

PAPER DETAILS

TITLE: Elektrikli Araç Teknolojisinin Gelisimi ve Gelecek Beklentileri

AUTHORS: Alper Kerem

PAGES: 1-13

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/181605>



MAKÜ FEBED
ISSN Online: 1309-2243
<http://febed.mehmetakif.edu.tr>

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 5 (1): 1-13 (2014)

Derleme Makalesi / Review Paper

Elektrikli Araç Teknolojisinin Gelişimi ve Gelecek Beklentileri

Alper Kerem

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği
Bölümü, İstiklal Yerleşkesi, 15030, Burdur

Geliş Tarihi (Received): 15.01.2014, Kabul Tarihi (Accepted): 08.03.2014

✉ *Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): akerem@mehmetakif.edu.tr (A. Kerem)*

☎ +90 248 213 27 73 📠 +90 248 213 27 04

ÖZET

Dünya nüfusundaki artış ulaşım sorununu da beraberinde getirmekte ve trafiğe çıkan araç sayısı her geçen gün artmaktadır. İçten yanmalı motorlara sahip araç sayısındaki artış çevreye salınan zararlı gaz miktarlarını da artırmıştır. Bu durum çevre kalitesini olumsuz yönde etkilemiş ve araç performansı için farklı enerji kaynaklarına yönlendirmiştir. Bunlara, gelecekteki petrol rezervlerinin tükenerek olması da eklenince elektrikli araçlara olan talep hızlanmıştır. Oysaki elektrikli araçların geçmişi 1800'li yıllara kadar dayanmakta olup menzil problemi nedeniyle yıllarca rafa kaldırılmıştır. Yapılan bu çalışmada elektrikli araçların ilk gelişim tarihi, günümüzdeki model ve son teknolojileri, batarya şarj istasyon tipleri ve kullanılan elektrik motorları araştırılarak tüm sistemin geleceği ile ilgili beklenti ve öngörülere yer verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektrikli araçlar, hibrit elektrikli araçlar, yakıt pilli elektrikli araçlar, batarya şarj istasyonu

Development of Electric Vehicle Technology and Future Expectations

ABSTRACT

Growth in world population brings the transportation problem so the number of vehicles in traffic is increasing every day. Increase in the number of vehicles with internal combustion engines has increased the amount of harmful gases released into the environment. This situation has negatively influenced the quality of environment and led vehicle performance to a different energy source. Demand for electric vehicles has accelerated since the oil reserves are to be depleted in the future. Electric vehicles have been on shelves for years due to their range problem, yet their history is up to 1800s. In this study, the expectations and projections about whole system's future are given by investigating the latest technologies, types of battery charging stations and electric motors used in electric vehicles from their initial development to their current model.

Key Words: Electric vehicles, hybrid electric vehicles, fuel cell battery, battery charge stations

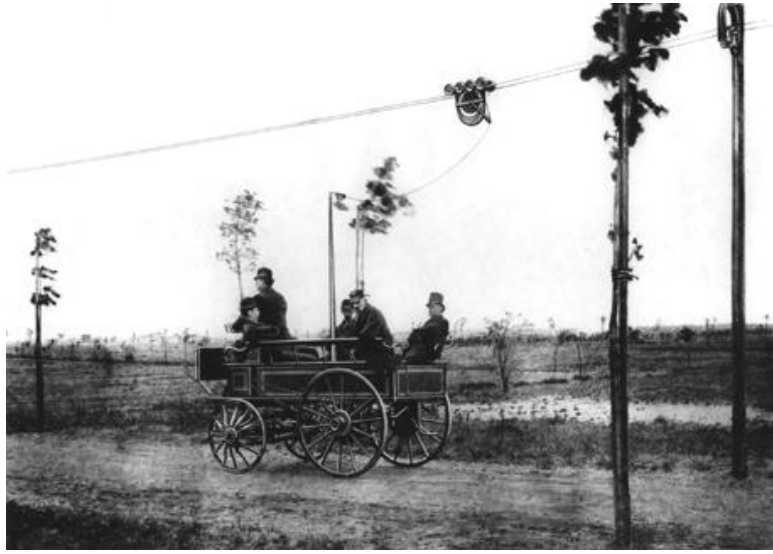
1. GİRİŞ

İlk elektrikli araç (EA) modeli Profesör Stratingh tarafından 1835 yılında Hollanda'da geliştirmiştir (Ünlü ve ark., 2003; Sayın ve Yüksel, 2011). Ardından 1838 yılında Robert Davidson 6.4 km/h hıza ulaşabilen elektrikli lokomotifini üretmiştir (Chan, 2013). Kurşun-asit bataryaları 1859 yılından sonra geliştirilmiş ve elektrikli araçlarda kullanılmaya başlanmıştır (Ünlü ve ark., 2003).

1882'de Siemens, Elektromote adındaki dünyanın ilk elektrikli trolleybüsünü Berlin'de üretmiştir. Bu araç iki adet 2.2 kW'lık motora sahip olup 550 V DC ile beslenmekte (Singh, 2013) ve ortalama 12 km/h hızındaydı (Anonim, 2014a). Elektromote Şekil 1'de verilmiştir.

1886'da Karl Benz içten yanmalı motor (İYM) ile çalışan ilk otomobil olan Motorwagen'i üretilip satışa sunmuştur. Araçta üç adet tekerlek bulunmakta olup motoru arkada ve yolcuların altındaydı. İYM'a sahip olan araç 0.55 kW'lık enerji ile maksimum 16 km/h hızına çıkabilmekteydi (Ünlü ve ark., 2003; Anonim, 2014b).

1895 yılında Morris ve Salomon iki koltuklu Electrobats isimli elektrikli aracı geliştirmişlerdir. İngiltere'de 1897 yılında "Londra Elektrikli Taksi Şirketi" tarafından 15 tane elektrikli taksi kullanıma alınmıştır (Ünlü ve ark., 2003). 1901'de "New York Taxi" firması da elektrikli araçları taksi olarak kullanmaya başlamıştır (Larminie ve Lowry, 2003). New York'taki elektrikli taksi Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Elektromote (Singh, 2013)



Şekil 2. New York'taki elektrikli taksi (Larminie ve Lowry, 2003; Chan, 2013)

1900 yılında French Electroautomobile ve 1903 yılında Krieger elektrikli-benzinli araçları üretilerek ilk kez hibrid konfigürasyon modeli denenmiştir. Ferdinand Porsche

bu dönemlerde ilk deneysel hibrid elektrikli aracın (HEA) tasarımını yaparak Mixt Wagen adını vermiştir (Ünlü ve ark., 2003). İYM'a sahip aracın her bir tekerleğine

elektrik motorları doğrudan tahrikli hub motor olarak yerleştirilerek araçta kurşun-asit bataryalar kullanılmıştır. Araç 60 km/h hızına çıkabilmekteydi (Tuncay ve Üstün, 2012).

1916 yılında "Woods Motor Araç Şirketi" tarafından HEA üretilmiştir (Ünlü ve ark., 2003; Tuncay ve Üstün, 2012). Araçtaki dört silindri benzinli motor doğrudan elektrik motoru/jeneratör grubuna ve ardından konvansiyonel itici şaftı aracılığıyla ön tahrik aksına bağlanarak paralel hibrit EA modeli geliştirilmiştir. 1920'lerin başından 1960'lara kadar hemen hemen tüm EA üreticileri İYM kullanarak üretimlerini sürdürmüşlerdir. 1920-1960 yılları arasında EA'lara olan ilgi azalırken İYM'lu araçlar dünya çapında ilgi odağıydı (Ünlü ve ark., 2003). EA'lara olan ilginin azalmasının ardında başlıca aşağıdaki gelişmeler bulunmaktaydı (Sayın ve Yüksel, 2011);

- Amerika'daki şehirlerarası yolların fiziki durumlarının iyileşmesi neticesinde daha uzun menzilli araçlara duyulan ihtiyacın başlaması,
- Tektaş'ta ham petrol bulunmasıyla benzin fiyatlarının düşmesi,
- Charles Kettering'in 1912 yılında marş motorunu icat etmesi. Bunun neticesinde motora ilk hareketini vermek için krankı el ile döndürmeye gerek kalmaması,
- Henry Ford'un içten yanmalı motora sahip araçları seri üretmeye başlaması ve araç maliyetlerinin düşmesi. 1912 yılında elektrikli araçların satış fiyatı 1,750\$ civarında iken benzinli araçlar 650\$ sularındaydı.

EA'lar yukarıdaki durumlardan dolayı rekabet ortamı yaratamamıştır. Piyasada 1935'li yıllarda neredeyse hiç EA bulunmamış ve 1960'lı yıllara kadar da geliştirme çalışmaları yapılmamıştır (Sayın ve Yüksel, 2011). İYM'lardan salınan gazların hava kirliliğine neden olduğu zamanla anlaşılmış ve bu nedenle bazı küçük çaplı üreticiler hava kirliliğini önlemek için EA'ları üretmeye başlamıştır (Leitman ve Brant, 2008; Ünlü ve ark., 2003). Böylece 1960'lı yıllarda EA'lara duyulan ilgi tekrardan artmaya başlamıştır. 1970'lerin ortalarında yaşanan petrol krizi de Amerika, İngiltere, Almanya, Fransa, İtalya ve Japonya gibi birçok ülkenin EA araştırmalarına tekrardan hız vermesini sağlamıştır. 1980'li yıllarda hükümetler EA'ların çevre dostu olmaları nedeniyle bu araçlara karşı duyulan ilgiyi artırmaya ve resmi kaynaklardan ekonomik destek vermeye başlamışlardır. 1990'dan sonra yeni gelişen batarya teknolojileri ile birlikte birçok araç firması; Ford-Think City, Nissan-Altra EV ve Peugeot 106-Electric gibi EA modellerini geliştirmeye başlamıştır (Ünlü ve ark., 2003). Bu araçlardan bazıları ve özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

2. ELEKTRİKLİ ARAÇ TEKNOLOJİLERİ

EA'ların tasarımında araca yerleştirilen enerjinin üretimi ve dağıtımı tahrik sistem elemanlarıyla yapılmaktadır. Tahrik sistem konfigürasyonları sistem içerisindeki elemanların birbirlerine bağlanma şekilleri ve enerji akışındaki tercihlere göre belirlenmektedir.

EA teknolojisindeki modeller sırasıyla tümü-EA'lar, hibrid EA'lar ve bataryalı veya bataryasız yakıt pilli araçlardır (Öztürk, 2013; Ünlü ve ark., 2003)

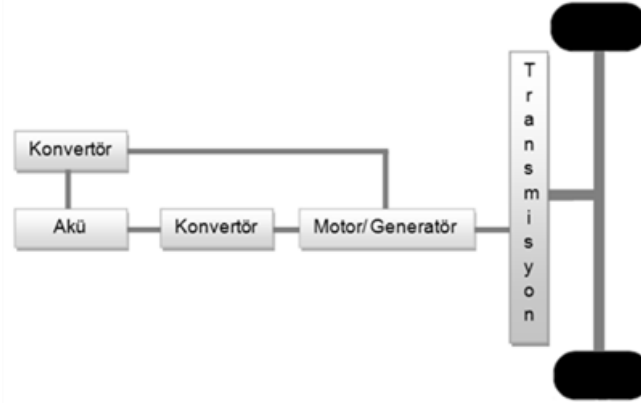
Tablo 1.Tümü- EA'lar ve özellikleri (Ünlü ve ark., 2003).

ÜRETİCİ	Citroen	Daihatsu	Ford	GM	GM	Honda	Nissan	Nissan	Peugeot	Renault
Model İsmi	AX/Saxo Electricque	Hijet EV	Think City	EV1	EV1	EV Plus	Hypermini	Altra EV	106 Electric	Clio Electric
Tahrik Tipi	DC Motor	SM Senkron	3 fazlı Asenkron	3 fazlı Asenkron	3 fazlı Asenkron	SM Senkron	SM Senkron	SM Senkron	DC Motor	AC Asenkron
Batarya Tipi	NiCd		NiCd	Pb-Asit	NiMH	NiMH	Li-iyon	Li-iyon	NiCd	NiCd
Güç (kW)	20		27	102	102	49	24	62	20	22
Gerilim (V)	120		114	312	343	288		345	120	114
Batarya Enerji Kapasitesi	12		11,5	16,2	26,4		15	32	12	11,4
Şarj Konnektörü			iletken	endüktif	endüktif	iletken	iletken	iletken		iletken
Hız (km/h)	91	100	90	129	129	129	100	120	90	95
Menzil (km)	80	100	85	95	130	190	115	190	150	80
Şar Süresi (Saat)	7	7	5-8	6	6	6-8	4	5	7-8	
Satış Fiyatı (\$)		23 990 \$					36 000 \$		27 000 \$	27 400 \$

2.1.Tümü-elektrikli araçlar

Tasarımında İYM yerine elektrik motoru bulunmaktadır (Şekil 3). Elektrik motorunun ihtiyacı olan enerji

bataryalardan sağlanmaktadır (Sayın ve Yüksel, 2011). Elektrik motorunun hareketi ise aktarma organı ile tekerlere iletilmektedir (Öztürk, 2013).



Şekil 3. Tümü-EA şematik gösterimi (Tuncay ve Üstün, 2005)

Tümü-EA'larda ana bataryayı destekleyen ek enerji kaynağı olarak ikinci bir batarya veya süper kapasitör kullanılabilir. Bu yardımcı güç kaynakları yokuş tırmanırken veya ivmelenirken kısa periyotlar için yüksek güç sağlayabilmektedirler. Tümü-EA'lar konvansiyonel

araçlara kıyasla daha verimlidir. Tek bataryalı elektrikli aracın verimi yaklaşık %46 olmasına karşın, konvansiyonel araçlar yaklaşık %18-25'lik verimle çalışmaktadırlar (Ünlü ve ark., 2003).



Şekil 4. Tümü-EA'ya örnek bir iç yapı (UKIP, 2014)

Tahrik sistemlerine göre tümü-EA'lar üç ana grupta yer almaktadır. Bunlar (Öztürk, 2013);

- Akümülatör, elektrik motoru ve diferansiyelli sistem,
- Akümülatör ve iki veya dört elektrik motorunun kullanıldığı diferansiyelsiz sistem,
- Akümülatör, elektrik motoru, zincir dişli veya kayış kasnaktan oluşan sistemdir.

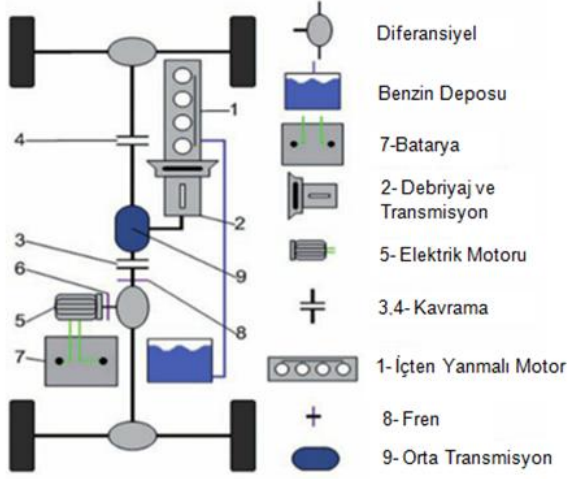
Tümü-EA'larda zararlı hiçbir gaz açığa çıkmadığı için bu araçlar "sıfır emisyonlu araçlar" olarak adlandırılmıştır (Leitman ve Brant, 2008). Bu araçlarda sadece elektrik motoru kullanıldığından dolayı sessiz çalışmaktadırlar. Fren ömrü rejeneratif frenleme sayesinde daha uzundur. Bataryaların beslenip şarj olabilmesi için araçtaki elektrik motoru jeneratör gibi kullanılır, ürettiği elektrik enerjisi ile bataryaları besler. Yakıt ve bakım maliyetleri klasik araçlara kıyasla çok daha azdır. Taşıtın tahriki için transmisyon sistemi klasik araçlardan daha az olduğu için bunların bakımı az ve yağ değişikliğine de gerek yoktur (Ertay, 2008; Ünlü ve ark., 2003). Tümü-EA'ların üretimindeki yüksek maliyet satış fiyatına da yansımakta olup bu durum pazar payını daraltmaktadır. Bu araçlar

piyasaya sunulduğunda bakım ve onarım için gerekli servis istasyonları ve istasyonlarda tüketicinin isteklerine cevap verebilecek seviyede eğitilmiş teknik personel bulundurulmalıdır. Tümü-EA'ların yayılmasını zorlaştıran etkenlerden birisi de araç performansdır. Bataryalar oldukça ağırdır ve taşıt menzili sınırlıdır. Tüm dünyada ileri kurşun-asit bataryaların geliştirilebilmesi için yoğun çalışmalar yapılmasındaki amaç bataryaların enerji yoğunluğunu artırıp araç menzilin artışı sağlamaktır. Tümü-EA'nın gelişimine bir diğer engel olarak konvansiyonel bir aracın deposunun doldurulmasının kısa bir süre olmasına karşın, tümü-EA'yı tamamen şarj etmenin yaklaşık 5-8 saat sürmesidir. Bazı yüksek hızlı şarj cihazları bataryayı daha kısa sürede şarj edebilmekte fakat bu durum bataryaların ömrünü kısaltmaktadır (Ünlü ve ark., 2003).

2.2. Hibrit elektrikli araçlar

Hibrit elektrikli araçlar (HEA) birden fazla ve farklı yapılarla güç kaynağının kullanılması ile meydana gelmektedir. (Öztürk, 2013). Buna göre batarya-yakıt

pili, batarya-kapasitör veya batarya - batarya gibi hibrit EA versiyonları bulunmaktadır. Bir çok HEA'larda enerji kaynağı olarak İYM, stirling motoru, gaz türbini ya da elektrokimyasal batarya kullanılmaktadır (Ünlü ve ark., 2003). Enerji kaynağı olarak İYM kullanılan HEA'lara bir örnek Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. HEA şematik gösterimi (UKIP, 2009)

Hibrit araçlar genel olarak seri hibrit, paralel hibrit ve seri/paralel hibrit olmak üzere üç ana başlık altında toplanmaktadır (Ünlü ve ark., 2003). Hibrit araçlar arasındaki genel fark taşıtın hareketi için gerekli olan gücün elektrik motoru tarafından hangi ölçüde karşılandığı ile ilgilidir (Keskin, 2009). HEA için enerji

dönüşüm sistemi; enerji depolama sistemi, güç ünitesi ve taşıt itici sistemlerini içermektedir. Enerji depolama konusundaki başlıca elemanlar; bataryalar, süper kapasitörler ve volanlardır. Hibrit güç ünitesi olarak otto motorlar, dizel motorlar, gaz türbinleri ve yakıt pilleri yaygın olarak kullanılmaktadır. İtici kuvvet ise seri hibrit modelindeki gibi elektrik motoruyla, yahut paralel hibrit modelindeki gibi elektrik motoruna ilave olarak İYM'dan karşılanabilmektedir (Ünlü ve ark., 2003). Örnek bir HEA'nın iç yapısı Şekil 6'da verilmiştir.

HEA'ların avantajları aşağıda verilmiştir (Ünlü ve ark., 2003):

- Geliştirilen rejeneratif frenleme tekniği ile enerji kaybı en aza indirilir. Böylece araç yavaşladığında veya durduğunda kullanılan enerji tekrar kazanılarak bataryaları şarj eder.
 - Kullanılan İYM'lar küçük boyutlu olduğundan motor ağırlığı azalır.
 - Yakıt veriminde artış görülür.
 - Emisyon değerleri büyük ölçüde azalır.
 - HEA'larda yakıt olarak alternatif yakıtlar da kullanılabilir olduğundan dolayı fosil yakıtlara bağımlılık azalır.
 - HEA'larda araç durduğu anda İYM çalışmadığından dolayı motor gürültüsü meydana gelmez.
 - Boşta çalışma kayıpları çok azdır.
- Hibrit sistemin dezavantajları iki farklı kategoride incelenerek Tablo 2'de verilmiştir.



Şekil 6. Örnek bir HEA iç yapısı (UKIP, 2011a)

Tablo 2. Hibrit sistemin dezavantajları (Ünlü ve ark., 2003).

Seri Hibrit Sistem	Paralel Hibrit Sistem
Sistemde üç tahrik ekipmanına ihtiyaç vardır: İYM, elektrik motoru ve jeneratör	İhtiyaç duyulan güç İYM ve elektrik motoru olmak üzere iki farklı kaynaktan elde edildiği için enerji yönetimi önemlidir.
Elektrik motoru azami gücü karşılayabilecek düzeyde tasarlanırken çoğunlukla azami gücün altında çalışmaktadır.	İki farklı motordan (İYM ve elektrik motoru) gelen gücün tahrik tekerlerine düzgünce iletilmesi için karmaşık mekanik elemanlara ihtiyaç vardır.
Tahrik ekipmanları azami gücü karşılayabilecek şekilde boyutlandırılır	Sistem sessiz çalışmamaktadır.
Güç sisteminin maliyeti yüksek ve ağırdır.	-

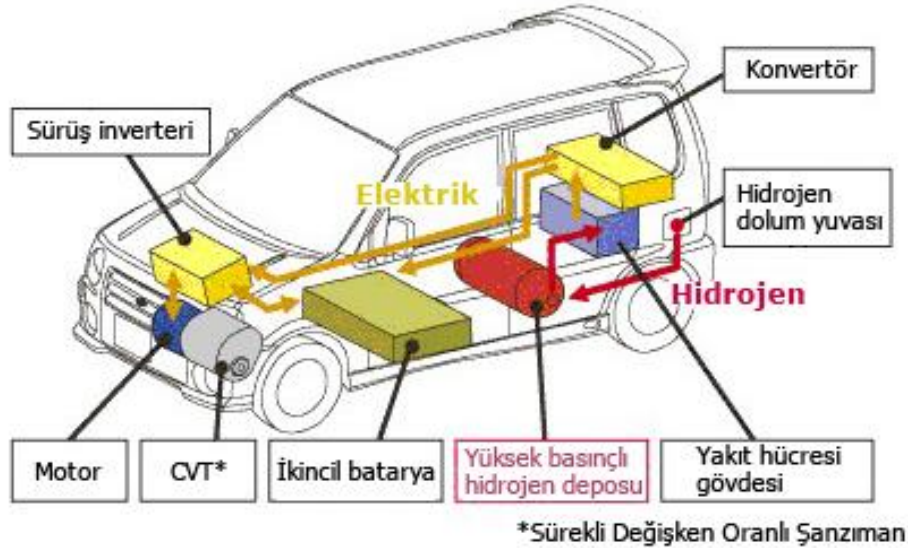
Günümüzde seri hibrit sistem şehir içi otobüslerde, elektrikli otomobillerde ve lastik tekerlekli vinçlerde tercih edilirken, paralel hibrit sistem yüksek hızlarda uzun süre çalışan kamyonlarda ve deniz araçlarında tercih edilmektedir (Gören, 2011).

2.3. Yakıt pilli elektrikli araçlar

Sir William Grove ilk yakıt pili çalışmalarını 1838 yılında H_2-O_2 pili üzerinde yapmış ve suyu elektroliz edip ters reaksiyonunu inceleyerek sabit akım ve gücün üretildiğini gözlemlemiştir. Yakıt pilinin ilk kullanımı ise 1958 yılında NASA tarafından Space Shuttle, Apollo ve Gemini uzay gemilerinde yakıt maksatlı olmuştur (Çetinkaya ve Karaosmanoğlu, 2003). Son zamanlarda yakıt pillerine duyulan ilgi EA ve sabit güç sistemleri gibi

diğer alanlarda da hızla artarak devam etmektedir (Husain, 2003).

Yakıt pillerinin görevi elektrokimyasal reaksiyonun değişme enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmektir. Yakıt pilleri, batarya gibi enerjiyi depolamaktan çok enerji üretir ve bu esnada temel yakıt olarak hidrojen kullanılır (Kuşdoğan, 2009). Hidrojenin üretilmesi, taşınması ve depolanması bir sorun olmakla birlikte (Larminie ve Lowry, 2003) yakın zamanda da bu sorunun çözülebileceği düşünülmektedir (Truckenbrodt, 2004). Yakıt pilli EA'lar, tümü EA'lardaki saatler alan batarya şarj süresi ve kısa menzil problemlerine karşı geliştirilmiştir. İçinde barındırdığı sistem ile ihtiyaç duyduğu enerjiyi anında üretmektedir (Öztürk, 2013).



Şekil 7. Yakıt pilli EA (Anonim, 2014c)

Yakıt pilli EA'ların menzili, konvansiyonel araçlara benzer bir şekilde yakıt tankındaki yakıt miktarına bağlıdır. Bu araçlar yakıt depolama sistemi, yakıt pili kontrol ünitesi, güç işlemci ünitesi kontrolü ve tahrik sistemlerini de içinde barındırmaktadır (Ünlü ve ark., 2003). Yakıt pilli EA'larda seri üretime geçmeden önce üretim, yakıt depolama, işletme ve altyapı maliyetlerinin

düşürülmesi, elektriksel stabilite, yakıt sistemleri, güvenilirlik ve bakım gibi bir takım teknik ve ekonomik sorunların giderilmesi gerekmektedir (Romm, 2006; Ünlü ve ark., 2003).

Ayrıca yüksek verim, doğrudan enerji dönüşümü, düşük emisyon ve gürültü seviyeleri (Ünlü ve ark., 2003), atık

ısının toplanabilir olması, hızlı yeniden dolun (Kuşdoğan, 2009) bu araçların avantajları arasındadır. Yakıt pilleri enerji tasarrufu sağlayan bir güç kaynağı gibi kullanılmakla birlikte yüksek verimleri sayesinde gelecekteki EA sahiplerinin ilgisini çekeceği düşünülmektedir (İçingür, 2009). Son olarak, yakıt

pillerin kullanımı fazlaca teknik bilgi ve ileri teknoloji gerektirmekte olup pahalı bir sistem olduğu ve tam verimle çalışabilmesi için uzunca bir tecrübe gerektirdiği belirtilmektedir (Çetinkaya ve Karaosmanoğlu, 2003). EA çeşitlerinin farklı kategorilerdeki teknik özellikleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Tümü-elektrikli/ hibrid elektrikli ve yakıt pilli araç tipleri (ÜNLÜ ve ark., 2003).

EA ÇEŞİTLERİ	TÜMÜ EA	HİBRİT EA	YAKIT PİLLİ EA
Tahrik	Elektrik motorlu tahrik	Elektrik motorlu İYM'lu tahrik	Elektrik motorlu tahrik
Enerji Sistemi	Batarya Süperkapasitör	Batarya Süperkapasitör İYM üretim birimi	Yakıt pilleri
Enerji Kaynağı ve Altyapı	Elektrik şarjı	Benzin Elektrik şarjı Alternatif Yakıtlar	Benzin Elektrik şarjı Alternatif Yakıtlar
Karakteristikler	0 emisyon 100-200 km kısa menzil Pazarda mevcut	Çok düşük emisyon Normal menzil Pazarda sınırlı	Çok düşük emisyon H depolama
Ana Sorunlar	Batarya teknolojisi Şarj özellikleri	Batarya teknolojisi Enerji yönetimi	Yakıt pili teknolojisi H teknolojisi

3. ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN ŞARJ TEKNİKLERİ

Bir bataryanın tasarımı, şarj durumu, sıcaklığı, önceki çevrim geçmişi ve kullanımı gibi etkenler bataryaların şarj ve deşarj olma durumlarını etkilemektedir. Bataryaların kısa sürede şarj olabilmesi için maksimum şarj akımına ihtiyacı bulunmakla birlikte bu akım değeri bataryaya herhangi bir zarar vermeden şarj cihazı ve bataryanın limitleri çerçevesinde uygulanmalıdır (Satılmış, 2011). Şarj cihazları elektrik şebekesinden çektikleri enerjiyi elektrikli araçların ihtiyacı olan forma dönüştürerek bataryaya güvenli bir şekilde iletilmesini sağlamaktadır (Yazıcı ve Özdemir, 2013). EA'larda yüksek güç yoğunluğu gerektiren durumlarda Lityum-lyon veya Nikel Metal Hidrat (NiMH) bataryalar tercih edilmektedir (Graham, 2001; Moseley ve ark., 2007).

3.1. Batarya şarj yöntemleri

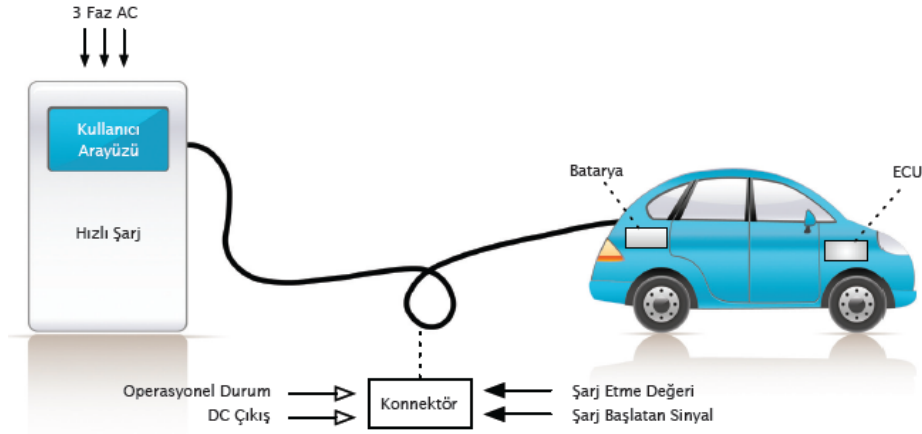
Elektrikli araçları şarj etme yöntemleri seviye 1, seviye 2 ve seviye 3 olmak üzere üç ana gruba ayrılmaktadır (Cogen, 2010; Morrow ve ark., 2008). Bu yöntemlere ilave olarak kablosuz şarj tekniği (Satılmış, 2011) ile batarya değiştirme (QuickDrop) tekniği de eklenmiş olup, son zamanlarda yapılan çalışmalar arasında yer almaktadır (Erhan ve ark., 2013).

Seviye 1 şarj yönteminde araçlar genellikle konutlarda veya iş yerlerinde park halinde olup uzun süre şarj edilme imkanları vardır. Bu nedenle yavaş şarj yöntemi olarak da bilinmektedir. Şarj süresi yeterince uzun

olduğundan dolayı elektrik şebekesine çok fazla yüklenilmemektedir (Yağcıtekin ve ark., 2011). Tek faz enerjiden beslenen bu yöntem 120-220 V AC gerilim, 1.2-3.8 kW güç değeri, 15-20 A devre akımı ve 5-12 saatlik şarj süresine sahiptir (Şen ve ark., 2011).

Seviye 2 şarj yöntemi şehirlerarası yollar ve otobanlar hariç havaalanlarından üniversitelere kadar kurulmasında sakınca olmayan bir istasyon modelidir. 1-4 saatlik zaman diliminde orta hızda şarj etme imkanı sunar. Bu model 208-240 V AC, 3.8-15 kW güç değeri ve 20-80 A'lık devre akımına sahiptir (Şen ve ark., 2011). Bu yöntemde elektrik çarpmasını önlemek için taşıt ile şarj ünitesi arasına toprak koruma iletkeni bağlanır (Yağcıtekin ve ark., 2011).

Seviye 3 şarj yöntemi hızlı şarj etme yöntemidir (Morrow ve ark., 2008; Kezunovic ve ark., 2011) ve şarj etme süresi 15-30 dk arasındadır. Bu üniteler acil enerji ihtiyacının olduğu kısa süreli mola yerleri gibi noktalara montajlanarak bataryayı kısa sürede şarj etme imkanı sunmakta olup (Erhan ve ark., 2013) gelecekte benzin istasyonlarının yerini almaya aday gösterilen ünitelerdir (Anonim, 2014d). Hem AC hem de DC modeli vardır. Şarj ekipmanları AC modelinde araca montajlıyken DC modelde araç üzerinde değildir. AC veya DC modellerine bağlı olarak haberleşme ve ücretlendirme işlemlerinin yanı sıra batarya şarjı için gereken ekipmanlar da araç üzerinde veya istasyonda olabilmektedir (Şen ve ark., 2011). Şarj istasyonu tipleri ve teknik özellikleri Tablo 4'te verilmiştir.



Şekil 8. Hızlı şarj ünitesi (Anonim, 2014e)

Tablo 4. Şarj istasyonu tipleri ve özellikleri (Şen ve ark., 2011)

Parametre	ŞARJ İSTASYONU TİPLERİ			
	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3	Seviye 3 (DC)
Gerilim Değeri	120 – 220 VAC	208 – 240 VAC	208 – 240 VAC	600 VDC
Güç Seviyesi, kW	1.2 - 3.8	3.8 - 15	>15 - 96	> 15 - 240
Akım Değeri, A	15 - 20	20 - 80 A	> 85 A	
Şarj Süresi, h	5 - 12	1 - 4	0.25 – 0.50	

Tablo 5. Tiplerine göre şarj istasyonlarının kuruldukları yerler (Şen ve ark., 2011).

Yerleşim Birimleri		Şarj İstasyon Tipi		
		Seviye 1	Seviye 2	Seviye3
Konutlar	Müstaki Evler	✓	✓	-
	Apartmanlar	✓	✓	-
Ticari/ İş Merkezleri	Özel Mülkler (Ofisler, iş yerleri)	✓	✓	-
	Perakende/ Ticari (Filo ve dağıtım hizmetleri)	✓	✓	-
	Kamu Alanları (Havaalanları, Oteller, Marketler, Hastaneler, Alışveriş Merkezleri vb.)	✓	✓	✓
	Hükümet, Üniversiteler, Belediye Tesisleri	✓	✓	-
	Bağlantı Geçiş Noktaları	-	✓	✓
	Benzin İstasyonları	-	✓	✓
	Park Alanları	✓	✓	✓
Topluma Açık Alanlar	Cadde	-	✓	✓
	Şehirlerarası Yollar, Otobanlar	-	-	✓

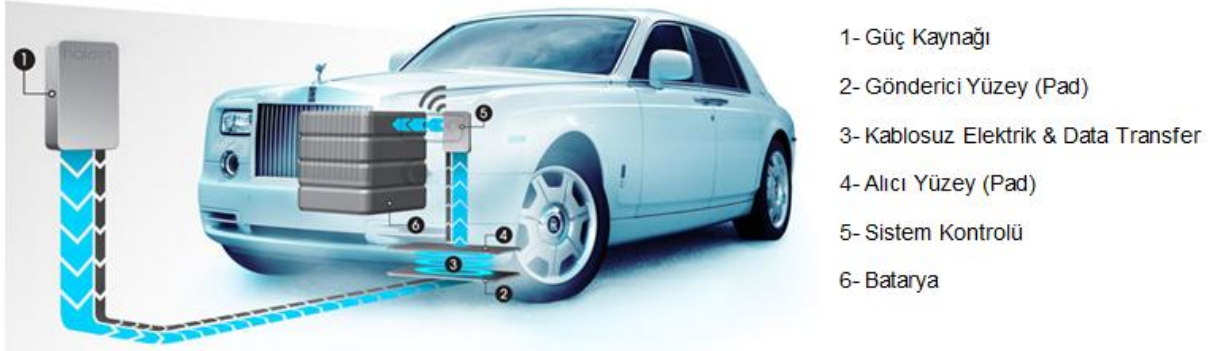
3.2. Kablosuz şarj

Bu teknik batarya şarjı konusunda kablo bağlantılı olanlara kıyasla daha uygun bir yöntemdir. Araç zemine

montajlanan şarj yuvasının üstüne park edildiğinde şarj işlemi kendiliğinden başlamaktadır. Her hangi bir kablo bağlantısı olmadığından dolayı eskimiş kablolar, fişler, prizler ve araçlardan sarkan kablolar bulunmaz ve bu

elemanlardan doğacak olan risk doğal olarak ortadan kalkmaktadır (Şekil 9). Kablosuz şarj yöntemi bu özellikleri sayesinde geleneksel kablolu şarj

yöntemlerine kıyasla dikkate değer bir alternatiftir (Yazıcı ve Özdemir, 2013).



Şekil 9. Kablosuz şarj yöntemi (Anonim, 2014e)

Bu yöntemde primeri ve sekonderi parçalarına ayrılabilen yüksek frekanslı bir transformatör kullanılarak araca şarj gücü transferi yapılmaktadır. Aracın dışında ve güç tarafında bulunan primer sargı ile araç üzerindeki sekonder sargı birleştirilerek şarj işlemi başlatılır. Primer kısmındaki düşük şebeke frekansı dönüştürücüler ile 80–300 kHz'lik yüksek frekansa çevrilir. Sekonder kısmında manyetik yol ile indüklenen yüksek frekanslı emk araçtaki doğrultudan geçirilerek doğrultulur ve batarya kablosu ile araç bataryası şarj edilmeye başlanır. Bu teknikte enerji iletimi manyetik yol ile yapıldığı için yüksek güçlü şarj cihazları için daha güvenlidir (Satılmış, 2011). Birçok uzman bu yöntemin gelecekte popüler bir teknik olacağını düşünmekte olup sistemin geliştirilmesi için ABD, Avrupa, Japonya ve Çin'de çalışmalar hızla devam etmektedir (UKIP, 2011b). Sistemin dezavantajları arasında veriminin düşüklüğü, güç üretiminin kompleks bir hal olması ve altyapı maliyetleri sıralanabilmektedir (Yılmaz ve Krein, 2012).

3.3. Batarya değiştirme (QuickDrop)

EA'ların menzilleri batarya kapasiteleri ilişkili olup, İYM araçlara kıyasla daha kısadır. İYM araçlar yakıt ihtiyaçlarını kısa dakikalar içerisinde temin ederken aynı durum EA'lar için geçerli değildir. EA'ların batarya şarj süresi saatler almaktadır. Bataryası boşalmış EA'lar için şarj esnasındaki uzun bekleyiş vakit sıkıntı olan kişiler için bir sorun teşkil etmektedir. Bu durumu dikkate alan uzmanlar deşarj olmuş bir bataryayı tam dolu bir batarya ile batarya dolum istasyonlarında 90 saniye gibi kısa bir sürede (Anonim, 2014g) değiştirebilmektedir. Batarya değişim istasyonunda ilk olarak sistem tarafından verilecek tanımlama bilgileri kontrol edilir ve aracın alt kısmı temizlenerek kurutma işleminden geçirilir. Otomasyon kontrollü hidrolik sistem araçtaki deşarj olan bataryayı çıkarır ve hazırda beklettiği şarj edilmiş olan diğer bataryayı araca montajlar. Araçtan indirilen deşarj olmuş batarya sistem aracılığıyla testlerden geçirilerek soğutuculu şarj ünitesine kaldırılır. Deşarj olan batarya 3 fazla beslenen 50 kW'lık bir enerji ile 30 dakikada tam şarj edilir (Yazıcı ve Özdemir, 2013). Bu sistemde enerji ihtiyacını karşılayabilmek için batarya sayısı araç

sayısından daha fazla olmalıdır, hatta iki katına kadar çıkabileceği düşünülmektedir. Bataryalar elektrikli araçların en pahalı parçaları olduğundan dolayı bu durumun mali açıdan araç fiyatlarına yansması beklenmektedir. Bataryalarda çevre açısından zararlı olabilecek bileşenler bulunabilmektedir. Bu sisteminde araç sayısından çok daha fazla sayıda batarya piyasaya sürüleceği düşünülürse bir hayli miktarda zararlı kimyasalların üretilmesi söz konusu olacaktır (Erhan ve ark., 2013).

4. ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA KULLANILAN ELEKTRİK MOTOR TİPLERİ

EA tahrik sistemlerinde DC motor, AC motor, daimi mıknatıslı motor, anahtarlamalı relüktans motor (Ünlü ve ark., 2003) ve senkron motor (Kuşdoğan, 2009) olmak üzere başlıca beş motor yaygın olarak kullanılmaktadır. EA teknolojilerinde asenkron motor ve anahtarlamaları relüktans motor en güvenilir motor tipleri olup az bakım gerektirirler (Nanda ve Kar, 2006). Asenkron motorlar tek ve üç fazlı olarak üretilirlerken, yüksek güç talep edilen EA modellerinde üç fazlı tipleri tercih edilmektedir. Tümü EA ve hibrit EA'larda kullanılan elektrik motorlarında aranan özellikler aşağıda listelenmiştir (Husain, 2003; Ünlü ve ark., 2003);

- Yüksek verim
- Yüksek anlık güç ve güç yoğunluğu,
- İlk kalkınma durumu ve tırmanışlarda düşük hızlarda yüksek moment,
- Normal seyirde yüksek hızlarda yüksek güç,
- Düşük; gürültü seviyesi, elektromanyetik parazitlenme, maliyet
- Geniş hız aralığında sabit güç ve sabit moment bölgelerinin var olması,
- Hızlı moment tepkisi,
- Hız ve momentin geniş aralıklı olduğu durumlarda yüksek verim,
- Geri kazanımlı frenlemelerde yüksek verim,
- Farklı ortamlarda çalışmalar için yüksek sağlamlık ve güvenilirlik,

Tümü-elektrikli ve HEA'larda kullanılmak üzere birçok elektrik motor tipi günümüze kadar denenmiştir. İlk

zamanlarda kontrolünün kolaylığından dolayı DC motorlar tercih edilirken, günümüz teknolojisi ile güç elektroniğinde yaşanan gelişmeler doğrultusunda AC motorlar ilgi odağı olmuştur. DC motorlara olan ilginin azalmasında fırça-kolektör bakımının rolü çok büyüktür. Güç elektroniği ve kontrol yöntemlerindeki gelişmeler doğrultusunda AC motorun hız kontrolü sorun olmaktan çıkmıştır (Ünlü ve ark., 2003). Öyle ki, son zamanlarda yüksek sürüş performansları için yeni çok seviyeli bir evirici modeli düşük maliyetli olarak tasarlanarak, AC

motor üzerinde sürüş performansı incelenmiş ve literatüre kazandırılmıştır (Kerem, 2012).

Tablo 6'da EA'larda kullanılan elektrik motorlarının farklı kategorilerdeki karşılaştırılması yapılarak toplam puanları verilmiştir. Puanlamalar incelendiğinde daimi mıknatıslı motorların diğerlerine kıyasla önde olduğu anlaşılmaktadır. Oysaki karmaşık yapısı ve mıknatıs maliyetleri de hesaba katıldığında yüksek bir maliyet tutmakla birlikte, bu motor yerini asenkron motora bırakmaktadır (Kuşdoğan, 2009).

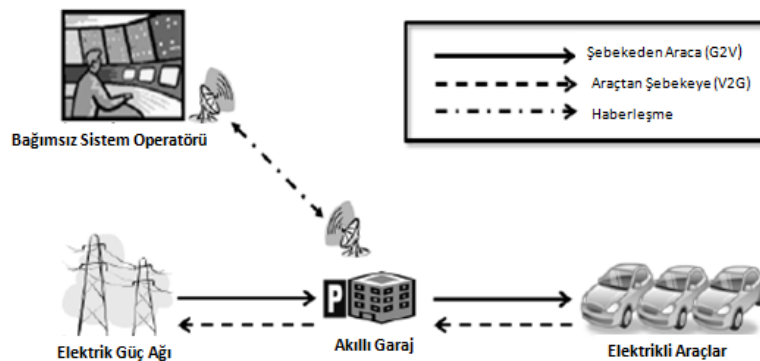
Tablo 6. Farklı motor tiplerinin karşılaştırılması (Kuşdoğan, 2009).

	Asenkron Motor	Daimi Mıknatıslı Motor	Anahtarlama lı Relüktans Motor	DC Motor	Senkron Motor
Motor boyut kütle	0	+	0	-	0
Yüksek Hız	+	+	+	-	-
Dayanıklılık/Bakım	+	0	+	-	-
Verim	0	+	0	-	0
Kontrol edici boyut kütle	0	0	0	+	0
Kontrol edilebilirlik	+	+	-	+	0
Güç aletleri sayısı	0	0	+	+	0
Dayanıklılık	0	0	0	0	0
TOPLAM	+++	++++	++	-	--

5. ELEKTRİKLİ ARAÇ TEKNOLOJİLERİNİN GELECEK ÖNGÖRÜLERİ

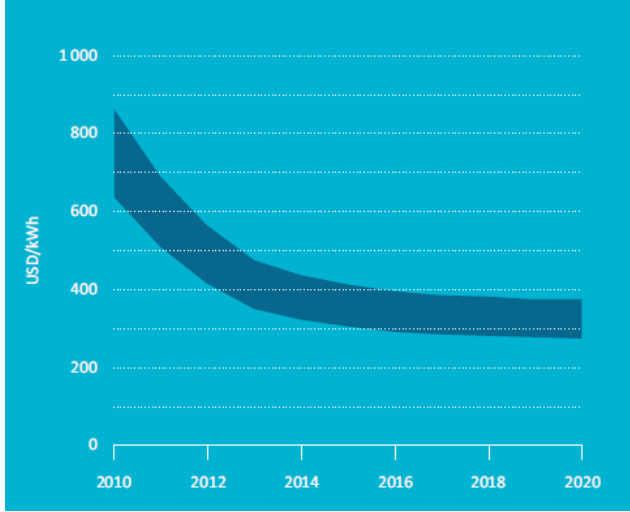
Gelecekte şehirlerdeki EA sayısı bir hayli fazla olacağı ve bu araçların aynı şebekeden besleneceği düşünüldüğünde, araçların şebekeye bağlı kaldıkları sürece enerji depolama üniteleri olarak kullanılmaları fikri ortaya çıkmıştır. EA'ların çoğu şarj olmak için şebekeye geceleri bağlanacaktır. Böylece gece saatlerinde üretim fazla tüketim az olacağı için elektrik enerjisi birim fiyatı azalacaktır. Bu durumda araç sahibi bataryasını ucuz enerji ile doldurup, enerjiye yoğun talep olduğu dönemde depoladığı enerjiyi yüksek fiyatla şebekeye tekrardan satabilecektir. Araçlarda bu çalışmayı kontrol edip denetim altında tutacak akıllı şarj/deşarj sistemlerinin araçlara montajlanması planlanırken (Gören, 2011) bir yandan da akıllı garajlar

(Şekil 10) üzerinde çalışmalar başlamıştır (Kezunovic ve ark., 2011). Bu yeni teknoloji akıllı garaj ismiyle, ulaştırma ağı ve elektrik güç sistemleri arasında yeni bir ara yüz sunmaktadır. Bu garaj EA'lar için G2V işlemini içine alan bir şarj servisi ve elektrik güç ağı için bir yan hizmet olan V2G'yi içinde barındırmaktadır. Akıllı garaj operatörü elektrik ticaret fiyatlarını elde etmek veya mevcut elektrik enerjisi miktarını bildirmek için bağımsız bir sistem operatörü ile iletişim kurmaktadır (Kezunovic ve ark., 2011). Elektrikli araçların G2V ve V2G konseptleri sayesinde şebekeye bağlanmasıyla iki yönlü güç akışı imkanı ortaya çıkmıştır. Güç akışının şebekeden araca doğru olması durumunda şarj (G2V), araçta depolanan gücün şebekeye aktarılması durumunda ise deşarj (V2G) olarak adlandırılmaktadır (Verim ve ark., 2013).



Şekil 10. Akıllı garaj arayüzü (Kezunovic ve ark., 2011).

EA'ların en pahalı parçaları bataryalarıdır (Erhan ve ark., 2013). EA'larda kullanılan bataryaların maliyeti 2010 yılında ortalama 750\$/kWh iken 2012'de ortalama 500\$/kWh ve 2014'te ise ortalama 380\$/kWh seviyelerine düşmüştür (Şekil 11). 2020 yılında ise bu fiyatın ortalama 300\$/kWh'a kadar düşeceği tahmin edilmektedir (IEA, 2013). Yaşanılacak olan bu düşüşün EA birim maliyetine yansıtacağı ve böylece EA pazarında alım gücünü kolaylaştıracağı düşünülmektedir.



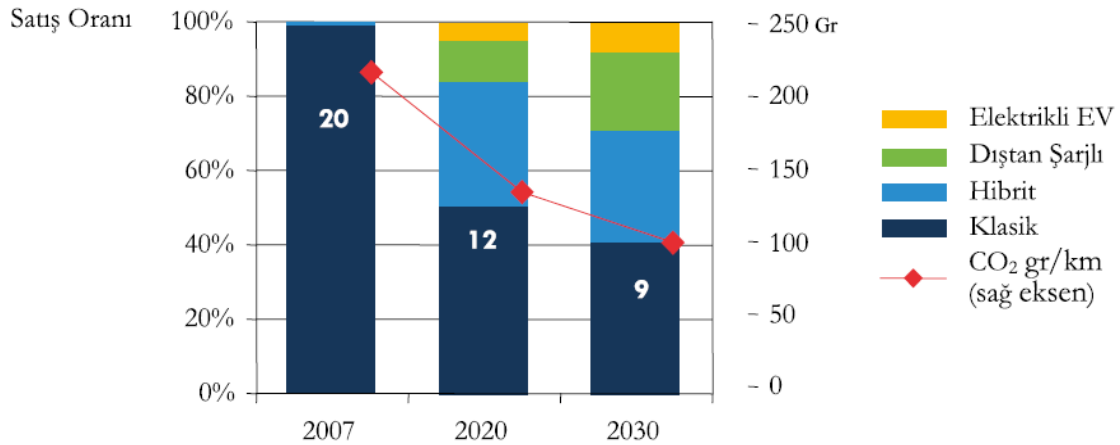
Şekil 11. EA batarya tahmini fiyatları (IEA, 2013).

Bunlara ilaveten, Japonya "Yeni Enerji ve Endüstriyel Teknoloji Geliştirme Organizasyonu (NEDO)" şuan ki

mevcut batarya teknolojilerinden 10 kat daha uzak menzilli (1600km) olacak yeni nesil batarya teknolojisini 2030'a kadar tamamlamayı hedeflemektedir (Zhou ve ark., 2010).

2020'de dünyada yaklaşık toplam 100 milyon aracın satılması beklenirken bunlardan 13 milyon tanesinin EA'lardan oluşacağı (2 milyon olacağını öngören araştırmalarda bulunmakta) öngörülmektedir. Almanya 2020'ye kadar 1 milyon EA'a sahip olmayı amaçlarken, Çin 4 milyon EA'yı hedeflemektedir (Zhou ve ark., 2010). İklim Değişikliği Komitesi İngiltere için 2020'ye kadar 1.7 milyon EA'ya ulaşmayı önermektedir (Postnote 365, 2010). Amerika ile ilgili yapılan araştırmalara göre 2020'li yıllarda tüm yeni ulaşım araçlarının %10'unda elektrik şarj fişi soketleri bulunacağı, 2030'da tüm araçların %20'sinden fazlasını EA 'ların oluşturacağı, 2035'li yıllarda tüm yeni ulaşım araçlarının %5'inde hidrojenin yakıt olarak kullanılacağı ve tüm yeni araçların %50'sinden fazlasında İYM'ların halen kullanılmaya devam edeceği düşünülmektedir (Anonim, 2014h). Hindistan ise 2020'ye kadar 6 milyon EA'yı caddelerinde görmeyi amaçlamaktadır (IEA, 2013).

Dünya'da satılması planlanan araçların türleri ve ortalama CO₂ salınım değerleri Şekil 12'de verilmiştir. Ayrıca yakın gelecekte HEA modelleri, orta vadede menzilli yükseltilmiş HEA ve tümü EA, uzun vadede ise tümü EA ve yakıt pilli EA'ların yaygınca kullanılacağı düşünülmektedir (Demir ve ark., 2012).



Şekil 12. Dünya'da satılması planlanan araçların türlerine göre dağılımı ve ortalama CO₂ salınım miktarları (Tuncay ve Üstün, 2012)

6. SONUÇLAR

Yapılan bu çalışmada EA'ların tarihçesinden son üretim teknolojisine kadar değinilmiştir. Tasarım ve üretim aşamasında olan EA konfigürasyonları, kullanılan elektrik motor tipleri ve batarya şarj istasyonları incelenerek EA'ların geleceği ile ilgili ön görüleri yer verilmiştir.

Dünya çapında EA teknolojisindeki elektrik motoru, batarya teknolojisi, güç aktarım sistemleri, güç

elektronik ve kontrol sistemleri vb gibi alanlarda gelişmeler yaşandıkça EA'lara olan talebin artacağı düşünülmektedir. EA'ların yaygın bir şekilde kullanıma başlanması doğaya salınan zararlı gaz miktarlarını düşürürken çevre kalitesinde olumlu gelişmeler yaşatacağı ve petrol gibi tükenmekte ve pahalı olan enerji kaynaklarına olan bağımlılığı azaltacağı aşikardır.

EA'ların önümüzdeki birkaç sene satın alma fiyatlarının halen yüksek, araç modellerinin sınırlı ve bataryalarının ise 160 km (tümü-EA için) gibi düşük menzilli olacağı

düşünülmektedir. Bu bağlamda batarya ağırlığı ve şarj ömürlerine de dikkat çekilmelidir. Ev veya iş yerlerine kurulacak olan kişisel batarya şarj istasyonlarının yatırım maliyetlerinin yüksek olması EA'lara erişim imkânını kısıtlayabilecektir. Kamuya açık yerlere kurulacak olan şarj istasyonlarının gerekli alt yapı hazırlıklarının yapılıp şebeke güvenlik önlemlerinin alınarak sayılarının artırılması ve yaygınlaştırılması, EA temininde yapılacak yasal düzenlemeler, teşvikler ve vergi indirimi/ muafiyetlerinin EA'lara olan talebi artıracığı öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

- Anonim, (2014a). http://www.siemens.com/history/en/news/1071_trolleybus.htm Erişim Tarihi: 03.01.2014
- Anonim, (2014b). http://www.mercedes-benz.com.au/content/australia/mpc/mpc_australia_website/en/home_mpc/passengercars/home/passenger_cars_world/heritage/125years/1886.html Erişim Tarihi: 04.01.2014.
- Anonim, (2014c). <http://www.daihatsu.com.tr/cevre-politikasi.html> Erişim Tarihi: 02.01.2014
- Anonim, (2014d). <http://enerjienstitusu.com/2012/06/21/elektrikli-araca-ne-kadar-haziriz/> Erişim Tarihi: 04.01.2014
- Anonim, (2014e). http://www.arup.com/Projects/HalolPT/HalolPT_RollsRoyce.aspx Erişim Tarihi: 02.01.2014
- Anonim, (2014f). <http://esarj.com/files/docs/esarj-hizli-sarj-istasyonu.pdf> Erişim Tarihi: 05.01.2014
- Anonim, (2014g). <http://www.teslamotors.com/batteryswap> Erişim Tarihi: 02.01.2014
- Anonim, (2014h). <http://web.stanford.edu/class/me302/PreviousTerms/Future%20Automobile%202010-09-21.pdf> Erişim Tarihi: 05.01.2014
- Chan, C.C. (2013). The rise & fall of electric vehicles in 1828–1930: lessons learned, *Proceedings of the IEEE*, 101(1):206 – 212.
- Cogen, J. (2010). Report of the alternative fuel vehicle insfructure of working group, Oregon State Reports, USA
- Çetinkaya, M., Karaosmanoğlu, F. (2003). Yakıt pilleri, *TMMOB Tesisat Mühendisliği Dergisi*, Mayıs-Haziran Syf:18-30.
- Demir, A., Gümü, M., Sayın, C., Boztoprak, Y., Yılmaz, M. (2012). Geçmişten günümüze otomobil teknolojileri, *Mimar ve Mühendis Dergisi*, 64: 60-63.
- Erhan K., Ayaz M., Özdemir E. (2013). Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Güç Kalitesi Üzerine Etkileri. Akıllı Şebekeler ve Türkiye Elektrik Şebekesinin Geleceği Sempozyumu. 26-27 Nisan, Ankara
- Ertaç, Y. (2008). Elektrikli araçların tasarımı ve simülasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- Gören, E. (2011). Hibrid ve elektrikli araçlar ile toplu ulaşımda enerji verimliliği, 2. Ulusal Enerji Verimliliği Forumu ve Fuarı Bildiriler Kitabı, 13-14 Ocak, 2011, İstanbul, Türkiye, syf: 28-32
- Graham R. (2001). Comparing the benefits and impacts of hybrid electric vehicle options, Final Report July 2001, USA
- Husain I., (2003). Electric and Hybrid Vehicles Design Fundamentals, CRC Press New York Washington, D.C.
- IEA (2013). Tracking Clean Energy Progress 2013, IEA Input to the Clean Energy Ministerial, OECD/IEA, 2013
- İçingür Y., Kireç L. (2009). Taşıtlar için alternatif enerji sistemi olan polimer elektrolit membran yakıt pili yapımı-prototip tasarımı ve parametrik olarak incelenmesi, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), 13-15 Mayıs, 2009, Karabük, Türkiye
- Kerem, A. (2012). 6 anahtarlı 3-seviyeli evirici tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- Keskin, A. (2009). Hibrid taşıt teknolojileri ve uygulamaları. *Mühendis ve Makine*, 50(597):12-20.
- Kezunovic, M., Baldick, R., Damjanovic, I., Pang, C., Kim, S., Tuttle, D., Peydaayesh, M. (2011). PHEVs as dynamically configurable dispersed energy storage, Final Project Report, Texas A&M University, August 2011, USA.
- Kuşdoğan, Ş. (2009). Elektrikli otomobillerde enerji depolama sistemlerindeki gelişmeler. *Mühendis ve Makine*, 50(596):2-11.
- Larminie, J., Lowry, J. (2003). Electric vehicle technology explained, John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England
- Leitman, S., Brant, B. (2008). Build your own electric vehicle, The McGraw-Hill Companies Second Edition, USA
- Morrow, K., Karner, D., Francfort, J. (2008). Plug-in hybrid electric vehicle charging infrastructure review, Final Report, U.S. Department of Energy Vehicle Technologies Program – Advanced Vehicle Testing Activity, November 2008, USA
- Moseley, P. T., Bonnet, B. Cooper, A., Kellaway, M.J. (2007). Lead-acid battery chemistry adapted for hybrid electric vehicle duty, *Journal Of Power Sources*, 174(1):49-53.
- Nanda, G., Kar, N.C. (2006). A survey and comparison of characteristics of motor drives used in electric vehicles, Electrical and Computer Engineering, 2006, CCECE '06, Canadian Conference on, IEEE, pp: 811 – 814.
- Öztürk, T. (2013). Asenkron motor ile sürülen elektrikli aracın modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- Postnote 365 (2010). Electric Vehicles, Houses of Parliament, Parliamentary Office of Science & Technology, October 2010
- Room J. (2006). The car and fuel of the future. *Energy Policy*, 34(17) 2609–2614.
- Satılmış, O., Meşe, E. (2011). Elektrikli ve hibrit elektrikli araçlar için batarya şarj cihazları,

- Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu, 2011, Elazığ, Türkiye, Cilt: 2, Syf: 137-142
- Sayın, A.A., Yüksel, İ. (2011). Elektrikli Renault Fluence aracı, lityum-iyon bataryasının modellenmesi ve batarya yönetimi, *Mühendis ve Makine*, 52(616):75-82.
- Singh, M. (2013). Green energy for metropolitan transport, *International Journal on Power Engineering and Energy (IJPEE)*, 4(1):338-342.
- Şen, G., Boynuegri A.R, Uzunoglu M. (2011). Elektrikli araçların şarj yöntemleri ve araçların şebekeyle bağlantısında karşılaşılan problemlere yönelik çözüm önerileri, Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu FEBE 2011, Fırat Üniversitesi-Elazığ, 5-7 Ekim 2011.
- Truckenbrodt, A. (2004). Fuel cell vehicles for future car concepts, Convergence International Congress & Exposition on Transportation Electronics, Detroit, USA
- Tuncay N., Üstün Ö. (2012). Elektrikli araçlarda geçmişten geleceğe bakış, MÜSİAD Otomotiv Sektör Kurulu Raporu, İstanbul, Haziran 2012
- Tuncay, N. R., Üstün Ö. (2005). Otomotiv elektroniğindeki gelişmeler, Çağrılı Bildiri, IX Otomotiv ve Yan Sanayii Sempozyumu, Bursa, syf: 27-28.
- UKIP, (2009). Electric & Hybrid Vehicle Technology International, Annual 2009, Surrey, UK, pp:99
- UKIP, (2011a). Electric & Hybrid Vehicle Technology International, January 2011, Surrey, UK, pp:13
- UKIP, (2011b). Electric & Hybrid Vehicle Technology International, July 2011, Surrey, UK, pp:38
- UKIP, (2014). Electric & Hybrid Vehicle Technology International, January 2014, Surrey, UK, pp:40
- Ünlü, N., Karahan, Ş., Tür, O., Uçarol, H., Özsu, E., Yazar, A., Turhan, L., Akgün, F., Tırıs, M. (2003). Elektrikli Araçlar, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü, Gebze.
- Verim, İ., Açarken, B., Yağcıtekin, B., Uzunoğlu, M. (2013). Elektrikli araçların dağıtılmış enerji üretim/depolama sistemi olarak değerlendirilmesi, 5. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu EVK'13, 23-24 Mayıs, Kocaeli.
- Yağcıtekin, B., Uzunoğlu, M., Karakaş, A. (2011). Elektrikli araçların şarjı ve dağıtım sistemi üzerine etkileri, Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu FEBE 2011, Fırat Üniversitesi-Elazığ, 5-7 Ekim 2011
- Yazıcı, V., Özdemir, E. (2013). Elektrikli araç şarj yöntemleri, 5. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu, 23-24 Mayıs 2013 Kartepe Kocaeli, Syf: 288-292
- Yılmaz, M., Krein, P. T. (2012). Review of charging power levels and infrastructure for plug-in electric and hybrid vehicles, Electric Vehicle Conference (IEVC), 2012 IEEE International, 4-8 March 2012, pp: 1 – 8
- Zhou, L., Watts, W. J., Sase, M., Miyata, A. (2010), Charging Ahead: Battery Electric Vehicles and Transformation of an Industry, *Deloitte Review* 7: 4-17.
-