

Küresel Evrimsel Otomobil Üretimleri İçin Yenilikçi Lityum İyon Aküleri Yapımı Kapsamında Çağdaş Turboşarj Teknolojileri Geliştirilmesi Bilimsel Çalışmaları

Ahmet Cangüzel Taner

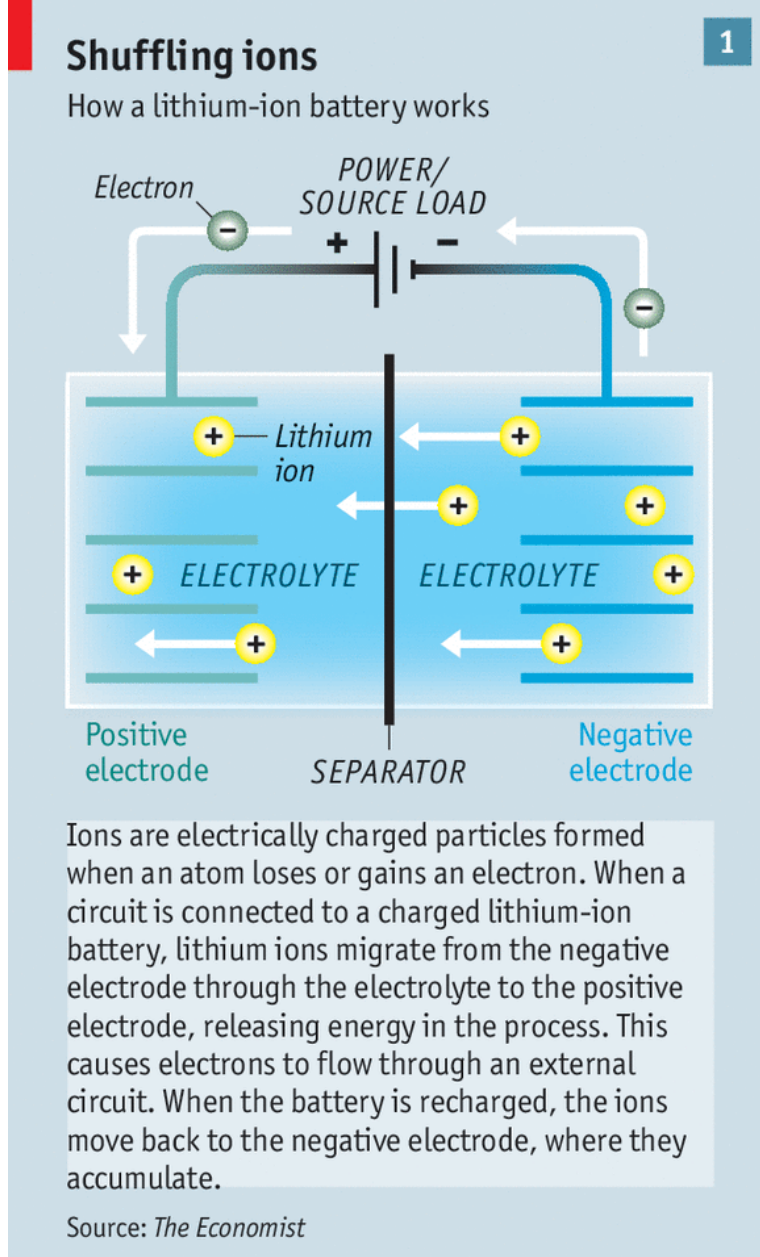
Fizik Yüksek Mühendisi

Fizik Mühendisleri Odası (canguzel.taner@gmail.com)

Bilim insanları hem kâinatın keşfini hedefleyen yapay uzay taşıtları jeneratörleri hem de sıfır emisyonlu çevreci dünya ulaşım araçları motorları içerisinde kullanılmak üzere güvenli, dayanıklı, uzun ömürlü ve doğa dostu güç kaynakları hakkında yoğun bilimsel araştırmalar yapmaktadır. Robot uzay uyduları güç temini için ileri yenilikçi radyoizotop kökenli plütonyum – 238 Pu-238 atom yakıtları, güneş ışınları ve güneş radyasyonları menşeli güneş panelleri enerji kaynakları yerine geçmeye başlamıştır. Nükleer bataryalar türü kabul edilen inovatif nükleer aküler, yeni nesil plütonyum piller olarak da adlandırılmaktadır. Öte yandan, makro boyutlu klasik aküler yerine ise inovasyona dayalı yeni kuşak lityum iyon bataryaları, karayolları taşıt araçları motorları güç kaynakları temelinde yakın gelecekte yaygın şekilde ticari amaçlı olarak marketlere sunulması beklenmektedir. Ayrıca, mikro ölçekli evrimsel lityum iyon aküler sürekli, planlı ve stratejik biçimde geliştirilmektedir. Bu yazıda yeşil, doğa dostu ve çevreci global yeni kuşak lityum iyon bataryaları üretimi ile birlikte küresel modern turboşarj teknolojisi bilimsel araştırmaları ele alınmaktadır.

Günümüz modern yaşantı ve çağdaş yaşam tarzını piller, aküler ile bataryalar olmaksızın düşünmek olanaksız görülmektedir. Enerji depolama aracı sayılan pil, akü ve batarya sistemleri sayesinde gerek küresel portatif cihazlar gerekse de global elektrikli taşıtlar sektörleri dallarında insanlık, dünyanın geleceği için çok önemli olan çevreci, yenilikçi, ileri ve çağdaş bir teknolojik perspektif kazanmaktadır. Ancak, söz konusu devrim niteliğinde doğa dostu, yeşil, reformcu teknolojik perspektifler kazanılması bağlamında tüm sektörlerde olduğu gibi maliyetler ve teknik kifayetsizlikler ön plana çıkmaktadır. Son yıllarda hava alanlarında uzun süre uçağa binmek için bekleyenlerin ya duvarlardaki ya da özellikle masalardaki elektrik prizleri dikkatlerini çekmektedir. Diğer taraftan, hafif elektrikli araçlar şarj istasyonları ünitelerinde bir defalık yükleme ile taşıtların uzun yol alması ise şimdilik sınırlı seviyede kalmaktadır. Halen elektrikli otomobil mesafe kat etme uzunluğu, diğer bir deyimle bataryalı hafif karayolu aracı yol alma mesafesi veya akülü araba menzil yetersizliği de endişe kaynağı olma özelliğini sürdürmektedir. Yeni teknoloji, güç depolama ve enerji stoklama alanında yetersiz kalmaktadır. Ayrıca, bataryaların **Moore Yasası** ile uyum sağlamaması da bilhassa Silikon Vadisi (Silicon Valley) girişimcileri üzerinde olumsuz etki oluşturmakta ve yatırımlarında ciddi bir kaygı uyandırmaktadır. **Moore Yasası**, Intel Firması ortak kurucusu Gordon Moore öngörüsü sayılan deneysel – ampirik gözlem olarak 1965 yılında tarihe geçmiştir. Yasaya göre silikonun belirli bir alanına sıkışmış transistörlerin sayısı yaklaşık her 18 ayda iki kat artarken mikroçipler ve entegre devrelerin maliyeti ise düşmesini sürdürecektir. Deneye dayalı **Moore Yasası** zamanla Intel Şirketi gibi entegre devre ve mikroçip üreticileri için kendi kendini motive eden ilham kaynağı haline dönüşmüştür. Böylece, günümüzde çok daha düşük maliyetli bilgisayar donanımları üretimi de halen sürdürülmektedir. Diğer taraftan, batarya üretimleri **Moore Yasası** ile uyumlu olmamasına rağmen hem yapay uzay araçları motorları içinde yeni kuşak plütonyum pilleri şeklinde hem de karayolları araç aküleri biçiminde geliştirilmesi

devam etmektedir. Şimdilerde çoğunlukla mobil cihazlar ve elektrikli arabalar, **lityum iyon bataryalar** ile çalışmaktadır. İstikrarlı ve verimli gelişimini sürdüren yüksek performanslı mobil cihazlar, 1990'lı yılların başlarından beri Sony Şirketi tarafından ticari olarak üretilmektedir. Mobil cihaz bataryaları daha hafif hale gelmekte ve kapasiteleri ise katlanarak artmaktadır. Söz konusu gelişmelere paralel dizüstü bilgisayarların ve akıllı cep telefonlarının boyutları da giderek küçülmekte özellikle de kalınlıkları önemli ölçüde incelmektedir.



Economist.com

Yukarıdaki şemada iyonların yer değiştirmesi ile işleyen bir **lityum iyon bataryası** çalışma prensibi gösterilmektedir. İyonlar, bir atomun ya bir elektronu kaybetmesi ya da bir elektronu kazanması biçiminde oluşan elektriksiz olarak yüklü parçacıklardır. Bir devre lityum iyon bataryasına bağlandığı takdirde lityum iyonları elektroliz yoluyla negatif yüklü elektrottan pozitif yüklü elektrota doğru enerji açığa çıkararak hareket

eder. Bu durum elektron oluşumuna ve şemanın üst bölümünde görülen dış devrede elektron akışına neden olur. Bataryanın yeniden yüklenmesi halinde lityum iyonları toplanmak üzere geriye negatif yüklü elektrotta doğru ilerler. [Mavi renkli elektrolit kabı](#) içerisinde pozitif elektrot sağda negatif elektrot ise solda yer almaktadır.

Aşağıda **Amerika Birleşik Devletleri Tesla Marka Model S yenilikçi elektrikli otomobil**, şarj ünitesi sistemine bağlı şekilde resmedilmektedir.



Kaynak: Tesla

Kaliforniya Lawrence Berkeley Ulusal Laboratuvarı, California Lawrence Berkeley National Laboratory – LBNL Electrochemical Technologies Group Başkanı Vincent Battaglia, **lityum iyon batarya** türünü neredeyse ideal bir batarya çeşidi olarak tarif etmektedir. Lityum, dünyanın en hafif metalleri arasında kabul edilmektedir. **Lityum iyon batarya** türleri, daha ağır metaller sınıfından olan alternatif geleneksel akü çeşitleri kurşun, çinko ve nikel- kadmiyum cinslerine kıyasla bir elektrik yükünü son derece iyi biçimde muhafaza etmektedir. Benzer tür konvansiyonel akülere nazaran **lityum iyon bataryaları** hafıza etkisinden muaf bir konumda bulunmaktadır. **Hafıza etkisi – memory effect** dışında yer alan **lityum bataryalar**, tekrar yüklenmeden önce akü boşalmasına gerek duymamaktadır. Bununla beraber **lityum iyon aküleri** bazı dezavantajlara da sahiptir. Örneğin, lityum çok yüksek oranda reaktif nitelikli olup, aşırı şarj ve imalat hataları da dâhili kısa devreye sebebiyet vermektedir. **Lityum iyon pilleri** üretim hataları ve aşırı yüklenme sonucu oluşan iç kısa devre (internal short-circuit) ile beraber ara sıra alev topu halinde patlamalar da meydana gelmektedir. Bu bağlamda yangın olasılığına karşı milyonlarca lityum dizüstü bilgisayar bataryaları toplatılmış ve 2013 yılında bazı Boeing 787S yolcu uçakları uçuşları ise yasaklanmıştır. Ancak, yoğun çalışmalar sonucu mühendisler sözü edilen yangın riskini aşma ve önleme noktasına ulaşmıştır. Batarya yeteneği önemli ölçüsü de **enerji yoğunluğu – energy density** şeklinde tanımlanmaktadır. **Batarya enerjisi**

yoğunluğu ise belirli ağırlık ya da hacimde depolanan enerji miktarı olarak tarif edilmektedir. Yapım ve üretim koşullarına sıkı sıkıya bağlı biçimde bir **lityum aküsü** kilogram kg başına 100-250 watt-saat'lik güç depolayabilmektedir. **Lityum bataryaları**, nikel-kadmiyum bataryaları ile kıyaslandığı takdirde kg başına iki misli daha fazla enerji depolamaktadır. 24 kilowatt-saat **lityum bataryalı** elektrikli otomobil menzili veya yol alma mesafesi takribi 175 km (109 mil)'e kadar erişmektedir. Şimdilerde Çin bile imalat gücünü **lityum bataryaları** üretimleri üzerine yoğunlaştırmaktadır. Çin **lityum batarya** üretimi, kapasitesi tipik olarak kilowatt-saat başına 500 dolar civarında aşırı derecede yüksek maliyetli olmasına rağmen gerçekleştirilmektedir. Finansal açıdan değerlendirilmesi halinde ise Çin küçük elektrikli otomobil batarya üretimi fiyatı yaklaşık 10000 dolara kadar varmaktadır.

Öte yandan, otomobil sanayi sektörünün büyük bir bölümü tüm hafif elektrikli taşıt araçları piyasalara sürülmeden önce bataryalı araba menzil uzunluğunun 500 km 'ye yakın ve kilowatt-saat başına ise 100 dolar maliyetli olması gerektiğini savunmaktadır. Ayrıca, tabletler, laptoplar, dizüstü bilgisayarlar ve mobil akıllı telefon ünitelerinin günlerce çalışması da göz önünde bulundurulması icap eden kriterler arasında sıralanmaktadır. Söz konusu bataryaların geliştirilmesi bağlamında ciddi teknolojik adımların atılması gerekmektedir. Çok sayıda araştırmacı yoğun çaba ve emek harcamasına rağmen yenilikçi bir ürünün seri üretimine geçirilmesinde umut verici deneysel çalışmalar bazında sıkça zorluklar ile karşılaşmaktadır. Bazı bilim insanları lityum iyon bataryaları **enerji yoğunluğu** geliştirilmesi çalışmalarına güvenle bakmamaktadır. Lityum iyon aküleri enerji yoğunluğu düzeyleri mevcut seviyesinden daha ileri bir noktaya çıkarılması için metalürji bilim dalı çerçevesinde elektrotlar içine kullanılan malzemelerde önemli değişiklikler yapılması zorunluluğu işaret edilmektedir. Dr Vincent Battaglia ve araştırma ekibi tarafından **geçiş metalleri (transition metals)** üzerinde çalışmalar yürütülmektedir. Yürütülen bilimsel araştırmalarda lityum batarya elektrotlarına ilave edilebilen manganez, nikel, kobalt ve grafit birleşimleri **geçiş metalleri** olarak kullanılmaktadır. Uygun kimyasal terkip tespit edilmesi halinde yeni tip batarya geliştirmeye gerek duyulmaksızın **enerji yoğunluğu** artışı konsepti sağlanacaktır. Böylece, yapılan bilimsel ve teknolojik araştırmalar çerçevesinde kademeli bir ilerleme öngörülmektedir. Ayrıca, diğer araştırmacılar da yoğun çalışmalar yapmaktadır. Örneğin, Stanford Üniversitesi'nden Yi Cui ve arkadaşları pozitif elektrotu sarmak için sadece atom boyutlu ince filmler geliştirmektedir. Bu bağlamda kükürt (sülfür) ihtiva eden negatif elektrot, güvenli biçimde daha fazla lityum iyonu geçişini mümkün kılmaktadır. Sülfür, lityum gibi çok yüksek bir enerji kapasitesine sahiptir. Kullanılan kükürt sayesinde günümüz lityum bataryalarına kıyasla **lityum – sülfür bataryalar** takribi beş kat daha fazla enerji depolamaktadır. Birleşik Devletler Enerji Bakanlığı Oak Ridge Ulusal Laboratuvarı (**United States Department of Energy Oak Ridge National Laboratory – USDOE ORNL**) araştırmacılarından Chengdu Liang ve araştırma grubunun çalışmaları sırasında benzer oranda bir artış sağlaması umut verici kabul edilmektedir. Söz konusu araştırmacılar da sıvı ya da jelimsi elektrot yerine katı özellikli bir **lityum – kükürt batarya** geliştirmektedir. Geliştirilen batarya stabil ve kararlı bir nitelik sergilemektedir. Bununla beraber Stanford Üniversitesi ve **ORNL** 'de yapılan **lityum – sülfür batarya** üretimleri bilimsel araştırma projeleri ticari boyutta gerçekleştirilebilmesi için uzun yıllar gerekmektedir. **Katı elektrolit akü** olarak bilinen mikro ölçekli **katı hal bataryalar** içerisine çok defa bir mikroçip – entegre devreye güç sağlayan küçük cihazlar, alıcılar ve sensörler monte edilmektedir. Son derece

küçük boyutlu **katı hal aküler** ya da **katı elektrolit bataryalar**, yarı iletken aparatlardan ziyade alt katman üzerine yerleştirilen depolama materyalleri ile yapılmaktadır. Aşırı yüksek **enerji yoğunluğu** potansiyeline rağmen telefonlar ve otomobiller için büyücek **katı hal bataryaları** imalatı maliyetleri oldukça pahalı olmaktadır. Bununla beraber bazı firmalar maliyetler temelinde düşüşe doğru bir eğilimi de beklemektedir. Örneğin, Michigan Firması olan Sakti3, kilowatt başına 100 dolar olan büyük **lityum tabanlı bataryalar** üretmeyi hedeflemektedir. Ancak, söz konusu firmanın **lityum batarya** imalatlarına ne zaman başlayacağına dair herhangi bir bilgi verilmemektedir. Son zamanlarda 15 milyon dolar yatırım yapmaya hazırlanan elektrik süpürgesi üreticisi İngiliz Dyson Şirketi, teknolojik gelişmelerden yeterince etkilenmiş görünmektedir. Diğer taraftan Volkswagen Firması, **katı hal bataryalar** üzerinde çalışan ve Silikon Vadisi – Silicon Valley Şirketi olan QuantumScape 'e finansman desteği sağlamaktadır.

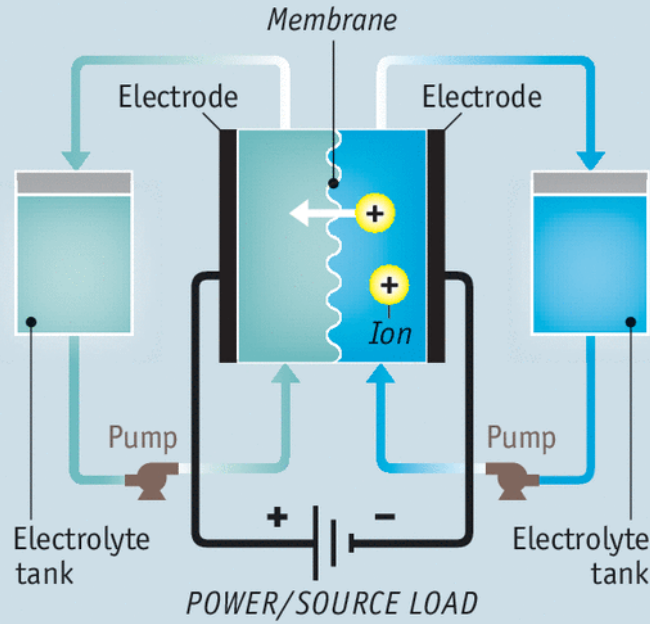
Teoride **lityum havalı bataryalar** en yüksek **enerji yoğunlukları** temin etmektedir. Ayrıca, **lityum havalı aküler** son derece hafiftir. Araştırmacılar bu tür bataryaları üretmek için yıllardan beri deneyler yapmakla birlikte ufukta ise ticari bir atılım belirgin ve cesaret verici konumda değildir. Diğer taraftan, bazı uygulamalarda ağırlık daha az bir sorun oluşturmalarına rağmen lityum, rakipleri ve emsalleri ile kıyasıya rekabet etmektedir. Diğer taraftan, **dev bataryalar** şebekelerde elektrik enerjisi depolamak için geliştirilmektedir. Doğa dostu rüzgâr enerjisi santralleri **RES** rüzgâr esmediğinde çevreci güneş radyasyonları ve güneş ışınları menşeli **güneş enerjisi santralleri GES** de güneşin yüzünü göstermediği süreçlerde elektrik üretimine ara vermektedir. Elektriği depolayan **dev aküler** yoluyla **sürekli ve düzenli enerji arz güvenliği ortamı** sağlanmaya çalışılmaktadır. Elektrik tedarik ve dağıtım idareleri tarafından elektrik talebinin yoğun olduğu dönemlerde **maksimum güç üreticisi istasyonlar – peaker** kanalıyla şebekeye ilave **enerji arzı ve elektrik temini** gerekmektedir. Yedek ya da fazla güç yeterince depolanmadığı takdirde **maksimum enerji üreticisi istasyonlar – peaker** aracılığıyla elektrik arz güvenliği kolayca ve düşük maliyetli olarak tesis edilecektir. **EOS** Energy Storage Firması İş Geliştirme Başkan Yardımcısı Philippe Bouchard, New York 'da bir sistemin açılışı ve devreye alınması sırasında hâlihazırda elektriğin sadece %0.01 'inin depolandığını açıklamıştır. Mr Bouchard, her ticari emtia arz zinciri, üretim ve dağıtım bazında bir tür depolanmaya ihtiyaç duymakta olduğunu ifade etmektedir. Philippe Bouchard, New York, Kaliforniya elektrik tedarikçileri ve dağıtım şirketleri güç depolamak için konteynir gemisi büyüklüğünde çok büyük **çinko bazlı bataryalar** temin ettiğini belirtmektedir. Yetkililer, **çinko kökenli akülerin** elektrik enerjisini depolama maliyetinin kilowatt saati 160 dolar olduğunu ve finansal açıdan bataryalı elektrik depolamanın fizibilitesinin uygunluğunu işaret etmektedir. Diğer dev enerji şirketleri, örneğin **ABD General Electric – GE**, Güney Kore Life's Good – **LG**, Japon **Nippon Electric Company – NEC** ve **ABD** Aquion Energy firmaları büyük bataryalar üzerinde çalışmalar yapmaktadır. 2008 yılında kurulan Aquion Energy Şirketi, Pittsburgh Carnegie Mellon Üniversitesi ile ortaklaşa projeler yürütmektedir. Ayrıca, söz konusu projeler Microsoft Şirketi sahibi Bill Gates ve diğer firmalardan tarafından da desteklenmektedir. Diğer taraftan, iş yerleri ve konutlarda enerji tasarrufu amaçlı bataryalar kullanılmaktadır. Elektriğin ucuz olduğu gece saatlerinde elektriği bataryalarda depolamak ve enerjinin pahalı olduğu gündüz saatlerinde ise akülerde depolanan elektriği kullanmak tüketiciler açısından önemli ölçüde parasal kazanç sağlamaktadır. Elektrik faturalarında indirim temin etmek için enerjiyi şebekeye

göndermek yerine çevre dostu rüzgâr enerjisi santralleri **RES** ve yeşil güneş enerjisi santralleri **GES** güç üretimleri de bu yolla depolanabilmektedir. Söz konusu elektrik depolama sistemleri şebekeden enerji temin edilmediği süreçler zarfında konutlar ve işyerlerinde devreye girmektedir. Şebeke ölçekli enerji depolama sistemleri ünitelerinin daha küçük versiyonları konutlarda kullanıma sunulmaktadır. Bunlar arasında **akım bataryaları** alternatif olarak ortaya çıkmaktadır. Yüklü sıvı elektrolit pompalanması halinde **akım bataryalar** elektrik üretmektedir. Kuramsal olarak **akım batarya** kapasitesi de elektrolitlerin depolandığı kap kadardır. Yerleşik ve sabit **akım bataryası** için elektrolitler bir sorun oluşturmamaktadır. Bu bağlamda Harvard Üniversitesi'nden Michael Aziz ve ekibi, şebekelere **akım bataryalar** üretilmesi amacıyla araştırmalar yapmaktadır. Dr Aziz ve araştırma grubu tarafından **akım bataryaları** yoluyla güvenli ve nispeten ucuz enerji depolama üniteleri temin edileceği olası görülmektedir. **Akım bataryalı** depolama ünitesi büyüklüğü de bir konutun bodrumundaki kalorifer tankı genişliğine eşdeğer düzeyde bulunmaktadır. **Akım bataryaları** içerisinde çoğunlukla pahalı metal çözeltiler kullanılmaktadır. Bununla beraber Harvard araştırma ekibi, üzerinde çalıştıkları sistemin ticari açıdan potansiyelinin uygun olduğunu ileri sürmektedir. Sözü edilen **akım bataryalarının** metal tabanlı solüsyonlar kullanan enerji depolama sistemlerine kıyasla çok daha düşük maliyetli üretildiği ifade edilmektedir. **Akım bataryası** çalışması doğal organik materyaller kanalıyla sağlanmaktadır. Organik maddeler arasında kinonlar (quinones) **akım bataryalarının** temelini oluşturmaktadır. Gerçekte kinonlar, bitkiler ve hayvanlardaki enerji depolama molekülleri ile benzer özellikleri taşımaktadır. Günümüzde araştırmacılar performansı artırmak için elektrotların biri üzerinde özellikle toksik materyal brom (bromine) kullanmaya gerek duymaktadır. Dr Aziz ve ekibi, toksik bir materyalin konutların bodrumlarında bulundurma riskine işaret ederek grup elemanları her iki elektrotta da organik maddeler kullanılması yönünde olumlu bir sonuca ulaşacaklarını dair iyimser bir görüşe sahip olduklarını vurgulamaktadır. Organik maddeler içeren bir bataryanın Dr Aziz'in konutunun bodrumuna kurulacağı da beyan edilmektedir. **Akım batarya** sistemlerinin marketlere sunulmasının uzun yıllar alacağı bildirilmektedir. Diğer taraftan, **lityum bataryalar** yeterince ucuz üretilebildiği takdirde daha hafif olması gerekçesi ile rakiplerini geride bırakması olası görülmektedir. Binalarda enerji depolamak için oldukça kompakt ve derli toplu olan alternatif bataryalar ise daha ağır ve daha ucuz materyallerden imal edilmektedir. Kaliforniyalı elektrikli otomobil Tesla üreticisi milyarder Elon Musk da aynı görüşleri taşımaktadır. Tesla Marka Model S elektrikli araba 3. ve 8.sayfalarda resmedilmiştir. Tesla üretimleri, batarya tedarikçisi Japon Panasonic Firması işbirliği ile **ABD Nevada Eyaleti**'nde 5 milyar dolarlık Gigafactory 1 olarak adlandırılan modern dev fabrikada gerçekleştirilecektir. Yenilikçi elektrikli otomobil üretimi 2016 yılında başlayacak ve 2020 yılına kadar 500000 adet **lityum bataryalı** araba imal edilecektir. Çığır açan bir atılıma ve girişime güvenmekten ziyade Tesla düzenli bir ilerleme kaydetmeyi ve istikrarlı büyümeyi hedeflemektedir. Dev fabrika imalat verimliliği kapsamında batarya maliyetlerini %30 düzeyinde azaltmayı daha fazla yeni kuşak elektrikli otomobil pazarlamayı programlamaktadır. Üretilen bataryaların bir bölümü enerji depolamak için işyerleri ve konutlara tahsis edilecektir. Mayıs 2015 'de Tesla söz konusu markete sunulmak üzere Powerwall bataryası üretimini duyurmuştur. Montaj ve kontrol masrafları hariç olmak kaydıyla adı geçen 10 kilowatt-saat'lik versiyonlu bataryanın maliyeti 3500 dolar olacaktır. Sonuçta, lityum teknolojisi şimdilik çok büyük yenilikler gerçekleştirmeyi başaramamakla birlikte **lityum bataryaları** parlak bir gelecek vaat etmektedir.

Flowing along

2

How a flow battery works



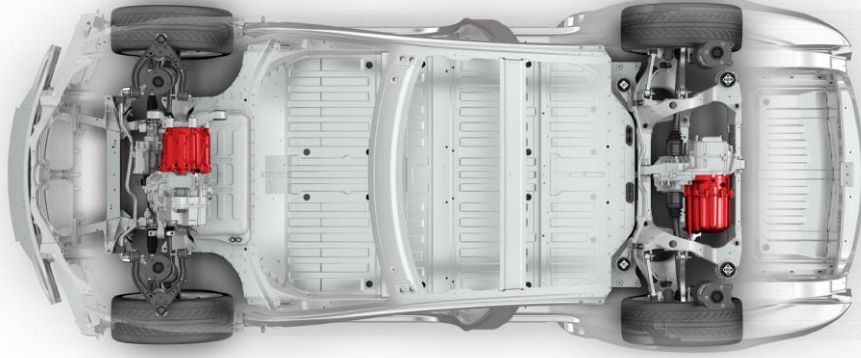
Instead of storing energy in the electrodes of the battery itself, flow batteries store energy in an electrolyte held in two external tanks. These liquids are pumped through the battery, where each comes into contact with an electrode. But they are separated by a membrane that ions can penetrate. When being charged or discharged ions pass through the membrane from one fluid to the other. The capacity of the battery depends on the size of the tanks.

Source: UET; *The Economist*

Economist.com

Yukarıdaki şemada **akım bataryası** çalışma prensibi gösterilmektedir. Batarya enerjisi kendisi yerine elektrotlarda toplar. Akım bataryaları iki yanda bulunan tanklardaki elektrolitlerde enerjisi depolar. Elektrolit sıvılar elektrotla kontak kuran bataryaya pompalanır. Ancak, elektrolit sıvılar iyonların nüfuz edebildiği zar (membrane) ile ayrılır. İyonlar yüklediği ya da deşarj olduğu zaman zar içerisinde bir sıvıdan diğer sıvıya doğru geçer. Bataryanın kapasitesi ise tankın büyüklüğü ile sınırlı kalır.

Aşağıdaki resimlerde Tesla Marka Model S elektrikli otomobil iç donanımları ile dıştan bir görünümü verilmektedir.



P85D



Tesla Model S

Kaynaklar:

- Nükleer Güç ile Çalışan Uzay Araçları ve Kâinatın Keşfi için Uzaya Fırlatılan Plutonyum-238 (Pu-238) Nükleer Yakıtlı Robot Uydular, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2011.
- Küresel Karayolu Ulaşım Araçları Global Karbondioksit Emisyonları Düşürülmesi ve Yeni Nesil Düşük Karbon Emisyonlu Evrimsel Otomobiller, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2013.
- Global Karbondioksit Emisyonları Limitlenmesi, Kontrol ve Denetim Altına Alınması için Dünya İklim Değişiklikleri Eylem Planları ve Küresel Projeler, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2014.
- Çin'in Yüksek Ekonomik Büyüme Hızları Bağlamında Gelişen Küresel Ekolojik Sorunlar Karşısında Ulusal Yeni Çevre Kirliliği Yasal Düzenlemeleri Perspektifi Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2014.
- Fransa 2015 Paris Olası Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Anlaşması Bağlamında Kanada 1987 **BM** Montreal Ozon Tabakası Protokolü Örneği, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2014.
- Küresel İklim Değişikliği Eylem Planları Yoluyla Global Karbondioksit Emisyonları Sınırlandırılması ve Denetim Altına Alınması Projeksiyonları, Ahmet Cangüzel Taner **Fizik Mühendisleri Odası** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2014.
- Avrupa Birliği **AB** Enerji Sıkıntıları ve **AB** Düşük Karbon Ekonomileri Planları Kapsamında Uygulanmaya Çalışılan Enerji Kaynak Çeşitliliği Projeksiyonları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2014.
- Yeni Kuşak Elektrikli Otomobil Motorları İçerisinde Makro Aküler Yerine Küçük Boyutlu Mikro Lityum İyon Bataryaları **Araştırma Geliştirme Ar-Ge** Faaliyetleri, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2015.
- ABD** Kara Nakil Vasıtaları Emisyonları Çevre Kirliliği, Elektrikli Otomobiller ve Hafif Taşıt Araçları Yakıt Türleri Salımları Kaynaklı İnsan Ölümleri Mukayesesi, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2015.
- Dünya Karbondioksit Emisyonları Yok Edilmesi Teknolojileri Uygulamaları ve Yasal Düzenlemeleri Gelişmeleri Işığında Olası **BM** 2015 Paris İklim Anlaşması, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2015.
- ABD** Düşük Karbon Teknolojileri Geçiş Süreci Zarfında Birleşik Devletler Çevre Korunma Ajansı **US EPA** Yeni Temiz Hava Yasal Düzenlemeleri Uygulamaları, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2015.
- Asteroid Kuşağı Ötesi Güneş Sistemi Dışsal Gezegenleri (Outer Planets) Jüpiter, Satürn, Uranüs ve Neptün ile Kuiper Kuşağı Cüce Gezegenleri (Dwarf Planets) Keşifleri için Uzaya Gönderilen Nükleer Yakıtlı Yapay Uydular, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası** **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2015.
- Radyoizotop Termoelektrik Jeneratör (**Radioisotope Thermoelectric Generator – RTG**) İnovasyon Teknolojili Plutonyum 238 Atom Yakıtlı Robot Uzay Araçları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2015.
- Dizel Motorlar ile Çalışan Klasik Soğutucular için Doğa Dostu İnovatif Yeni Nesil Sıvı Azot-Nitrojen Makineleri **Araştırma Geliştirme ARGE** Faaliyetleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası** **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2015.
- The Economist Dergisi (30 Mayıs – 05 Haziran 2015).

Fizik Mühendisleri Odası FMO Resmi İnternet Sitesi:

[www.fmo.org.tr/ yayinlar/faydali-bilgiler](http://www.fmo.org.tr/yayinlar/faydali-bilgiler)