

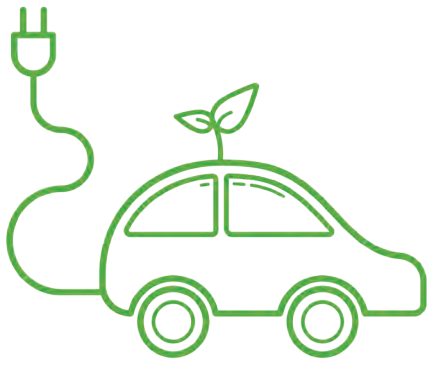
Yollardaki Enerji Dönüşümü

Dr. Tuba Sarıgöl [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Günümüzde ulaşım teknolojileri alanındaki ilerlemelerin büyük kısmı, fosil yakıtların kullanıldığı içten yanmalı motorlu araçlardan elektrik motoruyla çalışan araçlara geçişe yönelik.

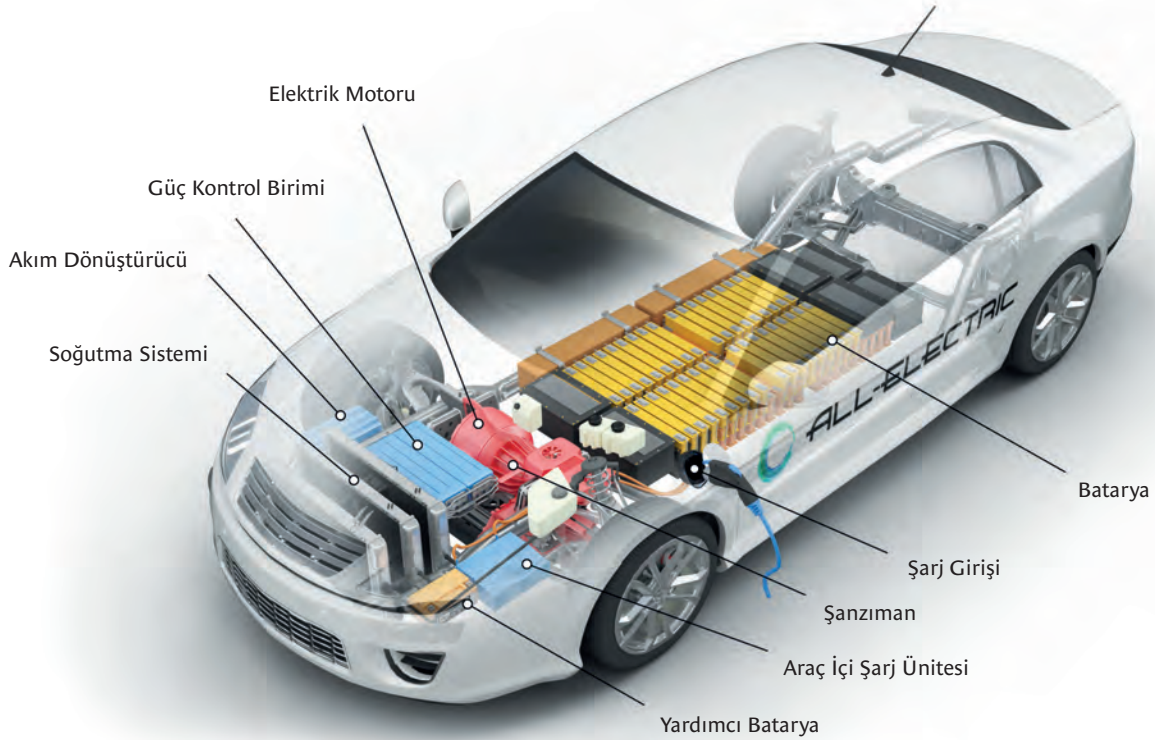
Peki, yollardaki bu enerji dönüşümünün gerçekleşebilmesi için aşmamız gereken engeller neler?





Fosil yakıt kaynaklarının sınırlı olması, fosil yakıtların kullanımı sonucu açığa çıkan gazların ciddi çevre sorunlarına yol açması (örneğin küresel ısınma, iklim değişikliği, hava kirliliği) ve fosil yakıtların kullanıldığı içten yanmalı motorların verimliliğinin düşük olması son yıllarda elektrikli araç teknolojilerine yönelik araştırmaların yaygınlaşmasının en önemli sebepleri. Çünkü elektrik motorunun kullanıldığı araçların enerji verimliliği içten yanmalı motorlu araçlarınkinden daha yüksek ve elektrik motoruyla çalışan araçlar havaya egzoz gazları salmıyor. Ancak elektrikli araçların yaygınlaşmasının önünde önemli iki engel var: dolu batarya ile katedilebilecek mesafenin yani menzilin sınırı ve bataryaların nasıl şarj edileceği.

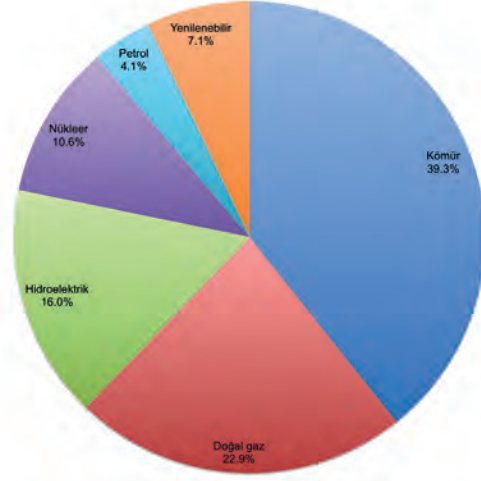
Bataryalı Elektrikli Araç



Hibrit, Bataryalı, Yakıt Pili... Hangisi Elektrikli Araç?

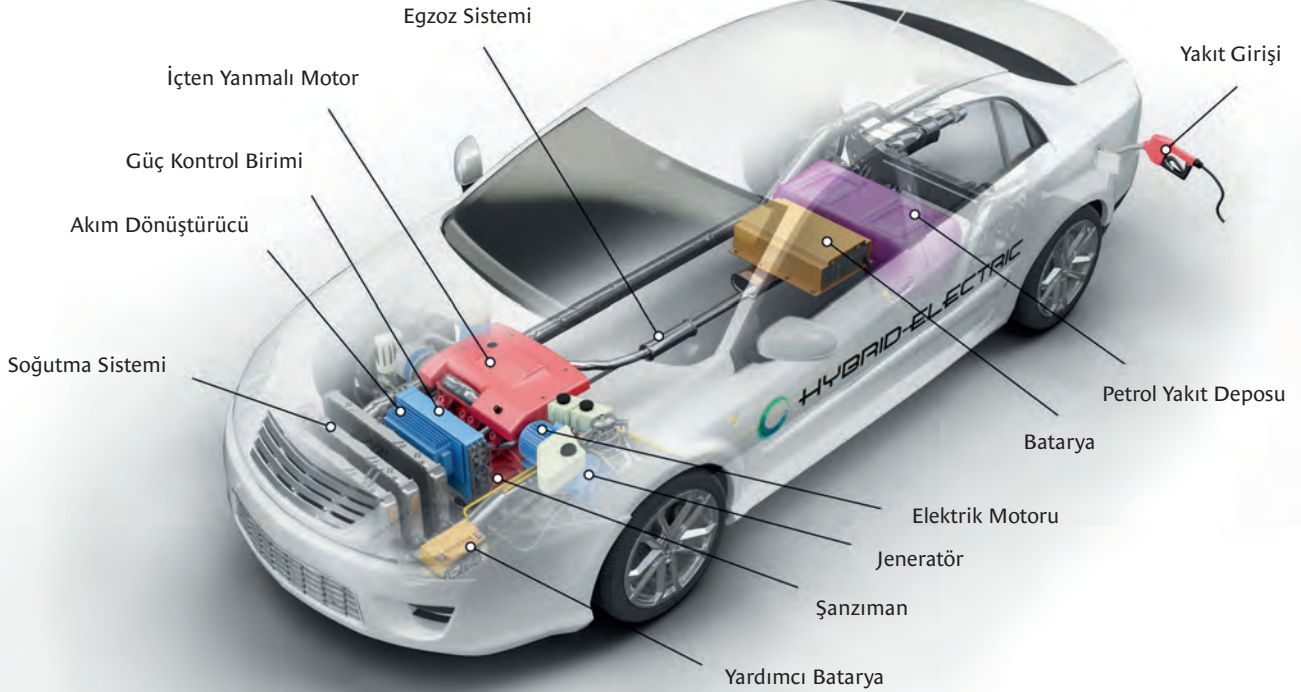
Elektrik motoruyla çalışan araçların (kısaca elektrikli araçlar olarak isimlendiriliyor) farklı türleri var.

Hibrit elektrikli araçlarda (HEV) içten yanmalı motor ve elektrikli motor birlikte bulunur. Bu araçlarda elektrikli motorun enerjisini aldığı batarya içten yanmalı motor tarafından şarj edilir. Dolayısıyla bataryanın dışarıdan şarj edilmesine ihtiyaç duyulmaz. Bunun yanında günümüzde bataryası dışarıdan şarj edilebilen hibrit elektrikli araçlar (PHEV) da var. Bataryalı elektrikli araçlarda (BEV) sadece elektrik motoru bulunur ve batarya dışarıdan şarj edilir. Yakıt pili elektrikli araçlarda (FCEV) ise elektrik motoru enerjisini yakıt pilinden alır.



Uluslararası Enerji Ajansı - Günümüzde dünya genelinde elektriğin yaklaşık üçte ikisi fosil yakıtlar (kömür, doğal gaz ve petrol) kullanılarak üretiliyor.

Hibrit Elektrikli Araç



Elektrikli Araçlar Ne Kadar Verimli ve Çevreci?

Günümüzde ulaşımda çoğunlukla içten yanmalı motorlu araçlar tercih ediliyor. Bu motorlarda yakıt olarak benzin, dizel ve LPG (sıvılaştırılmış petrol gazı) gibi fosil yakıtlar kullanılır. İçten yanmalı motorlarda yakıtın yanması sonucu açığa çıkan enerjinin yaklaşık %25'i harekete dönüşür. Elektrik motorlarının enerji verimliliği ise yaklaşık %79-91 arasındadır.

Bu araçların enerji verimliliklerini ve sera gazı salımlarına etkilerini karşılaştırırken, elektrikli araçların bataryaları şarj edilirken kullanılan elektriğin nasıl üretildiğini de dikkate almalıyız.



Kaynaklı Tekerleğe

İçten yanmalı motorlu araçlarda kaynaklı tekerleğe enerji verimliliği ~ %11-%22



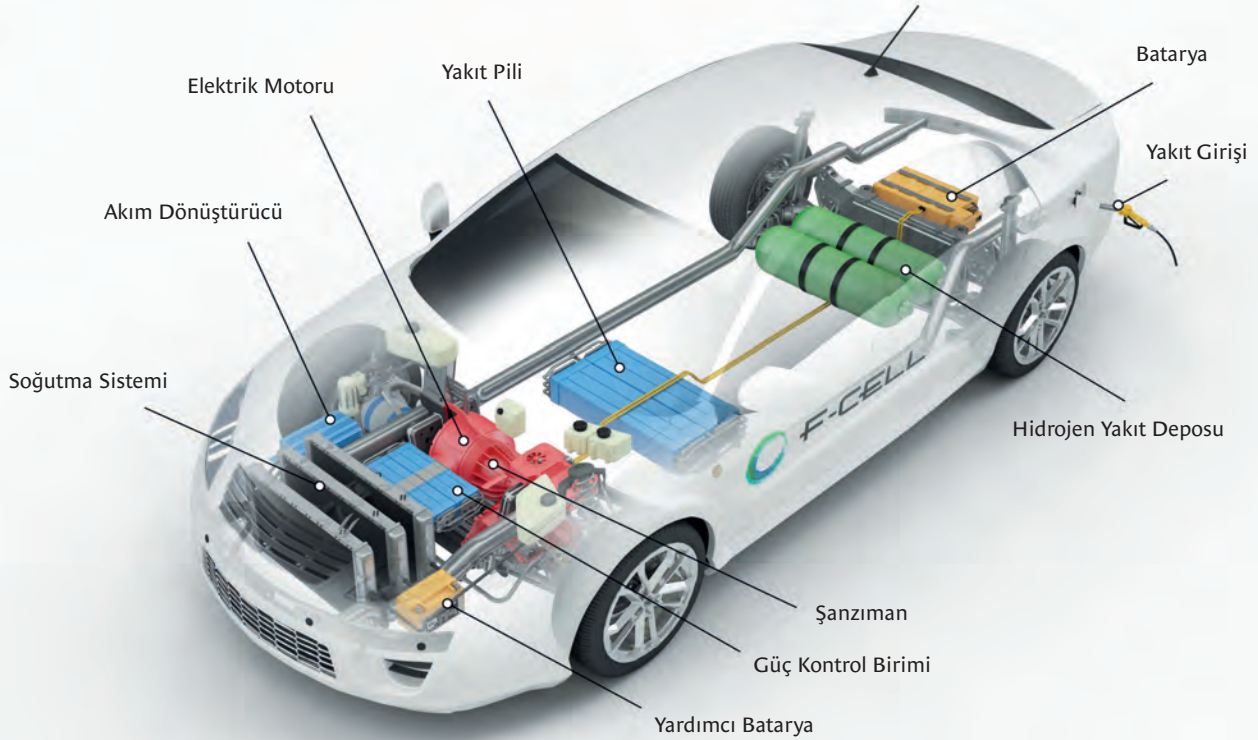
Kaynaklı Tekerleğe

Elektrik motorlu araçlarda kaynaklı tekerleğe enerji verimliliği ~ %22-%35

Enerji kaynağı olarak doğal gaz kullanıldığında enerjinin kaynağından tekerleklerde harekete dönüştürülmesine kadar olan süreç birlikte değerlendirildiğinde elektrikli araçların enerji verimliliği %22-35 arasında iken, yakıt olarak sıkıştırılmış doğal gaz kullanılan içten yanmalı motorlarda bu oran %11-22 arasındadır.

Yapılan bir araştırmada elektrikli araçların kullanım ömrü boyunca küresel ısınmaya etkisinin içten yanmalı motor kullanılan araçlara kıyasla %10-24 daha az olduğu belirlendi.

Yakıt Pili Elektrikli Araç





Kinetik enerji dönüşüm sistemi olarak da isimlendirilen bu sistem ilk defa 2009 yılında Formula 1 araçlarında kullanılmıştı.

Enerji Geri Dönüşümü Sağlayan Frenleme Sistemi

Elektrikli araçlarda aracın kinetik enerjisinin bataryaların şarj edilmesinde kullanıldığı bir frenleme sistemi vardır. Elektrikli araçlarda motor araç yavaşlarken jeneratör gibi görev yapar ve aracın kinetik enerjisi elektrik enerjisine dönüştürülerek bataryalarda depolanır. İçten yanmalı motorlu araçlarda ise fren balatalarının fren disklerini sıkıştırması ile tekerleklerin dolayısıyla aracın yavaşlaması sağlanır. Bu sırada aracın kinetik enerjisi ısı enerjisine dönüşerek kaybedilir.

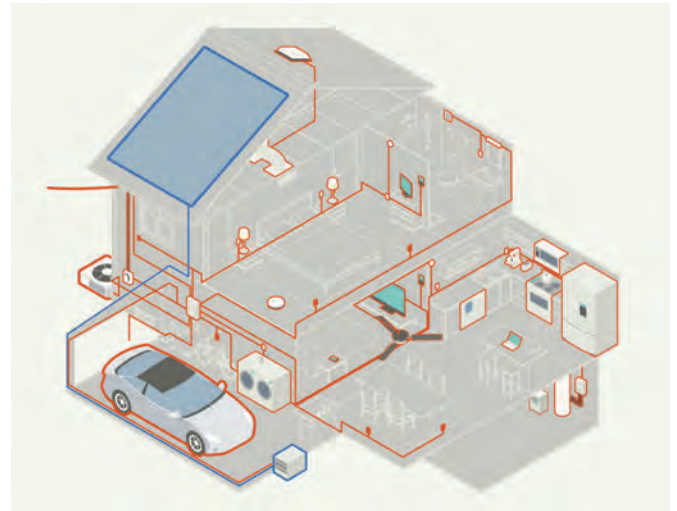
Enerji geri dönüşüm sistemi sayesinde elektrikli araçlar özellikle trafiğin yoğun olduğu şehir içi kullanımda içten yanmalı motorlu araçlara göre enerji verimliliği açısından daha avantajlıdır.

Elektrikli araçların içten yanmalı motorlu araçların yerini alabilmesi için bataryaların tek bir şarj ile minimum 500 km yol katedebilmesi ve bataryaların 15 dakikadan az sürede şarj olması gerektiği düşünülüyor.

Şarj İstasyonları

İçten yanmalı motorların kullanıldığı araçların deposu yakıt istasyonlarında birkaç dakikada doldurulabiliyor. Elektrikli araçları ise evde şarj etmek mümkün. Ancak şehir şebeke hattı üzerinden bataryaların şarj olması genellikle uzun sürüyor. Bu nedenle şarj istasyonu altyapısının kurulması ve şarj süresinin kısa olması elektrikli araçların yaygınlaşması için hayli önemli.

Elektrikli araç sahiplerinin büyük kısmı araçlarını geceleri evlerinde şarj ediyor. Bunun dışında alışveriş merkezi, otopark gibi halka açık alanlardaki şarj istasyonları da kullanılabilir.



Şarj süresi bataryanın kapasitesine ve şarj yöntemi-ne bağlı olarak değişiyor. Farklı şarj yöntemleri var. Örneğin elektrikli araçlar, elektrik şebekesi hattı üzerinden özel ekipmanlara ihtiyaç duyulmadan şarj edilebiliyor. Elektrik şebeke hattından gelen elektrik kullanıldığında menzili yaklaşık 150 km olan bir elektrikli aracın bataryası 8-12 saatte şarj edilebiliyor. Hızlı şarj istasyonlarında ise bataryanın şarj süresi elektrik akımının gücüne bağlı olarak 2-6 saat arasında değişiyor. Süper hızlı şarj istasyonlarında ise bataryanın %80'i 20-30 dakikada şarj edilebiliyor.

Teknoloji şirketleri ve bilim insanları daha hızlı şarj yöntemlerinin geliştirilmesine yönelik araştırmalar yapıyor. Örneğin ABB teknoloji şirketi, bataryaları 8 dakikada 200 km yol katedebilecek seviyede şarj edebilen bir şarj ünitesi geliştirdi. Ancak kullanımda olan elektrikli araçların bataryalarının teknik özellikleri bu yöntemle şarj edilmeye henüz uygun değil.



Günümüzün Elektrikli Araçlarının En Önemli Sorunları: Menzil ve Şarj Süresi

Bataryalar (piller) elektrikli araçların anahtar role sahip parçasıdır ve en pahalı bileşenidir (aracın toplam maliyetinin dörtte birinden fazlasını bataryalar oluşturur). Bataryaların depolayabildiği enerji miktarı elektrikli araçların menzilini belirler. Günümüzde elektrikli araçların menzilin arttırılabilmesi için daha büyük bataryalar kullanılıyor. Bu durumda ise araçların ağırlığı arttığından enerji verimliliği düşüyor.

Bataryaların kapasitesiyle ilgili iki kavram önemlidir: enerji yoğunluğu ve güç yoğunluğu. Enerji yoğunluğu, birim hacimde depolanan enerji miktarını gösterir. Ancak bataryaların enerji yoğunluğu çoğunlukla birim kütlede depolanan elektrik enerjisi miktarını gösterecek şekilde verilir ve birimi wattsaat/kg'dır. Bataryaların güç yoğunluğu ise birim hacminin ürettiği güç (enerji aktarma hızı) miktarını ifade eder.

Bu kavramları su ile dolu bir havuzun boşaltılması örneğiyle zihninizde somutlaştırabilirsiniz. Enerji yoğunluğu havuzun depolayabildiği su miktarını, güç yoğunluğu ise havuzun içindeki suyun boşaltılma hızını ifade eder.

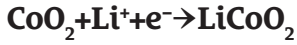
Günümüzde elektrikli araçlarda farklı batarya teknolojileri (örneğin kurşun asit, nikel metal hidrür, lityum iyon) kullanılıyor. En yaygın batarya türü ise akıllı telefon, tablet, dizüstü bilgisayar gibi taşınabilir elektronik cihazlarda da kullanılan lityum iyon bataryalar. Lityum iyon bataryaların diğer şarj edilebilir batarya türlerinden en önemli üstünlüğü enerji yoğunluğunun yüksek olması. Ancak lityum iyon bataryaların patlama tehlikesi ve maliyeti yüksek.



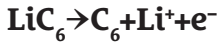
Lityum Bataryalar Nasıl Çalışır

Lityum iyon bataryalar şarj edilebilir batarya türlerinden biridir. Farklı lityum iyon batarya türleri var. Yaygın olarak kullanılan lityum iyon bataryalarda bataryanın artı kutbu lityum kobalt oksit, eksi kutbu ise grafitten üretilir. Lityum iyon bataryalarda elektrotlar katmanlı yapıdadır ve lityum atomları bu katmanların arasına yerleşir.

Artı kutupta gerçekleşen indirgenme tepkimesi:



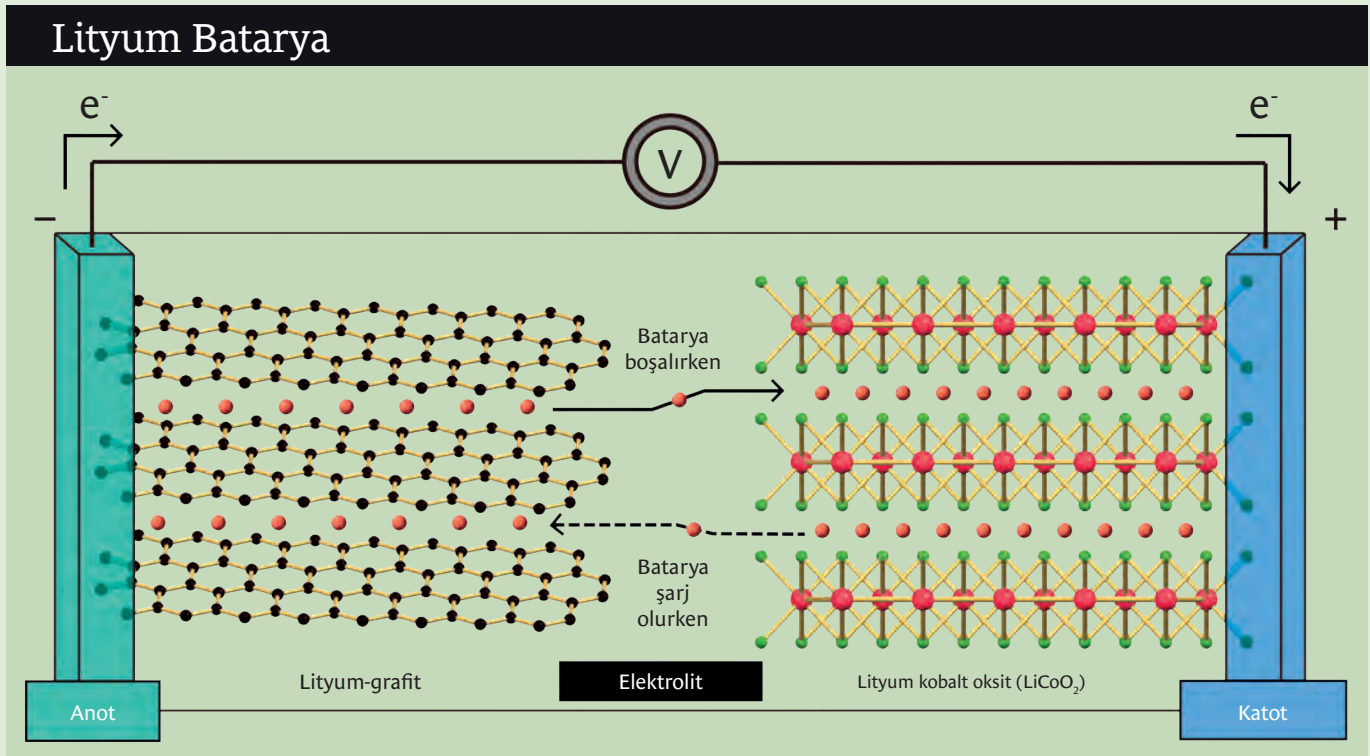
Eksi kutupta gerçekleşen yükseltgenme tepkimesi:



Batarya şarj olurken artı yüklü lityum iyonları pilin artı kutbundaki elektrottan pilin eksi kutbundaki elektrotta doğru hareket eder.



TÜBİTAK tarafından 2005 yılından beri üniversite öğrencilerine yönelik olarak Alternatif Enerjili Araç Yarışları (Efficiency Challenge Electric Vehicle) düzenleniyor. Elektrikli araç (elektromobil), hidrojenli araç (hidromobil) ve otonom araçlar kategorilerinde düzenlenen yarışların temel amacı, alternatif enerji ile çalışan araçlarla ilgili yerli üretimin artırılması ve katma değeri yüksek ürünlerin geliştirilmesi, katılımcıların alternatif enerjilerle ilgili araştırma imkânı edinip dünyadaki gelişmeleri takip etmeleri, deneyim kazanmaları ve bu yolla alternatif enerji kaynaklarının kullanımı konusunda ülke genelinde farkındalığın artırılması.



Geleceğin Batarya Teknolojileri

Elektrikli araçlarda kullanılan bataryaların enerji kapasitesinin artırılması için araştırmalar devam ediyor ve lityum iyon bataryalarda elektrot ve elektrolit olarak kullanılacak farklı malzemelerin geliştirilerek bataryaların enerji kapasitesi ve özellikleri iyileştirilmeye çalışılıyor.

Katı hal lityum bataryaların patlama tehlikesinin olmaması, daha yüksek sıcaklıklarda kullanılabilmesi, yüksek enerji yoğunluğu gibi üstün özellikleri nedeniyle yakın gelecekte lityum iyon bataryaların yerini alabileceği düşünülüyor.

Lityum iyon bataryalarda elektrotlar arasında elektrik iletkenliğini sağlayan elektrolit çözeltisi sıvı haldedir.

Katı hal lityum bataryalarda ise bu amaçla katı malzemeler kullanılır. Lityum iyon bataryayı keşfeden Prof. Dr. John Goodenough ve çalışma arkadaşları yakın zamanda sonuçları *Journal of the American Chemical Society* dergisinde yayımlanan araştırmada lityum iyon bataryalara göre kullanım ömrü daha uzun, enerji yoğunluğu daha yüksek ve daha kısa sürede şarj olan lityum katı hal batarya üretmeyi başardıklarını açıkladı.

IMEC - IMEC teknoloji şirketinin geliştirdiği katı hal bataryada elektrolit olarak nanokompozitler (birbirinden farklı özelliklere sahip, nano boyutta bileşenlerden oluşan malzemeler) kullanılıyor.



Bataryalara alternatif olabileceği düşünülen başka bir teknoloji ise elektrik enerjisini depolayabilen süperkapasitörler. Kapasitörler, kimyasal enerjiden elektrik enerjisinin elde edildiği bataryalardan farklı çalışır.

Kapasitörler şarj olurken elektronlar plakalardan birinde birikirken, diğer plakadaki elektronları iterek uzaklaştırırlar. Süperkapasitörler bataryalardan farklı olarak enerji depolama kapasitelerinde bir azalma olmadan defalarca şarj edilip tekrar boşalabilir. Ayrıca süperkapasitörlerin güç yoğunlukları çok yüksektir. Bu sayede çok hızlı bir şekilde -saniyeler içinde- şarj edilebilirler. Ancak enerji yoğunluklarının düşük olması bu teknolojinin önemli bir dezavantajı. Ticari olarak üretilen süperkapasitörlerde ulaşılan en yüksek enerji yoğunluğu lityum iyon bataryalarının yirmide biri kadar.

Enerji yoğunluğu yüksek süperkapasitörler geliştirmeye yönelik araştırmalar devam ediyor. Geliştirilen malzemeler ve yöntemler üretim aşamasına geçebilirse süperkapasitörlerin enerji yoğunluğunun lityum iyon bataryalarına ulaşabileceği öngörülüyor.



Gelecekte Elektrikli Araçlar İçten Yanmalı Motorlu Araçların Yerini Alabilecek mi?

2017’de dünya genelinde 1,5 milyona yakın elektrikli araç satıldı ve toplam elektrikli araç sayısı 3,7 milyona ulaştı. Norveç’te yeni satılan otomobillerin %39’u elektrikli. 2030’da toplam elektrikli araç sayısının 130 milyon olacağı öngörülüyor. Yani her yıl satılan elektrikli araçların sayısının bir önceki yıla göre %24 artması bekleniyor. 2017’de bu oran %54’e ulaştı.

Ülkeler hem enerji konusunda dışa bağımlılığı hem de fosil yakıtların neden olduğu çevre sorunlarını azaltmak amacıyla ulaşımında daha çevreci ve verimli çözümler bulmaya çalışıyor. Bu nedenle elektrikli araç teknolojilerinin geliştirilmesine yönelik destekler veriliyor, elektrikli araçlarda vergi indirimleri uygulanıyor. ■

Kaynaklar

Curran, S. J. ve ark., “Well-to-wheel analysis of direct and indirect use of natural gas in passenger vehicles”, *Energy*, Cilt 75, s. 194-203, 2014.

International Energy Agency (IEA), “Key world energy statistics 2017”, 2017.

International Energy Agency (IEA), “Global EV Outlook 2018”, 2018.

Hannan, M. A. ve ark., “State-of-the-Art and Energy Management System of Lithium-Ion Batteries in Electric Vehicle Applications: Issues and Recommendations”, *IEEE Access*, Cilt 6, s. 19362-19378, 2018.

Shen, X. ve ark., “Beyond lithium ion batteries: Higher energy density battery systems based on lithium metal anodes”, *Energy Storage Materials*, Cilt 12, s. 161-175, 2018. <https://arxiv.org/abs/1803.04317>

Braga, M. H. ve ark., “Nontraditional, Safe, High Voltage Rechargeable Cells of Long Cycle Life”, *Journal of the American Chemical Society*, Cilt 140, Sayı 20, s. 6343-6352, 2018.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544214008573>

<https://vimeo.com/263875713>

https://www.ionicviper.org/system/files/Li%20Battery%20Exercise_0.pdf