

Elektrikli Araçlar mı? Pil Devrimi mi?

Elektrikli araçların sürekli gündemde olmasının en önemli nedenlerinden biri çevre duyarlılığının artması, diğeri de petrol fiyatlarındaki artış. İnternette yapılan aramaları inceleyen çalışmalar, petrol fiyatlarındaki her önemli artışta elektrikli araçlar konulu aramaların arttığını gösteriyor. Merak edilen şu: Elektrikli araçlar yakın gelecekte günlük yaşamımıza girecek mi?

Aslında elektrikli araç yeni bir teknoloji değil. Hatta üretilen ilk otomobiller elektrikliydi. Elektriğin araçlarda kullanılması girişimleri 1834 yılında Thomas Davenport'un ilk ticari elektrik motorunu geliştirmesinden sonra başlamıştı. Başlangıçta elektrikli araçlar şarj edilemeyen pillerle çalıştırılıyordu. Şarj sorunu ticarileşmenin önünde önemli bir engeldi. 1859'da Fransız fizikçi Gaston Planté tarafından kurşun asit akü icat edilince bu sorunun çözümü için bir umut doğdu. Kurşun asit akülerin seri ve ucuz olarak üretilmesine 1881'de başlanması ve ilk ticari kurşun asitli elektrikli aracın o yıl piyasaya sürülmesi tesadüf değildi. 1881'de piyasaya sunulan ilk ticari elektrikli araçta toplam 20 Volt gerilimde 10 kurşun asit akü kullanılmıştı, araç saatte yaklaşık 12 km hız yapabiliyordu. İlk ticari örnekten sonra farklı modeller geliştirilmiş ve ticari başarı şansı denenmişti. Teknolojiyi yakından takip edenler için elektrikle çalışan bir otomobil fikri o zamanlar da heyecan vericiydi. Bu heyecan Yıldız sarayında da duyulmuş olmalı ki 1888'de Immisch & Company II. Abdülhamit için bir elektrikli araç yapmış, araç Yıldız Sarayı'na getirilerek Türk mühendislerce incelenmişti. Araçta 24 kurşun asit akü kullanılmıştı.

Performansı ve menzili artırmak için sonraki ticari elektrikli araçlarda 77 akü kullanılmaya başlandı. Bu kadar çok akü aracı ağırlaştırıyor ve aküler tarafından sağlanan enerjinin bu ağırlığın taşınması için kullanılmasına sebep oluyordu. Bu durum zaten düşük menzilli ve düşük hızlı olan elektrikli araçları daha da hantal yapıyordu. Profesör Ferdinand Porsche menzil sorununu 1900 yılında Paris Dünya Fuarı'nda sergilediği ve dört yıldır üzerinde çalıştığı hibrit bir araçla çözmeyi dendi. Paris'te sergilenen bu araç, Porsche'nin kendi ismiyle kurduğu şirketinde geliştirdiği, dünyanın ilk lüks hibrit otomobilydi (Fotoğraf 2). Araçta 44 akü vardı. Ortasında su soğutmalı 2,6 kW'lık iki benzin motoru bulunuyordu; bu motorların her biri birbirinden bağımsız 1,84 kW'lık elektrik üretici olarak çalışıyordu. Her üreteç 20 Amper akımda 90 Volt gerilim sağlıyordu ve elektrik üreteçleri ters yönde çalıştırıldığında benzin motorunu başlatabiliyordu. Aracı hareket ettiren elektrik motorları ön tekerlerin göbeğine yerleştirilmişti. Üretilen elektrik önce tekerlerdeki motorlara yönlendiriliyor, fazla enerji ise akülerde depolanıyordu. Bu çözümle Prof. Porsche 200 km menzile ve saatte 35 km hıza ulaşmıştı. 1901'de Ludwig Lohner ve Prof. Ferdinand Porsche ortak üretime geçtiler ve aynı yıl bu araçtan beş tane satmayı başardılar.



1900'lü yılların ilk çeyreği petrole dayalı teknolojilerle elektriğe dayalı teknolojilerin öne geçmek için birbiriyle yarıştığı bir dönemdi. Ünlü mucit Thomas Alva Edison da yakın arkadaşı Henry Ford aracılığıyla konuya ilgi duymuştu. Ford içten yanmalı motor ile çalışan bir araç öneriyordu Edison ise ağır kurşun asit akülerin yerine kullanılabilecek yeni ve etkin bir yol bulunabilirse elektrikli aracın ticari değeri olabileceğini düşünüyordu.



Bu düşünce onu yeni pil geliştirme işine sevk etti ve çözüm olabilmesi umuduyla 1912 yılında geliştirdiği nikel demir pilleri kullanarak elektrikli bir araç üretti. Edison nikel demir pilli elektrikli aracıyla 1000 mil (yaklaşık 1600 km) yol yapmış, aracını ve yeni akülerini fuarlarda sergilemişti (Fotoğraf 3). Geliştirdiği pil, kurşun asit aküye göre daha uzun ömürlü ve daha verimliydi, ancak ondan daha büyük ve daha pahalıydı. Günümüzde bu piller farklı alanlarda hâlâ kullanılıyor olsa da elektrikli araçlarda istenen verimi sağlayamadılar ve Edison'un ön görüldüğü şekilde kurşun asit akülerin yerini alamadılar.

Elektrikli araçların menzil ve fiyat sorununu çözmeye çalıştığı 1900'lü yılların başında Henry Ford'un Model T ile (1908-1909) benzinli araçlarda yakaladığı ticari başarı elektrikli araçların pazardaki yarışı kaybederek 1970'li yıllardaki büyük petrol krizine kadar unutulmasına neden oldu. Büyük petrol krizi petrol bağımlılığını azaltan teknolojileri ve elektrikli araçları tekrar gündeme taşıdı, ama elektrikli araçlardaki ana sorun olduğu gibi duruyordu. Bu araçların ticarileşmesi için yüksek verimle çalışacak ekonomik akü veya pil gerekiyordu ve geçen sürede kurşun asitin yerini alabilecek etkin bir çözüm geliştirilememişti.

Fotoğraf 1
Immisch & Company tarafından
üretilen araç (üstte)

Fotoğraf 2
Porsche Müzesi, 1900 Lohner-Porsche
Semper Vivus (ortada)
(2007'de yeniden yapılan örneği) (altta)





Fotoğraf 3
Edison tarafından imal edilen
elektrikli araç

1970'lerde yeniden başlayan çalışmalarda önce nikel kadmiyum (Ni-Cd) daha sonra nikel metal hidrür (Ni-MH) piller kullanılmaya başlandı. Ancak nikel temelli piller 1,2 V gibi düşük voltajlarda çalışıyordu ve enerji depolama kapasiteleri düşüktü. Yüksek hızda şarja ve deşarja etkin cevap veren Ni-Cd pillerde kullanılan kadmiyumun çevreye kötü etkileri olduğu için kullanımının sınırlanması gündemdedeydi. Ni-MH ise elektrikli aracın beklentisini karşılayabilecek düzeyde değildi. Ayrıca nikel pillerde "hafıza etkisi" denen ve pilleri tam boşaltmadan doldurmayı zorlaştıran bir etki görülüyordu. Tüm bu nedenlerle nikel metal hidrür tip pillerden oluşmuş bataryaya blokları elektrikli araçlardan çok hibrit araçlarda yaygın olarak kullanılırken, elektrikli araçlara uygun olacak bir pil arama çalışmaları devam etti. Alternatif pil teknolojileri konusundaki çalışmalar, 1990'lı yıllara gelindiğinde lityum iyon pillerin ticari olarak üretilmeye başlanmasıyla yeni bir ivme kazandı. 1980'lerde lityum temelli piller Moli Energy (Kanada) firması tarafından piyasaya sürülmüştü. Moli Energy taşınabilir uygulamalar için bir pil geliştirmişti. 1989 yılında Japonya'daki bir firmının cep telefonu montaj hattında lityum piller yanına sebep oldu. Uygulamadaki sıkıntıyı aşmak için, Oxford Üniversitesi'nden John Goodenough ve Koichi Mizushima tarafından 1979'da duyurulmuş olan LiCoO_2 katot ve lityum anot kullanılarak geliştirilen Li-iyon pil, 1991 yılında Sony tarafından ilk ticari Li-iyon pil olarak piyasaya sürüldü. Umut veren bu girişim, daha önce Moli Energy'nin ürettiği pil örneğinde olduğu gibi, patlamayla sonuçlanan bir kaza sonucunda başarısızlığa uğradı. Bir kullanıcının cep telefonu, pili nedeniyle patlayınca kullanıcının yüzü yaralandı ve araştırmalar sonucunda Sony o yıl tüm pillerini piyasadan çekmek zorunda kaldı. Lityum metali anot olarak kullanıldığında pilin kapasitesi artıyor, ancak şarj esnasında oluşan kararsızlık hücrenin sıcaklığını aniden ve durdurulamaz şekilde



artırıyordu. Oluşan ısı kısa bir sürede metalik lityumun erime noktasını geçerek lityumu eritiyor ve patlamaya sebep oluyordu. Bu kötü tecrübe Li-iyon pillerle ilgili güvenlik kaygılarını artırdı, ama umutları tamamen yok etmedi. Yaşanan kazadan sonra lityum metalin anot olarak kullanılması risk olarak değerlendirilmeye başlandı. Ancak bu soruna da çok gecikmeden çözüm bulundu. Anotta yüksek kapasiteli lityum yerine grafit kullanılmaya başlandı. Böylece etkin ve güvenli bir pil üretilebilecekti. 2000'lere kadar olan çalışmalar güvenlik problemlerini çözmek, kullanılabilir kapasiteyi arttırmak ve maliyetleri azaltmak üzerine yoğunlaştı. Bu süre boyunca Li-iyon piller mobil (dizüstü bilgisayar, cep telefon vb) uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaya başlandı. Ama elektrikli araçlarda kullanılabilir bir seviyeye ulaşamadı. Günümüzde bir çok firma prototip ve kısmen ticari elektrikli araçlarında Li-iyon pil kullandığını duyuruyor. Gelecek için de Li-iyon pillere güveniyorlar, ama bu araçlar hâlâ ticari olarak yaygın değil. Tüm bu birikime ve günümüzdeki ilgiye rağmen elektrikli araçlar neden araç pazarından önemli bir pay alabilecek oranda ticarileşemiyor? Bu sorunun cevabı çok yönlü. Ancak teknik sorun, elektrikli araçların alışık olduğumuz menzil ve performansla, uygun fiyatlarla üretilemiyor olması.

Yeni nesil benzinli araçlar her geçen gün daha az yakıt tüketiyorlar ve emisyonları daha düşük. Elektrikli araçların ticari başarı kazanabilmesi rakiplerinin üstünlükleriyle yarışabilecek çözümler sunabilmesine bağlı. İşin maliyeti de üzerinde düşünülmesi gereken bir konu. Bugün bataryada depolanan enerjinin kWh maliyeti 700-1000 \$ civarında. Ticari değeri olan ürünlerde, maliyetlerin 200-350 \$/kWh aralığının altına inmesi gerekiyor. Şarjın daha uzun süre dayanması, şarj altyapısının yaygınlaştırılması ve şebekelerin şarj sistemlerine göre analiz edilerek düzenlenmesi ihtiyacı da ayrı başlıklar olarak karşımıza çıkıyor.

Kullanıcıların elektrikli bir araçtan temel beklentileri bir dolunda en az 400-600 km menzil sağlanması, hızlı (mümkünse 10-15 dk içinde) şarj olması, performansını yüksek hızlarda da koruması, fiyatının rekabetçi olması, şarj istasyonlarının yaygın olması, bozulma oranlarının az olması, kullanım sırasında ve kaza anında güvenlik riski yaratmamasıdır. Bu beklentiler göz önüne alındığında Li-iyon pil teknolojisi henüz müşteri beklentilerini tam olarak karşılayamıyor. Mevcut durumun müşteri beklentilerini karşılayamadığını göstermek için şöyle bir örnek verilebilir: İçten yanmalı motorla çalışan bir araç bir depo yakıtla yaklaşık 1000 km yol gidebiliyor. Elektrikli bir aracın 1000 km menzile sahip olabilmesi için yaklaşık 180 kWh'lik bir bataryaya gereksinimi var. Bu batarya kurşun asitle yapıldığında yaklaşık 6000 kg, NiMH ile yapıldığında yaklaşık 2250 kg, lityum iyon kullanılarak yapıldığında ise yaklaşık 1200 kg oluyor. Li-iyonlu pil teknolojisi ile ilgili çalışmaların başarısına bağlı olarak bu ağırlığı 900 kg'a kadar düşürmek mümkün görünüyor. Bizim burdan çıkardığımız anlam şu: Teknolojilerin mevcut durumu bu günkü beklentilerimizi karşılamıyor (Fotoğraf 4).

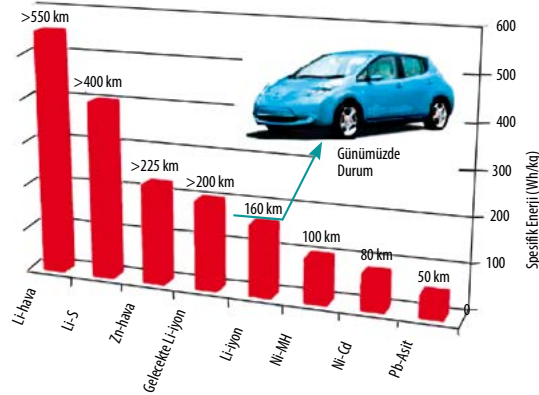
Bu durumda bir açmazla karşı karşıyayız. Ya yeni bir süper pil teknolojisi bulunacak ya da müşterilerin beklentileri yani araç kullanıcılarının alışkanlıkları mevcut duruma göre yeniden şekillenecek. Yeni bir süper pil bulma umuduyla çalışmalar yoğun olarak devam ediyor. Kuramsal kapasiteleri süper pil olmaya uygun olduğu için Li-sülfür ve Li-hava piller araştırmacılar arasında hayli önemseniyor.

Her iki teknolojinin kuramsal kapasiteleri Li-iyon pillere göre on kat kadar daha fazla olsa da pratikte bu kapasitenin çok küçük bölümü gerçekleşiyor ve şarj/deşarj çevrim sayıları sınırlı kalıyor. Ayrıca her iki teknoloji de ilk çevrimlerden sonra çok hızlı kapasite kaybediyor ve henüz laboratuvar ölçeğini aşabilmiş değiller. Bununla birlikte sahip oldukları potansiyel, bu sorun giderildiğinde günlük hayatımızı derinden etkileyebilme gücünde olduklarını gösteriyor.

Elektrikli araçların menzili günümüzde yaklaşık 150 km ve bir süper pil geliştirilene kadar da bu durumda önemli bir değişiklik olması beklenmiyor. Bununla birlikte kullanıcı alışkanlıklarıyla ilgili araştırmalar, ortalama kullanıcıların çoğunluğunun şehir içinde ve 80 km'den daha düşük bir menzilde seyahat ettiğini gösteriyor. Bu veri, alışkanlıkların ve beklentilerin yeniden kurgulanması durumunda, elektrikli araçların yakın dönemde şehir içinde kullanıcıların ihtiyaçlarını karşılayabileceğini gösteriyor.

Elektrikli araçların hayatımıza girebilmesi için ya pil teknolojisinde bir devrim yaşanacak ya da günlük alışkanlıklarımız, bakış açımız ve beklentilerimiz pillerin mevcut durumuna göre şekillenecek. Günümüzdekine benzer pil teknolojisine sahip bir elektrikli aracın var olacağı bir geleceğe dair şöyle tahminler yapabiliriz. Elektrikli araçlar genellikle küçük ve 2 kişilik olacak, şehir içinde kullanılacak. Uzun menzillerde kullanılmak üzere ikinci araca ihtiyaç duyulacak. Şarj istasyonları akıllı şebekelerle yenilenebilir kaynaklara yönlendirilecek. Böylece şarjda kullanılacak elektriğin üretiminden kaynaklanan emisyonlar da olmayacak ve şehirlerde gerçekten de sıfır emisyonlu araçlar dolaşacak. Özellikle kalabalık şehirlerde merkezi bölgelere sadece elektrikli araçlar girebilecek, kent içinde kısa mesafelerde elektrikli araç kiralanabilecek. Bu tahminler gösteriyor ki elektrikli araç kavramı şehir insanı için sadece ucuz ve çevre dostu bir çözümü değil yeni bir yaşam tarzını da müjdeliyor.

Pb-Asit	Ni-MH	Li-iyon	Gelecekte Li-iyon	Süper Pil
30 Wh/kg	80 Wh/kg	150 Wh/kg	>200 Wh/kg	1500 Wh/kg
6000 kg	2250 kg	1200 kg	<900 kg	120 kg



Kaynaklar

- <http://www.hybridcars.com/history-of-hybrid-vehicles/>
- <http://press.porsche.com/news/release.php?id=642>
- <http://edison.rutgers.edu/elecarr.htm>
- Battery University, http://batteryuniversity.com/learn/article/battery_statistics
- T. B. Reddy, Linden's Handbook of Batteries, 4th Edition, 2010.
- R.Schaffernak, Magna e-car System, AABC Europa, 2010.
- http://www.nature.com/nmat/journal/v11/n1/full/nmat3191.html?WT.ec_id=NMAT-201202
- Erkök, M., ve Alpay, C., *Bilim ve Teknik*, s. 58-63, Ocak 2010.
- Ünalın, Z., *Bilim ve Teknik*, s. 28-35, Mart 2012.



Fotoğraf 4
Çeşitli pil tipleri ve elektrikli araçlardaki yaklaşık menzilleri