

# De HBr Flow Batterij

## Technologie & Business Case



**ELESTOR**

electricity  
storage

# Uitspraken over Flow Batterijen...

Glastuinbouwdag, 17 maart 2017



*"Another promising storage technology that deserves more investment is called a flow battery."*

From: "Energy Innovation –Why we need it and how to get it." 30/11/2015



*"Vanadium redox fuel cells is one of the coolest things I've ever said out loud"*

From: Presidential roundtable discussion at Cleveland State University



*"Solution : HBr Flow Battery"*

From: "Hydrogen Bromine Flow Battery for Grid Scale Energy Storage"

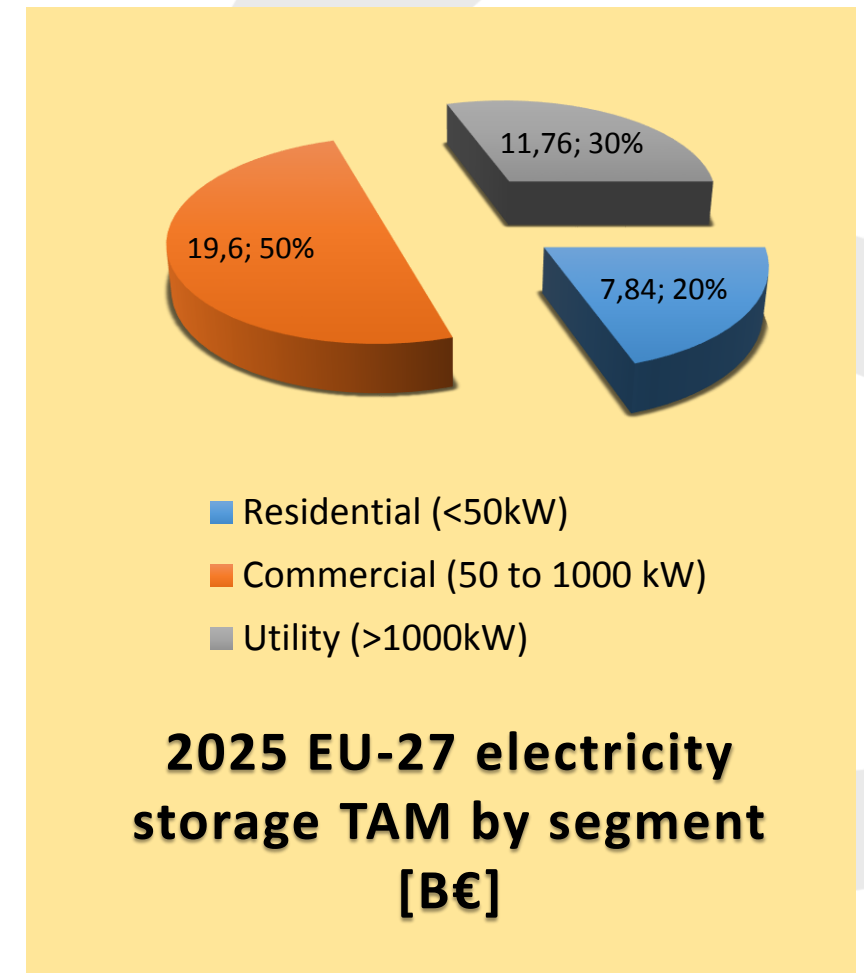


*"The 7<sup>th</sup> International Flow Battery Forum (Karlsruhe) brought together 222 delegates from 24 countries"*

# De markt voor elektriciteitsopslag

Glastuinbouwdag, 17 maart 2017

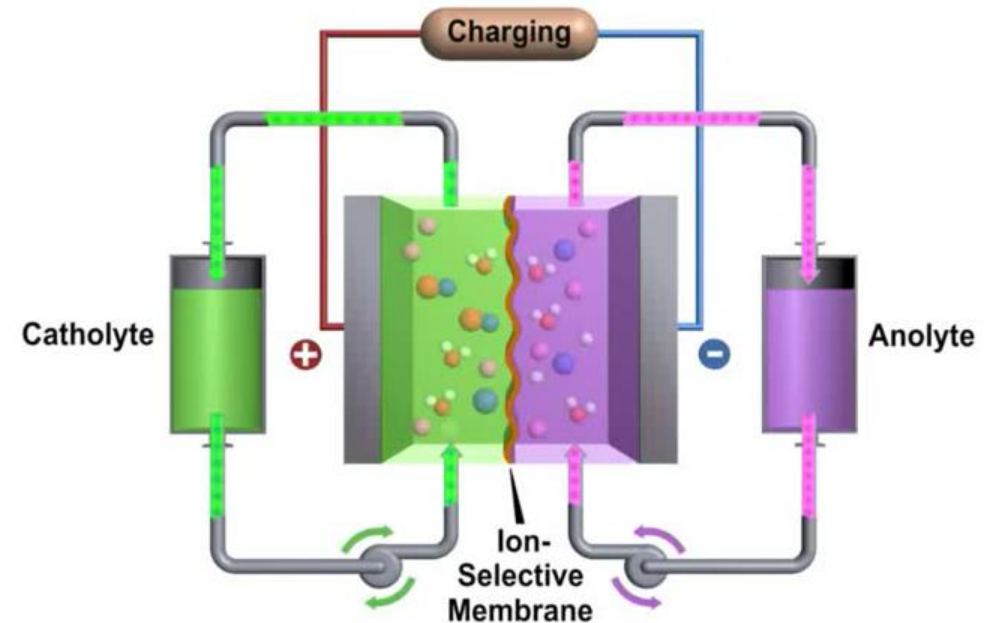
- Het Commerciële (ook wel 'Industriële') markt segment vertegenwoordigt ca 50% van de totale markt voor de opslag van elektriciteit
- Dit segment zal in 2025 naar schatting een totale waarde vertegenwoordigen van ca € 20 miljard
- Door het gebrek aan *economisch* haalbare technologieën kan dit markt segment nu niet goed bediend worden
- De sleutelen tot het ontwikkelen van dit markt segment ligt in een technologie, die veel lagere 'Opslagkosten per kWh' mogelijk maakt dan van bestaande technologieën



# Flow Batterij – Principe werking

Glastuinbouwdag, 17 maart 2017

- Een (redox) flow batterij is een oplaadbare batterij, die gebruik maakt van 2 actieve materialen, elk in een gesloten circuit, en gescheiden door een membraan
- Uitwisseling van ionen geschiedt door het membraan, terwijl beide actieve componenten in een eigen circuit circuleren
- Oppervlakte membraan → Vermogen [kW]  
Range 50 – 10.000 kW
- Volume reservoirs → Capaciteit [kWh]  
Range 100 – 50.000 kWh

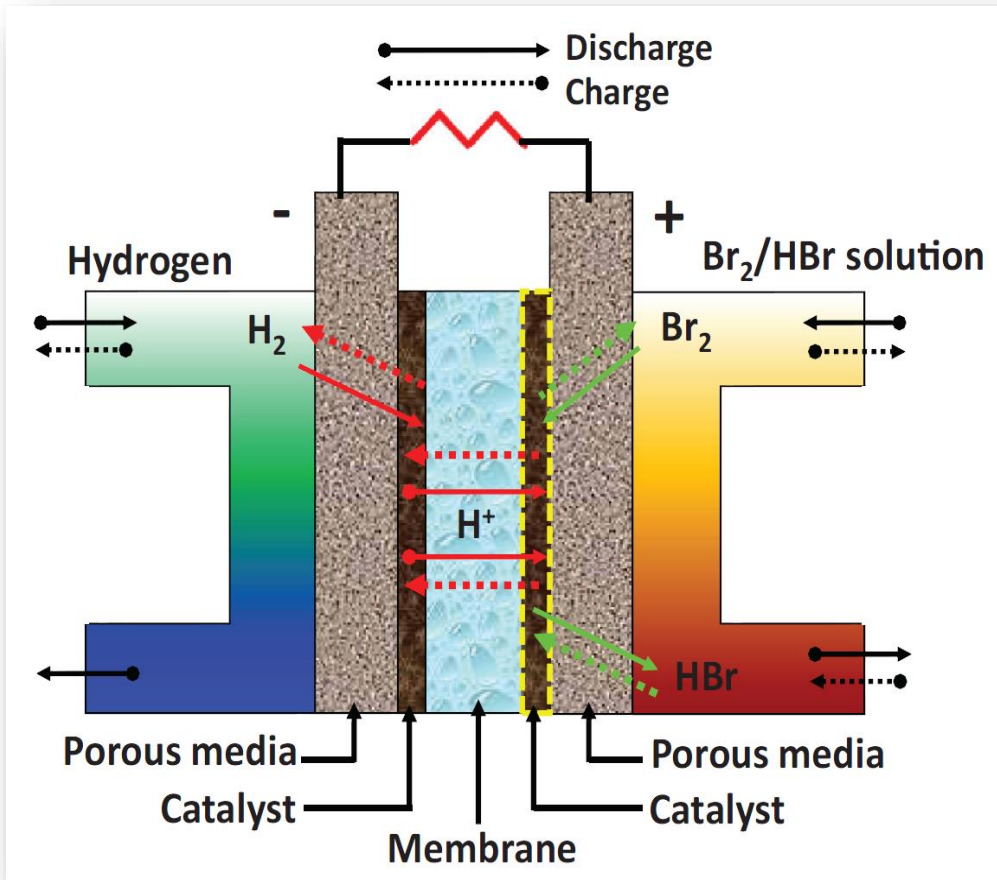


Movie by : Pacific Northwest  
National Laboratory (PNNL) S&T

- Vermogen en Capaciteit kunnen onafhankelijk van elkaar gekozen worden
- Beide kunnen ook in een later stadium modulair uitgebreid worden

# De Waterstof Bromide (HBr) Flow Batterij

Glastuinbouwdag, 17 maart 2017



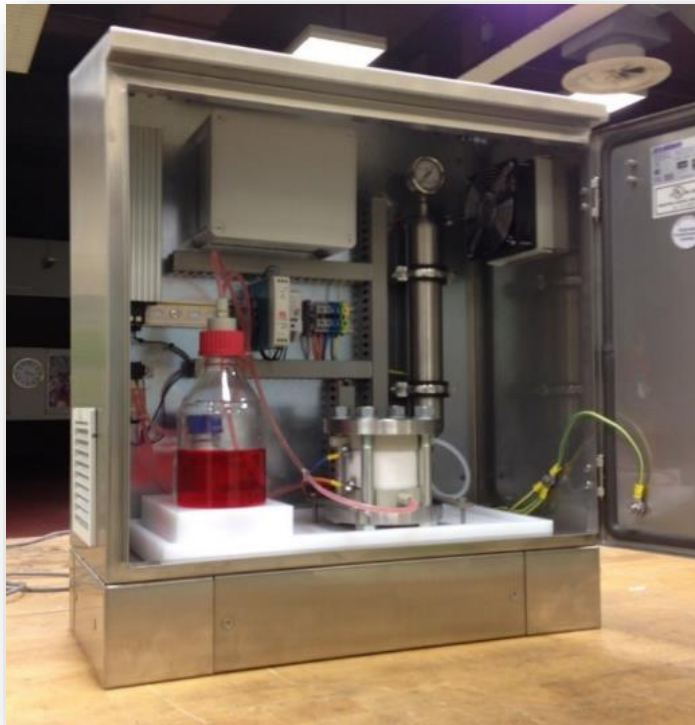
- Actieve materialen:  
Waterstof (gas) en Broom (vloeistof)
- De chemische reactie voor laden en ontladen is:

$$\text{H}_2 + \text{Br}_2 \xrightleftharpoons[\text{ontladen}]{\text{laden}} 2 \text{HBr} + \text{elektrische energie}$$
- De laad/ontlaad reactie is 100% omkeerbaar
  - Chemicaliën worden gebruikt, niet verbruikt
  - Afname opslagcapaciteit tijdens levensduur verwaarloosbaar

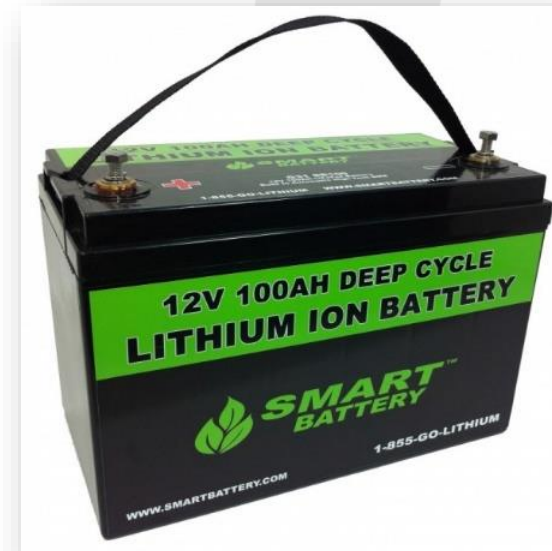
# Andere kenmerken van Flow Batterijen

Glastuinbouwdag, 17 maart 2017

Een Flow Batterij is een open, toegankelijke "machine" .....



..... in tegenstelling tot een gesloten batterij cell

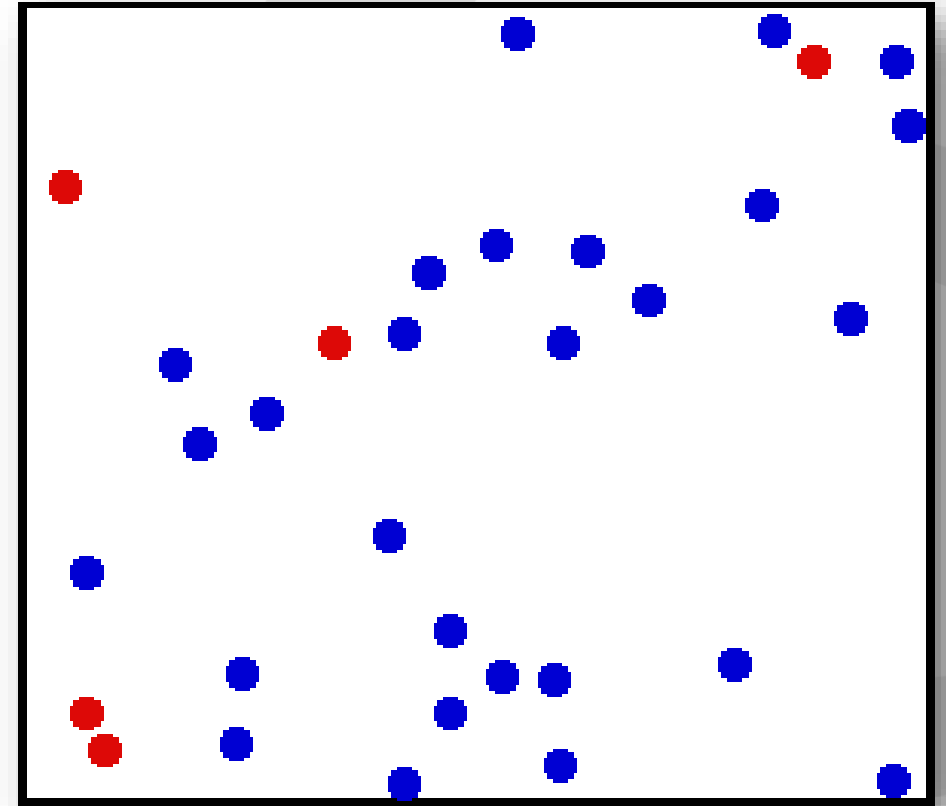


- Flow Batterijen kunnen onderhouden en geüpgradet worden
- Vervanging van membranen geeft een systeem een volledig nieuw leven

# Andere kenmerken van Flow Batterijen

Glastuinbouwdag, 17 maart 2017

- De hoge reactiviteit van Broom maakt zeer snel schakelen van laden → ontladen (en vv) mogelijk
- Schakeltijden van Elestor's Flow Batterijen liggen typisch in de orde van milliseconden
- Dit is belangrijk voor de handel in elektriciteit (APX), die op kwartierbasis verloopt





# Uiteindelijk gaat het om de 'Opslagkosten per kWh'

Glastuinbouwdag, 17 maart 2017

$$\text{Opslag kosten per kWh} = \frac{\text{Investeringskosten [€]} + \text{Onderhoudskosten [€]}}{\text{Levensduur [cycli]} * \text{Capaciteit [kWh]} * \text{Efficiëntie [\%]}}$$

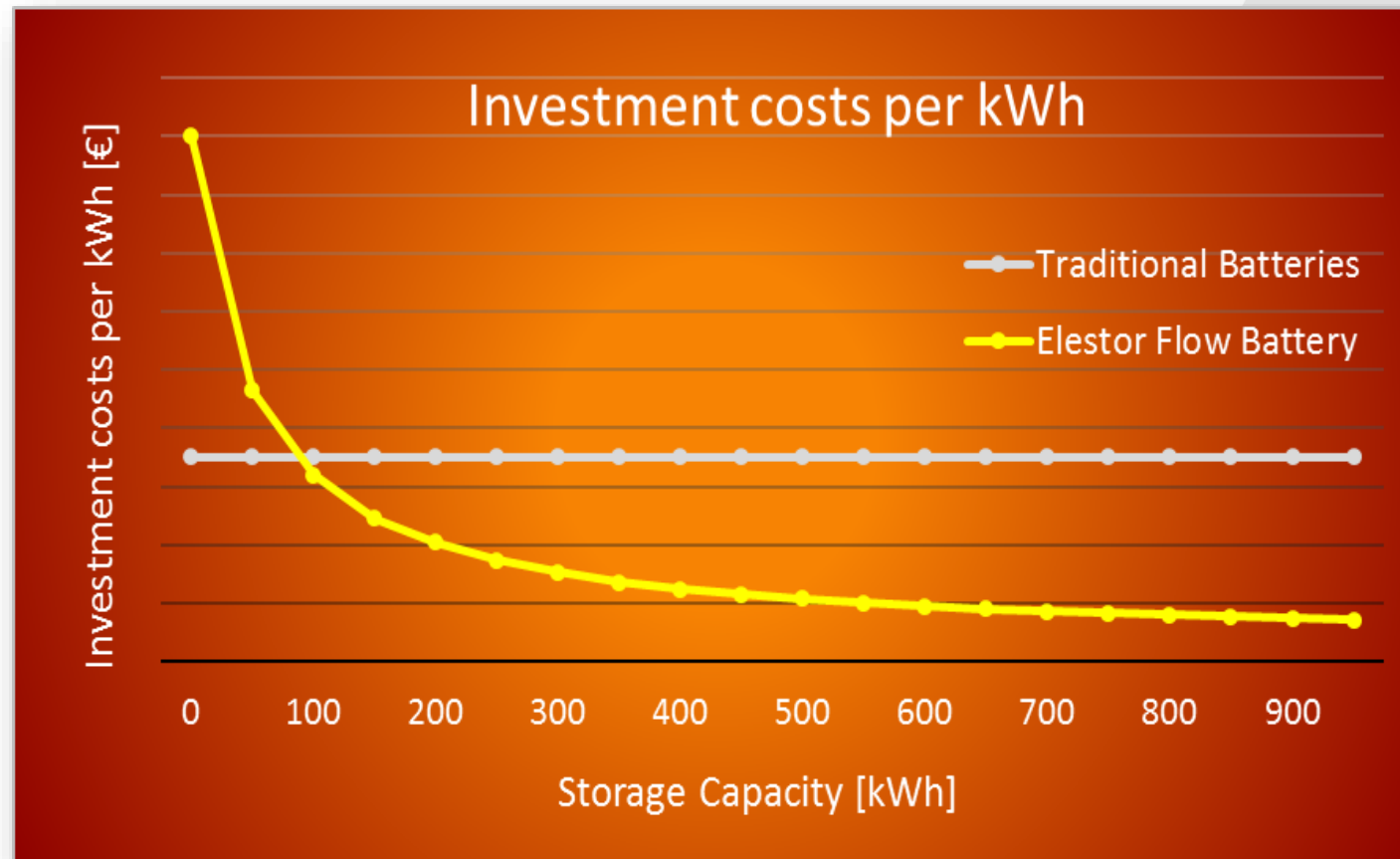
- \* De uitkomst van deze formule, uitgedrukt in € per kWh, wordt de 'Levelized Costs of Storage', of LCoS genoemd
- \* Elestor's technologie ontwikkeling heeft als enige uitgangspunt om de LCoS tot een absoluut minimum te reduceren
- \* Elestor's technologie biedt een LCoS van < € 0,05 per kWh





# Uiteindelijk gaat het om de 'Opslagkosten per kWh'

Glastuinbouwdag, 17 maart 2017



*Dit voorbeeld: Opslagsysteem met een vermogen van 100 kW*

## De combinatie van:

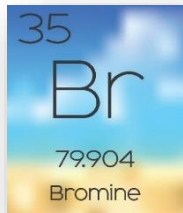
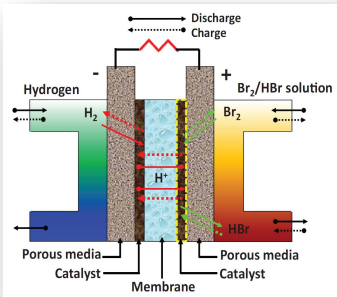
### 1) De intrinsieke voordelen van het Flow Batterij concept

- Vermogen [kW] en Capaciteit [kWh] onafhankelijk
- Zeer lange levensduur
- Geen fundamentele degradatie (verlies van capaciteit)
- Maximale 'Depth of Discharge', zonder negatief effect op levensduur
- Upgradable, servicable

### 2) Waterstof en Broom in overvloed beschikbaar → Goedkoop

### 3) Elestor's gepatenteerde systeem ontwerp

→ Extreem lage 'Opslagkosten per kWh'



# De business case voor elektriciteitsopslag

Glastuinbouwdag, 17 maart 2017

## 1) Opslag optimaliseert handel in elektriciteit (Day Ahead, Onbalans, Primaire reserve)

- \* Voorkomt boetes voor meer / minder leveren dan verkocht
- \* Optimaliseert de samenstelling van direct gebruik / koop / verkoop
- \* Optimaliseert de timing van direct gebruik / koop / verkoop

## 2) Opslag kan tot lagere vermogensaansluiting leiden

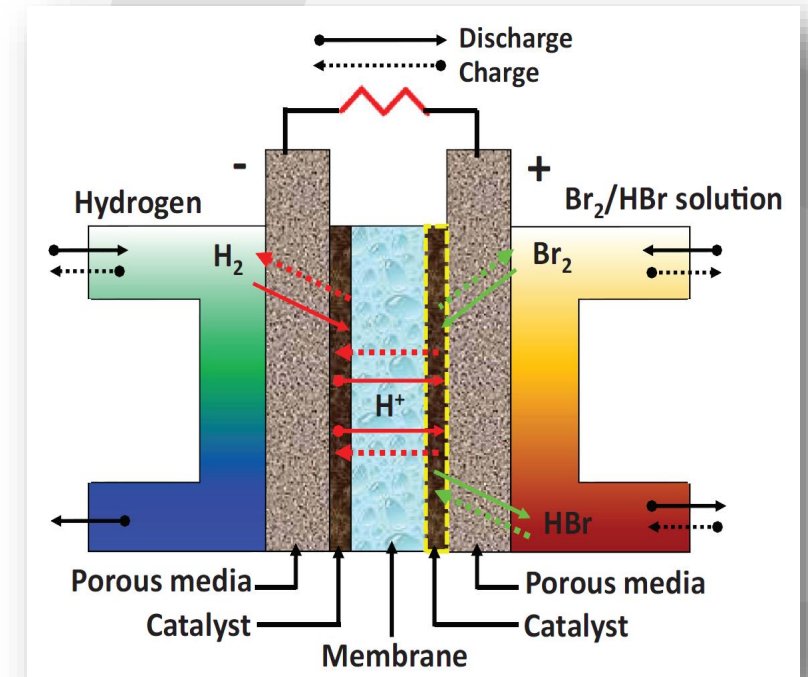
- \* Voorkomt piekvermogens in de elektriciteitsvraag

## 3) Opslag kan 'Curtailment' voorkomen

- \* Stabilisatie van het elektriciteitsnet, voorkomt dure uitbreiding
- \* Maximalisatie van gebruik (en dus van ROI) van windturbines

## 4) Uniek voor flow batterijen

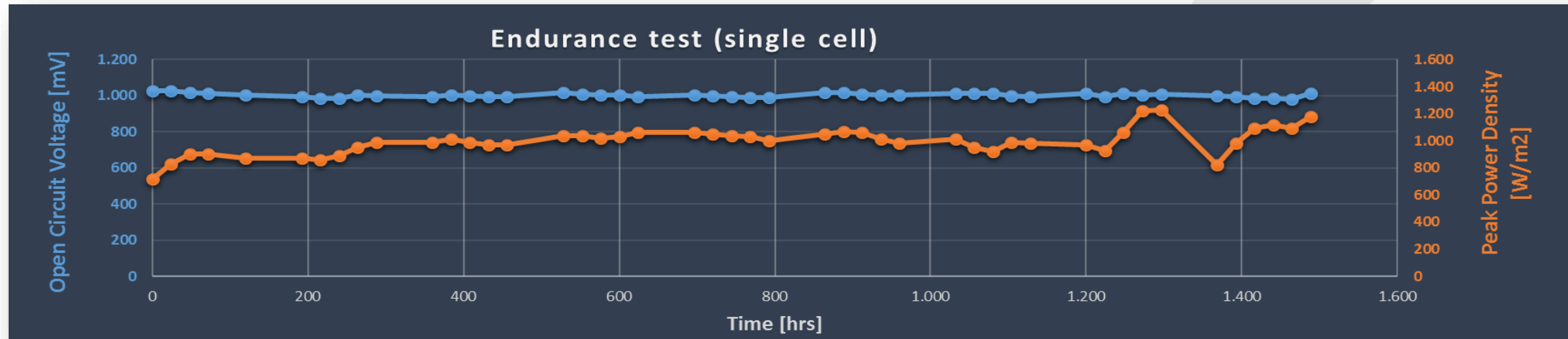
- \* De tijdens (ont)laden gegenereerde warmte kan uitgekoppeld worden
- \* De totale efficiency van de flow batterij wordt dan zeer hoog



→ De optimale business case wordt gerealiseerd bij stapeling van 1 tem 4 ('revenue-stacking')

# Resultaten & Roadmap

Glastuinbouwdag, 17 maart 2017



## Roadmap

- Juni 2015 : Elestor demonstreert een werkende HBr flow cel (als eerste in Europa)
- November 2016 : Eerste pilot gestart (Witteveen+Bos), na analyse en goedkeuring overheid
- Vandaag : Meer dan 25 stacks (12 cellen elk) gebouwd, met nu al meer dan 20.000 test uren
- Volgende pilots : 2x Nederland, 1x VK, 1x Polen, nog op kleine schaal (alle in 2017)
- Grote systemen : 2x Nederland, 1x Duitsland (alle in 2018)
- 2018/19 : Commerciële introductie van 50 kW (en veelvouden daarvan) systemen



# Pilot bij Witteveen+Bos, Deventer

*Glastuinbouwdag, 17 maart 2017*





# Volgende stap: Groot opslag systeem

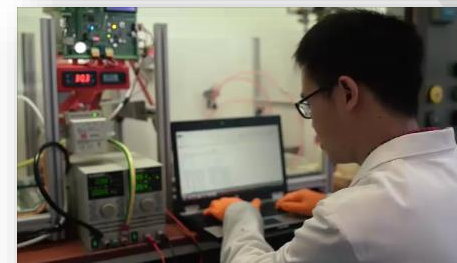
*Glastuinbouwdag, 17 maart 2017*



# Over Elestor

*Glastuinbouwdag, 17 maart 2017*

- Activiteiten gestart in juni 2014
- 10 werknemers (+ vacatures)
- Promotie-traject aan Techn. Universiteit Eindhoven, Membrane Research Group, Prof Dr, Kitty Nijmeijer
- 1<sup>ste</sup> financieringsronde afgesloten december 2015
- Support van RVO, InnoEnergy, Gelderland Valoriseert
- Nauwe samenwerkingen met Alliander, ECN, TU/e, TUD, DNV GL, HAN, Witteveen+Bos
- Awards in 2016:
  - Jan Terlouw Ambitie Award
  - Kiemt Conferentie Publieksprijs
  - Sweco Startup Award
  - Finalist Accenture Award





*"We will make electricity so cheap  
that only the rich will burn candles"*

- Thomas A. Edison

