



# **Waterbatterij, Gebruik van een gebouw als batterij voor Zon-PV installaties (TEHE117040) Openbaar eindrapport**

Date: Oktober, 2022  
Contact person: Dennis Heijkoop

Version: 1  
Revision: 10  
Status: Final

## Inhoudsopgave

1	Samenvatting uitgangspunten en doelstelling .....	3
1.1	Aanleiding .....	3
1.2	Beschrijving onderzoek .....	3
2	Beschrijving van de behaalde resultaten .....	4
2.1	Algemeen .....	4
2.2	Technisch .....	4
2.3	Business case.....	4
2.4	Conclusies en aanbevelingen .....	5
3	Beschrijving van de bijdrage van het project aan de doelstellingen van de regeling .....	6
3.1	Algemeen .....	6
3.2	Bredere toepassingsmogelijkheden .....	6
3.3	Een aantoonbare vergroting van de mogelijkheid om hernieuwbare energie op te wekken .....	7
3.4	Een schaa sprong in de techniek die bij normale uitontwikkeling niet verwacht zou zijn .....	8
4	Spin off binnen en buiten de sector .....	8
5	Overzicht van openbare publicaties over het project .....	8

## 1 Samenvatting uitgangspunten en doelstelling

### 1.1 Aanleiding

Door het aansluiten van allerlei duurzame energiebronnen, maar met name zon en wind, zullen de enkele tientallen grote centrale energie opwekcentrales de komende jaren vervangen/aangevuld worden door enkele duizenden tot tienduizenden kleinschalige opwekinstallaties (zon, wind, biomassa). Het elektriciteitsnetwerk is daartoe niet op alle plaatsen geschikt en is gebaat bij zo min mogelijk energietransport via het elektriciteitsnetwerk.

Eén van de duurzame bronnen is zon PV. Veelal wordt deze elektrische energie geproduceerd op de daken van gebouwen. Een deel van deze elektriciteit wordt in het gebouw zelf gebruikt, maar een groot deel van de elektriciteit wordt aan het elektriciteitsnet terug geleverd. Dit zorgt voor een minder rendabele business case voor de eigenaar van de Zon PV installatie en meer elektriciteitstransport op het elektriciteitsnetwerk wat slechts een beperkte capaciteit heeft.

Doel van het project is om de pieken op het elektriciteitsnet te verminderen door toepassing van de Waterbatterij, een elektrische boiler die gekoppeld wordt aan de elektriciteitsmarkten. Onbalanshandel stuurt hierin. Indien er teveel elektriciteit op het net is, zal de onbalansprijs laag zijn en wordt de Waterbatterij geladen.

### 1.2 Beschrijving onderzoek

In dit project is de Waterbatterij ontwikkeld, gerealiseerd, getest en gedemonstreerd. Dit project is in samenwerking met Matojo, Advanced Electromagnetics, Vattenfall (eerder Senfal) en TNO uitgevoerd. Matojo en Advanced Electromagnetics hebben de hardware en de lokale sturing van de Waterbatterij ontwikkelt, Vattenfall heeft inhoudelijk bijgedragen aan de koppeling van de Waterbatterij met de elektriciteitsmarkt en het aansturen van de Waterbatterij. TNO heeft de variantenstudie en de integratie van de Waterbatterij met de elektriciteitsmarkt verzorgd en heeft tevens een bijdrage geleverd in de analyse van de pilot- en demonstratie installaties. Hieronder staat dit in een tabel weergegeven:

WP of Fase	Korte beschrijving	Uitvoerders (met namen)	Geplande begin- en einddatum	Gerealiseerde begin- en einddatum
1	Ontwikkeling Waterbatterij	AE, Matojo, Senfal en TNO	Jan 2018-mei 2019	Jan 2018-dec 2019
2	Productie en integratie Waterbatterij	AE, Matojo	Feb 2019 – Sep 2019	Feb 2019 – mrt 2021
3	Veldtesten en validatie Waterbatterij	AE, Matojo, Senfal en TNO	Juli 2019-sep 2020	Feb 2020- nov 2021
4	Projectmanagement en disseminatie	AE, Matojo, TNO	Jan 2018- dec 2020	Jan 2018- dec 2021

Dit project is uitgevoerd midden in “Coronatijd”. Hierdoor zijn er 2 in plaats van 4 demonstratie installaties gerealiseerd. De kenmerken van de demonstratie installaties zijn als volgt:

Demo	Locatie	Volume buffervat(en)	Elektrisch vermogen	Warmte afgifte	Aansturing
1	AE Magnetics, Industrieweg 78, Waalwijk	1.500 liter	72 kW	Via een koeler aan de omgeving	Tertiaire reserve*
2	Willem van Oranje Scholengroep, De Gaard 4, Waalwijk	2x 500 liter	84 kW	Aan CV systeem door koppeling op retourleiding	Day Ahead + passief onbalansmarkt

\* Tertiaire reserve wordt ook wel noodvermogenpool genoemd. In deze pool zitten elektrische apparaten die TenneT kan aanroepen indien TenneT voor langere tijd – tot enkele uren – noodvermogen nodig heeft. Tertiaire reserve kan toegepast worden om elektriciteit aan het elektriciteitsnet te leveren (bijv. een WKK harder laten draaien) of om electriciteit van het net te onttrekken (bijv. Waterbatterij).

## 2 Beschrijving van de behaalde resultaten

### 2.1 Algemeen

Dit project heeft veel inzichten opgeleverd voor het ontwikkelen van een Waterbatterij met onbalanssturing in al haar facetten. Deze inzichten zijn niet alleen van toepassing op de Waterbatterij zelf, maar zijn ook nuttig voor andere partijen die met energie flexibiliteit een business case willen bouwen.

Samenvattend zijn de volgende lessen geleerd:

### 2.2 Technisch

**Inpassing in gebouw:** De Waterbatterij heeft een bepaalde omvang en dit moet passen in het gebouw. Daarnaast moet de elektra aansluiting van het gebouw en de lokale aansluiting groot genoeg zijn. Eventueel kan gewerkt worden met een realtime meting om totaal vermogens te beperken.

**Ketenafhankelijkheid:** Sturing op basis van energieprijzen is mogelijk gebleken echter er waren in dit project een aantal ICT schakels nodig om dit voor elkaar te krijgen. Indien één van de schakels in de keten uitviel, functioneerde het gehele systeem niet meer. Deze afhankelijkheid is op dit moment problematisch voor een continue dienstverlening. Een kleinere en robuustere keten is noodzakelijk voor een haalbare business case.

**Diverse elektriciteitsmarkten:** Het project heeft aangetoond dat de Waterbatterij een significante hoeveelheid flexibiliteit biedt en gekoppeld kan worden met de day-ahead, passieve onbalans en tertiaire reservemarkten, ondanks de relatief kleine omvang ten opzichte van normale spelers op de energiemarkt.

### 2.3 Business case

**Investeringskosten:** De investeringskosten van de Waterbatterij bestaan uit de Waterbatterij zelf en de installatie/integratiekosten. De Waterbatterij moet aangesloten worden op zowel het elektrische systeem van het gebouw als ook op het verwarmings/warmwatersysteem. De installatie/integratiekosten kunnen meer dan de helft van de realisatiekosten bedragen. Wanneer de elektrische aansluiting en technische ruimte (waar de CV installatie in staat) dicht bij elkaar zijn, zal dit gunstig zijn voor de installatiekosten.

**Huidige energiecontracten:** Veel gebouw eigenaren hebben energiecontracten voor langere termijnen van één of meerdere jaren afgesloten. Wanneer met de Waterbatterij op onbalans of APX prijzen gestuurd wordt, dient een vast energiecontract omgezet te worden naar een flexibel energiecontract. Hier zitten vaak hoge boetes aan verbonden, wat nadelig is voor de business case.

Voor de Waterbatterij als Tertiair vermogen hoeft het elektriciteitscontract niet noodzakelijkerwijs gewijzigd te worden. Wel geldt als randvoorwaarden dat er geen elektriciteitsinkoop op profielbasis aanwezig kan zijn.

**Zonnepanelen:** Indien er zonnepanelen op een gebouw liggen, of er zijn plannen om (extra) zonnepanelen te plaatsen kan de Waterbatterij hier positief aan bijdragen indien de teruglevering is gemaximeerd door de netbeheerder.



Figuur 1: Prototype Waterbatterij met een inhoud van 1500l.

## 2.4 Conclusies en aanbevelingen

De voorgaande opmerkingen zijn kritisch aangaande een haalbare business case. Toch zijn er plaatsen waar de Waterbatterij kan leiden tot een interessante case. Een optimale business case vanuit het perspectief van een eindgebruiker, te weten een gebouwbeheerder-gebouweigenaar, heeft de volgende kenmerken:

- De investeringskosten zijn zo laag mogelijk, te weten er kan gebruik gemaakt worden van bestaande elektra infrastructuur en de elektrische aansluiting in de buurt zit van de technische ruimte.
- Er kan jaarrond nuttig gebruik gemaakt worden van de door de Waterbatterij geproduceerde warmte (bijv. sportfaciliteiten, industriële processen met warmtevraag).
- Zonnepanelen of plannen om deze te installeren.
- Geplande vervangingsinvestering van bijvoorbeeld de gasketel.
- Elektraverbruik hoger dan 50.000 kWh/jaar en gasverbruik lager dan 170.000 m<sup>3</sup>/j
- Contract elektrische energie niet op basis van profiel maar op basis van actueel verbruik.

Om met dit concept verder te gaan zijn er de volgende aanbevelingen/vervolgstappen:

- Ontwikkel een robuustere aansturing met minder ketenafhankelijk erin. Robuustheid is essentieel voor een haalbare case
- Optimaliseer het technisch ontwerp. De kosten voor de gerealiseerde demo installaties zijn zeer hoog geweest. Onder andere doordat een aantal onderdelen robuuster zijn uitgevoerd dan nodig. Door meer uit te gaan van standaard beschikbare onderdelen zoals buffertanks en heaters kunnen de kosten sterk dalen.

- Veel gebouwen onderzoeken de mogelijkheden tot duurzame verwarming. Warmtepompen (lucht/water of water/water) zijn reëel opties. Het Waterbatterij concept zoals in dit rapport beschreven kan daar op aansluiten door:
  - o Het buffervat nodig voor de Warmtepomp te vervangen voor een Waterbatterij
  - o Nuttig gebruik te maken van de reeds voor de Warmtepomp noodzakelijke elektrische aansluiting
- Dit onderzoek heeft laten zien dat sturing op basis van onbalansprijzen veel implicaties heeft die niet opwegen tegen het verwachte verdiensten. Voor een Waterbatterij die wordt aangestuurd op basis van de koppeling met zon PV en tertiair vermogen lijken wel financieel en technisch haalbare mogelijkheden.

### 3 Beschrijving van de bijdrage van het project aan de doelstellingen van de regeling

#### 3.1 Algemeen

De regeling Hernieuwbare Energie stimuleert de volgende type projecten:

1. Projecten die de productie van hernieuwbare energie voor een kalenderjaar goedkoper maken. Deze technieken staan in de Regeling aanwijzing categorieën duurzame energieproductie (de SDE++-aanwijsregeling), hierna: SDE++-technieken.
2. Projecten die de productie van windenergie op zee goedkoper maken.
3. Projecten die de opwekking en opslag van duurzame energie combineren.
4. Projecten die de opwekking en slimme regeling (smart grids) van duurzame energie op decentraal niveau combineren.
5. Projecten die hernieuwbare energie-opties betreffen niet in de SDE++ zitten én waarop additionele productie haalbaar kan zijn door innovatie. Dit betreft de opties zonnewarmte, kleinschalige (<15 kWp) of niet aan het net gekoppelde zon PV-systemen, ondiepe bodemenergie (<500m) en buitenluchtwarmte (de laatste twee gebruiken warmtepompen als techniek).

Dit project valt in de bovenstaande categorie type 3 en/of 4. Hiervoor zijn de volgende doelstellingen geformuleerd:

- bredere toepassingsmogelijkheden (de techniek komt binnen bereik van andere doelgroepen in de markt);
- een aantoonbare vergroting van de mogelijkheid om hernieuwbare energie op te wekken, bijvoorbeeld op decentraal niveau waar de grenzen bereikt zijn van wat er ingepast kan worden in het net; en/of
- een schaa sprong in de techniek die bij normale uitontwikkeling niet verwacht zou zijn, bijvoorbeeld in de efficiency van een warmtepomp.

Hieronder staat de bijdrage van dit project op de bovengenoemde subdoelstellingen:

#### 3.2 Bredere toepassingsmogelijkheden

In dit project is een elektrische boiler geïntegreerd in een gebouwde omgeving en gekoppeld aan diverse energiemarkten. De koppeling is nog niet in alle gevallen robuust genoeg, maar de mogelijkheid is aangetoond en dit geeft bredere toepassingsmogelijkheden van elektrische boilers in de bebouwde omgeving.

Voorbeelden van bredere toepassing van de Waterbatterij zelf:

- Waterbatterij in combinatie met Warmtepomp. Voor een warmtepomp zijn veelal reeds buffervaten en elektrische aansluitingen nodig. Hierdoor zullen de investeringskosten van de Waterbatterij lager worden.

Bredere toepassing van de technologieën die in dit project zijn (verder) ontwikkeld:

- Datamodellen voor het uitwisselen van energie flexibiliteit.  
Dit project heeft bijgedragen aan het standaardiseren van EFI (Energy Flexibility Interface) in werkgroep 18 van de Europese standaardisatieorganisatie CENELEC, technisch comité TC205. Deze standaard, EN 50491-12-2, die in de loop van 2022 gepubliceerd wordt, moet er voor zorgen dat apparaten in gebouwen op een gestandaardiseerde, uniforme manier hun energie flexibiliteit beschikbaar kunnen stellen aan marktpartijen. Daar waar nu kleine silo's ontstaan waarbij interoperabiliteit problematisch is, heeft deze standaard het doel dit landschap te uniformeren waardoor keuze vrijheid ontstaat voor de consument en opschaling versneld wordt. Dit is van cruciaal belang om energie flexibiliteit in te kunnen zetten als (deel)oplossing voor congestieproblemen in de elektriciteitsnetwerken, veroorzaakt door de groeiende hoeveelheid decentrale productie (PV, wind) en stijgende consumptie (EV, Warmtepompen).
- Energy System Description Language (ESDL)  
In het begin van dit project zijn de eerste stappen gezet met ESDL, als technologie in de variantenstudie en simulatie daarvan. ESDL is een uniforme taal om energiesystemen (zoals die van de Waterbatterij) op een gestructureerde manier te beschrijven. Ook hier is interoperabiliteit een doel, maar dan voornamelijk voor simulatieomgevingen van energiemodellen. ESDL heeft de afgelopen vier jaar een flinke ontwikkeling doorgemaakt en wordt op dit moment door steeds meer partijen in de markt gebruikt, van energie adviseurs, tot warmtebedrijven, met als voornamelijk doel het transparant adviseren van overheden bij het maken van keuzes in de energietransitie. Zie voor meer informatie <https://www.esdl.nl/>.
- dEF-Pi  
Het dEF-Pi platform is ingezet om de communicatie te verzorgen tussen de Waterbatterijen en de Waterbatterij Manager. Ook hierin zijn verbeteringen aangebracht die ten goede komen aan de open-source community (zie <https://github.com/flexiblepower/defpi-core> en <https://fan-ci.sensorlab.tno.nl/builds/defpi-documentation/master/html/> ). Daarnaast blijft TNO dit (verbeterde) platform inzetten, in samenwerking met externe partij(en), in de pilots die het doet, zoals op Ameland in H2020 IANOS, in Eindhoven in H2020 InterConnect en in Alkmaar in H2020 POCITYF.

Bredere toepassing van de ervaringen en lessons-learned uit dit project:

- GO-e  
Dit project heeft waardevolle praktijkervaring opgeleverd t.a.v. handelen op de energiemarkten en het afroepen van flexibiliteit. Dit gaat verder dan de technische aspecten. Zoals aangegeven spelen ook contractuele aspecten een zeer belangrijke rol. In 2021 is het GO-e project van start gegaan (een consortium bestaande uit netbeheerders, industrie en kennisinstellingen; RVO Top Sector Energie, MOOI subsidieregeling), waarin de waarde van flexibiliteit in de gebouwde omgeving onderzocht wordt. Netbeheerders hechtten veel waarde aan dit project omdat het inzicht gaat geven of flexibiliteit een oplossing biedt voor de (toekomstige) congestie in hun netwerk in de gebouwde omgeving door het verdere inzet van warmtepompen, elektrische auto's en Zon PV. De ervaringen uit dit project worden meegenomen in GO-e op het gebied van effectiviteit van afroepmechanismen, en de inschatting over welk deel van de theoretische flexibiliteit nu daadwerkelijk gebruik kan worden in de praktijk. Daarin wordt ook gekeken naar het gebruik van kleine hoeveelheden flexibiliteit achter de aansluiting en de opschaling en het vermarkten daarvan.

### 3.3 Een aantoonbare vergroting van de mogelijkheid om hernieuwbare energie op te wekken

De uitgebreide modelstudies uitgevoerd binnen dit project laten zien dat een elektrische boiler kan zorgen voor extra zonnepanelen op een aansluiting. In de praktijk is dit nog niet voldoende aangetoond, onder andere doordat de koppeling met de energiemarkten onvoldoende robuust is.

Wat wel aangetoond is, zij het in kleine mate, is een reductie van het gebruik van gas voor verwarming van het gebouw door inzet van de Waterbatterij. Hiermee draagt het bij aan de aardgas-vrij doelstellingen van Nederland en wordt CO<sub>2</sub> uitstoot vermeden.

### 3.4 Een schaa sprong in de techniek die bij normale uitontwikkeling niet verwacht zou zijn

Technologie is helaas niet de bepalende factor geweest voor een haalbare business case en opschaling. Factoren als contracten, financiële budgetten en fysieke beperkingen van de locatie waren dermate bepalend dat tot op heden opschaling niet gelukt is, ondanks de inzet van slimme aansturing en gestandaardiseerde interfaces voor energieflexibiliteit. Deze eerder genoemde gestandaardiseerde interface kan wel een game-changer zijn en voor een schaa sprong zorgen, zowel in Nederland als Europa, maar de adoptie laat voorlopig nog op zich wachten, omdat deze pas in de loop van 2022 beschikbaar komt.

## 4 Spin off binnen en buiten de sector

Een vervolg op dit project zal gegeven worden wanneer er perspectief is op een haalbare business case. We zien mogelijkheden tot vervolg indien de gasprijs harder stijgt dan de elektraprijs. Focus zal dan liggen op de combinatie met warmtepompen zoals in par. 3.2 genoemd.

Kennis en kunde uit dit project wordt verder gedissemineerd binnen TNO en via de eerder genoemde technologieën die genoemd zijn over “bredere toepassingen”.

## 5 Overzicht van openbare publicaties over het project

Dit openbare rapport is digitaal beschikbaar en te bestellen bij onderstaande contactpersonen.

Tevens is er vanuit TNO een presentatie over dit project beschikbaar die ook is op te vragen bij onderstaande contactpersonen.

Contactpersonen:

- TNO: Ewoud Werkman, [ewoud.werkman@tno.nl](mailto:ewoud.werkman@tno.nl), 06-12479610
- Matojo: Dennis Heijkoop, [dennis@matojo.nl](mailto:dennis@matojo.nl), 06-15093296

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.