

## Beyond Lithium: A Novel Sodium-Based Battery Technology for Ultra Low-Cost Stationary Electricity Storage

De transitie naar een variabele electriciteitsopwekking, gebaseerd op zonnestroom en windelectriciteit, leidt tot een groeiende mismatch tussen vraag en aanbod. Om deze mismatch te ondervangen op een termijn van uren tot enkele dagen, is electriciteitsopslag met batterijen technisch gezien een optimale oplossing: batterijen kunnen electriciteit met een hoge efficiëntie de opgeslagen elektrische energie weer afgeven (een round trip efficiëntie hoger dan 80 - 90% is gebruikelijk); daarnaast zijn batterijen modulair in te passen op allerlei schaal (van relatief kleine thuisbatterij tot grootschalige buffering van zonne- en windparken). Bovendien zorgen batterijen ervoor dat opgewekte electriciteit zoveel mogelijk lokaal opgeslagen en weer gebruikt kan worden, zodat de capaciteit van het electriciteitsnet niet onnodig belast wordt.

Op lithium gebaseerde batterijen hebben de afgelopen jaren een enorme groei in toepassing doorgemaakt om te voldoen aan de groeiende vraag naar grotere batterij-eenheden voor elektrisch vervoer en stationaire electriciteitsopslag. Prognoses geven aan dat de behoefte aan electriciteitsopslag in thuisbatterijen de komende jaren een aanzienlijk verdere groei zal doormaken waarbij de marktomvang ongeveer 40 maal in omvang zal toenemen (bron: Navigant 2016). Kernpunten voor succesvolle electriciteitsopslag met batterijen zijn veiligheid en een lage prijs per opgeslagen kWh. Om lage kosten van slechts enkele centen per kWh te bereiken is het daarom een noodzakelijke voorwaarde dat de basismaterialen ruim voorradig, goedkoop en mondiaal beschikbaar zijn. Dit laatste uitgangspunt vormt de basis van dit NaSTOR project: 'een veilige, kosten-efficiënte batterij-technologie ontwikkelen op basis van basismaterialen die zo veel voorkomend zijn als 'ijzer, zand en zout'. Lithium, nu een van de cruciale bouwstoffen voor batterijen, is een relatief schaars element, terwijl natrium, te winnen uit zee- en steenzout, een algemeen voorkomend element is in de aardkorst (de winbare voorraad van Natrium is meer dan duizend maal groter dan die van Lithium).

Dit project heeft tot doel om een veilige batterijtechnologie gebaseerd op natrium te ontwikkelen waarmee batterijen voor stationaire opslag voor kosten-efficiënte opslag per kWh gerealiseerd kunnen worden. De eerste toepassing waarop de ontwikkeling zich richt, is die van een thuisbatterij met een capaciteit van ca. 5 – 50 kWh waarmee zelf opgewekte duurzame zonnestroom lokaal kan worden gebufferd. Een thuisbatterij van 5 kWh in combinatie met een typisch zonnedak van 3 kW (ca 10 – 12 PV panelen) laat de zelfconsumptie van zonnestroom stijgen voor een gemiddeld huishouden van 30 % naar tot zo'n 70% in Nederlandse klimaat. Gebruik van thuisbatterijen brengt zodoende diverse voordelen met zich mee:

- Stijging van zelfconsumptie doet de netto CO2 uitstoot dalen;
- Vermijden van onnodige belasting van het electriciteitsnet, en bieden van de mogelijkheid om de netcapaciteit meer gespreid over de tijd in te zetten ( 'peak-shaving' en load-levelling');
- Noodstroomvoorziening bij netuitval.

Economisch heeft een thuisbatterij achter de meter tot 2023 (wanneer de momenteel (2017) nog geldende salderingsregeling wordt herzien) in Nederland nog geen nut. In veel andere landen (Duitsland, Engeland, VS, Australie enz.) is dit geheel anders: het tarief voor aan het net teruggeleverde stroom is daar aanzienlijk lager dan het tarief voor stroom die afgenomen wordt van het net. Het verschil kan 0,15 – 0,20 €/kWh bedragen en zodoende worden thuisbatterijen – ondanks dat deze batterijen nu nog relatief duur zijn ( >500 €/kWh capaciteit ) – in snel groeiende hoeveelheden geproduceerd en ingezet. En naarmate de kosten van deze batterijen dalen wordt de terugverdientijd sneller acceptabel.

Bij aanvang van dit project had Exergy Storage enkele principe batterijcellen vervaardigd die de basale geschiktheid van een op veilige op natrium gebaseerde batterij-technologie aantoonde. Samen met twee andere partijen, het onderzoeksinstituut DIFFER en een engineering partner (EME) en een buitenlandse subcontractor voor de ontwikkeling van celmembranen, heeft het project een reeks van R&D activiteiten ontplooid met als hoofdresultaten:

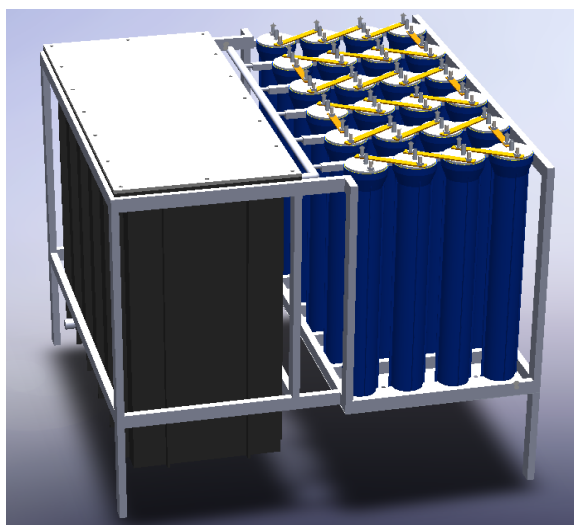
- Laboratoriumcellen met een capaciteit van 1- 10 Ah op basis waarvan de specificaties voor een thuisbatterij zijn ontwikkeld;
  - o Door een nieuwe anode-afdichtingsmethode te ontwikkelen zijn de levensduren van batterijcellen met meer dan een factor 10 verbeterd;
  - o Een nieuwe type celmembraan is ontwikkeld waarin een zeer dunne toplaag op een poreuze robuuste drager wordt aangebracht om de celweerstand te verlagen;
  - o De preparatie en compositie van speciale cathode mengsels is in aanzet ontwikkeld, geschikt om in een lege batterij-assembly te injecteren, om vervolgens de batterij direct op te laden en operationeel;
  - o In foto 1 is één van de gefabriceerde laboratorium batterijcellen afgebeeld;



**Foto 1** NaSTOR laboratorium batterijcel

- Meetmethodieken waarmee de batterijcel-prestaties efficiënt in kaart kunnen worden gebracht;
  - o Cyclische voltammetry en impedantiespectroscopie voor analyse van de celprestatie;
  - o Raman spectroscopie voor in-situ analyse van cathode-materialen;
  - o Laad- en ontlad- acquisitie hardware en software met nieuwe methode om cel stabiliteit versneld te analyseren.
- Een basaal model van de werking van de batterijcel om de interne celweerstand te modelleren;
  - o Bedoeld voor gerichte optimalisering van round-trip efficiëntie (minimalisatie van inwendige verliezen);
  - o Selectie van meest geschikte materialen voor stroomcollectie
- Een produkt-ontwerp dat in een vervolgproject wordt ingezet om een prototype thuisbatterij te vervaardigen
  - o Een artist impressie van de te ontwikkelen thuisbatterij is afgebeeld in figuur 2;
- Een kostenanalyse als eerste opzet voor grootschalige productie van thuisbatterijen.
  - o Cathode materialen en celmembraan zijn de kostbare componenten; deze maken samen ca. 60% van de totale kosten uit;

- Uitgaande van geschikte, 'commodity' basismaterialen kunnen produktiekosten van thuisbatterijen met een capaciteit van > 10 – 20 kWh dalen tot onder 100 €/kWh.



**Figuur 2** Ontwerp van een prototype 24-cells hybrid flow battery voor 'residential energy storage'.

Het project kende diverse knelpunten:

- De geleiding van de cathode vloeistoffen dient voor optimale toepassing nog ongeveer met een factor 5 verbeterd te worden;
- De geselecteerde cathode materialen, met name op zwavel gebaseerde cathodes laten een irreversibele afname van de ontladingscapaciteit zien; het mechanisme achter dit fenomeen dient nader te worden onderzocht.

In april 2017 startte een vervolproject waarin een prototype thuisbatterij wordt ontwikkeld; in dit project wordt de selectie van cathode materialen die leiden tot hogere roundtrip efficiënties en een hogere reversibiliteit onderzocht.

Het huidige project is van strategisch belang voor de Nederlandse chemie, maakindustrie en kennisinfrastructuur. De productie en vermarkting van thuisbatterijen zal een volume industrie worden en als zodanig een welkome vernieuwingsimpuls kunnen bieden aan gebieden waarin de Nederlandse economie traditioneel sterk is, zoals chemie en maakindustrie.

De opbouw van technologie en know how in het batterijenveld heeft een sterke uitstraling op aanverwante velden. Te denken aan de ontwikkeling van membranen voor andere toepassing zoals electrolyse, chemische scheidingstechnologie, en metallurgie.

Inleidende informatie over dit project is te vinden op de website van Exergy Storage ([exergy-storage.nl](http://exergy-storage.nl)) en de website van DIFFER ([differ.nl](http://differ.nl)) ; publicaties zijn gepland gedurende het vervolproject waarin een prototype thuisbatterij wordt ontwikkeld.

Meer informatie over dit project is verkrijgbaar bij de penvoerder Dr. Gert Jan Jongerden, Exergy Storage Components and Systems ([gertjan.jongerden@exergy-storage.nl](mailto:gertjan.jongerden@exergy-storage.nl)), bij de directeur van DIFFER, prof. Dr Ir. Richard van de Sanden en bij Ir. Ferdy Jongerden, Exergy Mechanical Engineering.

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