



**COOP-STORE:**  
COOPERATIEVE ENERGIEOPSLAG  
Openbaar eindverslag



## VOORWOORD

Met het publiceren van dit openbare eindrapport tijdens het symposium 'Energieopslag: de feiten' wordt een belangrijke periode voor onze energiecoöperatie WeertEnergie afgesloten. De periode van 'kunnen we een zonnepark met opslag' realiseren en laten renderen. De onderzoeken die in dit rapport zijn opgenomen, geven een duidelijk voorbeeld of en zo ja, hoe een coöperatie een dergelijk project kan opzetten. Vorm zelf uw mening, zou ik zeggen.

Wat wel duidelijk is geworden, is het feit dat een groep burgers samen een dergelijk project tot een goed einde kunnen brengen samen met de gemeente, regionale bedrijven en kennisinstellingen, die het een uitdaging vinden om een dergelijk onderzoek mee uit te voeren. We zijn er allemaal wijzer van geworden.

Hier past een woord van dank aan velen, die hebben meegeholpen, waaronder de inwoners van het kerkdorp Altweerterheide, ambtenaren van de gemeente, toeleveranciers, ontwikkelaars, leden van WeertEnergie en niet in de laatste plaats de veiligheidsregio. Want ook zij hebben dit project aangegrepen om nieuwe veiligheidseisen in gezamenlijkheid op te stellen voor met name het plaatsen van de batterij. Er was geen Nederlandse norm.

Ook past hier een woord van dank aan Peter Ramaekers, die het project mede heeft opgezet en begeleid tot de aanschaf van de batterij, en Gerard te Boekhorst die als projectleider het park en de installaties heeft kunnen realiseren namens onze coöperatie. Beiden hebben vele uren besteed aan overleg en opbouw, maar altijd met die ene gedachte in hun hoofden: het is mogelijk om een coöperatief zonnepark met batterij te realiseren. Chapeau.

Tot slot gaat mijn dank met name uit aan al die leden van WeertEnergie die hier hun kennis en ervaring in hebben gedeeld. Geweldig om te zien dat er toch veel inwoners zijn die de energietransitie verder willen helpen, ook met de andere projecten die we uitvoeren. Trots op onze coöperatie WeertEnergie.

Tenslotte nog een dank aan de ondernemingen binnen COOP-store, die de onderzoeken en de verslaglegging naar het ministerie van Economische Zaken hebben uitgevoerd. Dat ministerie heeft dit project mede gefinancierd binnen de Topsector Economie.

De presentaties van het symposium zijn op te vragen via [projectbureau@weertenergie.nl](mailto:projectbureau@weertenergie.nl) of te volgen via de website [www.weertenergie.nl](http://www.weertenergie.nl)



**Peter Gloudi**

*Voorzitter energiecoöperatie WeertEnergie U.A.*

## INHOUDSOPGAVE

	<b>Voorwoord</b>	<b>2</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Realisatie van het zonnepark en batterij-opslag</b>	<b>6</b>
2.1	Uitgangspunten	6
2.2	Ontwerp	6
2.3	Realisatiefase (bouwwerkzaamheden)	7
2.4	Oplevering en inbedrijfstelling	10
2.5	Exploitatie, onderhoud en monitoring	10
2.6	Verantwoordelijkheden tijdens exploitatie	10
<b>3</b>	<b>Toepassing: Het landelijke net</b>	<b>11</b>
3.1	Energiehandel	11
3.2	Regel- en reservemarkt	12
<b>4</b>	<b>Toepassing: Het lokale net</b>	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>Toepassing: Energiegemeenschappen van burgers</b>	<b>16</b>
5.1	Technisch	17
5.2	Niet-technisch	18
<b>6</b>	<b>Business case</b>	<b>20</b>
6.1	Investering	20
6.2	Opbrengsten	21
6.3	Business case	21
<b>7</b>	<b>Conclusies</b>	<b>22</b>
	Dankwoord	23





  
**ZONNE-PARK**  
ALTWEETERHEIDE

  
**BATTERIJ**  
  
*Daar krijg je energie van!*

## 1 Inleiding

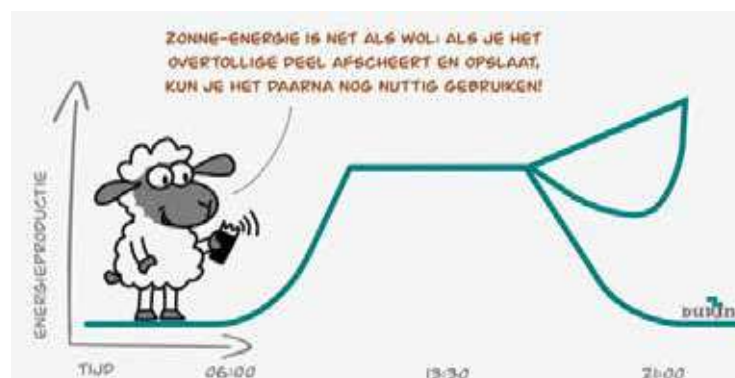
In Nederland wordt elektriciteit van oudsher met name geproduceerd door kolen- en gasgestookte energiecentrales. De toepassing van zonne-energie kwam op gang in de jaren '90 en groeit nu al drie decennia lang met gemiddeld zo'n 35% per jaar. Indien het huidige groeitempo doorzet zou over vijf jaar meer dan de helft van de Nederlandse elektriciteit met behulp van zonnepanelen opgewekt worden.

De opwek met behulp van zonnepanelen geeft een heel belangrijke verschuiving in het energielandschap: Van centrale opwek in enkele grote centrales, naar decentrale opwek verspreid over heel Nederland op daken, gevels, zonneweides en drijvende zonneparken. Dit decentrale karakter heeft geleid tot de oprichting van vele energiecoöperaties. Dit zijn burger-initiatieven die in hun eigen wijk of gemeente de rol van de traditionele energieleverancier overnemen: De opwek en levering van elektriciteit.

Zo is in 2013 in Weert de energiecoöperatie WeertEnergie opgericht. Zij heeft tot doel om duurzame energie in Weert op te wekken en te leveren aan huishoudens, bedrijven en overheidsinstellingen in Weert.

Elektriciteitsproductie moet altijd vraaggestuurd zijn. Dat wil zeggen, er wordt alleen die stroom opgewekt die mensen op exact dat moment nodig hebben. Een intrinsieke eigenschap van zonne-energie is echter dat de productie moeilijk regelbaar is. Dit wordt in Nederland op dit moment opgelost door snel regelbare gascentrales in te zetten die de fluctuaties in zonne-energie productie kunnen opvangen. Dat is echter geen toekomstbestendige oplossing. Een deel van de oplossing die vermoedelijk wél toekomstbestendig is, is het inzetten van peak shaving in combinatie met opslag in batterijen.

### | Peak shaving en batterijen.



WeertEnergie, Scholt Energy, Soltronergy en TNO zijn in 2017 de uitdaging aangegaan in het door het Ministerie van Economische Zaken gesteunde project COOP-STORE. In 2020 ging het consortium bovendien een samenwerking omtrent 'peak shaving' aan met Enpuls. COOP-STORE staat hierbij voor coöperatieve opslag. Het project is een primeur: De eerste batterij die coöperatief beheerd wordt door een energiecoöperatie. In dit rapport delen we de kennis en ervaring die opgedaan is in het project.

## 2 Realisatie van het zonnepark en batterij-opslag

### 2.1 UITGANGSPUNTEN

De doelstelling van het project was het grootschalig combineren van duurzame energieopwekking (zonnepanelen) met het opslaan van energie in een batterij, ten einde de autarkie van het dorp Altweerterheide te vergroten.

Om dit te realiseren, is op een perceel dicht tegen de bebouwde kom, een zonneweide gerealiseerd. Om schaalvoordelen te realiseren, zijn naastgelegen daken van een kippenboerderij tevens aangesloten op de netaansluiting van de zonneweide. Samen met een coöperatieve buurtbatterij is de energievraag (elektriciteit) met energieproductie (aanbod) gecombineerd.

In dit project lag de focus op het systeemontwerp van het zonnepark, inclusief batterijopslag en het configureren van de netaansluiting. Tijdens de aanbestedings- en bouwfase werd toegezien op de aangeboden en geleverde kwaliteit, zodat in de exploitatiefase de installatie ook moet doen wat ervan verwacht mag worden.

### 2.2 ONTWERP

Eén van de randvoorwaarden van het project is het gebruik van meerdere SDE-beschikkingen (SDE = Stimulering Duurzame Energie). Het dakgebonden systeem heeft een aparte SDE-beschikking, aangezien deze niet omgevingsvergunningsplicht is. In tegenstelling tot het grondgebonden zonnepark, dat wel vergunningsplicht is.

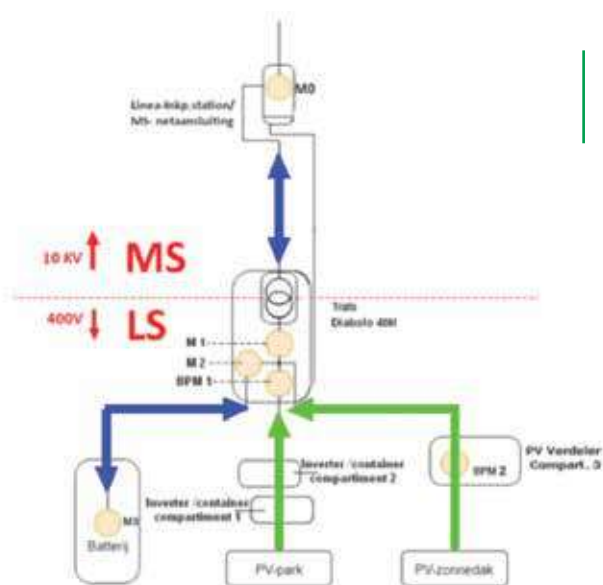
In samenspraak met overheid, veiligheidsregio, netbeheerder en toeleveranciers, is het ontwerp meerdere malen gewijzigd. Zo is het abstracte idee van zonnepanelen met een buurtbatterij, steeds verder gedetailleerd tot een definitief ontwerp. De eerste principeschema's en overleggen met overheid en marktpartijen, zijn in 2017 opgestart.

De afstemming tussen de technische specificaties en randvoorwaarden van de verschillende componenten (zoals transformatorstation, batterij, zonnepanelen) luisterde zeer nauw. Ze moesten, naast dat ze onderling matchten, tevens voldoen aan hedendaagse normen en eisen van overheidsinstanties.

Gedurende de aanbestedingstrajecten van de verschillende onderdelen, is niet alleen een beoordeling op prijs gemaakt, maar tevens gekeken naar (leverings)betrouwbaarheid, kwaliteit, continuïteit en de mogelijkheid om lokale ondernemingen in te zetten.

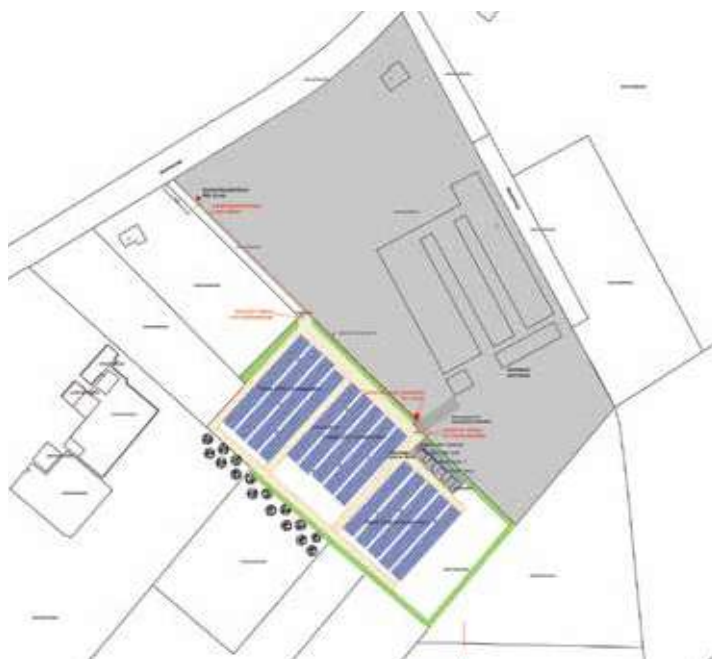
Het zonnepark en het dakgebonden systeem hebben een gezamenlijk vermogen van ruim 1,5 MWp. Enerzijds op basis van het gewenste vermogen en opslagcapaciteit, anderzijds afgestemd op de netaansluiting, is gekozen voor een batterij van 612 kWh, die maximaal met 500 kilowatt kan laden en ontladen. Ter vergelijking, 612 kWh is de energie die circa 60 huishoudens gemiddeld op een hele dag verbruiken.

Bijzonder aandachtspunt is de bemeting van de installatie-onderdelen en beveiliging van de verschillende vermogens, zowel tijdens laden van de batterij, alsook tijdens het ontladen. Het meetschema is hieronder schematisch weergegeven.



Schematische weergave van het meetschema, met de mogelijke energiestromen en richtingen middels pijlen aangegeven.

Definitief ontwerp.



## 2.3 REALISATIEFASE (BOUWWERKZAAMHEDEN)

De bouwfase heeft achtereenvolgens bestaan uit:

- Voorbereidingen terrein, verharding en aanleg van ondergrondse infra;
- Heiwerkzaamheden en plaatsen van de onderconstructie t.b.v. de zonnepanelen;
- Plaatsen van de zonnepanelen;
- Plaatsing van het inkoopstation nabij de Bocholterweg (aansluiting op Enexis-net);
- Plaatsen van de transformator. Ruim 200 meter van het inkoopstation staat de transformator. Om het inkoopstation met de transformator te verbinden, is een eigen 10KV-kabel getrokken.

In het transformatorstation wordt de 10 Kilovolt omgezet naar 230 Volt. In de transformatorbehuizing is, naast de transformator zelf, het laagspanningsdeel opgenomen voor de batterij, de zonnedaken en het zonnepark. Tevens zijn er diverse meters in geplaatst, waaronder één van de meters voor de SDE-subsidie;

- Plaatsing van de buurtbatterij;
- Installatie van de omvormers;
- Aansluiten van de naastgelegen zonnedaken op de transformator.

Hieronder staat een impressie van de bouwwerkzaamheden in diverse afbeeldingen.





- 1 Terreinvoorbereiding en -verharding
- 2 Aanleg ondergrondse infra
- 3 Plaatsing onderconstructie
- 4 Plaatsing zonnepanelen
- 5 Inkoopstation aan de Bocholterweg, met daarin de netaansluiting
- 6 Plaatsen van het transformatorstation met midden- en laagspanningsdeel
- 7 Plaatsen van de batterij
- 8 Omvormers van de zonneweide
- 9 Drone-beeld van zonnedaken en zonneweide





| Impressie van de opening van de zonneweide en buurtbatterij.

## 2.4 OPLEVERING EN INBEDRIJFSTELLING

Medio 2019, na een bouwperiode van amper 2 maanden, is de zonneweide Altweerderheide met buurtbatterij feestelijk geopend. Hieraan is een testfase van een aantal weken voorafgegaan, alvorens met de batterij en zonneweide volledig 'live' te gaan.

Tevens zijn, na de intensieve testperiode, de zonneweide en de zonnedaken aangemeld voor de SDE-subsidie. Dit is tevens het moment geweest om de buurtbatterij operationeel in te zetten op de markt (zie hoofdstuk 3).

## 2.5 EXPLOITATIE, ONDERHOUD EN MONITORING

Na de bouwfase en inbedrijfstelling is de exploitatiefase gestart. Gedurende de exploitatie worden de batterij, het zonnepark en de zonnedaken, permanent (24/7) bewaakt op de juiste werking en eventueel optredende storingen. Met name wordt van de batterij een permanente werking vereist (uptime), gecontroleerd over een stabiele netwerkverbinding, die niet offline mag gaan. In de bouwfase is hiermee rekening gehouden, door de bekabelde internetverbindingen redundant uit te voeren, alsmede een 4G-verbinding als back-up te gebruiken. Met name een stabiele 4G-verbinding was een uitdaging in het buitengebied.

| Dagelijkse monitoring op omvormer- en stringniveau.



## 2.6 VERANTWOORDELIJKHEDEN TIJDENS EXPLOITATIE

Gedurende de exploitatiefase is het noodzakelijk dat een installatieverantwoordelijke (IV) en werkverantwoordelijke (WV) worden aangesteld.

De installatieverantwoordelijke, als gedelegeerde vanuit eigenaar WeertEnergie, controleert de juiste werking van de installaties en houdt toezicht tijdens werkzaamheden. De installatieverantwoordelijke is tevens de persoon die tijdens alarmeringen en calamiteiten als een van de eersten wordt gebeld. De werkverantwoordelijke daarentegen is verantwoordelijk voor het uitvoeren van preventief en correctief onderhoud, alsmede tijdens de 24/7-storingsdienst paraat staat.

### 3 Toepassing: Het landelijke net

Een eerste toepassing voor de batterij ontstaat op het landelijke net. Deze toepassing is uitgezocht door projectpartner Scholt Energy. Grofweg zijn er twee mogelijkheden: Energiehandel en de Regel- en reservemarkt.

#### 3.1 ENERGIEHANDEL

De zogenaamde 'programmaverantwoordelijken' hebben de verantwoordelijkheid om inkoop, verkoop, productie en consumptie in hun portfolio van aansluitingen netjes op nul te laten uitkomen. Over het algemeen zijn deze programmaverantwoordelijken de energieleveranciers, maar het kunnen ook coöperaties van bedrijven of burgers zijn. Om het totaal op nul te laten uitkomen zijn de programmaverantwoordelijken actief op twee belangrijke markten: De day-ahead markt op uurbasis en de intra-day markt op kwartierbasis.

Negatieve stroomprijzen op  
paasmaandag 13 april 2020  
in de krant.



Door goed te voorspellen wat hun gebruikers nodig gaan hebben en wat hun windmolens en zonnepanelen gaan opwekken, proberen de programmaverantwoordelijken in de 'day ahead' markt zo goed mogelijk energie in te kopen en te verkopen. Vervolgens moeten deze programmaverantwoordelijken op de dag zélf zorgen dat hun voorspelling ook daadwerkelijk klopt. Hiertoe wordt per kwartier de verschillen tussen de voorspelling en realisatie ingekocht en verkocht. Wat er dan nog aan verschillen overblijft binnen het kwartier wordt door de netbeheerder Tennet opgevuld en afgerekend tegen de 'onbalansprijs' op de onbalansmarkt.

Regelmatig halen berichten over negatieve prijzen het nieuwsbericht. Zo was er op paasmaandag 13 april 2020 voor de eerste keer in de geschiedenis van ons land acht uur lang een negatieve elektriciteitsprijs in Nederland. Dit werd veroorzaakt doordat er veel productie van zon en wind was, en een sterk tegenvallende vraag vanwege de corona lockdown. De negatieve prijs spreekt erg tot de verbeelding. Iedereen wil natuurlijk stroom tegen een negatieve prijs inkopen, en vervolgens weer tegen een positieve prijs verkopen. Maar hoe vaak komt dit nu werkelijk voor in een jaar? En kun je op die manier de investering in een batterij terugverdienen?

Om optimaal gebruik te maken van een batterijsysteem op de energiemarkten, is de onbalans markt het meest interessant. Ook op deze markt komen negatieve prijzen voor, zoals hieronder te zien. Doordat een batterij snel kan reageren kan de batterij op de 'negatieve prijzen' gaan opladen en op 'positieve prijzen' weer te ontladen. Met een 1 MWh systeem kan hier momenteel rond de 50.000 euro mee worden verdiend op jaarbasis.

Negatieve stroomprijzen  
op de onbalansmarkt.



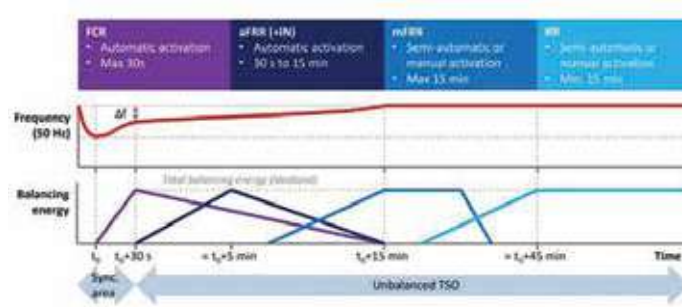
### 3.2 REGEL- EN RESERVEMARKT

Naast de energiehandel, waarin marktpartijen proberen per kwartier vraag en aanbod te matchen, bestaat er ook de regel- en reservemarkt. Deze regel- en reservemarkt is een soort vangnet, die alle verschillen tussen vraag en aanbod die overblijven opvult. De landelijke netbeheerder Tennet vraagt hierin marktpartijen om capaciteit achter de hand te houden om het net stabiel te houden. Dit is nodig om binnen het kwartier vraag en aanbod te matchen. Ook is het nodig wanneer een marktpartij in gebreke blijft en vraag en aanbod niet op elkaar afgestemd krijgt, bijvoorbeeld in het geval van een calamiteit zoals een uitvallende energiecentrale.

De regel- en reservemarkt is opgezet langs vijf schijven, gesorteerd van "snel en klein" (zoals een batterij) tot "langzaam en groot" (zoals een afgeschreven energiecentrale). Deze schijven worden geduid met de afkortingen FCR, IN, aFRR, mFRR en RR en worden uitgelegd in figuur op pagina 13.

Het blijkt dat in de huidige stand der techniek batterijen vooral geschikt zijn voor de eerste schijf, FCR ofwel Frequency Containment Reserve. Via een veiling verschaft Tennet een bepaald volume aan regelbaar vermogen. Dit vermogen wordt volautomatisch ingezet op zeer korte tijdschalen (minder dan 30 seconden) om de netfrequentie op 50 Hz te houden. Is er namelijk op enig moment meer vraag dan aanbod op het hoogspanningsnet, dan daalt de frequentie tot een waarde onder de 50 Hz. Het gecontracteerde FCR vermogen wordt dan volautomatisch ingezet om energie te leveren

Overzicht van de diverse regel- en reservemarkten.



Up to 5 steps:

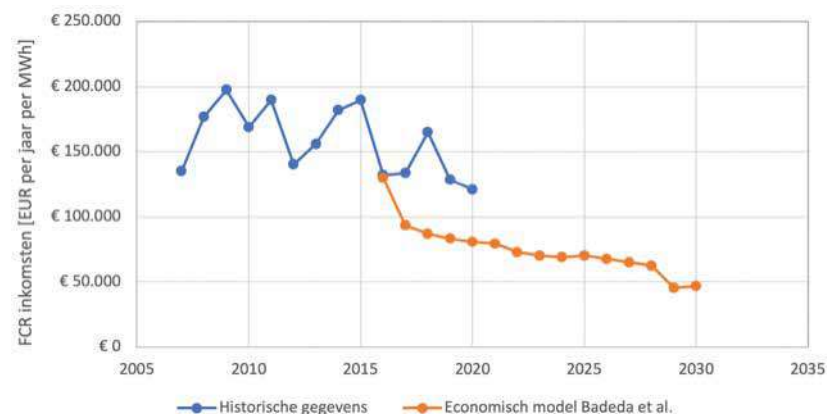
- Frequency containment reserves (FCR);
- Imbalance netting (IN);
- Frequency restoration reserves with automatic activation (aFRR);
- Frequency restoration reserves with manual activation (mFRR);
- Replacement reserves (RR).

zodanig dat de frequentie weer 50 Hz wordt. Is er op enig ander moment minder vraag dan aanbod op het hoogspanningsnet, dan stijgt de frequentie tot een waarde boven de 50 Hz. Het gecontracteerde FCR vermogen wordt dan volautomatisch ingezet om energie op te nemen zodanig dat de frequentie weer 50 Hz wordt.

De FCR markt is volop in beweging. Van oudsher was dit een wekelijkse veiling, en moest je de capaciteit dus een hele week ter beschikking stellen. Gedurende het project is dit eerst overgegaan in de dagmarkt (per 1 juli 2019) en later zelfs in een 4 uren markt (per 1 juli 2020). Via een artikel van Badeda<sup>1</sup> en via het ENTSOE platform<sup>2</sup> kunnen we inzicht verkrijgen in de historische en toekomstige prijsontwikkelingen. Vanuit historische gegevens kan afgeleid worden dat er de afgelopen jaren typisch €150.000 per jaar per MWh batterij capaciteit verdiend kon worden op de FCR markt. Maar tegelijkertijd laat het economisch model van Badeda zien, dat deze inkomsten in de nabije toekomst best eens zouden kunnen zakken naar waardes rond de €50.000 per MWh per jaar.

Binnen COOP-STORE hebben we de hardware en software ontwikkeld die nodig is voor de batterij om op de FCR markt de acteren. Een duidelijke kans op meervoudig batterijgebruik ontstaat door het bieden in 4 uren blokken. Hiermee wordt het mogelijk de batterij in de winter en in de nacht te gebruiken voor FCR, en overdag op zomerdagen voor het opslaan van de geproduceerde zonne-stroom. Dit 'hybride business model' wordt verder beschreven in hoofdstuk 5.

Historische FCR opbrengsten vergeleken met een toekomstvoorspelling op basis van een theoretisch economisch model van Badeda et al.



We concluderen dat FCR voorlopig de meest economische toepassing van batterijen zal blijven. Dit is tegelijkertijd een vloek en een zegen. Een zegen, omdat de inkomsten uit FCR de investeerders in staat zal stellen om de batterijen terug te verdienen en er dus een incentive is om meer batterijen te plaatsen. Een vloek, omdat de batterij indien hij voor FCR ingezet wordt nog niet direct bijdraagt aan het langere termijn doel, namelijk het lokaal zonnestroom produceren voor lokaal gebruik.

<sup>1</sup> Badeda, Julia & Meyer, Jonas & Sauer, Dirk. (2017). Modeling the influence of installed battery energy storage systems on the German frequency containment reserve market.  
<sup>2</sup> <https://transparency.entsoe.eu/>

## 4 Toepassing: Het lokale net

Een tweede toepassing kan de komende jaren ontstaan op het lokale net. De lokale netten zijn de afgelopen decennia opgebouwd met het doel de stroom van de grote energiecentrales te distribueren over de diverse industrieterreinen en woonwijken. De dikte van de kabels en de grootte van de transformatoren is afgestemd op dit verbruik.

Indien er nu grote hoeveelheden zonnestroom geproduceerd worden, veel meer dan waarvoor de lokale netten zijn uitgelegd, ontstaat er een probleem. De kabels zijn niet dik genoeg en de transformatoren zijn niet groot genoeg. Dit probleem wordt aangeduid met de term 'congestie'. Lokale netbeheerders zoals Enexis, Alliander en Stedin zijn op zoek naar manieren om deze lokale congestie op een snelle en goedkope manier op te lossen.

De standaard methode voor de netbeheerder om congestie op te lossen is het uitvoeren van een netwerkverzwaring. Hier zijn echter flinke kosten aan verbonden. Deze kosten worden door diverse rapporten<sup>3</sup>, <sup>4</sup>geschat op € 0,35- € 0,95 per Wp geïnstalleerd zonne-energie vermogen. Dit is ontzettend veel, vooral wanneer je bedenkt dat de aanleg van zonneparken tegenwoordig nog slechts circa € 0,60/Wp kost. Slechts een beperkt deel van deze kosten (circa € 0,10/Wp) wordt doorberekend in de aansluitkosten van de zonneparken. Je zou kunnen redeneren dat het zonnepark er niet eeuwig blijft liggen, en er daardoor wellicht nog additionele toekomstige aansluit-inkomsten op hetzelfde verzwaaarde net te verwachten zijn. Echter, dan nog steeds wordt verreweg het grootste deel van de netverzwaringskosten niet door de directe gebruikers betaald, maar 'gesocialiseerd' en verdeeld over de vastrecht kosten van alle aansluitingen in heel Nederland.

Indien een zonnepark met een batterij uitgerust zou worden, kan de productiepiek van het zonnepark in de batterij opgeslagen worden. Hierdoor zijn er geen of minder netwerkverzwaringen nodig. Dit afvlakken van de productiepiek wordt 'peak shaving' genoemd.

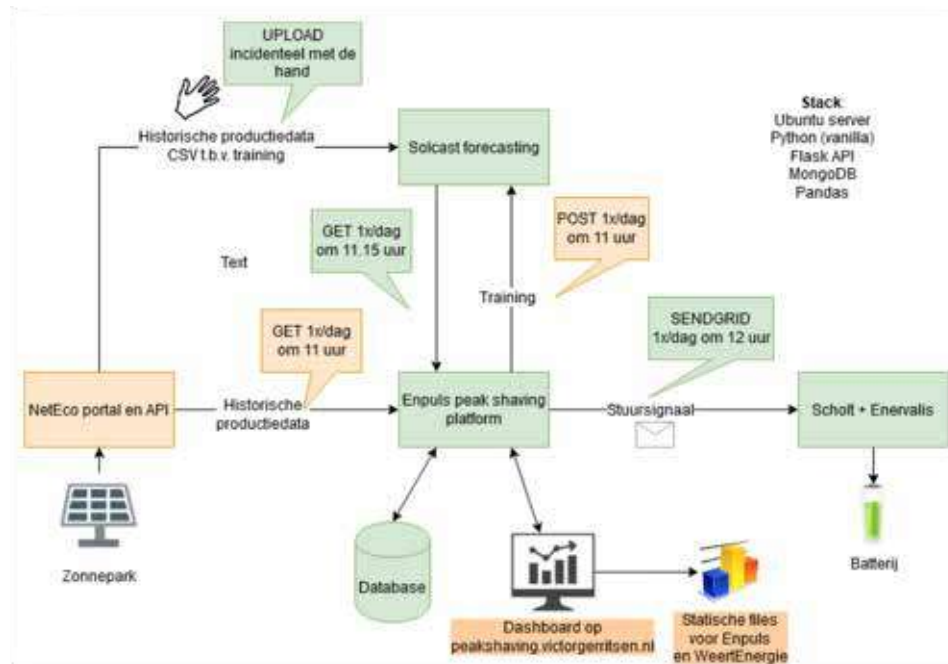
De eigenaar van het zonnepark heeft zelf al een beperkt voordeel van het peak shaving. Hij kan immers met een kleinere aansluiting toe, en hoeft dus minder aansluitkosten te betalen. Het grootste voordeel ligt echter bij de netbeheerder zelf. Dit verdienmodel kan derhalve pas slagen indien de netbeheerder bereid is en in staat wordt gesteld om peak shaving diensten in te kopen. De huidige energiewet laat dat helaas (nog) niet toe.

In een samenwerking tussen Enpuls en de COOP-STORE partners is er hard- en software ontwikkeld om peak shaving in de praktijk uit te proberen. Dit stuk software bestaat uit een forecast module die voorspelt of de zonne-energieproductie de volgende dag boven een bepaald ingesteld maximum

<sup>3</sup> Frontier Economics, "Scenarios for the Dutch electricity supply system", 2015, figuur 57 pagina 99.

<sup>4</sup> Ecofys, "De Waarde van Congestie management", 2017, tabel 9 pagina 35.

Software architectuur voor het peak shaving algoritme.



zal komen. Zo ja, dan wordt het betreffende 4-uursblok gereserveerd voor peak shaving, en de batterij daarop voorbereid door hem alvast geleidelijk te ontladen. Zo nee, dan wordt de batterij op 50% state-of-charge gehouden zodat hij voor FCR aangemeld kan worden. De architectuur van deze software is in de figuur hierboven weergegeven. We hebben een pilot van enkele maanden gedraaid waarin de software uiteindelijk robuust bleef werken en goed in staat was om te wisselen tussen peak shaving en FCR operatie modes.

We concluderen dat 'peak shaving' een interessante toepassing kan zijn in enkele specifieke gevallen. Ten eerste: Indien er samen met de netbeheerder wordt opgetrokken, en de netbeheerder een vergoeding geeft voor het beteugelen van de congestie die anders ontstaan zou zijn. De maatschappelijke kosten van dit scenario zijn mogelijk lager dan die van een netwerkverzwaring – Maar is het wettelijk gezien ook toegestaan? We dienen af te wachten of netbeheerders in de herziene energiewet toestemming hebben om bepaalde netbeheer-diensten bij derden in te kopen.

Een tweede geval zou de komende jaren ook steeds vaker voor kunnen komen. Die treedt op in gebieden die al helemaal 'vol' zitten met zonnepanelen. Nieuwe zonneparken kunnen dan niet aangesloten worden. Wat in enkele gevallen wel mogelijk zal blijken zijn is het sterk uitbreiden van het aantal zonnepanelen op een bestaande aansluiting. Een batterij kan hierbij ingezet worden om de productiepieken die boven de aansluitwaarde uitkomen op te slaan en 's nachts in te voeden. Op die manier kunnen er nieuwe zonneparken gerealiseerd worden in gebieden waar dat anders niet mogelijk zou zijn geweest.

Het blijkt dat op dit moment in de tijd de toepassingen moeilijk economisch rendabel te maken zijn. Maar dat zou in de toekomst kunnen veranderen. Derhalve dient voor elk van zulke toekomstige toepassingen vantevoren kritisch naar de business case gekeken te worden.

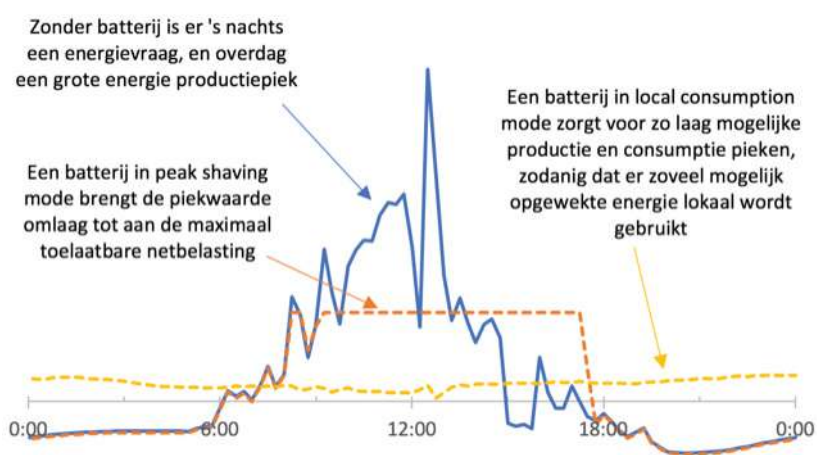
## 5. Toepassing: Energiegemeenschappen van burgers

Een derde toepassing kan de komende jaren ontstaan binnen 'Energiegemeenschappen van Burgers'.

Deze toepassing is erop gebaseerd dat we lokaal opgewekte energie niet langer het landelijke hoogspanningsnet op sturen maar daadwerkelijk lokaal gaan verbruiken. Technisch gezien betekent dit dat overdag alleen die stroomproductie wordt uitgeleverd die direct lokaal wordt verbruikt. Het overschot wordt in de batterij opgeslagen. 's Nachts ontlaat de batterij alleen die energie die lokaal verbruikt kan worden. Door de batterij op deze manier te gebruiken ontstaan er energiegemeenschappen die veel minder gebruik hoeven te maken van het lokale net, van het hoogspanningsnet, en van traditionele gas-, kolen- of kernenergiecentrales. Dit levert veel maatschappelijke kostenvoordelen op en is daardoor macro-economisch gezien een zeer aantrekkelijke route. Helaas blijkt het echter een grote uitdaging om de toepassing op economisch zinvolle wijze binnen de bestaande wet- en regelgeving uitvoerbaar te maken.

In onderstaande figuur wordt inzichtelijk gemaakt wat het verschil is tussen een batterij in 'peak shaving mode' en een batterij in 'local consumption mode'. Peak shaving gaat feitelijk alleen over het opladen, men zorgt dat er nooit meer ingevoerd wordt dan het net aankan door op die momenten de batterij te laden. Het ontladen gaat 'rücksichtlos' zodra het net het weer aankan. Om lokaal eigenverbruik te stimuleren moet zowel het opladen als ontladen gestuurd worden door een slim voorspellend algoritme, zodanig dat er een zo vlak mogelijk profiel ontstaat waarin zo min mogelijk energie de gemeenschap in- en uit getransporteerd wordt.

Het energieprofiel van een energieneutrale energiegemeenschap van burgers op een half-bewolkte lentedag. Positieve waarden geven opwek-overschotten aan die overdag uit de energiegemeenschap geëxporteerd worden, negatieve waarden geven verbruikstekorten aan die 's nachts in de wijk geïmporteerd worden.



We beschouwen dit verdienmodel langs de technische en de niet-technische as.



## 5.1 TECHNISCH

Om het lokale verbruik binnen energiegemeenschappen van burgers goed door te rekenen ontwikkelden we binnen COOP-STORE een geavanceerd simulatiemodel dat het verbruik, de opwek en de batterij binnen energiegemeenschappen kan doorrekenen voor een compleet jaar op een tijdschaal van 1 minuut. We deden dit voor een theoretische energiegemeenschap van 1 huishouden, 10 huishoudens en 100 huishoudens.

### HET MODEL HAD DRIE MODULES: VERBRUIK, OPWEK EN BATTERIJ

#### • VERBRUIK

We simuleerden het verbruik binnen huishoudens in een bottom-up model van de 30 meest verbruikende huishoudelijke apparaten. Hierbij werd de zuinigheid van het apparaat, de verbruikstijd per dag en het moment van gebruik allen zodanig gerandomiseerd dat er een realistische variatie aan huishoudens en verbruiksprofielen gegenereerd konden worden.

#### • OPWEK

We berekenden de output van zonnepanelen per minuut op basis van een typisch weersbestand uit Meteororm en een oost/west opstelling van de zonnepanelen.

#### - BATTERIJ

We ontwierpen een innovatieve batterijmanagement module die de batterij in staat stelde om tegelijkertijd de productiepieken af te vlakken én het lokale verbruik te maximaliseren. De output van het model was onder andere het percentage lokaal verbruik en het percentage aftopverliezen.

In het model varieerden we de grootte van de batterij. Hierbij hanteerden we de batterij-tot-PV-capaciteitsratio. Een ratio van 0 betekent een situatie zónder batterij. Bij een ratio van 1 is de batterijcapaciteit uitgedrukt in MWh net zo groot als het PV systeem uitgedrukt in MWp. De batterij kan dan precies 1 uur piekproductie opslaan. Bij een ratio van 10 is de batterijcapaciteit uitgedrukt in MWh 10x zo groot als de capaciteit van het PV systeem uitgedrukt in MWp, en kan de batterij dus 10 uur piekproductie opslaan.

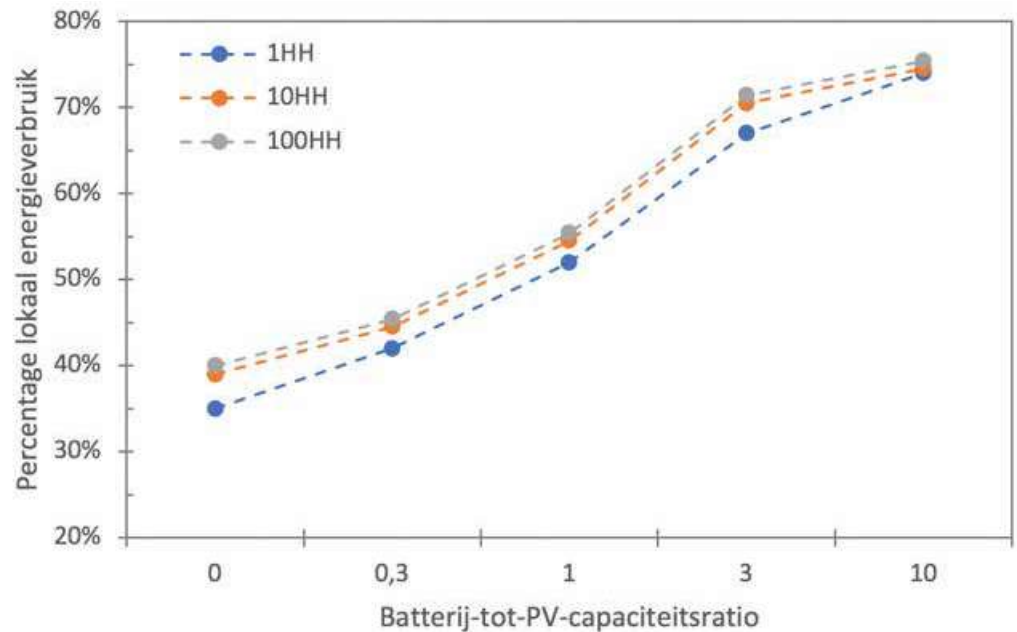
De resultaten voor wat betreft het percentage lokaal energieverbruik wordt weergegeven in onderstaande figuur. Een enkel 'energieneutraal' huishouden zonder batterij kent een eigen verbruik van slechts 35%. Dat betekent dat slechts 1/3 van de energie van de zonnepanelen daadwerkelijk in het huis verbruikt wordt. De overige 2/3 van de benodigde energie komt van het elektriciteitsnet en bestaat in de praktijk dus uit een fossiele energiemix.

Een energiegemeenschap van 100 energieneutrale huishoudens doet het iets beter. Doordat de grillige verbruikspieken van grootverbruikende apparatuur zoals vaatwassers, waterkokers en wasmachines binnen de energiegemeenschap worden uitgesmeerd ontstaat een veel gelijkmatiger verbruiksprofiel dat beter aansluit op de opwekking door zonnepanelen. Het resultaat is dat hier circa 42% van de opgewekte energie direct verbruikt wordt binnen de energiegemeenschap.

Door toevoeging van batterijen aan zonneparken kan het percentage lokaal verbruik tot circa 70% verhoogd worden. Hiervoor is een batterij-tot-PV-capaciteitsratio van 3 benodigd. Een batterij van

deze grootte (3 uur opslag van nominaal opwek vermogen) kan de dag/nacht verschillen overbruggen en de energiegemeenschap 's nachts van voldoende stroom voorzien. De 30% stroom van buiten die resteert bestaat uit export van een stroomoverschot uit de energiegemeenschap in de zomer, en import van een stroomtekort in de energiegemeenschap in de winter.

Percentage lokaal verbruikte stroom als functie van de grootte van de energiegemeenschap en de grootte van de batterij.



## 5.2 NIET-TECHNISCH

Op dit moment zijn er enkele niet-technische barrières te benoemen die de toepassing van batterijen in energiegemeenschappen van burgers belemmeren:

- De privacy wetgeving is van toepassing op het energieverbruik van burgers. Een energiecoöperatie mag geen inzage hebben in het energieverbruik van haar leden. Zij kan dus ook de output van het zonnepark + batterij niet sturen op het lokale verbruik. Dit euvel valt mogelijk op te lossen door te werken met een 'pro forma' geschat of gemiddeld energieverbruik. Ook kan mogelijk een privacy vrijwaring opgesteld worden die aan alle juridische eisen voldoet.
- De netwerktarieven zijn gestandaardiseerd en gesocialiseerd. Zelfs al zou je een (nagenoeg) energie-onafhankelijke energiegemeenschap realiseren, en nog slechts zeer beperkt gebruik maken van het lokale of landelijke net, dan betaal je nog steeds netzoveel aan lokale netwerktarieven en hoogspanningsnet tarieven als een partij die dat niet zou doen. Er is dus geen enkele financiële incentive om het lokaal verbruik van de opgewekte stroom te maximaliseren.
- Als je binnen een energiegemeenschap van burgers energie uitwisselt ben je nog steeds energiebelastingplichtig. Het levert dus geen voordeel op of je de geproduceerde stroom aan je buurman verkoopt, of via diverse middelen en hoogspanningstations op de landelijke apx markt verkoopt. Uiteindelijk verdien je netzoveel aan de stroom, betaal je netzoveel netwerk-kosten en betaal je netzoveel energiebelasting.

Er gloort echter hoop aan de horizon. Er is een grote wijziging in Europese energiewetgeving gekomen in de vorm van het zogenaamde winterpakket<sup>5</sup>. De nieuwe richtlijnen voor nationale energiewetgeving zijn per 1 juni 2019 geadopteerd door de Europese Commissie en de nationale ministers. Met ingang van 1 januari 2020 zijn de richtlijnen van kracht geworden waarna EU landen 18 maanden de tijd krijgen om de nieuwe richtlijnen en verordeningen te implementeren in nationale wetgeving. Deze wetgeving gaat de Europese en Nederlandse energiemarkt drastisch veranderen. Hierin liggen nieuwe kansen voor het lokaal optimaliseren van energie in onder andere de nieuwe definitie van “Energiegemeenschap van burgers”.

#### **ZOALS GEDEFINIEERD IN ARTIKEL 2: DEFINITIES IN HET WINTERPAKKET:**

11) “energiegemeenschap van burgers”: een juridische entiteit die:

- a) gebaseerd is op vrijwillige en open deelname en waarover leden of aandeelhouders, die natuurlijke personen, lokale autoriteiten, waaronder gemeenten, of kleine ondernemingen zijn, feitelijke zeggenschap hebben;
- b) waarvan het hoofddoel veeleer bestaat uit het bieden van milieu-, economische of sociale gemeenschapsvoordelen aan haar leden of aandeelhouders of aan de plaatselijke gebieden waar ze werkzaam is dan uit winst maken, en
- c) zich bezig kan houden met de productie, waaronder uit hernieuwbare bronnen, distributie, levering, verbruik, aggregatie, energieopslag, energie-efficiëntiediensten, oplaaddiensten voor elektrische voertuigen of andere energiediensten aan haar leden of aandeelhouders kan aanbieden.

#### **Een energiegemeenschap heeft in de nieuwe wetgeving recht op:**

- Toegang tot alle elektriciteitsmarkten.
- Gelijke status als zijnde een eindafnemer, producent, leverancier, distributiesysteembeheerder en/of aggregator.
- Financiële verantwoordelijkheid voor de onbalans die zij in het elektriciteitssysteem veroorzaakt als balansverantwoordelijke partij.

In deze nieuwe wetgeving zal een batterij mogelijk aantrekkelijker worden voor een energie-gemeenschap van burgers. Een energiegemeenschap kan namelijk verantwoordelijk worden voor haar eigen onbalans. Een batterij kan helpen om deze onbalans weg te nemen. Afhankelijk van de exacte financiële kentallen valt hiermee mogelijk een positieve business case voor het inzetten van de batterij te realiseren.

---

<sup>1</sup> <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy-and-energy-union/clean-energy-all-europeans>

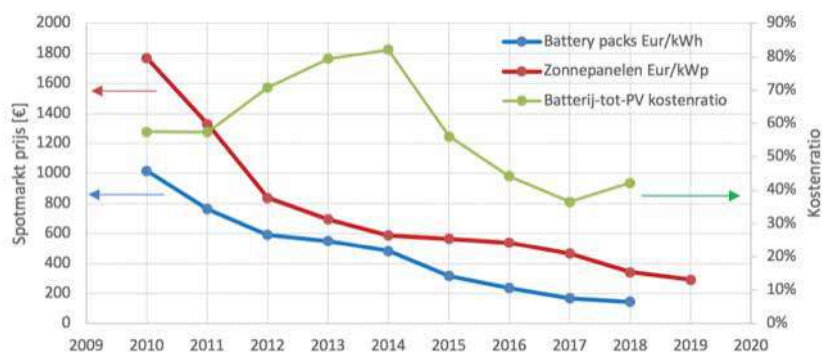
## 6. Business case

De business case voor het toepassen van een batterij bestaat hoofdzakelijk uit investering, jaarlijkse opbrengsten en jaarlijks onderhoud.

### 6.1 INVESTERING

De kosten voor batterijen dalen scherp. De onderstaande figuur toont de kostenontwikkeling voor battery-packs in vergelijking met die van zonnepanelen gedurende de afgelopen 10 jaar. We zien dat beide producten in ongeveer gelijk tempo goedkoper worden. In beide gevallen dalen de kosten met circa 10% per jaar. Hierbij ligt de batterij-tot-PV kostenratio ongeveer op 50%. Let wel op in de interpretatie van deze figuur: Het betreft hier uitsluitend de zonnepanelen en de battery-packs, omdat hier gegevens van bekend zijn. Een volledig systeem inclusief benodigde randapparatuur en installatiekosten zal circa 3-4x duurder zijn dan de getoonde getallen. Als voorbeeld lag in 2017 toen we het project startten de prijs van batterypacks op de wereldmarkt rond de €200.000/MWh, maar kostte een compleet systeem inclusief bekabeling, behuizing en installatie nog circa €700.000/MWh.

Vergelijk tussen marktprijsontwikkeling voor zonnepanelen en batterypacks.



Hoe duur is het dan om een batterij-systeem naast een zonnepark te bouwen? Dit hangt uiteraard af van de keuze voor de batterij-grootte. En de keuze van de batterij-grootte hangt weer samen met de beoogde toepassing. Grofweg zal de investering in een batterij-systeem zo'n 20% - 200% bedragen van de investering in het PV systeem.

Een batterij met een capaciteit van 0.3 maal het nominale PV vermogen kost circa 20% van de totale kosten van het PV systeem. Een dergelijke batterij kan gebruikt worden voor peak shaving van het bovenste topje in combinatie met FCR. Dit is vergelijkbaar met de COOP-STORE praktijktest in Altweerderheide.

Een batterij met een capaciteit van 3 maal het nominale PV vermogen kost circa 200% van de totale kosten van het PV systeem. Een dergelijke batterij kan gebruikt worden om het lokaal energieverbruik in een energiegemeenschap van burgers te verhogen van 40% naar 70%. Dit is op dit moment nog niet rendabel, maar kan dat in de toekomst mogelijk wel worden indien kosten verder dalen en de nieuwe energiewetgeving van kracht zal worden.

## 6.2 OPBRENGSTEN

**Om de opbrengsten van de batterij te optimaliseren kan gezocht worden naar een combinatie van toepassingen. Dit hebben we samengevat in een drietal scenario's:**

- 1) Het "FCR scenario". Hier wordt de batterij voor de volledige tijdsduur ingezet voor FCR op het landelijke net. Er wordt circa €100.000 per MWh per jaar verdiend. Let op: Hier hangt een grote onzekerheid aan vast, en de verdiensten zullen grofweg schommelen tussen de €50.000 en €150.000 (zie ook hoofdstuk 3).
- 2) Het "peak shaving" scenario. Hier wordt de batterij op zonnige dagen overdag ingezet voor peak shaving. Dit is grofweg 25% van de tijd over het jaar heen bekeken. De overige 75% van de tijd wordt de batterij ingezet voor FCR. Er wordt derhalve €75.000 verdiend met FCR. Dit scenario is derhalve financieel aantrekkelijk indien de korting op de aansluitkosten en netkosten, aangevuld met betaalde 'congestie-diensten' aan de netbeheerder circa € 25.000 per jaar per MWh bedragen, waardoor ook in dit scenario in totaal €100.000 per MWh per jaar kan worden verdiend. Of deze € 25.000 per MWh per jaar daadwerkelijk verdiend kunnen worden door het voorkomen van lokale congestie zal de komende jaren moeten blijken uit de diverse lopende 'congestie-management'-onderzoeken.
- 3) Het "local consumption" scenario. In dit scenario is de batterij voltijds bezig om het lokale eigenverbruik te maximaliseren en kan hij dus niet voor FCR ingezet worden. Als bijvangst wordt er wel aan 'peak shaving' gedaan. Dit scenario wordt aantrekkelijk indien de inkomsten wederom de € 100.000 benaderen. Voorlopig zitten we hier echter nog heel ver vanaf en wordt er in dit scenario geen geld verdiend, afgezien van dezelfde onder 2) aangevoerde vergoedingen vanuit de netbeheerder.

Omtrent de inkomsten kunnen we concluderend stellen, dat alleen het scenario 1) omtrent inzetten voor FCR in het landelijke net een duidelijk omlijnde business case oplevert. Bij zowel het inzetten voor peak shaving als het inzetten om lokaal verbruik te bevorderen zijn nog vele open vragen en onzekerheden over de ontwikkeling van relevante wet en regelgeving.

## 6.3 BUSINESS CASE

De getallen uit het bovenstaande voorbeeld laten het toe een eerste schatting te maken van de business case van een batterij:

- Investering: € 500.000,- per MWh. Let op: Deze kosten dalen 5-10% per jaar, er kan dus geen vast getal op geplakt worden. Een afschrijving van dit bedrag over 10 jaar betekent een jaarlijkse kostenpost van € 50.000,-.
- Onderhoud: € 50.000,- per MWh per jaar.
- Inkomsten: € 100.000,- per MWh.

We zien dat met deze kentallen precies een break-even gehaald wordt. Na 10 jaar draaien is de batterij afgeschreven en is ook exact de investering weer terug verdiend.

Deze getallen tonen aan een batterij op dit moment bedrijfseconomisch gezien nog geen goede investering is. Er wordt namelijk geen positief rendement gedraaid en er zijn wel degelijk risico's aan de investering verbonden. Door dalende investeringskosten zou de komende jaren de business case mogelijk steeds positiever kunnen worden.

## 7 Conclusies

Het COOP-STORE consortium bestond uit WeertEnergie, Scholt Energy, Soltronergy en TNO en liep van 2017-2020.

Binnen het COOP-STORE project is de toepassing onderzocht van een 'coöperatieve batterij'. Dit is een batterij die door een energiecoöperatie in beheer wordt genomen en dient voor het ontlasten van het lokale net en het stimuleren van het lokaal verbruik van de tevens door de energiecoöperatie opgewekte zonne-energie.

We realiseerden een zonnepark van 1.5 MWp met een batterij van 612 kWh. De installatie werd medio 2019 opgeleverd.

### WE ONDERZOCHTEN DRIE TOEPASSINGEN VAN DE BATTERIJ:

- Energiehandel en frequentieregeling op het landelijke hoogspanningsnet.
- Ontlasten van het lokale net door middel van 'peak shaving'.
- Stimuleren van 'lokaal verbruik' door de opgeslagen zonnestroom 's nachts aan de aangesloten huishoudens te leveren.

Voor alle drie de toepassingen ontwikkelden we analyses, berekeningen, methodes en algoritmes om ze geautomatiseerd uit te kunnen voeren. De eerste twee toepassingen zijn ook daadwerkelijk in de praktijk getest, in samenwerking met Enpuls.

Op dit moment is de frequentieregeling de economisch meest attractieve toepassing van de batterij. De toepassingen 'peak shaving' en 'lokaal verbruik' zijn weliswaar mogelijk aantrekkelijk vanuit een maatschappelijke kosten-baten analyse, maar stuiten in de uitvoering op diverse niet-technische barrières in regelgeving en geldende tariefstructuren. Wanneer de komende jaren de kosten van batterijen verder zullen dalen, en wanneer nieuwe energiewetgeving van kracht zal worden, kunnen ook deze twee toepassingen mogelijk steeds vaker op economisch zinvolle wijze bedreven worden.

## Dankwoord

Dit werk werd mogelijk gemaakt met steun van het Ministerie van Economische zaken binnen de Topsector Energie, onder projectnummer TEHE116372.

