

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ**  
**BANDIRMA ONYEDİ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ**  
**MÜHENDİSLİK ve DOĞA BİLİMLERİ FAKÜLTESİ**

**HİBRİT ARAÇ TEKNOLOJİSİ**

**İsa Askerhan KARAKOÇ**

Aralık, 2021

## **HİBRİT ARAÇ TEKNOLOJİSİ**

**Özet** Hibrit elektrikli araçların günümüz dünya düzeni içerisinde elektrikli araçlara geçişte bir köprü rolü üstlenmiştir. Kitaplardan, makalelerden, dergilerden, blog sayfalarından, bazı hibrit araç markalarının internet sayfalarından edinilen bilgilerde bunu doğrulamaktadır. Geçmiş yıllarda hibrit araç konusu ne kadar gündeme gelmiş olursa olsun gerek yeterli çalışmanın olmaması uygun zemini hazırlayamamış gerek de seri üretime geçen içten yanmalı motor teknolojisi bunu engellemiştir. Ancak artan dünya nüfusu ile birlikte tükenmekte olan kaynaklar sonucunda, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler, artan enerji taleplerini karşılamak üzere alternatif enerji kaynaklarının arayışına girmişlerdir. Özellikle ulaştırma sektöründe, petrol ve türevi kaynakların tükenmeye yüz tutması ve bunların doğa üzerindeki olumsuz etkileri göz önüne alındığında, yenilenebilir ve çevreci enerji çözümlerine ilgi son yıllarda hızla artış göstermiştir. Bunun sonucunda elektrikli araçlara ve hibrit araçlara geçiş adeta zorunlu hale gelmiştir. Tez kapsamında hibrit araçlar hakkında yeterli bilgiler yer alıyor.

**Anahtar Kelimeler:** Elektrik, Hibrit, Emisyon, Alternatif Enerji

## İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	3
ŞEKİL LİSTESİ .....	5
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	6
DENKLEMLER .....	6
1. GİRİŞ.....	7
1.1. Hibrit Araçların Tarihçesi.....	7
1.2. Hibrit Araçlara Geçiş.....	9
2. HİBRİT ARAÇLAR:.....	10
2.1. Hibrit Araçlar .....	10
2.2. Hibrit Araçların Avantaj ve Dezavantajları .....	11
2.2.1. Hibrit Araçların Avantajları .....	11
2.2.2. Hibrit Araçların Dezavantajları .....	12
2.3. Hibrit Elektrikli Araçlarda Uygulanan Yöntemler .....	12
2.3.1. Motor Küçültme .....	12
2.3.2. Motor Durdurma .....	12
2.3.3. Regeneratif Frenleme .....	12
2.3.4. Güç Yönetimi .....	13
2.4. Hibrit Araç Çeşitleri .....	14
2.4.1. Seri Hibrit Araçlar .....	14
2.4.2. Paralel Hibrit Araçlar .....	15
2.4.3. Seri – Paralel Hibrit.....	16
2.4.4. Mikro Hibrit Araçlar .....	16
2.4.5. Hafif Hibrit Araçlar .....	16
2.4.6. Tam Hibrit Araçlar .....	17
2.4.7. Plug-in Hibrit Araçlar.....	17
3. HİBRİT ELEKTRİKLİ ARAÇ MODELLERİNİN OLUŞTURULMASI .....	17
3.1. Tekerlek Modeli .....	18
3.2. Araca Etkiyen Boyuna ve Düşey Kuvvetler.....	19
3.2.1. Yuvarlanma Direnci .....	20
3.2.2. Hava Direnci .....	21
3.2.3. Yokuş Direnci.....	21
3.2.4. İvmelenme Direnci.....	22
4. ELEKTRİKLİ HİBRİT ARAÇLARDA KULLANILAN ELEKTRİKLİ MOTOR TİPLERİ.....	22
4.1. Yüzey Mıknatıslı Fırçasız Doğru Akım Makineleri.....	23
4.2. Gömülü Mıknatıslı Senkron Makineler.....	23
4.3. Üç Fazlı Asenkron Makineler .....	24
5. ELEKTRİKLİ HİBRİT ARAÇLARDA KULLANILAN BATARYA TÜRLERİ .....	24
5.1. Kurşun-Asit Batarya.....	25
5.2. Nikel-Demir Batarya.....	25

5.3. Nikel-Çinko Batarya .....	26
5.4. Nikel Kadmiyum Batarya.....	26
5.5. Nikel-Metal Hidrür Batarya .....	26
5.6. Sodyum-Sülfür Batarya.....	27
5.7. Sodyum-Nikel Klorür Batarya .....	27
5.8. Lityum-Demir Sülfat Batarya.....	27
5.9. Lityum-Katı Polimer Batarya.....	28
5.10. Lityum-İyon Batarya.....	28
6. HİBRİT ARAÇLARLA İLGİLİ TESTLER VE KARŞILAŞTIRMALAR .....	29
6.1. Emisyon Testleri.....	29
6.2. Farklı Tipteki Motorların Karşılaştırılması .....	32
6.3. Elektrikli Hibrit Araç Karşılaştırılması .....	34
7. SONUÇ VE TARTIŞMA.....	35
KAYNAKLAR .....	35

## ŞEKİL LİSTESİ

- Şekil 1: İlk Hibrit Araç
- Şekil 2: Bir İYM Verim Haritası
- Şekil 3: Hibrit Aracın Yapısı
- Şekil 4: ECE çevrimiçi güç gereksinimleri
- Şekil 5: Motor Devrine Göre En Verimli Çalışma Çizgisi
- Şekil 6: Seri Hibrit Araç
- Şekil 7: Paralel Hibrit
- Şekil 8: Seri – Paralel Hibrit
- Şekil 9: İleri ve Geri Akışlı Araç Modeli
- Şekil 10: Kayma Değerlerine Göre Tekerlek Kuvvetlerinin Değişimi
- Şekil 11: Hibrid Araç Elektrik Motoru
- Şekil 12: Yüzey Mıknatıslı Fırçasız Doğru Akım Makinesi
- Şekil 13: Hibrit Elektrikli Araç Bataryası
- Şekil 14: Nikel Metal Hibrit Aküsü
- Şekil 15: Lityum-iyon hücrenin yapısı
- Şekil 16: İçten yanmalı motor kullanan araç ile aynı aracın paralel hibrit konfigürasyonunun hidrokarbon emisyonları açısından karşılaştırılması.
- Şekil 17: İçten yanmalı motor kullanan araç ile aynı aracın paralel hibrit konfigürasyonunun karbon monoksit emisyonları açısından karşılaştırılması
- Şekil 18: İçten yanmalı motor kullanan araç ile aynı aracın paralel hibrit konfigürasyonunun NOx emisyonları açısından karşılaştırılması.
- Şekil 19: Farklı motor tiplerinin karşılaştırılması
- Şekil 20: Motor Tiplerinin Avantaj ve Dezavantajları
- Şekil 21: Dünyadaki bazı elektrikli hibrit araçların karşılaştırılması
- Şekil 22: Türkiye’de satılan bazı elektrikli hibrit araçların karşılaştırılması

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

### Simgeler

Mpg

İYM

HEA

Plug-in hibrit

PI

Neodyum Mıknatıs **DENKLEMLER**

### Açıklamalar

miles per gallon. İngilizlerin yakıt tüketim ölçüsü.

İçten yanmalı motor

Hibrit Elektrikli Araç PHEV

Oransal İntegral NdFeB

### Denklemler

- $Y(x) = D \cdot \cos[ C \cdot \tan(Bx(y) - E (Bx(y) - \tan(Bx(y)))) ]$  (Tekerlek modeli denklemi)
- $F_T = P^\alpha W^\beta (a + bV + cV^2)$  (Yuvarlanma Direnci Denklemi)
- $F = 1/2 A \rho C_D V_{ref}^2$  (Hava Direnci Denklemi)
- $F_i = W \sin(\theta)$  (Yokuş Direnci Denklemi)
- $R_i = G / g \cdot a$  (İvmelenme Direnci Denklemi)

## 1. GİRİŞ

### 1.1. Hibrit Araçların Tarihçesi

Günümüzün yeni teknolojisi olarak bilinen hibrit araçların geçmişi aslında çok eskilere dayanmaktadır.

1898'de Avusturyalı Dr. Ferdinand Porsche, 23 yaşında, ilk arabası olan Lohner Elektrikli Şezlongunu yaptı. Dünyanın ilk önden çekişli otomobiliydi. Porsche'nin ikinci arabası, tekerlek göbeklerinde bulunan elektrik motorlarına güç sağlayan bir jeneratörü döndürmek için içten yanmalı bir motor kullanan bir hibritti. Sadece pille, araba yaklaşık 40 mil seyahat edebiliyordu. 1900'de Belçikalı bir otomobil üreticisi Pieper, küçük benzinli motorun koltuğun altındaki bir elektrik motoruyla eşleştirildiği bir "voiturette" tanıttı. Araba "seyir halindeyken", elektrik motoru aslında pilleri şarj eden bir jeneratördü. Ancak araba bir eğimi tırmanırken, gaz motoruyla eş eksenli olarak monte edilen elektrik motoru, onu hızlandırdı. Pieper patentleri, bir Belçika firması olan Auto-Mixte tarafından 1906'dan 1912'ye kadar ticari araçlar üretmek için kullanıldı.

1905'de H. Piper adlı Amerikalı bir mühendis, benzinli-elektrikli hibrit bir araç için patent başvurusunda bulundu. Onun fikri, içten yanmalı bir motora yardımcı olmak için bir elektrik motoru kullanmaktı ve 25 mil hıza ulaşmasını sağlamaktı.

1910' da Commercial, bir jeneratöre güç sağlamak için dört silindirli bir gaz motoru kullanan ve hem şanzıman hem de pil takımı ihtiyacını ortadan kaldıran bir hibrit kamyon yaptı. Bu melez, 1918 yılına kadar Philadelphia'da inşa edildi.

1916'da iki önde gelen elektrikli araç üreticisi - Baker of Cleveland ve Woods of Chicago - hibrit otomobiller sundu. Woods, hibritlerinin maksimum 35 mil hıza ulaştığını ve 48 mpg yakıt verimliliğine ulaştığını iddia etti. Woods Dual Power, benzinli rakibinden daha pahalı ve daha az güçlüydü ve bu nedenle kötü satıldı.

1968 – 1971 yılları arasına büyük bir otomobil tedarikçisi olan TRW'de çalışan üç bilim insanı, pratik bir hibrit güç aktarma organı yarattı. Dr. Baruch Berman, Dr. George H. Gelb ve Dr. Neal A. Richardson, geleneksel bir içten yanmalı motorun gerektirdiğinden daha küçük bir motorla hızlı araç performansı sağlayan elektromekanik şanzıman (EMT) olarak adlandırılan sistemi geliştirdi, gösterdi ve patentini aldı. Bu sisteme dahil edilen mühendislik kavramlarının çoğu, günümüzün hibritlerinde kullanılmaktadır.

1969'da çok hafif bir deneysel hibrit otomobil olan GM 512, saatte 10 ila 13 mil arasında, piller ve iki silindirli gaz motorunun bir kombinasyonu ile çalıştı. Saatte on üç milin üzerinde, GM 512 benzinle çalıştı. Saatte sadece 40 mil hıza ulaşabiliyordu.

1973'de Arap petrol ambargosu ile benzin fiyatlarının artması, elektrikli araçlara yeni bir ilginin doğmasına neden oldu. ABD Enerji Bakanlığı, Volkswagen tarafından Batı Almanya'nın Wolfsburg kentinde üretilen "VW Taxi" olarak bilinen bir hibrit de dahil olmak üzere, çeşitli üreticiler tarafından üretilen birçok elektrikli ve hibrit araç üzerinde testler yaptı. Benzinli motor ve elektrik motoru arasında esnek geçişe izin veren paralel bir hibrit konfigürasyon kullanan taksi, yılda 8.000 milden fazla yol kat etti ve Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri'ndeki otomobil fuarlarında gösterildi.

1974'de Federal Temiz Araba Teşvik Programının bir parçası olarak, mühendisler Victor Wouk ve Charlie Rosen, Buick Skylark gövdesini kullanarak bir prototip hibrit gaz-elektrikli araç yarattılar. ABD Çevre Koruma Ajansı aracı test etti, EPA temiz hava otomatik programı için katı yönergeleri karşıladığını onayladı ve hemen reddetti.

1980'de çim biçme makinesi motorları üretmesiyle tanınan Briggs ve Stratton, çift silindirli dört zamanlı 16 hp benzinli motor ve elektrik motoruyla çalışan toplam 26 beygir gücünde bir hibrit otomobil geliştirdi. Hibrit aktarma organları, ikisi önde, dördü arkada olmak üzere altı tekerlekli özel olarak tasarlanmış iki kapılı bir araca güç sağladı.

1997'de audi, Avrupa'da hibrit bir aracı seri üretime alan ilk üretici oldu: A4 Avant'a dayalı Audi ikilisi. Araç, 29 beygir gücünde bir elektrik motoruyla birlikte 90 beygir gücünde 1.9 litrelik bir TDI ile güçlendirildi. Her iki güç kaynağı da ön tekerlekleri sürdü. Arkadaki kurşun jel pil, elektrik enerjisini depoladı. İkili ticari bir başarı elde edemedi ve bu nedenle üretimi durduruldu ve Avrupalı otomobil üreticilerini Ar-Ge yatırımlarını dizellere odaklamaya sevk etti.

1999'da Honda, Amerika Birleşik Devletleri'nde kitlesel pazara çıkan ilk hibrit otomobil olan iki kapılı Insight'ı piyasaya sürdü. Insight sayısız ödül kazandı ve 61 mpg şehir ve 70 mpg otoyolun EPA kilometre derecelendirmesini aldı.

2000'de Toyota, Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunan ilk hibrit dört kapılı sedan olan Toyota Prius'u piyasaya sürdü.

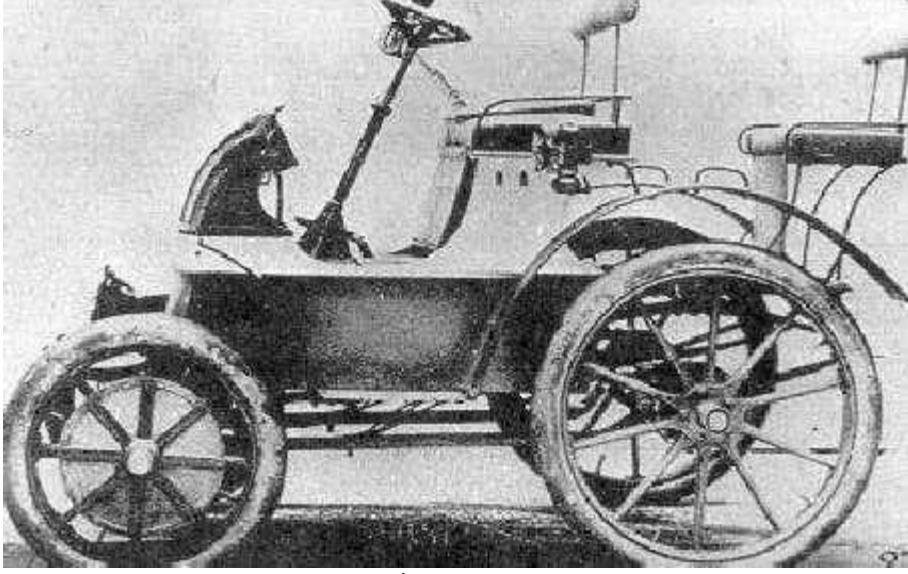
2002'de Honda, piyasada bulunan ikinci hibrit benzinli-elektrikli otomobili olan Honda Civic Hybrid'i tanıttı.

2004'de Toyota Prius II, Motor Trend Magazine ve Kuzey Amerika Otomobil Fuarı'ndan 2004 Yılın Otomobili Ödülü'nü kazandı. Toyota talebe şaşırdı ve ABD pazarı için üretimini 36.000'den 47.000'e çıkardı. İlgilenen alıcılar 2004 Prius'u satın almak için altı aya kadar bekledi.

Eylül 2011 de Ford, ilk Amerikan hibriti ve ilk SUV hibriti olan Escape Hybrid'i piyasaya sürdü. Günümüz hibrit araç teknolojileri hızla gelişmektedir. Hemen hemen bütün araç üreticileri en az bir adet hibrit araç modeline sahiptir.

Bazı hükümetler yapılan belirli planlamalarla yakın gelecekte hibrit ve elektrikli araçlar üretimine geçişi zorunlu hale getirmişlerdir (1).





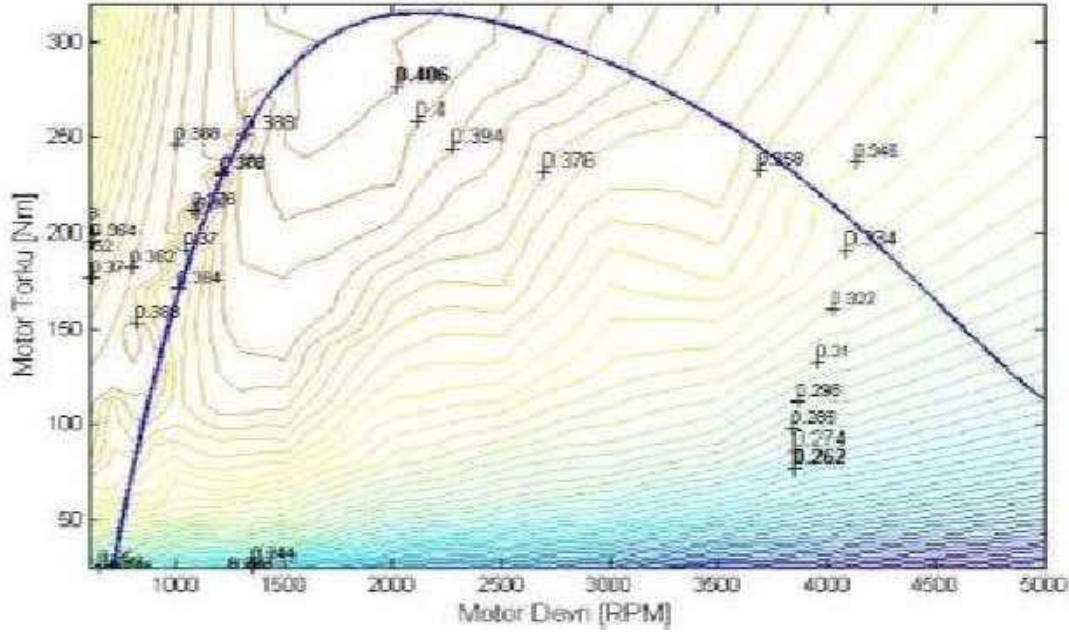
Şekil 1 : İlk Hibrit Araç

## 1.2. Hibrit Araçlara Geçiş

Dizel ve benzinli araçların tam yük verimleri sırasıyla yaklaşık %40 ve %37 civarındadır. Kısmi yüklerde bir şehir içi çevriminde bu oranlar dizel araçlar için ortalama %20, benzinli araçlar için %17 oranlarında gerçekleşmektedir. Verilen bu rakamlar, araçtaki güç ve güç aktarma organlarının çalışma bölgelerinin uygun optimizasyon yöntemleriyle kontrol edilerek, yüksek yakıt ekonomisinin gerçekleştirilebileceğini göstermektedir

Bataryalar, her ne kadar fosil yakıtlara oranla çok daha az enerji yoğunluğuna sahip olsalar da, İYM' ın pahalı enerji kullandığı bölgelerde gerekli enerjiyi sağlayarak yukarıda sözü edilen potansiyeli kullanmak için günümüzdeki en uygun depolama araçlarından biridir

Bataryaların enerji yoğunluğunun düşük olması nedeniyle yalnızca elektrik enerjisinin kullanılması, menzil göz önüne alındığında, fosil yakıtlara henüz bir alternatif seçenek değildir. Trafik koşulları ve motor verimleri dikkate alındığında, içten yanmalı motorun ortalama verimini, uygun matematiksel araçlar ve tasarım yöntemleri ile yükseltmek amacı ile pahalı yakıt tüketimi bölgelerinde bir tampon bölge olarak kullanılabilir. Elektrik motoru, batarya ve içten yanmalı motor güç kaynaklarının avantajlarını bir araya getirerek, daha yüksek verimler ile çalışabilen araçları üretmek fikrinden hibrit elektrikli araç teknolojileri ortaya çıkmıştır. Otomotiv üreticileri düşük emisyon düzenlemelerine uyabilmek için orta vadeli bir çözüm olarak elektrikli araçlara yönelmişlerdir (2).



Şekil 2: Bir İYM Verim Haritası

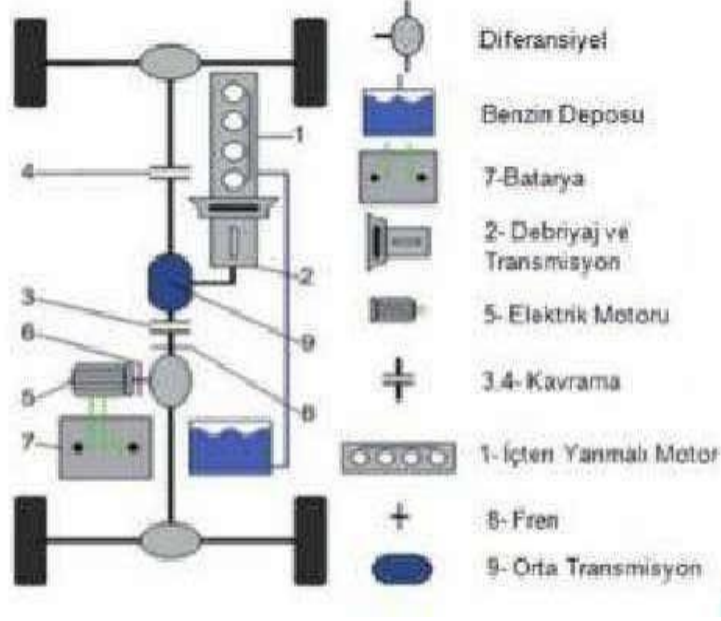
## 2. HİBRİT ARAÇLAR:

### 2.1. Hibrit Araçlar

Hibrit elektrikli araç (HEA) daha çok hem İYM ‘un hem de elektrikli motorun kullanıldığı araç olarak kabul edilmektedir(3). Geleneksel olarak hibrit araçlar seri ve paralel olmak üzere iki ana gruba ayrılmakla birlikte son zamanlardaki uygulamalar da dikkate alındığında hibrit araçlar dörde ayrılmaktadır. Bunlar; seri hibrit, paralel hibrit, seri paralel hibrit ve kompleks (karışık) hibrittir(4).

Hibrit araçlar arasında bir diğer fark ise, taşıtın hareketi için gerekli gücün ne kadarının elektrik motoru tarafından karşılandığı ile ilgilidir. Bu açıdan incelendiğinde hibrit araçlar tam hibrit, orta hibrit ve hafif hibrit olmak üzere gruplandırılabilir. Tam hibrit araçlarda elektrik motoru bazı zaman periyotların da taşıt için gerekli gücü karşılama yeteneğine sahip olup, bu elektrik gücünün toplam araç gücüne oranı %30 veya daha fazladır. Orta hibritte elektrik gücü tek başına taşıt için gerekli gücü karşılayamaz ve elektrik gücünün toplam araç gücüne oranı %10 ile %30 arasındadır. Yardımcı hibrit olarak da adlandırılan orta hibrit ilk olarak İYM’la çalışır, elektrik motoruyla sadece ek güç sağlanır. İYM araç boşta iken durmakta ve frenleme enerjisi geri kazanılmaktadır. Çoğunlukla pick- up türü araçlarda kullanılan hafif hibritte araç boşta iken durması ve frenleme enerjisi geri kazanım özellikleri vardır. Bununla birlikte tahrik için elektrik gücü kullanmak için tasarlanmadıklarından elektrik gücünün toplam güce oranı diğerlerinden çok daha düşüktür(5).

Son zamanlarda üzerinde çalışılan bir hibrit araç türü ise fişli (plug-in) hibrit araçlardır. Fişli hibrit araçlar diğer hibrit araçlar gibi hem sıvı yakıtlı motordan hem de bataryadan güç almaktadır. Fişli hibrit araçlar benzinli motor ve frenleme enerjisiyle şarja ek olarak, televizyon ve bilgisayar için kullandığımız elektrik şebekesinden de doğrudan fişe takılarak şarj edilebilmektedir.



Şekil 3: Hibrit Aracın Yapısı

## 2.2. Hibrit Araçların Avantaj ve Dezavantajları

### 2.2.1. Hibrit Araçların Avantajları

- Geliştirilen rejeneratif frenleme tekniği ile enerji kaybı en aza indirilir. Böylece araç yavaşladığında veya durduğunda kullanılan enerji tekrar kazanılarak bataryaları şarj eder.
- Kullanılan İYM' lar küçük boyutlu olduğundan motor ağırlığı azalır.
- Yakıt veriminde artış görülür.
- Emisyon değerleri büyük ölçüde azalır.
- HEA' lar da yakıt olarak alternatif yakıtlar da kullanılabildiğinden dolayı fosil yakıtlara bağımlılık azalır.
- HEA' lar da araç durduğu anda İYM çalışmadığından dolayı motor gürültüsü meydana gelmez.
- Boşta çalışma kayıpları çok azdır(6).

### 2.2.2. Hibrit Araçların Dezavantajları

- Hibrit arabalar, çevre dostu otomobil tasarlanırken içten yanmalı motorların küçük modellerinin eklenmesi sebebiyle düşük güçlü olduğu söylenmektedir. Bu hibrit arabanın dezavantajlarından biridir.
- Benzinli otomobillere göre daha yüksek fiyatlıdır.
- Hibrit araçlar şehir içi trafiği için oldukça kullanışlı olsa da, hız isteyenlerin beklentilerini karşılayamayabilir.
- Yaygın oto servis ağının bulunmaması hibrit arabanın dezavantajlarından(7).

## 2.3. Hibrit Elektrikli Araçlarda Uygulanan Yöntemler

### 2.3.1. Motor Küçültme

İçten yanmalı motorlarda verimi etkileyen faktörlerin en başında, dışarıya atılan ısı, sürtünme ve pompalama kayıpları yer almaktadır. Küçük motorlarda, silindir hacminin daha küçük olması nedeniyle, pompalama ve ısı kayıpları daha az olmaktadır. Hareketli parçaların küçük olması nedeniyle, küçük motorlarda sürtünme için harcanan enerji miktarı da düşüktür. Verilen bir çevrim için büyük motorlar ile kıyaslandığında küçük motorlar en yüksek tork eğrisi referans alındığında daha fazla yükleneceğinden daha verimli bölgelerde çalışırlar.

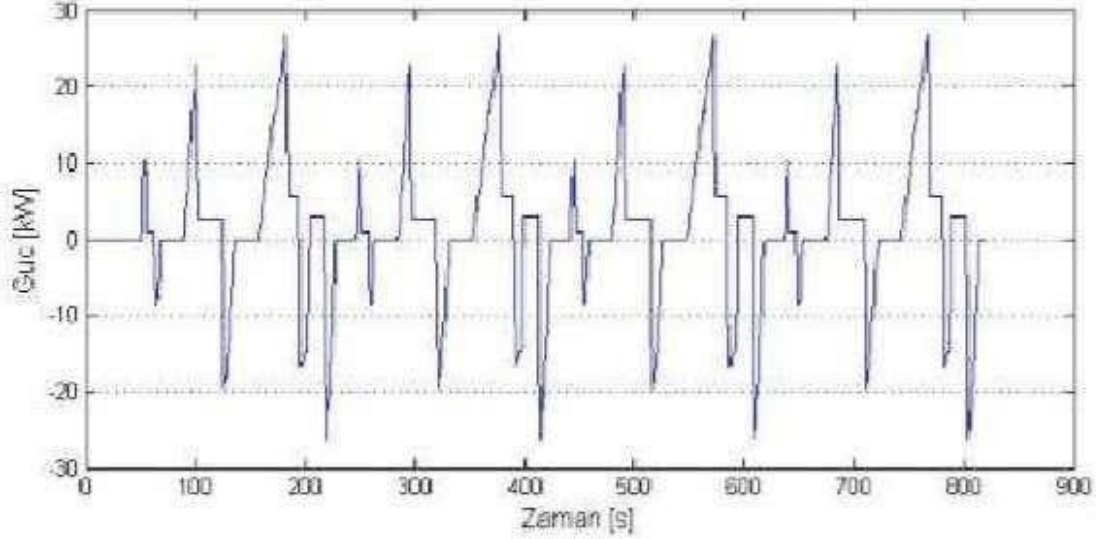
### 2.3.2. Motor Durdurma

Şehir içi trafik şartlarında araç duruyorken içten yanmalı motorlar rölanti devirlerinde çalışmaya devam ederler. Avrupa şehir içi çevriminde motorun rölantide olduğu süre toplam çevrim zamanının %35,4'ü kadardır. Frenlemede geçen süre ise toplam sürenin %13,8'i kadardır. İçten yanmalı motor, rölanti ve frenleme sürelerinde kapatıldığı takdirde, büyük oranlarda yakıt tüketimi sağlanabilmektedir. İçten yanmalı motorlarda, ilk çalıştırma anında motorun kararlı çalışma konumuna geçebilmesi için silindirlerde daha yüksek miktarda yakıt püskürtülmektedir. İlk çalışma esnasında motor sıcak iken hızla 1500 rpm devirine ulaştıktan sonra yavaşça rölanti devrine geri döner. Bu ilk çevrimlerde her bir silindire 600 mg yakıt gönderilmektedir. Motor rölanti devrine oturduğunda bu miktar 18 mg seviyelerine kadar geriler. Hafif hibrit araçlarda motor ilk çalıştırılmadan önce, kayış kasnak yardımı ile içten yanmalı motora bağlanan düşük güçlü bir elektrik motoru yardımı ile içten yanmalı motor denge durumuna gelene kadar elektrik motoru ile tahrik edilmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken diğer hususlar katalitik konvertör ve motor sıcaklığıdır. İçten yanmalı motorlar sürekli rejim sıcaklığında daha az emisyon üretirken, katalitik konvertörler yüksek sıcaklıklarda daha verimli çalışmakta, atmosfere salınan karbon monoksit ve hidrokarbon gazlarının yakılarak sağlığa zararsız gazlara dönüştürülmesinde büyük rol oynamaktadırlar. Bu sebeplerden ötürü, motor durdurulurken motor ve katalitik konvertör sıcaklıkları da göz önünde bulundurulmalıdır.

### 2.3.3. Rejeneratif Frenleme

Avrupa şehir içi çevriminde, aracı hızlandırmak ve sabit hızla götürmek için gereken toplam 10 pozitif enerji miktarı 3000 kg'lık bir araç için yaklaşık 2,82 MJ iken, bu çevrimde fren ile atılan

enerji miktarı 1,76 MJ seviyelerindedir. Aynı zamanda toplam çevrim zamanının %13,8'i frenleme ile geçmektedir. Bu sürede atılan enerji miktarı, çevrimde ihtiyaç duyulan pozitif enerji miktarı ile kıyaslandığında oldukça büyük bir kayıp olduğu göze çarpmaktadır. Hibrit elektrikli araçlar ile elde edilen en büyük avantaj, konvansiyonel araçlarda atılan frenleme enerjisinin bir kısmının hibrit elektrikli araçlarda geri kazanılabilir olmasıdır. Genellikle fren ile atılan enerji miktarı, araç üzerinde bulunan elektrik motorunun alabileceği kapasitenin üzerinde gerçekleşmektedir. Avrupa şehir içi çevriminde 3000 kg'lık araç için ihtiyaç duyulan fren gücü yaklaşık 27kW civarındadır.

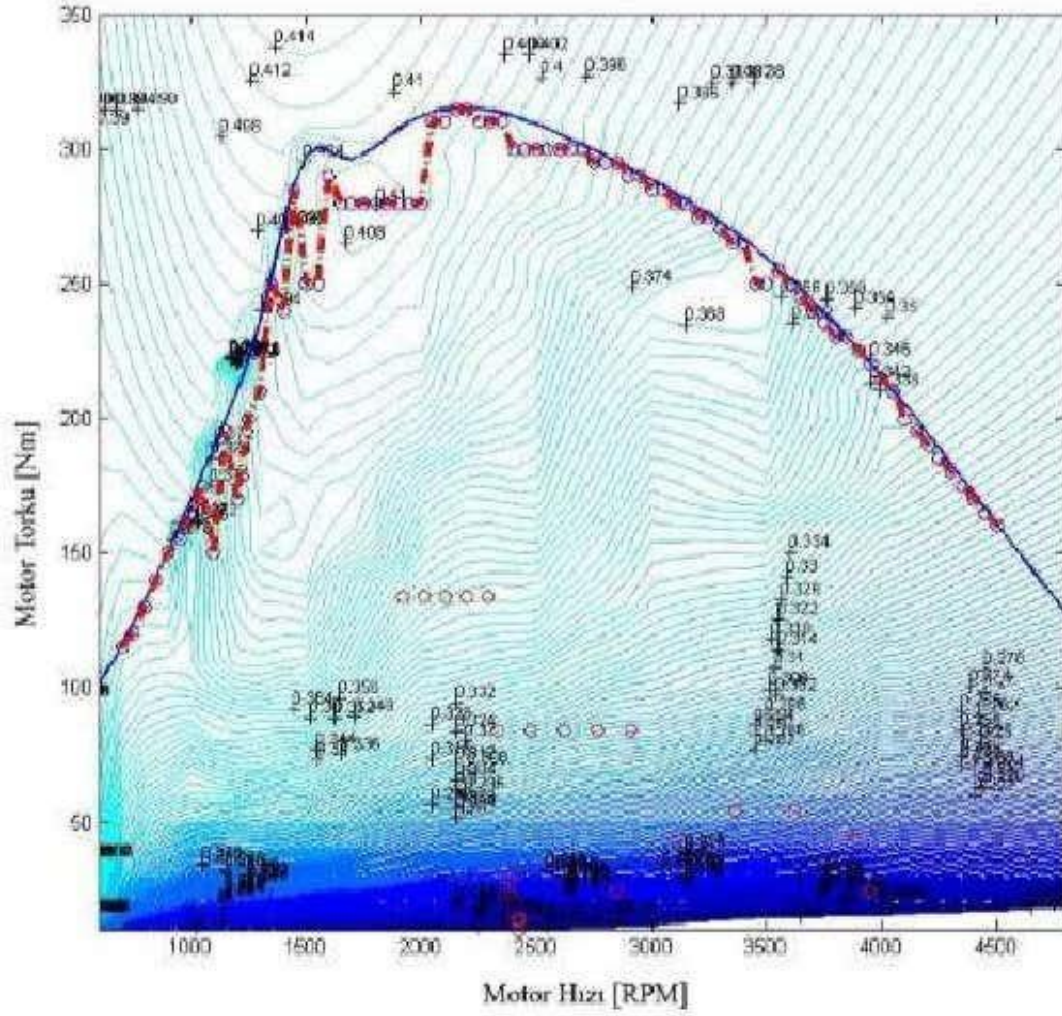


Şekil 4 : ECE çevrimiçi güç gereksinimleri

#### 2.3.4. Güç Yönetimi

Güç ve güç aktarma organlarının en yüksek verim ve ucuz enerji bölgelerinde çalıştırılması, hibrit elektrikli araçlarda önemli oranlarda yakıt tüketimi azaltma potansiyeli oluşturmaktadır. Konvansiyonel bir araca elektrik motoru eklendiğinde, içten yanmalı motorların pahalı enerji tükettiği bölgelerde bütün sistemin verimi göz önüne alınarak elektrik motoru ile desteklenebilmektedir. Daha önce de belirtildiği gibi, içten yanmalı motorların ortalama olarak en yüksek verimleri %43'ler civarında iken, bu oran şehir içi seyirlerinde ortalama %30'lara, daha eski motorlarda ise %20'lere kadar düşebilmektedir. İyi tasarlanan bir kontrol algoritması ile bu potansiyeli açığa çıkartmak mümkündür. Artan motor devri için örnek bir içten yanmalı motorun en verimli çalıştığı noktalar kesikli çizgi ile şekil 5'de verilmiştir. Birçok kontrol uygulamasında içten yanmalı motorun 11 çalışma noktasının mümkün olduğu kadar en verimli noktada olması hedeflenmektedir. Bu yaklaşım kısmi olarak doğru bir yaklaşım olsa da, doğru yaklaşım, hesaplarda zaman boyutunun da dikkate alınması ve denklemlerin buna göre kurularak optimizasyon yapılmasıdır(8).



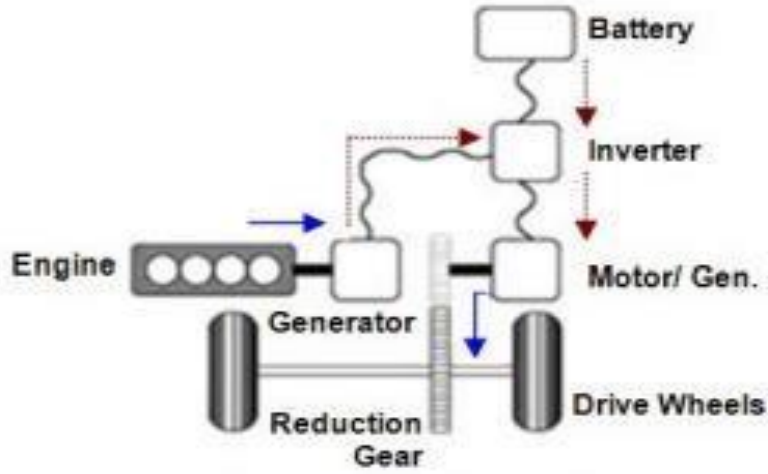


Şekil 5: Motor Devrine Göre En Verimli Çalışma Çizgisi

## 2.4. Hibrit Araç Çeşitleri

### 2.4.1. Seri Hibrit Araçlar

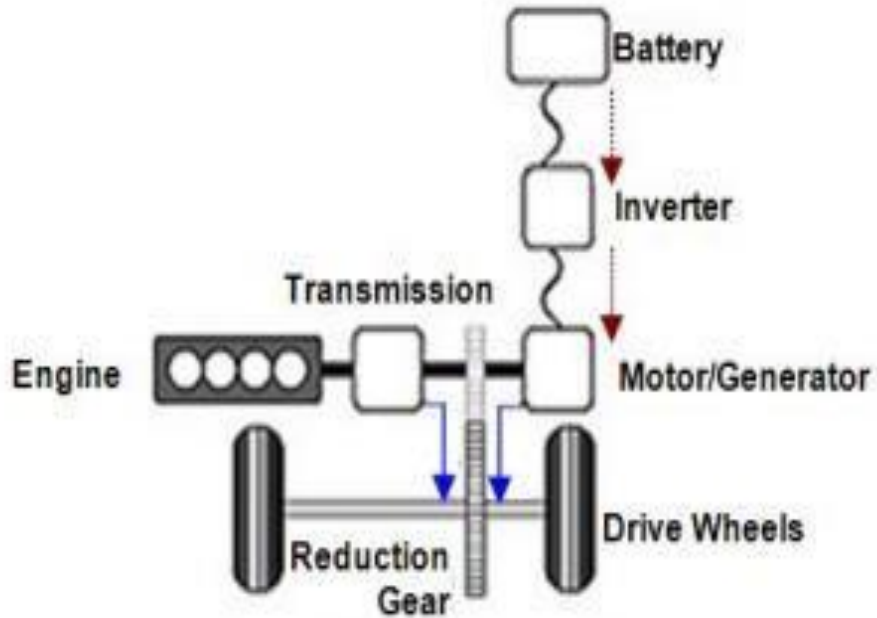
Seri hibrit araçlar, sadece bir enerji dönüştürücünün olduğu hibrit araçlardır. İYM motoru şu şekilde davranır: bir öncü elektrik jeneratörünü çalıştırır ve pile veya enerji depolama bağlantısına güç sağlar ve tahrik motoru olan küçültülmüş bir İYM motoru pilleri destekleyen bir jeneratörü çalıştırır ve belirli bir değerin altına düştüklerinde onları şarj edebilirler. Aracı hareket ettirmek için gereken güç, yalnızca elektrik motoru tarafından sağlanır. Elektrik motor gücü gereksinimleri elektrikli bir araç ile tam olarak aynıdır



Şekil 6: Seri Hibrit Araç

#### 2.4.2. Paralel Hibrit Araçlar

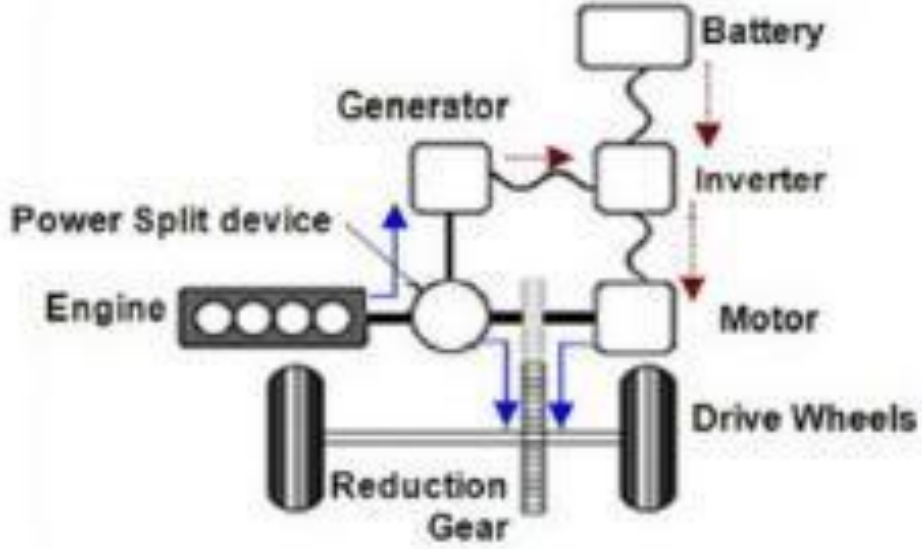
Paralel hibrit araç yapılanmasında, elektrik motoru kısmi ya da tam olarak aracı tahrik edebilmektedir. Uygun bağlama sistemleri ile elektrik motoru ile içten yanmalı motor aracı tek tek yada birlikte yürütecek şekilde birbirleri ile bağlanabilmektedir. Seri hibritlere kıyasla güç yönetimi daha da karmaşıktır. Göreceli olarak daha küçük boyutlarda elektrik motoru kullanılabilmektedir. Sürücü güç gereksinimine bağlı olarak, içten yanmalı motorun gücünün yetmediği durumlarda, elektrik motoru, içten yanmalı motoru desteklemek için kullanılabilir. Paralel hibrit elektrikli araçlarda elektrik motoru güç aktarma organlarına farklı şekillerde bağlanabilmektedir



Şekil 7 : Paralel Hibrit

#### 2.4.3. Seri – Paralel Hibrit

İYM motoru bataryaları şarj etmek için de kullanılır. Mimarisi daha karmaşıktır. Trafik sıkışıklığı dönemlerinde pil şarjı uzun süre dayanır. İYM motorundan ön tekerleklere tahsis edilen güce bağlı olarak tahrik mili ve elektrik jeneratörü aracılığıyla sürüş durumunda kısa patlamalar için yeterli güç sağlar(9).



Şekil 8 : Seri – Paralel Hibrit

#### 2.4.4. Mikro Hibrit Araçlar

Mikro hibrit araçlarda elektrik motoru bir kayış kasnak mekanizması ile içten yanmalı motora bağlanmaktadır. Mikro hibritler araç üzerinde bulunan tüm aksesuar yüklerini karşılayacak şekilde tasarlanmaktadır. Araca konulan elektrik motoru, içten yanmalı motor rölanti devrinde iken motorun açılıp kapatılması için kullanılmaktadır. İçten yanmalı motorlar ilk çalıştırma anında yüksek yakıt tükettiğinden mikro hibrit araçlarda ilk çalışma ve stabilizasyon süresi 800ms'lerden 200 ms' lere kadar düşürülmekte ve ilk çalışma anında harcanan fazla yakıttan tasarruf edilmektedir.

#### 2.4.5. Hafif Hibrit Araçlar

Benzinli motorun yanında bir elektrik motoru ve batarya paketi ile var olan teknolojidir. Bu tür bir araba yalnızca elektrik gücüyle gidebilir ve prize takılamaz. Hafif hibritleri anlamamanın anahtarı, isme yakından bakmaktır. Hafif olduğu için, haklı olarak burada çok fazla elektrik desteği olmadığını tahmin edebilirsiniz. Hafif hibrit modellerde, güç aktarım mekanizmasının



elektrikli parçaları tekerlekleri süremez. Motor tüm işi normal bir arabada olduğu gibi yapar(10).

#### **2.4.6. Tam Hibrit Araçlar**

Diğer hibridlerden farklı olarak, tam hibrid araçlarda, araç yalnızca elektrik motoru ile de sürülebilmektedir. Seyir hızına bağlı olarak tam hibrid araçlarda elektrik motoru araç yükünün bir kısmını ya da tamamını kendi başına sağlayabilir. Önceki sistemlere göre daha güçlü motor ve batarya gerektirdiğinden sistem kontrolü de daha karmaşıktır. Tam hibrid araçlarda yüksek oranlarda yakıt tasarrufu sağlanabilmektedir(11).

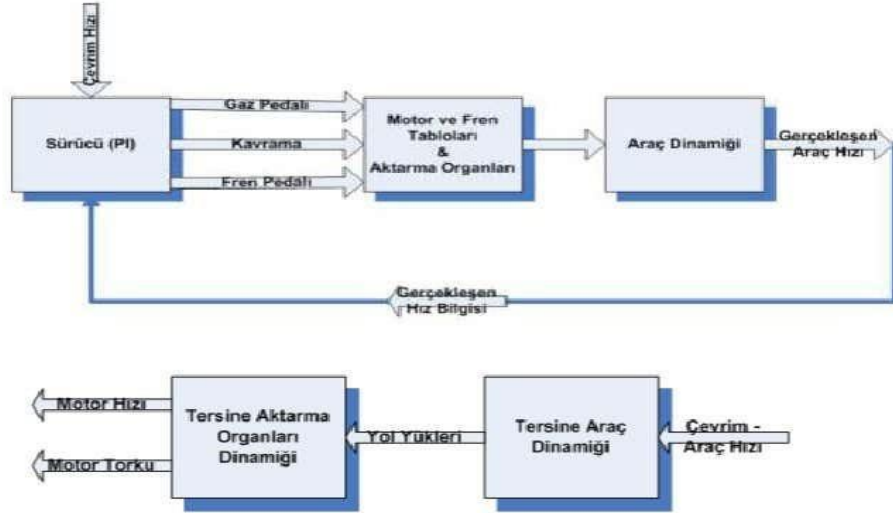
#### **2.4.7. Plug-in Hibrit Araçlar**

Plug-in hibrit (PHEV), şarj edilebilir bataryaları ya da başka bir enerji depolama aygıtını dış bir elektrik kaynağına takarak şarj edebilen bir hibrit elektrikli araçtır. Bir PHEV hem bir elektrik motoruna hem de bir içten yanmalı motora sahip olan geleneksel bir hibrit elektrikli aracın özelliklerini ve elektrik şebekesine bağlanmak için bir fişe sahip olan tamamen elektrikli bir aracın özelliklerini paylaşır. Çoğu plug-in hibrit araçlar binek otomobillerdir ancak ticari araçlar ile panelvan, kamyonet, otobüs, tren, motosiklet, scooter ve askeri araçların da plug-in hibrit versiyonları bulunmaktadır(12).

### **3. HİBRİT ELEKTRİKLİ ARAÇ MODELLERİNİN OLUŞTURULMASI**

Hibrit araçlarda, öncelikle güç ve güç aktarma organlarının hedeflenen amaçlar dahilinde en iyi bölgelerde çalıştırılması ön planda olduğu için, verilen bir çevrim için aracın güç ihtiyacının belirlenmesi gerekmektedir. Öncelikle boyuna bir araç modeli kurularak güç ve güç aktarma organlarının davranışları hesaplanabilir. Boyuna araç modeli nedensellik ilkesine göre iki şekilde kurulabilmektedir. İlk yöntem geri akış yöntemi olarak adlandırılmaktadır. Hız profili belirli olduğundan, hız profiline karşılık gelen araç yükleri hesaplanarak, tekerlekten başlayarak güç aktarma organları üzerinden güç kaynaklarının vermesi gereken tork ve güç miktarı ile devirleri hesaplanabilmektedir.

İleri akış yöntemi kullanılan modelde ise mutlaka güç sistemlerini kumanda eden bir sürücü modeli kullanılmaktadır. Sürücü genellikle bir oransal integral (PI) kontrolcü yardımı ile modellenir. Sürücü modeli kendisine verilen hız profilini takip etmek amacıyla, gaz, fren ve kavrama pedallarını kontrol ederek gerçekleşen hız ile verilen hız arasındaki hatayı azaltmaya çalışır



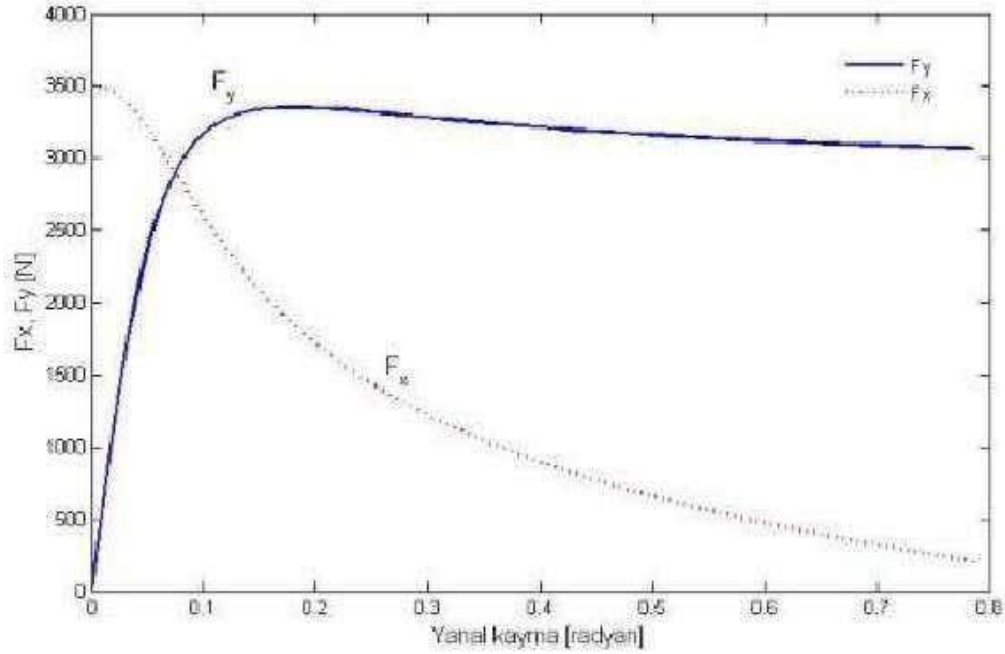
Şekil 9 : İleri ve Geri Akışlı Araç Modeli

### 3.1. Tekerlek Modeli

Tekerlek modeli olarak Pacejka 2002 modeli kullanılmaktadır. Model parametreleri ve formülleri ADAMS 2005 tekerlek özellik ve yardım dosyalarından alınmıştır. Pacejka modeli oluşturan, hem doğrusal hem de yanal kuvvetlerin hesabında kullanılan denklemler;

$Y(x) = D \cdot \cos[C \cdot \tan(Bx(y) - E(Bx(y) - \tan(Bx(y))))]$  şeklindedir.

Burada kullanılan, C, D, Bx(y), E gibi katsayılar, deneysel yöntemler ile elde edilen ampirik katsayılardır. Pacejka modeli ile değişen yanal kayma açısı değerlerine göre hesaplanan tekerlek doğrusal ve yanal kuvvetleri Şekil 10 da verilmiştir. Modelin en büyük avantajı, tüm tekerlek kuvvetleri ve momentlerini verebildiği için hem yanal araç dinamiği hem de boyuna araç dinamiği hesaplamalarında kullanılabilmesidir. Şekil 10 da, çeşitli yanal kayma değerlerine karşılık yanal ve boyuna kuvvetlerin değişimi gösterilmektedir. Boyuna kayma  $s=0$  olduğunda, tekerlek ile yer arasında oluşabilecek toplam kuvvetin tamamı yanal kuvvetler için kullanılabilir. Boyuna kayma miktarı  $s=0.01$  olduğunda, değişen yanal kayma açısına göre, boyuna ve yanal kuvvetlerin değişimi Şekil 10 da gösterilmiştir. Şekil 10 un incelenmesi ile tekerlek kuvvetlerinde doyma olduğu ve yanal ve boyuna kuvvetlerin birbirinden bağımsız olmadığı görülmektedir(13).

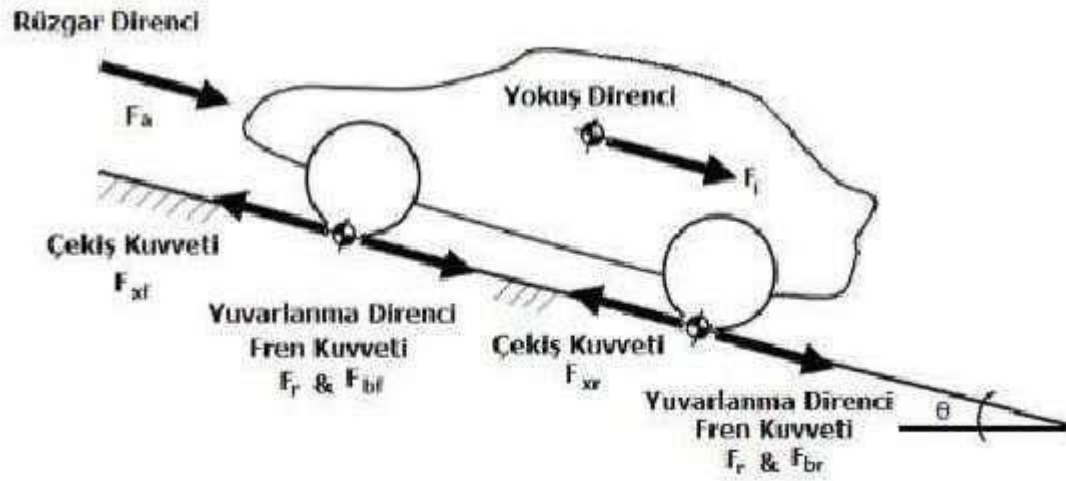


Şekil 10:Kayma Değerlerine Göre Tekerlek Kuvvetlerinin Değişimi

### 3.2. Araca Etkiyen Boyuna ve Düşey Kuvvetler

Bir aracın hareket edebilmesi için aracın motor gücünün aşması gereken hareket dirençleri söz konusudur. Hareket dirençleri, aracın ileriye doğru hareketi için motordan tahrik tekerleklerine iletilmesi gereken toplam kuvveti ifade eder. Motorun aracın hareketini sağlayabilmesi için, hareket dirençlerini ve tahrik sistemindeki kayıpları aşabilmesi gerekir. Bunun için araç motorunun belirli bir gücü üretmesi gerekir. Araç üzerine etkiyen dış kuvvetler aşağıda sıralanmıştır.

- Yuvarlanma direnci - Hava direnci
- Yokuş direnci
- İvmelenme direnci



Şekil 11 : Araç üzerine etkiyen kuvvetler

### 3.2.1. Yuvarlanma Direnci

Yuvarlanma direnci araç lastiğinin yol ile sürtünmesi nedeniyle ortaya çıkan direnç kuvvetidir. Lastik yola yapıştığında biçiminin bozulması sonucu tüketilen enerjiye yuvarlanma direnci denir. Tekerlek her dönüşte, lastik yüzey alanı zemin yüzeyi ile temasa geçmekte bükülerek biçim değişikliğine uğramaktadır. Kauçuk biçim değiştirerek ısınmakta ve ısı şeklinde enerji kaybetmektedir. Sözü edilen enerji kaybı lastik yuvarlanma direncinin % 90'ı kadardır. Lastikler radyal ve diyagonal olarak iki farklı şekilde üretilmektedir. Üretim biçimi lastiğin yuvarlanma direnç değerini belirleyen en önemli faktördür. Yapılan çalışmalar sonucunda radyal lastiklerin yuvarlanma direnç katsayılarının diyagonal lastiklere göre daha iyi olduğu gözlenmiştir. Lastiğin yuvarlanma direncini belirleyen diğer faktörler ise lastik tipi, lastik diş şekli, lastik diş kalınlığı, lastik yanak kalınlığı, lastik yanak genişliği ve çapraz- katlı lastikte katmanların sayısıdır. Ayrıca yuvarlanma direncine rulmanların ve dişli sisteminin sürtünmesi de etki eder. Yuvarlanma direnci yaklaşık olarak sabit olmak üzere araç hızına bağlı olarak değişir.

Yuvarlanma direnci

$$F_r = P^a W^b (a + bV + cV^2)$$

Formülü ile hesaplanır.

P:Tekerlek basıncı [kPa] W:Tekerlekler üzerindeki yük [N]

V:Araç hızını [m/s] temsil etmektedir. a, b ve c deneysel yöntemler ile elde edilmiş katsayılarıdır.

Yuvarlanma direnci araç hızı belirli bir değere ulaştıktan sonra iyice artar. Bu hıza eşik hızı denilebilir. Eşik hızı aşıldıktan sonra lastik temas alanında oluşan şekil değişimleri sonucunda lastik, normal hali olan dairesel şekline dönemez ve üstel sönümlü dalgalar oluşur. Oluşan bu dalgalar enerji kaybını arttırır ve ısı oluşumuna neden olur. Bu dalgalar aynı zamanda lastik yuvarlanma direncinin artmasına neden olur. Dalga oluşumunun devam etmesi durumu yani eşik hızı üstündeki seyir hali durumu sonunda lastik patlaması kaçınılmazdır. Lastiklerin yapım malzemesi ve yapım şekline göre bir hız sınırı vardır. Bu sınır değer tekerlek üzerinde bir harf ile gösterilir.

### 3.2.2. Hava Direnci

Hava Direnci araç gövdesinin hava ile sürtünmesinden kaynaklanan direnç değeridir. Hava direnç değeri aracın aerodinamik yapısına, araç çevresinden akan havanın dinamik basıncına, araç hareket yönüne dik kesit alanına bağlıdır. Hava direnci aşağıdaki formül ile hesaplanabilmektedir. Formülde aracın yan profilinden etkileyen rüzgâr kuvvetleri ihmal edilmiş ve rüzgârın sadece seyahat doğrultusunda estiği varsayımı yapılmıştır. Buna göre rüzgâr direnci;

$$F_x = \frac{1}{2} A \rho C_D V_{ref}^2$$

formülü ile bulunur.

F:Rüzgâr direnci [N]

A:Araç ön cephe alanı [m<sup>2</sup>]

P:Hava yoğunluğu [kg/m<sup>3</sup>] CD:Aerodinamik direnç katsayısı

Vref:Rüzgâr bağıl hızı [m/s] büyüklerini temsil etmektedir.

### 3.2.3. Yokuş Direnci

Bu kuvvet aracın eğimli bir yolda ilerleyebilmesi için gereken kuvveti ifade eder. Yokuş direnci trigonometrik hesaplamalar ile elde edilebilmektedir. Hesaplamalarda araç ağırlığının ve tekerlek yüklerinin eğim ile değiştiği gerçeği göz önüne alınmalıdır. Yokuş direnci,

$$F_i = W \sin(\theta)$$

formülü ile bulunur.

Fi:Yokuş direnci [N] W:Araç ağırlığı

[N]  $\theta$  ise yokuş eğimini temsil etmektedir.

Bazen aracın yol ile yaptığı eğim açısı ile değil yüzde cinsinden verilir. % 10 yokuş eğimi; yatay doğrultuda 100 m ilerlemeye karşılık 10 m yükselme anlamına gelir [21]. Yokuş eğimi p ile ifade edilir:  $p = \tan a = 0,01 = \%10$

Eğim direnci araç eğimli yolda hareket ediyorken dikkate alınmalıdır. Araçlarda düz yolda gidiyorken eğim direnci sıfırdır. Araç yokuş yukarı hareket ediyorken eğim direnci pozitif olup

bu değer toplam direnç kuvvetine eklenir. Araç yokuş aşağı hareket ediyorken eğim direnci negatif olup bu değer toplam direnç kuvvetinden çıkarılmalıdır.

### 3.2.4. İvmelenme Direnci

Cisimlerin bulunduğu durumu koruma isteği eylemsizlik olarak tanımlanır. İvmelenme esnasında geriye doğru yaslanışımız ya da frenleme esnasında otomobil içinde ne eğilişimiz eylemsizlikten kaynaklanır. Taşıtların durgun halden hareketli hale geçmesi durumunda eylemsizlikten kaynaklı olarak oluşturdukları direnç ivme direnci, atalet direnci olarak adlandırılır. Eğer bir araç hızlanıyorsa bu araca bir kuvvet uygulanıyor demektir ve aracın bir ivmesi vardır. Bu kuvvet aracı doğrusal olarak hızlandırır

İvmelenme Direnci;

$R_i = G / g \cdot a$  formülü

ile bulunur

$R_i$  = İvme direnci (kg) a  
= ivme

G = Taşıtın ağırlığı (kg) g  
= yerçekim ivmesidir.

Buradaki taşıt tahrik sisteminin aktarma oranının her zaman 1'den büyük çıkması etkin kütlenin statik kütleden büyük olmasına yol açar. Etkin kütle, taşıt içinde dönen kütlelerin olmasından kaynaklanır. Her cismin bir ataleti vardır ve cisimler dönme hareketi yaptığında atalet kuvvetleri artar. Araçlarda başta motor bileşenleri (krank, volan vb.) olmak üzere dönen birçok cisim vardır. Bu cisimlere ek olarak vites kutusu dişlileri, kavrama ve akslar örnek verilebilir. Etkin kütlenin hesaplamalarda kullanılmasının sebebi araç içinde ihmal edilemeyecek ağırlıkta dönen cisimlerin bulunmasıdır. Dönen cisimlerin dönme hızının artması bu cisimlerin ataletini de arttırır. Bu nedenle araçlarda her vites değişiminde etkin kütle değişir. Çünkü vitesin değişmesi aktarma oranının değişmesine, aktarma oranının değişmesi ise dönen dişlilerin dönme hızının değişmesine neden olmaktadır. Bu nedenle yüksek viteslerde (düşük aktarma oranı) dişlilerin aktarma oranının ve dönme hızının azaldığını söyleyebiliriz. Sonuç olarak etkin kütle azalmaktadır(14).

## 4. ELEKTRİKLİ HİBRİT ARAÇLARDA KULLANILAN ELEKTRİKLİ MOTOR TİPLERİ

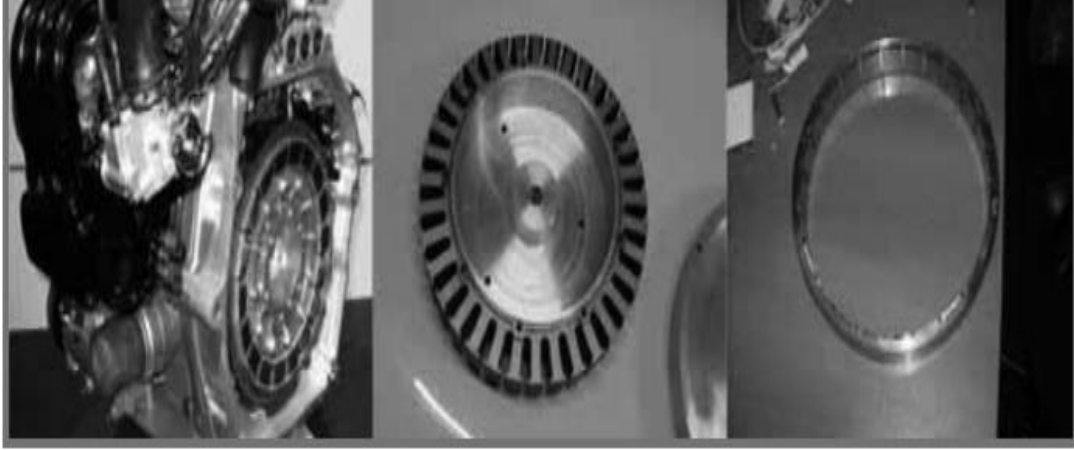
Dinamizm ile verimliliği birleştirip sürüş durumuna ve isteğe göre tahrik motoru, alternatör veya marş motoru olarak görev yapar. 54HP gücünde olan bir dinamo 210 Nm azami tor üretebilir. Paralel Hybrid Sistemde, Hafif bir elektrik motoru, ayarlanabilir bir kavrama vasıtasıyla krank miline bağlanır. Sonuç olarak da, hemen hemen tüm sürüş koşullarında etkileyici bir kalkış ve hızlanma performansı elde edilir.



Şekil 11: Hibrid Araç Elektrik Motoru

#### 4.1. 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 turu bulunmaktadır. Şekil 12’de Honda tarafından kullanılan ve içten yanmalı motor miline doğrudan bağlanan dış rotorlu yapı ve benzer teknikle 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.



Şekil 12: Yüzey Mıknatıslı Fırçasız Doğru Akım Makinesi

#### 4.2. Gömülü Mıknatıslı Senkron Makineler

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

### **4.3. 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.

## **5. ELEKTRİKLİ HİBRİT ARAÇLARDA KULLANILAN BATARYA TÜRLERİ**

Genel olarak hibrit araçlarda kullanılacak bataryaların spesifik güç (W/kg), spesifik enerji (Wh/kg) seviyelerinin yüksek, uzun ömürlü ve düşük maliyetli olması gereklidir. Ancak bu özelliklerin tümünü bir arada barındıran mükemmel batarya bulunmamaktadır. Hybrid elektrikli araçta kullanılacak bataryalar, araçta kullanılan enerji yönetim sistemi ve araç konfigürasyonuna göre seçilmelidir





Şekil 13: Hibrit Elektrikli Araç Bataryası

### 5.1. Kurşun-Asit Batarya

Tüm içten yanmalı motorlarda ilk hareket bataryası olarak kullanılan düşük maliyet versiyonları negatif kurşun elektrotu, pozitif kurşun dioksit elektrotu ve de sülfürik asit elektrolit çözeltisinden oluşmaktadır. Genelde 6 tane hücre yaklaşık 12 voltu sağlamak için seri bir şekilde bağlanır. Bu batarya 100 yıllık bir gelişme süreci geçirmesine rağmen 25-35 Wh/kg gibi düşük bir enerji yoğunluğuna sahiptir. Buna karşın güç yoğunluğu ise 150 W/kg gibi yüksek bir değerdir. Kurşun asit bataryaları düşük çevre sıcaklıklarından şiddetli bir şekilde etkilenmektedir. Özellikle 10°C'nin altındaki çalışma koşullarında hem enerji hem de güç yoğunluğunda belirgin ölçüde düşüş görülür. Bu batarya tipini kullanan elektrikli araçların daha düşük ortam sıcaklıklarına maruz kalması durumunda yardımcı bir batarya ısıtmasına ve izolasyonuna ihtiyaç duyulur. Kurşun asit bataryalarının ömrü yaklaşık %80 derin deşarj koşulunda 1000 çevrimdir. Bu yaklaşık 3 yıla tekabül etmektedir.

### 5.2. Nikel-Demir Batarya

Nikel demir bataryaları 1901 yılında Thomas Edison tarafından elektrik araçlarının daha uzun yol kat edebilmesi amacıyla geliştirilmiştir. Nikel demir bataryaları güvenilir, uzun ömürlü, fakat pahalı bir sekonder bataryadır. Bataryada nikel pozitif elektrot, demir negatif elektrot ve potasyum hidroksit ise sıvı elektrolittir. Süre gelen geliştirme çalışmaları sayesinde enerji yoğunluğu 50 Wh/kg'a mertebesine ulaşmıştır. Bu gelişme aktif malzeme oranının arttırılması

ve pasif batarya komponentlerinin ağırlıklarının azaltılması ile sağlanmıştır. Nikel demir bataryalar  $-20^{\circ}\text{C}$ 'de dahi nispeten performanslarını korumaktadır. Azami güç yoğunluğu  $100 \text{ W/kg}$ 'dır ve bu değer ivmelenme için iyi bir değerdir. Bununla beraber 39 güç yoğunluğu deşarjın derinliği ile önemli bir biçimde etkilenir. Bu bataryaların yaklaşık 6 yıla karşılık gelen, 2000 derin deşarj çevrimine kadar kullanım ömrü vardır.



Şekil 14 : Nikel Metal Hybrid Aküsü

### 5.3. Nikel-Çinko Batarya

Şarj edilebilen nikel çinko bataryalar ilk olarak 1899 yılında icat edilmiştir. Şarj esnasında çinko plakanın üzerinde dendritler kullanım ömrünü kısalttığından, bu bataryalar kullanımı yaygınlaşmamıştır. Son dönemde yüksek güç ve enerji yoğunluğu sayesinde elektrikli araçlarda kullanım imkanı doğmuştur. Enerji yoğunluğu  $70 \text{ Wh/kg}$  ve güç yoğunluğu  $150 \text{ W/kg}$  olmasına rağmen bu bataryalarda temel problem dendrit oluşumu nedeniyle kullanım ömrünün 300 çevrim kadar kısa olmasıdır. Bataryanın geniş bir çalışma sıcaklığı toleransı vardır ( $-39$  ile  $+81^{\circ}\text{C}$  arası). 30 günlük kullanım sonrası % 60 şarj azalması görülmektedir. Son zamanlarda bataryaların ömürlerinin uzatılabilmesi için bazı çalışmalar yapılmasına karşın nikel-çinko bataryaların gelişimi konusundaki araştırmaların yoğunluğu gittikçe azalmaktadır.

### 5.4. Nikel Kadmiyum Batarya

Son yıllarda nikel-kadmiyum (NiCd) bataryalar özgül enerji, özgül güç, çevrim ömrü ve güvenilirlik bakımından en iyi dengeyi sağlayan bataryalar olarak kabul edilmektedir. Nikel kadmiyum batarya sinterlenmiş pozitif nikel elektrot, negatif kadmiyum elektrot ve sulu elektrolit olarak potasyum hidroksitten oluşmuştur. Nikel kadmiyum bataryaları kurşun asit bataryalarına göre birim ağırlık başına bir miktar daha fazla enerji depolamaktadır. Bataryanın enerji yoğunluğu  $50 \text{ Wh/kg}$  ve güç yoğunluğu  $200 \text{ W/kg}$ 'dır. Bu bataryalar yüksek şarj ve deşarj oranlarına sahip olduklarından EA'larda kullanılabilir. Derin deşarj çevrim sayısı 2000 civarındadır. Kadmiyumun toksik ve çevreye zararlı olmasından dolayı, nikel-kadmiyum bataryaların geri kazanımı oldukça önemli ve bir o kadarda karmaşıktır. Çevreye verdikleri zarardan dolayı kullanımları durdurulmuştur.

### 5.5. Nikel-Metal Hidrür Batarya

Nikel-metal hidrür (NiMH) bataryalar, toksik özelliği olmayıp daha iyi performansa sahip olduklarından son zamanlarda birçok elektrikli araç uygulamalarında nikel kadmiyum bataryanın yerini almıştır. NiMH, nikel kadmiyum bataryalara göre daha fazla enerji depolamaktadır. Batarya, metal hidrür karışımı olan negatif elektrot, potasyum hidroksit elektroliti ve de aktif malzemesi nikel hidroksit olan pozitif elektrottan oluşmaktadır. Negatif elektrot olarak hidrojen içeren metal alaşım kullanılır. Hidrojen içeren metal alaşımları iki kategoriye ayrılmaktadır:

- AB5 alaşımları; nikel bileşikleri
- AB2 alaşımları; titanyum vanadyum ve zirkonyum alaşımlı nikel bileşikleri.

NiMH bataryası 70 Wh/kg'dan fazla enerji yoğunluğuna ve 200 W/kg dan daha fazla güç yoğunluğuna sahiptir. Batarya %80 derin deşarj durumunda 600'ün üzerinde tam şarj/deşarj çevrimine sahiptir ve hızlı bir şekilde % 80 tekrar şarj olması yaklaşık 35 dakikadır. NiMH bataryalar, kurşun asit bataryalardan yaklaşık 5 katı kadar daha pahalıdır.

### **5.6. Sodyum-Sülfür Batarya**

Sodyum sülfür batarya, ilk olarak 1960'li yıllarda Ford Araştırma laboratuvarında elektrikli taşıtlar için gerekli enerji ve güç yoğunluğunu sağlamak için geliştirilmiştir. Birçok Avrupa, Amerika ve Japon şirketinde ticari prototiplerde kullanılmaktadır. Batarya negatif sodyum elektrotundan ve pozitif sülfür elektrotundan oluşmaktadır. Batarya yüksek sıcaklıklarda (350°C ) çalışmaktadır ve her iki elektrot bileşenleri de sıvı durumdadır. Sodyum sülfür bataryalar, 110 Wh/kg gibi yüksek enerji yoğunluğu ile 150 W/kg gibi yüksek güç yoğunluğu ve 1000 derin deşarj çevrimi sağlamaktadır. Bataryanın optimum çalışma sıcaklığı 350°C'dir ve 200°C'nin altında çalışılması durmaktadır. Bu sıcaklığın altında sodyum elektrolit donmaktadır. Sodyumun donması reaksiyonu yavaşlatarak, mekanik gerilmelere yol açması nedeniyle bataryaya zarar vermektedir.

### **5.7. Sodyum-Nikel Klorür Batarya**

Sodyum-nikel klorür bataryasında, nikel klorür pozitif elektrot sodyum ise negatif elektrottur. Sodyum tuzu elektroliti yerine sodyum klorür elektrotu yer almaktadır. Bu elektrodun donma noktası daha düşük olup 160 °C civarındadır. Bu batarya türü, sodyum sülfür bataryasına göre bir miktar düşük sıcaklıklarda çalışmakta (300 °C) olup, benzer enerji (100 Wh/kg) ve azami güç yoğunluğuna (150 W/kg) sahiptir.

### **5.8. Lityum-Demir Sülfat Batarya**

Elektrikli taşıtlarda potansiyel kullanım alanı bulunan üçüncü yüksek sıcaklık bataryasıdır. Lityum, özellikle üstün enerji depolama yeteneği sağlayan yüksek elektrot potansiyeline sahip olmasından dolayı bataryalarda kullanılması uygundur. Bataryanın demir sülfat pozitif elektrotu ve alüminyum lityum negatif elektrotu vardır. Çalışma sıcaklıkları 450°C civarındadır. Azami

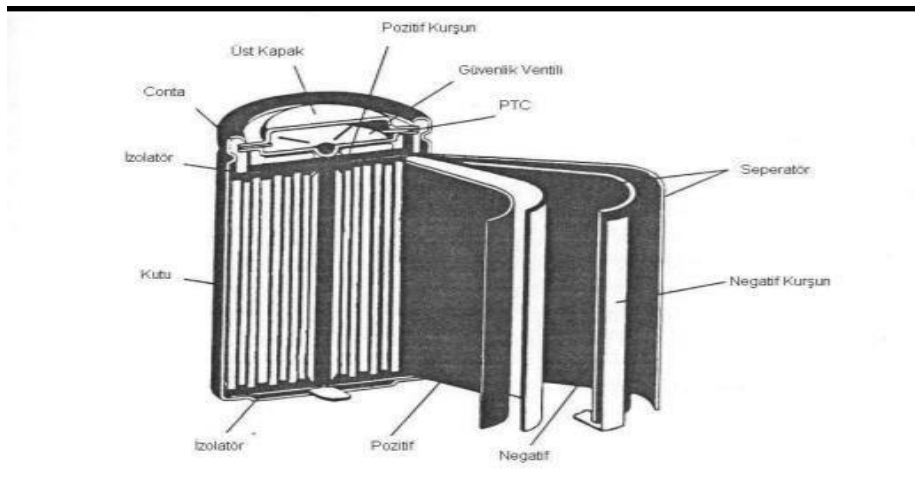
enerji yoğunluğu 150 Wh/kg, güç yoğunluğu 300 W/kg ve derin deşarj çevrimi 1000 mertebesinde.

### 5.9. Lityum-Katı Polimer Batarya

Lityum-katı polimer bataryada diğer yüksek sıcaklık bataryalarından farklı olarak, ergimiş tuz elektroliti yerine iletken polimerler kullanılmaktadır. 150 Wh/kg enerji ve 300 W/kg güç yoğunluğuna sahiptir. Bataryanın düşük güçte dış ortam sıcaklıklarında çalışması mümkün olmakla birlikte, optimum çalışma sıcaklığı 80°C ve 120°C aralığındadır.

### 5.10. Lityum-İyon Batarya

Lityum-iyon hücrelerin yapısı lityum-katı polimer batarya hücrelerine benzemektedir. Ancak negatif lityum metal plaka yerine grafit veya kalay oksit gibi negatif “host” kullanılmasıdır. Deşarj esnasında lityum iyonları negatif “host”tan organik elektrot yardımıyla manganez, kobalt ya da nikel oksit pozitif “host”a geçer. Şarj esnasında da tam tersi proses gerçekleşir. Lityum iyonları katot ve anot arasında sarkaç gibi hareket eder. Lityum-iyon bataryalar yaklaşık 120 Wh/kg enerji yoğunluğuna ve 1000 çevrimlik derin deşarj çevrimine sahiptirler. Bu bataryalar, %80 şarj durumuna 1 saatten daha kısa sürede tekrar şarj edilebilmektedir. Bu bataryayı, elektrikli araç uygulamalarında kullanılabilecek maliyet ve özelliklere getirebilmek için Japonya (Sony ve Panasonic), Avrupa (SAFT ve Varta) ve ABD’de (Duracell) çeşitli çalışmalar sürdürülmektedir. Sony, 3500 derin deşarj çevrimli 35 kWh kapasite ve 120 Wh/kg enerji yoğunluğuna sahip bir lityum-iyon batarya yaptığını bildirmiştir. Lityum-katı polimer bataryalar ve lityum-iyon bataryalar yüksek enerji yoğunlukları nedeniyle, elektrikli araç uygulamaları için en uygun potansiyele sahip bataryalar olarak değerlendirilmektedir. Gelecek 15-20 yıl içinde lityum-iyon bataryanın henüz yüksek olan maliyetlerinin düşerek EA’larda kullanılabilecek ekonomik seviyeye inebileceği öngörülmektedir. Şekil 4.11’de lityum-iyon bataryanın şematik şekli görülmektedir.



Şekil 15: Lityum-iyon hücrenin yapısı

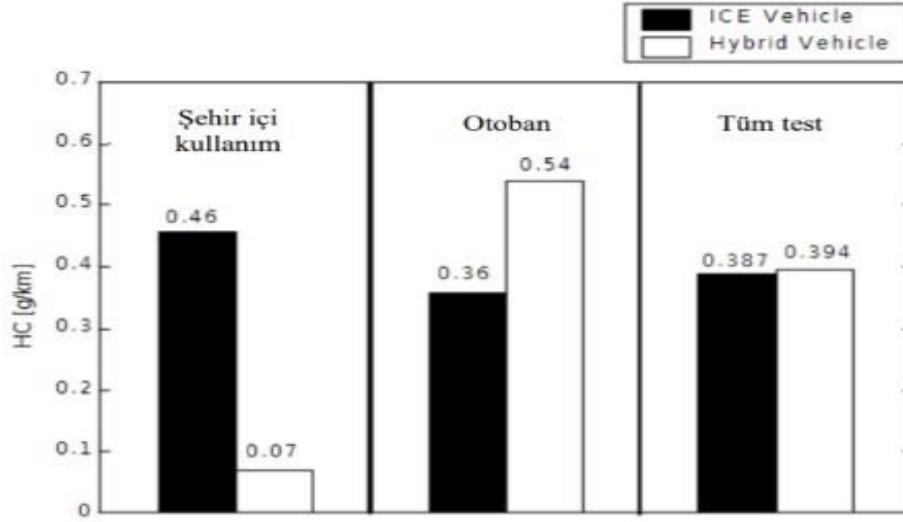
Son yıllarda hem uluslararası alanda hem de ulusal alanda güç elektroniği uygulamaları gittikçe yaygınlaşmaktadır. Özellikle yenilenebilir enerji kaynakları, kesintisiz güç kaynakları ve elektrikli taşıtlar gibi alanlarda güç kapasitelerinin artmasıyla birlikte bu uygulamalarda kullanılan orta frekanslı güç dönüştürücüleri ve bu dönüştürücülerde kullanılan transformatörleri önemli bir bileşen haline getirmektedir. Böyle uygulamalarda kritik bir konumda olan orta frekanslı transformatörlerin çalışma koşullarından kaynaklanan titreşimlerine ek olarak duyulabilir gürültüleri de problem oluşturabileceği için önemli bir özellik olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle nüve malzemelerinin daha yüksek frekans değerlerinde yeni nesil SiC ve GaN gibi güç anahtarları ile kullanılması ve titreşim sinyallerinin incelenmesine ek olarak gelecekte yapılabilecek çalışmalarda duyulabilir gürültülerinin incelenmesi ve titreşim sinyallerindeki değişimler göz önüne alınarak gerçek zamanlı koruma sistemleri ile bu transformatörlerin izlenmesi araştırma konusu olabilecektir.

## **6. HİBRİT ARAÇLARLA İLGİLİ TESTLER VE KARŞILAŞTIRMALAR**

### **6.1. Emisyon Testleri**

Test çevriminin gerçek sürüş koşullarını yansıtabilmesi için aşağıdaki test koşulları belirlenmiştir:

- Aracın rölantide bir süre geçirmesi
- Şehir içi hızlarında ve koşullarında kullanılması
- Otoban veya şehirler arası yol hızlarında ve koşullarında kullanılması. Bu sebeple test çevrimi aşağıdaki şekilde tasarlanmıştır.
- Trafik simülasyonu için testin ilk 140 saniyesinde araç hızı 8 km olarak belirlenmiştir.
- Şehir içi kullanım koşullarını yansıtmak için, maksimum hız 60km/saat olacak şekilde değişken hızlarla 4,2 km boyunca sürülmesi
- Otoyol koşullarını yansıtmak için 40 ila 100 kilometre arası hızlarda değişken olarak 9.5 kilometre yol kat etmiştir.



Şekil 16: İçten yanmalı motor kullanan araç ile aynı aracın paralel hibrit konfigürasyonunun hidrokarbon emisyonları açısından karşılaştırılması.

(Siyah bar içten yanmalı motor, beyaz bar ise hibrit aracın datalarını göstermektedir.)

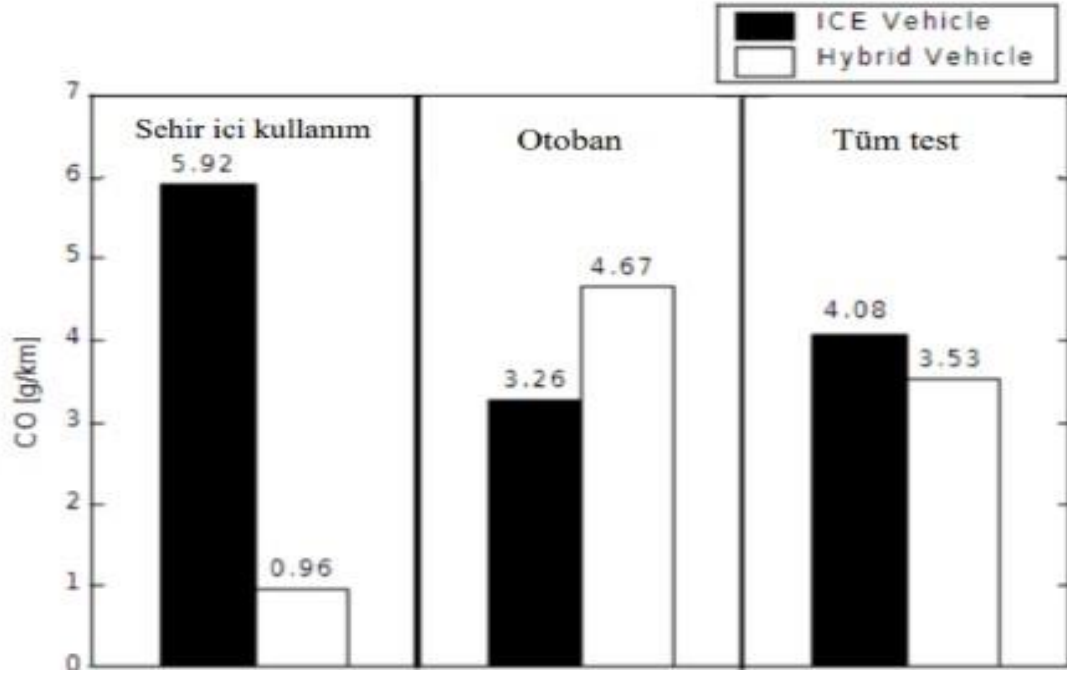
Hidrokarbon açısından karşılaştırıldığında, şehir içi kullanımlarda hibrit aracın 7 kat daha az emisyon çıkarttığını görmekteyiz, bunun sebepleri:

- Aracın ilk çalıştırılması ve motor soğukken oluşan verimsiz yanma, elektrik motorunun aracı çalıştırması sayesinde ortadan kaldırılmıştır.
- Katalitik dönüştürücü ısınana kadar içten yanmalı motordan çıkan hidrokarbon emisyonları filtrelenemeden doğrudan doğaya salınmaktadır. Bu durum da içten yanmalı motorun emisyon değerlerini fazlasıyla arttırmaktadır.
- Şehir içi kullanım koşulları ve trafik sıkışıklığı gibi durumlar, elektrik motorunun aktif olduğu koşullar olduğu için sürekli aracı durdurma ve tekrar harekete geçirmek için harcanan ekstra yakıt ve ortaya çıkan emisyonlar ortadan kaldırılmıştır.

Otoban koşullarında ise hibrit araç, içten yanmalı motorlu araca göre %50 daha fazla hidrokarbon salınımı yaptığını görmekteyiz.

- Bunun temel sebebi otoyol simülasyon koşulları nerdeyse tamamen içten yanmalı motorun aktif olduğu koşullar olduğu için, hibrit sistem elektrik motorundan faydalanamamaktadır. Bunun yanında, hibrit araçta bulunan elektriksiz sistem testin başında elektriksiz yükünü kullandığı için şarj ihtiyacı duyacaktır. Hibrit araçtaki içten yanmalı motor, bu ihtiyacı karşılayabilmek için, daha fazla yük altına girecek ve bu sebeple yalnızca içten yanmalı motor ile giden araca göre daha fazla hava kirletici emisyon ortaya çıkartacaktır.

Toplam test değerlerine bakıldığında zaman hidrokarbon emisyonları açısından, hibrit araç ile içten yanmalı motora sahip araç arasında kayda değer bir farklılık görünmemektedir. Her ne kadar aracın ilk çalışma ve trafik koşullarında hibrit sistem avantaj sağlıyor olsa da içten yanmalı motorun çalışma bölgesinde elektrik sisteminin şarj ihtiyacından dolayı ekstra yük getirmektedir. Bu ekstra yük nedeniyle test sonucunda toplamda yalnızca içten yanmalı motor ile giden araca göre daha fazla hidrokarbon salınımı gerçekleştirmiştir.



Şekil 17: İçten yanmalı motor kullanan araç ile aynı aracın paralel hibrit konfigürasyonunun karbon monoksit emisyonları açısından karşılaştırılması. (Siyah bar içten yanmalı motor, beyaz bar ise hibrit aracın dataalarını göstermektedir.)

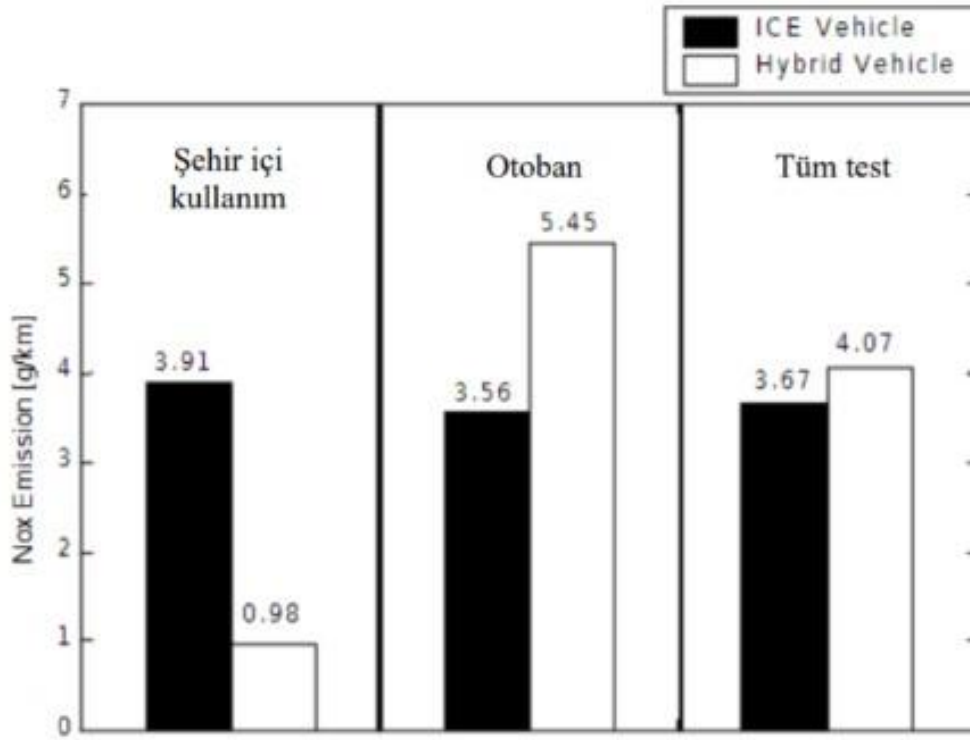
Karbon monoksit açısından karşılaştırıldığında, şehir içi kullanımlarda hibrit aracın 6 kat daha az emisyon çıkardığını görmekteyiz, bunun sebepleri:

- Aracın ilk başlangıcı sırasında soğuk durumda olan motor, optimum çalışma koşulu olan 8087°C sıcaklığına ulaşana kadar, yanma verimi düşük olacağı için, yüksek miktarlarda karbon monoksit emisyonu oluşturmaktadır. Ayrıca araç çalıştırıldıktan hemen sonra katalitik dönüştürücü aktivasyon sıcaklığına ulaşana kadar geçen zamanda oluşan emisyonları dönüştürme özelliği olmadığı için motordan çıkan tüm karbon monoksit emisyonları doğrudan dışarıya atılmaktadır.

Otoban koşullarında hibrit aracın daha fazla karbon monoksit emisyon değerlerine sahip olduğunu görmekteyiz:

- Elektriksel sistemin içten yanmalı motora getirdiği fazladan yük nedeniyle, içten yanmalı motorun aktif olduğu bölgelerde ve aynı koşullarda hibrit araç daha fazla karbon monoksit salınımı gerçekleştirmektedir.

Toplam test boyunca karbon monoksit salınımı konusunda % 15 fark ortaya çıkmaktadır. Bunun temel sebebi olarak aracın ilk başlatıldığı ve soğuk koşullar altında oluşan verimsiz çalışmanın ortaya çıkarttığı karbon monoksit emisyonlarının azaltılması olduğu görülmektedir.



Şekil 18: İçten yanmalı motor kullanan araç ile aynı aracın paralel hibrit konfigürasyonunun NOx emisyonları açısından karşılaştırılması. (Siyah bar içten yanmalı motor, beyaz bar ise hibrit aracın datalarını göstermektedir.)

NOx emisyonlarında da hidrokarbon emisyonlarıyla paralel sonuçlar görülmektedir. Sonuçların benzer eğilimler izleme sebebi, aynı temel sebeplere dayanmasından kaynaklanmaktadır. Bu değerlendirmede bahsedilmesi gereken önemli bir nokta ise, hibrit araçların şehir içi hidrokarbon ve NOx emisyonlarının daha düşük değerlerde olması, şehir içerisinde hava kalitesini etkileyen fotokimyasal sis ve yer seviyesi ozon oluşumunda azalmayı sağlayacaktır(15).

## 6.2. Farklı Tipteki Motorların Karşılaştırılması

Tümü EA ve hibrit EA'larda kullanılan elektrik motorlarında aranan özellikler aşağıda listelenmiştir ;

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



- Farklı ortamlarda çalışmalar için yüksek sağlamlık ve güvenilirlik,

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

Şekil 19: Farklı motor tiplerinin karşılaştırılması(16)





Motor tipi	Avantajları	Dezavantajları
DC Motor	Sadece 1 veya 2 DC/DC konvertörle kontrol	Bakım Düşük güç yoğunluğu (300 W/kg)
İndüksiyon motoru (Asenkron)	Yüksek kullanılabilirlik Yüksk güç yoğunluğu (750 W/kg) Kolay bakım Verim ~%90	Elektronik maliyeti Yüksek rotor sıcaklığı
Sargılı rotor senkron motor	~ 500 W/kg ve maliyet Elektronik olarak basitlik İyi verim haritası	Bakım Rotor sıcaklığı Fazla Bilinmeye teknoloji
Sürekli mıknatıslı senkron motor (PM motor)	Güç yoğunluğu (1Wh/kg) Tork yoğunluğu (5 Nm/kg) Yüksek verim >%90 Kolay dinamik frenleme	Maliyet (rotor+konvertör)
Relüktans motor	Tork yoğunluğu	Yüksek frekans-düşük verim Elektronik maliyeti

Şekil 20: Motor Tiplerinin Avantaj ve Dezavantajları

### 6.3. Elektrikli Hibrit Araç Karşılaştırılması

	Honda Accord Hybrid	Honda Civic Hybrid	Chevrolet Malibu Hybrid	Toyota Prius	Nissan Altima Hybrid	Lexus RX 400h	Ford Escape Hybrid
<b>Motor</b>	3.0 l V6 motor ve sürekli mıknatıslı elektrik motoru	1.3 l 4 silindirdi motor ve sürekli mıknatıslı elektrik motoru	2.4 l 4 silindirdi motor ve elektrik motoru	1.5 l 4 silindirdi VVT-i benzin motoru ve AC elektrik motoru	2.5 l 4 silindirdi motor ve AC elektrik motoru	3.5 l V6 benzin motoru ve AC elektrik motoru	2.3 l 4 silindirdi benzin motoru ve elektrik motoru
<b>Transmisyon</b>	otomatik	CVT	otomatik	CVT	CVT	CVT	CVT
<b>Satış fiyatı (\$)</b>	31,090	22,600	23,895	22,175	24,400	41,180	25,655
<b>Net Güç (HP)</b>	253	110	164	110	198	268	155
<b>Yakıt Tük. (şehir-MPG)</b>	28	49	24	60	42	32	36
<b>Yakıt Tük. (otoyol-MPG)</b>	35	51	32	51	36	27	31
<b>Yakıt depo Kapasitesi (galon)</b>	17.1	12.3	16.3	11.9	20.0	17.2	15.0
<b>Batarya</b>	Nikel metal hidrid 144 Volt	Nikel metal hidrid 144 Volt	Nikel metal hidrid 36 Volt	Nikel metal hidrid 201.6 Volt	Nikel metal hidrid 244.8 Volt	Nikel metal hidrid 288 Volt	Nikel metal hidrid 330 Volt

Şekil 21 : Dünyadaki bazı elektrikli hibrit araçların karşılaştırılması

	 <b>Lexus ES</b> 300h Hybrid e-CVT 1.910.895 TL	 <b>Toyota C-HR</b> Hybrid 4x2 e-CVT 440.200 TL	 <b>Ford Puma</b> 1.0L EcoBoost 105 BG Hibrit 510.100 TL	 <b>Honda CR-V</b> 2.0L i-MMD HYBRID 1.209.200 TL
	<input checked="" type="checkbox"/> Farklılıklar vurgula	<input type="checkbox"/> Sadece farklı olanları göster		Hız Enjini <span>▼</span>
<b>Genel Özellikler</b>				
Gövde Tipi	Sedan	SUV	SUV	SUV
Segment	E	C	B	D
Kapı sayısı	4	5	5	5
Yakıt tipi	Hibrit	Hibrit	Hibrit	Hibrit
<b>Motor</b>				
Silindir hacmi	2494 cc	1798 cc	999 cc	1993 cc
Besleme tipi	Turbo	Turbo	Turbo kompresör	Turbo
Silindir adedi	4	4	3	4
<b>Performans</b>				
Azami devir	0	5200	6000	0
Azami tork	0 nm	142 nm	240 nm	315 nm
Beygir gücü	218 hp	122 hp	155 hp	184 hp
Hızlanma (0-100)	10.2 saniye	11.0 saniye	9.0 saniye	9.2 saniye
Maksimum hız	0 km/s	170 km/s	205 km/s	180 km/s
<b>Şanzıman - Çekiş Sistemi</b>				
Vites türü	Otomatik	Otomatik	Manuel	Otomatik
Çekiş	Önden Çekişli	Önden Çekişli	Önden Çekişli	4x4 Çekişli
Vites adedi	0	0	6	0
<b>Ağırlık ve Ölçüler</b>				
Karına Co2 salınımı	100	86	99	126
Ortalama yakıt tüketimi	4,4 lt	3,8 lt	4,4 lt	5,5 lt
Şehir içi yakıt tüketimi	4,4 lt	3,2 lt	5,1 lt	5,1 lt
Şehir dışı yakıt tüketimi	4,4 lt	4,2 lt	3,9 lt	5,7 lt
Yakıt deposu	0 lt	50 lt	42 lt	57 lt

Şekil 22 : Türkiyede satılan bazı elektrikli hibrit araçların karşılaştırılması

## 7. SONUÇ VE TARTIŞMA

Hibrit araçlar hakkında en önemli bilgi, hibrit araç teknolojisinin elektrikli araç teknolojisi ile bağlantılı olduğudur. Hibrit araç teknolojisinin temeli eskilere dayanmaktadır. Hibrit sözlük anlamı olarak karma kelimesine karşılık geliyor. Karma denilen yapı elektrikli motor ile içten yanmalı motorun birleşiminin bir ürünüdür. Bu konuda ilk çalışmaları Lohner - Porsche ikilisi yapmış ve hibrit araçların temellerini atmışlardır.

Hibrit araçlar ilk üretildiğinde büyük ilgi görmüş fakat Henry Ford önderliğinde gelişen içten yanmalı motor teknolojisinin hem daha performans odaklı hem de menzil konusunda daha tatmin edici olması içten yanmalı motorların seri üretime geçmesine ve hibrit araçların kısa süreli üstünlüğüne son vermiştir. İçten yanmalı motorlar yakıtlarının daha kolay elde edilmesi hibrit araçların gelişimine büyük bir darbe vurmuştur.

Daha sonraki süreçte içten yanmalı motorların egzoz emisyonlarıyla çevreye verdikleri zararlı gazların atmosfere kötü etkileri anlaşılmıştır. Bunun neticesinde hükümetler alternatif ve temiz enerji arayışına girmişlerdir. Bu arayışlar sayesinde hibrit araçlar konusu tekrar gündeme gelmiş ve firmalar hibrit araç teknolojisi üzerinde araştırma geliştirme faaliyetlerine başlamışlardır. Bu sayede birçok firma kendi hibrit araç prototiplerini üretmişlerdir.

Bu tezde yapılan araştırmalarda günümüzdeki hibrit araçların yapısı ele alınmıştır. Hibrit aracın yapısı, özellikleri, avantaj ve dezavantajları, tasarım konusundaki püf noktaları detaylı olarak anlatılmıştır. Bir hibrit araç genel olarak bir elektrik motoru, küçük hacimli içten yanmalı bir motor, batarya ve bunlar arasında bağlantıları sağlayacak yapılardan oluşur. Hibrit araçta elektrikli motor, içten yanmalı motorun tasarımı ve bataryalar büyük önem taşımaktadır. Hibrit araç konusundaki en büyük sorun da bataryalardır fakat bu yöndeki çalışmalar halen devam etmektedir. Farklı batarya tipleri için akıllı şarj istasyonları ve temiz enerji hedefine uygun olarak bu istasyonlardan sağlanacak enerjinin temin edileceği rüzgar ve güneş enerjisi teknolojileri üzerinde de çalışmalar yapılmalıdır.

Günümüze odaklandığımızda petrol rezervlerinin sınırlı miktarda olması, artan akaryakıt fiyatları, atmosfere salınan zararlı gazlar bütün toplumlar tarafından anlaşılabilir. Bu konuda ne kadar iyileştirme yapılmış olursa olsun petrol türevi yakıtlar geleceğimiz için her zaman risk teşkil ediyor.

Önümüzdeki yıllar araç teknolojileri açısından dikkate alındığında petrol ve türevi yakıtların bitecek olması, sadece elektrikli araçların yeteri menzile sahip olamaması, üreticilerin temiz, güvenilir ve ekonomik araç üretmek istemesi gibi nedenler ışığında hibrit araçların geleceğimiz açısından kaçınılmaz olduğunu söylemek doğru olacaktır. Hibrit araçlara olan ilginin sürekli arttığı bu dönemde, geleceğin ve teknolojinin hibrit araçlarda olduğu öngörülmektedir.

## KAYNAKLAR

- 1) <http://www.hybridcars.com/history-of-hybrid-vehicles/>
- 2) hakkoyamaz faruk - Mersin Üniversitesi Tarsus Teknoloji Fakültesi- hibrit araçlar lisans teziAralık 2017
- 3) Ünlü,N.dv., 2003.Elektrikli Araçlar,TÜBİTAK MAM Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü,Gebze

- 4) Chau,K.T.ve Wong Y.S. 2002. “Overview Of Power Management in Hybrid Electric Vehicles”, Energy Conversion and Management, cilt 43, 1953-1968.
- 5) Keskin A. 2009. Hibrit Taşıt Teknolojileri ve Uygulamaları, Mühendis ve Makina,cilt 50,sayı 597
- 6) Kerem A. 2014. Elektrikli Araç Teknolojisinin Gelişimi ve Gelecek Beklentileri, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 5 (1)
- 7) <https://www.benzinlitre.com/turkiye/blog/detay/hibrit-arabanin-avantajlari-dezavantajlari->
- 8) Biliroğlu Ö.A. 2009. Seri Hibrit Elektrikli Araçların Modellenmesi ve Kontrolü , FBE Elektronik ve Haberleşme Anabilim Dalı
- 9) O. M. Govardhan, “Fundamentals and Classification of Hybrid Electric Vehicles Abstract :”, 2017.
- 10) <https://www.smhkoto.com/hafif-hibrit/>
- 11) Boyalı A. 2008.HİBRİD ELEKTRİKLİ YOL TAŞITLARININ MODELLENMESİ ve KONTROLÜ İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- 12) [https://tr.wikipedia.org/wiki/Plug-in\\_hibrit](https://tr.wikipedia.org/wiki/Plug-in_hibrit)
- 13) Delprat S., Guerra T.M, Rimaux J., (2003). Control Strategies for Hybrid Vehicles: Synthesis & Evaluation, Proceedings, IEEE 58th Vehicular Technology Conference, 5, 39463950, Orlando, USA.
- 14) Zengin E. 2017. Küresel Isınmanın Araçlar Üzerinde Etkisi ,Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin Üniversitesi
- 15) Tokgöz Mehmet A. 2019. MOTORLU KARA TAŞITLARINDA KARBON DİOKSİT VE HAVA KİRLETİCİ EMİSYONLARININ TARİHSEL GELİŞİMİ VE ELEKTRİKLİ ARAÇLARA GEÇİŞ İLE SAĞLANABİLECEK POTANSİYEL EMİSYON AZALTIMLARI, İstanbul Medeniyet Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Mühendislik Yönetimi Anabilim Dalı .
- 16) Kuşdoğan, Ş. (2009). Elektrikli otomobillerde enerji depolama sistemlerindeki gelişmeler. Mühendis ve Makine, 50(596):2-11