

# HİBRİD VE ELEKTRİKLİ ARAÇLAR ULAŞIMDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ İÇİN BİR ALTERNATİF

Hamdi UÇAROL, Emre KURAL, Dinçer Mehmet BAHAR, Eren ÖZSU, Erkan ELCİK,  
Mehmet Ali ÇİMEN, Murat DEMİRCİ, Murat GÜLER, Öncü ARARAT, Ali Önder BİLİROĞLU,  
Orhan KÜTÜK, Yalçın SOLAK, Celal ERGİN, Mustafa TIRIS  
TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Enerji Enstitüsü,  
[hamdi.ucarol@mam.gov.tr](mailto:hamdi.ucarol@mam.gov.tr)

## ÖZET

Artan araç sayısına bağlı olarak, ulaşımda kullanılan yakıt miktarının artması, atmosferde kirletici emisyonların ve karbondioksit(CO<sub>2</sub>) gazı miktarının hızla yükselmesi, dolayısıyla sera etkisinin oluşması ve iklim değişikliği sorunları, ulaşımda enerji verimliliği konusunu gündemde tutmaktadır.

Ulaşımında enerji verimliliği için alternatif yakıtlar, içten yanmalı motor teknolojisinde yapılan iyileştirmeler ve alternatif tahrik sistemlerine sahip araçların geliştirilmesi gündemdedir.

Araştırmaların devam ettiği önemli alanlardan biri de elektrikli tahrik sistemlerinin araçlar içerisinde kullanılmasına olanak sağlayan Tümü Elektrikli ya da Hibrid Elektrikli Araçlardır.

Bu bildiriye, ulaşımda enerji verimliliği konusuna genel bir giriş yapıldıktan sonra günümüz araçlarına alternatif olarak gündeme gelen hibrid ve elektrikli araç teknolojileri anlatılacak, bu konuda TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü'nde yapılan çalışmalardan örnekler verilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Ulaşımında Enerji Verimliliği, Hibrid Araçlar, Elektrikli Araçlar, Emisyon

## 1.GİRİŞ

Artan araç sayısına bağlı olarak, ulaşımda kullanılan yakıt miktarının artması, atmosferde kirletici emisyonların ve karbondioksit(CO<sub>2</sub>) gazı miktarının hızla yükselmesi, dolayısıyla sera etkisinin oluşması ve iklim değişikliği sorunları, ulaşımda enerji verimliliği konusunu gündemde tutmaktadır. Yurdumuzda ve Dünyanın diğer ülkelerinde her geçen yıl ulaşım yoğunluğunun artması ve açığa çıkan emisyon miktarlarının da buna paralel olarak yükselmesi alternatif tahrik sistemlerinin ve alternatif yakıtların kullanımını arttırmaktadır.

Tüm bu problemleri gidermek için uygun alternatif yakıtlar ve/veya daha verimli alternatif araçların geliştirilmesi gündeme gelmektedir.Bu çerçevede, yapılan araştırmaların odak noktasında elektrikli tahrik sistemlerinin araçlar içerisinde

kullanılmasına olanak sağlayan Tümü Elektrikli ya da Hibrid Elektrikli Araçlar yer almaktadır.

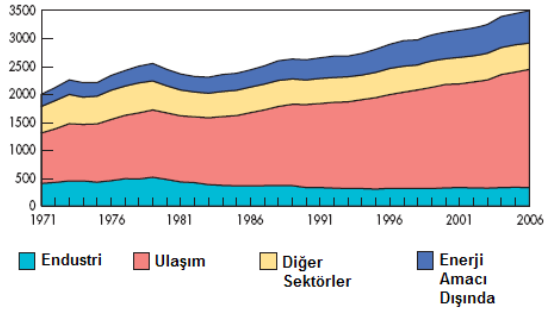
Hibrid Elektrikli Araçlar, konvansiyonel bir İçten Yanmalı Motor ve Elektrik Motorunun birlikte tahrik amaçlı kullanıldığı araçlardır. Aracın üzerinde çeşitli yöntemler ile depolanan elektrik enerjisi sayesinde Elektrik Motoru kullanılarak, gerek egzoz emisyonları gerekse yakıt tüketimi açısından, konvansiyonel araçlara göre büyük üstünlükler sağlanmaktadır. Özellikle, şehirçi yolcu taşımacılığında ve şehirçi yük taşımacılığı ve dağıtımında otobüs, midibüs, minibüs, kamyonet gibi ağır ve hafif ticari araçlar ile binek araçlarda hibrid ve elektrikli araç teknolojilerinin kullanımı konvansiyonel teknolojilere göre enerji verimliliği açısından önemli avantajlar sağlayacağı değerlendirilmektedir. Araçlarda emisyon salınımı ve enerji verimliliği büyük ölçüde birbirleri ile çelişen özelliklerdir. Dolayısı ile bu iki unsurun birbirleri ile ilişkilerini değerlendirilerek göz etmek gerekmektedir.

Bu bildiriye, ulaşımda enerji verimliliği konusuna genel bir giriş yapıldıktan sonra günümüz araçlarına alternatif olarak gündeme gelen hibrid ve elektrikli araç teknolojileri anlatılacak, bu konuda TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü'nde yapılan çalışmalardan örnekler verilecektir.

## 2. TÜRKİYE ve DÜNYADAKİ MOTORLU TAŞITLAR İÇİN EMİSYON STANDARTLARI

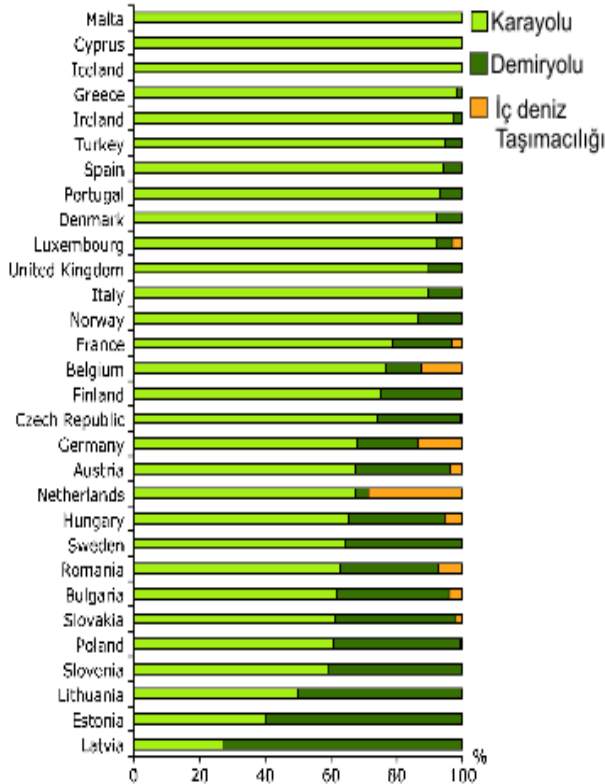
Dünyadaki enerji kullanımına bakıldığında artan araç sayısı ve artan ulaşım ihtiyacı ile birlikte ulaştırmanın payının arttığı görülmektedir. Karayolu taşımacılığı ulaştırma enerji tüketiminin en önemli kısmını oluşturmaktadır.

Şekil 1'de Dünya'daki petrol tüketiminin sektörlere göre dağılımı görülmektedir. Buna göre ulaşım sektörünün payı ve toplam üretimi yıllar içerisinde önemli artış göstermiştir. 1972 yılında %45'lik payından 2006 yılında % 60'lara gelmiştir [1].Şekil 2'de ise kara ve deniz yolu ulaştırmalarının paylarının Avrupa'daki ülkelere göre dağılımları görülmektedir. [2] Görüldüğü gibi taşımacılıkta hemen hemen tüm ülkelerde karayolu en önemli paya sahiptir.



Şekil 1. 1971-2006 arası petrol tüketiminin sektörlere göre dağılımı [1]

Karayolu taşımacılığında kullanılan motorlu kara taşıtlarının günümüzdeki en önemli enerji kaynağı olan fosil yakıtların içten yanmalı motorlarda tahrik gücüne çevrilmesi sonucunda ortaya çıkan emisyonların insan ve çevre sağlığı açısından zararları olduğu bilinmektedir. Bu çerçevede dünyada bölgesel olarak ülkeler çeşitli emisyon standartlarına uyum konusunda anlaşmalara varmışlardır. Örneğin, Avrupa Birliği karayolu taşımacılığı için üretilmekte olan motorlu taşıtların uyması gereken standartları ilgili yönetmelikler ile Tablo 1 de verildiği üzere uygulamaktadır [3]. Bu emisyon standartları araç tiplerine göre (binek, hafif, ağır) ve araçların yakıt tiplerine göre (benzin, dizel, LPG, CNG, vb.) çeşitlendirilmiş olup belirli zaman aralıkları ile güncellenerek daha da kısıtlayıcı hale gelmektedir.



Şekil 2 – Kara ve Deniz Taşımacılığının Dağılımı [2]

Tablo 1. Hafif Hizmet Taşıtları için A B Emisyon Standartları (g/km)

| Standart                       | Tarih   | CO  | HC  | HC +NOx | NOx  | Partikül Madde |
|--------------------------------|---------|-----|-----|---------|------|----------------|
| <b>Dizel Motorlu Taşıtlar</b>  |         |     |     |         |      |                |
| Euro 1                         | 1992.07 | 2,7 | -   | 0,97    | -    | 0,14           |
| Euro 2                         | 1996.01 | 1   | -   | 0,7     | -    | 0,08           |
| Euro 3                         | 2000.01 | 0,6 | -   | 0,56    | 0,5  | 0,05           |
| Euro 4                         | 2005.01 | 0,5 | -   | 0,3     | 0,25 | 0,025          |
| Euro 5                         | 2009.09 | 0,5 | -   | 0,23    | 0,18 | 0,005          |
| Euro 6                         | 2014.09 | 0,5 | -   | 0,17    | 0,08 | 0,005          |
| <b>Benzin Motorlu Taşıtlar</b> |         |     |     |         |      |                |
| Euro 1                         | 1992.07 | 2,7 | -   | 0,97    | -    | -              |
| Euro 2                         | 1996.01 | 2,2 | -   | 0,5     | -    | -              |
| Euro 3                         | 2000.01 | 2,3 | 0,2 | -       | 0,15 | -              |
| Euro 4                         | 2005.01 | 1   | 0,1 | -       | 0,08 | -              |
| Euro 5                         | 2009.09 | 1   | 0,1 | -       | 0,06 | 0,005          |
| Euro 6                         | 2014.09 | 1   | 0,1 | -       | 0,06 | 0,005          |

Türkiye, Avrupa Birliği yönetmeliklerine uyum sürecinde daha önce yürürlükte olan emisyon standartlarını Avrupa standartlarına göre yeniden düzenlemektedir. Bu çerçevede, Türkiye’de uygulanmış ve uygulamaya başlanmış emisyon standartları araç tiplerine göre Tablo 2’de verilmektedir.

Tablo 2. Motorlu araçlar için Türkiye’deki emisyon standartları

|                                       |                   | Önceki durum |            | Mevcut durum |            |
|---------------------------------------|-------------------|--------------|------------|--------------|------------|
|                                       |                   | Standart     | Tarih      | Standart     | Tarih      |
| Benzin Motorlu Hafif Hizmet Taşıtları | Yeni tip onayları | Euro 3       | 01.01.2001 | Euro 4       | 01.01.2008 |
|                                       | Tüm tip onayları  | Euro 3       | 30.09.2001 | Euro 4       | 01.01.2009 |
| Dizel Motorlu Hafif Hizmet Taşıtları  | Yeni tip onayları | < Euro 1     | 01.01.2001 | Euro 4       | 01.01.2008 |
|                                       | Tüm tip onayları  | < Euro 1     | 31.12.2002 | Euro 4       | 01.01.2009 |
| Ağır dizel araç                       | Yeni tip onayları | Euro I       | 01.01.2001 | Euro IV      | 01.01.2008 |
|                                       | Tüm tip onayları  | Euro I       | 31.12.2002 | Euro IV      | 01.01.2009 |

Taşımacılıktan kaynaklanan enerji tüketiminin azaltılması ve taşıtlardan yayılan kirlenici emisyonların azaltılması için en önemli unsurlardan biri de bu taşıtları kullanan toplumun bilinçlendirilmesidir. 2009 yılı başından itibaren yürürlükte olan “Yeni binek otomobillerin yakıt ekonomisi ve CO<sub>2</sub> emisyonu konusunda tüketicilerin bilgilendirilmesine ilişkin yönetmelik” buna katkıda bulunmak için atılmış adımlardan biridir. Bu yönetmelikte açıklandığı üzere araçların bütün promosyon literatürleri resmi yakıt tüketim ve resmi spesifik CO<sub>2</sub> emisyon verilerini içermelidir. Resmi yakıt tüketimi değeri, 100 km başına litre (l/100 km) veya 1 litre başına km

(km/l) ya da bunların birleşimine uygun halde en fazla ondalık basamak olarak açıklanmalıdır. Bu değerler 80/181/AT Yönetmeliği hükümleri ile uyumlu olacak şekilde değişik birimler cinsinden de ifade edilebilir (galon ve mil). Yönetmelikte araçların spesifik CO<sub>2</sub> emisyon değeri (g/km) cinsinden Tablo 3'te verilen değerlere göre sınıflandırılmaktadır.

Tablo 3. Motorlu taşıtların CO<sub>2</sub> emisyon değerlerinin sınıflandırılması

| Resmi Spesifik CO <sub>2</sub> Emisyon Sınıfı | Resmi Spesifik CO <sub>2</sub> Emisyonu E <sub>c</sub> (g/km) |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| A                                             | E <sub>c</sub> < 100                                          |
| B                                             | 101 ≤ E <sub>c</sub> < 125                                    |
| C                                             | 126 ≤ E <sub>c</sub> < 150                                    |
| D                                             | 151 ≤ E <sub>c</sub> < 175                                    |
| E                                             | 176 ≤ E <sub>c</sub> < 200                                    |
| F                                             | 201 ≤ E <sub>c</sub> < 225                                    |
| G                                             | E <sub>c</sub> > 225                                          |

### 3. ULAŞIMDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ İÇİN ALTERNATİF TEKNOLOJİLER

Emisyon regülasyonları, yasal zorunluluklara uyum ve bunu takiben küresel rekabetin gerekliliği olarak daha verimli araçlar üretme zorunluluğu, araç üreticilerini gerek konvansiyonel sistemlerde yeni çözümler üretmeye gerekse alternatif teknolojilere yönlendirmektedir. Özellikle son yıllarda İçten Yanmalı Motorlarda, egzoz sonrası işleme teknolojileri ile araçların emisyon değerlerinde önemli azalmalar gerçekleştirilmektedir. Standart haline gelen katalizörlerin yanı sıra, partikül maddeye karşı Kataliz Dizel Partikül Filtresi, azot oksit azaltımına yönelik SCR( Selective Catalyst Reduction) şu an araçlarda kullanılan başlıca sistemlerdir. Bunun yanı sıra, dizel motorlarda kullanılan yüksek basınçlı enjektör sistemleri ve hassas kontrol edilebilen enjeksiyon stratejileri ile yakıt verimliliği sağlamak mümkün olup beklenen emisyon regülasyonlarına uyum da gerçekleştirilmektedir. Ayrıca, benzin ve dizel motorlarda kullanılan egzoz gazı geri besleme teknolojisi, emisyon azaltımına yönelik kullanılan teknolojiler arasındadır. İçten Yanmalı Motorlardaki gelişmelere paralel olarak, kullanılan malzeme teknolojilerindeki ilerlemeler, şanzıman sistemleri, lastik teknolojisindeki birçok gelişme, güvenlik unsurunu göz ardı etmeksizin araçlarda enerji verimliliğine yönelik iyileştirmeler arasında yer almaktadır.

Araçlarda enerji verimliliğine yönelik yapılan çalışmaların bir kısmı da yakıt teknolojilerini ilgilendirmektedir. Bu noktada regülasyonların belirlediği kükürt ve kurşun oranları gibi gerek çevreci yakıtların gerekse aracın komponentlerine zarar vermeyecek tipte yakıtların kullanımı önem kazanmaktadır. Özellikle dizel yakıtlarda, setan

sayısı, kükürt, yağlayıcılık, su ve partikül gibi kirletici etkenler, benzinde ise oktan sayısı, gümüş korozyonuna sebep veren kükürt oranı, yakıt kalitesini belirleyen parametreler olarak göze çarpar. Son yıllarda yakıt teknolojilerini yakından ilgilendiren bir diğer konu ise, alternatif yakıtların araçlarda kullanımı ve araç alt yapısının bu yakıtlara uyumlu hale getirilmesi üzerine yapılan çalışmalardır. Özellikle, esnek karışıma izin verebilen araçlar (Flexible Fuel Vehicle –FFV) teknolojinin yöneldiği noktalardan biridir. Ancak alternatif yakıt kullanımının daha yaygınlaşması, kullanılan yakıt tipinin korozif etkileri ve diğer farklılıkları göz önünde bulundurulduğunda, beraberinde araçlardaki bazı modifikasyonların ortaya çıkmasına sebebiyet verecektir.

Son yıllarda enerji verimliliği bakış açısı ile araç teknolojilerinin yöneldiği noktalardan bir diğeri de elektrikli araç teknolojisi. Bu çerçevede, yapılan araştırmaların odak noktasında elektrikli tahrik sistemlerinin araçlar içerisinde kullanılmasına olanak sağlayan Tümü Elektrikli ya da Hibrid Elektrikli Araçlar (HEA) yer almaktadır.

#### 3.1 Tümü Elektrikli ve Hibrid Elektrikli Araçlar

Tümü Elektrikli ve Hibrid Elektrikli araçlar günümüzde çevresel duyarlılığın artması, kentsel hava kirliliği ve küresel sera gazı oluşumunu önleme isteği, fosil yakıtların hızla tükenmesi ve fosil yakıtların dış kaynaklara bağımlı olması nedenleriyle ulaşım araçlarında alternatif enerji kaynaklarının kullanılması zorunluluğundan doğmuştur.

Tümü Elektrikli Araçlar, konvansiyonel çekiş sistemindeki İçten Yanmalı Motorun yerine araç üzerinde depolanan elektrik enerjisinin aracın çekiş sisteminde kullanıldığı sistemlerdir. Araçlarda harcanan elektrik enerjisi, araçlarda bulunan bataryaların şebekeden şarj edilmesi ile tekrar sağlanmış olur. Özellikle düzenli kullanım koşullarının söz konusu olduğu araç filolarına uyarlanması ve araçların şarj işlemlerinin güneş ve rüzgar enerjisi ile üretilen alternatif elektrik enerjisi kaynaklarından sağlanması ile bu araçların enerji verimliliği açısından katkıları daha da artmaktadır.

Hibrid Elektrikli Araçlar ise, konvansiyonel bir İçten Yanmalı Motor ile Elektrik Motorunun birlikte tahrik amaçlı kullanıldığı araçlardır. Aracın üzerinde çeşitli yöntemler ile depolanan elektrik enerjisi sayesinde Elektrik Motoru kullanılarak, gerek egzoz emisyonları gerekse yakıt tüketimi açısından, konvansiyonel araçlara göre büyük üstünlükler sağlanmaktadır. İçten Yanmalı Motorun sadece tahrik amaçlı değil aynı zamanda elektrik motorunu generator olarak çalıştırarak elektrik enerjisi üretebilmesi ve konvansiyonel bir araçta ısı şeklinde kaybedilen frenleme enerjisinin araç üzerinde depolanabilmesi, araca bu temel

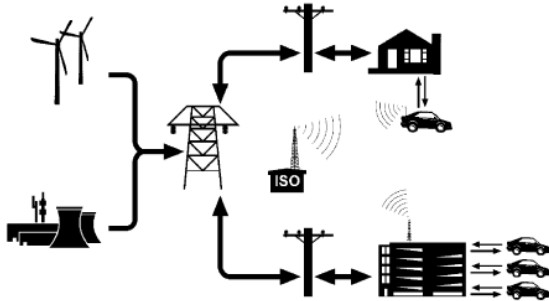
Tablo 4. Çeşitli ülkelerdeki hibrid ve elektrikli araç sayıları

| Yıl                  | 2005            |                 | 2006            |                 | 2007            |                 |
|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                      | EA <sup>1</sup> | HEA             | EA <sup>1</sup> | HEA             | EA <sup>1</sup> | HEA             |
| Avusturya            | 517             | 75              | 1300            | 75              | VB <sup>2</sup> | VB <sup>2</sup> |
| Belçika              | 50              | 602             | 50              | 1,493           | 0               | 2665            |
| Kanada               | --              | 6000            | --              | 13500           | 21              | 25783           |
| Danimarka            | 5650            | 35              | 5650            | 60              | 10650           | 100             |
| Finlandiya           | --              | --              | --              | --              | 104             | 300             |
| Fransa               | 11000           | 3650            | 11000           | 10000           | VB <sup>2</sup> | VB <sup>2</sup> |
| İtalya               | 132491          | 1112            | 145300          | 2170            | VB <sup>2</sup> | 3467            |
| Hollanda             | 500             | 3000            | 500             | 7500            | 500             | 12000           |
| İsveç                | 360             | 3300            | 320             | 6100            | 314             | 9466            |
| İsviçre              | 13140           | 2469            | 17590           | 4722            | 23400           | 7762            |
| Türkiye              | --              | --              | --              | 3               | --              | 130             |
| A.B.D.               | 68000           | 403366          | 76200           | 655230          | 120000          | 1006301         |
| Çin <sup>3</sup>     | 23000000        | VB <sup>2</sup> | 33000000        | VB <sup>2</sup> | 45000000        | VB <sup>2</sup> |
| Japonya <sup>2</sup> | VB <sup>2</sup> | 150000          | VB <sup>2</sup> | 260000          | VB <sup>2</sup> | VB <sup>2</sup> |
| İspanya              | --              | --              | --              | --              | 220             | 10300           |
| Tayvan <sup>3</sup>  | 94000           | VB <sup>2</sup> | 100000          | VB <sup>2</sup> | 106000          | VB <sup>2</sup> |
| <b>TOPLAM</b>        | <b>23325708</b> | <b>573609</b>   | <b>33357910</b> | <b>960853</b>   | <b>45261209</b> | <b>1078274</b>  |

<sup>1</sup> Veri bulunabilen yerlerde elektrikli bisikletleri de içermektedir.  
<sup>2</sup> VB=Veri Bulunamadı  
<sup>3</sup> Tahmini sayı

özellikleri kazandıran sebeplerdir. Araçta iki farklı tahrik sisteminin kullanılması, iki farklı kaynağın verimleri açısından optimize edilerek, konvansiyonel bir araca göre yakıt tüketimi ve emisyon açısından verimli hale gelmelerine sebebiyet vermektedir. Kullanılan elektrik motorunun getirdiği bir başka avantaj da, bu araçların gürültü emisyonunun diğer araçlara göre çok daha az olmasıdır.

Şarj edilebilir hibrid araçlar(plug-in hybrid vehicles), şebekeden şarj edilebilir özellikli bulunan hibrid elektrikli araçlardır. Böylece hem hibrid elektrikli araçlar gibi daha uzun menzile sahip, hem de elektrikli araçlar gibi şebekeden şarj yolu ile elde edilen elektrik enerjisinin kaynağını çeşitlendirme olanağına sahiptir. Şekil 3'te görüldüğü gibi bu araçlar rüzgar enerjisi, güneş enerjisi gibi kaynaklardan elde edilen elektrik enerjisi ile beslendiğinde özellikle günlük kullanım mesafesi kısıtlı olan araçlar için fosil yakıtlardan da tamamen bağımsız hale gelmek mümkündür. Toplam enerji verimliliği ve emisyon salınımlarında karşılaştırmalar yapmak için kaynaktan başlayıp aracın tekerleğinde dönüşen güce kadar detaylı analiz yapmak gerekmektedir.

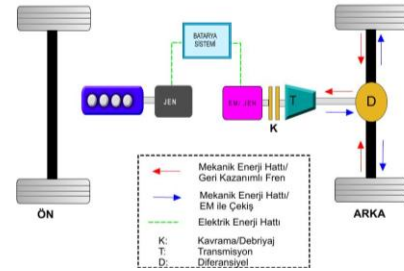


Şekil 3. Şarj edilebilir hibrid elektrikli araçlar, elektrikli araçlar ve elektrik enerji şebekesi ile ilişkisi [4]

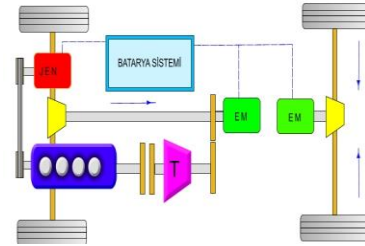
Özellikle, şehiriçi toplu yolcu taşımacılığında sıklıkla kullanılan otobüs ya da midibüs segmenti

hibrid araç kullanımı için diğer araçlara göre daha fazla avantaj sağlamaktadır. Araçların rotalarının belirli ve tahmin edilebilir olması, ortalama araç hızının ve ivmelenme değerlerinin düşük kalması ve araçta yeni komponentlerin yerleşimine izin verecek geniş alanların daha rahat bulunabilmesi bu tip araçların hibridleştirilmesini daha cazip kılmaktadır[5]. Avrupa ve Amerika'da yolcu taşımacılığında kullanılan hibrid otobüs sayısı her geçen gün hızla artmaktadır[6,7]. Tablo 4'te çeşitli ülkelerdeki hibrid ve elektrikli araç kullanımı sayıları verilmektedir[8].

Günümüzde Hibrid Elektrikli Araçlarda kullanılan güç aktarma organlarında iki temel diziliş ön plana çıkmaktadır. Bu konfigürasyonlardan ilki olan Seri Konfigürasyonda İYM ile tekerlekler arasında mekanik güç iletimi olmazken, İYM üzerinde bulunan bir jeneratör, Elektrik Motorunda kullanılacak elektrik enerjisini üretmektedir (Şekil 4). Paralel konfigürasyonda ise, İYM'nin sağladığı enerjinin bir kısmı tekerleklere iletilirken, bir kısmı da, EM üzerinden batarya şarjında kullanılabilir, tahrik sırasında ise yük durumunda göre, İYM ve EM beraber veya tek olarak da çalıştırılabilir (Şekil 5).



Şekil 4 – Seri Hibrid Konfigürasyonu



Şekil 5 – Paralel Hibrid Konfigürasyonu

Her iki konfigürasyonun, aracın kullanım amacı başta olmak üzere, kullanıldığı coğrafya, araç özelliklerine bağlı olarak çeşitli artıları ve eksileri bulunmaktadır. Örneğin seri araçlarda iki elektrik makinesi (Elektrik Motoru ve Jeneratör) bir arada kullanılması daha geniş yer ihtiyacı ve enerji çevriminden doğan kayıpların artmasına sebep olurken, yol yüklerinden bağımsız hale getirilmiş bir İçten Yanmalı Motorun çalışma noktalarının daha verimli noktalara kaydırılması mümkündür. Bunun yanında, çekişin sadece Elektrik Motoru ile

sağlanması araç üzerinde gürültü problemlerinin azalmasına sebebiyet verecektir [3]. Hibrid Elektrikli Araçların avantajını ortaya koyan unsurların başında, farklı tork karakteristiğinden iki farklı çekiş sisteminin bir arada kullanılması, enerji tasarrufu ve emisyonların iyileştirilmesi, sürüş konforunun artırılması, gürültü seviyesinin aza iyileştirilmesi gelmektedir. Hibrid araç teknolojisinde ortaya koyulan avantajların mertebesi, elbetteki araç üzerinde seçilen konfigürasyon ile yakından ilgilidir. Hibridleştirme oranı olarak adlandırılan bu durum, örneğin sadece aksesuar yüklerinin elektrikli hale getirilmesinden, yüksek güç ve enerji depolama ünitelerinin kullanıldığı ful-hibrid konseptine kadar geniş bir skalaya sahiptir. Görülmektedir ki hibridleştirme oranının artması, getirdiği avantajların yanı sıra, araç üzerine eklenen yeni komponentlerin ağırlığı, kompleksleşen sistemler, üretim ve bakım maliyetlerin artması gibi unsurları da beraberinde getirmektedir [9].

### 3.2 Tübitak MAM Enerji Enstitüsünde Hibrid Ve Elektrikli Araç Teknolojileri Çalışmaları

TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Enerji Enstitüsü bünyesinde faaliyet gösteren Araç Teknolojileri Grubu, gelecekte yaygın olarak kullanılması düşünülen bu teknolojinin geliştirilmesi ve günlük kullanıma uyarlanması konularında öncü rol oynaması adına bu teknoloji üzerine Ar-Ge çalışmalarını yürütmekte ve gerekli alt yapı faaliyetlerini gerçekleştirmektedir. Hibrid Elektrikli Araçlar konusunda gerek araç entegrasyonu gerekse komponent geliştirme anlamında farklı projeler tamamlanmıştır. Entegrasyon projelerine birkaç örnek vermek gerekirse, Türkiye'nin ilk Hibrid Elektrikli Araç olan TOFAŞ ELİT 1 - Seri Hibrid Elektrikli Araç Geliştirilmesi ve Prototip Üretimi projesi, Ford OTOSAN Hafif Ticari Hibrid Elektrikli Araç Geliştirilmesi ve Prototip Üretimi projesi ve Ulaştırma Bakanlığı ile sürdürülen Ulaşım Sektöründe Sera Gazı Azaltımı projesi sayılabilir. Bu entegrasyon projelerinin yanı sıra Hibrid Elektrikli Araç alt komponentlerinin geliştirilmesi ve prototip üretimine yönelik çeşitli proje örnekleri de saymak mümkündür. Örneğin elektrikli sürüş sistemi için Elektrik Motoru ve sürücüsü geliştirilmesi, Hibrid Elektrikli Araç Kontrol Ünitesi ve sürücü arayüzü geliştirilmesi bunlardan bir kaçıdır (Şekil 7).

### 4. SONUÇ

Ulaştırma sektörünün önemli bir parçasını oluşturan kara taşımacılığında enerji verimliliğini arttırmak üzere alternatif yakıtlar, içten yanmalı motor teknolojisinde yapılan iyileştirmeler ve alternatif tahrik sistemlerine sahip araçların geliştirilmesi gündemdedir. Kuzey Amerika ve Japonya yoğun olmak üzere Avrupa ülkelerinde ulaşımda kullanılan yakıt miktarının azaltılması ve



Şekil 7 – Alt sistem Geliştirme Projeleri

ulaşımda kullanılan fosil yakıtların yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasına başlanmıştır. Bununla birlikte fosil yakıtların çevreye yaydığı emisyonları azaltmak için çeşitli yönetmeliklere uyum sağlamayı kabul etmiş ülkelerde günümüz araçlarında iyileştirmeler yapmak bir zorunluluk haline gelmiştir. Giderek teknik açıdan sağlanması zorlaşan bu standartlar alternatif yakıtlı ve alternatif tahrikli araçlar üzerine araştırma geliştirme faaliyetlerini tetiklemektedir. Buna paralel olarak TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü hibrid ve elektrikli araçlar, alt sistemleri ve alternatif yakıtlar konularında çalışmalarına devam etmektedir.

### KAYNAKÇA

1. Key World Energy Statistics, International Energy Agency, 2008.
2. Avrupa Çevre Ajansı, <http://www.eea.europa.eu/tr>
3. Direktif 88/77/EEC, “Motor vehicles with trailers: emission of gaseous pollutants from diesel engines”, European Directive.
4. W. Kempton, J. Tomic, “Vehicle-to-grid fundamentals: Calculating capacity and net revenue”, Journal of Power Sources 144(2005) 268-279
5. Z. Rahman, K. L. Butler, M. Ehsani, 1999 “Design Studies Of A Series Hybrid Heavy-Duty Transit Bus Using V-Elph 2.01”, Vehicular Technology Conference, Volume 3, pp2268-2272 Houston, USA, 16-20 May.
6. M.J. Bradley & Associates, Inc., 2000, “Hybrid-Electric Drive Heavy Duty Vehicle Testing Project Final Emissions Report”, Northeast Advanced Vehicle Consortium.
7. M.J. Bradley & Associates, Inc., 2000, “Engine Certification Recommendations Report”, Technical Report, Northeast Advanced Vehicle Consortium.
8. [www.ieahev.org](http://www.ieahev.org)
9. Holger Jené, Ernst Scheid and Hans Kemper, 2006, “Hybrid Electric Vehicle (HEV) Concepts - Fuel Savings and Costs”, ICAD 2006 Konferansı, İstanbul.