



JOUW
ENERGIE
MOMENT

JOUW ENERGIE MOMENT GEAGGREGEERDE OPSLAG

Eindrapport

Jouw Energie Moment is een pilot van vier samenwerkende partners:



PROJECTGEGEVENS

Dit project is uitgevoerd in het kader van innovatieprogramma TKI Urban Energy.
Hiervoor is gebruik gemaakt van de subsidieregeling Urban Energy.

Projectnummer:	TEID115016
Projecttitel:	Geaggregeerde energieopslag: voor en/of achter de meter?
Penvoerder:	Enpuls
Medeaanvragers:	Enexis Technolution Senfal
Projectperiode:	01-09-2015 t/m 31-03-2018

PENVOERDERS EN MEDEAANVRAGERS

- ▶ **ENPULS** is penvoerder van de pilot Jouw Energie Moment - Geaggregeerde Opslag. Enpuls heeft als doel de energietransitie te versnellen en opereert in de niet-gereguleerde markt. De organisatie houdt zich bezig met onderzoek en kennisontwikkeling binnen de energietransitie. Binnen JEM-GO heeft Enpuls vooronderzoek gedaan naar de meest voorkomende (geaggregeerde) energieopslagmogelijkheden voor en achter de meter. Verder nam Enpuls de rol van projectmanager op zich, waardoor ze betrokken was bij alle facetten van het project.
- ▶ **ENEXIS** is een innovatieve regionale netbeheerder die op betaalbare, betrouwbare en duurzame wijze elektriciteit en gas naar klanten in de provincies Groningen, Drenthe, Overijssel, Noord-Brabant en Limburg distribueert. Enexis Netbeheer brengt partners, overheden en haar kennis samen om een bijdrage te leveren aan de realisatie van het Energieakkoord. Binnen het project JEM-GO faciliteerde Enexis Netbeheer de productontwikkeling door installaties en bedrijfsgegevens beschikbaar te stellen aan Senfal voor de softwarematige ontwikkeling van het slimme energieopslagsysteem. Ook stelde Enexis een test-locatie ter beschikking en zette ze resources in voor het beantwoorden van de juridische en privacygerelateerde vragen.
- ▶ **SENFAL** is een innovatief bedrijf dat software en algoritmen ontwikkelt voor slimme energieopslag en de balancering van vraag en aanbod naar energie voor netbeheer, windturbines en industrie. Binnen dit project werkte Senfal aan de ontwikkeling van de vereiste software voor een slimme energieopslag. Senfal zorgde daarnaast voor de netbeheerprikkel. Verder droeg het bedrijf bij aan de ontwikkeling van heeft Senfal binnen rendabele businessmodellen voor opslag.
- ▶ **TECHNOLUTION** is een technisch projectbureau dat zorgt voor hard- en softwareoplossingen voor diverse markten, waaronder de energiemarkt. Technolution zet zijn kennis van projecten en techniek in om onderzoekgerelateerde ondersteuning te bieden bij de ontwikkeling van innovatieve technologische energieoplossingen. Voor JEM hielp Technolution onder andere om de buurtbatterij (SSU) aan te sturen en te ontsluiten. Daarnaast zet Technolution zijn kennis en expertise in voor het ontwikkelen van hard- en software voor een intelligent energieopslagsysteem, geholpen door de JEM-resultaten.

INHOUDSOPGAVE

▶ Gegevens project	2
▶ Penvoerders en medeaanvragers	3
▶ Samenvatting	4
▶ 1. Inleiding	6
▶ 2. Doelstelling	7
▶ 3. Werkwijze	8
▶ 4. Resultaten van het project	11
▶ 5. Conclusies, aanbevelingen en discussiepunten	32
▶ 6. De mogelijkheden voor een spin-off en vervolgactiviteiten	36

SAMENVATTING

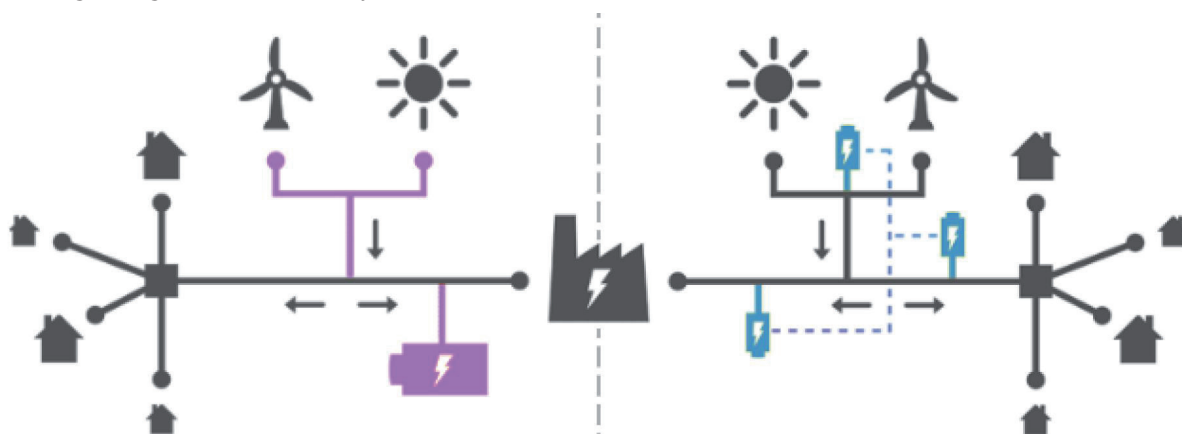
- De pilot JEM-GO was nauw verbonden met pilot JEM 2.0. De focus van JEM-GO lag op het aansturen van thuisbatterijen, een buurtbatterij en warmtepompen. We hebben onderzocht of deze apparatuur rendabel kan worden ingezet om duurzame energie op te vangen, netcongestie te verhelpen en bij te dragen aan een stabiel stroomnet. Kortom of een dergelijk systeem geschikt is voor een brede inzet in woonwijken in de toekomst. Om te komen tot een realistische inschatting van de potentie van de businesscase is in de situatie van de deelnemende huishoudens, buiten de komst van de batterijen en de dynamische tarieven, niets veranderd. De batterijen zijn tijdens het project op twee manieren ingezet. Optie één was de gezamenlijke opslagcapaciteit inzetten op de onbalansmarkt van TenneT. Optie twee was de batterijen inzetten op basis van 'demand response'. In dat geval werden de batterijen bij veel aanbod van (groene) energie en weinig afname opgeladen en als de vraag naar energie hoog was ontladen.

Onder de huidige omstandigheden blijkt dat er nog geen rendabele businesscase mogelijk is voor de inzet van batterijen in woonwijken. Momenteel is het ook nog lastig om een concreet oordeel te geven over de toekomstige levensvatbaarheid van deze bronnen van flexibiliteit. Vooral omdat de benodigde apparatuur nog niet voldoende beschikbaar is en een hoge kostprijs heeft. Daarnaast zijn er vanuit de huidige wetgeving beperkingen op cruciale punten. Dat neemt niet weg dat met behulp van de achtergronden, experimenten en analyses uit dit rapport wel inzicht wordt gegeven in de factoren die van belang zijn voor de beoordeling van toekomstige toepassingen.

1. INLEIDING

Ons huidige energiesysteem werkt met grote energiecentrales die continu stroom produceren. Afhankelijk van de vraag kan de producent meer of minder stroom leveren. Dat is anders bij duurzame energie, waar het aanbod wordt gestuurd door klimatologische omstandigheden. Het voordeel van duurzame energie is dat de bronnen gratis en onuitputtelijk zijn. Ook worden de kosten voor bijvoorbeeld zonnepanelen steeds lager, waardoor de totale kosten voor duurzame energie dalen. Een nadeel is alleen dat de energievraag piekt in de avond terwijl zonne-energie overdag opgewekt wordt. En zonder wind staan windturbines stil, dan wordt er dus geen stroom opgewekt. Nu springen conventionele energiecentrales nog bij als het aanbod aan zonne- en windenergie te gering is. Andersom geldt dat overcapaciteit teruggeleverd wordt.

Om in de groeiende energievraag te voorzien zou het Nederlandse energienet verzaamd moeten worden. Dat is erg kostbaar. Daarom kijken we naar andere manieren om deze vraag op te kunnen vangen. Vormen van energieopslag zijn bijvoorbeeld interessant. Hiermee kan duurzame energie die tijdens dalmomenten is opgewekt worden opgevangen en vervolgens weer beschikbaar worden gesteld op piekmomenten. Naast losse (thuis)batterijen (opslag achter de meter) kunnen accu's worden ingezet om een hele buurt van opslag te voorzien (opslag voor de meter). Een accupakket ter grootte van een transformatorhuisje kan ruim twee uur aan de energievraag van ongeveer 200 woningen voldoen. Energieopslag is een interessante manier om de flexibiliteit van ons energiesysteem te vergroten. Oftewel om de stijgende energievraag en de schommelingen in de opbrengsten van lokale, duurzame energiebronnen meer in balans te brengen. Iets dat gunstig is voor netbedrijven, leveranciers en consumenten.



Figuur 1: Links 'domme' opslag zoals in het huidige systeem en rechts de beoogde infrastructuur voor 'slimme' energieopslag.

Om energieopslag op een optimale manier te realiseren binnen onze energievoorziening staat Nederland voor een aantal grote uitdagingen. Zo zal deze technologie op een slimme manier flexibel toegepast moeten worden en dienen er nieuwe businessmodellen te worden ontwikkeld. Uit een eerdere interne analyse van Enexis blijkt dat energieopslag op dit

moment financieel nog niet aantrekkelijk is. Het valt zelfs grofweg vijf keer duurder uit dan netverzwaring. Maar wanneer verschillende energieopslagmethodes met elkaar worden gecombineerd in een (al dan niet virtueel) 'slim' energieopslagsysteem blijkt het financiële plaatje er heel anders uit te zien. Energieopslag voor en/of achter de meter kan dan economisch wel aantrekkelijk zijn.

Bovendien kunnen meerdere partijen tegelijk profiteren van de voordelen van geaggregeerde energieopslag. Naast de investeerder zelf, bijvoorbeeld ook de consument.

Zijn energierekening kan verlaagd worden door:

- ▶ het slim inspelen op dynamische energietarieven;
- ▶ het optimaal gebruikmaken van 'goedkope' lokaal opgewekte duurzame energie;
- ▶ een hoger aandeel eigen verbruik van duurzame elektriciteit door opslag vóór de meter.

2. DOELSTELLING

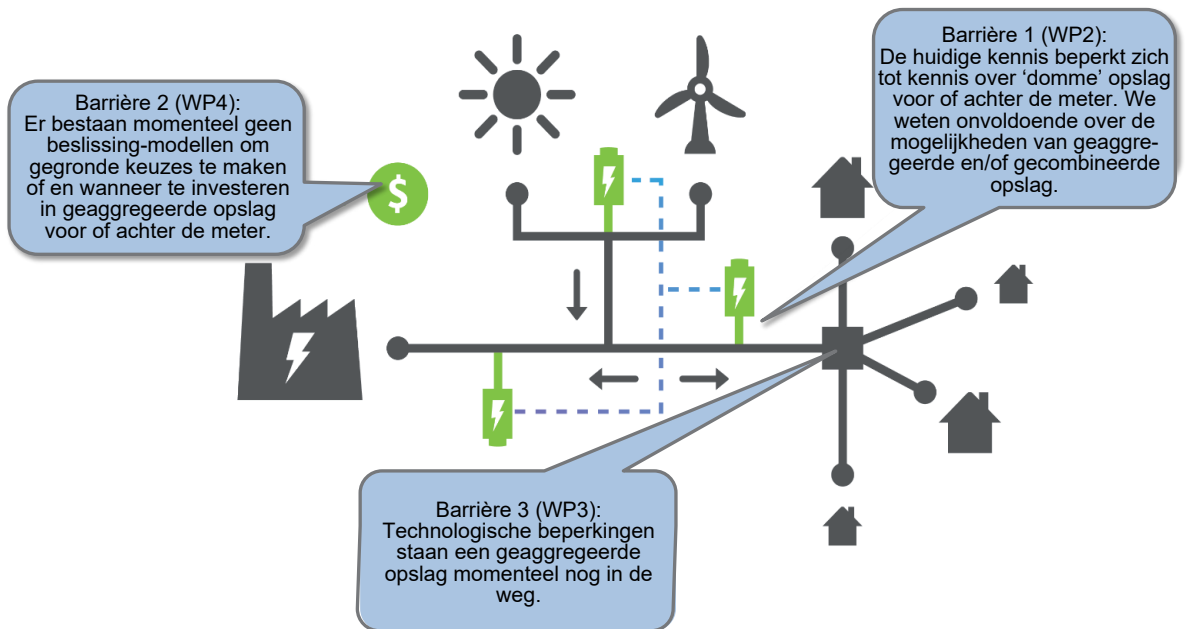
Er is de afgelopen jaren al veel kennis opgedaan over de impact van decentrale opwekking en vraagsturing. Daarnaast bouwden we al ervaring op met niet aangestuurde 'domme' opslag. Waar alleen nog weinig naar gekeken is, is het aansturen van meerdere batterijen tegelijk (geaggregeerde opslag). De flexibiliteit die zo kan worden gegenereerd kan wel degelijk zoden aan de dijk zetten. Jouw Energie Moment – Geaggregeerde Opslag (kortweg JEM-GO) is een project gelieerd aan JEM 2.0 met als kennisdoel: het achterhalen van de maatschappelijke, technische en economische kosten en baten van verschillende vormen van geaggregeerde opslag (voor en achter de meter). Op basis hiervan willen we kijken of geaggregeerde opslag een essentiële bijdrage kan leveren aan het stabiliseren van het energienet en het optimaal benutten van lokaal opgewekte duurzame energie.

Door dit kennisdoel heeft dit project een wat andere doelstelling dan de JEM 2.0-pilot zelf. Hier en daar zijn de projecten ook niet van elkaar los te koppelen. Mede omdat het aansturen van de batterijen via het systeem gaat dat binnen JEM 2.0 ontwikkeld en geïmplementeerd is en omdat de partners binnen JEM-GO ook binnen JEM 2.0 zitten.

Te overwinnen problemen

Zoals figuur 2 op de volgende pagina laat zien zijn er drie forse barrières die slim gebruik van geaggregeerde energieopslag tot nu toe in de weg staan:

1. de huidige kennis beperkt zich tot kennis over 'domme' opslag voor en achter de meter;
2. technologische beperkingen;
3. het ontbreken van beslissingsmodellen die kunnen helpen bepalen of en wanneer investeren in geaggregeerde opslag (voor of achter de meter) verstandig is.



Figuur 2: Samenwerking tussen de werkpakketten

Om een systeem te ontwikkelen waarbinnen vormen van geaggregeerde opslag vergeleken konden worden ondernamen we de volgende stappen:

- ▶ de ontwikkeling van een verrekeningssysteem op basis van dynamische tarieven;
- ▶ de ontwikkeling van een rendabel businessmodel voor flexibiliteitsdiensten;
- ▶ de inpassing van opslag in het businessmodel en het verrekeningssysteem;
- ▶ een demonstratie van deze opzet in een realistische testomgeving.

Deze stappen vallen binnen het JEM 2.0-project waaraan eerder is gerefereerd. Ze worden verder toegelicht in het eindrapport van JEM 2.0.

3. WERKWIJZE

Het project is opgedeeld in vijf werkpakketten waarvan er twee in alle fases van het project terugkwamen. Drie werkpakketten volgen elkaar chronologisch op in de tijd en zijn geformuleerd om een specifieke barrière te doorbreken (barrière 1 = WP2, barrière 2 = WP3, barrière 3 = WP4). Hieronder lichten we de werkpakketten en hun samenhang kort toe.

WERKPAKKET 1: projectmanagement

Binnen dit werkpakket vallen alle coördinatie- en projectmanagementactiviteiten die voortkomen uit het project. Enpuls is penvoerder en heeft tevens de rol van projectmanager op zich genomen. We werden hierbij ondersteund door de projectpartners.

Als projectmanager hadden we de volgende taken:

- ▶ bewaken doelstellingen en voortgang;
- ▶ coördineren communicatie;

- ▶ het verzorgen van de projectadministratie en de administratieve verantwoording richting de subsidieverstrekker in samenspraak met alle projectpartners.

Het consortium heeft regelmatig gezorgd voor presentaties en aandacht in vakbladen voor het project. Verder is gedurende de looptijd van het project een website onderhouden die geïnteresseerden informeerde over de voortgang en resultaten van het project.

WERKPAKKET 2: vooronderzoek geaggregeerde energieopslag voor en achter de meter

Ons onderzoek was erop gericht om de rentabiliteit van twee varianten van een business-model met elkaar te vergelijken:

- ▶ geaggregeerde opslag achter de meter met thuisbatterijen in woningen;
- ▶ en opslag voor de meter door een buurtbatterij.

Hiervoor is een wijk in Breda uitgerust met 39 thuisbatterijen en een wijk in Etten-Leur voorzien van een buurtbatterij. Binnen dit werkpakket is gekeken naar de huidige kennis en ervaring op het gebied van geaggregeerde opslag.

In dat kader formuleerden we de volgende taken:

- ▶ onderzoek doen naar de (maatschappelijke) kosten en baten van de verschillende manieren van geaggregeerde energieopslag;
- ▶ het beschrijven van de verschillende proposities voor opslag;
- ▶ het in kaart brengen van de vereisten voor het te ontwikkelen slimme energie opslagsysteem;
- ▶ het opstellen van de vereisten ter implementatie en validatie hiervan;
- ▶ het beschrijven van de succesindicatoren en het generieke businessmodel.

WERKPAKKET 3: ontwikkeling slim energieopslagsysteem

Om tot een slim energieopslagsysteem te komen, ontwikkelden we een algoritme, waarmee decentrale opslagunits virtueel aan elkaar gekoppeld konden worden. We konden ze vervolgens op verschillende manieren inzetten. Optie één was de gezamenlijke opslagcapaciteit ('virtual power plant') in te zetten op de onbalansmarkt van TenneT. Optie twee was de batterijen inzetten op basis van 'demand response'. In dat geval werden de batterijen bij veel aanbod van (groene) energie en weinig afname opgeladen en ontladen als de vraag naar energie hoog was.

Het algoritme maakten we zo dat het voor beide doelen of een combinatie van beide te gebruiken was. Het hielp om het gebruik van opslag sneller financieel interessant te maken. Het algoritme zorgde er namelijk voor dat de opslagcapaciteit van de batterijen optimaal werd benut. Was de capaciteit niet nodig voor het balanceren van het lokale energienet dan werd deze verhandeld op de onbalansmarkt. Naast de voordelen die deze toepassing heeft voor het energienet, is de inzet van thuisbatterijen op deze wijze ook gunstig voor consumenten. Zij kunnen hierdoor immers optimaal zelf de energie van hun zonnepanelen gebruiken waardoor terugleveren niet meer nodig is. En dat is mooi, ook gezien het feit dat in 2020 de salderingsmogelijkheid mogelijk wordt afgeschaft.

WERKPAKKET 4: vergelijken verschillende concepten voor slimme energieopslag en creatie beslissingsmodel

Dit werkpakket had als doel de proposities uit werkpakket twee en drie in de praktijk te testen en te evalueren. Omdat de varianten van het businessmodel sterk afhankelijk zijn van het technische systeem is er vóór de implementatie al nagedacht over de beste testwijze, zodat het technische systeem een toepasselijke configuratie zou hebben. Vanwege schaalbaarheid kozen we er bijvoorbeeld voor om beide soorten opslag via dezelfde interface aan te sturen. We besloten zo dicht mogelijk bij de mogelijkheden binnen de huidige wet- en regelgeving te blijven. Juist om een zo realistisch mogelijk beeld tijdens de vergelijking te kunnen laten zien. Daarom is in beide situaties gerekend met saldering (dus ook voor de buurtbatterij). Hierdoor was het alleen niet meer mogelijk om deelnemers te stimuleren de zelf opgewekte stroom ook echt zelf te verbruiken.

De prikkels waarop de batterijen gestuurd konden worden waren: de marktprijs voor stroom en de netwerkbonus/malus van de netbeheerder. Daarnaast is een deel van de batterijen ingezet voor Frequency Containment Reserve (FCR), omdat dit momenteel een van de meest lucratieve gebruiksmogelijkheden is. Bovendien konden we zo alle drie de vormen van flexibiliteit (handelsmarkten, netwerkcapaciteit en systeemdiensten) combineren. Bij het implementeren van het technische systeem is voor de interfaces meteen rekening gehouden met deze drie markten en aansturingswijzen. De aansturingssignalen zijn gedurende het project een voor een toegevoegd.

WERKPAKKET 5: wet- en regelgeving

Binnen dit werkpakket werd onderzocht in hoeverre het nieuw ontwikkelde businessmodel vorm kon krijgen binnen de huidige wet- en regelgeving. Deze is opgesteld in een tijd dat consumenten en andere kleinverbruikers puur een passieve afnemer waren van energie. Door de energietransitie die we nu doormaken gaat dit veranderen. Hierdoor wordt het steeds belangrijker dat consumenten worden gestimuleerd flexibeler te worden in hun energieverbruik. Enerzijds zal hiervoor de rol van de spelers op de energiemarkt moeten veranderen. Anderzijds zal er in onze wet- en regelgeving ruimte moeten worden gemaakt om de energievraag van de consument beter te kunnen sturen, zodat de energie-infrastructuur in de toekomst optimaal kan worden benut.

4. RESULTATEN VAN HET PROJECT

In dit hoofdstuk bespreken we de resultaten van het project. Hierbij onderscheiden we drie onderwerpen: 'energieverbruik en netbelasting', 'het businessmodel' en 'de beslistool'. Deze komen uit het projectplan en geven de doelstellingen weer van de betrokken partijen. Aangezien er een nauwe samenwerking is met JEM 2.0 zijn er in het eindrapport van die pilot ook leerdoelen te vinden die een raakvlak hebben met JEM-GO.

4.1 DATA OPSCHONING

Aangezien dit een innovatieve pilot is, waarvoor hard- en software werd ontwikkeld, was er een leerperiode. Dit resulteerde in 'downtime' en soms niet reagerende apparatuur. De door de software aangestuurde thuisbatterijen bleken bijvoorbeeld niet altijd te reageren op de gewenste manier. Als oplossing hiervoor is via het algoritme een controle ingebouwd zodat er ingegrepen kon worden wanneer de thuisbatterijen niet naar behoren reageerden. De internetverbinding bleek ook niet altijd te werken. Dit had verschillende oorzaken en werd vaak niet direct opgemerkt waardoor het regelmatig voorgekomen is dat er langere tijd geen data binnenkwamen. Om ervoor te zorgen dat er uiteindelijk toch voldoende bruikbare data waren zijn ze een keer opgeschoond. Data verzameld tijdens foutieve metingen en storingen zijn verwijderd. De data die binnenkwamen zijn gealloceerd en zo gekoppeld aan de juiste sturingsmethode (netbeheerprikkel, primaire reserve, aansturing warmtepompen).

4.2 DYNAMISCH ENERGIETARIEF

Tijdens de pilot is gebruik gemaakt van een dynamisch energietarief voor leveren en terugleveren. Hoe dit tarief wordt bepaald leggen we uit in het eindrapport van JEM 2.0.

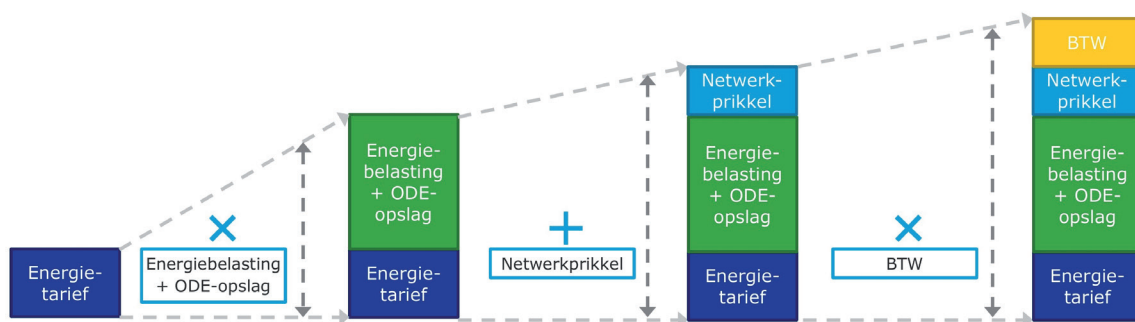
Kortgezegd bestaat het tarief uit drie componenten:

- ▶ het variabel energietarief (bepaald op basis van de APX-prijs + opslag duurzame energie);
- ▶ een netwerkprikkel, gegeven door de netbeheerder en;
- ▶ een variabel percentage energiebelasting (berekend als percentage van het energietarief).

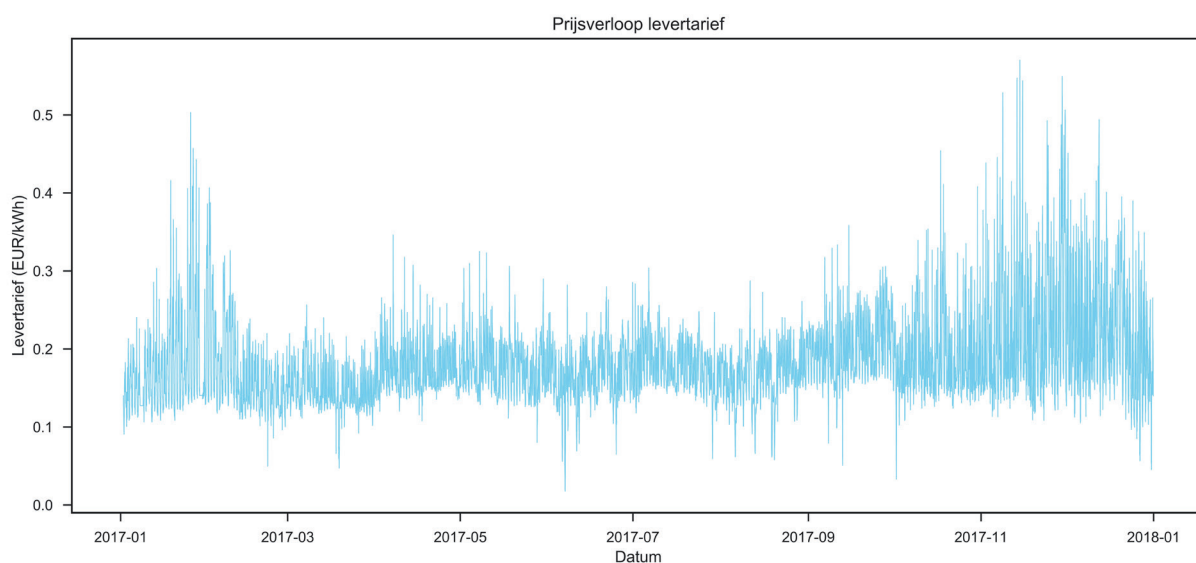
We kozen ervoor de energiebelasting gedurende de pilot variabel te maken omdat hierdoor een hefboomeffect gecreëerd kan worden. De energiebelasting bepaalt namelijk 70% van de energieprijzen. Als dit een vast bedrag zou blijven (zoals nu het geval is) zou het verschil tussen het minimale en maximale levertarief te laag zijn voor een rendabele businesscase.

Tijdens de pilot hanteerden we dezelfde prijs voor het lever- en teruglevertarief. Dit tarief varieerde ieder kwartier door dynamische energietarieven en netwerkprikkel. De andere variabelen veranderden minder frequent van waarde (een keer per maand/een keer per jaar). De volgende formule is gebruikt voor het berekenen van het lever- en teruglevertarief (zie ook: figuur 3).

Tarief per kWh = (energietarief x (1 + ODE% + energiebelasting %) + netwerkprikkel) x (1 + BTW %)

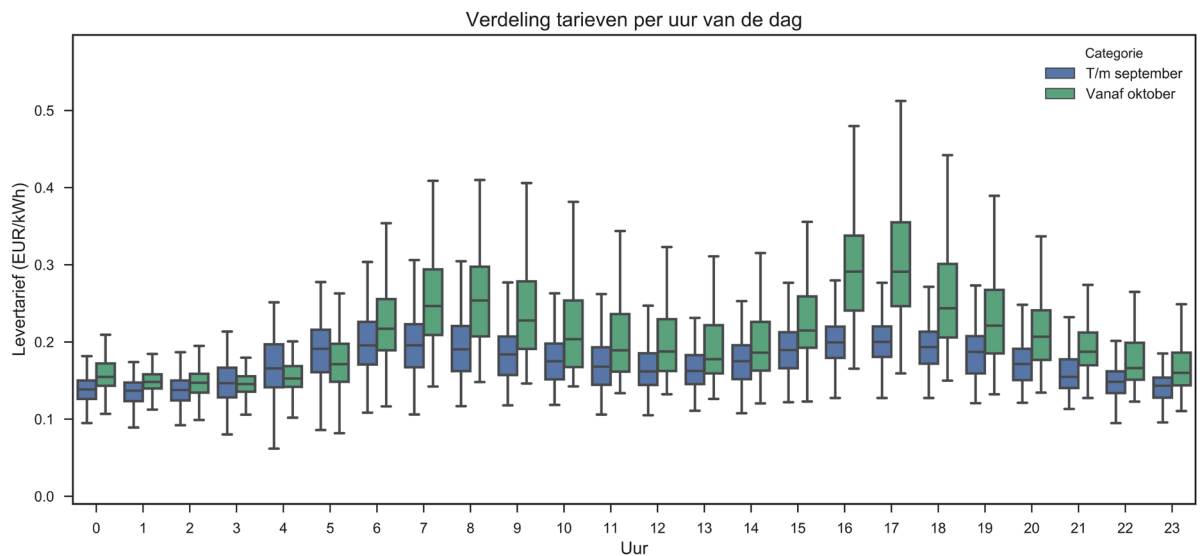


Figuur 3: Tariefopbouw lever- en teruglevertarief binnen JEM-GO



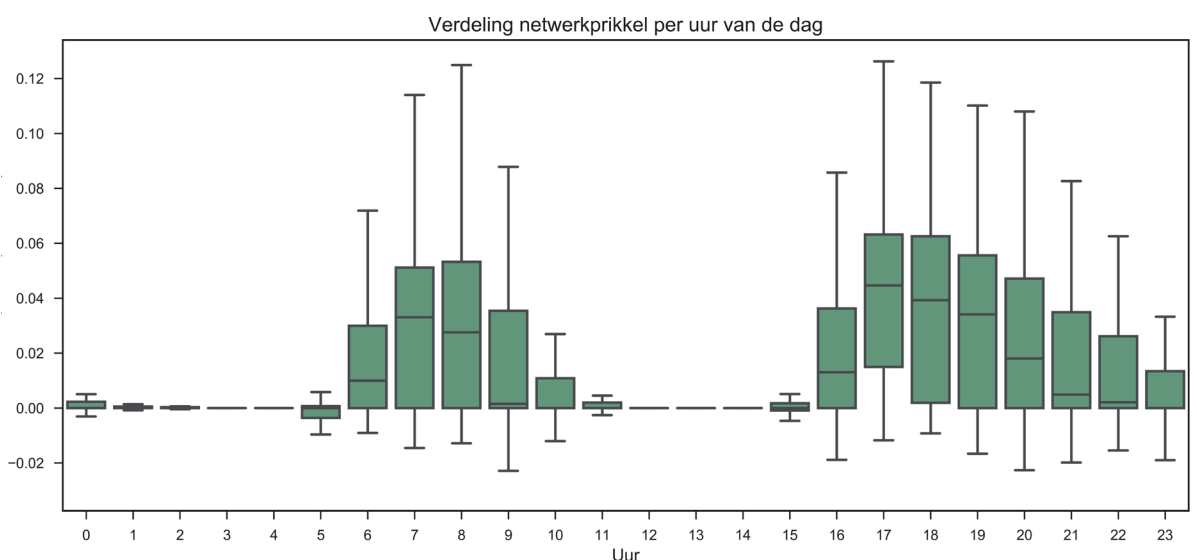
Figuur 4: Prijsverloop lever-/teruglevertarief pilot

In Figuur 4 is het prijsverloop te zien tijdens de pilot. De netwerkprikkel is pas ingevoerd vanaf medio oktober, vandaar de stijging in groei en variatie van de tarieven vanaf dat moment. Het gemiddelde tarief tot en met september was 0,174 €/kWh en vanaf oktober 0,209 €/kWh. Deze stijging wordt deels verklaard door het feit dat de APX-prijs in de winter gemiddeld hoger ligt dan in de zomer. De vraag naar elektriciteit is 's winters immers hoger, terwijl in dat jaargetijde minder energie beschikbaar is uit duurzame bronnen.



Figuur 5: Verdeling levertarieven per uur van de dag.

In figuur 5 is te zien hoe de tarieven varieerden per uur van de dag. Duidelijk naar voren komt dat na de invoering van de netwerkprijsprikkel de variabiliteit per uur steeg. Zoals eerder genoemd wordt dit niet alleen veroorzaakt door de netwerkprikkel, maar ook door de gemiddeld hogere APX-prijs in de winter. De onderstaande grafiek laat verder duidelijk zien dat de netwerkprikkel voornamelijk geactiveerd werd in uren met verwachte congestie: 's ochtends en begin van de avond.



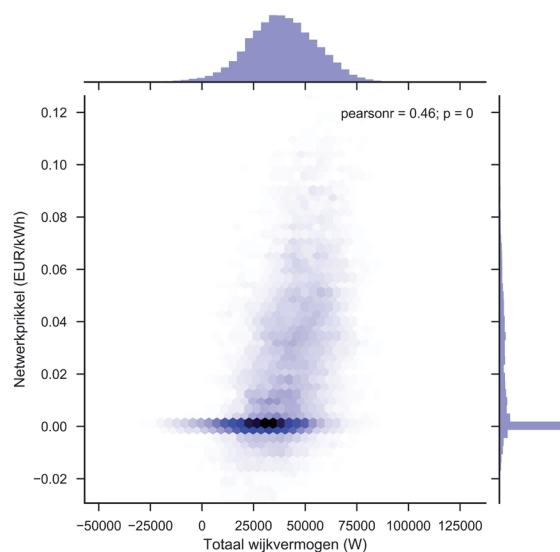
Figuur 6: Verdeling netwerkprikkel per uur.

Wat ook te zien is in figuur 6 is dat er negatieve netwerkprikkels voorgekomen zijn. De negatieve netwerkprikkels zijn gebruikt om geen winst of verlies te maken op het systeem. Het verdiende geld werd dus weer in het systeem teruggebracht.

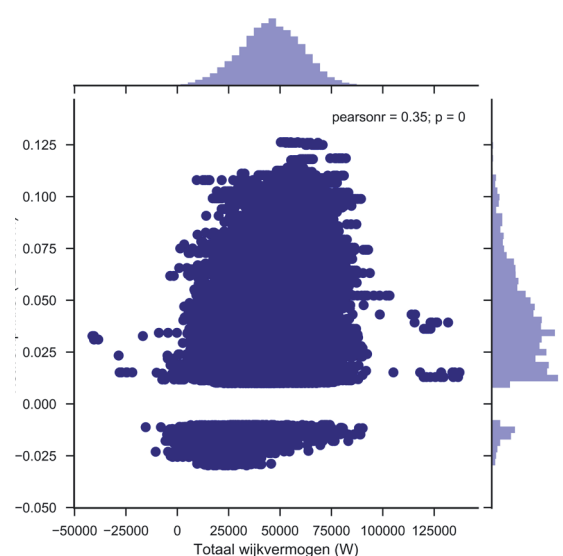
Om consumenten de tijd te geven om te reageren op de dynamische tarieven werden deze vier uur van tevoren bepaald en verzonden naar de deelnemers. Dit betekent dat een voorspelling voor de verwachte netwerkcongestie minimaal vier uur vooruit gemaakt diende te worden om tot de bepaling van de netwerkprikkel te komen. In de praktijk werd een voorspellingsmodel (ELMO genaamd) gebruikt om 24 uur vooruit de netwerkprikkels vast te stellen. Een gedetailleerdere voorspelling op kortere termijn was niet mogelijk bij de implementatie van dit project. Een verkeerde voorspelling heeft als consequentie dat een onvoorziene netwerkcongestie niet voorkomen wordt, met in het ergste geval uitval tot gevolg. Verkeerd toegepaste netwerkprikkels zouden dus kunnen resulteren in een versterking van congestieproblematiek. In dit onderzoek was niet te achterhalen of er daadwerkelijk verkeerde voorspellingen gedaan zijn.

Uit figuur 7 blijkt dat de netwerkprijsprikkel het grootste deel van de tijd gelijk is aan 0. De netwerkprikkel was een maatregel die alleen in geval van netproblemen aangewend werd. Een vervolgpilot in een zwaarder belaste wijk zou dan ook interessant zijn. We zien een licht verband tussen het wijkvermogen en de netwerkprikkel. Is het wijkvermogen hoog dan is de netwerkprikkel dit ook en andersom. Ondanks dat er een positieve correlatie bestaat tussen deze twee factoren (Pearson-R correlatie: 0,46) zijn er een aantal momenten geweest waarop een relatief hoog netto wijkvermogen is gemeten terwijl en geen netwerkprikkel was afgegeven. Dit had ertoe kunnen leiden dat een netwerkcongestie niet werd voorkomen.

Gedurende deze pilot was de verwerking van netwerkprikkels in het dynamische tarief gebaseerd op een bestaand, maar beperkt systeem. Om dit effectiever te maken is verdere ontwikkeling van voorspellingssystemen nodig. Bovendien zal het onderzoek dan ook moeten focussen op de effectiviteit van voorspellingen in combinatie met daadwerkelijk optredende (en voorkomen) netwerkcongestie.



Figuur 7: Netwerkprikkel ten opzichte van gemiddeld vermogen per huishouden (vanaf oktober)



Figuur 8: Netwerkprikkel na wegfilteren prikkels < 0,01 €/kWh

Salderingsregeling

Tijdens de pilot konden deelnemers terugleveren op basis van de huidige salderingsregeling. Hierin is bepaald dat consumenten hetzelfde tarief ontvangen voor teruggeleverde als voor door hen verbruikte energie, zolang ze per jaar meer verbruiken dan ze terugleveren. Zonder de salderingsregeling zouden consumenten alleen het energietarief en de netwerkprikkel ontvangen bij terugleveren en niet de energiebelasting, ODE-opslag en BTW. Het afschaffen van de salderingsregeling betekent ook dat de businesscase verslechtert voor het inzetten van batterijen op basis van 'demand response' (1) en als FCR (2). In het geval van FCR moet dan niet alleen betaald worden voor energieverliezen, maar ook voor de totaal geladen hoeveelheid elektriciteit.

Het huidige kabinet heeft in het regeerakkoord staan dat de huidige salderingsregeling vanaf 2020 wordt vervangen door een terugleververgoeding. Deze terugleververgoeding zal lager liggen dan het voordeel van de huidige salderingsregeling en daardoor de businesscase voor thuis- en buurtbatterijen verslechteren.

4.3 BUSINESSCASEVARIANT BATTERIJEN

Techno-economische modelopslag toepassingen

Er zijn twee typen opslag bekeken tijdens het project: de thuisbatterij en de buurtbatterij. De aanschafkosten van deze opslagsystemen zijn sterk afhankelijk van de schaalgrootte; de economische en technische levensduur van de toepassing en de (over-)dimensionering van het systeem. In de volgende hoofdstukken zetten we uiteen hoe de kosten voor afschrijving worden berekend.

Bij lineair afschrijven worden de aanschafkosten afgeschreven over de economische levensduur van het opslagsysteem. Op deze manier dient te worden afgeschreven als de batterij wordt gebruikt om te handelen op capaciteitsmarkten die batterijcapaciteit inzetten als Frequency Containment Reserve (FCR). De eigenaar van de batterij zal de batterij over de garantieperiode lineair afschrijven in 15 jaar terwijl de verwachte technische levensduur bij toepassing op FCR langer is.

Bij de tweede methode worden de kosten van het systeem afgeschreven over de technische waardevermindering van het gebruik in de bijbehorende toepassing. Op deze manier dient te worden afgeschreven wanneer er met een verrekening per kWh zoals 'demand response' wordt gewerkt. Het nadeel van deze methode is dat er technische levensduur onbenut kan blijven aan het einde van het project. Deze manier van afschrijven geeft wel een goed beeld van de opbrengsten die minimaal nodig zijn om te komen tot een businesscase met een break-even resultaat.

Eigenschappen thuisbatterij

Voor JEM-GO zijn eerste generatie Tesla Powerwall thuisbatterijen gebruikt in combinatie met een SolarEdge omvormer en een speciaal voor JEM-GO ontwikkeld aansturingssysteem. Het energieopslagsysteem heeft een aantal specificaties en eigenschappen die het systeem karakteriseren. De Powerwalls die gebruikt zijn tijdens de pilot zijn inmiddels niet meer

verkrijgbaar. Inmiddels is de Powerwall 2 op de markt gekomen. Om de lessen die geleerd zijn tijdens dit onderzoek direct te kunnen toepassen op de situatie van vandaag zetten we de prestaties van de Powerwall 2 in onderstaande tabel af tegen die van de Powerwall 1. Hierbij dienen we wel op te merken dat de aansturing van de Powerwall 2 niet opengesteld is voor derden. Het is dus niet mogelijk de Powerwall 2 als FCR of voor 'direct respons' in te zetten, dit heeft onder andere te maken met de garantievoorwaarden.

Tabel 1: Specificaties en eigenschappen thuisbatterij

BATTERIJ EIGENSCHAP	JEM-GO: 1E GENERATIE TESLA POWERWALL	TESLA POWERWALL 2
Bruikbare energiecapaciteit	6,4 kWh	13,5 kWh
Nominaal vermogen laden en ontladen	3,3 kW	5 kW
'Round trips'-efficiency	90%	90%
Operationele kosten	Geen onderhoud nodig	Geen onderhoud nodig
Garantievoorwaarden	10 jaar of 5000 cycli	10 jaar of 6000 cycli
Kosten incl. installatie excl. BTW	€ 7500	€ 7500
Kosten incl. installatie Incl. BTW	€ 9075	€ 9075

Eigenschappen buurtbatterij

De toegepaste buurtbatterij in JEM-GO is de in 2012 gerealiseerde Smart Storage Unit (SSU) in Etten-Leur. De specificaties en eigenschappen van het systeem zijn te zien in tabel 2. De SSU was zijn tijd ver vooruit en daarmee zijn de aanschafkosten en technische levensduur niet realistisch voor de businesscase van dit project. Voor de vervangingswaarde moet worden gekeken naar de vervangingswaarde van een functioneel gelijkwaardig systeem dat sinds 2017 op de markt is.

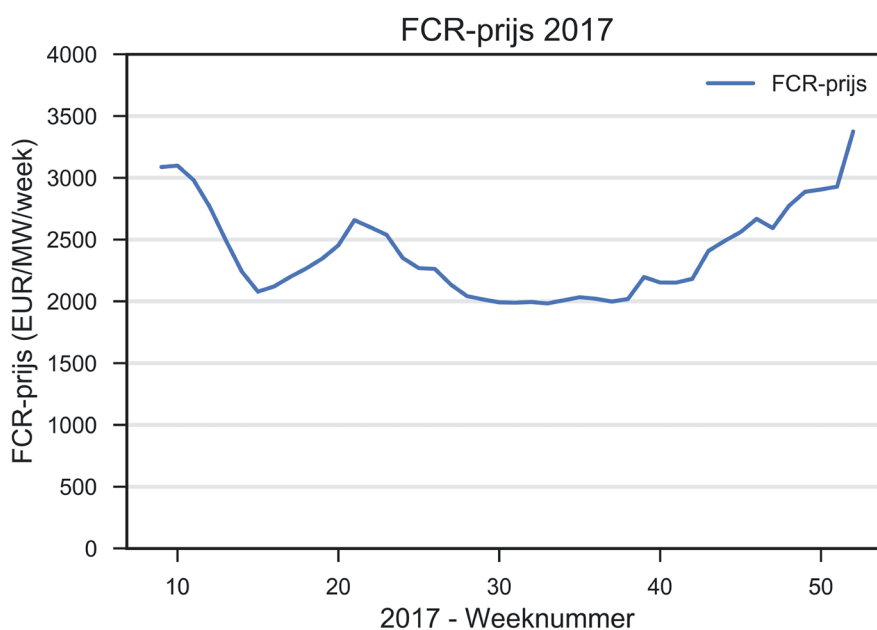
Tabel 2: Specificaties en eigenschappen buurtbatterij

BATTERIJ EIGENSCHAP	SSU ANNO 2012	SSU ANNO 2017
Bruikbare energiecapaciteit	230 kWh	230 kWh
Nominaal vermogen laden en ontladen	100 kW	100 kW
'Round trips'-efficiency	80%	85%
Operationele kosten	5% v.d. CAPEX / jaar	3% v.d. CAPEX / jaar
Garantievoorwaarden	4000 cycli	8000 cycli
Kosten incl. installatie Incl. BTW	~ € 250.000	€ 103.500

4.4 BUSINESSCASEVARIANT BATTERIJ OP FCR

Een batterij kan beschikbaar worden gesteld voor het leveren van FCR-diensten aan TenneT. Tijdens de pilot was de gemiddelde FCR-vergoeding hiervoor 2.424 €/MW/week (zie ook Figuur 9). De verwachting is dat deze vergoeding de komende jaren daalt. De Europese FCR-markt is ingericht als bidmarkt: partijen kunnen een bod doen voor het leveren van FCR-diensten. Vervolgens worden deze bids afgeroepen door de TSO (Transmission System Operator, TenneT in Nederland) op volgorde van prijs. Voor het succesvol deelnemen aan de FCR-markt is het van belang dat je kunt voorspellen hoe de FCR-prijzen zich zullen ontwikkelen. Bied je batterijcapaciteit voor een te lage prijs dan laat je geld liggen. Bied je capaciteit voor een te hoge prijs dan kun je niet afgeroepen worden. Je ontvangt dan dus geen vergoeding.

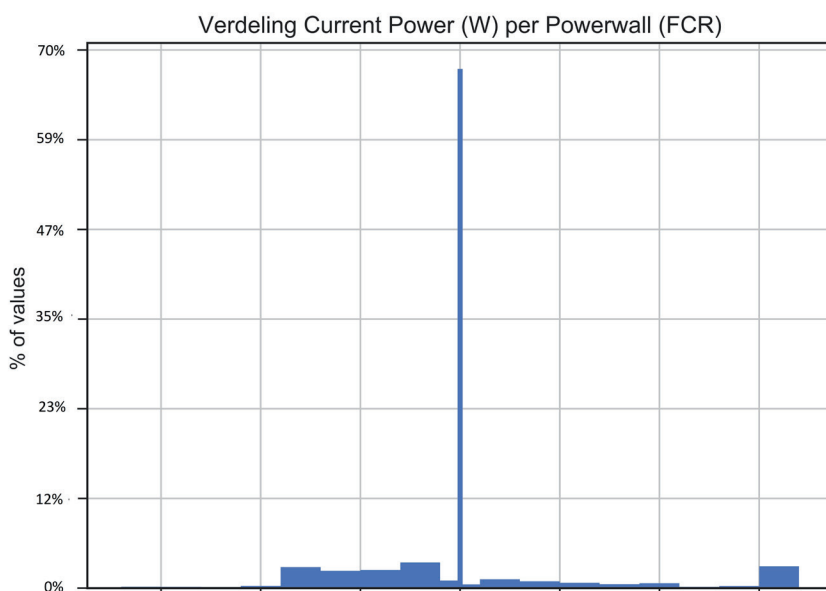
Voor het deelnemen aan FCR-markt is het van belang om te weten dat capaciteit en vermogen beschikbaar dienen te worden gesteld met een verhouding 1:1, dat wil zeggen dat voor iedere kW aan vermogen één kWh aan capaciteit beschikbaar dient te worden gesteld. Een Tesla Powerwall, met verhouding 6,4 kWh:3,3 kW volledig voor FCR gebruiken is in dit opzicht niet optimaal aangezien 3,1 kWh capaciteit dan onbenut blijft. Het minimaal beschikbaar vermogen om deel te mogen nemen op de FCR-markt is 1MW. Tegenover de potentiële baten uit FCR staan verschillende kosten. De belangrijkste kostenposten zijn: aanschafkosten, installatiekosten, jaarlijkse operationele en onderhoudskosten en energiekosten.



Figuur 9: Prijsverloop FCR 2017

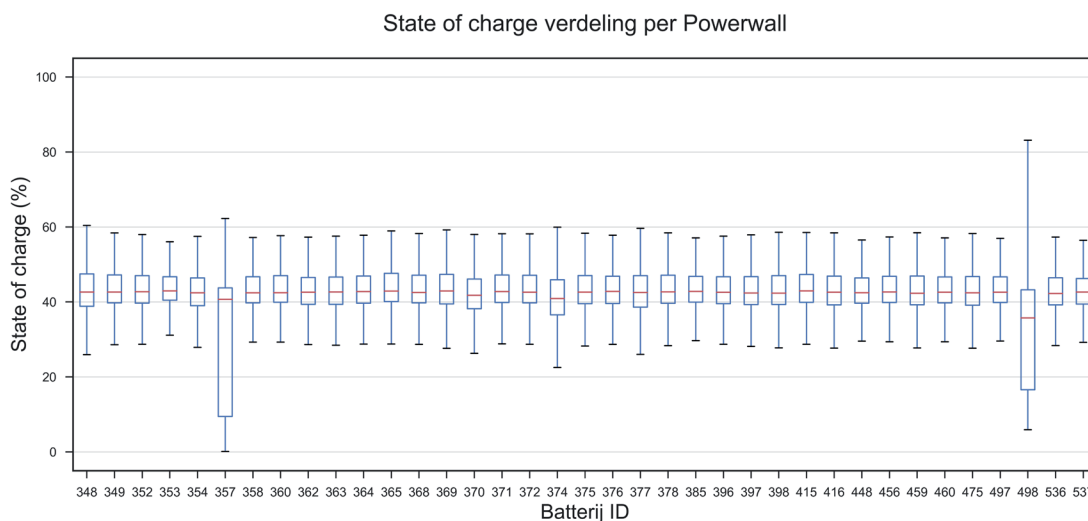
Prestaties van de batterij, praktijk versus theorie

Tijdens de pilot zijn 37 Powerwalls volledig en twee Powerwalls en de buurtbatterij deels op de FCR-markt ingezet. De belangrijkste bevindingen presenteren we in dit hoofdstuk. De vermelde gegevens zijn gebaseerd op de inzet van 37 FCR-dedicated Powerwalls.



Figuur 10: Geleverd vermogen per minuut per Powerwall. Negatief vermogen: ontladen. Positief vermogen: laden. Het maximale laad-/ontlaadvermogen is 3,3 kW.

Tijdens de pilot kwam naar voren dat batterijen op de FCR-markt voor het grootste deel van de tijd ‘pruttelen’ rond een vermogen van 0 Watt (zie Figuur 10). Een consequentie van dit pruttelen is dat de efficiëntie van de batterijen daalt. De Tesla Powerwalls hebben tijdens de pilot gemiddeld 4,6 kWh per week geladen en 3,8 kWh ontladen per kW beschikbaar vermogen. Dit staat gelijk aan ongeveer twee ‘round trips’¹ (equivalent van één keer volledig op- en ontladen) per Powerwall per week. De efficiëntie van de Powerwalls was 83%. De kosten verbonden aan het laden/ontladen van de Powerwalls waren 0,17€/kW/week. Bij het afschaffen van de salderingsregeling nemen de kosten toe met 0,038 €/kW/week voor iedere cent die er van de saldering afgaat.



Figuur 11: State of charge per batterij

¹ Round trip: een keer volledig op- en ontladen van een batterij of een equivalent daarvan. Een batterij kan ook een roundtrip maken door bijvoorbeeld twee keer half op- en ontladen.

In Figuur 11 is te zien dat de Tesla Powerwalls het grootste deel van de tijd tussen de 25 en 60% van hun capaciteit geladen waren. Een consequentie hiervan is dat het grootste deel van de beschikbare capaciteit van de Powerwalls onbenut bleef. Doordat de thuisbatterijen relatief weinig 'round trips' maakten behielden ze wel een langere levensduur. Volgens de specificaties van Tesla kunnen de Powerwalls 5000 'round trips' aan. Bij ongeveer twee 'round trips' per week hebben de Powerwalls een levensduur van ongeveer 50 jaar. Aangezien in de praktijk een Powerwall na 25 jaar niet meer gebruikt wordt is er voor JEM-GO een limiet van 15 jaar aangehouden. Deze verwachte levensduur is geverifieerd met behulp van BatteryXT. Een analyse met deze softwaretool toonde aan dat de 'FCR only' Powerwalls na 10 jaar nog ruim 85% van hun initiële vermogen hebben.

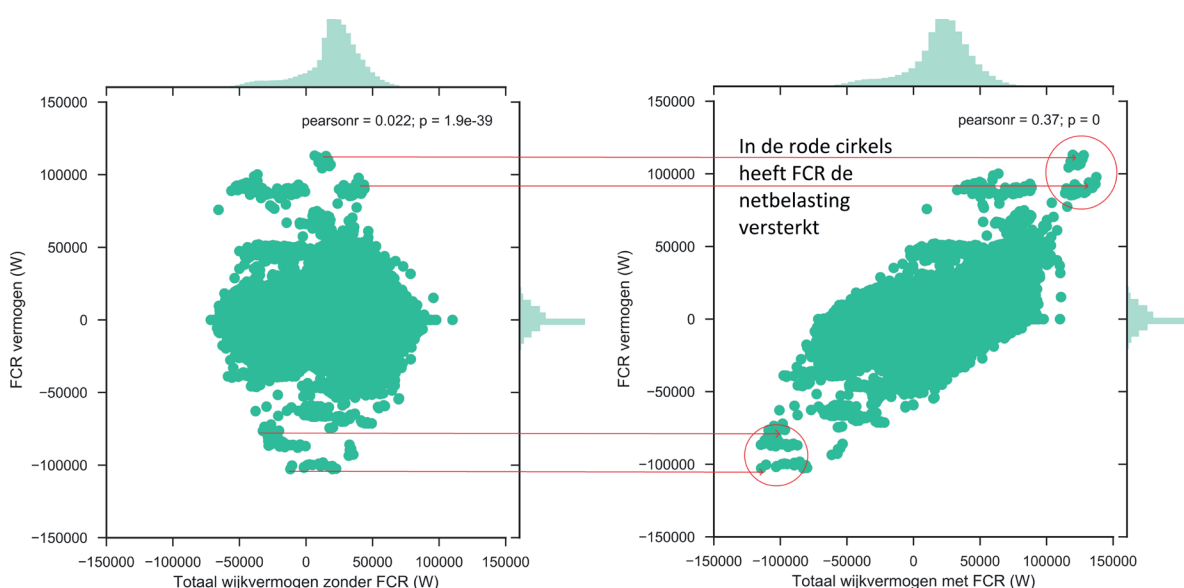
In figuur 11 is ook te zien dat twee Powerwalls (ID's: 357 en 498) een veel groter deel van hun beschikbare capaciteit hebben benut. Dit kan worden verklaard doordat tijdens de pilot bleek dat veel van de Powerwalls niet reageerden zoals gewenst. De exacte achtergrond van de storingen is onbekend, mogelijke problemen waren:

- ▶ de centrale aansturingsserver was onbereikbaar of offline;
- ▶ communicatie van de thuisbatterij met de aansturingsserver was onmogelijk;
- ▶ de interfaces tussen de verschillende aansturingsslagen werkten niet zoals gepland;
- ▶ de dataverbinding was onbetrouwbaar (lokaal netwerk, firewall, internet service provider);
- ▶ de Powerwall zelf haperde;
- ▶ de spanningskwaliteit van het net was te laag waardoor de omvormer niet op verzoeken reageerde.

Door deze problemen waren de Powerwalls ongeveer 10-20% van de tijd onbeschikbaar. Om te garanderen dat te allen tijde het gevraagde FCR-vermogen werd geleverd is gezorgd voor een centraal aansturingsalgoritme dat rekening houdt met de verlaagde beschikbaarheid van de Powerwalls.

Eén van de consequenties van het inzetten van FCR op huis-/buurniveau is dat hierdoor de netbelasting kan verhogen. Figuur 12 toont de relatie tussen de netto wijkbelasting (zonder FCR) en het geleverde FCR-vermogen. Daaruit wordt duidelijk dat het geleverde FCR-vermogen geen verband houdt met de wijkbelasting. Dat wil zeggen dat het gevraagde wijkvermogen geen invloed heeft op het gevraagde FCR-vermogen. De consequentie hiervan is dat het leveren van FCR-vermogen ervoor kan zorgen dat het piekvermogen van de wijk stijgt. Dit kan bijdragen aan de noodzaak tot netverzwaring. In figuur 12 is het totale wijkvermogen inclusief FCR-vermogen te zien. De rode pijlen geven voor vier van de datapunten aan waar de verschuiving van FCR heeft plaatsgevonden. Duidelijk naar voren komt dat er momenten zijn waarop het gevraagde FCR-vermogen resulteerde in een verhoging van het – op dat moment al – hoge wijkvermogen of een verlaging van een laag wijkvermogen (zie: rode cirkels).

Daar staat tegenover dat de aanwezigheid van thuisbatterijen de netbeheerder ook een kans kan geven om netverzwaring te voorkomen. De batterijgebruiker kan immers bereid worden gevonden om een andere dienst te leveren ten gunste van de netbeheerder, zolang hij niet gebonden is aan het leveren van FCR-capaciteit voor meerdere jaren. Dit kan alleen niet wanneer een batterij als FCR is ingeboden. Hij staat dan immers een week stand-by om te reageren wanneer TenneT dit verlangt.



Figuur 12: De relatie tussen het FCR-geleverd vermogen en het wijkvermogen. Exclusief (links) en inclusief (rechts) FCR.

Businesscasepotentie van een Powerwall die ingezet is voor FCR

Aanbieders van grootschalige FCR werken op een schaalgrootte van meer dan 1 MW en maken direct afspraken met de afnemer van FCR, transmissienetbeheerder TenneT. Kleinere installaties kunnen ook samengevoegd worden tot een enkele virtuele installatie die (op papier) groot en betrouwbaar genoeg is om hoogwaardige FCR te leveren en zo het energienetwerk te balanceren. Voor het samenvoegen van deze kleine vermogens is een aggregator nodig, een derde partij die het aanbieden van FCR-vermogen afstemt met TenneT en die de aansturing van de batterijen voor zijn rekening neemt, evenals het monitoren en rapporteren van de prestaties van de geaggregeerde batterijen.

Aan de uitvoering van die taken zijn kosten verbonden. De aggregator kan zijn verdienmodel op meerdere manieren opstellen. Voor de pilot was de voorwaarde wel dat alle pilotpartners onder aan de streep een positief resultaat zouden overhouden. Omdat tijdens JEM-GO geen verdeling van lasten en baten vastgesteld is, zijn een aantal modellen bepaald op basis waarvan de batterij-opbrengsten tussen de batterij-eigenaar en de aggregator verdeeld kunnen worden. Elk van deze modellen heeft een andere impact op de businesscase.

Tabel 3: Kosten en baten voor de eigenaar en aggregator van de batterij

	BATTERIJ-EIGENAAR	AGGREGATOR
Baten	▶ aandeel in FCR- inkomsten ▶ vergoeding aggregator voor gebruik van de batterij	▶ aandeel in FCR- inkomsten ▶ vergoeding aggregator voor gebruik van de batterij
Kosten	▶ energiekosten ▶ afschrijvingskosten batterij ▶ vergoeding voor gebruik aggregatorplatform	▶ vergoeding batterij- eigenaar ▶ onderhoud- en afschrijvingskosten systemen aggregator ▶ administratiekosten/overhead

In tabel 3 staan de kosten en baten weergegeven voor de batterij-eigenaar en de aggregator. De energie- en afschrijvingskosten zijn de vaste kostenposten die beide partijen te verwerken krijgen. Afhankelijk van het verdienmodel van de aggregator zijn er daarnaast nog de kosten en opbrengsten die voortkomen uit de samenwerking tussen de batterij-eigenaar en de aggregator.

De kosten van stakeholders (aggregator en de batterij-eigenaren):

- ▶ De batterij levert tijdens het gebruik aan kwaliteit maar weinig in omdat de capaciteit van een 'FCR only'-batterij maar voor een klein deel benut wordt. Bij een afschrijvingstermijn van 15 jaar komen de afschrijvingskosten neer op 500 euro per jaar voor de eigenaar van een JEM-GO Powerwall.
- ▶ De energiekosten (verliezen en 'time of use'-kosten inbegrepen) zijn aan de hand van de data en prijzen uit JEM 2.0 berekend op gemiddeld 0,17 €/kW-FCR/week, dus 29,17 euro per jaar per Powerwall.
- ▶ De kosten van de aggregator (afschrijving en onderhoud van systemen) zijn ingeschat op 100 €/MW/week.

De inkomsten worden door de volgende aspecten bepaald:

- ▶ Op basis van de in het project gerealiseerde FCR-waarde is gekozen voor een thuisbatterijwaarde van 2,5 €/kW/week.
- ▶ De FCR-opbrengsten zijn afhankelijk van de beschikbaarheid van de Powerwalls. Tijdens JEM-GO werd een beschikbaarheid van ongeveer 80% waargenomen.

Het resultaat van de businesscase is positief als de totale baten hoger zijn dan de totale kosten. Het resultaat van de businesscase van JEM-GO bleek negatief. Dit kwam voornamelijk door de afschrijvingskosten van de Powerwalls, die waren dusdanig hoog dat deze niet opwogen tegen

de inkomsten uit aangeboden FCR-vermogen. Dit blijkt ook uit onderstaande tabel waarin we de kosten en baten binnen het JEM-GO-project staan weergegeven.

Tabel 4: Bussinesscasepotentie FCR op JEM-GO powerwall

VASTE KOSTEN	BATTERIJ EIGENAAR	AGGREGATOR
Afschrijving batterij per jaar	500,00	
Energiekosten per jaar	29,17	
Afschrijving systemen per jaar		17,16
BUSINESSCASE POTENTIE	PER JAAR	NA 15 JAAR
Inkomsten FCR	343,20	
Totale kosten stakeholders	-543,33	
RESULTAAT	-203,13	-3046,98

In de onderstaande tabel zijn een aantal potentiële verbeteringen voor de businesscase uitgewerkt. Het terugverdienen van een Powerwall 2 blijkt binnen dit model mogelijk maar de winst is minimaal en waarschijnlijk onvoldoende om interessant te zijn. Met een buurtbatterij valt een beter resultaat te behalen door het aanbieden van FCR-capaciteit. Op kleine schaal is dit alleen niet aantrekkelijk. De grootste batterij presteert verreweg het beste. De kosten ervan kunnen binnen 4,5 jaar worden terugverdiend.

Tabel 5: Verbeterpunten voor de business case

VASTE KOSTEN	POTENTIELE BUSINESS-CASE PER JAAR
JEM-GO Powerwall, beschikbaarheid batterij van 80% naar 95% <i>Opbrengsten FCR stijgen door verhoogde beschikbaarheid</i>	-139
Powerwall 2 en beschikbaarheid naar 95% <i>Hoger vermogen en hogere beschikbaarheid verhogen opbrengst FCR, onkosten stijgen licht maar afschrijving Powerwall blijft constant.</i>	47,30
SSU 100 kW anno 2017 en beschikbaarheid 98% <i>Een lagere afschrijving per kW en een hogere OPEX (4%) resulteren in een grotere potentie naar rato van de capaciteit van een Powerwall 2.</i>	790
SSU 1 MW / 1 MWh en beschikbaarheid 98% <i>Nog lagere afschrijving per kW en een lagere OPEX (3%) ten opzichte van de kleinschalige oplossing resulteert in een grotere potentie naar rato van de capaciteit van een Powerwall 2.</i>	85.950

4.5 BUSINESSCASEVARIANT BATTERIJEN OP 'DEMAND RESPONSE'

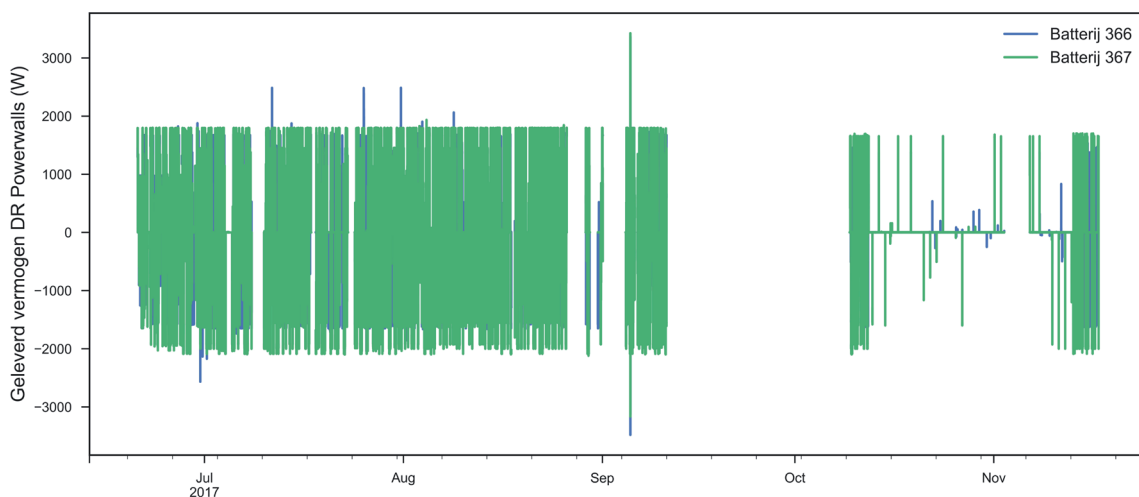
Tijdens de pilot zijn twee Powerwalls en de buurtbatterij deels ingezet op basis van de dynamische prijzen ('demand response'). Ze laadden op bij lage prijzen en ontladden bij hoge prijzen. Om de potentie van de Powerwalls te berekenen wordt aangenomen dat de Powerwalls één cyclus per dag maken. Voor de Powerwalls geldt dan dat er het meest verdiend kan worden als ze geladen worden (van volledig leeg naar volledig vol) tijdens die 1 uur en 56 minuten per dag dat de tarieven het laagst zijn. Vervolgens worden ze ontladen tijdens de 1 uur en 45 minuten van de dag dat de tarieven het hoogst zijn (verschil is efficiëntieverlies van 10%). Door deze gegevens te combineren met de daadwerkelijk gehanteerde tarieven over 2017 is een potentiële opbrengst van 0,65 €/kWh capaciteit/week tot en met september en 1,29 €/kWh-capaciteit/week vanaf oktober bepaald. De verwachte levensduur van de Powerwalls is dan tenminste 15 jaar. Bij twee cycli per dag komen we tot een potentiële opbrengst van 1,13 €/kWh capaciteit/week tot en met september en 2,22 €/kWh capaciteit/week vanaf oktober. Bij dit eens zo hoge aantal cycli per dag halveert de verwachte levensduur van de Powerwalls.

Tabel 6: Potentieel van 'demand response'

CYCLI PER DAG	1 CYCLUS	2 CYCLI
Potentie (voor invoering netwerkprikkel)	4,16 €/Powerwall/week	7,23 €/Powerwall/week
Potentie (na invoering netwerkprikkel)	8,26 €/Powerwall/week	14,21 €/Powerwall/week
Levensduur	15 jaar	7,5 jaar
Opbrengst per cyclus (voor invoering netwerkprikkel)	0,093 €/kWh	0,081 €/kWh
Opbrengst per cyclus (na invoering netwerkprikkel)	0,184 €/kWh	0,159 €/kWh

Prestatie batterijen binnen de pilot en potentieel

In de praktijk hebben de Powerwalls tijdens de pilot niet alleen geladen tijdens de 1 uur 56 minuten met laagste prijs en ontladen tijdens de 1 uur en 45 minuten met de hoogste prijs. Hieronder vergelijken we de gerealiseerde opbrengsten met de potentiële opbrengsten. De exacte potentie van de Powerwalls is echter moeilijk te bepalen. Tijdens de pilot hebben we namelijk maar anderhalve maand met een netwerkprikkel kunnen werken. Bovendien zijn naast de buurtbatterij slechts twee Powerwalls ingezet op 'direct response'. Daarbovenop komt dat het erop lijkt dat er meerdere storingen zijn geweest bij de aansturing op basis van 'direct response' tussen september en eind december (zie ook figuur 13). Door deze aansturingsproblemen zijn er effectief slechts acht dagen aan DR-data verzameld tussen 1 oktober en 31 december.



Figuur 13: Inzet 'demand response'

Op basis van figuur 13 is besloten het criterium te hanteren dat de batterijen alleen actief waren met DR op dagen dat er minimaal 1 kWh geladen was. Er blijft dan een sample van 84 dagen over waarvan 76 op dagen zonder netwerkprikkel en 8 op dagen met netwerkprikkel.

Tabel 7: Virtuele verdeling 'demand response' batterijen tijdens de pilot.

POWERWALL	366			367		
Dienst	FCR	DR	TOT.	FCR	DR	TOT.
Capaciteit %	25%	75%	100%	50%	50%	100%
Capaciteit kWh	1,6 kWh	4,8 kWh	6,4 kWh	3,2 kWh	3,2 kWh	6,4 kWh
Vermogen %	50%	50%	100%	33%	67%	100%
Vermogen kW	1,65 kW	1,65 kW	3,3 kW	1,1 kW	2,2 kW	3,3 kW
DR-verhouding vermogen vs capaciteit	1 kW / 2,9 kWh			1 kW / 1,45 kWh		
FCR-verhouding vermogen vs capaciteit	1 kW / 0,97 kWh			1 kW / 2,9 kWh		

De twee Powerwalls die deels op basis van 'direct response' zijn aangestuurd, zijn door Senfal virtueel verdeeld in een FCR-en een DR-deel. Deze verdeling, zoals getoond in bovenstaande tabel, is naar verwachting gedurende 75% van de pilot aangehouden. De exacte verdelingen van de batterijen gedurende de pilot 2.0 zijn niet geregistreerd.

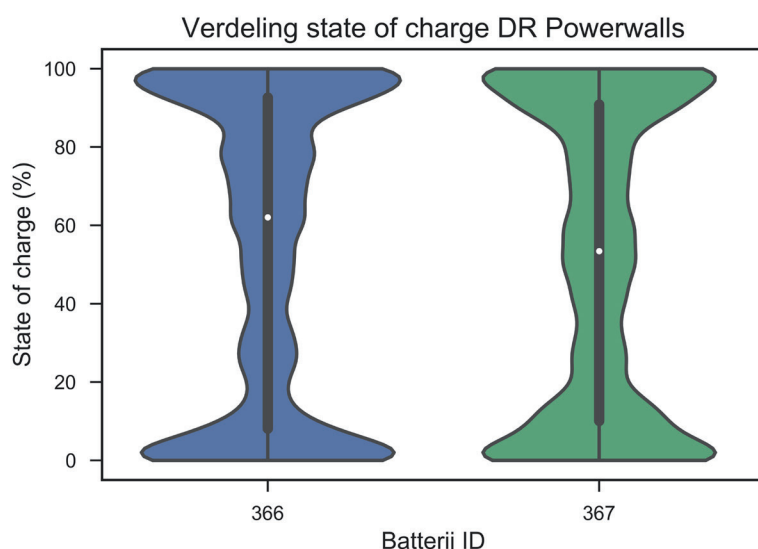
Voor batterij 367 is te zien dat de FCR-verhouding tussen vermogen en capaciteit 1 kW/2,9 kWh was. TenneT vereist echter slechts een verhouding 1 kW/1 kWh. Er had dus veel meer capaciteit toegewezen kunnen worden aan DR bij deze Powerwall dan nu het geval is.

Tabel 8: Resultaten 'demand response'

	VOOR SPLITSING OP DR EN FCR	NA SPLITSING OP DR EN FCR	TOTAAL
Beschikbaar vermogen	3,85 kW	3,85 kW	3,85 kW
Beschikbare capaciteit	8 kWh	8 kWh	8 kWh
Aantal dagen	76 dagen	8 dagen	84 dagen
Gemiddeld geladen	13,5 kWh/dag	13,8 kWh/dag	13,5 kWh/dag
Gemiddeld ontladen	-13,9 kWh/daG	-16,9 kWh/dag	-14,2 kWh/dag
Netto geladen	-0,4 kWh/dag	-3,1 kWh/dag	-0,7 kWh/dag
Gemiddelde leverkosten	2,16 €/dag	2,86 €/dag	2,23 kW
Gemiddelde terugleverkosten	-2,66 €/dag	-4,48 €/dag	-2,84 €/dag
Gemiddelde opbrengsten	0,51 €/dag	1,62 €/dag	0,61 €/dag

In tabel 8 zien we de resultaten uit de DR-analyse. Hieruit komt duidelijk naar voren dat er na de splitsing te weinig meetpunten waren om onderbouwde conclusies te trekken. Er zijn slechts acht dagen met data beschikbaar voor DR en gemiddeld genomen is er op deze dagen 3,1 kWh meer ontladen dan geladen. Het is onbekend wanneer dit gebeurd is. Een mogelijke verklaring is dat de data onjuist zijn op dit punt. Duidelijk komt wel naar voren dat de DR-batterijen tijdens de pilot ongeveer anderhalf tot twee cycli per dag draaiden. Dus ongeveer tien tot veertien per week. Dit is logisch te verklaren. Er komen immers maar één of twee pieken en dalen per dag in de prijs voor.

Om toch een businesscase voor DR door te kunnen rekenen zijn de kosten voor de te weinig geleverde energie toegevoegd. Ervan uitgaande dat de batterijen een efficiëntie behaalden van 90% werd er in de periode tot en met september gemiddeld 2,0 kWh per dag te weinig geladen. We nemen aan dat we deze 2,0 kWh hebben geladen tegen het 25% laagste tarief. Dat wil zeggen 0,15 €/kWh. Op basis van deze aannames komen we, over de periode tot invoering van de netwerkprikkel, op een potentiële opbrengst van 0,17 €/per kW/week. Dezelfde exercitie voor de acht dagen na invoering van de netwerkprikkel levert een potentiële opbrengst op van 0,75 €/kW/week. In vergelijking met de maximale potentiële opbrengsten per week na 1 oktober (2,22 €/kWh capaciteit/week) was de potentie van de Powerwalls dus veel groter. Doordat ze maar anderhalf tot twee cycli per dag hebben gemaakt in plaats van twee is de levensduur van de Powerwalls met dezelfde verhouding iets langer.



Figuur 14: Verdeling state of charge voor 'demand response'.

Figuur 14 toont de 'state of charge' van het DR-deel van de twee op DR-aangestuurde batterijen ten tijde van de pilot. Hieruit komt duidelijk naar voren dat beide batterijen relatief vaak volledig leeg (state of charge: 0) of volledig vol (state of charge: 100) waren. Dat duidt erop dat een verhouding waarbij de capaciteit groter is dan het vermogen gunstiger is voor de op DR-aangestuurde batterijen.

Businesscase voor DR in JEM-GO

De garantievoorwaarden waren leidend bij het bepalen van de afschrijving van de batterij en het opstellen van de businesscase. De JEM-GO batterij heeft een cyclusgarantie. Het gebruiken van een cyclus betekent dat deze moet worden afgeschreven. Aan de hand van de afschrijving per cyclus konden we dus ook de winst per cyclus bepalen. Met het opbrengstpotentieel zoals dit berekend is en een afschrijving van 0,234 €/kWh kan er geen winst behaald worden. De afschrijving is te hoog en daardoor is de winst per cyclus in alle gevallen negatief (zie tabel 9).

Tabel 9: Potentiële opbrengsten DR JEM-GO Powerwall

JEM-GO POWERWALL	Resultaat (winst) per kWh	
	1 CYCLUS PER DAG	2 CYCLI PER DAG
Zonder netwerkprikkel	-€ 0,141	-€ 0,153
Levensduur	-€ 0,050	-€ 0,075

Afhankelijk van de tijd van het jaar is de opbrengst bij één cyclus per dag gelijk aan of eenmaal zo hoog als de afschrijving van de Powerwall 2 (0,093 €/kWh). Dat betekent dat het in principe mogelijk is om een businesscase te vormen als de prijzen uit JEM 2.0 een representatief beeld geven van de potentie. In de maanden met een netwerkprikkel is de verdienpotentie het grootst.

De DR-potentie bij twee cycli per dag ligt in principe lager en zonder netwerkprikkel kan er geen break-even resultaat worden bereikt. Met één cyclus per dag, zonder netwerkprikkel, is het mogelijk om voldoende omzet te generen om een deel van de aanschafprijs terug te verdienen (zonder winst).

Met de afschrijving per kWh van een Powerwall 2 kan het interessant zijn om aan te sturen op basis van 'demand response' (DR).

4.6 BUSINESSCASEVARIANT COMBINATIE FCR EN DR

Batterijen zijn technisch in staat om meerdere toepassingen parallel uit te voeren. Vanuit businesscaseperspectief kan ook worden onderzocht of er door een combinatie van meerdere toepassingen meer rendement uit dezelfde installatie gehaald kan worden. De toepassingen die gebruikt zijn binnen het JEM-GO-project zijn: de inzet van batterijen als FCR en de inzet op basis van 'demand response' (DR). Om de ideale combinatie van deze toepassingen te bepalen dient een afweging tussen technische aspecten en de opbrengsten gemaakt te worden. Hierbij moet er rekening mee worden gehouden dat bij de combinatie van twee toepassingen het gecombineerde risico van teruglopende opbrengsten kleiner is dan bij het gebruik van één toepassing. Dit komt de financierbaarheid ten goede.

Bij een 'DR only'-toepassing worden twee zware cycli per dag uitgevoerd. De Powerwall benut zo in minder dan zeven jaar al zijn cycli. Met de prijsstructuur die voor JEM 2.0 is gehanteerd bleek dit de meest rendabele manier om de Powerwalls in te zetten, hoewel dit uiteindelijk nog steeds verliesgevend was. Door het inzetten van de batterij voor FCR is de technische slijtage verwaarloosbaar. De batterij zou dan zonder problemen de verwachte levensduur van vijftien jaar kunnen halen of zelfs overschrijden. Ruim de helft van de energiec capaciteit van de batterij blijft onbenut in de 'FCR only'-businesscase en deze energiec capaciteit kan aangesproken worden om waarde te ontsluiten. Om onbenutte capaciteit aan te spreken moet minder FCR-vermogen

aangeboden worden, dit vrijgekomen vermogen kan ingezet worden om 'demand response' toe te passen voor het onbenutte deel van de batterij.

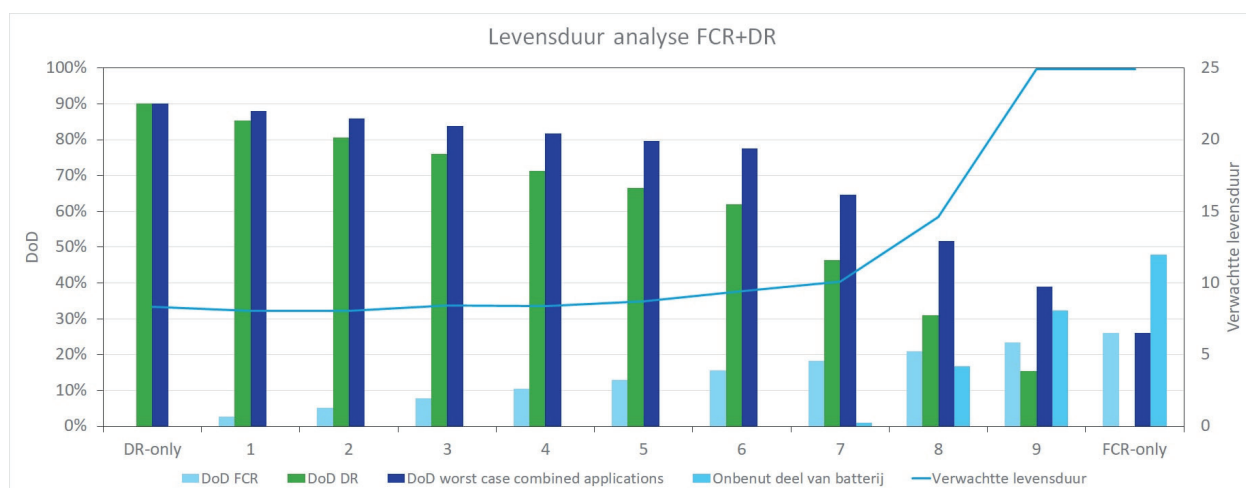
De ideale businesscase maakt in principe maximaal gebruik van de technische levensduur, bijvoorbeeld tussen de tien en vijftien jaar. Voor de combinatie-exercitie namen we de 'FCR only'-businesscasevariant als uitgangspunt. Door in plaats van de 3,3 kW nominaal vermogen 3 kW/3 kWh in te zetten als FCR kan de rest van het batterijvermogen (0,3 kW/3,4 kWh) benut worden op basis van 'direct response'. Deze verhouding van 1:11 is alleen zeer extreem en niet nuttig inzetbaar. Praktisch gezien is de maximale DR-verhouding 1:4. Een deel van de beschikbare capaciteit blijft dan alsnog onbenut (2,1 kWh in dit rekenvoorbeeld).

We keken ook naar FCR/DR-combinaties in andere verhoudingen (zie tabel 10). Bij alle scenario's is altijd het volledige vermogen van de batterij ingezet, een deel van de energiecapaciteit blijft in sommige gevallen onbenut.

Tabel 10: Scenario's combinatie FCR + DR

Scenario naam naar rato van verdeling energie- capaciteit	Vermogen per toepassing		Energie per toepassing		Onbenut deel van batterij	
	FCR	DR	FCR	DR	kWh	%
DR- ONLY	0 kW	3,3 kW	0,0 kWh	6,4 kWh	0,0 kWh	0%
2	0,3 kW	3,0 kW	0,3 kWh	6,1 kWh	0,0 kWh	0%
3	0,7 kW	2,7 kW	0,7 kWh	5,7 kWh	0,0 kWh	0%
4	1,0 kW	2,3 kW	1,0 kWh	5,4 kWh	0,0 kWh	0%
5	1,3 kW	2,0 kW	1,3 kWh	5,1 kWh	0,0 kWh	0%
6	1,7 kW	1,7 kW	1,7 kWh	4,7 kWh	0,0 kWh	0%
7	2,0 kW	1,3 kW	2,0 kWh	4,4 kWh	0,0 kWh	0%
8	2,3 kW	1,0 kW	2,3 kWh	4,0 kWh	0,1 kWh	1%
9	2,7 kW	0,7 kW	2,7 kWh	2,7 kWh	1,1 kWh	17%
10	3,0 kW	0,3 kW	3,0 kWh	1,3 kWh	2,1 kWh	32%
'FCR ONLY'	3,3 kW	0,0 kW	3,3 kWh	0,0 kWh	3,1 kWh	48%

Op basis van de inzet van de Powerwalls tijdens JEM-GO en de degradatiekarakteristieken van lithium-ion batterijen berekenden we de levensduur bij de verschillende scenario's. De verwachte levensduur hangt sterk af van de combinatie van toepassingen. Bij een ondiepe ontlading slijt de batterij minder sterk dan bij een volledige cyclus. Een slimme combinatie van toepassingen zorgt voor een hoger rendement, maar verkort de levensduur. De uitkomsten van de levensduuranalyse staan in figuur 15. De levensduur (blauw) is het langst bij de scenario's waarin FCR de voornaamste toepassing is en een deel van de batterij onbenut blijft.



Figuur 15: Levensduuranalyse Powerwall FCR- + DR-scenario's

De meest interessante DR/FCR-combinaties laten de batterij maximaal renderen bij een levensduur van minimaal 10 jaar. Cases 7 en 8 zijn op businesscasepotentie onderzocht omdat ze aan de kenmerken van een goede businesscase voldoen. De resultaten hiervan staan weergegeven in tabel 11. Bij de uitwerking van deze scenario's is gekeken naar de verdienpotentie bij een beschikbaarheid van 95% van de thuisbatterij voor inzet als FCR en naar de verdienpotentie als de volledige capaciteit van de batterij wordt gebruikt op basis van 'demand response'.

Tabel 11: Businesscasepotentieel JEM-GO Powerwall; gecombineerde toepassing FCR en DR.

Scenario	FCR vermogen	DR vermogen	DR energie	Onbenut deel	Afschrijftermijn / levensduur	Afschrijving	Omzet	Resultaat (winst) einde levensduur
DR ONLY	-	3,3 kW	6,4 kWh	0%	7,5 JAAR	1000 €/jaar	378 €/JAAR	-€ 4.284
					10 JAAR	500 €/jaar	218 €/JAAR	-€3.796
7	2,3 kW	1 kW	4 kWh	1%	10 JAAR	750 €/jaar	582 €/JAAR	-€ 3.005
8	2,7 kW	0,7 kW	2,7 kWh	17%	15 JAAR	500 €/jaar	532 €/JAAR	-€ 88
FCR ONLY	3,3 kW	-	-	48 %	> 15 JAAR	500 €/jaar	408 €/JAAR	-€ 3.047

Degradatieverificatie Powerwalls

Op basis van de beschikbare gebruiksdata verifieerden we of de theoretische degradatie van de batterijen overeenkomt met de werkelijke degradatie. We gebruiken een door DNV GL ontwikkeld empirisch model, BatteryXT genaamd, om de degradatie op celniveau te bepalen.

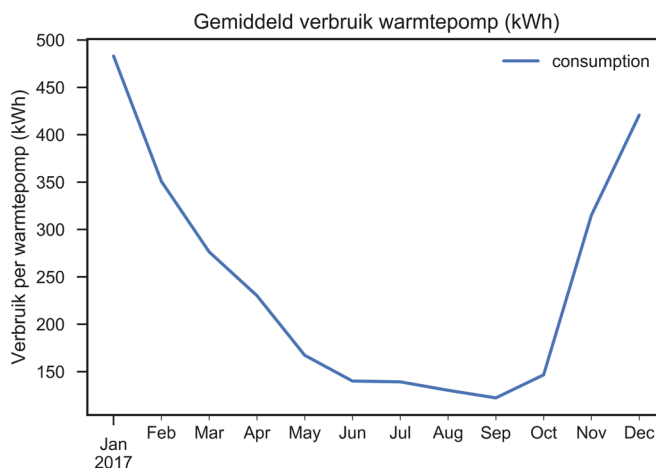
Uit de analyses van BatteryXT blijkt dat de degradatie door het cycleren van de batterij minimaal is. De degradatie van de batterij wordt vooral bepaald door kalenderveroudering. Zonder overdimensionering gaat de batterij ruim 20 jaar mee. Met de opgegeven dimensionering komt de technische levensduur op ongeveer 25 jaar. De aangenomen degradatie door inzet als FCR komt dus overeen met de resultaten uit het empirisch model.

4.7 BUSINESSCASEVARIANT MET WARMTEPOMPEN

De warmtepompen binnen de pilot werden slim aangestuurd om in te kunnen spelen op de dynamische energietarieven. Voor het berekenen van de rentabiliteit van de businesscase deden we de volgende aannames:

Gastarief	0,63 €/m³
Energetische waarde gas	31,65 MJ/m³
Rendement gasketel	90%
COP warmtepomp	4,5

Gemiddeld genomen hebben de warmtepompen per stuk voor 539 euro aan stroom verbruikt in 2017. Daartegenover staat dat er, onder de bovenstaande aannames, 1646 m³ gas is bespaard. Bij de huidige gasprijs komt dit neer op bijna 500 euro per huishouden per jaar. Of door de slimme aansturing van de warmtepompen ook energiekosten zijn bespaard is lastig te bepalen. Hiervoor zouden we het resultaat af kunnen zetten tegen een situatie zonder slimme aansturing, maar dit is op basis van de huidige data niet mogelijk.



Figuur 16: Verbruik per warmtepomp

4.8 WET- EN REGELGEVING

In dit hoofdstuk focussen we op de vraag in hoeverre het ontworpen businessmodel en de dynamische prijzen realiseerbaar zijn binnen de huidige wet- en regelgeving omtrent elektriciteit. Om hier een antwoord op te geven hebben we eerst de verschillen tussen het voor JEM 2.0 ontworpen businessmodel en het huidige elektriciteitssysteem op een rij gezet. Vervolgens hebben we de verschillende innovaties die deel uitmaken van het businessmodel binnen het juridische kader geplaatst om te bezien of en, zo ja, in hoeverre dit kader een belemmering vormt.

Allereerst kunnen we concluderen dat de belangrijkste wijziging de toevoeging van de rollen aggregator, grid-contractor en facilitator is. Daarnaast hanteert de energieleverancier een dynamisch leveringstarief (gebaseerd op de actuele marktprijs). Bij een verwachte piekbelasting van het net wordt bovenop het capaciteitstarief bovendien een boete in rekening gebracht. En de energiebelasting bestaat niet langer uit een vast bedrag per kWh, maar uit een percentage van het leveringstarief. Bovendien is een buurtbatterij ter beschikking gesteld aan Senfal en is er bij een aantal deelnemers een thuisbatterij geplaatst. Op zoek naar een rendabel businessmodel kan Senfal de batterijen op afstand aansturen.

Het onderbrengen van de rollen aggregator en facilitator bij de energieleverancier kent in beginsel geen juridische belemmeringen, zolang de privacyregels in acht worden genomen. Ten aanzien van de rol van de grid-contractor zijn er echter wel degelijk belemmeringen. Zo kan deze rol niet bij een marktpartij worden ondergebracht door de exclusieve taaktoedeling van de netbeheerder volgens artikel 16 van de Elektriciteitswet. Een wet die tevens een strikte scheiding tussen netbeheer en markt voorschrijft. De mogelijkheden van de netbeheerder zelf om het net te ontlasten zijn alleen beperkt.

Het tijdens JEM 2.0 gehanteerde tarief lijkt ook niet geheel te passen binnen de wettelijke bepalingen omtrent het netbeheerderstarief. Bovendien is de Autoriteit Consument & Markt van mening dat de markt eerst een kans moet krijgen voordat netbeheerders gaan investeren in opslag. Wel liggen hier mogelijkheden tot nader onderzoek, omdat er binnen de huidige wetgeving mogelijk wel ruimte is voor de netbeheerder om met gedifferentieerde tarieven de afnemer te prikkelen zijn vraag te verschuiven.

Ten slotte kan ten aanzien van de opslagsystemen worden geconcludeerd dat het voor JEM 2.0 ontwikkelde systeem in lijn is met de gedachte dat oplossingen voor opslag binnen de markt moet worden ontwikkeld en niet binnen netbeheer. Voor een nationale uitrol betekent dit wel dat een nieuwe kostenraming moet worden gemaakt waarbij de kosten voor investering in opslag bij de energieleverancier (aggregator) en kleinverbruikers komen te liggen.

Meer informatie omtrent de wet- en regelgeving is ook te vinden in het whitepaper 'Jouw Energie Moment in juridisch perspectief'. Dit whitepaper is te downloaden via www.jouwenenergimoment.nl en op te vragen bij de projectpartners.

5. CONCLUSIES, AANBEVELINGEN EN DISCUSSIEPUNTEN

Tijdens het JEM-GO-project hebben we bekeken hoe rendabel het is om thuis- en buurtbatterijen en slimme warmtepompen in te zetten om te zorgen voor een meer verbruiksflexibiliteit bij consumenten. Daarnaast onderzochten we wat het effect op het resultaat was als de batterijen werden ingezet als FCR-vermogen en wanneer ze op basis van de dynamische tarieven werden aangestuurd (DR). Uiteindelijk hebben we de potentie van hedendaagse alternatieven afgezet tegen die van de batterijen die tijdens de pilot zijn gebruikt. De belangrijkste conclusies en aanbevelingen uit het project JEM-GO treft u hieronder aan.

Belangrijkste bevindingen enkelvoudige toepassing van FCR

- ▶ Alleen op basis van de inzet van het batterijvermogen voor FCR zal er met de JEM-GO Powerwalls geen businesscase mogelijk zijn waarbij zowel de eigenaar van de batterij als de aggregator uitkomen op een positief resultaat. De belangrijkste voorwaarden voor een verbeterde FCR-businesscase zijn:
 - ▶ een lagere kostprijs per kW;
 - ▶ een betere beschikbaarheid van de Powerwalls (dit was slechts 80% tijdens het project).
- ▶ De batterijen 'pruttelen' voornamelijk bij lage vermogens. Hierdoor hebben ze technisch wel een lange levensduur van tenminste 20 jaar.
- ▶ De batterijen waren slechts 80% van de tijd beschikbaar als gevolg van storingen. Om ervoor te zorgen dat een stabiele dienst geleverd kon worden aan TenneT was het van belang dat er een centraal aangestuurd mechanisme werd ontwikkeld dat de inzet van niet beschikbare batterijen verplaatste naar andere batterijen. Daarbij was het van uitermate groot belang dat dit centrale systeem maximaal beschikbaar was.
- ▶ Het leveren van FCR-diensten kan er ook voor zorgen dat de totale netbelasting verhoogd wordt tijdens pieken. De controle van de batterijen komt in dit geval namelijk bij TenneT te liggen. Hierdoor kunnen de congestieproblemen zelfs groter worden. Het voordeel van het inzetten van geaggregeerde batterijen verdeeld over verschillende wijken als FCR-vermogen is dat het dan mogelijk is om alleen die batterijen te gebruiken die de netbelasting in de wijk niet vergroten.
- ▶ Batterijen die niet functioneren in dienst van de netbeheerder vormen een risico voor de piekbelasting en kunnen de congestieproblemen dus vergroten. Daarom is het essentieel dat de netbeheerder actief betrokken wordt als stakeholder bij decentrale opslagsystemen en dat hij invloed krijgt op het gebruik van deze opslagsystemen.

- ▶ Op basis van een FCR-vergoeding van 2,5 €/kW/week is geen businesscase met een positief resultaat haalbaar met de Powerwall vanwege de hoge afschrijvingskosten. Een goedkopere batterij, zoals de Powerwall 2, kan mogelijk zorgen voor een beter resultaat als de beschikbaarheid verbeterd wordt van 80 naar 95%. De marges zijn alleen klein. Bovendien moet er rekening mee worden gehouden dat de FCR-vergoeding gaat dalen.

Belangrijkste bevindingen enkelvoudige toepassing van DR

- ▶ Om een accurate businesscase door te rekenen zijn zuivere data nodig. De beschikbare data waren in dit geval onvoldoende om scherpe conclusies over het effect van toepassing van 'demand response' (DR) tijdens JEM-GO te maken. Voor een betrouwbare analyse van de DR-prestaties is een pilot met enkelvoudige toepassing van DR nodig. Tijdens JEM-GO is gekozen voor 'benefit stacking' en is DR alleen geleverd op batterijen die ook voor FCR-vermogen werden ingezet.
- ▶ Voor een rendabele businesscase op het gebied van DR is het van belang dat de lever- en teruglevertarieven voldoende variabel zijn. Op basis van dit project valt met de verkregen data nog niet eenduidig te concluderen of deze businesscase rendabel is. Het project toont wel aan dat een netwerkprikkel een goed middel is om te zorgen voor een groter verschil tussen de energietarieven.
- ▶ Voor de businesscase is het van groot belang om te bepalen vanaf welk prijsniveau de batterijen moeten reageren op DR. Tijdens het eerste deel van de pilot hebben de DR-aangestuurde batterijen relatief veel gereageerd op (te) kleine variaties in prijsprikkels. Op basis daarvan werden 1,5 tot 2 cycli per dag gemaakt. De prikkels hadden alleen weinig effect terwijl het geven ervan wel ten koste ging van de levensduur van de batterijen.
- ▶ Om door de inzet van dynamische tarieven (DR) netverzwaring te kunnen voorkomen is het van belang dat er een accurate voorspelling is van de netbelasting over vier uur. Een onjuiste voorspelling kan resulteren in het niet afgeven van een netwerkprikkel en dus in het niet voorkomen van netwerkcongestie. Een andere voorwaarde voor het voorkomen van netverzwaring is dat ervoor gezorgd dient te worden dat ten tijde van netwerkcongestie de batterijen beschikbaar zijn (dus niet volledig geladen of ontladen).

Belangrijkste bevindingen gecombineerde toepassing van FCR en DR

- ▶ Alleen door inzet als FCR is met de JEM-GO-batterijen geen businesscase met een positief resultaat voor de aggregator en de batterij-eigenaar mogelijk. De belangrijkste voorwaarden het verbeteren van de businesscase zijn:
 - ▶ een lagere kostprijs per kW;
 - ▶ een hogere beschikbaarheid van de Powerwalls (deze was slechts 80% tijdens het project).

- ▶ Uit de varianten op basis van FCR-inzet blijkt dat op deze manier een groot deel van de batterij wordt terugverdiend. De batterijen inzetten op basis van het dynamisch tarief (DR) blijkt minder interessant. De opbrengsten zijn in potentie vrij hoog, maar de batterij wordt sneller afgeschreven waardoor het geen winstgevende onderneming is. Dat er door de batterij-eigenaren effectief wordt gereageerd op de dynamische prijzen is een belangrijke voorwaarde voor het ontsluiten van DR-potentie. Tijdens JEM-GO had de opbrengst op dit vlak hoger kunnen zijn.
- ▶ De combinatie waarbij voornamelijk FCR wordt aangeboden (in combinatie met een klein vermogen DR) leveren financieel meer op dan alleen werken met FCR-inzet of DR. Door de combinatie slim te kiezen kan de levensduur van de batterij geoptimaliseerd worden. De onderzochte combinatiemogelijkheden waarbij de batterij 15 jaar meegaat leveren onderaan de streep meer op dan de combinaties bij een technische levensduur van 10 jaar. De toename in opbrengsten (waardoor de batterij sneller slijt) compenseren de verhoogde afschrijving echter onvoldoende om te komen tot een positief resultaat.

Algemene leerpunten

- ▶ Het zorgvuldig en transparant documenteren van de gebruikte aansturingsmechanismes en algoritmes en de aanpassingen die daarin worden gemaakt is belangrijk. Zonder deze documentatie valt immers lastig te achterhalen hoe een batterij aangestuurd is en waarom bepaalde problemen zich voordoen.
- ▶ Het is van belang om tijdens een pilot regelmatig te monitoren of alles nog naar behoren werkt. Na afloop van dit project bleek dat de batterijen op meerdere momenten niet goed gefunctioneerd hadden. Hierdoor zijn uiteindelijk minder bruikbare data gegenereerd dan gehoopt.
- ▶ De resultaten van onze analyses vallen of staan met de afschaffing van de salderingsregeling. Als deze wordt afgeschaft zouden bij de inzet van batterijen als FCR voortaan ook de energieverliezen betaald moeten worden. Bovendien kan dan niet meer voor hetzelfde tarief worden geleverd en teruggeleverd. De operationele kosten van een batterij zullen daardoor hoger uitvallen. Voor de toepassing van DR heeft het afschaffen van de salderingsregeling vergelijkbare gevolgen. Een lagere prijs voor teruglevering resulteert in minder mogelijkheden om waarde uit DR te halen. Dit betekent effectief dat de verschillen tussen de maximale en minimale energieprijzen zo groot moeten zijn dat deze het inkomstenverlies kunnen opheffen dat geleden wordt door de lagere prijs voor terugleveren. Het zelf consumeren van de eigen zonne-opwek wordt hierdoor wel gestimuleerd.
- ▶ Tijdens het project hebben we ervaren dat de aansturing van batterijen zeer arbeidsintensief is. Er gaat meer tijd in zitten dan bijvoorbeeld het koppelen van een warmtepomp. We bevelen dan ook aan vooraf goed te bekijken of aansturing van buitenaf mogelijk is. Vraag de fabrikant ook om zijn visie hierop.

De voor dit project gebruikte batterijen vertoonden verschillende soorten veel voorkomende fouten ondanks dat ze afkomstig waren van een gerenommeerd bedrijf. We adviseren daarom batterijen/apparatuur te gebruiken waar in de markt inmiddels goede ervaringen mee zijn opgedaan.

6. DE MOGELIJKHEDEN VOOR SPIN-OFF EN VERVOLGACTIVITEITEN

- ▶ Een accu maakt het mogelijk om opgewekte groene energie op te slaan en deze pas te gebruiken als zij van pas komt. Dat is interessant voor de toekomst. Dat betekent namelijk dat een opslagsysteem de energietransitie kan versnellen, zonder dat consumenten er in comfort op achteruit gaan. Waar wel aandacht aan moet worden besteed is de volledige footprint van batterijen. De productie van de huidige Li-ion accu's zorgt voor veel milieuschade, de omvormers verbruiken veel basisenergie (1 tot 2.5kWh per dag) en bij het laden en ontladen gaat relatief veel energie verloren. Daarom is aanvullend onderzoek gewenst naar alternatieve opslagmogelijkheden en manieren om accusystemen efficiënter in te zetten.
- ▶ De pilots JEM 2.0 en JEM-GO leverden daarnaast nog een belangrijk inzicht op: hoe meer apparaten er aan elkaar gekoppeld zijn, hoe meer beheer nodig is. Bij het inzetten van de opslagsystemen voor het beheren van het energienetwerk zijn betrouwbaarheid, bereikbaarheid en veiligheid belangrijke thema's. Dit vraagt om kennis van onder andere 'connectivity', 'cyber security' en 'device management'. Op de energiemarkt staat dit nog in de kinderschoenen en zijn open systemen, waarbinnen apparaten van diverse fabrikanten probleemloos met elkaar samenwerken, nog maar net in opkomst. Binnen andere markten is hier al meer ervaring mee opgedaan. Toekomstige projecten op duurzaam vlak doen er dan ook verstandig aan de kennis die daar is opgedaan praktisch en efficiënt toe te passen.
- ▶ Voor de toekomst valt daarnaast nog winst te behalen aan het inzetten van opslag op grotere schaal. Niet voor een huishouden, maar voor een hele wijk (micro-grid). Tevens kan een netwerk van opslageenheden worden ingezet om te zorgen voor een betere balans op het energienet. Door het breed inzetten van opslag zal overigens de onbalansproblematiek veranderen en daarmee de opbrengsten voor batterijbezitters. De onbalansverantwoordelijkheid ligt nu namelijk bij TenneT en de netbeheerder, terwijl de middelen ervoor straks bij consumenten komen te liggen. Er zal dus een nieuw businessmodel moeten komen, waarbij TenneT en de netbeheerder de verantwoording kunnen nemen en de consument kan investeren in apparatuur. Onderzoek naar een dergelijk businessmodel lijkt steeds meer opportuun te worden.

- ▶ Tijdens JEM-GO is ook gekeken naar centrale opslag in de wijk. Voor de toekomst is deze oplossing veel bruikbaar, mits de regelgeving aangepast wordt. Bij het laden en ontladen van batterijen wordt energie verhandeld en dat is nu, in deze vorm, wettelijk niet toegestaan. Het grote voordeel van opslag in de wijk is dat op het juiste punt (daar waar de capaciteitsbeperking begint) de energie wordt opgeslagen. TenneT heeft daardoor de zekerheid dat de benodigde opslagcapaciteit beschikbaar is voor netoptimalisatie. Het nadeel is alleen dat TenneT de eigenaar van de opgeslagen energie is bij inzet van batterijen als FCR.
- ▶ De meerwaarde van JEM-GO als project is groot. Niet omdat er nu nieuwe apparatuur is ontwikkeld die kan worden verkocht, maar omdat door JEM-GO duidelijker is geworden welke richting we op moeten gaan en welke wegen we beter links kunnen laten liggen. Om te zorgen voor een maatschappelijke verandering is goed samenwerken nodig zijn, dat bleek ook tijdens JEM-GO. Respect voor elkaars expertise is hierbij het sleutelwoord. Organisaties als Enexis en TNO kunnen binnen een samenwerking een stimulans zijn om breder te denken en te doen. Bedrijven als Shift en Senfal kunnen innovatieve businessconcepten uitwerken en in de praktijk helpen toepassen. En Technolution kan visionaire, vaak theoretische ideeën omzetten in werkende, praktisch te gebruiken, innovatieve systemen.



JOUW ENERGIE MOMENT

Jouw Energie Moment

www.jouwenergiemoment.nl