



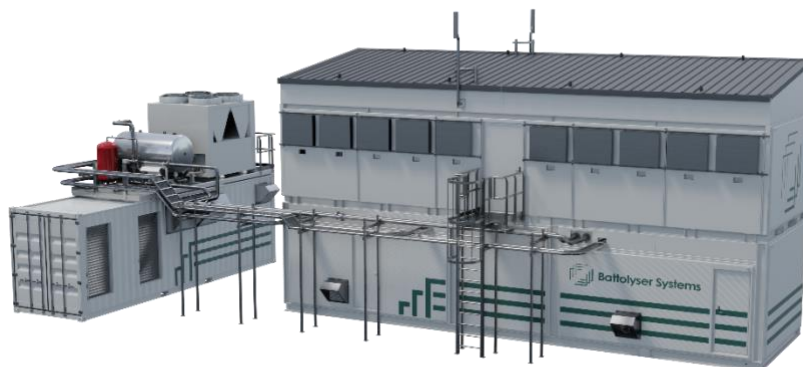
Eindverslag projecttoeslag voor TKI's

Referentienummer : TKI2021-H2-27

Resultaten van de activiteiten

Openbare samenvatting van de resultaten

Om de doelstellingen voor de implementatie van hernieuwbare elektriciteitsopwekking en CO₂-reducties in 2030 en 2050 te kunnen halen, zal er op een efficiënte manier een keten gerealiseerd moeten worden, die opgewekte elektriciteit optimaal benut en voor toeleveringszekerheid kan zorgen. Hiervoor zal de grote variatie van de opwekking van zonne- en windenergie op zowel de korte- als lange tijdschalen aangepast moeten worden aan de maatschappelijke vraag. Korte-termijn elektriciteitsopslag en lange-termijnopslag van energie in waterstof zullen beide voor energieproducenten een essentiële factor gaan vormen. Dit om de leveringszekerheid enerzijds en de afzetgarantie anderzijds bij hoge productie te realiseren. De Battolyser technologie biedt korte termijn energieopslag (batterij) en lange termijn energieopslag (via waterstofproductie) in één unit, en kan geheel flexibel de duurzame elektriciteitsopwekking en vraag volgen. Hiermee wordt toename en inpassing van duurzaam opgewekte energie in het systeem mogelijk met minder druk op het elektriciteitsnet, en kan waterstof efficiënter en goedkoper worden geproduceerd voor toepassing in o.a. industrie en mobiliteit.



Het projectplan is in hoofdlijnen succesvol uitgevoerd, de hoofddoelstelling om het ontwerp van de Battolyser stack te upgraden van de pilot schaal (15kW/kWh) naar MW schaal is

behaald. Hier hebben de werkpakketten uit deze subsidie een grote bijdrage aan geleverd. Alle componenten uit de stack zijn opnieuw ontwikkeld en gefaseerd opgeschaald naar de eerste grote schaal BL250 stacks met een capaciteit van 1kW per cel.

De Battolyser 250 met een capaciteit van 1MW is gebouwd en wordt in de tweede helft van 2024 opgeleverd in de haven van Rotterdam. Het onderzoek van TKI heeft de basis gevormd voor het onderzoek van de opschaling van het systeem.

De primaire wijziging tov het oorspronkelijke plan is het aantal iteraties en tussenstappen die benodigd bleken te zijn om tot een goed ontwerp te komen. Hier zijn meerdere kleinere test setups ontwikkeld naast de test faciliteit voor complete stacks op 30 bar druk. Deze testprocessen dienen nu tevens als basis voor nog verdere opschaling voor de volgende generaties van Battolyser systemen.

Octrooien, artikelen en spin-offs

KPI	Omschrijving
TRL bij start	7
TRL bij afsluiting	7/8
Vervolg	Battolyser Systems realiseert momenteel de eerste MW schaal Battolyser in de haven van Rotterdam met als basis het onderzoek van TKI.
Aantal verwachte peer-reviewed publicaties	0
Aantal gerealiseerde peer-reviewed publicaties	0
Aantal gerealiseerde niet-peer-reviewed publicaties	0
Aantal aangevraagde patenten	0
Aantal verleende licenties	0
Aantal prototypes	>5
Aantal demonstrators	0
Aantal spin-offs	Battolyser Systems is reeds een spin-off van de TU Delft
Aantal nieuwe of verbeterde producten geïntroduceerd	Het doel van het onderzoek was om de Battolyser op te schalen naar commercieel vermogen. Van kW naar MW schaal. De Battolyser 250 is officieel gelanceerd als product.

Invulling van de activiteiten

Uitvoering van de activiteiten per werkpakket

Beschrijf hoe de geplande werkpakketten zijn uitgevoerd. Of voeg een door het TKI goedgekeurd eindverslag toe, waarin het samenwerkingsconsortium de uitvoering van de geplande werkpakketten beschrijft

WP1 – optimaliseren elektrodes en celontwerp

De doelstelling van WP1 is het optimaliseren van het celontwerp voor de Battolyser stack om zo gereed te maken voor massa productie en om een hogere electrolyse capaciteit per cel te realiseren. Tijdens de looptijd van het project is het BL250 systeem ontwikkeld, met daarin een realisatie van de geïdentificeerde doelstelling. In deze periode is het stack development team uitgegroeid van 10 naar ongeveer 50 FTE en zijn er verschillende iteraties gedaan om het ontwerp te verbeteren.

Een belangrijk verschil met het oorspronkelijke projectplan om snel te kunnen itereren is de introductie van proefopstellingen op component niveau (ipv gehele celniveau), de introductie van 3D printers en de uitbreiding van CFD team om met computer analysis de resultaten uit het lab te verifiëren. Een belangrijke verandering is het vergroten van de diameter van de cellen van 1 naar 1.4 meter en de optimalisatie van het electroden oppervlakte in de cel om zo de maximale capaciteit uit het systeem te halen zonder de unieke functie van de Battolyser (hybride electrolyse + batterij) te verliezen.

Daarnaast is ook de testcapaciteit in het laboratorium fors uitgebreid waardoor er langdurige testen met verschillende electroden paren en types konden worden uitgevoerd. In samenwerking met verschillende leveranciers is een electrodenset geselecteerd voor de BL250 waarmee de doelstelling van 1kW per cel is behaald. Ook de vormgeving van elektroden is bestudeerd met als doel de elektrode capaciteit en maakbaarheid te verbeteren. Ook de eerste tests van integratie van elektrode vormgeving met het Fe gedoopte Ni(OH)₂ is bestudeerd in een afstudeer project.



Figuur 1 Testen van verschillende losse stack componenten

Hiermee is een ontwerp iteratie loop gecreëerd waarmee Battolyser midden 2023 het ontwerp van de BL250 cellen en stack heeft bevroren voor productie op grote schaal, en meer specifiek de eerste BL250 1MW/1MWh unit waar de assemblage Q2 2024 voor gepland staat. Van enkele componenten, zoals het celframe is eerder dat jaar het ontwerp al bevroren vanwege de lange doorlooptijd van de spuitgietmal.

Geplande resultaat van dit werkpakket: Serie van geoptimaliseerde cellen en elektrode ontwerpen

Dit resultaat is behaald. De eerste BL250 stacks met 1kW capaciteit per cel zijn in productie.

WP2 – fabricage van elektroden en geoptimaliseerde cellen in testoplage

Er is uitgebreid onderzoek gedaan in de markt voor mogelijke partners mbt de ontwikkeling van electrodes en overige cel onderdelen. Met name het spuitgieten van de cellen is cruciaal en complex. Voor elk onderdeel zijn partners geselecteerd, in sommige gevallen meerdere, en zijn er proefseries gemaakt om de kwaliteit van het ontwerp en de geleverde materialen te waarborgen.

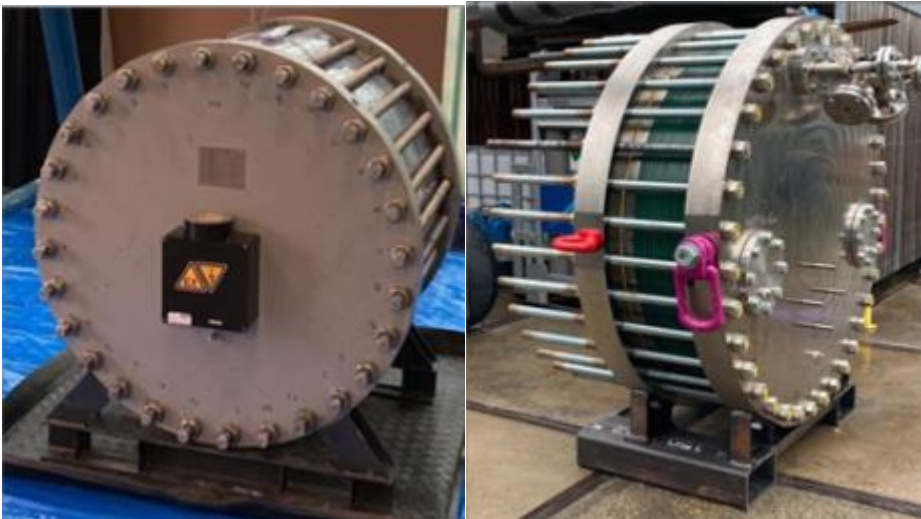
Er zijn in deze periode meerdere complete stacks (tot 15 cellen) samengebouwd en getest op druk, met daarin een serie van iteraties voor de losse componenten. Dit heeft naast een validatie van de nieuwe ontwerpen ook ontzettend veel ervaring en kennis opgeleverd over het samenbouwen van stacks en de benodigde toleranties om het geheel lekdicht te maken.

De celframes zijn in kleine oplages vervaardigd met CNC frezen, in aanloop naar een complete spuitgietmal toe voor grote oplages. Hier zijn 3 sets van geproduceerd op ware schaal (en getest in stacks met maximaal 15 cellen), voordat de mal voor het spuitgieten is ontworpen en besteld. Daarnaast zijn er twee series gemaakt van de nieuwe drukhoudende delen

waaronder de eindflenzen en is er aangetoond dat dit ontwerp 30 bar operating pressure aan kan wat eveneens is gecertificeerd door een externe partij (Bureau Veritas)

Geplande resultaat van dit werkpakket: Fabricage van kleine oplages elektroden en nieuwe cel ontwerpen

Dit resultaat is succesvol behaald en blijft continue doorgaan om nog betere systemen te ontwikkelen. Voor de opschaling naar TRL-8 is het ontwerp bevroren en on track om in de eerste helft van 2024 te worden samengebouwd. Eind 2022 is de Battolyser Research Facility (BRF) geleverd waarin op druk (30 bar) complete stacks tot 15 cellen kunnen worden getest. De BRF is operationeel en heeft gefunctioneerd als laatste validatie stap voor de TRL-8 stack ontwerpen. Parallel hierin is het lab verder uitgebreid en de test capaciteit op electrode en single cel niveau flink uitgebreid.



Figuur 2 Voorbeeld van stack opschaling voor testdoeleinden

WP4 – Testen van celontwerpen

De Battolyser Research Facility (BRF) is met success geleverd in geïnstalleerd end 2022 en daarna gebruikt voor het testen van stacks op ware grootte en op druk. Dit is de laatste stap in het testprogramma, na testen op kleine schaal en op component niveau in het lab. Er zijn meerdere variaties en iteraties getest en teruggekoppeld aan het ontwerpteam. Het ontwerpteam, maar ook het operationele team, hebben deze aanpassingen doorgevoerd en gereed gemaakt voor ons eerste system op industriële schaal, gepland voor de eerste helft van 2024. Het testen en itereren blijft doorgaan voor de volgende serie voor de tweede helft van 2024.

Geplande resultaat van dit werkpakket is: Getest en gevalideerd nieuw cel ontwerp klaar voor toepassing op industriële schaal (TRL-8).

Dit resultaat is behaald. Alle componenten voor het eerste TRL-8 systeem zijn besteld



Figuur 3 Testen van opgeschaalde stack op druk in Battolyser testfaciliteit