurmeting op de elektriciteitskabels om maximale controle te houden tijdens piekverbruiken. In combinatie met de cosinus phi correctie kan bijna 50% meer vermogen gevraagd worden zonder de elektriciteitskabels te vervangen. In 2024 is de intern piekverbruik 18 MW geweest op een netaansluiting bij Liander van 11 MW.

6.4 Systeemintegratie

Gedurende 2024 zijn verschillende zonnedaken en 2 zonneparken stuurbaar gemaakt binnen het smart grid. Eén zonnepark is operationeel en één zal begin 2025 in bedrijf gesteld worden. Hiermee is alle huidige zon opwek binnen het smart grid volledig centraal aanstuurbaar geworden.

Werkpakket 7

De activiteiten van dit werkpakket zijn nog niet gestart, aangezien de benodigde input van werkpakketten 2 t/m 6 nog niet voorhanden is. Er is wel geconstateerd dat een deel van activiteit 7.1, de evaluatie van de maatschappelijke acceptatie, beter uit de verf komt als die ook vooraf wordt onderzocht. Daarom zijn sommige werkzaamheden rondom deze taak inmiddels wel gestart, er wordt door de betrokken onderzoekers nauw samengewerkt met werkpakket 2 om de juiste input te krijgen.

Werkpakket 8

In 2024 zijn twee algemene informatiebijeenkomsten georganiseerd op Ecofactorij. Bij deze bijeenkomsten is een presentatie gegeven en was er ruimte voor vragen en discussies. Hiernaast zijn er bezoeken/informatiebijeenkomsten georganiseerd aan Ecofactorij door ManagedGrid, GEA en DuurzaamheidscentrumDeventer.

Tevens is een Master's thesis en 2 wetenschappelijke publicaties verschenen. Daarnaast zijn bevindingen en concepten gepresenteerd op de Smart Energy Hubs Conference 2024 in Enschede.

Wetenschappelijke publicaties:

- D. H. Matena, "Investigating Holarchies to Perform Capacity Allocation in Smart Grids," Master's thesis, University of Twente, Enschede, The Netherlands, Sep. 2024. [Online]. Available: <http://essay.utwente.nl/103581/>
- J. C. López, J. Reuling, G. Hoogsteen, and J. L. Hurink, "Developing Digital Twins for Industrial Microgrids: The Ecofactorij Case Study," presented at the Smart Energy Hubs Conference, Enschede, The Netherlands, Nov. 2024. [Online] Available: <https://conferentie.smartenergyhubs.eu/wp-content/uploads/2024/11/Book-of-abstracts.pdf>
- J. Reuling, B. Nijenhuis, G. Hoogsteen and J.L. Hurink, "Optimizing Electric Vehicle Charging Through a Real-Time Control Mechanism" Okt. 2024.

Saxion heeft een promotiefilmpje voor "het Flexlab" gemaakt, waarin o.a. wordt aangestipt hoe Saxion bijdraagt aan de ontwikkelingen rondom het energiesysteem van de Ecofactorij. Hieraan is meegewerkt door zowel Sparkling Projects als het parkmanagement van Ecofactorij. Het filmpje is hier te zien: https://www.youtube.com/watch?v=3hP6TL_qu2o&t=42s

Knelpunten

De installatie en ingebruikname van grootschalige fysieke infrastructuur, zoals lithium-ion batterijen, in omgevingen met kritische industriële processen, zoals de Ecofactorij, vereist voortdurende aanpassingen en herschikkingen. Hierdoor is het cyber-fysieke systeem, zoals weergegeven in Figuur 2, ten tijde van dit rapport voortdurend in ontwikkeling en kan het afwijken van de uiteindelijke versie bij voltooiing van het project. De resultaten van WPI zullen als fundament worden beschouwd voor de andere WPs. Voor toekomstige projecten is het belangrijk om rekening te houden met de inherente onzekerheid in het ontwerp van cyber-fysieke systemen bij het plannen van de tijdlijn voor de activiteiten.

Het verkrijgen van real-time data uit complexe fysieke systemen zoals de Ecofactorij brengt diverse uitdagingen met zich mee. Zo ontbreekt er soms data in bepaalde velden, is data slechts beschikbaar voor specifieke tijdsperiodes, of kan de data wel op het dashboard worden bekeken, maar niet via de API worden opgehaald. Om deze problemen op te lossen, zijn op maat gemaakte methoden voor datacleaning, classificatie en augmentation methodes nodig, zodat de digitale tweeling (DT) goed kan aansluiten op het fysieke systeem. Dit proces neemt het grootste deel van de ontwikkelingstijd van de DT in beslag.

De meeste data van de Ecofactorij betreft elektrische energie, waardoor de toepasbaarheid voor andere energievormen, zoals thermische energie of vervoer, beperkt is. Bij Sparking Projects omvat het energiesysteem onder andere een warmtepomp en een e-boiler, wat kleine schaalstudies met deze apparaten mogelijk maakt. De overige infrastructuur van de Ecofactorij blijft echter sterk gericht op elektriciteit, aangezien de Ecofactorij geen informatie biedt over interne processen van de andere bedrijven.

De werking van batterijen binnen het project kent meerdere doelen: bedrijven proberen hun flexibiliteit te benutten om de capaciteit voor verbruik en productie te vergroten en tegelijkertijd extra winst te genereren, wat de terugverdientijd van de investering verkort.

Wanneer de batterijen niet worden ingezet voor het herschikken van lokaal verbruik of productie, kunnen ze deelnemen aan de onbalansmarkt, wat aanvullende financiële voordelen oplevert. Tegelijkertijd bestaan er onzekerheden over de impact van deze controleacties op batterijdegradatie—met name het "jojo-effect" van de onbalansmarkt—en over de optimale strategie om beide doelen in één systeem te integreren.

Perspectief voor toepassing

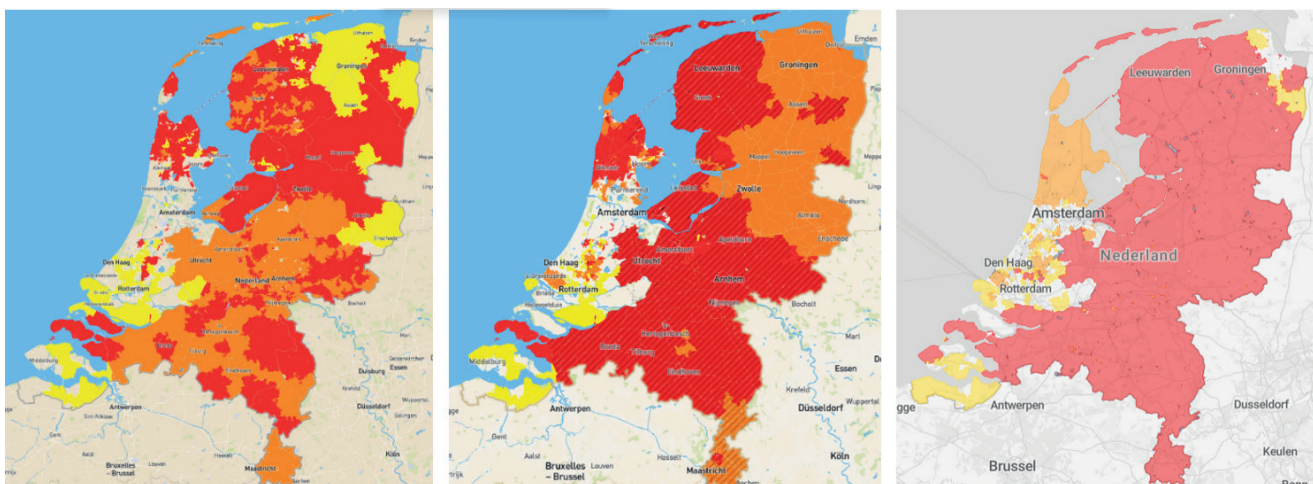
De capaciteit van het Nederlandse elektriciteitsnet is op sommige momenten ontoereikend om te voldoen aan de vraag van zowel leveranciers van duurzaam opgewekte elektriciteit als de vraag van grootverbruikers. Op de capaciteitskaart van Netbeheer Nederland, Figuur 8, is te zien dat de netcongestie is toegenomen in de periode van de subsidieaanvraag tot heden. Ook de congestieproblemen van TenneT zullen met het huidige tempo van elektrificatie alleen maar toenemen. Veel bedrijven kunnen nu geen nieuwe aansluiting krijgen op het elektriciteitsnet en ook is er geen ruimte meer voor de inpassing van grootschalig duurzaam opgewekte elektriciteit.

Het project is vooruitstrevend op het gebied van netcongestie en flexibiliteit.

De architectuur die in WP1 is gepresenteerd voor de Digital Twin is een algemeen en flexibel concept. Het is niet alleen toepasbaar in industriële bedrijvenparken, maar ook in soortgelijke projecten met flexibele elektriciteitsassets, zoals energiegemeenschappen, energiehubs en microgrids. Dit omvat zowel AC- als DC-systemen, evenals net-gekoppelde en geïsoleerde multi-energiesystemen.

De algoritmes en software die ontwikkeld zijn als onderdeel van het "proof-of-concept" in activiteit WP4 kunnen door projectpartners worden ingezet voor andere projecten en producten. Deze technologieën zijn ontworpen om de mogelijkheden van batterij-energieopslagsystemen (BESS) te vergroten, zodat ze meerdere diensten binnen één systeem kunnen leveren, ongeacht welke partij eigenaar of beheerder is.

Gezien de dringende noodzaak om congestieproblemen in Nederland aan te pakken, biedt deze strategie een krachtig hulpmiddel voor BESS-fabrikanten en industriële afnemers om hun aansluiting op het elektriciteitsnet optimaal te benutten. Het stelt hen in staat om piekvraag of productieniveaus die hun gecontracteerde capaciteit benaderen beter te beheersen en tegelijkertijd de terugverdientijd te verkorten. Nu de kosten van lithiumbatterijen gestaag dalen, worden deze lokale oplossingen voor netcongestie steeds economischer en duurzamer.



Figuur 8. Capaciteitskaart invoeding elektriciteitsnet. Links september 2022 (moment van subsidieaanvraag), midden januari 2024 (moment van schrijven eerste voortgangsrapportage), rechts januari 2025 (moment van schrijven tweede voortgangsrapportage).

Bijdrage project

Beschrijving van de bijdrage van het project aan de doelstellingen van de regeling.

Dit project richt zich op de MOOI-missie Elektriciteit en in het bijzonder op innovaties als integraal onderdeel van hernieuwbare elektriciteitsproductieparken op land of binnenwater. Centraal staat de benutting van lokaal duurzaam opgewekte elektriciteit door middel van het samen brengen van verschillende energiesystemen, software en kennis. Parallel aan de techniek wordt de inbedding in de maatschappelijke context onderzocht. Dit varieert van het vernieuwde elektriciteitsnet, tot de ruimtelijke omgeving. Doel van het project is om tot een gebiedsoplossing te komen voor een voorspellend (machine learning), zelflerend en regulerend schaalbaar smart grid systeem. Tijdens het project ligt de focus op bedrijventerreinen waarbij gekeken wordt om in co-creatie tussen technologiebedrijven en gebruikers een schaalbaar energiesysteem te ontwikkelen.

Spin off binnen en buiten de sector

Er zijn geen spin off projecten opgestart. Wel wordt er gekeken of er een koppeling kan worden gemaakt met het MOOI EIGEN project. Tools voortkomend uit het EIGEN project kunnen worden ingezet op Ecofactorij maar ook kan het opensource systeem van Ecofactorij worden getoetst bij EIGEN. Firan kan hier de verbindende partij zijn tussen het smart grid op Ecofactorij en EIGEN.

Overzicht openbare publicaties

Op de website van Ecofactorij is een projectpagina aangemaakt waar tevens updates worden bijgehouden:
<https://ecofactorij.nl/project/mooi-project/>

Contactpersonen voor meer informatie

Sparkling Projects
Steven Lobregt
sl@sparklingprojects.nl
+055-5401910