



Yüksek Miktarlı Enerji Depolama Teknolojileri



Grid Scale ESS Teknolojileri

- Lityum-İyon (LiFePO_4 , LiCoO_2 , LiMnO_2 , LiS)
- Vanadyum Redox
- Sodyum Sülfür (NaS)
- Sodyum Nikel Klorid (NaNiCl)
- Çinko Bromin (ZnBr)
- Flywheel
- Termal Enerji Depolama
- Sıkıştırılmış Gaz İle Enerji Depolama (CAES)
- Rezervuara Su Pompalama

Lityum-Ion Aküler

- Lityum-Ion akülerin pazarda en çok kullanılan tipleri olan **Lityum Metal Oksit** Katot tipi akülerin temel karakteristikleri

- Yüksek enerji yoğunluğu(270 Wh/lt, 160 Wh/kg)
- Yüksek şarj verimi, (~ %98)
- Çevrim ömrü (500-1000 çevrim @ %80 derin deşarjda)

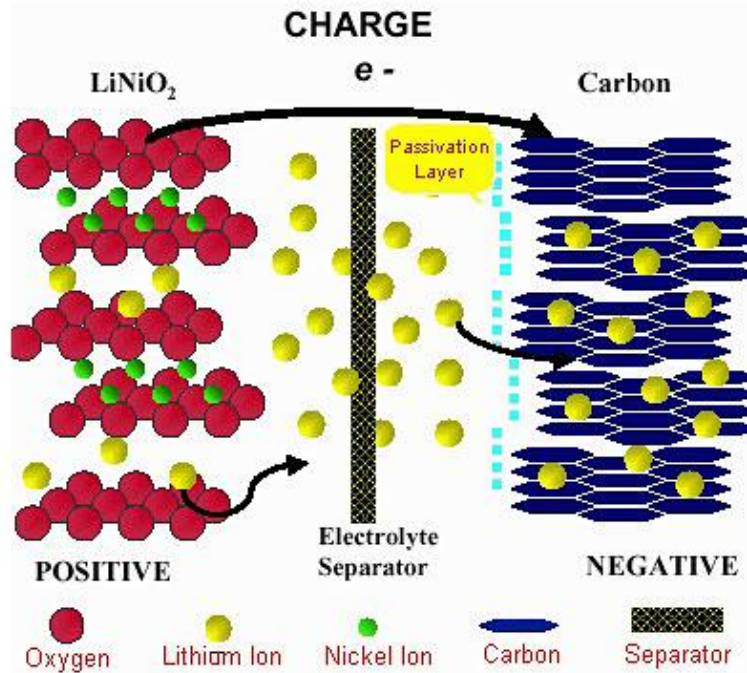


Photo Courtesy of SAFT America

• Bu tip akülerde katot “lithiated metal oxide” ($LiCoO_2$, $LiMnO_4$, $LiNO_2$ vs) adı verilen maddelerden yapılır ve anot ise yüzey yapısında karbon grafit maddesinden oluşur.

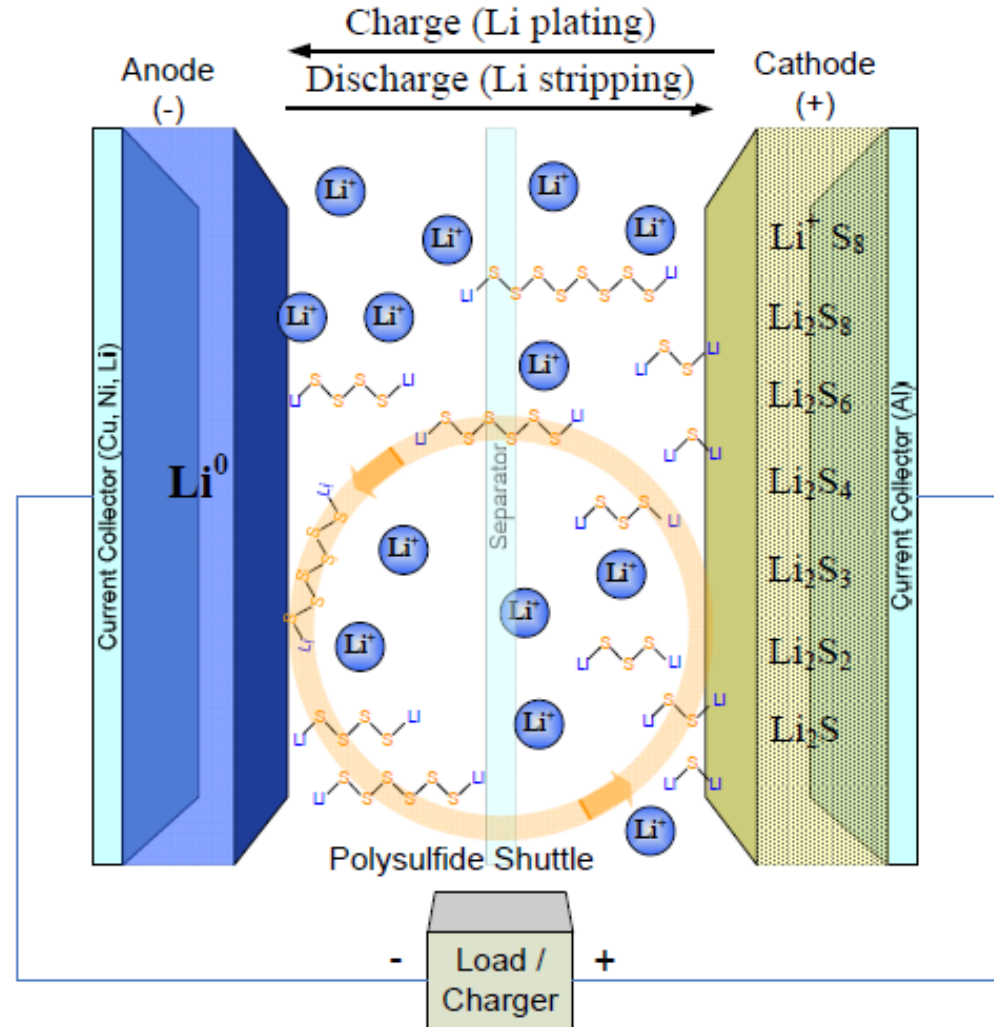
• Elektrolit maddesi organik karbonat (PC-Propilen Karbonat, EC-Etilen Karbonat, DMC-Dimetil Karbonat, DEC- Dietil Karbonat) içinde çözülmüş lityum tuzları ($LiPF_6$) kullanılır.

• Şarj sırasında katottaki lityum atomları iyonlaşır ve elektrolit içinden geçerek karbon anoda ulaşır ve birleşir bu sırada elektronunu vererek dış devrede akım oluşturur. Bu süreç deşarjda tersine işler.

Lityum-Sülfür Aküler

- Bu tip akülerin temel sorunu çevrim ömürlerinin diğer Lityum akülere göre çok çok düşük olmasıdır.
 - Yüksek enerji yoğunluğu (350 Wh/kg, 320 Wh/Lt))
 - Yüksek şarj verimi, (~ %99.7)
 - Düşük çevrim ömrü: 150-250 çevrim.
 - Hücre gerilimi 2.1V
 - Yavaş şarj edilmeli (C/5)
 - 2C'ye kadar akımlarda deşarj edilebilir
- Temel kimyasal reaksiyon :

$$S + 2Li = Li_2S$$
- Özellikle askeri uygulamalar, taşınabilir cihazlar ve Grid scale MWh ESS uygulamaları için üretimi düşünülmektedir.
- Çin'li Winston Battery tarafından üretilen ve Y (Yttrium) katkılı LiS bataryalarda %100 DoD'de 1000 çevrim ömrü taahhüt edilmektedir. 600-10,000 Ah hücreleri ticari olarak üretmektedir.



Li-Ion ESS



Vanadium Redox Battery - VRB

- VRB'ler enerjiyi Vanadyum Redox iyon çiftlerinde depolar. Negatif tankta V^{2+} ve V^{3+} iyonları, pozitif tankta vanadyum oksit olarak VO^{2+} ve VO_2^+ iyonları bulunur. Bu iyonlar sülfirik asit solüsyonu içerisinde tutulur.
- Hidrojen iyonları (proton) için geçirgen bir polimer membran (PEM) içeren hücre içerisinde "akıtılan" sıvılar birbirlerine H^+ iyonu (proton) vererek dış devreden elektron akışını sağlar. Hücre gerilimleri 1.4-1.6 Volttur.

- **Temel reaksiyon:**

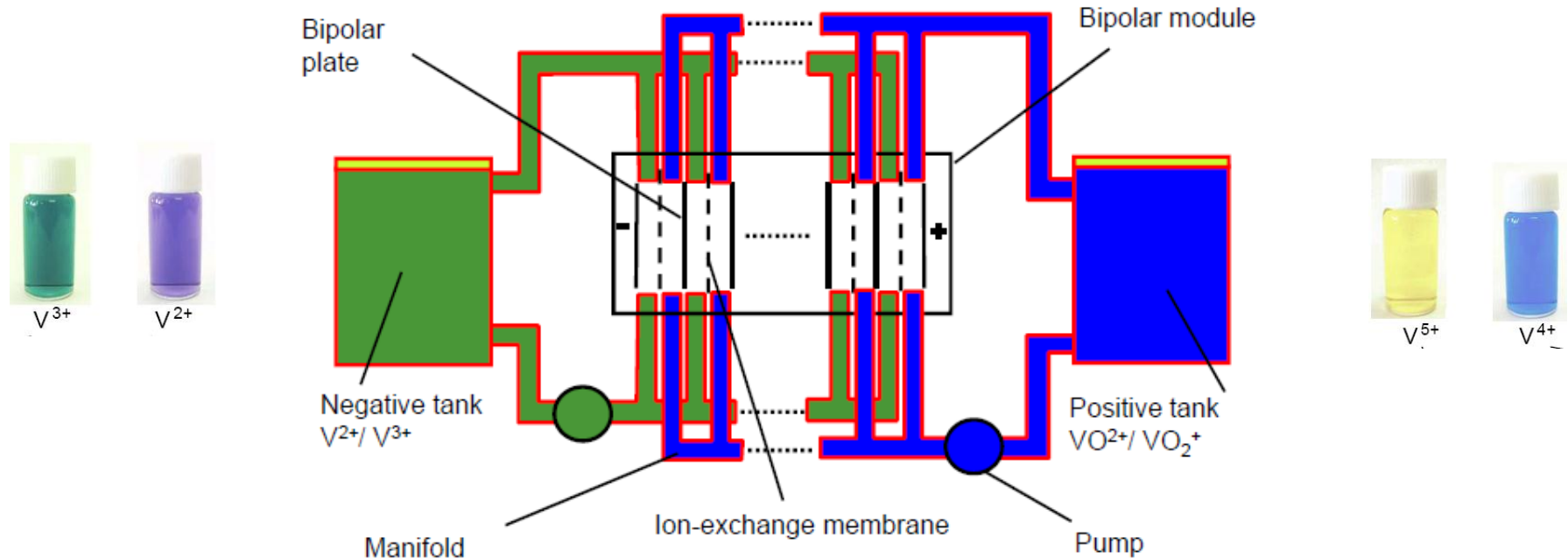
<deşarj - şarj >

Negatif elektrolit: $V^{3+} + e^- \leftrightarrow V^{2+}$ $E^\circ = -0.26 V$

Pozitif elektrolit: $VO^{2+} + H_2O \leftrightarrow VO_2^+ + 2H^+ + e^-$ $E^\circ = 1.00V$ (V: V^{5+} , V: V^{4+})

Toplam reaksiyon $V^{3+} + VO^{2+} + H_2O = V^{2+} + VO_2^+ + 2H^+$

- Vanadyum redox hücresi 1 mol / 1 lt. konsantrasyonda teorik olarak 1.26V gerilim üretecektir. Uygulamada yarı yarıya şarjlı durumda 1.4V ve tam şarjlı durumda 1.6V hücre gerilimi elde edilir. Elektrolitik sıvılar temelde V_2O_5 (Vanadyum Pentaoksit) tozlarının H_2SO_4 (sülfirik asit) içerisinde eritilmesi ile elde edilir.



Vanadium-Redox Battery – VRB ESS



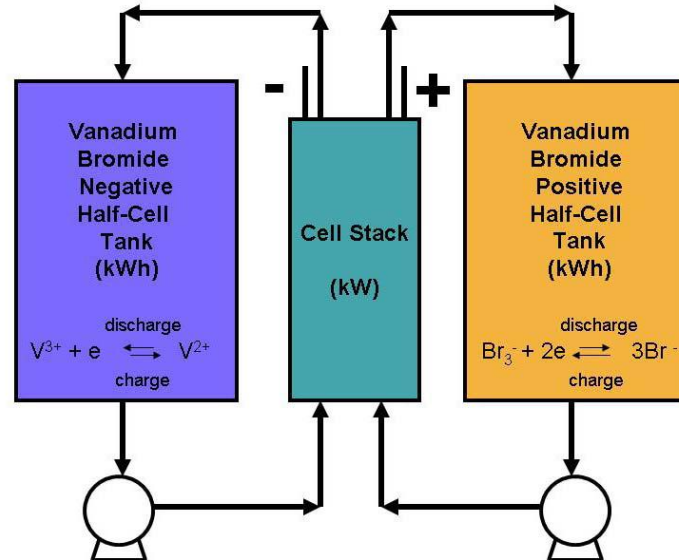
İTÜ Enj. Ens. Flow Battery Lab

Ericom tarafından kurulan Flow Battery laboratuvarında 5kW şarj/deşarj gücü ve 20 kWh enerji depolama kapasitesine sahip Vanadium-Redox tipi flow battery



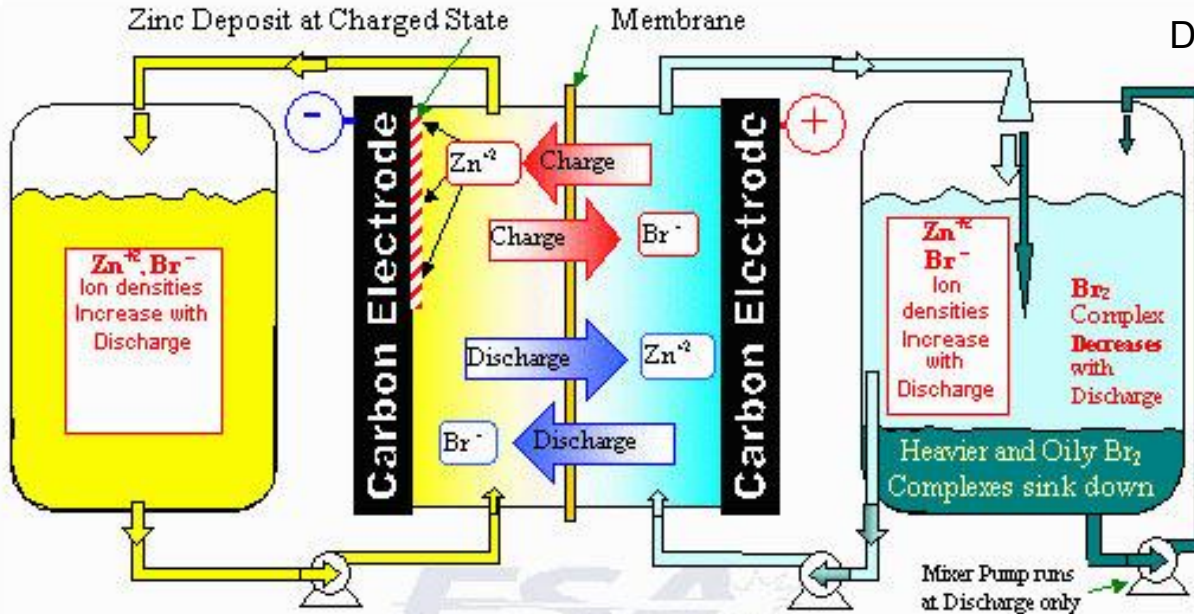
Vanadium/ Bromid -Redox Battery – V/Br

- Vanadyum Redox tipi Flow Battery'lerin ikinci jenerasyonu olarak tanımlanan bu teknoloji de Vanadium Redox Akü teknolojisinin (1986) mucidi Avustralya “Yeni Güney Galler Üniversitesi-UNSW” araştırmacılarından Prof. Maria Skyllas-Kazacos tarafından 2007’de geliştirilmiştir.
- Negatif (Katot) kısımda V^{2+} ve V^{3+} iyonları, 1. jenerasyon VRB’lerin aksine pozitif (anot) kısımda (Brom) Br^- , Br_3^- iyonları bulunur. Bu iyonlar ergimiş Vanadyum Bromid solüsyonu içerisinde tutulur.
- Hidrojen iyonları için geçirgen bir Polimer membran içeren hücre içerisinden geçirilen sıvılar birbirlerine H^+ iyonu (proton) vererek devreden elektron akışını sağlar. Hücre gerilimleri 1.4-1.6 Volttur. Bu tip akülerin şarj verimlilikleri %85 civarındadır. 25-50 Wh/kg ve 35-70 Wh/Lt enerji yoğunluğuna ulaşan V/Br aküler ilk jenerasyona göre oldukça performansı artırmıştır. Ancak henüz ticari olarak birden fazla üretici tarafından üretilen ürünler piyasaya çıkmamıştır.



Çinko – Bromin (ZnBr) Flow Battery

- İki elektrolitik tankı arasındaki geçiş hücresi içindeki geçirgen poliolefin membran şarj ve deşarj durumuna göre Çinko (Zn) ve Brom (Br) iyonlarının diğer tarafa geçişini sağlar.



At Charge:

Neg. electrode side:
Pos. electrode side:



(Zn plated on neg. electrode)



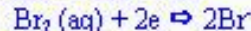
(Br, complexed into a thick, oily sludge, is stored in a separate location inside container)

At Discharge:

Neg. electrode side:
Pos. electrode side:



(Zn ions dissolved in **both** electrolytes)

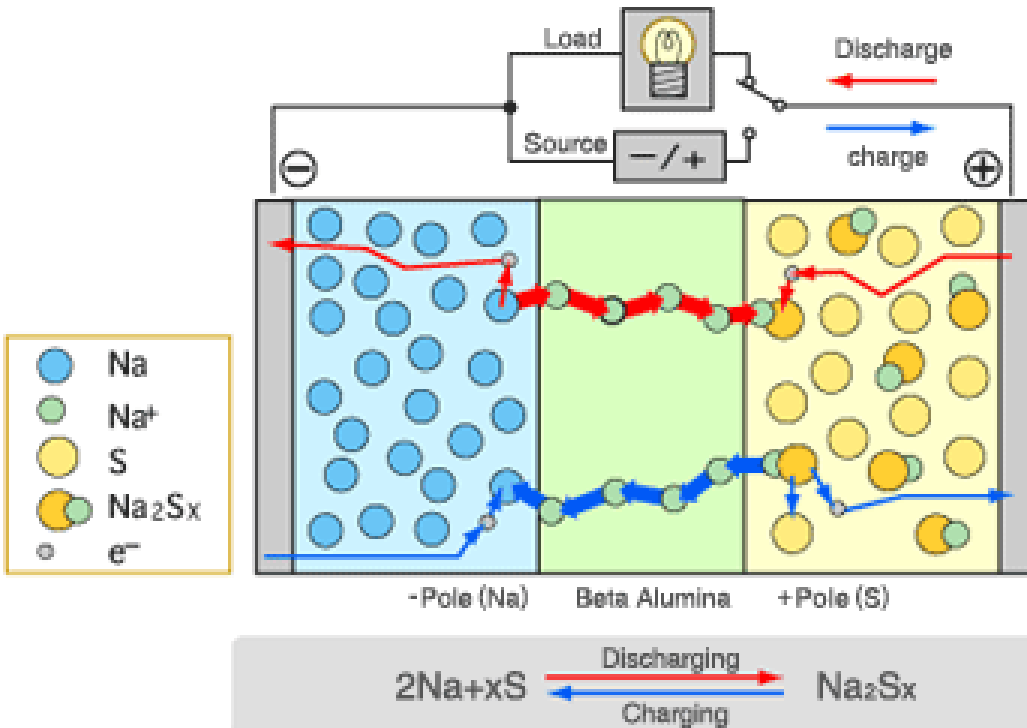


(Br ions dissolved in **both** electrolytes)

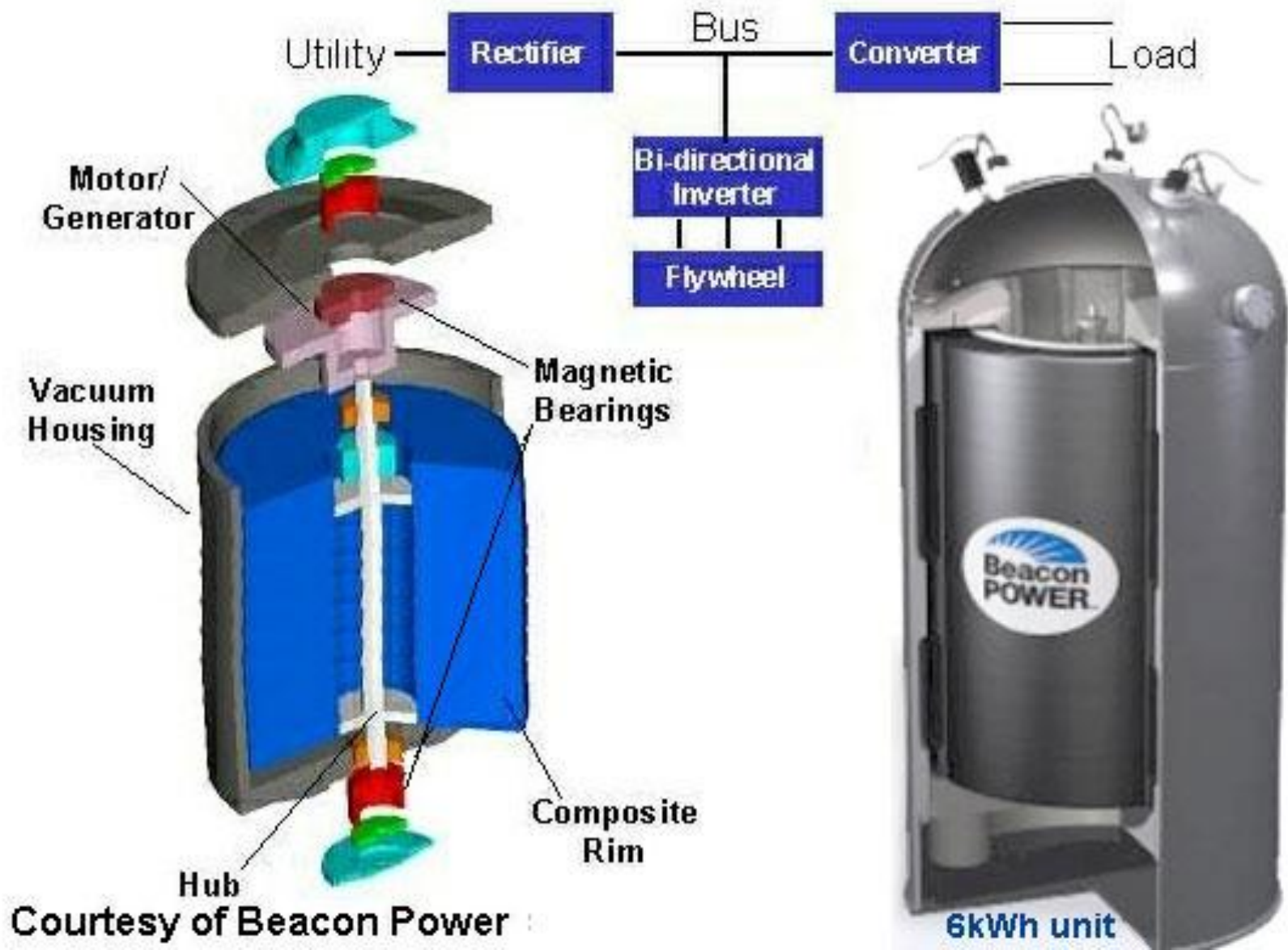
Deşarj sırasında Zn ve Br iyonları her hücrede 1.8V gerilim üretir. Bu durum her iki elektrolit tankında Zn^{2+} ve Br^- iyonlarının artmasını sağlar. Şarj sırasında karbon-plastik elektrotun bir yüzünde çinko metali ince bir film oluşturacak şekilde birikir. Diğer yandan Brom da membranın diğer tarafında diğer bir ajanla (organik amin) ile reaksiyona girerek elektrolitik tankının dibine bromin yağı olarak çöker. Deşarj sırasında bu yağ dipten emen bir pompa ile karışıma üstten geri pompalanarak karışım homojenize edilir. Bu tip akülerin enerji çevrim verimliliği %75 kadardır.

Sodyum Sülfür - NAS

Anotta Sülfür (S) katotta Sodyum (Na) bulunduğu durumda tam şarjlı halledir. Deşarjda Na atomları elektron vererek Na^+ iyonuna dönüşüp Beta Alümina seramikten karşıya geçer ve Sülfür ile birleşerek Sodyum Polysülfid bileşiği oluşturur. Katotta salınan elektron da yük devresinden geçerek anoda gelir ve 2V'a yakın bir gerilim oluşturur. Şarjda verilen enerji Sodyum Polysülfid'i ayırır ve Na^+ iyonları beta alümina seramikten geriye geçip katotta gelir ve kaynaktan pompalanan elektronları geri alıp Na atomlarına geri döner. NAS Teknolojisinde 150 Wh/Kg gibi oldukça yüksek enerji yoğunlukları sağlanmakta ve birçok akü teknolojisinden çok daha iyi bir değer olarak %88-92 seviyelerinde enerji verimliliği elde edilebilmektedir

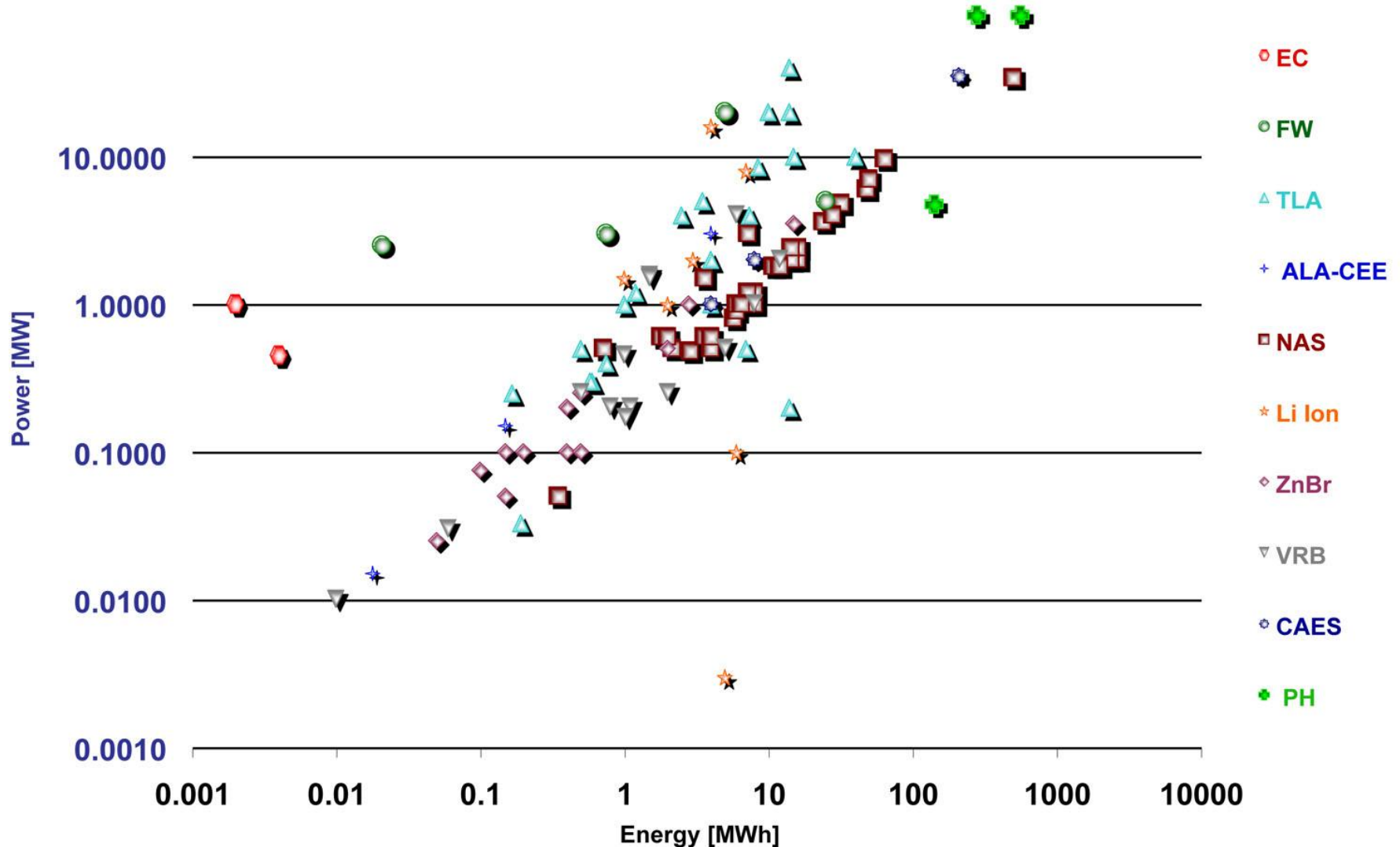


FlyWheel



ESS Teknolojileri - Güç/Enerji

Installed and Planned Energy Storage Systems April 2010



Grid-Scale ESS Nerelelerde Gereekli?

- Yenilenebilir Enerji Santrallerinde «tampon»
- Enerji nakil ve dağıtım dengeleme
- Yeşil Enerji Fonlarından yararlanabilme
- Enerji Şebekesinin parametrelerinin düzenlenmesi (Peak-shave, Load share, Freq. Regulation)
- Arbitraj (Elektrik ucuzken depola pahalı saatte sat)
- Büyük dizel güç jeneratörlerinde tampon
- Enerji «taşıyıcı» / «dağıtıcı» şirketler arası maliyet optimizasyonu
- Transmisyon hatlarında ısı kayıplarının azaltılması
- ...



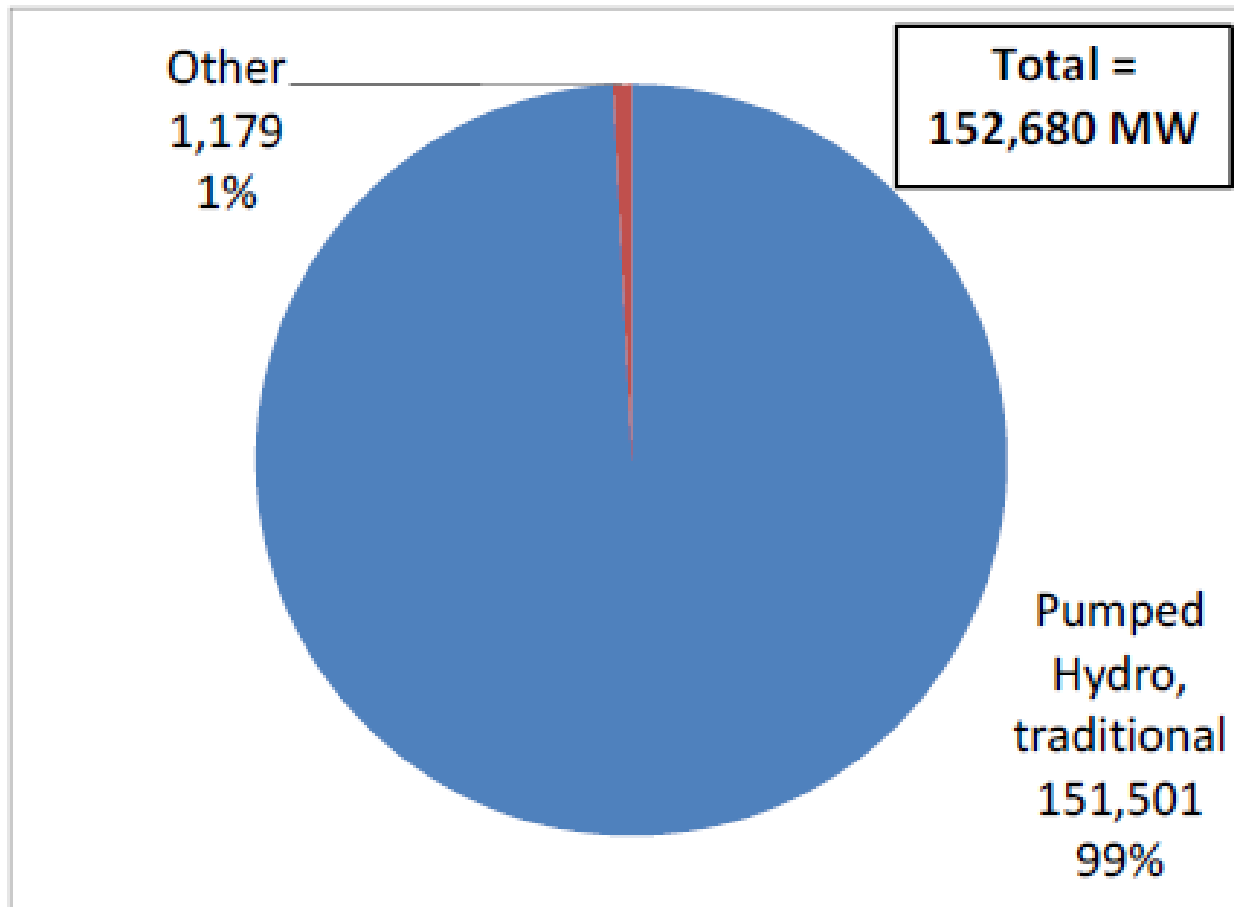
EV Şarj İstasyonları için ESS



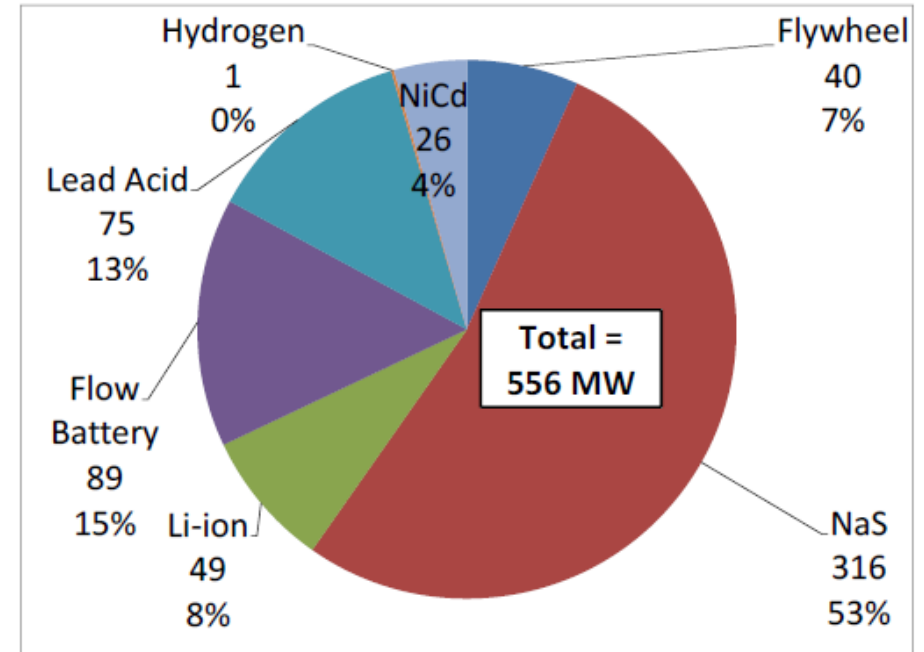
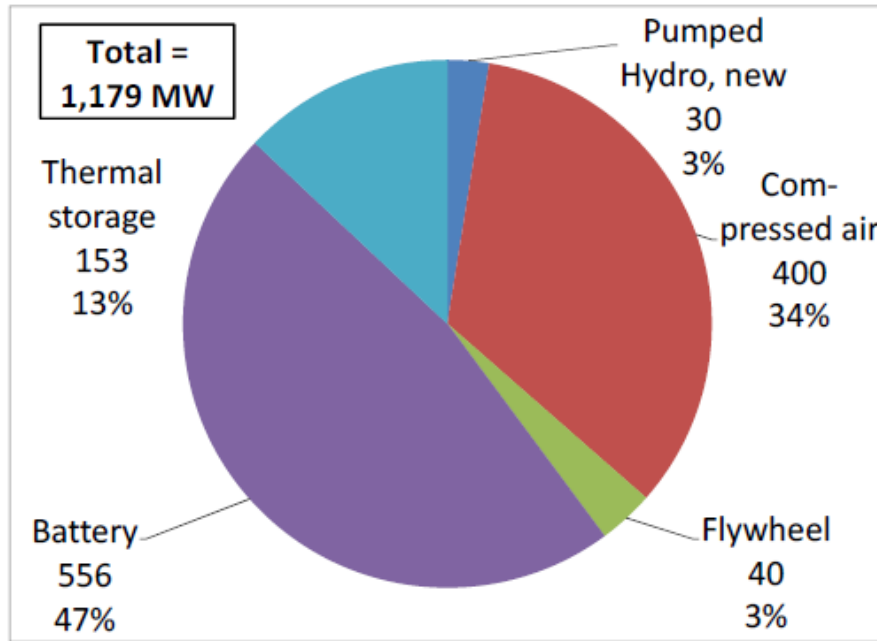
Dünyada Grid-Scale ESS

% 99 (151,510 MW) Rezervuara su pompalama

%1 (1,179 MW) Diğer Enerji Depolama Teknolojileri



ESS Yatırımları (Non pumped-hydro)





Teşekkürler

İlker AYDIN

Elektronik ve Haberleşme Yük. Müh.

AIM Enerji Teknolojileri A.Ş.

Yön. Kur. Bşk. / Ar-Ge Direktörü

ilker.aydin@aimenerji.com