

Eindrapportage; Haalbaarheid mobile flexibility service

Projectnummer: TESN118117

Project titel: Haalbaarheid mobile flexibility service

Penvoerder: Greener power solutions B.V.

Project periode: 1 oktober 2018 – 31 maart 2019

ALGEMENE SAMENVATTING

Door stationaire toepassing van opslagsystemen op basis van lithium mobiel te maken, is deze techniek goed in te zetten bij projecten met een verhoogde energievraag welke van tijdelijke aard is (paar uur tot enkele weken). Onder dit soort projecten vallen evenementen, festivals, tijdelijke laad-infrastructuur voor elektrische auto's, netovernames bij laagspanning transformatoren, peakshave toepassingen bij tijdelijk verhoogde energievraag of tijdens het uitvoeren van een netverzwaring. De configuratie van vermogen en capaciteit van een mobiel opslagsysteem bepaalt in grote mate de inzetbaarheid op een specifiek energievraagstuk. Bovenstaande variabelen bepalen ook de fysieke (afmetingen en gewicht) van het systeem.

Het mobiel maken van een opslagsystemen op basis van lithium vergt extra investering in stabiele batterijtechniek (LFP, NMC), het verplaatsbaar maken van de unit waar de accu's zich in bevinden, het schokbestendig maken van de regeltechniek en omvormers ten opzichte van stationaire systemen. Naast lithium kan er ook gekeken worden naar andere type systemen, gebaseerd op redoxflow en lood.

Op evenementen is een hoge mate van standaardisatie van kabels in verdelers die op dit moment allemaal op wisselstroom werken. Opvallend genoeg zijn de meeste eindgebruikers van de elektrische energie voornamelijk gevoed op gelijkspanning. Het is te verwachten dat in de toekomst meer vraag naar gelijkspanning zal ontstaan. Hierbij moet in het algemeen nog gekeken worden naar de veiligheid van gelijkspanning op hoog vermogen, er liggen veel kabels over festivalterreinen die makkelijk beschadigd raken en daarmee gevaarlijke situaties vormen.

Inzake veiligheid zal gekeken moeten worden naar het ontwikkelen van stabiel draaiende systemen waarbij de kans op brand uitgesloten wordt. De aansturing

mobiele opslagsystemen zal ook een omslag in aansturing en monitoring van energie productie assets met zich mee brengen. Op dit moment zijn enkele dieselaggregaten wel al op afstand uit te lezen, aansturen is echter nog niet mogelijk. Opslagsystemen zijn vaak al geschikt gemaakt voor monitoring en aansturing op afstand. Dit maakt deze assets ook gevoelig voor hacken, waarvoor aanvullende maatregelen getroffen moeten worden.

De hoge CAPEX-kosten van een mobiel opslagsysteem op basis van lithium vertalen zich in een hogere verhuurprijs ten opzichte van conventionele dieselaggregaten. Echter, er kan worden voorgerekend dat het gebruiken van mobiele opslagsystemen in operatie een kostenreductie met zich mee brengen ten opzichte van dieselaggregaten en daarbij een CO₂ reductie van 30 – 100% op locatie kunnen realiseren. Tevens wordt het mogelijk op off-grid locaties 100% groene stroom te gebruiken. Daarmee kunnen mobiele opslagsystemen op basis van lithium een goed alternatief zijn voor de tot nu toe gebruikte dieselaggregaten.

Het gebruik van duurzame opwek op locatie is op dit moment nauwelijks een optie voor evenement organisatoren. De op te wekken vermogens als wel als capaciteit zijn vaak ruimschoots onvoldoende voor de energievraag, als het tijdelijk neergezet moet worden. Daarnaast zal er een grote onbalans ontstaan tussen het aanbod van energie en de vraag. Deze is goed op te lossen door het toepassen van mobiele opslagsystemen.

Vanuit de gebruiker (event organisator) is een duidelijk vraag naar mobiele opslagsystemen op basis van lithium gehoord. Deze komt enerzijds door de wens van de organisator om meer te doen met duurzaamheid, anderzijds door de toenemende druk van de kant van de beleidsmaker inzake het verminderen van het gebruik van fossiele brandstoffen.

Regelgeving omtrent het tijdelijk plaatsen van mobiele opslagsystemen op basis van lithium is op dit moment niet geregeld op landelijke nog Europese schaal. Transport is mogelijk onder de huidige ADR-regelgeving. Voor opstellen van mobiele opslagsystemen op basis van lithium moet nu met de lokale veiligheidsdiensten, brandweer en gemeente gecommuniceerd worden.

Het vormen van landelijke regels omtrent opstellen van mobiele opslag op basis van lithium zal grote gevolgen kunnen hebben voor de inzetbaarheid enerzijds en het ontwerp van de systemen anderzijds. Dit is een significant risico voor investeren in deze oplossingen.

INHOUDELIJK EINDRAPPORT - INLEIDING

Het gebruik van stationaire opslagsystemen op basis van lithium bij duurzame energie assets komt steeds vaker voor. In tegenstelling tot traditionele energiebronnen (gas, kolen) is het niet mogelijk om de levering van duurzame

energie af te stemmen op de vraag van de eindgebruiker. Om de onbalans tussen vraag en duurzaam opgewekt aanbod op te kunnen vangen worden wereldwijd onder andere stationaire energie opslagsystemen op basis van lithium gerealiseerd, variërend in schaal van 1 MWh tot honderden MWh.

Met het plaatsen van energieopslag wordt een veilige en stabiele levering van groene energie aan de eindgebruiker gerealiseerd. Deze situatie geldt echter alleen op locaties die zijn aangesloten op het landelijk elektriciteitsnet. Op off-grid locaties; bouwplaatsen, evenementen, festivals, kades in havens wordt de tijdelijke energievraag vaak opgelost met dieselaggregaten. Dit komt doordat op deze locaties een aansluiting op het elektriciteitsnet technische niet mogelijk is, of economisch niet rendabel.

Er bestaan ook locaties met een tijdelijk verhoogde energievraag, welke door een bestaande netaansluiting niet opgevangen kan worden. Ook hier worden normaal gesproken dieselaggregaten ingezet om de verhoogde behoefte aan elektrische energie te leveren. Voor beide hierboven beschreven situaties geldt dat het hier tot op heden niet mogelijk is groene stroom te gebruiken. Het toepassen van een mobiel energie opslagsysteem zou hier een uitkomst kunnen bieden.

DOELSTELLING HAALBAARHEIDSTUDIE

Het consortium ontfermt zich over het vergaren, analyseren en aftasten van de relevante technische, economische en juridische informatie om te bepalen in hoeverre li-ion batterijen aangepast kunnen worden om een bredere dienstverlening te ontwikkelen waardoor de waarde propositie van opslag en duurzaam opgewekte energie vergroot wordt.

Het doel is om tot een identificatie te komen van een go/no-go moment voor de doorontwikkeling van aanpassingen aan batterijen. In dit project wordt er gefocust op de festivalmarkt om de vele afwegingen te stroomlijnen. Voor deze markt is gekozen vanwege de noodzaak om te verduurzamen alsmede vanwege de grote combinatie aan betrokken partijen, technologieën en omgevingen welke op invloed zijn op het uiteindelijke business model. Daarnaast moet dit project een duidelijke indicatie geven van de mogelijke (internationale) afzetmarkten, en de daarbij behorende business case alsmede de juridische kaders waarbinnen het consortium dient te gaan opereren.

Zo is het doel om de risico's van een eventuele doorontwikkeling in kaart te brengen alvorens dit risicovolle en vernieuwende project eventueel doorgang te verlenen met de beperkte middelen die de aangesloten organisaties tot haar beschikking hebben.

WERKWIJZE

Het onderzoek is opgedeeld in drie onderdelen. Per onderdeel zijn deelvragen opgesteld welke zullen worden beantwoord. Daarnaast zal worden aangegeven welke vervolgstappen noodzakelijk of mogelijk zijn.

Technische haalbaarheid

In dit werkpakket wordt de technische haalbaarheid van de inzet van mobiele opslagsystemen op basis van lithium onderbouwd aan de hand van tests, deskstudies, simulaties en modelleringen en het advies van ingehuurd energie- en software-experts.

Subactiviteit 1: Deelstudie AC/DC.

Een groot speerpunt van de activiteiten is het identificeren van de mogelijkheden om zowel AC als DC te faciliteren. Dit verlaagt conversieverliezen en verhoogt de levensduur van de batterijen bij inzet op evenementen vanwege de DC vragende apparatuur.

AC/DC vs. DC/DC omvormers

Vanwege de ontwikkelingen op het gebied van omvormer technologie, is het rendement van AC/DC omvormers bijna gelijk aan DC/DC omvormers. Transformatorloze omvormers hebben een maximaal rendement van 96-98%, terwijl het voor DC/DC omvormers mogelijk is om een rendement van wel 99% te behalen. In de praktijk is het rendement van zowel AC/DC als DC/DC omvormers vergelijkbaar. Hoewel een overstap van een AC/DC naar een DC/DC omvormingsproces geen significante besparingen oplevert, zijn er wel enkele rendementsverbeteringen die DC/DC omvorming heeft t.o.v. AC/DC omvorming. Veel apparatuur loopt namelijk op gelijkstroom (DC), hoewel ze door wisselspanning (AC) gevoed worden. In deze apparatuur vindt interne omvorming plaats, wat meestal gepaard gaat met een stuk lager rendement (60-90%) vergeleken met een hoogkwalitatieve omvormer. Door deze apparatuur direct met gelijkspanning te voeden, is er een conversiestap minder nodig. Hierdoor kan er aanzienlijk bespaard worden op het energieverbruik, hoewel het wel enkele uitdagingen met zich meebrengt.

Allereerst zijn er - dankzij de alomtegenwoordigheid van wisselspanningsnetwerken - bijna geen apparaten die direct op gelijkspanning kunnen worden aangesloten, terwijl ze uiteindelijk wel op gelijkspanning werken. Daarbovenop hebben de apparaten die wel direct op gelijkspanning aangesloten niet altijd hetzelfde spanningsniveau. In de meeste gevallen is er daarom een extra DC/DC omvormer nodig om het voltage naar het juiste niveau te brengen. Dit brengt extra kosten en complexiteit met zich mee. Apparaten die ontworpen zijn om in AC netwerken ingeplugd te worden ondersteunen doorgaans eenzelfde frequentie (230V/ 50Hz), terwijl apparaten die direct op gelijkspanning worden aangesloten een veel wijder bereik hebben (bijv. laptops alleen al variëren van 16V - 28V DC, zonder enige

standaardisatie). 5V en 12V apparaten komen het meeste voor, over het algemeen voor consumentenapparatuur. Het transporteren van elektriciteit is extreem inefficiënt met zulke kleine spanningen, en zou zeer dikke kabels nodig hebben.

DC-systemen worden vaak geassocieerd met een hogere efficiëntie voor het transport van energie, wat het geval is in het geval van hoogspanningsoverdracht voor interconnectie op lange afstand (tot 1.500 kV). Bij lage spanningen (onder de ~380V) geldt echter niet. Omdat de meeste op DC gebaseerde apparaten die op festivals worden gebruikt (met uitzondering van PV/ RES-systemen) doorgaans werken bij 60V of minder, zorgt dit voor uitdagingen bij het leveren van DC-energie. Om de gelijkstroomvoeding van de batterijsystemen efficiënt te kunnen transporteren voor afstanden die typisch zijn voor festivals (tussen 10 - 200 meter), zou deze op een hogere spanning (minimaal 380 V) moeten worden getransporteerd om aanzienlijke transmissieverliezen (van meer dan 10%) te voorkomen. Zoals eerder besproken, zouden er vele step-down converters nodig zijn om de spanning naar beneden te brengen naar het correcte niveau voor elk apparaat. Aangezien DC-DC-converters minder een massaproduct zijn (vergeleken met 230VAC-converters), zijn ze duurder en is het moeilijker om de juiste soort te vinden die verschillende stroom- en spanningscriteria ondersteunt. Een andere belangrijke uitdaging bij het transport van meer dan 30 VDC op festivals, is dat het potentiële veiligheidsrisico's met zich meebrengt. Er zijn veel minder normen en minder gemakkelijk beschikbare kennis over veiligheid en circuitbeveiliging in het DC-domein.

Conclusies

Al deze factoren samen resulteren in een aanzienlijke hoeveelheid risico en complexiteit bij het leveren van DC-energie aan eindgebruikers/ apparaten op festivals. Er is niet veel te winnen in termen van efficiëntie in de daadwerkelijke conversiestap (aangezien gelijkstroomomvormers en AC-omvormers vergelijkbare efficiëntiewinst hebben), is het transport van DC met hoog voltage gevaarlijk (vooral in een losjes gecontroleerde festivalomgeving) en de efficiëntiewinsten zouden niet zo belangrijk zijn (misschien 1-5% in de praktijk in vergelijking met AC, afhankelijk van de gebruikte spanningsniveaus). De grootste efficiëntiewinst die kon worden behaald door gelijkstroomvoeding was het elimineren van de interne AC-DC-converters in apparaten, hoewel dit in de praktijk zeer moeilijk te realiseren is. Tal van verschillende bedrijven leveren festivals met verschillende apparatuur - verlichting, geluid, catering, koelmachines, energiedistributiesystemen. Deze bedrijven hebben al geïnvesteerd in activa die zij bezitten en ze zijn zeker niet bereid om een DC-netwerk aan te sluiten. Bovendien zijn de verhuurbedrijven niet geïnteresseerd in het aangaan van meer complexe planningsuitdagingen om ervoor te zorgen dat de juiste DC-DC-converters op de juiste locaties worden geplaatst en ze willen ook niet het risico lopen van mogelijke fouten die duur kunnen schaden apparatuur. Om daadwerkelijk DC-vermogen effectief op festivals te kunnen

leveren, zou dit een gecentraliseerde, zorgvuldige coördinatie van tal van partijen vereisen, extra investeringen in nieuwe DC-gebaseerde apparatuur, enz. Dubbele distributie (voor zowel DC als AC) zou hoe dan ook moeten worden gelegd, omdat niet alle apparaten op DC kunnen werken. Dit betekent meer kabels, meer werk en meer kosten om de tijdelijke distributienetwerken daadwerkelijk neer te zetten. Daarom is DC-voeding op festivals op basis van alle bovengenoemde redenen eenvoudigweg niet haalbaar. Deze verklaring heeft niet per se betrekking op DC-koppeling van PV, lithium-ion batterijen en andere RES-systemen (deze zijn namelijk wel haalbaar), die verderop in dit rapport wordt besproken.

Subactiviteit 2: Deelstudie benodigde aanpassingen li-ion batterijen

Dit richt zich op de benodigde aanpassingen om batterijen te schakelen, het aanpassen van de beveiligingsmechanieken, eventuele aanpassingen aan de basis van de cyber security.

Aanpassingen aan het batterijsysteem op betrouwbaarheid te garanderen op festivals

De sector Festival & Evenementen is gewend geraakt aan de hoge mate van betrouwbaarheid die wordt geboden door uitontwikkelde technologieën op basis van inefficiënte en vervuilende dieselgeneratoren (de meest gebruikte energiebron voor evenementen). Een van de meest voorkomende praktijken voor stroomvoorziening, is om generatoren te overdimensioneren om te verzekeren dat piekvermogen altijd kan worden afgedekt, zonder dat zorgvuldige stroomplanning/modellering van de stroomafwaartse belastingen noodzakelijk is. Aangezien batterijen relatief duurder zijn vergeleken met generatoren per kW geleverde stroom, vereist het concurrerend worden van kosten (versus generatoren) een betere afstemming van aanbod en vraag op het festival. Dit brengt ook hogere risico's met zich mee, zoals overbelasting van het systeem of het niet genoeg hebben van energie wanneer plannen veranderen. Dit soort risico's komen vaak voor, als gevolg van het dynamische en chaotische festivalplanningsproces.

Een mogelijke manier om dit risico te beperken (in het geval van batterijen) is om het systeem aan te passen om te kunnen hybridiseren met een back-upgenerator (zoals besproken in het vorige gedeelte), of om verbinding te maken met (beperkte) netvoeding. Dit brengt uiteraard extra kosten met zich mee voor het leveren van een extra generator, hoewel de generator zou kunnen worden verkleind in vergelijking met normale werkwijzen, en in het ideale geval zou het helemaal geen brandstof hoeven te verbruiken.

Een andere gangbare praktijk is het implementeren van reservebronnen (met name voor kritische belastingen zoals de muziekapparatuur) door extra generatoren te plaatsen die dienst doen als reserve of spin- (primaire) reserves. Dit is een zeer belangrijke functie voor festivalorganisatoren, omdat hun hele bedrijf afhankelijk is van de muziek die aan blijft voor de succesvolle voortzetting van het programma.

Het toevoegen van redundantie in batterijsystemen is mogelijk, hoewel hiervoor een mogelijke aanpassing/ aangepaste configuratie van de systemen en mogelijk extra gespecialiseerde voedingsschakelaars vereist zijn. Een optie is om een vergelijkbare opstelling te implementeren als wat gebruikelijk is bij generatoren, door een tweede, redundant back-upsysteem te plaatsen naast de batterij, die wordt gebruikt om de belastingen aan te sturen. Als het primaire systeem uitvalt, kunnen de belastingen worden overgeschakeld naar het back-upsysteem.

Deze omschakeling kan worden uitgevoerd via een Static Transfer Switch (STS) of een Automated Transfer Switch (ATS). Sommige van deze schakelaars kunnen de belastingen in milliseconden overbrengen, waardoor een ononderbroken stroomvoorziening mogelijk is. Omdat batterijen aanzienlijk duurder zijn dan generatoren (per kW-uitgang), zal het hebben van een volledig redundante back-up het moeilijk maken om op kosten te concurreren.

Een ander alternatief is om te kiezen voor kleinere, modulaire batterijsystemen, in plaats van één groter systeem dat verantwoordelijk is voor de totale toevoer van de belastingen. Als een groot systeem bijvoorbeeld in zes kleinere modules is opgedeeld, kan dit een grotere betrouwbaarheid mogelijk maken tegen elk systeem dat een storing ondervindt met de omvormer, batterijen of BMS. Een vereiste zou zijn dat de gebruikte omvormers zowel de modi "grid forming" en "grid following/ parallel" ondersteunen, met de mogelijkheid van een snelle granulaire besturing van de omvormer in de modus "grid following". In deze configuratie zou een van de systemen zich in de "grid forming" -modus bevinden en verantwoordelijk zijn voor het creëren van het 50Hz AC-netwerk binnen het festival-microgrid. Op basis van de belastingen die stroomafwaarts in realtime worden gemeten, zouden de andere 5 systemen worden bestuurd door een centraal energiebeheersysteem (EMS) om het aanbod over de gedistribueerde energiebanks te balanceren.

Hoewel er binnen het totaal van de 6 systemen (of een back-upgenerator) nog altijd wat extra capaciteit beschikbaar moet zijn, kan de show nog altijd doorgaan als 1 van de 6 systemen faalt. Als het grid-forming systeem toevallig faalt, zal er waarschijnlijk een momentele stroomuitval zijn en moet het EMS snel een van de "grid following" -systemen schakelen naar de "grid forming" -modus om de stroomtoevoer op de lokale AC te herstellen. Het is belangrijk op te merken dat vanwege het risico van overbelasting van de omvormer op het grid-formingsysteem, het essentieel is dat de metingen van de belastingen in realtime (of minder dan 10 milliseconden) worden uitgevoerd en dat de omvormers een snelle reactietijd op externe besturingssignalen, alsmede volledige ramping-snelheden (ook in de orde van milliseconden). De meeste omvormers op de markt ondersteunen dergelijke snelheidsregeling niet, hoewel er veel zijn die dat wel doen. De selectie van de technologie is dus erg belangrijk om deze configuratie te bereiken.

Een van de voordelen van het gebruik van batterijen in combinatie met snelle vermogensmetingen en geavanceerde EMS (wat niet gebruikelijk is in de generatorwereld) is dat ze een betere foutdetectie en respons op problemen ter plaatse kunnen faciliteren als ze zich voordoen. Om dit te bereiken zou een gecentraliseerd bewakingssysteem moeten worden opgezet dat is verbonden met de verschillende EMS/vermogensmeters binnen de gedistribueerde microgridsystemen. Verder zou ofwel een lokaal netwerk (LAN) via fysieke, bekabelde verbindingen of een draadloos netwerk (bijvoorbeeld 4G) moeten worden geïmplementeerd. Dit kan een unique selling point zijn in vergelijking met traditionele dieselgeneratoren.

Aanpassingen aan de batterij om andere (op netspanning aangesloten) energiediensten te vergemakkelijken:

Vanwege de seizoen gebondenheid van festivals is het essentieel om andere inkomsten genererende diensten te verkennen die de batterijen kunnen bieden in maanden waarin ze niet worden verhuurd aan festivals. Een van de meest winstgevende diensten die via batterijsystemen kunnen worden geleverd, is het aanbieden van Frequency Containment Reserve (FCR) aan de hoogspanningsnetbeheerder, TenneT.

Deelname aan de FCR-markt komt met een aantal specifieke vereisten waaraan de systemen moeten voldoen. Zo moeten de omvormers die in de batterijsystemen worden gebruikt externe sturing ondersteunen. Als dit niet het geval is, moet de batterij worden geleverd met een eigen EMS met configureerbare algoritmen die de levering van FCR ondersteunen volgens de regels die door de netbeheerder (TenneT) zijn voorgeschreven.

Om ervoor te zorgen dat de netbeheerder toelaat dat het batterijsysteem FCR-diensten kan leveren, moet het systeem eerst worden gekwalificeerd. Een van de kwalificatietests is om aan te tonen dat de batterij zijn volledig nominaal vermogen (in beide richtingen) gedurende een ononderbroken periode van 15 minuten kan leveren. Sommige batterijsystemen kunnen bij hogere temperaturen een vermogensbeperking ondergaan (met name voor lithium-ion batterijen). Het is daarom belangrijk dat de benodigde koelapparatuur aanwezig is om te voorkomen dat de stroomvoorziening in gevaar komt. Het algoritme dat de FCR-activiteiten bestuurt, moet ervoor zorgen dat de batterij binnen 10 seconden reageert op frequentieafwijkingen, en dat deze binnen 30 seconden zijn doelwaarde bereikt en behoudt. Deze vereisten vereisen geen enkele aanpassing aan het systeem, omdat de meeste omvormers de ramp-up tijden ondersteunen die aanzienlijk korter zijn dan de bovengenoemde tijdsbestekken.

Een andere belangrijke technische overweging voor deelname aan de FCR-markt zijn de vereisten voor vermogensmetingen en levering van relevante berichten aan TenneT. Het batterijsysteem moet zijn uitgerust met een vermogensmeter van (ten

minste) nauwkeurigheidsklasse 0,5S en metingen van geleverd vermogen moeten worden genomen met een interval van 1 tot 4 seconden. Deze metingen moeten ten minste eenmaal per dag via web services of het "centraal postbus systeem" (CPS) aan TenneT worden geleverd. Om ervoor te zorgen dat de berichten op een robuuste en veilige manier aan TenneT kunnen worden geleverd, moet de locatie waar de batterijen worden gestationeerd, zijn uitgerust met een stabiele internetverbinding. Er moeten extra netwerksystemen aan de batterijen/ site worden toegevoegd om veilige communicatie met de buitenwereld mogelijk te maken. Dit omvat het toevoegen van relevante netwerkswiches, configuratie van firewalls en implementatie van zowel digitale als fysieke beveiligingsmaatregelen om risico's van (cyber) dreigingen te voorkomen.

Het beheren van de veilingactiviteiten voor FCR en de implementatie van de vereiste berichtenservices kan een vrij operationele taak zijn om te onderhouden, en daarom is het meest haalbaar als deze activiteiten worden uitbesteed aan een bestaande balancing service provider (BSP), die al een portfolio heeft met TenneT. Als er verschillende mobiele batterijsystemen/ -modules worden gebruikt, moet bovendien een goed communicatiesysteem worden geïmplementeerd om de coördinatie met de systeemdienstleverancier te vergemakkelijken om ervoor te zorgen dat biedactiviteiten op de FCR-veiling worden gestroomlijnd. Dit is met name van belang wanneer sommige systemen worden verhuurd en andere niet. Terwijl de FCR-markt momenteel werkt op basis van wekelijkse veilingen, gaat de markt in juli 2020 over op een veilingvenster van vier uur, wat betekent dat meer geavanceerde planningstechnieken nodig zijn om de inkomsten en biedingsactiviteiten te optimaliseren. Een andere belangrijke technische overweging is dat de schakelapparatuur op de locatie waar de batterijen worden gestationeerd om FCR te leveren, in staat moet zijn om batterijmodules aan te sluiten die in/ uit worden gestoken zonder de voeding/ levering van FCR door de andere systemen te onderbreken.

Subactiviteit 3: Deelstudie inpassing duurzame bronnen

Om tot een volledig decentraal en duurzaam energiesysteem voor festivals te komen dienen de mogelijkheden onderzocht te worden naar het inpassen van duurzame energiebronnen. Hierin staat het opwekpotentieel van de verschillende locaties centraal en worden verschillende technologieën vergeleken en aan de hand van een kosten-baten analyse waarin leveringszekerheid een prominente plek inneemt. Tot deze mogelijkheden behoren onder andere zon-pv, kleinschalige windenergie, hergebruik (menselijke) biomassa-stromen.

De grootste uitdaging voor het integreren van PV/ Wind met batterijen voor de daadwerkelijke show/ festival dag is het feit dat het aanbod grotendeels onvoorspelbaar is en niet volledig kan worden vertrouwd, en daarbovenop ook te risicovol is om op te vertrouwen. Waar het op neerkomt, is dat je je batterij moet

dimensioneren om vrijwel 100% van de verwachte vraag te verwerken (vooral tijdens de show zelf). Het grootste voordeel van het hebben van RES op locatie is voor tijdens de opbouw- en afbreekfase van het festival, wanneer het stroomverbruik beperkt is. Met deze aanpak kunnen de over-gedimensioneerde dieselgeneratoren worden voorkomen en veel energie verspillen, hoewel hiervoor veelzijdige, modulaire RES-systemen nodig zijn die eenvoudig kunnen worden geïnstalleerd en ingezet.

Een andere belemmering voor het hebben van mobiele PV-/ windsystemen voor festivals is eenvoudigweg de beperking van de ruimte. Veel festivals gebeuren in de buurt van steden, en daarom is de ruimte inherent beperkt. Het installeren van een grote PV-installatie op een festivallocatie kost relatief veel ruimte in vergelijking met het geleverde vermogen. Om dit in perspectief te plaatsen, kan een 5kWp PV-installatie 30m² of meer oppervlakte beslaan, terwijl een 5kW-generator op een oppervlakte van 0,5m² kan staan → dat is 60 keer meer ruimte nodig voor de PV-installatie in vergelijking met een generator (en voor nog minder/ inconsistent vermogen). Bovendien is schaduwwerking door bomen of andere objecten een algemeen probleem of gebrek aan ruimte om de panelen op het zuiden optimaal te oriënteren, waardoor de beschikbare uitvoer verder wordt beperkt.

De meest (arbeids-) efficiënte manier om ervoor te zorgen dat de batterijen worden opgeladen met hernieuwbare energie die aan het festival kan worden geleverd, is om ze te laten stallen naast een grote PV-installatie of windmolenpark wanneer ze niet worden gehuurd. Op deze manier kan de grote interconnectiecapaciteit van het netwerk van de bestaande installatie voor hernieuwbare energie optimaal worden gebruikt voor het hosten van de batterijsystemen (en het mogelijk maken van energiediensten zoals FCR), hoewel hiervoor wellicht een energiebeheersysteem moet worden geïmplementeerd van de combinatie van de PV-installatie/ windmolenpark + de batterijactiva, om overbelasting van de netaansluiting te voorkomen.

Hoewel PV- en windenergie-technologieën zeer uitdagend zijn om te combineren met batterijen op de locatie van het festival zelf, zijn andere technologieën, zoals generatoren/ brandstofcellen op basis van biobrandstoffen of waterstof veel veelbelovend. Ten eerste kunnen ze zorgen voor consistente baseload-output, wat het mogelijk maakt om de vereiste batterijcapaciteit te verkleinen, vooral in het geval van meerdaagse of langere-termijn evenementen. Als de batterij geen extra laadcapaciteit heeft (ofwel van een generator of van het elektriciteitsnet) om 's nachts op te laden, zijn meerdaagse evenementen zeer moeilijk te onderhouden met alleen batterijen (en anders is een extreem grote opslagcapaciteit vereist).

Biobrandstoffen, zoals biodiesel, zijn niet de beste alternatieven vanuit een duurzaamheidsstandpunt, tenzij ze van de 2e generatie zijn/ geproduceerd uit anders ongebruikte afvalstromen (zoals plantaardige olie uit friteuses). Een ander risico met betrekking tot het gebruik van/ investeringen in systemen die op

biobrandstoffen draaien, is dat gemeenten druk uitoefenen op festivalorganisatoren om het gebruik van bestaande (diesel) generatoren om luchtkwaliteitsredenen te elimineren. Dezelfde luchtkwaliteitsproblemen die worden veroorzaakt door het gebruik van dieselgeneratoren vormen ook een probleem bij biobrandstofgeneratoren, en daarom valt nog te bezien of dit een geschikte oplossing zou kunnen zijn voor de lange termijn.

Brandstofceltechnologie biedt de meest veelbelovende combinatie met batterijen en elimineert de problemen in verband met lokale luchtkwaliteit. In het ideale scenario zou waterstof die wordt geproduceerd via hernieuwbare bronnen aan de brandstofcel worden geleverd om een schone, betrouwbare basisbelasting te genereren terwijl het batterijsysteem zou kunnen worden gebruikt om hoge vraagpieken te dekken, evenals periodes waarin vraag te laag is om de brandstofcel efficiënt te laten werken (zoals 's nachts of tijdens de opbouw/ afbraakperiodes). De grootste uitdaging met deze benadering (naast het beperkte Technology Readiness Level (TRL) van brandstofcelsystemen) is het feit dat een aanzienlijke hoeveelheid gecoprimeerde waterstof (of andere gassen zoals methaan/ propaan die in MCFC- en SOFC-technologie kunnen worden gebruikt) om naar de locatie van het festival gebracht te worden. Vanwege (ATEX) voorschriften met betrekking tot brandveiligheid kan dit een belemmerende factor zijn, hoewel het nog te bezien is hoe plaatselijke brandweerkorpsen zullen reageren op deze potentiële omstandigheid die kan optreden als dieselgeneratoren uit de evenementen verdwijnen en vervangen worden door andere betrouwbare base-load generatie systemen.

Commerciële & financiële haalbaarheid

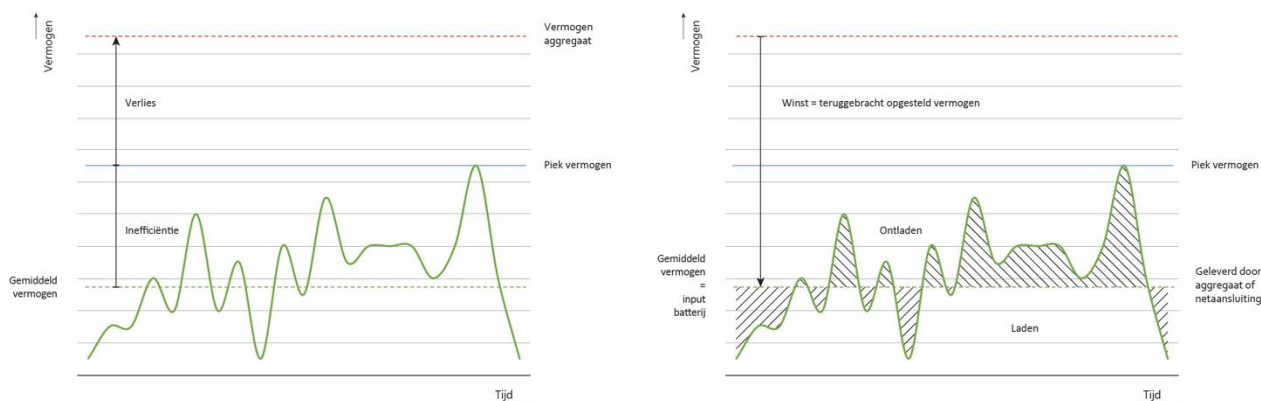
In dit werkpakket wordt zowel de commerciële als financiële haalbaarheid van het vervolgproject onderbouwd.

Subactiviteit 1: Businesscase parallele situatie

In deze subactiviteit zal tezamen met de evenementenorganisatoren de deeloplossing worden onderzocht en worden de resultaten hiervan naar een businesscase vertaald. Hierbij wordt de dieselgenerator behouden ten behoeve van de leveringszekerheid. Relevante punten vormen de prijs, duurzaamheid en toekomstbestendigheid van de parallele situatie.

Twee aspecten binnen de stroomvoorziening op evenementen zijn te onderscheiden aan de hand van dit onderzoek, namelijk capaciteit en vermogen. De huidige evenementenorganisatoren en stroomleveranciers zijn gewend enkel te werken met diesel aggregaten (ook wel dieselgeneratoren). Deze industrie is volledig ingericht op het leveren van stroom door middel van diesel, wat makkelijk vervoerbaar is en bij te vullen is. Dit leidt er toe dat capaciteit (kWh) nooit de limiterende factor is aangezien gemakkelijk bijgevuld kan worden en de

infrastructuur voor diesel verweven is door heel het land. Daarentegen is het aggregaat gelimiteerd op het geleverde vermogen (kW). Het aggregaat wordt gedimensioneerd aan de hand van de door het evenement ingeschatte stroomverbruik. Het totale stroomverbruik wordt ingeschat door alle apparatuur, foodtrucks, podia en dergelijke bij elkaar op te tellen, dit levert een maximaal piekvermogen op. Bovenop dit maximale piekvermogen wordt voor de veiligheid een marge genomen en daarvoor wordt het aggregaat gedimensioneerd. Batterijen werken fundamenteel anders dan aggregaten en zijn geen stroombron maar een stroomopslag. Voor batterijen is het tegenovergesteld: capaciteit (kWh) is gelimiteerd en vermogen (kW) niet. Dit maakt de batterij en aggregaat zeer complementair; de batterij levert het vermogen en een kleiner aggregaat kan ingezet worden voor de capaciteit. Het aggregaat blijft nodig in verband met leverzekerheid. Niet alleen kan een kleiner aggregaat ingezet worden ook kunnen de draaiuren verminderd worden. Deze twee verbeteringen leiden tot een kosten reductie en een vermindering van CO₂ en fijnstof uitstoot. Uit het onderzoek blijkt dat tot 40% diesel kan bespaard worden, en daarmee ook tot 40% minder CO₂ en fijnstof. De kosten komen door de huur van de batterij gemiddeld gelijk uit met de traditionele opstelling van enkel aggregaten. De besparing is locatie en opstelling afhankelijk, des te meer piekvermogen des te groter de besparing. Deze hybride opstelling van aggregaat en batterij zien wij als een tijdelijke oplossing voor locaties die nergens toegang hebben tot netstroom. De toekomst zal meer kleine netaansluitingen bieden en grotere batterijsystemen die kunnen fungeren als energiebron.



Voorbeeld energiebesparing event

We hebben de energiebesparing berekend voor een fictief tweedaags festival dat 5 MWh verbruikt met een berekende piek van 650 ampère. Stroomlevering start 4 dagen voor het event in verband met opbouwen, tot een dag na het event in verband met afbouwen. Overige aannames:

- De dieselprijs is €1,20
- Een 200 KVA aggregaat kost €450/ week
- Diesel naar elektriciteit conversie is 2,3 kWh/L
- Kabels kosten €2,5/ meter/ week
- Een 330 kWh batterij kost €3500 per week
- 1 kWh uit een netaansluiting kost 0,25 ct./ kWh
- Er is een 250 ampère netaansluiting aanwezig
- 1 liter diesel bevat 2640 gram CO₂

Op basis van bovenstaande zijn er drie manieren om de energievraag te beantwoorden:

- Alleen dieselaggregaten
- Dieselaggregaat in combinatie met een 330 kWh batterij
- Netaansluiting in combinatie met een 330 kWh batterij

In de tabel hieronder is te zien wat de kosten per opstelling zijn en wat de te verwachten verbruiken inclusief uitstoot in CO₂ is. Het is duidelijk dat met ongeveer gelijke prijsstelling er enorme besparingen voor milieu te realiseren zijn.

	Alleen aggregaten	Aggregaat + batterij	Netaansluiting + batterij
Kosten	€7.109	€7.256	€6.759
Diesel verbruik	4.800 liter diesel	2.380 liter diesel	0 liter diesel
CO ₂ uitstoot	12,7 ton CO ₂	6,3 ton CO ₂	0 ton CO ₂
Besparing t.o.v. alleen diesel	Kosten	+€147	-€350
	Diesel	-2.420 (50%)	-4.800 liter (100%)
	CO ₂	-6,4 ton (50%)	-12,7 ton (100%)

Subactiviteit 2: Business case totaaloplossing

Bij de totaaloplossing speelt de dieselgenerator geen rol meer in de energievoorziening. Hiervoor is het noodzakelijk de kosten en baten, zowel financieel als technisch, naar een business case te vertalen welke past bij verschillende evenementen. Door dialoog met verschillende consortiumpartners en stakeholders kunnen de voor- en nadelen met elkaar vergeleken worden.

Om het dieselaggregaat volledig overbodig te maken en daarmee maximale CO₂ en fijnstof te besparen zijn er twee mogelijkheden: een andere energiebron plaatsen i.p.v. het aggregaat of alle benodigde stroom leveren door enkel batterijen. De laatste optie is enkel mogelijk voor de kleinere evenementen aangezien de capaciteit van de batterijen toereikend is. Voor grotere evenementen (boven de

1000 bezoekers) is een andere energiebron nodig. Hiervoor zijn meerdere alternatieven te bedenken zoals, een andere grotere batterij, waterstof aggregaat, zonnepanelen, kites, windmolens of netaansluiting. Hiervan is enkel de laatste momenteel commercieel in de markt aanwezig. De kosten voor een standaard 80amp netaansluiting zijn relatief laag vergeleken met de grootverbruik aansluitingen. Deze 80amp aansluiting heeft voldoende capaciteit om een evenement van meer dan 5000 bezoekers van elektriciteit te voorzien, enkel is het vermogen de limiterende factor. Door de batterij tussen de aansluiting en het evenement te plaatsen kan de batterij de benodigde piekstroom opvangen en is gebrek aan vermogen niet langer een probleem. De batterij kan opladen wanneer de benodigde stroom van het evenement lager is dan 80amp en levert wanneer er meer gevraagd wordt. Dit noemen wij *peak-shaving*. Door middel van deze opstelling kan zowel capaciteit en vermogen gegarandeerd worden en is er geen dieselaggregaat nodig. Hiermee voorkomt de organisator aggregaat huur, diesel, draaiuren, CO₂ en fijnstof. De besparing in kosten kan oplopen tot 40% en de besparing van CO₂ en fijnstof tot 100%. Uit gesprekken met evenementenorganisatoren en andere partners is gebleken dat er intrinsieke motivatie is tot verduurzaming en reductie van diesel verbruik. Desalniettemin blijkt dat hiervoor geringe bereidheid is om meer te betalen. Een oplossing van netaansluiting en batterijen heeft dus de voorkeur aangezien dit prijscompetitief is. Uit gesprekken met gemeentes blijkt dat meer kleine netaansluitingen gepland zijn in stedelijke gebieden, dit maakt het mogelijk om op nog meer locaties diesel volledig overbodig te maken. Het is voor toekomstige plannen belangrijk om een nauw betrokken te blijven met gemeentes en beleidmakers om zo de energietransitie zo snel en efficiënt mogelijk te kunnen realiseren.

Subactiviteit 3: Verdere samenwerkingsmogelijkheden

Het consortium zal onderzoeken hoe het vervolgproject naast de eigen inbreng gefinancierd kan worden, door naar de marktvaart te informeren. Tevens wordt gekeken in hoeverre de business case voor de totaaloplossing uit een *plug-and-play* oplossing komt te bestaan of uit een op maat gemaakte dienst voor iedere afnemer.

De vraag naar een alternatief voor diesel aggregaten blijkt sterk te groeien. Momenteel zijn mobiele batterijen de enige oplossing om aggregaten op grote schaal te verminderen of helemaal te vervangen. De huidige prijs voor lithium-ion cellen is hoog waardoor de initiële investeringen hoger zijn dan bij een traditioneel diesel aggregaat. Er zullen meerdere business cases gevonden moeten worden om een wenselijke terugverdientijd te realiseren, ook wel "business model stacking". Hiervoor is het nationale elektriciteitsnet en de gekoppelde markten van belang. Dit genereert de benodigde inkomsten gedurende het laagseizoen om te compenseren voor de batterij afschrijving. De huidige prijs voor het huren van een batterij is EUR 3500 per week, dit is viermaal zo hoog als de huur van een gelijkwaardig diesel aggregaat. De kostenbesparing zal bij optimale in-planning en inzet van de batterij

komen door het besparen van diesel, aggregaat huur en draaiuren. Door meer marktkennis en projectervaring zal de in-planning tot een telkens verbeterde inzet leiden en kunnen energievraag en opgesteld vermogen optimaal op elkaar aangesloten worden. Dit zal mogelijk kunnen leiden tot een verlaging van de huurprijs. Tevens zal door de snelgroeïende EV markt de batterij technologie verbeteren en de prijs per kWh verlagen. Dit zal mogelijk ook kunnen leiden tot een verlaging van de huurprijs. Elk project en evenement is anders en de elektrotechnische kennis van de gebruiker op locatie verschilt enorm. Dit vraagt om een *plug-and-play* totaaloplossing. Door de batterijsystemen slim en flexibel te ontwerpen kunnen ze ingezet worden in een legio van projecten en op uiteenlopende locaties, waarbij veiligheid en gebruiksgemak centraal staan. Het maatwerk per klant zal zitten in de service rondom het batterijsysteem, namelijk de AI stroomvoorspelling, slimme in-planning, optimale inzet en gebruiksgemak van software en hardware. Door de batterijsystemen en software schaalbaar te ontwikkelen kunnen er veel projecten tegelijkertijd aangestuurd worden en kan de prijs eventueel verder verlaagd worden.

Vergunningen & Juridische aspecten

In dit werkpakket worden het vergunningstraject alsmede de nationale en Europese regelgeving omtrent inzet van mobiele energieopslag op basis van lithium in kaart gebracht.

Subactiviteit 1: Vergunningstraject transport

Als onderdeel van deze subactiviteit zullen de vereisten omtrent het vergunningstraject gedetailleerd in kaart gebracht worden. Dit behelst het identificeren van (milieu)legislatie aangaande het transport van li-ion batterijen en de vereisten bij opslag.

Omdat dit onderzoek gaat over een product in ontwikkeling is er op moment maar een beperkte opvatting inzake opslag van samengestelde batterijsystemen en benodigde vergunningen voor tijdelijke opstelling. Inzake transport is de regelgeving wel al bijgewerkt. Voor het transport van lithiumbatterijen over de weg is de geldende standaard de zogenaamde UN/DOT Test 38.3 (UN Manual of tests and criteria, UNECE 2015). Deze standaarden omvatten transport-condities zoals druk, temperatuur en de impact van crashes. De testen worden uitgevoerd door TÜV-Süd en Dekra. Wanneer een batterij aan deze standaard voldoet is transport over de weg toegestaan.

Wanneer de behuizing van de batterij een container betreft zijn aanvullende transporteisen van toepassing. De van toepassing zijnde wet- en regelgeving is te vinden in de Wet wegvervoer goederen (WWG) en de Verordening 1071/2009 (EG). Vergunningen worden verleend door de Nationale en Internationale Wegvervoer Organisatie (NIWO).

Op dit moment zijn er geen landelijk geldende regels inzake het plaatsen en/ of opslaan van batterijsystemen. Wel is er de *Handreiking Elektriciteit Opslag Systemen (EOS > 25 kWh Li-ION)* opgesteld door de veiligheid regio's Haaglanden en Rotterdam-Rijnmond samen met LIOGS (landelijk informatiepunt ongevallen gevaarlijke stoffen). In dit document worden eisen gesteld aan:

- De toegankelijkheid van de batterij op locatie;
- De fysieke vorm van de ruimte waarin de batterijen zijn opgeslagen;
- Toegankelijkheid van de ruimte en de vergrendeling;
- Klimatisering van de ruimte;
- Herkenbaarheid van het product aan de buitenzijde;
- Een op te stellen veiligheidsplan in overleg met bevoegd gezag.

Hierbij valt op te merken dat dit document uit gaat van stationair opgestelde batterijen en nog niet van systemen die herhaaldelijk verplaatst gaan worden. Wij zien het echter als vanzelfsprekend de eisen opgesteld in dit documenten als leidraad te nemen bij de verdere ontwikkeling van de mobiele batterij container.

De laatste uitkomst van dit desk research is de ontwikkeling van een nieuwe NEN-norm inzake gecontaineriseerde lithium batterijen. Deze richtlijn wordt naar alle waarschijnlijkheid in 2020 gepresenteerd.

Subactiviteit 2: Vergunningentraject festivallocaties

Deze subactiviteit richt zich op de juridische vereisten welke toepasbaar zijn op momenten waarop de dienst wordt gerealiseerd op verschillende locaties. Door de variëteit aan festivallocaties in Nederland dient een duidelijk gespecificeerd beeld ontwikkeld te worden van de verschillende milieureisten. Dit levert een duidelijk plan van aanpak op aangaande het omgevingsmanagement voor een eventuele doorontwikkeling in Q3+Q4 2019.

Op dit moment is het zo dat festivals en evenementen een evenementenvergunning aanvragen bij de gemeente waarin het evenement georganiseerd wordt. Onderdeel van deze vergunning is de energie opwek en de rapportage van de locatie en hoeveelheid opgesteld vermogen diesel aggregaten op het terrein. Deze informatie wordt geaccordeerd door de brandweer en de milieudiensten. De dag voor het evenement wordt door de gemeente in samenwerking met de brandweer een controle uitgevoerd op het terrein op de genomen maatregelen inzake veilige vluchtroutes, gekeurde constructies, brandpreventie te controleren. Het meenemen van batterijen naar een evenement zal conform dezelfde procedure als aggregaten moeten gaan. De leverende partij kan daarbij de klant nog van dienst zijn met het verstrekken van de juiste informatie over de genomen brandveiligheidsmaatregelen.

Daarnaast is er een richtlijn beschikbaar voor het opstellen van energie opwek op evenementen. Deze stelt onder andere dat diesel opslag en aggregaten minimaal 5

meter van vaste inrichtingsobjecten moeten staan en niet in de buurt van ventilatie systemen. Deze richtlijn kan worden overgenomen voor batterijen, met de specifieke aanvullingen uit de *Handreiking energie opslagsystemen* en speciale bluscondities van batterijsystemen.

Conclusie en aanbevelingen

Om de energietransitie te realiseren zullen komende jaren vervuilende diesel generatoren vervangen moeten worden door duurzame stroomvoorzieningen. Mobiele batterijen zullen hier een cruciaal aandeel in hebben. Momenteel zijn batterijen geen energie bron maar een energie opslag. Door goed naar de in-planning te kijken en het verbruik perfect in te schatten door middel van slimme forcecasting tools, kunnen mobiele batterijsystemen gebruikt worden om diesel verbruik te verminderen of zelfs geheel te voorkomen. Hiervoor is een *plug-and-play* totaaloplossing nodig die ingezet kan worden door gebruikers, op vele locaties en voor verschillende projecten. Tezamen met de batterij technologie ontwikkeling en *business case stacking*, wordt de batterij-oplossing prijscompetitief met de traditionele diesel aggregaten. Samenwerkingen en partnerschappen zijn cruciaal om dit te bereiken. Zowel traditionele aggregaat verhuurbedrijven, gemeentes, hi-Tech ontwikkelaars, evenementenorganisatoren, beleidsmakers, netbeheerders en R&D afdelingen moeten communiceren om markt vraag en technologische mogelijkheden samen te laten komen.

Vervolg aan het project

Het inzetten van opslagsystemen om diesel aggregaten te vervangen is op basis van bovenstaande onderzoek een reële oplossing. De inzet van mobiele opslagsystemen vraagt om een nieuwe benadering van energiemangement op locatie. Hiervoor moeten software ontwikkeld worden die tijdelijke energiesystemen kunnen monitoren en kunnen aansturen, in een legio van uiteenlopende locaties en applicaties.

Op basis van dit onderzoek gaat Greener power solutions verder met het inzetten van mobiele batterijsystemen. Greener focust daarbij vooral op de tijdelijke energiemarkt op evenementen en festivals en daarnaast de primaire reservemarkt. Spectral heeft al meer ervaring met grid-gebonden toepassing en de landelijke energiemarkt. Beide partijen samen zullen verder onderzoeken hoe de kennis van beide markten samengebracht kan worden en kan bijdragen aan het succesvol stapelen van business cases.

Het voorkomen van CO₂ uitstoot en verminderen van fossiele brandstoffen is de kern visie van Greener. Met deze samenwerkingen van verschillende innovatieve bedrijven met expertise in aangrenzende vakgebieden kan een complete oplossing geleverd worden voor de markt. Een vernieuwende oplossing die een duurzaam

alternatief biedt voor diesel, perfect aansluit bij de technische behoefte van de klant en complementaire innovaties samenbrengt tot een baanbrekende synergie.