



Sektör Raporları

MÜSTAKİL SANAYİCİ ve İŞADAMLARI DERNEĞİ

ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA GEÇMİŞTEN GELECEĞE BAKIŞ



OTOMOTİV
SEKTÖR KURULU
RAPORU



OTOMOTİV SEKTÖR KURULU RAPORU

ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA GEÇMİŞTEN GELECEĞE BAKIŞ



MÜSİAD

MÜSTAKİL SANAYİCİ VE İŞADAMLARI DERNEĞİ

Sütlüce Mah. İmrahor Cad. No: 28 34445 Beyoğlu-İSTANBUL

Tel: +90 212 222 04 06 Faks: +90 212 210 50 82

Elektronik Ağ: www.musiad.org.tr E-posta: musiad@musiad.org.tr

MÜSİAD Araştırma Raporları: 77

**Otomotiv Sektör Kurulu Raporu
Elektrikli Araçlarda Geçmişten Geleceğe Bakış**

Hazırlayanlar

Prof. Dr. R. Nejat Tuncay
Yard. Doç. Dr. Özgür Üstün

Ctp, Baskı ve Cilt

Mavi Ofset
BASIM YAYIN TIC. SAN. LTD. ŞTİ.

Organize Sanayi Bölgesi Eskoop Sanayi Sitesi
C1 Blok No: 25 İkitelli-İSTANBUL
Tel: (0212) 549 25 30 Fax: (0212) 549 26 84
www.maviofset.com

Grafik Tasarım

Mehmet Kaman

Basım Yeri ve Tarihi

İstanbul, Haziran 2012

ISBN 978-605-4383-22-1

©2012. Her türlü yayın hakkı MÜSİAD'a aittir. MÜSİAD'dan izin almak veya MÜSİAD kaynak gösterilmek suretiyle telif mevzuatı çerçevesinde alıntı yapılabilir.

İÇİNDEKİLER

BİRİNCİ BÖLÜM

ELEKTRİKLİ KARAYOLU TAŞITLARINDA GEÇMİŞTEN GELECEĞE BAKIŞ

1. Giriş	11
1.1. Tanımlar	13
1.2. Tarihçe ve Küresel Yönelim	14
1.3. Yirminci Yüzyılın Son Çeyrek Dilimindeki Gelişmeler	16

İKİNCİ BÖLÜM

YIRMİ BİRİNCİ YÜZYIL İTİBARIYLA ELEKTRİKLİ KARA TAŞITLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

2.1. Kara Taşımacılığında Gelecek İçin Öngörüler	19
2.2. Avrupa'da Otomotiv Alanındaki Ar-Ge Çalışmaları	20
2.3. Türkiye'de Otomotiv Alanında Çalışmalarda Bulunan Başlıca Kurum ve Kuruluşlar	21
2.4. Elektrikli Ulaşımın İtici Güç Faktörleri	23

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ELEKTRİKLİ TAŞITLARIN SINIFLANDIRILMASI

3.1. Elektrikli Araç (Ev) ve Seri Hibrit Elektrikli Araç (Shev)	27
3.2. Paralel Hibrit Elektrikli Araç (Pahev)	28
3.3. Seri-Paralel Hibrit Elektrikli Araç (Sphev) ve Kompleks	29
Seri-Paralel Hibrit Elektrikli Araç (Ksphev)	30
3.4. Yoldan Paralel Hibrit Elektrikli Araç (Through The Road)	30

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ELEKTRİKLİ TAŞITLARIN TASARIM BİLEŞENLERİ

4.1. Elektrikli Tahrik Sistemi	33
4.1.1. Elektrik Makineleri	33
4.1.1.1. Mıknatıslı Elektrik Makineleri	33
4.1.1.1.1. Yüzey Mıknatıslı Fırçasız Doğru Akım Makineleri	33
4.1.1.1.2. Gömülü Mıknatıslı Senkron Makineler	34
4.1.2. Güç Elektronik Devreleri	34
4.2. Elektrik Enerjisi Depolama Sistemleri	35
4.2.1. Batarya Teknolojileri	36
4.2.2. Batarya Doldurma Devreleri	36
4.1.1.2. Üç Fazlı Asenkron Makineler	37

BEŞİNCİ BÖLÜM

ŞEBEKE ALTYAPISI VE AKILLI ELEKTRİK GÜÇ SİSTEMLERİ

5.1. Batarya Dolum İstasyonlarının Güç Talebi ve Elektrik Şebekesi	39
5.1.1. Akıllı Elektrik Şebekesi	40

ALTINCI BÖLÜM

TÜRKİYE'DEKİ ELEKTRİKLİ KARAYOLU TAŞITLARI İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR

ELİT-1: Hibrit Elektrikli Araç	41
--------------------------------------	----

YEDİNCİ BÖLÜM

İMALATI VE SATIŞI YAPILAN ELEKTRİKLİ OTOMOBİLLER	42
--	----

SEKİZİNCİ BÖLÜM

SONUÇLAR	51
----------------	----

BAŞKANDAN

Bilindiği üzere otomotiv sanayii, Türkiye'nin itici gücünü oluşturan sanayi dallarımızın en önde gelenlerinden birisidir. Türkiye'nin ihracat kalemleri arasında birinci sırayı almaktadır. Otomotiv fabrikalarında ve otomotiv yan sanayiinde çok sayıda beyaz ve mavi yakalı insan çalışmakta, ortaya çıkan ekonomik katkı Türkiye'nin Gayri Safi Milli Hasılası içerisinde azımsanmayacak bir yer tutmaktadır. Bu nedenle otomotiv sanayimizin önümüzdeki dönemde oluşacak değişikliklere hızla ayak uydurması, hatta bu değişiklikleri belirleyebilecek güce kavuşarak lider konumuna ulaşması hayati önem taşımaktadır. Dünyadaki gelişmelere göz atıldığında, başlıca iki itici gücün tüm sanayi dallarında olduğu gibi, otomotiv sanayisinin de gelişmesini etkileyeceği anlaşılmaktadır. Bu güçlerden ilki enerji diğeri ise çevredir.

Ulaşım sektörünün ana unsurlarından birisi olan kara ulaşımında kullanılan enerjinin ucuz, kaliteli ve sürdürülebilir olması gerekmektedir. Bilindiği gibi petrol kaynakları daralmakta, ham petrolün varil bedeli 100 doların üzerinde seyretmektedir. Otomotiv yakıtı olan benzin ve mazot fiyatları geçmiştekilerle karşılaştırılmayacak oranda yüksektir. Önümüzdeki 30 yıl içerisinde, hem petrol kaynaklarının daralacağı, hem de fiyatların buna paralel olarak artacağı beklenmektedir. Bundan böyle otomotiv yakıtlarının ne ucuz, ne de sürdürülebilir olduğu söylenebilir.

Teknolojiyi belirleyen diğer itici güç olan çevre açısından bakıldığında, durum daha da vahimdir. Karayolu taşıtları tarafından atmosfere salınan sera gazlarının küresel ısınmaya katkı yaptığı bilinmektedir. Bunun yanında zehirli gazlar ve parçacıklar da atmosfere salınmakta, bu durum şehirlerde yaşayan insanların sağlığını olumsuz olarak etkilemekte, doğanın dengesini bozmaktadır.

Elektrikli ve hibrit (karma) elektrikli araçlar, yukarıdaki sorunlar nedeniyle, küresel ısınma ve tükenen fosil yakıtlara karşı etkili alternatif çözümlerden biri olarak gündeme gelmiştir. Elektrikli araçlarda, tekerlekleri döndüren kuvvet, elektrik motorları tarafından sağlanmaktadır. Elektrik tahrik sistemleri, içten yanmalı motorlarla karşılaştırıldığında önemli avantajlara sahiptir. Daha sessizdir, daha yüksek moment üretebilme kabiliyetine sahiptir ve bunlarda atık sera gazı sorunu yoktur.

Bütün bu avantajlara karşın, neden senelerdir kara yolu ulaşımının içten yanmalı motorlarla sağlanmakta olduğu hususu iyice bilinmedikçe, elektrikli araçların kalıcı ticari başarı sağlamasının hangi etmenlere bağlı olduğu irdelenmedikçe, Türkiye için doğru bir yol haritasının oluşturulamayacağı da muhakkaktır.

Teknolojilerin kırılma gösterdiği anlar, birçok firma ve ülke için fırsatlar yaratır. Eğer elektrikli taşıt teknolojisinin, içten yanmalı motor kullanan teknolojinin yerini alması ihtimali varsa buna hazırlı olmak gerekir. Yüksek verimli, düşük maliyetli, hacmi ve ağırlığı küçük ve dayanıklı güç elektroniği, elektrik makineleri, akü batarya teknolojileri ile şarj istasyonları kritik teknolojiler olarak öne çıkmaktadır. Bunların yanında araç gövdesinin ve bileşenlerin tasarımı, araç dinamiği gibi hususlar da önem taşımaktadır.

Yukarıdaki alanlarda Türkiye'nin öncü rolü kazanması, ülke kalkınmasına olumlu etki yapacağı gibi, 2020 ihracat hedefimiz olan 500 milyar dolar dış satım miktarına ulaşılmasına da katkı yapacaktır.

Nail Olpak
Genel Başkan
MÜSİAD

SUNUŞ

Motorlu taşıtlar, insan yaşamına getirmiş olduğu çok sayıda kolaylığın yanı sıra, bazı olumsuzları da beraberinde getirmiştir. Trafikte yaşanan sıkıntılar, park sorunları, daha da önemlisi yüksek karbon salınımı sonucu sera etkisi oluşması ve iklim değişikliği gibi çevresel sorunları ortaya çıkmıştır. Bilhassa çevre sorunları nedeniyle, dünyanın otomobillere uyum sağlama dönemi sona ermiş, şimdi otomobiller dünyaya uyum sağlayacak şekilde yapılmaya başlanmıştır. Fosil kökenli yakıtların azalması ve çevresel beklentilerin artması ile otomobil kavramında ve sanayisinde yeni tanımlar ortaya çıkmıştır. Bundan böyle çevreye duyarlı olmayan hiçbir ürün müşterinin ilgisini çekmeyecek ve çeşitli engellemelerle karşılaşacaktır. Bütün bunlar, otomotivde alternatif yakıt kullanımı konusundaki çalışmalara ivme kazandırmaktadır.

Elektrikli araç kavramı geçtiğimiz on yılda otomobil sektörünün Ar-Ge bölümlerinden prototip atölyelerine geçmiş, bugün de seri üretim bantlarına kadar ilerlemiştir. Özellikle hibrit (karma) elektrikli araçlar, önümüzdeki on yıl içerisinde tüm araç sınıflarında ağırlıklı olarak tercih edilecektir. Elektrikli araç teknolojisini ilk yapım maliyeti yüksek ve menzil kısıtı nedeniyle tam elektrikli taşıtlarda öncelikli olarak küçük ve hafif araçlar öne çıkacak, büyük araçlarda ise daha çok hibrit araçlar yer tutacaktır.

Otomotiv sektörü yapısı itibariyle petro-kimya, demir-çelik, cam-lastik gibi ana sektörlerin en büyük tüketicisi ve bu sektörlerde de teknolojinin geliştiricisi durumdadır. Teknolojik gelişmelerin ortaya çıkardığı yeni imkânlar da kullanılarak yeni nesil araçlar geliştirilmektedir.

MÜSİAD Otomotiv Sektör Kurulu olarak sektörümüzdeki bütün paydaşlarla birlikte görüşmeler ve toplantılar yapıyor, sektördeki sorunların temelden çözümlenmesine katkı sağlamaya çalışıyoruz. 2009 yılından beri, Türk marka yerli bir otomobilin üretilmesi konusunu gündemde tutmaya ve bu hususta kamuoyu oluşturmaya çalıştık. Özellikle petrolde dışa bağımlı olan ve dış ticaret açığının önemli bir kısmını oluşturan sorunların ortadan kalkmasına ve daha temiz şehirlerin oluşmasına katkı sağlayacağına inancımız tamdır. Bu konuda, yüksek menfaatleri olan global petrol şirketleri ve konvansiyonel araç teknolojilerine yatırım yapmış firmaların kısa süreli ticari çıkarlarına yönelik olarak süreci engelleme, uzatma ve zamana yayma eğilimleri ortaya çıkmaktadır. MÜSİAD olarak; Türkiye’de, elektrikli ve hibrit araçlara yönelik altyapının oluşturulması, elektrikli araçların teşvik edilmesi, hatta mevcut araçların dönüşümünü sağlayacak desteklerin sağlanmasının yararlı olacağına inanıyoruz.

Raporun hazırlanmasında katkı sağlayan Prof. Dr. R. Nejat Tunçay ve ekibine MÜSİAD Otomotiv Sektör Yönetim Kurulu'ndan Ahmet Albayrak ve diğer arkadaşlara MÜSİAD çalışanlarına teşekkür eder. Çalışmanın MÜSİAD'a, otomotiv sektörüne ve ülkemize fayda sağlamasını temenni ederim.

Salih Sami Atılgan

MÜSİAD Otomotiv Sektör Kurulu Başkanı

ÖNSÖZ

Elektrikli taşıtlar günümüzün en önde gelen teknolojilerinden biridir. Elektrikli otomobil teknolojisi yoğun bir araştırma-geliştirme konusu ve akademik merak odağı olmasının yanı sıra toplumun da ilgisini yönelttiği bir alan olma özelliğini kazanmıştır. Fosil yakıt rezervlerinin önümüzdeki kırk elli yıl içinde önemli ölçüde azalacağı öngörülmekte, dolayısıyla özellikle ulaşım için alternatif yakıtların kullanılmasının yaygınlaşması planlanmaktadır. Bu amaçla önemli otomobil üreticileri, uluslararası fuarlarda içten yanmalı motorlu modellerinin yanında elektrikli ve hibrit modellerini de sunmaktadırlar. Elektrikli otomobil modellerinin çoğu kavramsal tasarımlar olmakla birlikte, seri üretilmekte olan dünya pazarına sunulmuş modeller de bulunmaktadır.

Elektrikli otomobil teknolojisinin temel bileşenleri; elektrik motoru, güç elektroniği - kontrol devreleri ve akü (batarya) sistemidir. Araştırmalar bu konulara yoğun olarak yönelmiş olup, çoğu ülke bu araştırmaları teşvik etmekte, öncelikli araştırma alanları olarak kabul etmektedir. Şu anda elektrikli taşıt teknolojisinin en temel kısıtlayıcı unsuru akü sistemleridir. Elektrikli taşıtların seyahat mesafelerini, boyutlarını ve güvenilirliklerini sınırlayan akülerin kapasite, şarj ve performans gözlemleri sorunları acil çözümler beklemektedir.

Çevre sorunları, karbondioksit salım (emisyon) değerleri, atıklar gibi konular günümüz alışkanlıklarından uzaklaşılması gerektiğini ortaya koymaktadır. Yüksek performansa ve aşırı konfora dayanan otomobil kavramının değişmesi, insanların enerji tasarrufu/verimi yüksek, çevreye zarar vermeyen, sessiz, kullanıcı gereksinimlerine göre tasarlanmış taşıtlar kullanmasını getirecektir. Günümüzde bu yaklaşımların işaretleri görülmeye başlamıştır; yüksek, güçlü, büyük araçlar yerine daha küçük, daha verimli motorlar kullanan, uygun salım değerlerine sahip araçlara yönelik tanıtımlar artmaktadır. Bu eğilim, elektrikli otomobillere geçişte önemli bir unsur olacaktır.

Elektrikli otomobiller geliyor; yeni bir teknoloji çağının başlangıcındayız. Teknolojik yenilikler getiren, çözümler sunan, yenilikçi tasarımlar geliştiren ülkeler bu çağda başrolü alacaklardır.

Prof. Dr. R. Nejat Tuncay

Okan Üniversitesi, Müh. Mim. Fakültesi

Yard. Doç. Dr. Özgür Üstün

İTÜ Elektrik-Elektronik Fakültesi

Birinci Bölüm

ELEKTRİKLİ KARAYOLU TAŞITLARINDA GEÇMİŞTEN GELECEĞE BAKIŞ

1. Giriş

Karayolu taşımacılığında tarihten bugüne meydana gelen değişikliklerin iyi incelenmesi ve anlaşılmasının, gelecekte olabileceklere ışık tutacağı kuşkusuzdur. Bilindiği gibi, birçokları tarafından en çok tekrarlanan cümle, yerküremizde değişmeyen tek unsurun değişim olduğunun ifade edilmesidir. Otomotiv ve ulaşım alanı da bunun örnekleriyle doludur. Geçmişteki değişimi iyi algılamak ve gelecekte olabilecekleri öngörebilmek yaşamsal önem taşımaktadır. Karayolu taşımacılığında ve taşıt teknolojilerindeki değişimleri iyi algılayan ve araştırma geliştirme faaliyetlerini yeni teknolojiler üzerine odaklayabilen bireyler, firmalar ve ülkeler, rekabetçiliklerini artırarak bu çalışmalarını ekonomik kazanıma dönüştürebilecekler, diğerleri ise yok olma durumuyla karşı karşıya kalabileceklerdir.

Özel olarak otomotiv alanına girmeden önce şu anda yaşamakta olduğumuz değişimin tanımının yapılması yararlı olacaktır. Bilindiği üzere, 18. yüzyılda başlayan ve kol kuvvetini makine kuvveti ile değiştiren teknolojik ilerlemeler, Endüstri Devrimi'ne yol açmış, seri üretim yapan fabrikalar kurulmuş, üretim artmış, maliyetler düşmüş ve bunun pek çok teknolojik ve sosyal yansımaları olmuştur. Endüstri Devrimi sonucu, ulaşım sektöründe de deniz, kara ve havayolu taşımacılığında önemli ilerlemeler meydana gelmiştir. Bu süreç, 20. yüzyılın ortalarına kadar devam etmiş ve bunu elektronik ve haberleşmedeki büyük ilerlemelerle oluşan Enformasyon Devrimi izlemiştir. Geliştirilen bilgi işlem makineleri ve elektronik haberleşme sistemleri yardımıyla bilginin büyük bir hızla işlenmesi, depolanması

ve iletilmesi anlamında çok önemli ilerlemeler meydana gelmiştir. Bunun yanında, malzeme teknolojisinde baş döndürücü ilerlemeler kaydedilmiştir. Başlangıçta milimetrenin binde biri (mikro) büyüklerde yapılan tasarım ve üretim heyecan uyandırırken, daha sonra milimetrenin milyonda biri (nano) ölçekte ve hatta daha da küçük imalatlar mümkün olabilmiş, bunun sonucunda pek çok yeni malzeme, elektronik devre, sensör, sayısal işaret işleyicisi, optik ve diğer sistemler geliştirilebilmiştir. Nasıl buharlı ve elektrikli makineler endüstri devrimine yol açmışsa, bugün de bu ilerlemeler, enformasyon devrimi diye nitelendirilen olguyu ve bilgi çağını başlatmıştır. O günlerde insan kas gücü aşılmıştı, bugünlerde ise hafıza, hesaplama, modelleme ve benzetim ve hatta karar verme süreçleri anlamında beyin gücü aşılmaktadır.

21. yüzyılın önemli değişimlerinden birisi de yeryüzündeki doğal kaynakların tükenmekte olduğunun kabul edilmesi, bu kaynakların yanlış kullanımı nedeniyle ortaya çıkan sera gazı artışının küresel ısınmaya neden olduğunun anlaşılması ve zehirli atıkların insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinin kaygı yaratması olmuştur. Atık sera gazlarının sorumlularından birisi olan karayolu taşıtları da, çevresel kaygılarla önemli ölçüde değişime uğramaktadır. Avrupa Birliği tarafından belirlenen Euro 5 ve bunu takiben Euro 6 standartları, araçların atmosfere saldığı başta CO₂ olmak üzere sera gazı miktarlarını sınırlamakta, otomotiv şirketleri bu standartlarda taşıt üretebilmek için yeni tasarımlara yönelmektedir.

Özetle bugün, otomotiv üretimini başlıca üç itici güç doğrudan etkilemektedir. Bunlardan ilki Enformatik Devrimi'nin hızla yansıması ile daha akıllı, konforu ve yol güvenliği yüksek taşıtların imal edilmesi, bu taşıtların trafikte sürücüye yardım etmesi, diğer araçlar ve altyapı sistemiyle (yol, uydu, polis, hastane vs.) haberleşmesi, böylece daha konforlu ve güvenli bir sürüşün sağlanmasıdır. Diğer itici güç enerji ve çevredir. Artık taşıtlar daha hafiftir, daha az yakıt ile daha yüksek moment, hız ve menzil sağlamaktadır, daha az CO, NO_x gibi zehirli gaz, daha az CO₂ üretmekte, doğaya kurşun, cıva gibi ağır metalleri hemen hiç bırakmamaktadır. Otomotiv sanayini etkileyen üçüncü itici güç ise her zaman olduğu gibi maliyettir. Maliyet unsurunu da ilk iki itici güç önemli ölçüde etkilemektedir. Özellikle tasarım yazılımlarının gelişmesi ve "Döngüde Donanım Doğrulanması (HIL, Hardware in the Loop) yöntemleriyle çok az sayıda prototip ile imalat süreci başlatılabilmekte, robotlarla üretim yapılarak kaliteli ve esnek üretim gerçekleştirilmekte, bütün bunların sonucunda kalite yükselirken ilk yapım maliyetleri düşürülmektedir. Bunun yanında, yeni tasarımlarla taşıtlarda sağlanan yüksek enerji verimliliği nedeniyle, işletim maliyetleri de azaltılmaktadır.

Enerji ve çevre kaygılarının baskın hale gelmesinin en önemli sonuçlarından birisi de elektrikli ulaşım sistemlerinin öne çıkması olmuştur. Elektrikli ulaşım sistemleri raylı taşımacılıkta neredeyse tüm pazara hâkim olmuş, deniz ulaşımında da elektrikli tahrik sistemlerinin uygulamaları hızla artmıştır. Karayolu taşımacılığında ise

çok hızlı bir araştırma geliştirme (Ar-Ge) sürecine girilmiş ve bisiklet, motosiklet, triportör, otomobil, hafif ticari araç, kamyon, otobüs, traktör ve büyük iş makinelerinin tamamen veya kısmen elektrikle tahrik edilmeleri sağlanmıştır. Ancak ileride incelenecek mali ve teknik nedenlerden ötürü elektrikli araçların piyasada önemli bir yer tutması henüz mümkün olmamıştır. Bununla beraber, 2011 yılı sonu itibariyle, elektrikli karayolu taşıtlarının ticari olarak piyasaya giriş yaptığı da ifade edilmelidir.

1.1. Tanımlar

İçten Yanmalı Motor, IYM (ICE, Internal Combustion Engine): Benzin veya dizel gibi yakıtlarla çalışan ve yakıtı yakarak mekanik enerji (moment) üretilen taşıtın tekerleklerini döndüren motor.

Aktarım Sistemi (Transmission and Gear Box): İçten yanmalı motor tarafından üretilen mekanik enerjiyi vites kutusu üzerinden tekerleklere aktaran sistem.

Elektrik Makinesi (EM, Electrical Machines): Elektrik enerjisi alıp mekanik enerji üretilen tekerleklere verebilen (motor) veya tekerlekteki mekanik enerjiyi alıp elektrik enerjisine çeviren (jeneratör) kendisini besleyen kaynağa vererek frenleme yapabilen makine.

Pil ve Batarya (Battery): Elektrik enerjisini depolayabilen elektrokimyasal yapılardır. Bu günün teknolojisinde Lityum-İyon (Li-ion) türü piller revaçtadır. Pillerin akım ve gerilim değerlerini yükseltmek için seri ve paralel bağlanmasıyla oluşan düzeneklere batarya ismi verilmektedir.

Yakıt Pili (FC, Fuel Cell): Hidrojen ve oksijen alarak elektrik enerjisi üretebilen sistemlerdir. Bu dönüşüm esnasında su ve ısı enerjisi de meydana getirmektedir.

Süper ve Ultra Kapasitör: Elektrik enerjisini çok hızlı olarak alıp depolayabilen ve istendiğinde hızlı olarak verebilen elektrikli aygıt. Pil ve batarya ile karşılaştırıldığında, uzun süreli elektrik beslemesinde bataryanın, darbe biçimindeki yükleri beslemek için ise süper kapasitörün kullanıldığı görülür.

Elektrikli Araç, Elektrikli Taşıt (EV, Electric Vehicle): Tekerlekleri yalnızca elektrik makineleri ile döndürülen araçlardır. Bunlar yukarıda değinildiği üzere bisikletten başlamak üzere otomobil ve otobüs gibi pek çok taşıtı ifade etmektedir. Bunun yanında elektrikle tahrik edilen birçok askeri araç bulunmaktadır. Bu raporda savunma sanayii bağlantılı elektrikli araçlara değinilmeyecektir. Elektrikli kara yolu taşıtlarında, yoldan sürekli elektrik enerjisi çekilemediği durumlarda, elektrik enerjisinin taşıt üzerinde depolanması zorunludur.

Hibrit Elektrikli Araç (HEV, Hybrid Electric Vehicle): Tekerlekleri hem elektrik makineleriyle, hem de içten yanmalı motorlarla döndürülebilen araçlardır. Mekanik enerjinin tekerleklerle aktarım türlerine göre alt kümeleri bulunmaktadır. Özetle bunlar Seri Hibrit, Paralel Hibrit, Seri-Paralel Hibrit, Kompleks Seri-Paralel Hibrit gibi isimler almaktadır. Bu tanımlar ileride enerji-akış blok şemalarıyla açıklanacaktır. Elektrik enerjisini araç üzerinde üreten elektrikli araçlar da literatürde çok kez hibrit elektrikli araç olarak tanımlanmaktadır.

1.2. Tarihçe ve Küresel Yönelim

Elektrikle tahrik edilen taşıtlarla ilgili ilk uygulamalardaki iddiaları bir miktar ihtiyatla karşılamak gerekir. Bununla beraber aşağıdaki kronolojik sıralamanın oldukça doğru olduğu söylenebilir:

- İlk elektrikli “at arabası” (1832-1839) yılında Robert Anderson isimli bir İskoç tarafından geliştirildi.
- 1835’te Hollandalı Prof. Stratingh ilk elektrikli otoyolu tasarladı ve asistanı Christopher Becker imalatı gerçekleştirdi.
- 1842’de Amerikalı Thomas Davenport ve İskoç Robert Davidson ilk pilli (şarj edilemeyen) aracı geliştirdiler. Daha sonra Fransız Gaston Plante ve Camille Faure şarj edilebilen akü geliştirmeyi başardılar.
- Bir iddiaya göre ilk elektrikli taşıt, Fransız Gustave Trouvé tarafından 1881’de üretilmiş, kurşun asit akülerle beslenen 0.1 hp’lık güce sahip DA motoru ile tahrik edilen üç tekerlekli bir arabadır. 16 km’lik seyahat mesafesi ve 15 km/h’lık hızı ile at arabalarının performansına yetişemeyince bu araç halkın ilgisini çekmedi.
- 1897’de ilk ticari uygulama olarak, New York şehir taksileri Electric Carriage and Wagon Company tarafından elektrik motorlarıyla sürülen arabalarla çalıştırılmaya başlandı. Şekil 1’de bu taşıtlardan bir örnek gösterilmiştir.



Resim 1. Elektrikli araba ile ilk ticari uygulama olan New York taksi servisi

- İlk hibrit otomobil 1901 yılında Ferdinand Porsche tarafından geliştirilmiştir. Bu uygulamada, normal benzinli motorla sürülen aracın her bir tekerleğine, Şekil 2’de görüldüğü gibi elektrik motorları doğrudan tahrikli (Hub motor) olarak yerleştirilmiştir. Bu elektrik motorları sürekli olarak 2,6 kW, kısa bir süre için ise 5,2 kW elektrik gücü verebilmektedir. Elektrik enerjisi, Kurşun-Asit aküler tarafından sağlanmaktadır. Bu araç saatte 60 km/h ile o dönemin hız rekorunu kırmıştır.



Resim 2. Ferdinand Porsche tarafından geliştirilen ilk hibrit elektrikli araç

- 1902 yılında ABD’de Woods tarafından Elektrikli Fayton isimli bir araç geliştirilmiştir. Bu aracın menzili 29 km, hızı saatte 23 km/h’dır.
- 1916 yılında Woods, içten yanmalı motor ile elektrik motorunu birlikte kullanarak ABD’de ilk hibrit elektrikli aracı geliştirmiştir.

20. yüzyılın başlarında elektrikli otomobiller, benzinli ve buharlı otomobillere oranla daha çok tercih ediliyordu. Daha sonra nelerin değiştiği ve bunun teknolojik yönelimlere nasıl yansıdığını kısaca incelemek, bugün içinde yaşadığımız çağın yönelimlerinin de iyi anlaşılmasına neden olacaktır.

- 20. yüzyılın başlarında elektrikli taşıtlar teknik ve maliyet olarak benzinli ve buharlı taşıtlardan daha avantajlıydı. Elektrikli otomobiller benzinli otomobillere göre, kokusuz, titreşimsiz, gürültüsüz, vites değiştirmesi sorunsuz olması ve marş hareketinin elle yapılmaması gibi nedenlerden ötürü teknik olarak benzinli otomobillerden daha üstündü. Fiyat yönünden de incelendiğinde normal elektrikli otomobiller yaklaşık 1000 dolar, lüks elektrikli otomobiller ise 3000 dolarlık fiyatlarıyla pazarda üstünlük sağlayabiliyordu. Buharlı otomobillere göre ise, ilk

harekette suyun kaynama süresinin (45 dakika) beklenmesinin gerekmemesi ve eksilen suyun eklenmesi gibi sorunların olmaması dolayısıyla hem teknik hem de menzil yönünden daha üstündü.

Genel olarak elektrikli karayolu araçlarının piyasa üstünlüğü 2020’li yıllara kadar sürdü. Daha sonra ortaya çıkan gelişmeler bu üstünlüğü sona erdirdi. Bu yıllarda meydana gelen değişiklikler özetle aşağıdaki gibidir:

- ABD Teksas’ta ham petrol rezervleri keşfedildi ve benzin ucuz mal edilebildi. Böylece benzinli araçların işletim giderleri düştü.
- Henry Ford öncülüğünde seri benzinli otomobil üretimi başladı, otomobil fiyatları 500-1000 dolar mertebesine indi ve satın alma fiyatı elektrikli otomobillerin altına düştü. Bunun yanında seri üretim nedeniyle ürün kalitesinde yükselme ve standartlaşma sağlandı.
- Amerika ve Avrupa’da karayolu kalitesi yükseldi, uzun mesafe seyahatler daha çok kullanılmaya başladı ve elektrikli taşıtların batarya nedeniyle sınırlı olan menzili bu ihtiyacı karşılayamaz hale geldi.

Özetle 1920’li yıllardan itibaren elektrikli otomobiller müşterinin ihtiyaçlarını karşılamakta yetersiz kaldığı gibi, ilk yapım ve işletim maliyeti itibariyle de rekabet edemez duruma düştü. Bunun sonucunda 20. yüzyılın devamında elektrikli kara taşıtlarının sahneden çekildiği görülmektedir. Ancak, elektrikli taşıtların, egzoz ve gürültü sorunlarının egemen olduğu dar alanlarda uygulanmaya devam edildiği görülüyor. Bunlardan ilki piyasada fork-Lift olarak bilinen, mağaza ve depo gibi kapalı alanlarda çalışan taşıtlardır. Benzinli bir fork-lift uygulamasının ortama salınan zehirli egzoz gazı nedeniyle kapalı mekânlarda kullanılmasının mümkün olmayacağı aşikârdır. Bunun yanında, sabah çok erken saatlerde evlere süt dağıtımını yapan elektrikli taşıtların da 20. yüzyılın tamamında uygulama alanı bulduğunu görüyoruz. Bunun nedeni ise insanların uykuda olduğu saatlerde gerçekleştirilen bir hizmetin sessiz yapılmasının getirdiği zorunluluktur. Benzinli bir taşıtın bunu yapması mümkün değildi.

Sonuç olarak, elektrikli kara taşıtları, teknik özellikleri itibariyle müşteri talebini karşılayamadıkları ve gerek işletim gerekse ilk yapım maliyeti olarak benzinlilerle rekabet edemedikleri için, 20. yüzyılın geri kalan kısmında yalnızca “benzinli araçların asla kullanılmayacakları alanlarda” kullanım imkânı bulabilmişlerdir. 21. yüzyılın koşullarının iyi anlaşılması ve elektrikli kara taşıtlarının geleceğinin iyi okunabilmesi için bu temel unsurların göz önünde tutulması gerekecektir.

1.3. Yirminci Yüzyılın Son Çeyrek Dilimindeki Gelişmeler

Uluslararası sorunlar nedeniyle 1974 yılında yaşanan petrol krizi ve petrol fiyatlarındaki sıçrama nedeniyle alternatif yakıtlarla çalışan taşıtlar için arayış başlamıştır. Petrol rezervlerinin tükenmekte oluşu anlaşılmaya başlanmış, bu durum yeni kaynak arayışlarının hızlanmasına yol açmıştır. Özellikle hidrojen ve elektrik enerjisi-

nin taşıt tahrik sistemlerinde kullanılması üzerine yapılan çalışmalar yoğunlaşmıştır. CO2 ve diğer sera gazları ile diğer bazı zehirli atıkların kara yolu taşıtları tarafından atmosfere salındığı, bunların ise insan sağlığını olumsuz etkilemekte olduğu görülmüş, aynı zamanda bunların küresel ısınmaya neden olduğu kabul edilmeye başlanmıştır. Bunların sonucunda hem temiz enerji arayışları hızlanmış, hem de kara yolu taşıtlarının atmosfere saldıkları gazları sınırlayan kısıtlar (Euro-5, Euro-6) getirilmiştir.

Yukarıdaki gelişmeler 20. yüzyılın sonlarında elektrikli araçların tekrar sahneye çıkmasına yol açmıştır. 1990'larda ilk seri üretim elektrikli otomobil EV-1 General Motor tarafından piyasaya sunuldu. Üç yıllık kiralama yöntemi ile pazarlandı. 1990'ların ortasında petrol fiyatlarının düşmesi ve söylentilere göre petrol kartellerinin engellemesi ve diğer etkenlerle trajik bir biçimde bu aracın üretimi durduruldu.



Resim 3. ABD'de General Motor tarafından geliştirilen ilk seri üretim elektrikli otomobil

Hibrit elektrikli araçların ilk ve en başarılı örneği Toyota Prius'dur. 1997 yılında piyasaya sürülen araçta temel felsefe, mekanik enerji dalgalanmalarının elektrik makinesi (EM) tarafından karşılanması, böylece içten yanmalı motorun (İYM) her zaman optimum düzeyde çalışarak enerji tasarrufu sağlamasıdır. Toyota Prius otomobillerde, planet dişlisi yardımıyla enerji İYM ve EM arasında sürekli olarak paylaştırılmaktadır. Bu araçta enerji geri kazanımlı frenleme özelliği de bulunmaktadır. Toyota Prius'un enerji dağıtım donanımı ve çalışma ilkeleri patent koruması altına alınmıştır. Piyasaya sürülen birinci ve ikinci versiyon tasarımlarda elektrik enerjisi NiMH batarya tarafından sağlanmaktadır. Pil gücü oldukça düşük olup, aracın yalnızca elektrik motoru ile hareketi halinde menzili oldukça düşüktür. Bunu gidermek üzere son tasarımda elektrik motorunun ve bataryanın kapasitesi artırılmış, bugün satışa sunulan üçüncü tasarımda ise Lityum-İyon piller kullanılmaya başlanmıştır.



Resim 4. Ticari olarak başarı sağlayan ilk hibrit otomobil, Toyota Prius

20. yüzyıl tamamlanmadan önce piyasada yer alan bir diğer hibrit araç ise Honda tarafından geliştirilen Honda Insight modelidir. Bu araçta elektrik motoru içten yanmalı motor ile transmisyon mili arasına yerleştirilmiştir. Bu yöntem daha sonra Honda Accord modele de uygulanmış ve görece başarı sağlamıştır. Avrupa'da da benzer yöntemi kullanan araçlar geliştirilmiş, ancak bunlar 20. yüzyılda satılabilir ürün olarak piyasaya sürülmemiştir.

Geçen yüzyılın başında başlayan ve 21. yüzyılın ilk diliminde ortaya çıkan hibrit elektrikli araç modellerini yansıtan bir tablo, Şekil 1'de gösterilmiştir.

1990's



Toyota Prius



Honda Insight

2000-2006



Honda Civic



Toyota Prius HSD-II



Honda Accord



Ford Escape



Mercury Mariner



Nissan Altima



Lexus RH400

2007-....



Honda Fit



Mazda Tribute



Chevrolet Tahoe



Dodge Durango



Mercedes-Benz S Class



Porche Cayenne



VW Touareg



VW Jetta



Toyota FT-HS Sports



Hyundai Accent/Kia Rio

Şekil 1. Yirminci yüzyıl sonu ve bu yüzyılın başı itibariyle ticari olarak satışa sunulan hibrit elektrikli araçlar

İkinci Bölüm

YIRMİ BİRİNCİ YÜZYIL İTİBARIYLA ELEKTRİKLİ KARA TAŞITLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

2.1. Kara Taşımacılığında Gelecek İçin Öngörüler

IX. Kalkınma Planı'nda Türkiye otomotiv sektörü için aşağıdaki çerçeve tanımlanmıştır: “Otomotiv sanayinde, yüksek katma değer yaratan, sürdürülebilir rekabet gücü bulunan, öncelikle gelişmiş pazarlara ihracatı hedefleyen ve gelişmiş Ar-Ge yeteneğine sahip bir sanayi yapısı oluşturulması öngörülmektedir.” Buradaki öngörü, doğal olarak geleceğin teknolojilerinin sezilmesi ve bu alanda ileri Ar-Ge çalışmaları yaparak teknolojik üstünlük elde edilmesidir. Elektrikli ve hibrit elektrikli araçları bu çerçevede ele almak yararlı olacaktır. Otomotiv alanında önde gelen firmaları bünyesinde barındıran ülkeler; Amerika Birleşik Devletleri, Japonya, Güney Kore, Çin ve Avrupa Birliği'dir (Almanya, Fransa, İtalya). Bu ülkeler, geleceğin teknolojilerini anlamak ve bu yönde araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) çalışmaları yaparak geleceğin teknolojilerini yönlendirmek ve bunun sonucunda teknolojik ve ekonomik üstünlük sağlamayı hedeflemektedirler.

Otomotiv alanındaki genel gidişin anlaşılmasına yönelik en önemli katkıyı yapan kurumlardan birisi de OECD bünyesinde kurulmuş olan Uluslararası Enerji Ajansı'dır (IEA, International Energy Agency). IEA her yıl, “Hibrit ve Elektrikli Araçlar” (“Hybrid and Electric Vehicles”) isimli bir rapor yayımlamaktadır. Bu kitaplar her ülkeyi ayrı ayrı ele almakta ve bunların elektrikli ve hibrit elektrikli araçlar hakkında yapmış oldukları araştırma ve geliştirme faaliyetleri ile yeni çıkan elektrikli araçlar hakkındaki bilgileri toplu olarak sunmaktadır. IEA “Hibrit ve

Elektrikli Araçlar” kitaplarının, Türkiye ile ilgili kısımları TÜBİTAK-MAM (Hamdi Uçarol) tarafından hazırlanmaktadır.

2.2. Avrupa’da Otomotiv Alanındaki Ar-Ge Çalışmaları

Sözkonusu çalışmaların 4 ana başlık altında örgütlendiği anlaşılmaktadır:

- Hareketlilik ve Taşımacılık (Mobility & Transport)
- Enerji ve Çevre (Energy & Environment)
- Güvenlik ve Emniyet (Safety & Security)
- Yapılabilirlik ve Rekabetçilik (Affordability & Competitiveness)

Geleceğin teknolojilerini anlama ve oluşturma bağlamında Avrupa’da oluşmuş en önemli yapı ERTRAC’tır (European Road Transport Research Advisory Council). Bu yapı, Avrupa Birliği ülkelerini harekete geçirmek üzere, “Bir vizyon oluşturarak Avrupa’da karayolu taşımacılığında araştırmaların koordineli bir şekilde yapılması ve zamanında etkin bir biçimde uygulanmasını sağlamak, böylece karayolu taşımacılığının sorunlarını çözerken Avrupa’nın rekabetçiliğini artırmak” üzere kurulmuştur. Bunun yanında yine Avrupa’da, otomotiv sanayi kuruluşlarının üyesi olduğu EUCAR (European Council for Automotive R&D) Avrupa Otomotiv Ar-Ge Konseyi (www.eucar.be) ve Yeşil Araç Girişimi (Green Car Initiative) çalışma grupları da bulunmaktadır. EUCAR çerçevesinde “Ufuk 2020” raporu hazırlanmış ve 8 Kasım 2011 tarihli toplantıda “Avrupa’nın Sosyal Gelişiminde Hareketliliğin ve Taşımacılığın Katkısı” isimli raporda yayımlanmıştır.

Bu raporda aşağıdaki öneriler yer almıştır:

- “Ufuk 2020” nin sosyal ve endüstriyel hedeflerinden en önemlisi “akıllı, temiz ve tümleşik taşımacılığın” rolünün tanımlanması ve işlerlik kazandırılması,
- Avrupa otomotiv sektörünün küresel yapısının ve rekabetçiliğinin korunmasına olan ihtiyacın göz önünde bulundurulması,
- Ar-Ge sonucu kullanıma hazır ürünler geliştirilmesi ve otomotiv sanayisinin yenilikçilikteki öncü rolünün anlaşılması,
- “Ufuk 2020” de önerilmiş olan 80 milyar Avro’luk bütçenin korunması ve gelecekteki rekabet-öncesi otomotiv Ar-Ge harcamalarının, sektörün yaptığı sosyal ve ekonomik katkıya uygun olarak artırılması,
- Yeşil araçlar, taşımacılıkta akıllı sistemler, malzeme ve imalat, tümleşik güvenlik, ileri güç aktarma sistemleri, yakıtlar ve ağır yük taşıtları, yeşil yol koridorları gibi konulardaki Ar-Ge girişimlerini desteklemek,
- “Ufuk 2020” de tanımlanan kamu-özel kesim işbirliği modelinin, yeşil araç projeleri de dahil olmak üzere, sanayi tarafından önerilen tüm yeni girişimlerde örnek olarak alınmasını sağlamak.

EUCAR üyesi otomotiv şirketleri her yıl cirolarının yaklaşık % 5'i düzeyinde, toplamda 26 milyar Avro Ar-Ge harcaması yapmaktadırlar. Yeşil Araç Girişimi çerçevesinde Mayıs 2011'de Brüksel'de yapılan Avrupa Yeşil Araç çalıştayında, 2010 yılında başlayan 50 proje ile 2011 stratejileri tartışılmıştır. AB, 2020 yılı için tüm sera gazı emisyonlarını 1990 seviyesine göre % 20 oranında azaltacaktır. Buna uygun olarak 443/2009 sayılı AB Regülasyonu'nda, 2012 yılından itibaren otomobillerde CO2 salımı 120 g/km, 2020 yılı için ise 95 g/km olarak belirlenmiştir.

Özetle tüm dünya ülkeleri ve Avrupa, geleceği yönlendirecek Ar-Ge çalışmaları için stratejik planlar yapmakta, bu araştırmalara kaynak ayırmakta ve çeşitli projeler yapmaktadır. Şu anda Avrupa Birliği tarafından desteklenen projelerin birçoğu elektrikli taşıtlarla bağlantılıdır.

Bu projelerin tamamı, orijinal İngilizce isimleriyle tablo halinde EK 1'de sunulmuştur.

2.3. Türkiye'de Otomotiv Alanında Çalışmalarda Bulunan Başlıca Kurum ve Kuruluşlar

- ULAŞTIRMA, DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI
 - Kara Yolları Genel Müdürlüğü faaliyetleri
 - Projeler
- BİLİM, TEKNOLOJİ VE SANAYİ BAKANLIĞI
 - KOSGEB bünyesindeki faaliyetler ve projeler
 - SANTEZ Projeleri
- KALKINMA BAKANLIĞI
 - DPT Projeleri
- ENERJİ BAKANLIĞI
- BELEDİYELER
- EPDK
- OSD OTOMOTİV SANAYİCİLERİ DERNEĞİ
- TAYSAD, OTOMOTİV YAN SANAYİCİLERİ DERNEĞİ
- TÜBİTAK
 - OTEP, Otomotiv Teknolojileri Platformu
 - Projeler (TEYDEB, 1001, 1005, vs.)

- MARMARA ARAŞTIRMA MERKEZİ
 - Projeler
 - EV ve HEV Laboratuvarı
 - Batarya ve Yakıt Pili Laboratuvarı

- ÜNİVERSİTELER
 - İTÜ
 - OTAM
 - Araştırma Merkezleri ve Projeler
 - ARI Teknokent
 - Yüksek Lisans ve Doktora programları

 - ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
 - Yüksek Lisans Programı
 - Projeler
 - Teknokent

 - ODTÜ
 - BİLTİR Çarpışma Test Merkezi
 - Teknokent
 - Projeler

 - HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
 - Lisans ve Yüksek Lisans Programları
 - Temiz Enerji Vakfı

 - YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
 - Teknokent
 - Projeler

 - BOĞAZIÇI ÜNİVERSİTESİ
 - Yüksek Lisans Programı

 - OKAN ÜNİVERSİTESİ
 - UTAS Otomotiv Araştırma Merkezi
 - Lisans ve Yüksek Lisans Programları

Otomotiv sanayisi ile ilgili veriler OSD Otomotiv Sanayicileri Derneği tarafından toplanıp yayınlanmaktadır. Bu yönden, www.osd.org.tr adresinden her türlü istatistiksel bilgi alınabilmektedir. Otomotiv Sanayi Değerlendirme Raporu 2009 yılı OSD istatistiklerine göre Türkiye, Avrupa'da AB 27 ülkeleri içinde toplam araç üretiminde 7., otobüs üretiminde 2., hafif ticari araç üretiminde 1., binek otomobili üretiminde 8., ağır kamyon üretiminde 9. sırada bulunmaktadır.

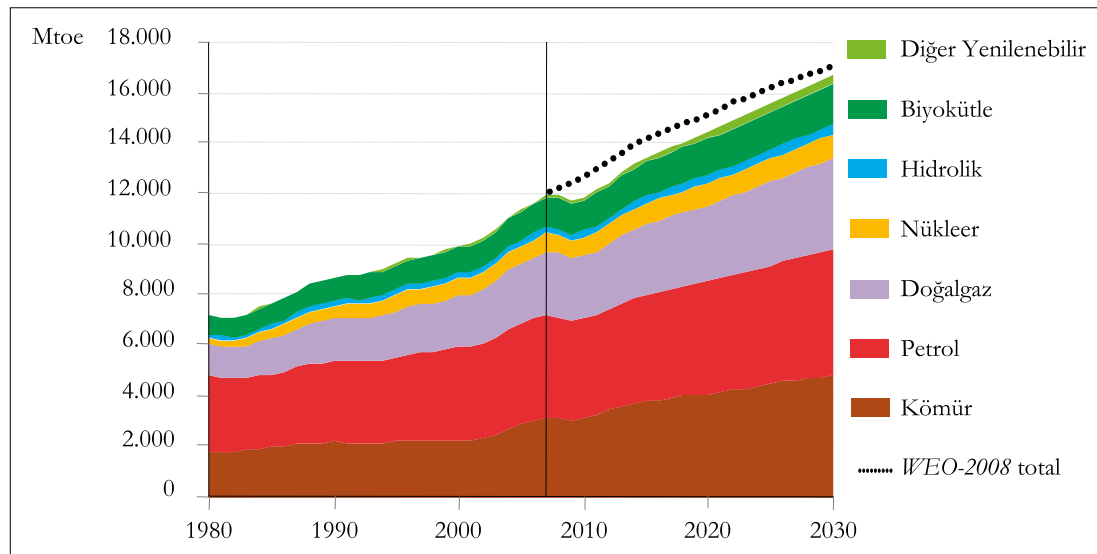
Şu anda Türkiye’de otomotiv teknolojisinin geleceğini inceleyen en kapsamlı çalışma, OTEP “Otomobil Teknoloji Platformu” tarafından yapılmaktadır. Bilindiği gibi Teknoloji Platformları, TÜBİTAK tarafından başlatılan bir çalışma olup, bu platformlar ilgili alanda teknoloji üreten ve Ar-Ge faaliyetinde bulunan tüm paydaşları (sanayi, kamu, üniversite, sivil toplum örgütleri) bir araya getirip, Türkiye’nin uzun dönemde rekabetçiliğini artırıcı yol haritalarını oluşturmak üzere kurulmuştur. OTEP bünyesinde de otomotiv alanında çalışan tüm paydaşlar yer almıştır. OTEP şu ana kadar *Vizyon Dokümanı* (2010), *Elektrikli Araç Çalışma Raporu* (2010), *Otomotiv Sektörü Ar-Ge Kurum ve Kuruluşlar* (2011) ve İngilizce ve Türkçe olarak *Stratejik Araştırma Programı* (2011) raporlarını yayımlamıştır. OTEP çalışmaları halen devam etmekte olup, bu çalışmalar aşağıdaki başlıklar altında toplanmıştır:

1. Çevre, Enerji ve Kaynaklar Vizyonu
2. Güvenlik Vizyonu
3. Mobilite, Transport ve Altyapı Vizyonu
4. Tasarım ve Üretim Sistemleri Vizyonu

Yukarıdaki konulardaki Ar-Ge hedef ve yol haritaları hakkında ayrıntılı bilgi sahibi olmak için OTEP yayınlarından yararlanılması uygun olacaktır.

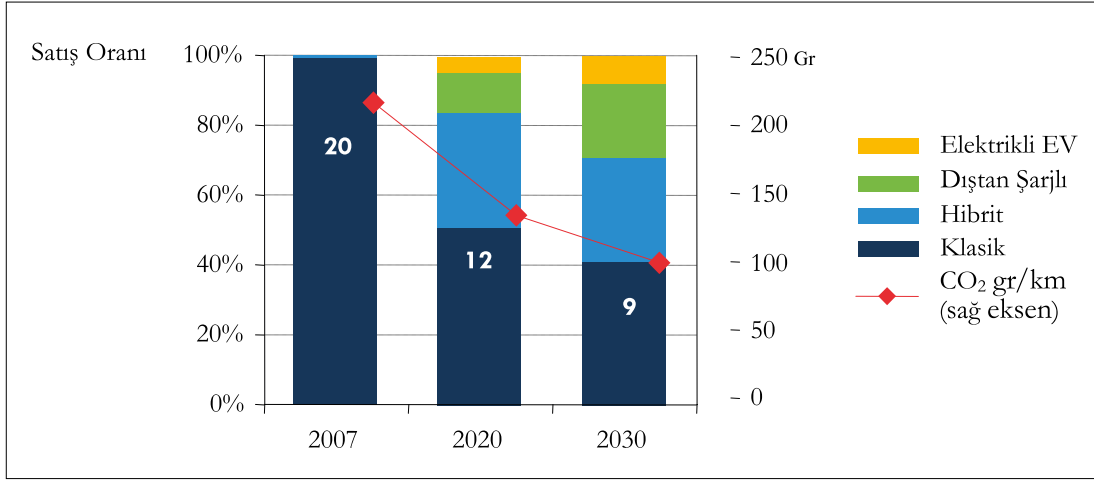
2.4. Elektrikli Ulaşımın İtici Güç Faktörleri

- IEA kaynaklarına göre dünya birincil enerji talebinde petrolün payı aşağıdaki gibi yaklaşık 1/3 mertebesindedir.

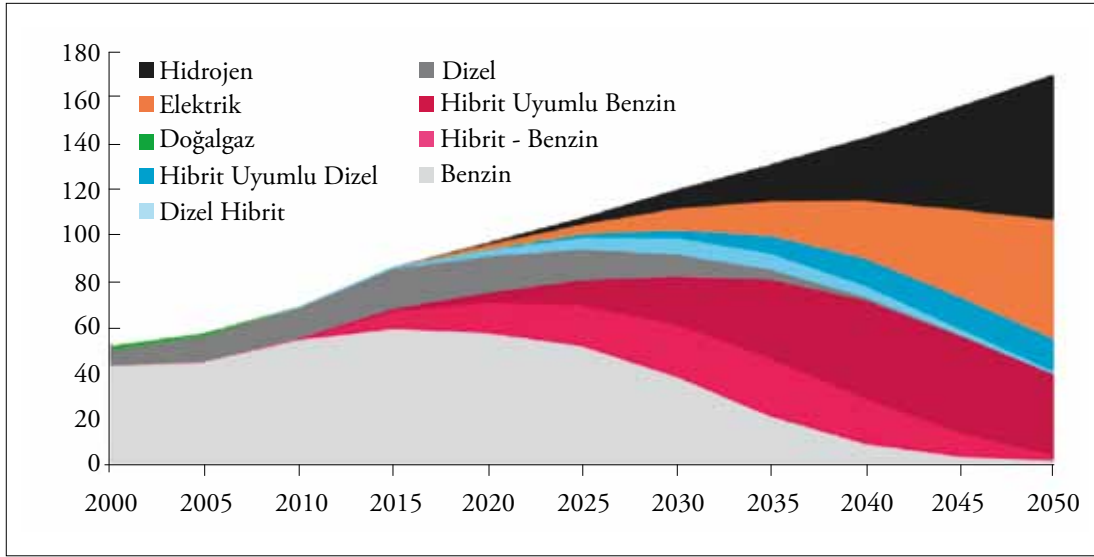


Şekil 2. Dünya birincil enerji talebi

- Dünyada tüketilen enerjinin yaklaşık % 20-25'i taşımacılıkta harcanmaktadır.
- Dünyada kara taşımacılığının toplam petrol tüketimi içindeki payı yaklaşık % 40, gelişmiş ülkelerde % 50, Türkiye'de ise % 80'nin üzerindedir.
- Petrol üretiminin 2040-2050'li yıllarda çok azalacağı, üretimin çok stratejik alanlarda kullanılacağı ve zaten varil başına 100 doların üzerinde seyreden petrol fiyatlarının daha da yukarı çıkacağı öngörülmektedir.
- Şehir içersindeki atık sera gazları ve partiküllerin (CO₂, CO, NO_x, HC) toplam kirlilik içersindeki oranı yaklaşık % 60 mertebesindedir. Bunun büyük kısmı kara ulaşım araçlarından kaynaklanmaktadır.
- Kara taşımacılığında regülasyonlar sıkılaştırılmaktadır. 2012'de filo için ortalama araç atık salımı 120 g/km ile sınırlandırılacaktır. Türk otomotiv sektörü, çok başarılı bir biçimde her türlü emisyon kısıtlarını karşılayabilmektedir. Bu sınırlamalar nedeniyle, şirketlerin büyük, güçlü ve çok sera gazı yayan modellerde hibrit teknolojilerine yöneldikleri görülmektedir.
- Türkiye petrol ihtiyacının tamamını ithal etmektedir. İthal petrolün yarısı ulaştırmada kullanılmaktadır. Gerek atık gazlar nedeniyle, gerekse ithalat için harcanan döviz itibariyle bakıldığında, Türkiye için elektrikli ulaşımın yararlı olacağı anlaşılmaktadır.
- Elektrikli karayolu taşıtlarıyla, klasik içten yanmalı motorla çalışan taşıtlar karşılaştırılırken özellikle "Kuyudan Tekerleğe Verim" karşılaştırmasının yapılması gerekmektedir. Bu karşılaştırma sonucu içten yanmalı motorların kuyudan tekerleğe verimi % 15 iken, elektrikli araçlarda bu verim % 40 mertebesine kadar yükselmektedir.
- Türkiye otomotiv sanayisi (ana ve yan sanayi birlikte), ihracatta lider durumdadır, büyük miktarda da iş imkânı sağlamaktadır. Herhangi bir teknolojik kırılma nedeniyle Türk otomotiv sanayisi atıl duruma düşerse, bunun çok olumsuz ekonomik ve sosyal sonuçları olacaktır. Buna engel olmak üzere zaten başlamış bulunan Ar-Ge faaliyetleri hızlandırılmalıdır.
- Otomotiv sanayisinde yapılan Ar-Ge faaliyetlerindeki gelişmeler çerçevesinde yakın gelecekte, motorlu taşıt aracı üretiminin 2 milyon adede, ihracatın ise 1,5 milyon adede çıkarma hedefi korunmaktadır. Bu gelişmeler ile birlikte sanayimizin, AB ve dünya sıralamasındaki yerini daha da yükselterek dünyada toplam taşıt üretiminde ilk on, AB'de toplam taşıt aracı üretiminde ilk üç ve Ar-Ge'de ilk beş sırada yer alması amaçlandığı görülmektedir.
- IEA'nın öngörüsüne göre dünyada satılacak araçların türlerine göre dağılımı ve ortalama CO₂ salınımı değerleri Şekil 3'teki gibi olacaktır.
- İçten yanmalı motorlarda verim artışı devam edecek, yeni malzemelerle araçlar hafifleyecek, biyo yakıt kullanımı artacak ve CO₂ salınımı azalacaktır.
- IEA raporlarına göre elektrikli ve hibrit elektrikli satışlar önümüzdeki yıllarda artış gösterecek ve 2050 yılında benzin ve dizel yakıtlı araçlar piyasadan çekilecektir.



Şekil 3. Dünyada satılacak araçların türlerine göre dağılımı ve ortalama CO2 salınımı değerleri



Şekil 4. Önümüzdeki yıllarda elektrikli araca yönelim artacaktır

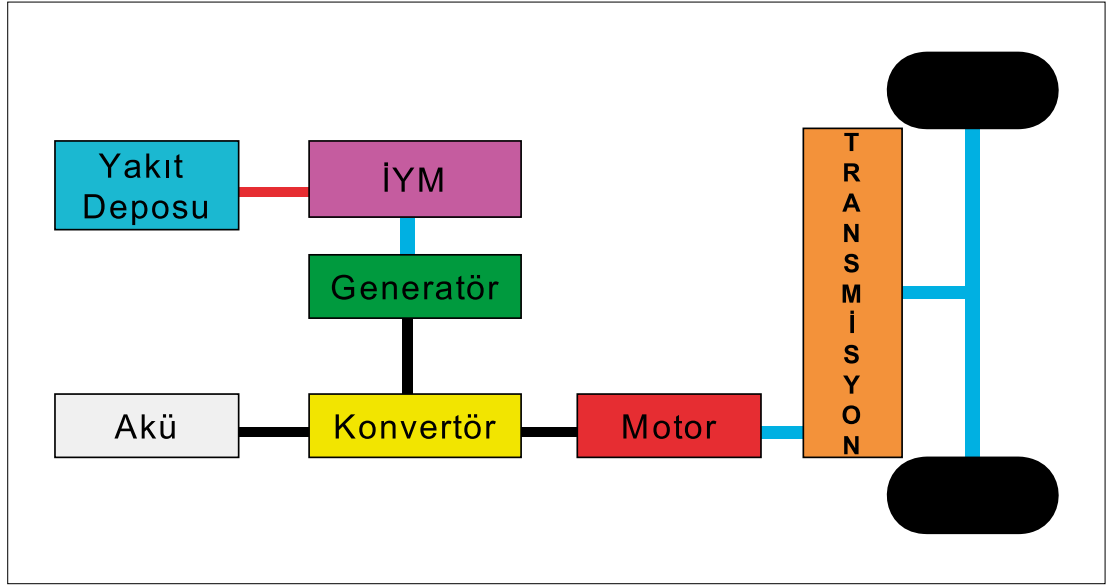
Üçüncü Bölüm

ELEKTRİKLİ TAŞITLARIN SINIFLANDIRILMASI

3.1. Elektrikli Araç (Ev) ve Seri Hibrit Elektrikli Araç (Shev)

Bu topolojilerin her ikisinde de aracın tekerlekleri yalnızca elektrik makinesi veya elektrik makineleri tarafından tahrik edilir. Şekil 6'da seri hibrit bir elektrikli araç tahrik sistemi görülmektedir. Elektrikli bir araçta (EV) ise, şekilde gösterilen yakıt deposu, içten yanmalı motor ve jeneratör bulunmaz. Elektrik enerjisi, yalnızca akü bataryası tarafından sağlanır. Akü enerjisi boşaldığı zaman bunun yeniden doldurulması gerekir. Araçta, bataryayı dışarıdan doldurmaya uygun bir “şarj” devresi bulunur. Elektrikli araçlarda boşalan bataryalar, akü dolun istasyonlarında değiştirilir veya orada doldurulur. Renault elektrikli araç projesi buna bir örnek oluşturmaktadır. Elektrikli araçların menzili, akü enerji kapasitesi ile (kWh) sınırlıdır. Bu nedenle yakın zamanda piyasaya sürülmek üzere geliştirilen elektrikli araçların küçük ve hafif modeller olduğu görülmektedir.

Şekilde gösterilen seri hibrit elektrikli araçlarda (SHEV) bulunan içten yanmalı motor yalnızca elektrik jeneratörünü çevirir ve bu jeneratör, akü bataryasını ve bir güç elektroniği konvertörü üzerinden elektrik makinesini besler. Bu tür hibrit araçlarda tekerlekleri döndüren moment ve güç, elektrik makinesinin gücü ile sınırlıdır. Son zamanlarda öne çıkan “range extender” yani menzili artırılmış elektrikli otomobiller de bu tanıma uymaktadır. Bunlarda araç önce bataryada depolanmış enerjiyi kullanmakta, bataryanın boşaldığı durumda ise küçük güçlü benzinli bir motor, tıpkı ev ve iş yerlerindeki yedek jeneratör gibi çalışarak bataryayı ve elektrik motorunu besleyebilmektedir.

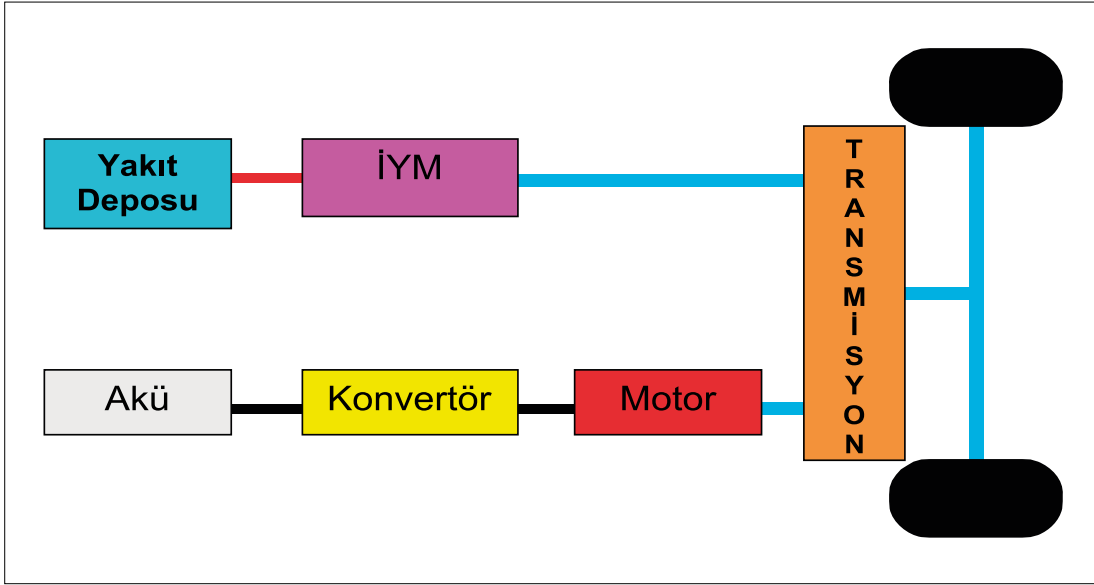


Şekil 5. Seri hibrit elektrikli araç, topolojik yapı

Bunun yanında, elektrik enerjisinin hidrojen den elde edildiği yakıt pili (fuel cell) bulunduran tahrik sistemleri de tamamen seri hibrit yapısındadır. Şekilde yakıt deposu olarak gösterilen blokta hidrojen tankı bulunmakta, İYM ve jeneratörün yerini ise yakıt pili almaktadır. Yakıt pili tarafından üretilen elektrik enerjisi, aynı seri hibrit topolojisinde olduğu gibi bir güç elektroniği devresi üzerinden elektrik makinesini çalıştırmakta, bataryayı doldurabilmektedir. Uzun yıllar süren ve çok yüksek maliyetlerle geliştirilen yakıt pili teknolojisinin ticari olarak elektrikli kara taşıtlarına uygulanması bugün için çok olanaklı görünmemekle birlikte uzun vadede beklentiler sürmektedir.

3.2. Paralel Hibrit Elektrikli Araç (Pahev)

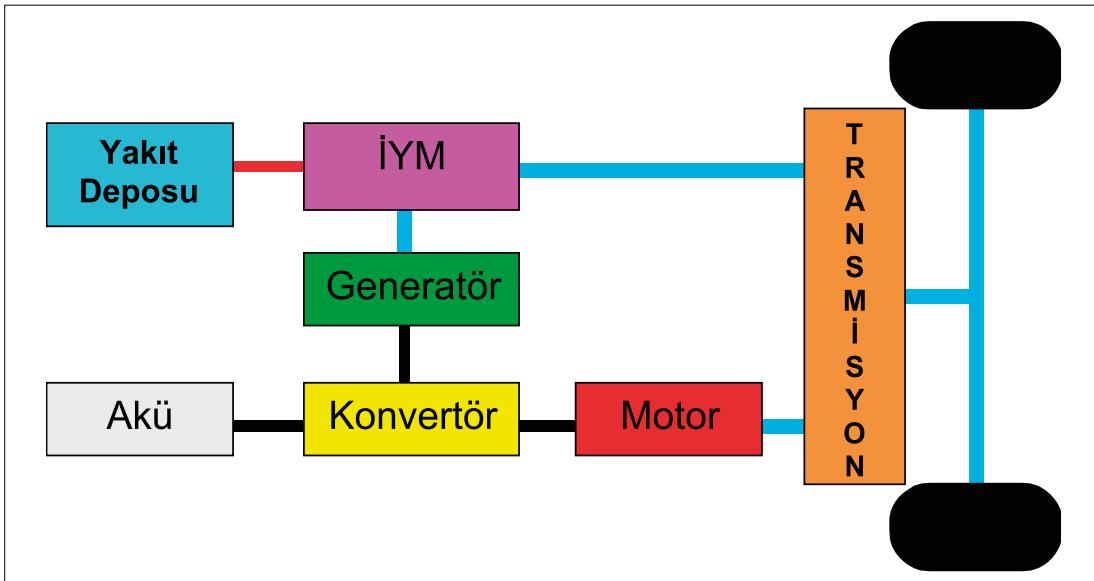
Bu topolojide, içten yanmalı motor (IYM) ve elektrik makinesi birlikte veya tek tek transmisyon milini besler. Akü bataryası, IYM tarafından veya enerji geri kazanımlı frenleme ile elektrik makinesi tarafından beslenir. Şekil 6'da paralel hibrit elektrikli tahrik sistemi bloklar halinde gösterilmiştir. Gerek seri hibrit, gerekse paralel hibrit yapılarında elektrik motoru tekerlekleri döndürebildiği gibi, araç yokuş aşağı giderken veya frenleme yaparken jeneratör konumuna girerek akü bataryasını doldurabilmektedir.



Şekil 6. Paralel hibrit elektrikli araç, topolojik yapı

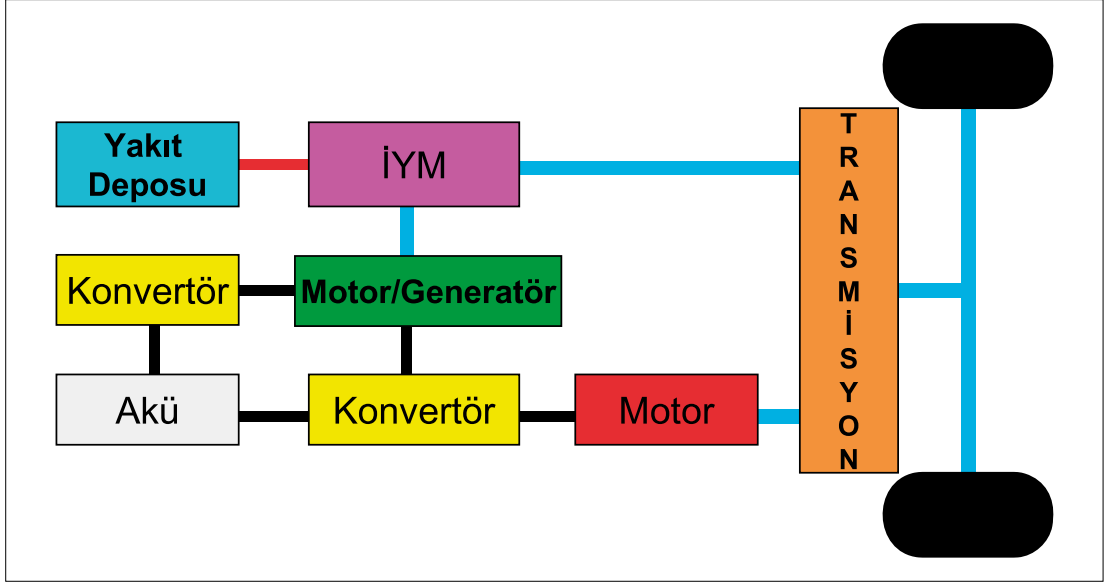
3.3. Seri-Paralel Hibrit Elektrikli Araç (Sphev) ve Kompleks Seri-Paralel Hibrit Elektrikli Araç (Ksphev)

SPHEV, hem seri hem de paralel hibrit teknolojilerin olumlu özelliklerini taşır. Şekil 7'de görüldüğü üzere, İYM hem tekerlekleri döndürecek tahrik momentini sağlamakta, hem de planet dişlisi üzerinden bir jeneratörü döndürerek elektrik enerjisi üretilip akü bataryasını veya tekerleklere yardımcı moment veren elektrik makinesini besleyebilmektedir.



Şekil 7. Seri-paralel hibrit elektrikli araç, topolojik yapı

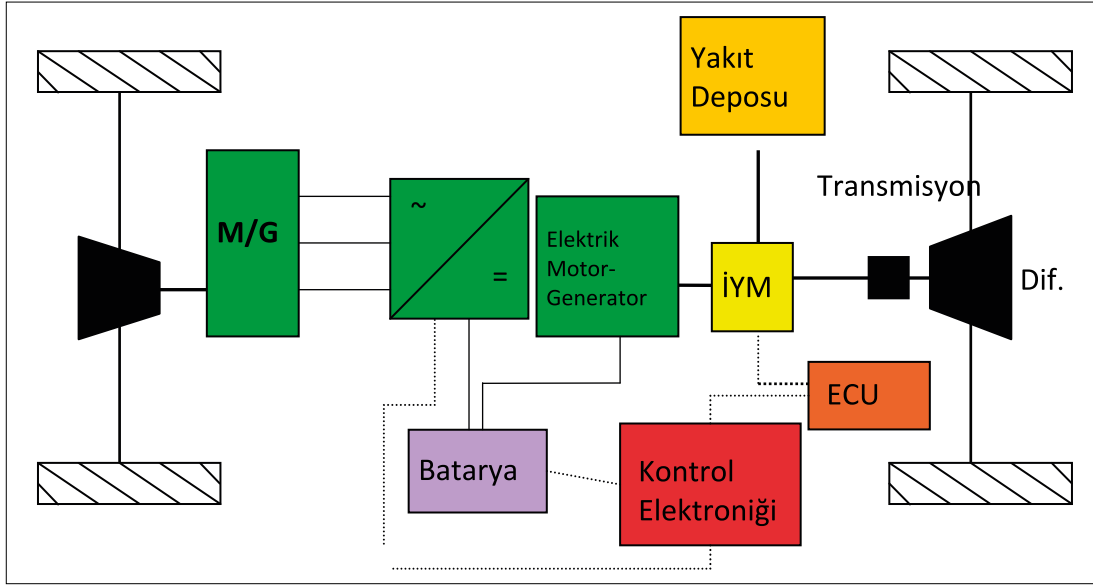
Kompleks Seri-paralel hibrit elektrikli araç topolojinin klasik seri-paralel tahrik sisteminden farkı içten yanmalı motorun beslediği jeneratörün motor olarak da çalışabilmesi ve bataryayı ayrıca doldurabilmesidir. Şekil 8’de KSPHEV’in topolojik yapısı bloklar halinde gösterilmiştir.



Şekil 8. Kompleks seri-paralel hibrit elektrikli araç, topolojik yapısı

3.4. Yoldan Paralel Hibrit Elektrikli Araç (Through The Road)

Bu tahrik sisteminde arka aks elektrik makinesi ile tahrik edilmekte, ön aks ise elektrik + mekanik motor (İYM) tahriklidir. Ford Connect FOHEV1 ve FOHEV2 projeleri ile tasarımı yapılan prototipi imal edilmeyen Doblo Elit 2 projesinde bu yapı kullanılmıştır. Bu tasarımın özelliği, içten yanmalı motor ile elektrik motoru arasındaki paralel çalışmanın yol üzerinden gerçekleşmiş olmasıdır. Bu nedenle bu yöntem İngilizce, yol üzerinden paralel anlamında “through the road” olarak isimlendirilmiştir. Peugeot tarafından geliştirilen bir hibrit araç bu prensiple çalışmaktadır. Şekil 9’da, yoldan paralel HEV görülmektedir.



Şekil 9. Yoldan paralel hibrit elektrikli araç, topolojik yapı

Süreç ve çalışma biçimleri itibariyle ele alındığında ise sınıflandırma aşağıdaki gibidir:

- **İYM, İçten Yanmalı Motor:** Benzin, dizel, biyo-yakıt, hidrojen, sıvılaştırılmış gaz
- **HEV, Hibrit Elektrikli Araç**
 - **Mikro Hibrit:** Dur-kalk (stop-start)
 - **Yumuşak Hibrit:** Dur-kalk + enerji geri kazanımlı frenleme
 - **Tam Hibrit:** Dur-kalk + elektrikli kısa menzil (2 km) + enerji geri kazanımlı frenleme
 - **PHEV, Şebekeden Şarj Edilen Hibrit:** Dur-kalk + elektrikli orta menzil (20 km) + enerji geri kazanımlı frenleme
- **EV, Elektrikli Araç**
 - **Li-iyon Bataryalı Elektrikli Araç:** Menzil \geq 100 km
 - Diferansiyel üzerinden elektrik makinesiyle tahrik edilen
 - Doğrudan tekerlek içersinden tahrik edilen
 - **FCEV, Yakıt Pili Elektrikli Araç:** Menzil \geq 100 km
 - Diferansiyel üzerinden elektrik makinesiyle tahrik edilen
 - Doğrudan tekerlek içersinden tahrik edilen

Dördüncü Bölüm

ELEKTRİKLİ TAŞITLARIN TASARIM BİLEŞENLERİ

4.1. Elektrikli Tahrik Sistemi

4.1.1. Elektrik Makineleri

4.1.1.1. Mıknatıslı Elektrik Makineleri

4.1.1.1.1. Yüzey Mıknatıslı Fırçasız Doğru Akım Makineleri

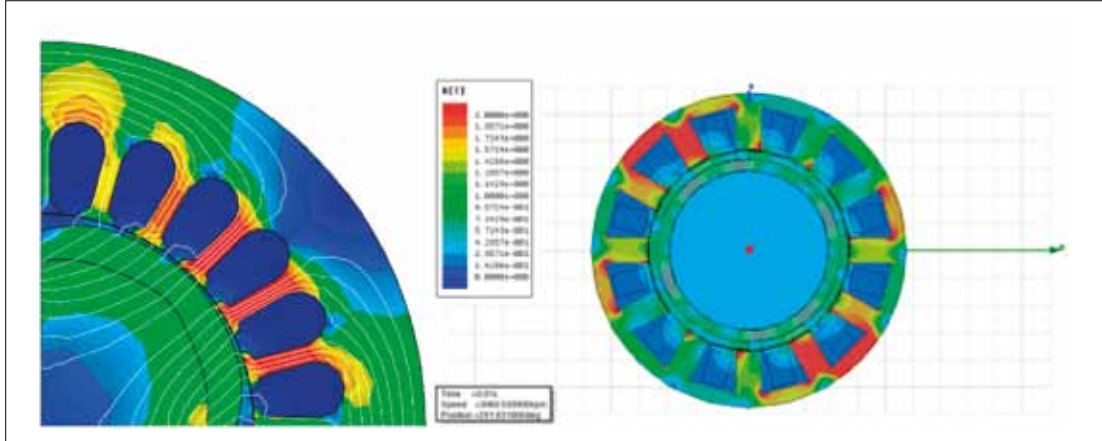
Otomotiv tahrik sistemlerindeki elektrik makinelerinde mıknatıs olarak NdFeB yaygın olarak kullanılmaktadır. Manyetik alan, mıknatıs tarafından sağlandığı için bu makinelerin verimleri yüksektir. Mıknatısların yerleştirilişi itibariyle, mıknatıslar dış rotorda veya iç rotorda olmak üzere başlıca iki türü bulunmaktadır. Şekil 11'de Honda tarafından kullanılan ve içten yanmalı motor miline doğrudan bağlanan dış rotorlu yapı ve benzer teknikte Mekatro tarafından geliştirilen mıknatıslı elektrik makinesinin stator ve rotoru gösterilmiştir. Son yıllarda mıknatıs fiyatları çok artmıştır. Neredeyse tamamen Çin'den temin edilmektedir. Bu durum bir risk faktörü oluşturmaktadır.



Resim 5. Yüzey mıknatıslı fırçasız doğru akım makinesi

4.1.1.1.2. Gömülü Mıknatıslı Senkron Makineler

Mıknatısların motor içersine uygun biçimde gömülmesiyle birlikte elektrik motorunun çok yüksek hızlara çıkması sağlandığı gibi, manyetik alanın kontrolü da özellik değiştirir ve elektrik makinesi senkron makine ismini alır. Günümüzün elektrikli araçlarının büyük kısmında bu tür elektrik makineleri tercih edilmektedir.



Şekil 10. Elektrik makinelerinin sonlu farklar yöntemiyle analizi

Elektrik makinelerinde tasarımında manyetik alanın analizi fevkalade önemlidir. Şekil 10'da bir FDAM'nin manyetik alan analiz sonuçları gösterilmiştir.

4.1.1.2. Üç Fazlı Asenkron Makineler

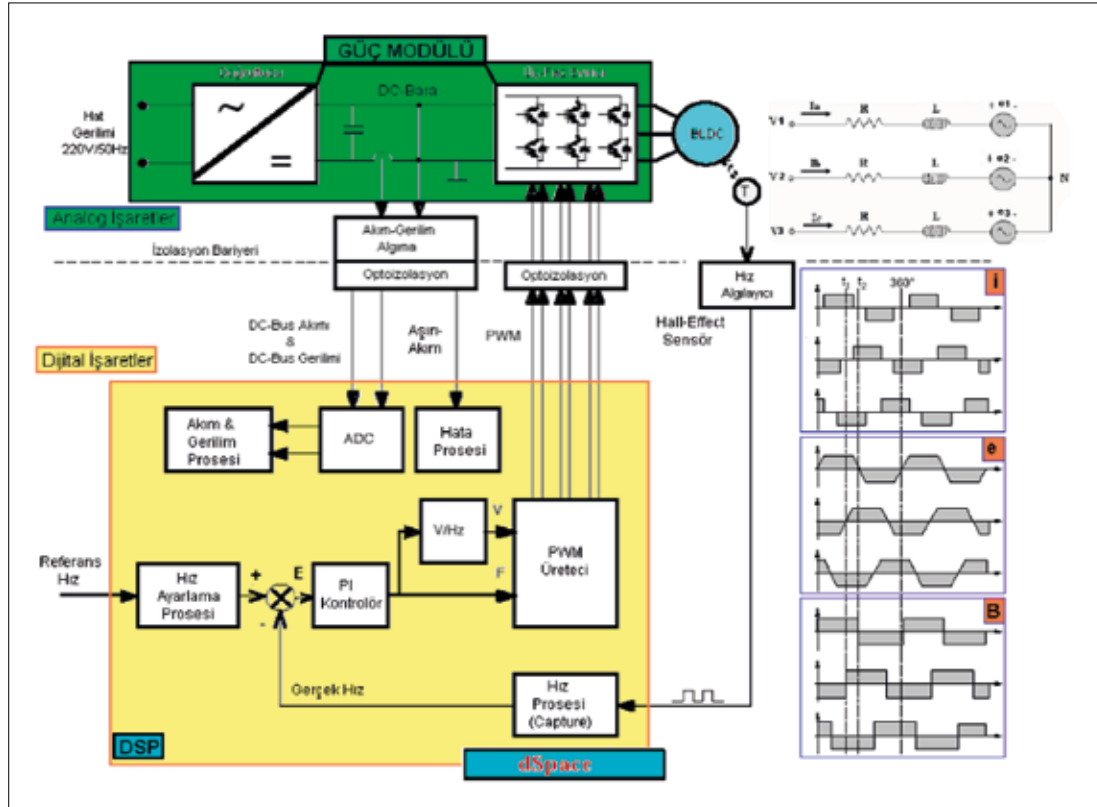
Asenkron makinelerde yalnızca demir ve bakır bulunur. İmalatı kolay ve maliyeti düşüktür. Mıknatısı olmayan bir elektrik makinesi olduğu için, malzemenin teminindeki risk faktörü de düşüktür. Endüksiyon prensibiyle çalıştığı için kontrolü, mıknatıslı motorlara göre daha karmaşıktır. Kontrol elektroniğinin donanım ve yazılımındaki gelişmeler, bu karmaşıklığın üstesinden gelmektedir. Tesla Roadster elektrikli otomobillerde ve Fiat Fiorino'nun elektrikli modelinde asenkron motor tahrik sistemi kullanılmaktadır.

4.1.2. Güç Elektroniği Devreleri

Güç elektroniği devreleri artık imalatçı firmalar tarafından modüler halinde imal edilmektedir. Evirici (*inverter*) doğrultucu (*rectifier*) ve DA/DA çeviricilerinde otomotivde kullanılan güç değerlerinde genellikle IGBT anahtarlar kullanılmaktadır. Resim 6'da imalatçı firmaların (Semikron, Infineon, Misubishi) IGBT güç elektroniği modülleri gösterilmiştir.



Resim 6. Güç elektroniği modülleri



Şekil 11. Elektrik makinesinin güç elektroniği ve kontrol devresi

Tekerleklerle verilen momentin ve tekerlek hızının kontrolü için elektrik makinesine verilen gerilimin genlik frekans ve faz yönünden denetlenmesi gerekir. Motor kontrolünde kullanılan güç elektroniği devresi, akü bataryasının çıkışındaki doğru gerilimi, uygun genlik, frekans ve fazda alternatif gerilime çevirerek elektrik moto-

runa iletir. Böylece istenen moment ve hız elde edilir. Aracın frenlenmesinde veya yokuş aşağı hareketinde ise elektrik makinesi jeneratör konumuna geçer ve elektrik üretir, güç elektroniği devresi bu gerilimi akü bataryasına uygun doğru gerilim olarak aktarır ve bataryanın dolmasını sağlar. Şekil 11’de Mekatro elektrikli tahrik sistemi gösterilmiştir.

Elektrikli tahrik sistemlerinin elektrikli araçlarda kullanımı için başlıca üç unsur bulunmaktadır. Bunlar; 1. birim ağırlık ve hacim, 2. birim maliyet ve 3. verim değerleridir. Bu değerlerin iyileştirilmesiyle, daha hafif ve küçük, daha ucuz ve verimi yüksek tahrik sistemlerine kavuşulacağı beklenmektedir. Aşağıdaki tabloda 55 kW gücü kısa sürelerle, 30 kW gücü sürekli olarak verebilen bir elektrikli tahrik sisteminin, gelecekteki hedef değerleri ABD Enerji Bakanlığı tarafından öngörüldüğü biçimde sunulmuştur.

Yıl	\$ /kW	kW/kg	kW/lt	\$ /kW	kW/kg	kW/lt	Toplam Verim
2010	7,9	10,8	8,7	11,1	1,2	3,7	≥ 90
2015	5	12	12	7	1,3	5	≥ 93
2020	3,3	14,1	13,4	4,7	1,6	5,7	≥ 94

Şekil 12. Tahrik performans hedefleri elektrik makinesi güç elektroniği

4.2. Elektrik Enerjisi Depolama Sistemleri

4.2.1. Batarya Teknolojileri

Elektrikli kara taşıtlarının geleceği büyük ölçüde pil teknolojisine bağlıdır. Pillerin enerji yoğunlukları kg ağırlık başına Watt-saat veya litre başına Watt-saat enerji miktarlarıyla ölçülür. Aşağıdaki tablodan görüldüğü gibi, pillerin (akü) enerji yoğunlukları benzin ve dizelden çok daha düşüktür. Örneğin 1300-1600 cc dizel araç 60 lt depo ile ve $60 \times 0,86 = 52$ kg yakıt ile yaklaşık 1000 km yol gider. Benzer bir benzinli araç ise 1000 km’lik menzili 75 lt ve 54 kg benzin ile tamamlar. Oysa bugünün teknolojisiyle Lityum-İyon akü ile yaklaşık 1000 km için, $180 \text{ kWh} = 1200$ kg Lityum-İyon batarya gerekiyor. Benzin ile karşılaştırdığımızda Lityum pilin enerji yoğunluğu yaklaşık $50/1000 = 1/20$ veya % 5 düzeyindedir.

Pil teknolojisi üzerine Ar-Ge faaliyetleri devam etmekte olup, gelecekte enerji yoğunluğu için beklenen artış aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Kurşun Asit Akü	Nikel Metal Hidrür Ni-MeH	Lityum – İyon Bugünün Teknolojisi	Lityum – İyon Gelecekte Oluşacak Süper Pil	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

Şekil 13. Çeşitli pil teknolojilerinin enerji yoğunlukları ve 1000 km menzil için ağırlıkları

4.2.2. Batarya Doldurma Devreleri

Elektrikli araçların birçoğunda akü bataryalarını dışarıdan şarj etmek üzere güç elektroniği devreleri bulunur. Bu devreler, tek fazlı 220 volt şebeke gerilimini (ABD’de 110 volt) alternatiften doğru gerilime çevirip aküyü beslerler. Başlıca iki tür şarj sistemi bulunmaktadır. Bunlardan ilki “normal şarj” olup, bu uygulamada lityum piller 6-7 saat süreyle doldurulur. Bu tür şarj sistemleri 3 kW altındadır. Diğer yöntem ise “hızlı şarj” olarak bilinir ve ancak özel şarj istasyonlarında ve büyük güç kaynaklarıyla 20-30 dakikada piller doldurulabilmektedir.

Akü bataryalarının doldurulması (şarj), önemli ve hassas bir süreçtir. Akü içerisindeki gözeler (cell) sürekli izlenir ve aşırı şarj sonucu oluşabilecek yanmalara karşı özel elektronik devrelerle korunur. Koruma elektroniği ile birlikte ele alındığında akü şarj sistemleri “akü yönetim sistemi” ismini alır. Bu sistemler, donanım ve yazılım olarak, aracın güç elektroniği ve kontrol uygulamaları içerisinde ayrı bir yer alır.

Beşinci Bölüm

ŞEBEKE ALTYAPISI VE AKILLI ELEKTRİK GÜÇ SİSTEMLERİ

5.1. Batarya Dolum İstasyonlarının Güç Talebi ve Elektrik Şebekesi

Elektrikli otoların yaygınlaşmasıyla beraber, akü bataryalarının doldurulması önemli bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Bilindiği gibi bataryaların saatler sürecekt biçimde yavaş yavaş doldurulması uygun olan şarj biçimidir. Öte yandan uzun yol yapacak kişilerin böylesi uzun süreler beklemesi de mümkün değildir. Bu nedenle yukarıda açıklandığı üzere ya hızlı şarj seçeneği veya çıkar-tak usulü batarya değiştirme yöntemi uygulanacaktır. Hızlı şarj durumunda, aynı anda birçok aracın bataryaları doldurması halinde, ortaya bugünkü şebeke yapısının kaldıramayacağı bir yük durumu ortaya çıkmaktadır. Örneğin yaklaşık 50 kWh'lik bir akü bataryasının yarım saatte doldurulması için 100 kW güç gerekmektedir. Aynı anda 10 elektrikli aracın şarjı için 1 MW elektrik gücünün sağlanması gerekir ki, bugünkü koşullarda böyle bir gücün sağlanması mümkün değildir. Bu nedenle akü doldurma istasyonlarının elektrik besleme kapasitelerinin büyük ölçüde artırılması gerekecektir. Bunun için batarya dolum istasyonlarına “dağıtılmış elektrik enerji üretim” tesislerinin konması gerekecektir. Bu istasyonlarda elektriğin hangi yöntemle ve nasıl elde edileceği üzerinde çalışmalar devam etmektedir.

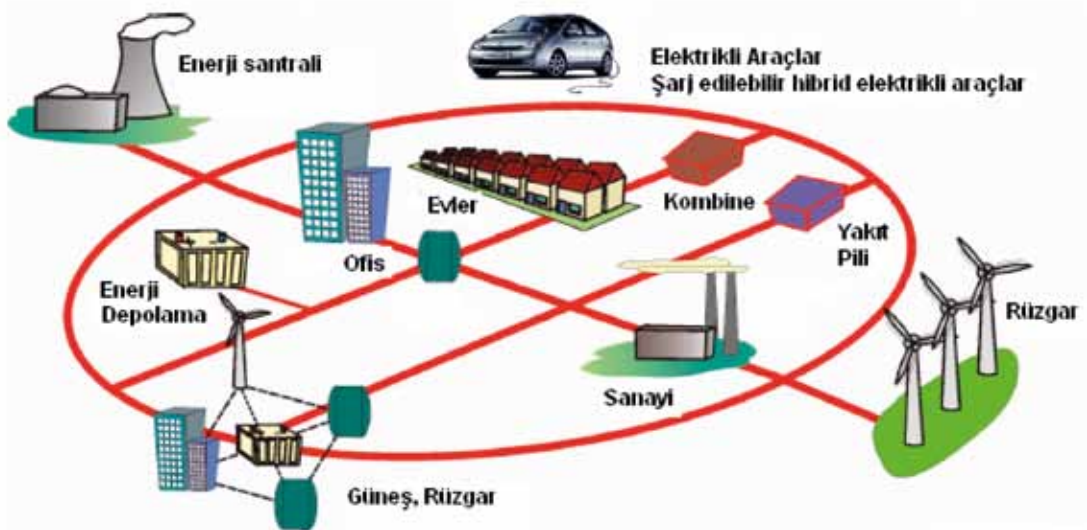
Diğer yönden batarya doldurma devreleri alternatif gerilimi doğru gerilime çevirmekte, bu gerilimin değerini ayar ederek bataryayı en uygun elektrik akımı ile doldurmaktadır. Bu işlemi yapan güç elektroniği devrelerinin elektrik şebekesinden harmonikli akımlar çekmekte olduğu ve bu harmoniklerin elektrik şebekesinde birçok bozucu etkilere neden olduğu bilinmektedir. Bu etkiler zaman zaman trans-

formatör, kondansatör gibi şebeke cihazlarının yanarak bozulmasına ve elektrik kesintilerine kadar varmaktadır. Bu bakımdan batarya doldurma devrelerinin elektrik besleme noktalarından sinüs biçimi akım çekmelerini sağlamak, varsa harmonikleri süzmek bir diğer önemli elektrik şebeke sorunudur.

Gerek elektrik güç kapasitesinin artırılması, gerekse elektrik kalitesinin iyileştirilmesi Türkiye’de geliştirilen teknolojilerle yapılmalıdır. Bu konuda teknolojik yetkinlik kazanılması ithalat baskısından kurtulup, ihracat pazarları yaratmak bakımından önem taşıyan bir Ar-Ge konusu olarak karşımıza çıkmaktadır.

5.1.1. Akıllı Elektrik Şebekesi

Yukarıda işaret edildiği üzere elektrikli araçlardaki bataryaların doldurulması, elektrik şebekesine ağır bir yük getirmektedir. Acil ihtiyacın bulunmadığı araçlar için, bu yükün elektriğin daha az kullanıldığı saatlere yayılması şebeke elektrik yükünün hep bir seviyede tutulması bakımından çok yararlı olacaktır. Örneğin gece yarısından sabah saatlerine kadar veya elektrik enerji talebinin azaldığı gündüz öğle saatlerinde bataryaların doldurulması, Türkiye’nin birkaç elektrik güç santralinden tasarruf etmesini sağlayacaktır. Bunu düzenlemek üzere, farklı saatlerde farklı tarifeler uygulanması, elektrik enerji akışının sürekli en iyi konumda düzenlenmesi, kişilerin de şebekeye elektrik satabilmesi, yenilenebilir enerjilerden elde edilen elektriğin kullanılmasının ayrılması, karbon pazarının oluşması gibi konular uluslararası arenada “Smart Grid”, Akıllı Elektrik Şebekesi olarak nitelendirilmektedir. Aşağıda böyle bir şebeke sembolik olarak gösterilmektedir.



Şekil 14. Akıllı elektrik şebekesi modeli

Bilindiği gibi Türkiye elektrik şebekesini özelleştirmektedir. Buna paralel olarak enerji borsası gibi konular gelişmektedir. Akıllı Elektrik Şebekesi konusu, bunlarla bağlantılıdır ve bu alanda yeni Ar-Ge çalışmalarına ihtiyaç olduğu görülmektedir.

Altıncı Bölüm

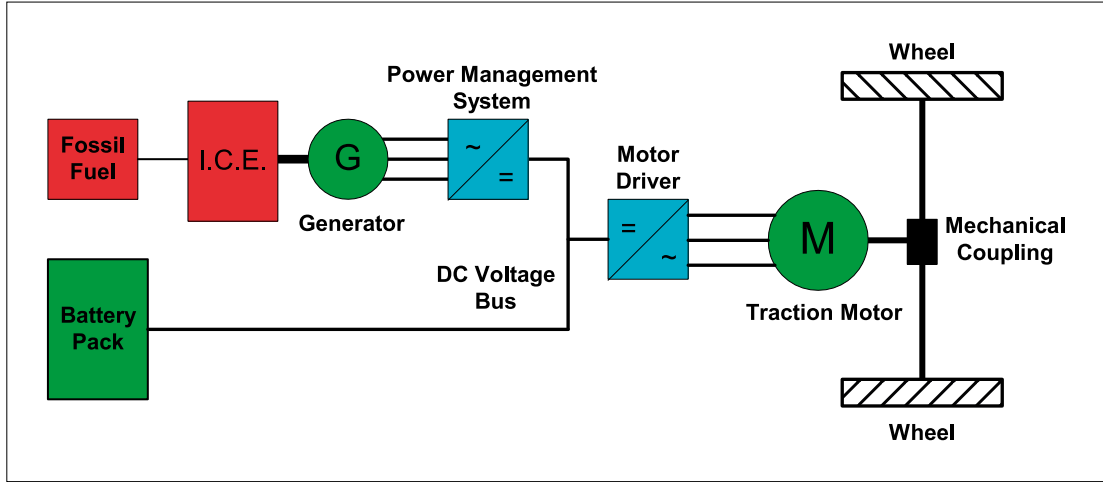
TÜRKİYE'DEKİ ELEKTRİKLİ KARAYOLU TAŞITLARI İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR

ELİT-1: Hibrit Elektrikli Araç

Elit-1, Türkiye'nin ilk hibrit elektrikli aracıdır. Proje kapsamında seri hibrid elektrikli bir araç tahrik sistemi tasarlanmış ve prototipi TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi (MAM) Enerji Enstitüsü'nde geliştirilmiştir. Bu proje 2002-2003 yılları arasında TOFAŞ (Ceo: Jan Nahum) ile MAM işbirliği ile DOBLO model bir hafif ticari aracın tahrik sisteminin elektrikli hibrit olarak geliştirilmesidir. Bu projede 30 kW'lık Ansaldo asenkron motor ve güç elektroniği devreleri ve yerli kurşun asit piller kullanılmıştır. MAM Proje Ekibinde Prof. Dr. R. Nejat Tuncay, Azmi Yılmaz, Hamdi Uçarol ve Okan Tür yer almıştır.



Resim 7. ELİT-1 Türkiye'nin ilk hibrit elektrikli aracı

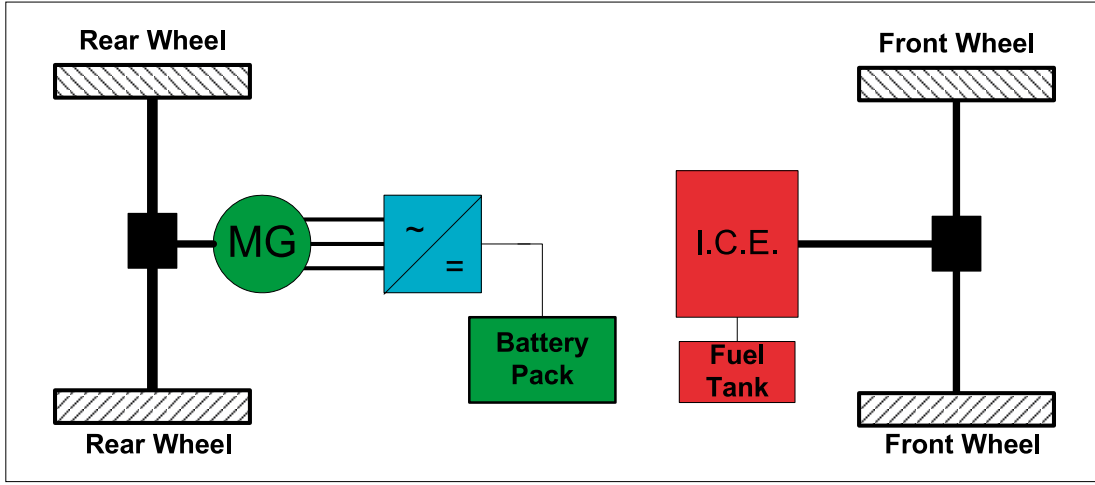


Şekil 14. FOHEV-1 hibrit elektrikli hafif ticari araç

Bu araç, Türkiye’de hibrit teknoloji ile geliştirilmiş ilk minibüstür. Proje kapsamında ön aksa dokunulmaksızın arka aksa elektrikli tahrik sistemi yerleştirilmiş ve böylece yol üzerinden (*through the road*) bir paralel hibrit elektrikli araç tasarımı gerçekleştirilmiş ve bir adet prototip geliştirilmiştir. Bu projede, Ford OTOSAN, İTÜ ve TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü birlikte çalışmışlardır.



Resim 8. FOHEV-1



Şekil 15. FOHEV-2 hibrit elektrikli hafif ticari araç, topolojik yapı

FOHEV projesinin 2. aşamasıdır. Bu projede de Ford OTOSAN, TÜBİTAK MAM ve İTÜ birlikte çalışmıştır. Projede seri-paralel bir hibrit elektrikli aracın geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bir önceki modelden farklı olarak ön aksa da elektrikli tahrik sistemi konmuştur. 2008 Haziran ayında araç basına tanıtılmıştır.



Resim 9. FOHEV 2 fort paralel hibrit minibüs

OTOKAR DORUK: TÜRKİYE’NİN İLK HİBRİT OTOBÜSLERİNDEN

DORUK 160LE HİBRA 2007 yılında tamamlanmıştır.



Resim 10. OTOKAR Doruk hibrit otobüs

TEMSA: TÜRKİYE’NİN İLK HİBRİT OTOBÜSLERİNDEN

Bu otobüste, iki tane asekron motor bir tahrik eksenine yerleştirilerek bir seri hibrit tasarımı gerçekleştirilmiştir. 2009 yılında tamamlanmıştır. Bu sistemde bir sürekli mıknatıslı jeneratör ve ultra kapasitör kullanılmıştır.

BMC MEKAR

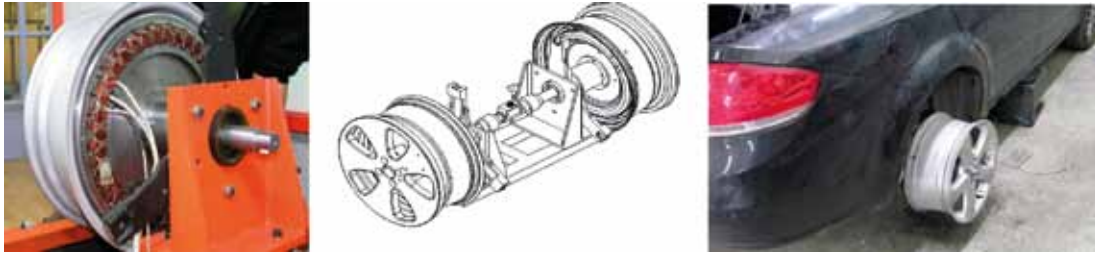
Bu araştırma birimi İTÜ Makine Fakültesi öğretim üyelerinden Prof. Dr. Levent Güvenç tarafından oluşturulmuş; araç dinamiği, otomotiv mekatroniği ve akıllı otomotiv sistemleri ile yukarıda sunulan FOHEV-I ve FOHEV-II projelerinde yer almıştır. Aşağıda Türkiye’de ilk kez başarılı şasi kontrol uygulamasının bileşenleri gösterilmektedir.



Şekil 16. MEKAR araç dinamiği çalışmasındaki bileşenler

MEKATRO R&D

2008 yılında tamamlanan TEYDEB projesinde TOFAŞ-MEKATRO Ar-Ge tarafından Türkiye'nin ilk tekerlek içi (hub) sürürlü otomobili gerçekleştirilmiştir. Bu projede arka tekerleklerin içine entegre bir tasarım ile 15 kW'lık mıknatıslı elektrik motorları yerleştirilmiş ve diferansiyelsiz sürüş tekniği geliştirilerek bir Fiat Linea araca uygulanmıştır.



Resim 11. Mekatro hub projesi

ARİba

2005 yılında öğretim üyelerinin desteği ile İTÜ öğrencileri ARİba ismini verdikleri, güneş gözelerinden beslenen 3 tekerlekli elektrikli aracı yaptılar. Bu araçta 150 voltluk güneş gözesi gerilimi, lityum aküde depolanmakta, daha sonra DA/DA çeviricisiyle 300 volt doğru gerilime çevrilerek, Mekatro teknolojisiyle geliştirilen tahrik sistemini beslemektedir. Bu tahrik sistemi bir güç elektroniği besleme devresi, kontrol yazılımı ve bir yaklaşık 3,5 kW'lık bir mıknatıslı fırçasız doğru akım motorundan oluşmaktadır.



Resim 12. İTÜ-ARİba güneş enerjili elektrikli araç

Bu araç ve aynı teknolojiyle tasarlanan diğer araçlar TÜBİTAK tarafından düzenlenen üniversiteler arası yarışlarda 2006-2007 ve 2008 yıllarında ilk iki dereceyi almıştır. İTÜ daha sonra yarışlara katılmamıştır. Bu sırada araştırma ekibi araç dinamiği ve Wh enerji tüketimi alanında, akü şarj devreleri ve tasarım optimizasyonu alanında önemli birikimler elde etmiştir.

Yedinci Bölüm

İMALATI VE SATIŞI YAPILAN ELEKTRİKLİ OTOMOBİLLER

Tesla Roadster: 2008 yılında ABD de satışa sunulmuştur. Lotus şasi kullanılmıştır. 14.000 devir hızına kadar çıkabilen üç fazlı asenkron motor, tek çevirme oranı olan bir dişli üzerinden arka aksı tahrik etmektedir. Li-iyon bataryalara sahip bir araçtır. Şu ana kadar 2100 araç 18 değişik ülkeye satılmıştır. Menzilin 400 km olduğu iddia edilmektedir. 110 volt veya 220 volt alternatif akım şebekesinden doğrudan şarj edilebilmektedir.

Nissan Leaf: 90 kWh'dan fazla güç üretme kapasitesine sahip inceltirilmiş lamine lithium-ion pil teknolojisi ile tasarlanmıştır. Bu sayede araç 80 kW motor gücü ve 280 Nm moment üretebilmektedir. Tam şarj ile 160 km'den fazla yol alma menziline sahip olan Leaf, hızlı şarj etme özelliği ile de 30 dakikadan daha kısa bir sürede % 80'lik enerji performansı sunuyor. Leaf'in teknolojisi evlerde bile tam dolun yapmayı mümkün kılıyor.

Opel Ampera: Üretimine 2011 yılında başlandı, fiyatı 42.900 Euro. Menzili uzatılmış tür EV, ilk 40-80 km boyunca emisjonsuz elektrikli sürüş sağlıyor, Şarjı bittiğinde benzinli motorun devreye girmesiyle 100 km'de 1,6 lt benzin tüketimiyle toplamda 500 km'lik bir sürüş menzili sağlıyor ve 40 g/km'den daha az karbondioksit salınımına sahip.

Opel Ampera 114 kW elektrik motoru ile sıfırdan 100 km/saate hızlanma süresi yaklaşık dokuz saniye ve azami hızı 161 km/saat. Lityum-iyon aküsü 198 kg ve 16 kWh kapasiteli, standart bir 230 V/16A elektrik prizi ile 4 saatten az bir sürede şarj edilebiliyor.

BMW i3: İlk seri üretim elektrikli otomobili unvanına sahip olacak. Arka aks üzerine monte edilmiş elektrik motoru 125 KW/170hp güç ve 250 nm tork çıkışı ile performans beklentilerini çevreye zarar vermeden karşılıyor. BMW i3 0'dan 60 km/s hıza dört saniyenin altında ulaşırken, 0-100 km/s hıza sekiz saniye civarında çıkabiliyor.

BMW i3 Concept'in orta alt kısmına yerleştirilen lityum-iyon bataryalar ve sıvı soğutma sistemi otomobili altı saatte tam olarak şarj olmasını sağlıyor. Eğer yüksek hızlı şarj modu seçilirse bir saat içinde bataryaların % 80'ini doldurabiliyor. Bununla beraber, lityum-iyon piller 120 km'den 160 km'ye kadar menzil sunabiliyor.

Kia Venga EV: 80 BG 140 km menzil, 280 Nm maksimum moment, 24 kwh lityum-iyon pil, standart şarj evlerde 6 saat, hızlı şarj istasyonda 20 dakika, 0'dan 100 km/h hıza 11,8 saniyede ulaşıyor. Piyasaya 2013'te çıkacak.

Smart Forvision EV: Bir elektrikli araç olmanın ötesinde yenilikçi özellikler taşıyor. 2011 Frankfurt Auto Show'da, kimya şirketi BASF ve otomobil üreticisi Daimler'in ortak çalışmayla geliştirdiği Smart Forvision EV, enerji verimliliği ve hafif parçalarıyla dikkati çekiyor.

Şeffaf organik güneş pilleri, şeffaf organik ışık yayıcı diyotlar, tümüyle plastik jantlar, yeni düşük-ağırlıklı gövde parçaları ve kızılötesi-yansıtıcı filmler ve boyalar; aracın enerji tüketiminin düşürülmesine ve dolayısıyla menzilin ve kullanım kolaylığının arttırılmasına katkı sağlıyor.

Smart Forvision EV'in tavanında, organik-kimyasal boya bazlı güç-üreten enerji pilleri kullanılmış. Aydınlatma olarak organik ışık yayıcı diyotlar kullanılmış.

Öte yandan, Smart Forvision EV'de, BASF'nin geliştirdiği yeni yüksek performans malzemesi Ultramid Structure kullanılarak üretilen dünyanın seri üretime uygun ilk tümüyle plastik jantları bulunuyor. Metalle aynı derecede dayanım sağlayan Ultramid Structure, ağırlığın yüzde 30 düzeyinde azaltılmasına olanak tanıyor.

Ayrıca yüksek performanslı yalıtım malzemeleri ve camlarındaki termal radyasyonu yansıtan polimer filmler gibi yenilikçi çözümler sayesinde Smart Forvision'ın içindeki ısı yönetim sistemi de oldukça düşük enerjiye ihtiyaç duyuyor.

Toyota FT EV, Toyota RAV4 EV: Toyota, Plug in Prius'a ek olarak ABD piyasasına bu iki otomobil ile giriyor. RAV 4 için TESLA grubu ile işbirliği yapıyor.



Chevrolet Volt EV: Bu araç menzili uzatma kabiliyeti olan bir elektrikli araçtır.

Türkiye'de Renault ve Tofaş elektrikli araç projeleri gerçekleştirdiler.



Doblo EV: Tofaş Fiat, Doblo aracının elektrikli modelini hazırladı.





Renault Fluence: Renault Fluence ZE Türkiye'de imal ediliyor.



Sekizinci Bölüm

SONUÇLAR

- Petrol kaynaklarının tükenmekte oluşu ve mevcut araçların atmosfere saldıkları sera gazları nedeniyle, uluslararası kaygılar artacak, regülasyonlar sıkılaşmaya devam edecektir.
- Temiz enerji kullanan teknolojilere yönelim devam edecek, 2050 yılında içten yanmalı motorlu taşıtlar neredeyse piyasadan tamamen kalkacaktır.
- Benzin ve dizel yakıtla çalışan araçların piyasadan çekilmesi hemen olmayacak, motorlar küçülecek, hafifleyecek, daha verimli ve daha temiz hale gelecekler.
- Yeni malzeme teknolojisi üzerine araştırmalar devam edecek, taşıtlarda daha hafif ve çevre dostu malzemeler kullanılacaktır.
- Önümüzdeki 10-15 yıl, büyük, güçlü araçlardan başlamak üzere hibrit teknolojisi daha da yaygınlaşacak. Özellikle şebeke şarj kabiliyeti olan (plug in) hibritler öne çıkacaktır.
- Elektrikli araç teknolojisinin ilk yapım maliyeti ve menzil kısıtı nedeniyle, tam elektrikli kara taşıtlarında küçük ve hafif araçlar öne çıkacak ve bir süre şehir içi uygulamalarla yetinilmek durumunda kalınacaktır. Muhtemelen temiz şehir kavramı çerçevesinde şehir merkezlerinde sıfır emisyon bölgeleri oluşturulacaktır.
- Elektrikli araca eklenen elektrik jeneratörü (range extender) ile oluşan seri hibrit araç daha uzun menziller için kullanılabilir, buna rağmen satışlar uzun bir süre çok küçük oranlarda kalmaya devam edecektir.
- Pil ve batarya teknolojilerinde Ar-Ge çalışmaları devam edecek, pillerin enerji yoğunlukları (kWh/kg ve kWh/litre) ve maliyetleri azalacaktır. Pillerin güvenirliliği ve araç güvenliği üzerinde çalışmalar yoğunlaşacaktır. Burada gösterilecek başarı veya başarısızlık elektrikli araca geçiş takvimini olumlu veya olumsuz etkileyecektir.
- Batarya yönetim sistemleri ve güç elektroniği şarj sistemlerinde Ar-Ge çalışmaları ve uygulamalar devam edecektir. Bunlarla bağlantılı yazılım çalışmaları önem kazanacaktır.

- Verimi ve güvenilirliği yüksek, maliyeti düşük elektrik makinesi ve sürücü güç elektroniği teknolojilerinde Ar-Ge çalışmaları devam edecek, tekerleklere verilen veya alınan momentin en iyi bir biçimde kontrol edilebilmesi için yazılım çalışmaları ve bilgi birikimi değer kazanacaktır.
- Tekerlek içi elektrikli tahrik sistemleri üzerinde çalışmalar devam edecektir.
- Hibrit veya elektrikli araçların, gerek tahrik ve enerji sistemini denetleyen, gerekse araç yol kararlılığını düzenleyen yazılım ve donanımlar ile bunların eşgüdüm halinde çalışmasını sağlayan haberleşme ağlarında ilerlemeler oluşacaktır.
- Bir miktar duraklamış gibi görünen yakıt pili (*fuel cell*) teknolojisi üzerine araştırmaların devam edeceği anlaşılmaktadır. Ortaya çıkabilecek ani bir teknolojik kırılma ile elektrikli araçların yakıt pilinin ürettiği elektrikle çalıştırılması ihtimali bulunmaktadır.
- Teknolojik kırılma olmasa da, yakıt pillerinin; otobüs, kamyon gibi büyük güçlü uygulamalarda ticarileşmesi ve çok ilerideki yıllarda diğer araçlara yaygınlaşması kuvvetle muhtemeldir.
- Elektrik şebekelerinin, elektrikli araçları şarj edebilmelerini sağlayacak niteliğe kavuşmaları için Ar-Ge ve yatırım faaliyetleri yaygınlaşacak. Akıllı şebeke uygulamasına geçilecek, buna ilişkin yazılım ve donanım ihtiyacı artacaktır.

Yukarıda ifade edildiği üzere, otomotiv alanında değişim süreci içersine girilmiştir. Bu alanlarda nitelikli beyin gücü potansiyelimiz bulunmaktadır. Sanayi kuruluşları ve üniversitelerin, kamu kurumlarımızın teşvik ve yönlendirmeleriyle, yoğun Ar-Ge çalışmaları yapmaları, özgün teknolojiler üretmeleri, ülkemizi liderler arasına sokabilecektir. Bu fırsatı kaçırmayacağımıza inanıyoruz.

KAYNAKÇA

Hybrid and Electric Vehicles: Progress Towards Sustainable Transportation, IEA International Energy Agency, Mart 2008.

Hybrid and Electric Vehicles: Progress Towards Sustainable Transportation, IEA International Energy Agency, Şubat 2009.

Hybrid and Electric Vehicles: The Electric Drive Advances, Move Electric, IEA International Energy Agency, Mart 2010.

Tuncay-Çelikel, A. (2010). *Research and Development Collaborations: Turkish Automotive Industry*, VDM Verlag, Berlin/Almanya.

Gökçe, C., Karakaya, U., Yılmaz, M., Şengür, A., Çiftçioğlu, M., Üstün, Ö., Tuncay, R. N., “Ağır Şehir İçi Trafik Koşulları İçin Motor Miline Entegre Dur-Çalıştır Özellikli Hafif Hibrit Elektrikli Aracın Elektrikli Güç Aktarma Sisteminin Geliştirilmesi”, OTEKON Konferansı, Bursa, 2010.

Tuncay-Çelikel, A. (2010). *Recent Developments of R&D Activities on Green Automotive Technologies in Turkey and the Role of Turkish Government*, 18th International Gerpisa Colloquium: The Greening of the global auto Industry in a period of crisis, WZB, 6-9 Haziran 2010, Berlin/Almanya.

OTEP, “Otomotiv Teknoloji Platformu Vizyon Dokümanı”, Versiyon 1.0, Ağustos 2010.

OTEP, “Otomotiv Teknoloji Platformu, Elektrikli Araç Çalışma Grubu Raporu”, Versiyon 1.2, 21 Ekim 2010.

European Roadmap, “Electrification of Road Transport”, ERTRAC, Version 2, Kasım 2010.

Tuncay, R. N., Üstün, Ö., “Design and Implementation of an Electric Drive System for In-Wheel Motor Electric Vehicle Applications using ANSOFT Maxwell and MATLAB & Simulink” Bilgisayar Destekli Mühendislik ve Sistem Modelleme Konferansı, Ankara, 26 Kasım 2010.

EPDK Annual Petroleum Sector Report, 2011, www.epdk.org.tr.

Tuncay, R. N., Uçarol, H., Üstün, Ö., “Elektrikli Kara Yolu Taşıtlarında Teknoloji Ufuk Turu”, Çağrılı Bildiri, EUSIS 2011, Elektrikli Ulaşım Sistemleri Sempozyumu, Bursa-Eskişehir, 7-9 Nisan 2011.

European Green Cars Initiative Shows Products, Projects and Strategies in the European Parliament, High Level Event Green Cars PPP, Workshop “Portfolio of European Green Cars Projects”, 31 Mayıs 2011, Brüksel/Belçika.

OTEP, “Otomotiv Teknoloji Platformu Stratejik Araştırma Programı” (SAP), Versiyon 1.0, 6 Haziran 2011.

OTEP, Automotive Technology Platform, “Strategic Research Program” (SRP), Haziran 2011.

OTEP, “Otomotiv Teknoloji Platformu Ar-Ge Kurum ve Kuruluşları”, Haziran 2011.

Tuncay-Çelikel, A., Tunzelmann, N. (2011). *The Electric Car Revolution: Capabilities of the Multinational Car Manufacturers and the Important Role of the Governments*, R&D Management Conference 2011: R&D Sustainability and Innovation, need for new ideas, initiatives and alliances, Linköping University, 28-30 Haziran 2011, Norrköping/İsveç.

Tuncay, R. N., Uçarol, H., Üstün, Ö., “A Tour of the Horizon in Electrical Road Transportation”, International Workshop on Intelligent Vehicles and Energy, Okan University, İstanbul, 27 Haziran 2011.

Tuncay, R. N., Üstün, Ö., Yılmaz, M., Gökçe, C., Karakaya, U., “Design and Implementation of an Electric Drive System for In-Wheel Motor Electric Vehicle Applications”, VPPC 2011, 7th IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, Chicago, Illinois, 7-8 Eylül 2011.

Kaypmaz, C., Tuncay, R. N., “An Advanced Cell Model For Diagnosing Faults in Operation of Li-ion Polymer Batteries”, VPPC 2011, 7th IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, Chicago, Illinois, 7-8 Eylül 2011.

EUCAR, Industrial Contributions to the Societal Challenge for Europe, Mobility and Transport Challenge, 8 Kasım 2011.

Karabağ, S. F., Tuncay-Çelikel, A., Berggren, C. (2011). *World Development*, The Limits of R&D Internationalization and the Importance of Local Initiatives: Turkey as a Critical Case, Vol. 39, No. 8, pp. 1347–1357, Elsevier, 2011.

PPP European Green Cars Initiative, [http:// www. european green cars initiative](http://www.european-green-cars-initiative.com/), homepage.

EUCAR, www.eucar.be/publications.

EK-1 AVRUPA BİRLİĞİ ARAŞTIRMA PROJELERİ

Yakıt ve Tahrik Sistemleri Projeleri

WtW	Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context	http://ies.jrc.ec.europa.eu/about-jec
BEAUTY	Bio-ethanol engine for advanced urban transport by light commercial & heavy-duty captive fleets	
OPTFUEL	Optimised fuels for sustainable transport in Europe	http://www.optfuel.eu
InGas	Integrated Gas Powertrain	http://www.ingas-eu.org
POWERFUL	Powertrain of future light-duty vehicles	http://www.powerful-eu.org
DECODE	Understanding of degradation mechanisms to improve components and design of PEFC	http://www.decode-project.eu
HyTRAN	Hydrogen and fuel cell technologies for road transport	
Auto-Stack	Development of a platform concept and business model for a European automotive stack industry	http://autostack.zsw-bw.de
H2movesScandinavia	Gaining customer acceptance for electric vehicles with fuel cells in Scandinavia	http://www.h2moves.eu
HELIOS	High Energy Li-ion Storage Solutions	http://www.helios-eu.org
HCV	Hybrid Commercial Vehicle	http://www.hcv-project.eu
SuperLIB	Smart battery control system based on a charge-equalization circuit for an advanced dual-cell battery for electric vehicles	http://www.superlib.eu

HI-CEPS	Highly integrated combustion electric propulsion system	http://www.hi-ceps.eu
CASTOR	Car multi-propulsion integrated power train	
FLOWHEAD	Fluid optimisation workflows for highly effective automotive development processes	http://www.flowhead.sems.qmual.ac.uk
MID-MOD	Mid-frequency vibro-acoustic modelling tools. Innovative CAE methodologies to strengthen European competitiveness	http://www.mid-mod.eu
EE-VERT	Energy efficient vehicles for road transport	http://www.ee-vert.eu
TIFFE	Thermal systems integration for fuel economy	http://www.tiffe.eu
ULYSSES	Future propulsion as ONE system	http://www.ca-ulysses.eu
AMELIE	Advanced Fluorinated Materials for High Safety, Energy and Calendar Life Lithium Ion Batterie	
FUEREX	Multi-fuel Range Extender with high efficiency and ultra low emissions	www.fuerex.eu
EUROLIION	High energy density Li-ion cells for traction	
NoWaste	Engine Waste Heat Recovery and Re-Use	

Tümleşik Güvenlik Projeleri

FIMCAR	Front Impact and Compatibility Assessment Research	http://www.fimcar.eu
IMVITER	Implementation of virtual testing in safety regulations	http://www.imviter.com Newsletter
CASPER	Child advanced safety project for European roads	http://www.casper-project.eu
INTERSAFE-2	Cooperative intersection safety	http://www.intersafe-2.eu/public

interactIVe	Accident avoidance by active intervention for intelligent vehicles	http://www.interactive-ip.eu
ELVIRE	Electric vehicle communication to infrastructure, road services and electricity supply	http://www.elvire.eu
e-Dash	Electricity demand and supply harmonization for electric vehicles	
MOSARIM	More safety for all by radar interference mitigation	http://www.mosarim.eu
COMeSafety2	Communications for eSafety 2	http://www.comesafety.org
HAVEit	Highly automated vehicles for intelligent transport	http://www.haveit-eu.org
euroFOT	European large-scale field operational tests on in-vehicle Systems	http://www.eurofot-ip.eu
DaCoTA	Road Safety data collection, transfer and analysis	http://www.dacota-project.eu
ASSESS	Assessment of Integrated Vehicle Safety Systems for improved vehicle safety	http://www.assess-project.eu
MODELISAR	Modelica – AUTOSAR integration to support vehicle Functional Mockup	http://www.modelisar.com
DHErgo	Digital humans for ergonomics design of products	http://www.dhergo.org
CESAR	Cost-efficient methods and processes for safety relevant embedded systems	http://www.cesarproject.eu
E'CAR	Nanoelectronics key enabler for Energy Efficient Electrical Car	http://www.e3car.eu/
POLLUX	Process oriented electronic control units for electric vehicles developed on a multi-system real-time embedded platform	http://www.artemis-pollux.eu

MAENAD	Model-based analysis & engineering of novel architectures for dependable electric vehicles	http://www.maenad.eu
DRIVE C2X	Field trial with co-operative systems at various European test sites. Successor project of Pre-drive	http://www.drive-c2x.eu
ELVA	Advanced Electric Vehicle Architectures	http://www.elva-project.eu/
COMeSafety 2	Communications for eSafety2	http://www.comesafety.org
FOT-NET2	Field Operational Test Networking and Methodology Promotion	http://www.fot-net.eu/
Instant Mobility	Future Internet for smart, efficient and green urban mobility	http://www.instant-mobility.com/
ecoDRIVER	Supporting the driver in conserving energy and reducing emission	http://www.ecodriver-project.eu

Malzeme ve İmalat Teknolojileri Projeleri

MUST	Multi-level protection of materials for vehicles by “smart” nanocontainers	http://www.sintef.no/Project-web/MUST
my-CAR	Flexible assembly processes for the car of the third millennium	http://www.mycar-project.eu
VECOM	Concept modeling of Vehicle NVH	http://www.vecom.org/
ADACOM	Adaptive control for metal cutting	http://www.adacom.eu.com
i-CONIK	An internet-based collaborative platform for managing manufacturing knowledge	http://noam.mech.upatras.gr/i-conik
Green City Car	Integrated solutions for noise&vibration control in vehicles	http://www.green-city-car.eu

HIVOCOMP	Advanced materials enabling High-Volume road transport applications of lightweight structural	http://hivocomp.eu/
Hareketlilik ve Taşımacılık Projeleri		
EBSF	European bus system of the future	http://www.ebsf.eu
CityLOG	Sustainability and efficiency of city logistics	http://www.city-log.eu
CityMOVE	CITY multi-role optimized vehicle	http://www.citymoveproject.eu
eCoMove	Cooperative Mobility Systems and Services for Energy Efficiency	http://www.ecomove-project.eu/
SAFIER	Support action for the implementation of ERTRAC's road transport research priorities	http://www.ertrac.org
CAPIRE	Coordination Action on PPP Implementation for Road-Transport Electrification	http://www.capire.eu
SATIE	Support action for a transport-ICT European large scale action	http://www.satie.eu

