



**İSKENDERUN TEKNİK**  
ÜNİVERSİTESİ  
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK  
LİSANS  
TEZİ**

**AVL PROGRAMI İLE MODELLENEN  
HİBRİT ARAÇ İÇİN OPTİMUM ELEKTRİK  
MOTOR SEÇİMİ VE ARAÇ  
PERFORMANSINA  
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

**Nuri YÖNET**

**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI**

**HAZİRAN 2018**





**AVL PROGRAMI İLE MODELLENEN HİBRİT ARAÇ İÇİN OPTİMUM  
ELEKTRİK MOTOR SEÇİMİ VE ARAÇ PERFORMANSINA  
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

**Nuri YÖNET**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAZİRAN 2018**

Nuri YÖNET tarafından hazırlanan "AVL PROGRAMI ile MODELLENEN HİBRİT ARAÇ İÇİN OPTİMUM ELEKTRİK MOTOR SEÇİMİ ve ARAÇ PERFORMANSINA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ / ~~OY ÇOKLUĞU~~ ile İskenderun Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

**Danışman:** Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Turan ARAT

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi  
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.



**Başkan:** Dr. Öğr. Üyesi M. Kaan BALTACIOĞLU

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi  
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.



**Üye:** Dr. Öğr. Üyesi Gökhan TÜCCAR

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi  
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.



Tez Savunma Tarihi: 05/06/2018

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....  
Doç. Dr. Tolga DEPCI  
Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



## ETİK BEYAN

İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu,
- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

  
İmza  
Nuri YÖNET

05/06/2018

# AVL PROGRAMI İLE MODELLENEN HİBRİT ARAÇ İÇİN OPTİMUM ELEKTRİK MOTOR SEÇİMİ VE ARAÇ PERFORMANSINA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Nuri YÖNET

İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2018

## ÖZET

Dünya nüfusunun artışı ile birlikte sahip olduğumuz kaynakların tükenmeye başlaması ve üretim/tüketim süresince çevreye verilen zararın azaltılmasına yönelik çalışmalar, yeni buluşları ve teknolojik çalışmaları da beraberinde getirmiştir. Endüstri devrimlerinin hızlı bir şekilde aşıldığı günümüz, enerji verimliliği yüksek, emisyon salınımı ve yakıt tasarrufu açısından çok daha iyi ve bir o kadar da konforlu ulaşım araçlarına ihtiyaç doğurmuştur. İnovatif çalışmaların gözdelelerinden biri olarak kabul edilen ve birçok akademik çalışmaya da konu olan hibrit araçların her geçen gün farklı segmentler ve çeşitlilikle karşımıza çıkması, uygulanabilirliği yüksek yeni araştırmalara da yön vermektedir. Bu çalışmada, AVL simülasyon programı ile modellenen bir hibrit elektrikli aracın performansına; farklı güçlerde seçilecek olan elektrik motorlarının etkileri incelenmiştir. Hibrit araçların performansını arttırmaya yönelik farklı özelliklerdeki elektrikli motorların performansa etkileri birbirleri arasında karşılaştırılmıştır. AVL-Cruise simülasyon programı ile yapılan modellemede, 3 farklı elektrik motoruna sahip hibrit motorların performansını analiz etmek için kullanılmıştır. Tasarımda, aynı model araca; 15, 20, 25kW'lık üç farklı elektrik motoru ve uygun jeneratörler eklenmiştir. Simülasyon sonuçları ve matematiksel modelleri grafiksel olarak irdelenerek verilmiştir. Motor torku, güç, yakıt sarfıyatı, batarya enerjisi, toplam üretilen ve tüketilen elektrik enerjisi gibi parametreler açıklanmış ve birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada, FTP-75 (Federal Test Procedure) ve NEDC (New European Driving Cycle) sürüş çevrimleri kullanılmış ve birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak; bu çalışma şartları ve parametreleri için; 20kW'lık elektrik motoruna sahip olan model hibrit elektrikli araç, diğerlerine kıyasla daha efektif ve enerjistik bir performans gösterge çizelgesi ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler : Hibrit Elektrikli Araç, Elektrik Motoru, Sürüş Çevrimleri, Performans ve Emisyon

Sayfa Adedi : 50

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Turan ARAT

OPTIMUM ELECTRIC MOTOR SELECTION FOR HYBRID VEHICLE MODELED BY  
AVL PROGRAM AND INVESTIGATION ON EFFECTS OF VEHICLE PERFORMANCE

(M. Sc. Thesis)

Nuri YÖNET

ISKENDERUN TECHNICAL UNIVERSITY  
ENGINEERING AND SCIENCE INSTITUTE

June2018

ABSTRACT

Along with the increase in the world population, efforts to reduce the amount of resources we have started to run out and damage to the environment during production / consumption have brought new discoveries and technological studies together. Today, when the industrial revolutions have been overtaken quickly, there has been a need for better and more comfortable transport means in terms of energy efficiency, emission reduction and fuel economy. Hybrid vehicles, which are considered as one of the top of innovative studies and subject to many academic studies, which bringing increasingly different researches with different segments and diversity. In this study, the performance of a hybrid electric vehicle modelled by the AVL simulation program and effects of selected electric motors for different powers were examined. The performance effects of different types of electric motors to increase the performance of hybrid vehicles are compared between each other. It was used to analyze the performance of hybrid motors with 3 different electric motors in modelling with AVL-Cruise simulation program. In design, for the same model vehicle; three different electric motors of 15, 20, 25 kW and suitable generators were added. Simulation results and mathematical models are given graphically. Parameters such as engine torque, power, fuel consumption, and battery power, total generated and consumed electric energy are explained and compared with each other. In the study, FTP-75 (Federal Test Procedure) and NEDC (New European Driving Cycle) driving cycles were used and compared with each other. As a result; under these study conditions and parameters; the model hybrid electric vehicle with an electric motor of 20 kW has produced a more efficient and energetic performance indicator schedule than the others.

Key Words : Hybrid Electric Vehicle, Electric Motor, Driving Cycle, Performance and Emissions.

Page Number : 50

Supervisor : Assistant Prof.Dr. Hüseyin Turan ARAT

## TEŞEKKÜR

Tez konusunun belirlenmesinde, araştırılması ve yazımı sırasında sahip olduğu bilgi birikimi ve tecrübesi ile çalışmayı yönlendiren ve her türlü yardımı esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Turan ARAT'a sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez konusunun belirlenmesi ve çalışmaların takip edilmesinde her türlü yardımı esirgemeyen Tez Jüri üyeleri; Dr. Öğr. Üyesi M. Kaan BALTACIOĞLU ve Dr. Öğr. Üyesi Gökhan TÜCCAR' a, tez çalışmaları sırasında tüm bölüm olanaklarından yararlanmamı sağlayan Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Makine Mühendisliği Bölüm Başkanlığı'na, maddi destek veren ve isimlerini burada zikredemediğim ama yardımlarını esirgememiş herkese içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarının simülasyon verilerinin elde edilmesinde, AVL- İSTE UPP (AVL-İSTE Üniversite İşbirliği Programı) çerçevesinde üniversitemizde bulunan AVL-Cruise programından yararlanılmıştır. İSTE Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi'ne ve AVL 'ye programlarını kullanıma sundukları için ayrıca teşekkür ederim.

Ayrıca bu tez çalışmasını babam ve anneme ithaf ediyorum.

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET .....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLERİN LİSTESİ .....	vi
Sayfa .....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....	18
3. MATERYAL ve YÖNTEM .....	27
3.1. Materyal .....	27
3.1.1. AVL-Cruise modelleme simülasyon programı.....	27
3.2 YÖNTEM.....	35
3.2.1 Matematiksel yaklaşım .....	35
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA .....	39
4.1. İçten Yanmalı Motor Tork Karşılaştırması .....	39
4.2. İçten Yanmalı Motor Güç Karşılaştırması .....	40
4.3. Hibrit Elektrikli Araç Yakıt Tüketim Karşılaştırması.....	41
4.4. Hibrit Elektrikli Araç Emisyon Salınım Karşılaştırması.....	42
4.5. Elektrik Motoru Güç Karşılaştırması .....	43
4.6. Elektrik Motoru Verim Karşılaştırması.....	44
4.7. Batarya Enerji Giriş-Çıkış Değerleri Karşılaştırması.....	45
4.8. Optimum Hibrit Araç Sonuçları .....	45
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	48
KAYNAKLAR .....	51
EKLER.....	56
ÖZGEÇMİŞ .....	57
DİZİN.....	58



## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 1.1. HEA tarihçe özeti .....	3
Çizelge 3.1. İçten yanmalı motor parametreleri.....	30
Çizelge 3.2. Elektrikli motor parametreleri .....	33
Çizelge 3.3. 15kW, 20kW ve 25kW'lık elektrik motor batarya parametreleri.....	34
Çizelge 4.8. Araç optimum verileri karşılaştırma çizelgesi .....	42



## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 1.1. Seri hibrit elektrikli araç mimarisi .....	9
Şekil 1.2. Paralel hibrit elektrikli araç mimarisi .....	10
Şekil 1.3. Seri-Paralel hibrit elektrikli araç mimarisi .....	11
Şekil 1.4. Uluslararası sürüş çevrimleri .....	14
Şekil 1.5. NEDC çevrim grafiği.....	15
Şekil 1.6. FTP–75 çevrim grafiği.....	15
Şekil 3.1. Farklı araçlar için AVL-Cruise model örnekleri .....	27
Şekil 3.2. AVL-Cruise grafik sonuç örneği .....	31
Şekil 3.3. AVL-Cruise modeli .....	31
Şekil 3.4. İçten yanmalı motor ara Yüzü .....	32
Şekil 3.5. Elektrik motoru ara yüzü .....	33
Şekil 3.6. Batarya seçim arayüzü.....	34
Şekil 4.1. İçten yanmalı motor tork karşılaştırması .....	37
Şekil 4.2. İçten yanmalı motor güç karşılaştırması.....	38
Şekil 4.3. Hibrit elektrikli araç yakıt tüketim karşılaştırması .....	38
Şekil 4.4. Hibrit elektrikli araç emisyon salınım karşılaştırması.....	39
Şekil 4.5. Elektrik motoru güç karşılaştırması.....	40
Şekil 4.6. Elektrik motoru verim karşılaştırması .....	40
Şekil 4.7. Batarya enerji giriş-çıkış değerleri karşılaştırması .....	41

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

### Açıklamalar

$T_v$	Aracın torku
$V_v$	Aracın hızı
$M$	Kütle
$A_v$	Aracın ön alanı
$r_w$	Tekerlek yarı çapı
$f_r$	Sürtünme katsayısı
$C_D$	Sürüklenme katsayısı
$\rho$	Hava yoğunluğu
$\emptyset$	Yol sınıfı
$g$	Yerçekimi ivmesi
$NO_x$	Nitrik Oksit
$CO$	Karbon monoksit
$HC$	Hidro karbon
$Ni-Mh$	Nikel-Metal Hibrit

### Kısaltmalar

### Açıklamalar

<b>AC</b>	Alternatif akım
<b>ADVISOR</b>	Advanced vehicle simulator
<b>AMT</b>	Yarı otomatik şanzıman
<b>DC</b>	Doğru akım
<b>DCT</b>	Çift kavramalı şanzıman
<b>ECE</b>	Şehir içi çevrim
<b>EA</b>	Elektrikli araçlarda
<b>EUDC</b>	Şehir dışı çevrim
<b>FTP</b>	Federal test prosedürü
<b>HEA</b>	Hibrit elektrikli araç
<b>HF</b>	Hibritleşme faktörü

<b>HEA</b>	Hibrit elektrikli araçlarda
<b>İM</b>	İndüksiyon motorlar
<b>İYM</b>	İçten yanmalı motor
<b>NEDC</b>	Avrupa sürüş çevrimi
<b>PM</b>	Sürekli mıknatıslı motorlar
<b>PNGV</b>	Yeni nesil araçlar için ortaklık
<b>PSAT</b>	Powertrain system analysis toolkit
<b>PSIM</b>	Power simulator
<b>SMSM</b>	Sürekli mıknatıslı senkron motor
<b>NREL</b>	Ulusal yenilenebilir enerji laboratuvarı
<b>VTB</b>	Virtual test bed

## 1. GİRİŞ

İnsanların yaşam döngüsü içerisinde her zaman gereksinimlerini gidermeleri için avantajlı çözümler sağlayacak yöntemler hayata geçirilmiştir. Özellikle enerjinin kullanılması ve depolanması hususlarında; sınırlı miktarlarda bulunan kaynakların tüketilmesine karşın önlemler alınmış ve daha çok verim alınabilecek kaynaklar göz önünde bulundurulmuştur. Her geçen gün artan dünya nüfus potansiyeli, insanların yaşam döngüsünü devam ettirebilecek kaynakları sınırlarken, yeni ve yenilenebilir kaynak oluşumlarına da ihtiyacı zaruri hale getirmiştir. Eski çağlarda yaşamış insanlardan beri, mekân değişim ihtiyacı sonucu tekerleğin icadı mekanik güce ihtiyacı doğururken, insanoğlunun hız ve güce olan merakı ile buhar gücünün kullanımı günümüzde elektriğin mekanik enerjiye dönüşümü ile devam etmektedir.

19. yüzyıl itibari ile içten yanmalı motorlar (İYM) ile tanışan insanlar, buhar gücünün kaynağı olan katı yakıt ailesine mensup kömürden sonra sıvı yakıtlar olan motorin ve benzini benimseyerek hayatlarına dâhil etmişlerdir. Her zaman daha iyisine ulaşma arzusu ile çalışan insanoğlunun araştırmaları sonucunda geliştirilen içten yanmalı motorlar üzerinde birçok yeni teknoloji ve çalışma prensibi denenerek; çevreye zararı azaltılmaya çalışılmış, yüksek verimli motorların düşük yakıt sarfiyatı ile çalıştırılması denenmiştir. Genel olarak içten yanmalı motorda gelinen teknoloji göz önünde bulundurulduğunda, yüksek verimlilik elde edilmesi yanında, geri dönüşümsüz yakıt kullanımı, çevreye salınan (emisyon) gaz miktarının fazlalığı, üretim maliyetleri gibi etkenler sıralandığında; dezavantajları yüksek, hem çevresel hem de enerji kaynağı sınırlılığı sonucu, gelecek kaygısı yaratan motorlar olarak yeni yüzyılda tehdit oluşturma olasılığı olan teknolojiler olarak karşımıza çıkmaktadırlar.

Günlük hayatı kolaylaştırma yolundaki araştırmalar devam ederken, 19. yüzyıl içerisinde bir yandan İYM tasarımları sunulmuş diğer bir yandan elektrikli araçların temelleri atılmaya başlanmıştır. Tek kişilik, performansı düşük ve güvenlik tedbirleri zayıf araçlar üzerinde prototip olarak deneysel çalışmalar sürdürülmüştür. İskoçya Aberdeen'den Robert Anderson'un başlattığı bilinen elektrikli araç çalışmaları (İnternet 1) günümüzde kurumsal yapı kazanarak, birçok motor ve araç üreticileri tarafından benimsenmiş geleceğin araçlarına rehber niteliğinde çalışmalarda yerini almıştır.

Gelişen teknoloji, her zaman mükemmelleşme arzusu, insanların sosyal ihtiyaçlarının artışı, iş hayatında harcanan zamanı yakalama çabası gibi hayat döngüsündeki etmenler, ulaşım olanaklarını geliştirirken bir yandan da ekonomik tasarrufu da beraberinde getirmiştir. Elektrikli araçların yakıt tasarrufu sunması en büyük avantajlarından biri olmuştur. Bu bağlamda, genel yaşam içerisinde doğa ile karşılıklı çıkar içerisinde olan insanoğlu çevrenin önemini göz ardı edilemeyeceğini görmektedir.

İnsanlar, çevreye verdikleri zararı azaltmaya yönelik çıkış yolları ararken, bir yandan da kendi harcamalarındaki israfı azaltmaya yönelik çalışmalar yapmışlardır. İYM'lerin yüz elli yıllık teknolojik devinimleri ve deneyimleri ile elektrikli motorların menzil ve batarya handikapları beraber düşünüldüğünde; otomotiv sektörü için elektrikleşme çokta keskin bir şekilde ivmelenmeyecektir. Özellikle ağır araçlar söz konusu olduğunda, İYM ile çalışan araçlar 50-60 yıl daha kullanımını sürdürecektir. Bu yüzden bir nevi üstün teknoloji bir ara geçiş ürünü olarak; İYM'ler ile elektrikli araçlar arasında, hem fosil yakıt kullanan hem de elektrik enerjisinden faydalanan hibrit araç teknolojisi 20. yüzyıl başlarında hayatımıza giriş yapmıştır. H. Piper adında bir Amerikalı mühendis, benzinli elektrikli hibrit araç için patent başvurusunda bulunmuştur (İnternet 1). Çalışmalarının esasında, bir içten yanmalı motora yardım etmek için kullanılan bir elektrik motoru hibritleştirilmiş ve 25 mil / saate ulaşmıştır.

Günümüzde seri üretimlerine başlanan hibrit araçların karlılık oranları giderek artmaktadır. Çevreye salınan zararlı gazlardaki azalma, yakıt tüketiminde düşüş ve sessiz bir sürüşe sahip hibrit motorlar, aerodinamik yapılara kolay cevap verebilen tasarımlarla bir araya gelerek tatmin edici araçlar gün yüzüne çıkarmışlardır.

Endüstride yaşanan hızlı ve kararlı atılımlara cevap verebilmek adına, savaşların ekonomik yıpratma politikaları üzerinden yürütüldüğü günümüz dünyasında; ülkemizin geleceği için; güncel, arz/talep dengesi kurulabilen, hem sanayiciyi hem de akademik camiayı tatmin edebilecek çalışmalar içerisinde bulunulmak zorunluluk arz etmektedir. Bu yüzden tez çalışmasına konu olan hibrit ve elektrikli araç teknolojisi hakkında daha detaylı bilgiler edinmek ve teknolojisi hakkında bilgiler vermek için bu tez konusu ortaya konulmuştur.

## Hibrit Elektrikli Araçlar

Hibrit araçlar kısa ve genel tanım olarak; iki veya daha çok enerji kaynağını içinde bulunduran, tekil veya çoklu kullanımı gerçekleştirebilen ve enerji kaynaklarından aldığı hareketi sürüşü başlatmak ve devam ettirmek için kullana sistemlere sahip araçlardır. Bir aracın tahrik sisteminde ve harekete başlamasında; geleneksel içten yanmalı motorlara ek olarak elektrikli motorların da birlikte iş yaptığı ve harekete enerjisine dönüştürüldüğü sistemler mevcutsa bu araçlara Hibrit Elektrikli Araç (HEA) lar denir.

Tüm Dünya’da azalan petrol rezervleri ve İYM’ ların emisyon salınım problemleri göz önüne alındığında, araçların kinetik enerjisinin elektrik motorlar sayesinde iş yapabilir düzeye getirilebilmesiyle, günümüz teknolojisinde ekonomik, çevreye zararı minimize edilmiş ve sürekliliği olan yeni çalışma prensiplere sahip araçları da beraberinde getirmiştir.

İçten yanmalı motora sahip günümüzdeki araçlar, kullandıkları yakıtların enerjisinden yararlanarak, performansı yüksek, kat edilebilir mesafesi fazla olan iş yaparlar (Emadi, 2004). Fakat bu araçlar, yakıt sarfiyatının fazlalığı ve çevre kirliliğine olan zararları ile dezavantajlara sahiptirler. Yakıt sarfiyatının fazlalığını oluşturan sebepler arasında, motor verimlilik ideal çalışma kapasitesinin gerçek çalışma kapasitesi ile örtüşmemesi, fren sistemlerinde fazla kinetik enerji kaybı ve günümüz araçlarındaki hidrolik şanzımanların düşük verimi karşımıza çıkmaktadır (Chan, 2004). İçten yanmalı motora sahip araçlara nazaran elektrikli araçlar; yüksek enerji verimliliği ve çevreye zararları bakımından avantajlı kullanım alanlarına sahiptirler (Chan, 1993). Bunun yanında, petrol tabanlı yakıtların enerji kapasiteleri, elektrikli ve hibrit araçların sahip oldukları bataryalardan elde ettikleri enerji kapasitelerine göre, performans açısından ve kat edilebilir mesafe bakımından rekabet edilemezliklerini korumaktadırlar (Ehsani, 2005). Hibrit elektrikli araçların kısa tarihçesi aşağıdaki Çizelge 1.1’de verilmiştir.

Çizelge 1.1. HEA tarihçe özeti (İnternet 1)

Yıl	Gelişim
1839	Aberdeen'den Robert Anderson, İskoçyada ilk elektrikli aracı yapmıştır.
1870	Sir David Salomon hafif elektrikli motorlu ve çok ağır akümülatörlü bir araba geliştirmiştir. Sürüş hızı ve aralığı zayıf olarak üretilmiştir.
1886	İngiltere'de 28 hücreli bir pil ve küçük bir elektrik motoru kullanan elektrikle çalışan bir taksicabın ortaya çıktığı kayıtlara geçmiştir.
1888	Immisch & Company, Osmanlı İmparatorluğu Sultanı için bir beygir gücünde motor ve 24 hücreli batarya ile çalışan dört kişilik bir taşıma arabası inşa etmiştir.
1897	Londra Elektrikli Kabin Şirketi, Walter Bersey tarafından tasarlanan araçları kullanarak düzenli hizmete başlamıştır. 40 hücreli batarya ve 3 beygir gücündeki elektrik motoru kullanılan Bersey Cab, şarjlar arasında 50 mil kadar sürülebilmekteydiler.
1897	Connecticut, Hartford, Papa Üretim Şirketi, iki yıllık bir süre içinde yaklaşık 500 elektrikli otomobil inşa etmiştir.
1898	Avusturyalı Dr. Ferdinand Porsche, 23 yaşında ilk arabasını Lohner Electric Chaise yapmıştır. Dünyanın ilk önden çekişli aracı olarak yapılmıştır. Porsche'in ikinci arabası, tekerlek göbeğinde bulunan elektrik motorlarına güç sağlayan bir jeneratörü döndürmek için bir içten yanmalı motor kullanan bir melez araçtır. Sadece bataryada, araç yaklaşık 40 mil seyahat edebilmektedir.
1898	New York City'deki Elektrikli Taşıt ve Vagon Şirketi, on iki estetik elektrikli kabinlerini filosuna katmıştır.
1905	H. Piper adında bir Amerikalı mühendis, benzinli elektrikli hibrit araç için patent başvurusunda bulunmuştur. Onun fikri, bir içten yanmalı motora yardım etmek için bir elektrik motoru kullanmaktı ve bunu 25 mil / saate ulaşmasını sağlamıştır.



Çizelge 1.1. (devam) HEA tarihçe özeti (İnternet 1)

1910	Ticari bir hibrit kamyon, bir jeneratöre güç sağlamak için dört silindirli bir gaz motoru kullanan ve hem transmisyona hem de batarya paketine olan ihtiyacı ortadan kaldırmak için üretmiştir. Bu melez 1918'e kadar Philadelphia'da inşa edilmiştir.
1916	İki önde gelen elektrikli araç üreticisi - Baker of Cleveland ve Woods of Chicago- hibrit otomobiller sunmuştur. Woods, hibritlerinin en yüksek 35 mil / saat hıza ulaştığını ve 48 mpg'lik yakıt verimliliği sağladığını iddia etmiştir.
1920 – 1965	Seri üretilen elektrikli ve hibrit otomobiller için durgun dönemdir.
1969	Çok hafif bir deneysel hibrit otomobil olan GM 512, saatte 10 mil hızla elektrik gücüyle çalışmıştır. Saatte 10 ila 13 mil arasında, pillerin ve iki silindirli gaz motorunun bir kombinasyonu üzerinde çalışılmıştır. Saatte 13 mil kadar GM 512 benzinle sürülmüştür. Toplamda, saatte sadece 40 mile ulaşabilmiştir.
1973	Arap petrol ambargosuyla, benzin fiyatları yükselmiş ve elektrikli araçlara yeni ilgi yaratmıştır. ABD Enerji Bakanlığı, çeşitli üreticilerin ürettiği birçok elektrikli ve hibrid araç üzerinde, Almanya'nın Wolfsburg kentinde Volkswagen tarafından üretilen “VW Taksi” olarak bilinen bir hibrit de test etmiştir. Benzinli motor ve elektrik motoru arasında esnek geçişe izin veren paralel bir hibrit konfigürasyonunu kullanan Taksi, yolda 8.000 mili devirmiş; Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri'nde otomatik şovlarda gösterilmiştir.
1974	Federal Clean Car Teşvik Programının bir parçası olarak, mühendisler Victor Wouk ve Charlie Rosen, bir Buick Skylark gövdesi kullanarak bir prototip hibrit gaz-elektrikli araç geliştirmişlerdir. ABD Çevre Koruma Ajansı aracı, bir EPA temiz hava otomatik programı için katı kuralları karşıladığını belgelemiştir.

Çizelge 1.1. (devam) HEA tarihçe özeti (İnternet 1)

1975	Amerikan Motorları'nın bir bölümü olan AM General, test için ABD Posta Servisi'ne 352 elektrikli minibüsün teslimatına başlamıştır. ABD Enerji Araştırma ve Geliştirme İdaresi, elektrik ve hibrid teknolojiyi ilerletmek için bir hükümet programını başlatmıştır.
1976	General Electric, paralel hibrit bir sedan inşa etmek için çalışmalara başlamış ve Toyota-bir elektrik motoruna akım sağlayan bir gaz türbini jeneratörü ile küçük bir spor otomobili- ilk hibritini üretmiştir.
1980	Çim biçme makinesi motorları ile bilinen Briggs ve Stratton, toplam 26 beygir gücü için bir ikiz silindirli dört zamanlı 16 beygir benzinli motor ve bir elektrik motoruyla çalışan bir hibrit otomobil geliştirmiştir. Hibrit aktarma organı, altı tekerlekli özel tasarlanmış iki kapılı bir araç için güç sağlamıştır.
1989	Audi, Audi 100 Avant Quattro'ya dayanan Audi Duo deney aracının ilk neslini açıklamıştır. Araba, 12.6 beygir gücünde bir elektrik motoruna sahipti, bu da arka tekerlekleri bir pervane şaftı yerine sürmüştür. Nikel kadmiyum batarya enerjiyi sağlamıştır. Önden çekişli, 136 beygir gücünde bir çıkışa sahip, 2.3 litrelik beş silindirli bir motor tarafından çalıştırılmıştır. İki yıl sonra Audi, Audi 100 Avant quattro'yu temel alan ikinci nesil Duo'yu piyasaya sürmüştür.
1992	Clinton Yönetimi, Yeni Nesil Araçlar için Ortaklık (PNGV) adı verilen bir hükümet girişimini açıklamıştır. Programda hükümet, Amerikan otomotiv endüstrisi ile, galon başına 80 mil hızla çalışabilecek temiz bir araba geliştirmek için çalıştı. Birkaç yıl ve bir milyar dolar sonra, PNGV 80 mpg arabası için üç prototip ile ortaya çıkmıştır.
1993	Toyota'nın PNGV'den çıkarılması, Başkan Eiji Toyoda'nın 21. Yüzyılın Küresel Otomobil G21 adlı gizli bir projesini yaratmasını istemiştir. Ertesi yıl, Toyota yakıt verimliliğini% 50 oranında iyileştirme hedefini iki katına çıkarmıştır.

Çizelge 1.1. (devam) HEA tarihçe özeti (İnternet 1)

1996	Audi, Avrupa'da hibrit bir aracı seri üretime sokan ilk üretici oldu: A4 Avant'a dayanan Audi duo. Araç, 29 beygir gücünde bir elektrik motoru ile birlikte 90 beygir gücünde 1.9 litrelik TDI ile güçlendirildi. Her iki güç kaynağı da ön tekerlekleri sürdü. Arkadaki kurşun-jel batarya, elektrik enerjisini depoladı. Duo ticari bir başarı değildi ve bu nedenle düşüşü durdurulamadı ve Avrupalı otomobil üreticilerinin Ar-Ge yatırımlarını dizellere odaklamaları istendi.
1997 - 1998	Honda'nın EV Plus, GM'nin EV1 ve S-10 elektrikli pikapları, Ford Ranger ve Toyota'nın RAV4 EV'i dahil olmak üzere büyük otomobil üreticilerinin tüm elektrikli araçları Kaliforniya'da tanıtılmıştır.
1999	Honda, Amerika Birleşik Devletleri'nde kitle pazarına çıkan ilk hibrit otomobil olan iki kapılı Insight'ı piyasaya sürmüştür. Insight sayısız ödül kazandı ve 61 mpg şehir ve 70 mpg otoyolunun EPA kilometre notlarını almıştır.
2000	Toyota, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki ilk dört kapılı Toyota Prius'u piyasaya sürmüştür.
2002	Honda, ikinci ticari olarak satılan hibrit benzinli elektrikli otomobil olan Honda Civic Hybrid'i tanıtmıştır. Civic Hybrid'in görünüşü ve sürülebilirliği, konvansiyonel Civic ile aynıdır.
2004	Toyota Prius II, 2004 yılında, Motor Trend Dergisi ve Kuzey Amerika Otomobil Fuarı'ndan Yılın 2004 Otomobil Ödülü'nü kazandı. Toyota, talep karşısında şaşırды ve ABD pazarı için üretimini 36.000'den 47.000'e çıkardı. İlgilenen alıcılar, 2004 Prius'unu satın almak için altı aya kadar bekledi.
2004	Eylül ayında, Ford; Escape Hybrid'i, ilk Amerikan melezini ve ilk SUV hibritini piyasaya sürmüştür.

Çizelge 1.1. (devam) HEA tarihçe özeti (İnternet 1)

2005-2006	<p>SUV, yüksek yakıt tüketimi için eleştirilmiştir ve hibrit bir Ford Escape 2005 yılında piyasaya sürülmüştür. Toyota ve Ford, esas olarak birbirleriyle patenti değiştirerek; Ford, hibrit teknoloji ve Toyota'ya ilişkin bir dizi Toyota patenti almış; Toyota da Ford'dan dizel motor patentleri almıştır.</p> <p>2006 yılında, General Motors Saturn Division, hafif bir paralel hibrit piyasaya sunmaya başlamıştır.</p>
2007-2008	<p>2007 yılında Saturn Vue Green Line, GM's Belted Alternatör / Starter ( BAS Hybrid ) sistemini 2.4 litre L4 motor ve FWD otomatik şanzımanla birleştirmiştir.</p> <p>Nissan , 2007 yılında Toyota tarafından lisanslanan teknolojiyle Altima Hibrid'i başlatmıştır.</p> <p>2008'de Audi Q7 Hibrit'in piyasaya sürmüştür.</p>
2009-2010	<p>Hyundai Elantra LPI Hibrid 2009 Seul Motor Show da sunulmuştur ve araç LPI (Sıvılaştırılmış Petrol enjektörlü) dünyanın ilk sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) kullanan içten yanmalı motorlu hibrit araç üzerinde çalışılmıştır. Mercedes-Benz S400 BlueHYBRID 2009'da Chicago Auto Show da sunulmuştur. Aralık 2009'da BMW, tam hibrid BMW ActiveHybrid X6'nın satışına başlamıştır.</p> <p>2010 Ford Fusion Hybrid ABD'de piyasaya sürülmüştür.</p> <p>Honda CR-Z melez Japonya'da Şubat 2010'da piyasaya sürülmüş ve bunu Ağustos 2010'da ABD izlemiştir.</p> <p>Honda CR-Z nin satışları, 2010 yılının Şubat ayında Japonyada başlamıştır.</p>

Çizelge 1.1. (devam) HEA tarihçe özeti (İnternet 1)

2011-2017	<p>2011 Toyota Auris Hybrid, Avrupa'daki ilk seri üretilen hibrit elektrikli araç olmuştur.</p> <p>2011 Lincoln MKZ Hybrid , New York Uluslararası Otomobil Fuarı'nda tanıtılmıştır.</p> <p>ABD'de 2011 yılında piyasaya sürülen diğer benzinli-elektrikli hibritler, Lexus CT 200h, Infiniti M35 Hybrid, Hyundai Sonata Hybrid ve Kia Optima Hybrid. Volkswagen , 2011 yılında ABD'de satışa sunulan Touareg Hybrid'in lansmanını Cenevre Otomobil Fuarı'nda duyurmuştur. VW ayrıca, 2012 yılında en popüler modellerinin dizel - elektrik hibrit versiyonlarını tanıtmayı planladığını açıklamıştır.</p> <p>2012 yılında Avrupa pazarında başlatılan Peugeot 3008 HYbrid4 dizel - elektro hibrit üretimi dünyada ilk olma özelliği taşımaktadır. 2012 yılında ABD'de yayınlanan diğer melezler Audi Q5 Hybrid, BMW 5 Serisi ActiveHybrid, BMW 3 serisi Hibrid, Ford C-Max Hibrit, Acura ILX Hibrit .</p> <p>2013 yılında Golf Hybrid ve Passat'ın hibrit versiyonları üretilmiştir.</p> <p>Dördüncü nesil Prius Aralık 2015 yılında Japonya'da piyasaya sürülmüştür. 2017'nin sonunda Chevy, hidrojen yakıt hücreleriyle çalışan Chevy ZH2'yi tanıtmıştır. ZH2, özellikle ABD için üretime hazırlanmıştır.</p>
-----------	--

## Paralel, seri ve paralel-seri hibrit araçlar

### Seri hibrit elektrikli araç

Seri hibrit elektrikli araçlar, elektrik destekli olarak hayata geçirilen araçlardır. Gerektiğinde aracın elektrikselsel gücüne katkı sağlayan ve bataryanın doluluğuna yardımcı olan içten yanmalı motorla birlikte hareket ederler. Bu tasarımda, içten yanmalı motor ile tekerler arasında mekanik bir ilişki bulunmamaktadır. Bu yüzden, içten yanmalı motor elektrik motoruna yol yükünü azaltmada yardımcı olamamaktadır. Seri hibrit tasarımında içten yanmalı motor, istenilen çalışma noktasında veya yüksek verimliliğe ihtiyaç duyulduğunda çalıştırılabilmektedirler (Sezer, 2008). Seri hibrit araç yapısı Şekil 1.1’de verilmiştir.



Şekil 1.1. Seri hibrit elektrikli araç mimarisi

Seri hibrit araçlar aşağıdaki seçenekler ile çalıştırılabilmektedirler;

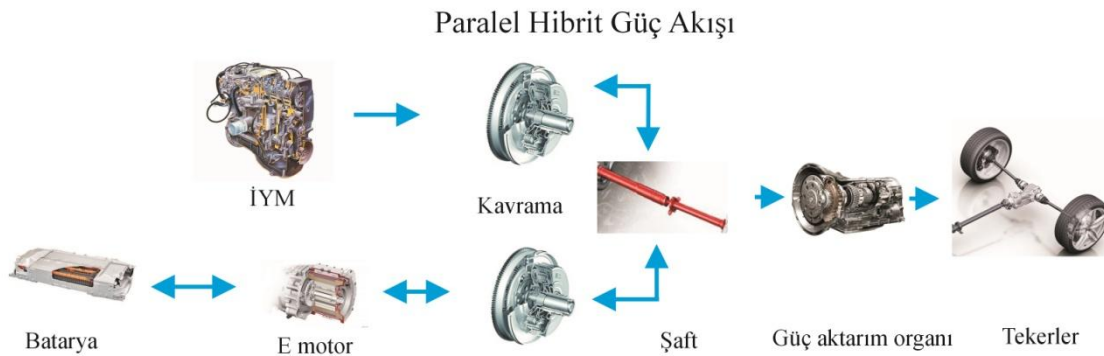
**Elektrikli Seçeneği:** içten yanmalı motorun çalışmadığı ve aracın sadece bataryalar tarafından hareket ettirildiği seçenektir. **İçten yanmalı motor Seçeneği:** Elektrikli seçeneğin tam tersi olarak, batarya sisteminin görev yapmadığı, yalnızca içten yanmalı motorun enerjiden faydalanılan seçenektir. **Hibrit Seçeneği:** Aracın enerjisinin içten yanmalı motor ve bataryalar tarafından birlikte sağlandığı seçenektir. **Batarya dolm seçeneği:** İçten yanmalı motorun bataryaları doldurmak ve aracı hareket ettirmek için güç sağladığı seçenektir. **Frenleme seçeneği:** İçten yanmalı motor çalışmaz, elektrik motoru jeneratör görevinde çalışır ve üretilen enerji bataryaları doldurmak için kullanılır. **Hibrit batarya doldurma seçeneği:** Hem içten yanmalı motor hem de elektrik motorunun jeneratör olarak bataryaları doldurduğu seçenektir. Seri hibrit araçlarda, içten yanmalı motorların tekerler ile mekanik bağı olmamasından dolayı, içten yanmalı motor istenilen verimde çalışabilmektedir (Ehsani, 2005).

Elektrik motorlarının ise ideale yakın çalışma sergilediğinden, bu motorların çoklu şanzımanlara ihtiyaçları bulunmamaktadır. Bununla birlikte, yapı sadeleşir ve maliyet azalabilir. Sisteme ek olarak, her tekerlek için ayrıca tahrik sistemine sahip iki motor kullanılarak, diferansiyel sistemi kullanılmayabilir ve çekiş kontrol sistemi uygulanabilir. Bunun yanı sıra, dört tekerleğe ayrı motor tahriki uygulanarak 4 çeker araç elde edilebilmektedir.

İYM'dan elde edilen enerjinin tekerleklere aktarılma esnasında, enerjinin iki kez dönüşüme uğraması, seri hibrit araçların dezavantajını oluşturmaktadır. Jeneratör ve elektrik motorunun verimsizliği, tekerlekteki kinetik enerjinin kaybıyla karşılaşmaya sebebiyet vermektedir. İYM'un şanzıman sistemine direk bağlı olmaması, jeneratörden dolayı da araçta fazladan yük ve maliyet teşkil etmektedir (Salmasi, 2007).

### Paralel hibrit elektrikli araç

Paralel hibrit elektrikli araçlar, İYM ve elektrik motorunun tek mil üzerinden tekerlere tahrik uygulayan sisteme sahip araçlardır. Paralel hibrit sistemler mekanik olarak seri hibrit sistemlere göre karmaşık yapıdadırlar. Paralel hibrit sistemli araç Şekil 1.2'de gösterilmiştir. Paralel hibrit elektrikli araçların en belirgin özelliği, düşük hızlarda elektrikli motoru kullanması, yüksek hızlarda ise İYM'un devreye alınmasıdır. Bu çalışma sistemi, İYM'un çevreye zararını azaltmakta ve yakıt kullanımını düzenli hale getirmektedir (Ehsani, 2005).



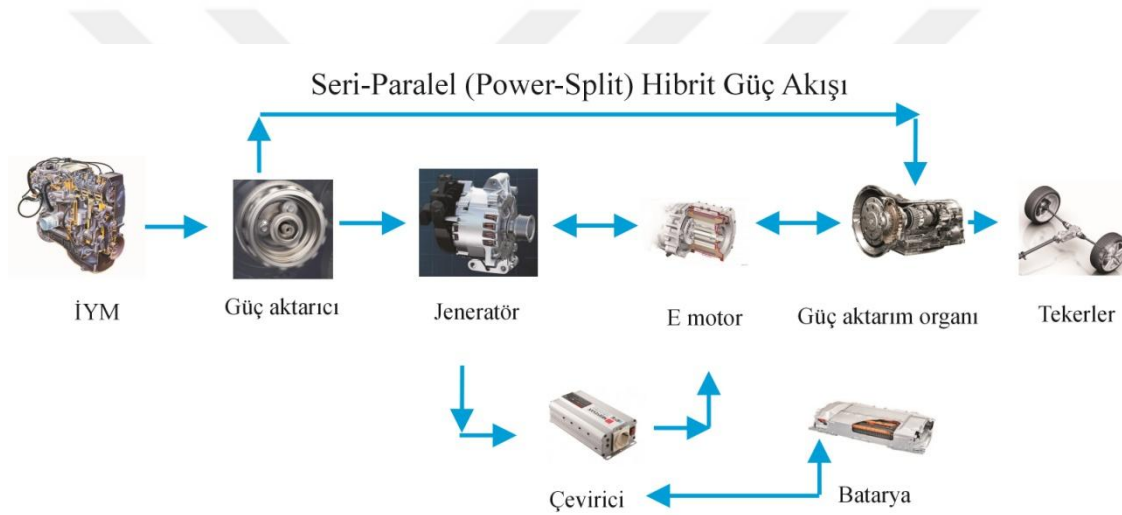
Şekil 1.2. Paralel hibrit elektrikli araç mimarisi

Batarya şarjı için rejeneratif frenleme kullanılabilir. Daha ufak bataryalara sahip oldukları için rejeneratif frenleme sık kullanılır. Sürüş sırasında elektrik motoru jeneratör

görevi üstlenerek bataryalar şarj edilebilmektedir. İYM direk tekerlere bağlı olduğu için enerji verimi daha fazladır (Ehsani, 2005).

### Seri-paralel hibrit elektrikli araç

Bu araçlar, yapı olarak daha çok paralel yapıya benzeyen, seri ve paralel araçların birleşimi olarak karşımıza çıkmaktadırlar. İYM doğrudan tekerleklere tahriklidir ve seri hibrit sistemdeki gibi jeneratör ile elektrik motoruna artı destek vermektedir. Araç düşük hızlarda seri sistemle, yüksek hızlarda İYM doğrudan tekerlekleri tahrik etmektedir (Sezer, 2008). Bu sistem genel haliyle Şekil 1.3'te gösterilmiştir.



Şekil 1.3. Seri-paralel hibrit elektrikli araç mimarisi

### Hibrit araçların temel bileşenleri

#### Elektrik motoru

Elektrik motorları hibrit elektrikli araçlarda, İYM ile birlikte çalışan enerji kaynaklarından biridir. Elektrik motorları sayesinde hibrit araçlara hibrit adı verilmektedir. Doğru akım (DC) ve alternatif akım (AC) motoru olarak ikiye ayrılır.

DC motorlar ile motor hızı düzenli ayarlanır ve kontrol edilir. Dur-kalk' larda ve frenlemede sık kullanılırlar. Yüksek moment gerektiren durumlar için alternatiflerdir. AC motorlarda ise bir akım çeviricisinin olmaması taşıt tahrikini avantajlı duruma getirmektedir. En yaygın olanları indüksiyon motorlarıdır. DC motorlarla



karşılaştırıldığında indüksiyon motorunun daha hafif yapısı, daha az yer kaplaması, düşük maliyeti ve yüksek verimliliği öne çıkan avantajlarıdır (Ehsani, 2005).

### Jeneratör

Bataryayı şarj etmek ve elektrik motoruna destek için kullanılan elemandır. Bazı araçlarda elektrik motoru da jeneratör olarak kullanılmaktadır (Ehsani, 2005).

### Batarya

Hibrit elektrikli taşıtlarda elektrik motoru bataryalar tarafından beslenmektedir. Genellikle elektrokimyasal bataryalar kullanılır. Kurşun-asit, Nikel-Metal hidrit ve Lityum-İyon bataryalar bu kategorilerdir.

Nikel-Metal hidrit (Ni-Mh) bataryalar yüksek güçlü (200–300 W/kg), yüksek şarj ömrü (2000 kereye kadar), elektriksel ve mekanik zorlanmalara dayanıklılığı, hızlı şarj edilebilmesi, çalışma sıcaklığı aralığı (-40°C ile 85°C) avantajları arasındadır. Toyota Prius ve Honda Insight hibrit elektrikli taşıtlarda kullanılmıştır.

### İçten yanmalı motor

İçten yanmalı motorlar yakıtın kimyasal enerjisini mekanik enerjiye çeviren makinelerdir. Yanma odalarında yüksek sıcaklıklı ve yüksek basınçlı oluşan gazlar pistonların hareket etmesini sağlar. En geneliyle, benzin ve dizel ile çalışmak üzere iki çeşit içten yanmalı motor vardır. Benzin ile çalışan motorlarda, yakıt hava ile belli oranda karıştırılıp yanma odasına verilir ve pistonların sıkışmasıyla yüksek basınç oluşturulur. Buji yardımıyla ateşlenen bu karışım pistonları hareket ettirir. Dizel motorlardaysa, temiz hava yanma odasına alınır. Pistonlar yardımıyla sıkıştırılan havanın basıncı artar ve enjeksiyon yardımıyla yakıt püskürtülür. Bu sırada herhangi bir ek ateşleme sistemine gerek duymadan karışım yanar. Pistonların bu hareketi krank milini döndürür ve kimyasal enerji mekanik enerjiye çevrilmiş olur (Kurşun, 2014).

### Hibritleşme faktörü

Yakıt ekonomisi ve dinamik performans açısından Hibrit elektrikli araçlarda elektrik motorunun boyutlandırılması anahtar noktadır. Elektrik motorunun ve içten yanmalı motorun maksimum gücü arasındaki oran hibritleşme faktörü (HF) olarak tanımlanır.

$$HF = \frac{P_{EM}}{P_{EM} + P_{IYM}} \quad (1.1)$$

PHEV hibrit elektrikli aracın maksimum itiş gücüdür. Hibrit elektrikli araçlarda hibritleşme faktörü 0,3 ile 0,5 arasında en uygun değerine ulaşır. Bu değer aralığından sonra elektrik tahrik sistem kapasitesinin artırılması hibrit elektrikli aracın performansını arttırmayacaktır (Allen, 2009).

### Hibritleşme faktörüne göre hibrit araçlar

Hibrit elektrikli araçlar, hibritleşme faktörüne göre, mikro, hafif ve tam hibrit olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır (Jeon, 2001).

#### Mikro hibrit araçlar

Mikro hibrit teknolojisinde elektrik motoruyla aracın tahrik edilmesi söz konusu değildir. Start-Stop ve rejeneratif fren enerji sistemleri ile araca destek verilmektedir.

#### Hafif hibrit araçlar

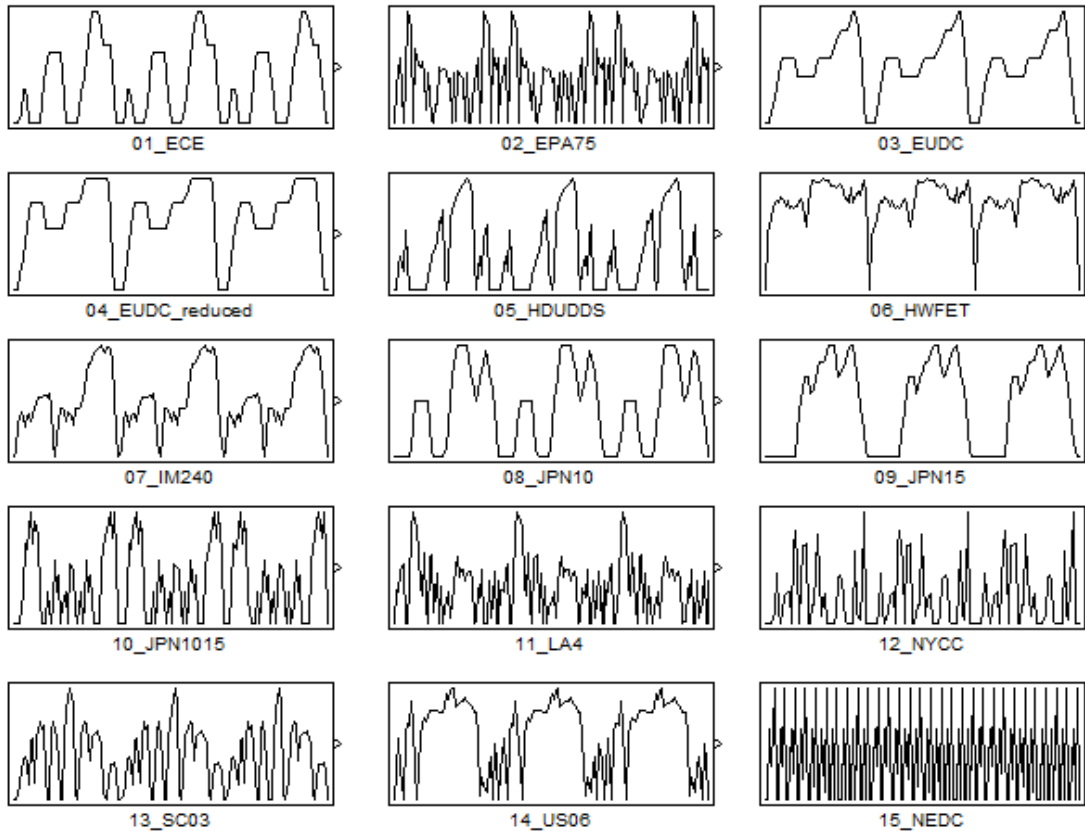
Bu araçlarda mikro hibritlerdeki gibi elektrik motoru tek başına kullanılmamaktadır. 5kW ile 12kW gücünde elektrik motoru ve 1kWh enerji depolama sistemli araçlar bu kategoride sayılmaktadır (İnternet 2).

#### Tam hibrit araçlar

Bu kategoride araç, yalnızca elektrik motoru ile de kullanılabilir. Seyir halinde elektrik motoru araç yükünün bir kısmını ya da tamamını üstlenebilir. Tam hibrit araçlarda tasarıma ve algoritmaya göre yakıt tasarrufu sağlanmaktadır (Jeon, 2001).

### Hibrit Araç Teknolojilerinde Kullanılan Çevrimler

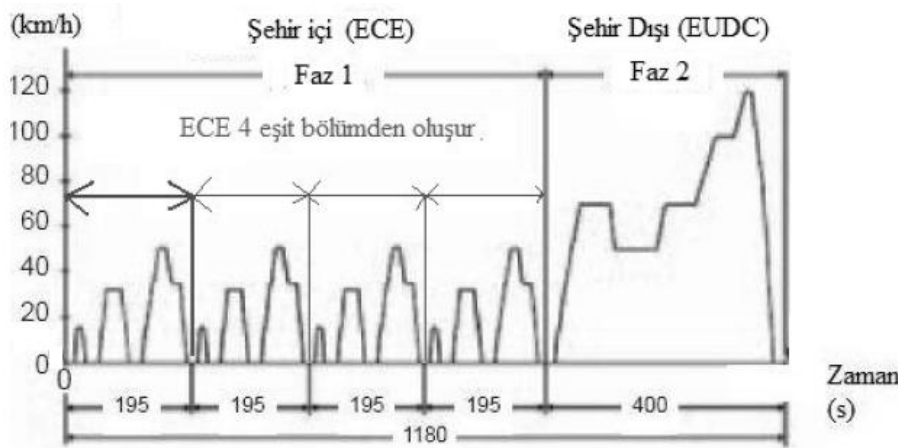
Bir sürüş çevrimi, bir aracın hız bilgisini içeren bir seri bilgi noktasıdır. Farklı ülkeler ve organizasyonlar tarafından araçların yakıt ve emisyon performanslarını denetlemek için üretilmiştir. İki çeşit sürüş çevrimi vardır. Geçici çevrimler, yoldaki hız değişikliklerini içerir ve bunun sonuçlarını gözler. Kalıcı çevrimler ise sabit hızdaki durumları gözler. Amerikan FTP-75 geçici çevrime, NEDC kalıcı çevrime örnektir. Şekil 1.4’de diğer sürüş çevrimleri ve hız profilleri görülmektedir. ECE, EUDC, EUDC\_reduced, NEDC Avrupa ülkeleri otoriteleri; EPA\_75, LA4, NYCC, US06, HWFET, IM240 ve SC03 Amerika otoriteleri; JPN10, JPN15, JPN1015 Japonya otoriteleri tarafından kabul edilen sürüş çevrimleridir (Kuşun, 2014).



Şekil 1.4 Uluslararası sürüş çevrimleri (Kuşun, 2014)

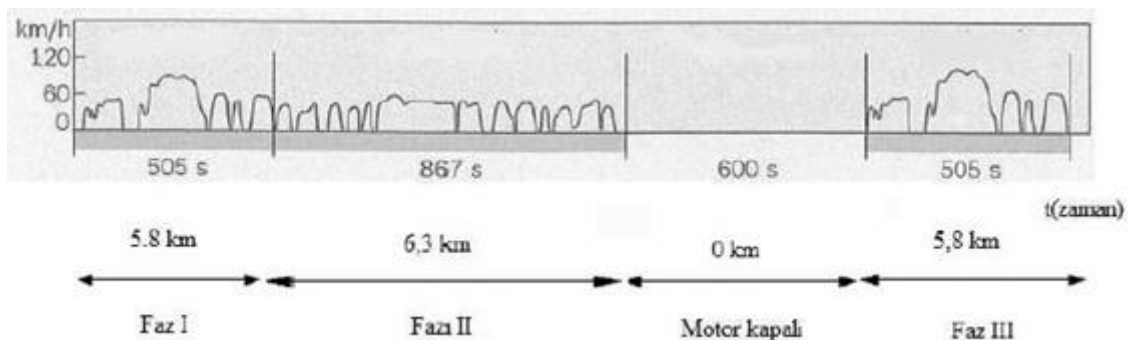
Tez çalışmasında FTP-75 şehir içi Amerika çevrimi ve NEDC Avrupa hem şehir içi hem şehir dışı çevriminin bir arada olduğu çevrim kullanılmıştır.

NEDC çevrimi şehir içi (ECE) ve şehir dışı çevriminden (EUDC) oluşmaktadır. Simülasyonlar ECE çevrimi için 195 sn ve EUDC çevrimi için 400 sn olarak yapılmaktadır. ECE R15 çevrimi 994,6 metrelik bir mesafede 195 sn boyunca süren ve toplamda 4 defa durup kalkarak simülasyonun yapıldığı bir çevrimdir. EUDC ise 6955,07 metrelik mesafede 400 sn boyunca 2 defa dur kalk yapılarak gerçekleştirilen çevrimdir. Teknik özellikleri sıralanacak olursa; mesafe: 11,007 km, azami hız: 120 km/h, toplam süre: 1180s (ECE+EUDC), ortalama hız: 33,6 km/h'dır. Şekil 1.5'te gösterilmiştir.



Şekil 1.5. NEDC Çevrim Grafiği (Gürsürer, 2009)

FTP-75 çevrimi, çeşitliduruşları olan birşehir içi trafiği temel alınarak hazırlanmıştır. Çevrim uzunluğu 17,9 km, ortalama hız31,5 km/h ve çevrim süresi 1877s+600s durmadır. Çevrim üç fazdan oluşur.Birincisi 505 s ve ikincisi 867 s'dir. Üçüncü bir faz olarak, Motor durdurularak 10 dakikalık beklemeden sonra 505 saniyelik üçüncü faz yapılır. Şekil 1.6'da görselleştirilmiştir (Gürsürer, 2009).



Şekil 1.6. FTP–75 Çevrim Grafiği (Gürsürer, 2009)

### Hibrit Araç Tasarımında Modelleme Programlarının Kullanımı

Tasarım sürecine tâbi olan bilimsel ve teknolojik birçok ürün; hataların görülebilmesi, eksiklerin giderilebilmesi, zaman sarfiyatını önlemek ve bilhassa maliyet hesaplarını düşürmek için, prototip tasarım üzerinde çalışmak yerine, modelleme tabanlı araştırma ve geliştirme çalışmalarının yürütülmesinde önemli bir yer teşkil etmektedir. Farklı çalışma alanlarında farklı prensiplere sahip birçok modelleme programı mevcuttur. Bununla birlikte, modelleme sürecinde birçok çalışmada Matlab tabanlı çözümlenmeye rastlanılmaktadır. Matlab ile modelleme yöntemi, hibrit araçlar kapsamında da karşımıza çıkmaktadır. Önceki çalışmalar bölümünde detayına değinmeden önce, kısaca literatür çalışmamız sonucunda tespit ettiğimiz hibrit araç modelleme programlarına; ADVISOR (Advanced Vehicle Simulator), PSAT (Powertrain System Analysis Toolkit), PSIM (Power Simulator), VTB (Virtual Test Bed), Matlab- Simulink ve AVL- Cruise programları örnek verilebilmektedir.

Her birinin kendine özgü çalışma prensibi olmakla birlikte, temelini Matlab programlama verileri oluşturmaktadır. Bizim çalışmamızda, üniversitemizin lisanslı olarak sahip olduğu AVL-Cruise programı kullanılmıştır. AVL-Cruise programının diğer programlara göre öne çıkan en belirgin özelliği, girdi parametrelere göstermiş olduğu hassasiyettir. Matlab de oluşturulan karakteristik parametrelere olan uyumu da, fazladan kolaylık sağlamaktadır. AVL-Cruise bünyesinde sahip olduğu kütüphanesinden yararlandırabilme yetisi, çalışmaları hızlandıran ve doğru sonuca ulaşımı kolaylaştıran, örneklerin anlaşılması ve tatbiki gibi diğer bir olumlu yana da sahiptir.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Günlük yaşantımız içerisinde önemli bir yer almaya başlayan hibrit araçlar hakkında, geçmişten günümüze yapılan araştırmalar, deneysel çalışmalar ve özellikle simülasyon programlarının kullanımı ile ilgili öne çıkan çalışmalara, bu bölümde yer verilmiştir.

Wipke ve diğerleri (1999), kullanımı kolay bir gelişmiş güç aktarma organı simülasyonu oluşturdukları çalışmada, program modeli tasarım hedefleri açısından değerlendirilmiştir. Yakıt ekonomisinin, emisyonların, ivmelenmenin sonuçları Advisor 2.1 simülatör çıktıları ile sunulmuştur. Benzersiz bir kombine yaklaşımı kullanan Advisor2.1'in arkasındaki matematiksel arka plan gösterilmiştir. Model ve genel yaklaşımı doğruluk, hız, esneklik, kullanılabilirlik ve kullanım kolaylığı içeren Advisor programına farklı bir bakış açısı sunan çalışma yapılmıştır.

Bowles ve diğerleri (2000), otomatik bir şanzıman ile donatılmış paralel hibrit elektrikli taşıtın enerji yönetimi için bir kontrol stratejisi tanımlamaktadır. Matlab / Simulink'te, sürücü modeli ve bilgisayar denetleyicisi de dahil olmak üzere komple bir kompakt sınıf aracının dinamik, ileri bir simülasyonu hazırlanmıştır. Modellenen araç bileşenleri: içten yanmalı motor, motor debriyajı, otomatik şanzıman, elektrik motoru, kurşun-asit aküsü, araç tahrik hattı, hidrolik frenler ile araç ve lastik dinamikleridir. Sonuçlar, modelin dinamik davranışının yanı sıra yakıt tüketiminin temel bir duruma normalleştirildiğini vurgulayarak sonuçlandırılmıştır.

Markel ve diğerleri (2002), geliştirilmiş araç modellemesi çalışmalarından biri olarak sistem analizi konusunda çalışma yapılmıştır. Çalışmada Advisor simülasyon programı ile araç sisteminin temelini oluşturan içten yanmalı motor, yakıt hücre sistemi ve enerji depolama sistemi için modelleme oluşturulmuş ve analiz sürecindeki rolleri ele alınmıştır. Modelleme sonucunda, sistem analiz problemleri çalışma raporuna yansıtılmıştır. Çalışma simülasyon kullanımına tavsiye niteliğindedir.

Rajagopalan ve diğerleri (2003), paralel hibrit araçlar için gelişmiş emisyon modellemesi yapılmışlardır. Çalışmada, ulusal yenilenebilir enerji laboratuvarı (NREL) ile Ohio-State Üniversitesi tarafından tasarlanan hibrit elektrikli araç için yeni kontrol stratejileri ve

modellerinin geliştirilmesi anlatılmıştır. Çalışma sonucu, NREL'in gelişmiş araç simülatörü Advisor 3.2 yazılımında oluşturulan modellerin sonuçlarını göstermektedir. Emisyonların etkin bir şekilde kontrol edilmesinin, zorlu yol koşullarında bile yapılabileceğini ortaya koyan bir çalışma olmuştur.

Kessels (2007), Otomotiv enerji ağları için enerji yönetimini esas alan bir çalışma yapmıştır. Çalışmada elektrik motorlarının çalışma stratejilerine odaklanılmış ve dinamik Car-Sim simülasyon programının kullanılabilirliğine yer verilmiş.

Dorrell ve diğerleri (2007), hibrit elektrikli taşıtlar için farklı motor tasarım sürücülerinin karşılaştırılmasını yapmışlardır. Çalışmada 2004 Toyota Prius hibrit aracında kullanılan mıknatıslı redüktans motoru yerine kullanılabilir olan indüksiyon motoru ve redüktans motor kullanımı için öneride bulunulmuştur.

Erbeyler (2007), tez çalışmasında, dizel motorlu bir araç hibrit araca dönüştürülmüştür. Yeni aracın modeli Advisor programında oluşturulmuştur. Yakıt tüketim ve egzoz emisyon sonuçları elde edilmiştir. Deneysel test sonuçları ile program sonuçları karşılaştırılmış ve parametreler değiştirilerek yakıt ve emisyon değerleri için optimum sonuç elde edilmeye çalışılmıştır.

Boyalı (2008), konvansiyonel hafif ticari aracın hibrit araca dönüşümü için proje bazlı bir tez çalışması yapmıştır. Konvansiyonel araçta yapısal değişiklikler yapılmadan hibrit elektrikli araca dönüştürülmüş, araç modelleri Matlab/Simulink programında hazırlanarak bu araçların yol testlerinde bir hibrit elektrikli araçtan beklenen optimum sonuçları yerine getirdiği gözlemlenmiştir.

Wishart (2008), çalışmasında gelişmiş hibrid araç güç aktarma organlarının modellenmesi, simülasyonu, test edilmesi ve optimizasyonuna yer vermiştir. Yakıt hücreli hibrit araçlar ile içten yanmalı motora sahip hibrit araçların güç aktarma organlarının yeni ve geliştirilmiş modelleri tanıtılmıştır. Dinamometre test düzeneği ile prototip oluşturularak simülasyon verimlilik sonuçları karşılaştırılmıştır. Modelleme ve simülasyon için Advisor programı kullanılmıştır.

Sundström ve diğerleri (2008), dinamik programlamayı kullanan iki paralel hibrit elektrikli taşıtta optimal hibridizasyon oluşturmak için çalışma yapmışlardır. Farklı hibridizasyon oranları, sekiz farklı sürüş döngüsü için optimum yakıt tüketimiyle karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, tam hibrit için sadece düşük yakıt tüketimi olmadığını, ancak hibridizasyon ihtiyacının, sekiz döngü için torka yardımcı hibritten daha düşük olduğunu göstermektedir. Tam bir hibritin aynı yakıt tüketimine sahip olduğu hibridizasyon oranı, optimum tork yardımcılı hibrite göre % 51 kadar farklı olabildiği gözlenmiştir.

Bilroğlu (2009), şehir içi toplu taşımada kullanılacak bir seri hibrit elektrikli otobüsün Matlab/Simulink ortamında modellenmesi yapılmıştır. Modellenmesi tamamlanan aracın üzerinde çalışılmak üzere bir kontrol algoritması oluşturulmuş ve konvansiyonel araçla yakıt tüketimi açısından karşılaştırılması simülasyon sonuçlarıyla incelenmiştir.

Demirci (2010), çalışmasında, hibrit bir aracın elektrik motorunun Matlab ortamında modelleme ve denetimi yapılarak, hibrit ve yalnız içten yanmalı motorlu çalışmalardaki yakıt tüketimlerinin simülasyon sonuçlarına göre karşılaştırılması amaçlamıştır. Sonuç olarak, modellenen hibrit araç üzerinde hem tekrarlanan dur-kalk, hem de yokuş çıkış-iniş şartlarında önemli oranda yakıt tasarrufu sağlanmıştır. Asenkron motorun alan yönlendirmeli denetiminde kullanılan mıknatıslanma akımı değerinin de enerji geri kazanım oranını önemli ölçüde etkilediği fark edilmiştir.

Uyulan (2010), yakıt tüketimini azaltmaya yönelik bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada seri hibrit elektrikli araç seçilmiştir. Program ortamında modellenen aracın analiz sonuçları tezin sonuçlarını oluşturmuştur.

He ve diğerleri (2010), elektrikli araç için hibrit bir güç sisteminde dinamik modelleme ve simülasyon çalışması yapılmıştır. Çalışmada farklı şarj durumlarındaki bataryaların hibrit güç sistemi ile araç performansına etkileri karşılaştırmalı olarak simüle edilmiştir. Simülasyon sonuçlarına göre, hibrit güç sisteminin pillerin verimliliğini büyük oranda optimize edebileceği, iyileştirebildiği ve pillerin ömrünü önemli derecede etkileyecek olan ultra-kapasitörlerin katılımıyla dinamik akımının da azaldığını göstermiştir. Son olarak, gerçek hibrit güç sistemi ile simülasyon parametrelerinin uyumu karşılaştırmalar ile incelenmiştir.



Otlu (2010), modelleme tabanlı hibrit araca dönüşüme dayanan bir tez çalışması yapmıştır. Çalışmada AVL-Cruise programında model simülasyon oluşturulmuştur.

Bulgu (2010), çalışmasında, tekerlek motorların seri hibrit arac üzerinde uygulanması ile araca kattığı verimler değerlendirilmiştir. Araç modellemeleri Matlab/Simulink programında gerçekleştirilmiştir. Tekerlek motorların seri hibrit elektrikli aracın performansına etkileri ortaya konmuştur. Yakıt tüketim verileri karşılaştırılmıştır. Aktarma organlarının düşük verimlerinin yakıt tüketimine olan etkisi incelenmiştir.

Çimen (2010), tez çalışmasında elektrikli ve seri hibrit elektrikli araçlar için tahrik motoru kontrolüne yer vermiştir. Kalıcı mıknatıslı senkron bir motorun kontrol algoritması tasarlanmıştır. Tasarlanan algoritmanın performansı bilgisayar ortamında değerlendirilmiş daha sonra tahrik motoru çeşitli yükler ile yüklenerek simülatör düzeneğinde test edilmiştir. Modellemeler Matlab/Simulink ortamında yapılmıştır.

Xing ve diğerleri (2011), elektrikli araçlar ve hibrit araçlarda batarya yönetim sistemleri hakkında bir çalışma yapmışlardır. Çalışma, modelleme ve hücre dengeleme özelliklerini içermektedir. Deneylerle desteklenen çalışmada, farklı deşarj oranları ile farklı sıcaklıklarda çalışma potansiyeli araştırılmış ve sonuçlar grafiklerle açıklanmıştır.

Svens ve diğerleri (2011), hibrit elektrikli araçlarda lityum iyon piller için test donanımlarını tanımlayan bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada, hibrit elektrikli araçlar hakkında bazı temel bilgiler sunulmuş ve bugünkü HEV pil testiyle sınırlamaların tanımlanması anlatılmıştır. Ayrıca, test ekipmanının işlevselliği ayrıntılı olarak açıklanmış ve nihai ekipmanın doğrulamasından elde edilen sonuçlar sunulmuş ve tartışılmıştır.

Bayındır ve diğerleri (2011), hibrit araçlara genel bir bakış sunan bir çalışma yapmışlardır. Hibrit yapılandırma, enerji yönetim stratejileri ve elektronik kontrol üniteleri üzerine yoğunlaşan araçlara genel bakış sunulmaktadır. Her yapılandırma için avantaj ve dezavantajları açıkça vurgulanmaktadır. Hibrit araçlar için varolan güç aktarma organı kontrol teknikleri sınıflandırılarak kapsamlı bir şekilde anlatılmıştır. Hibrit araçlarda kullanılan elektronik kontrol üniteleri de detaylandırılmıştır. Hibrit araçların geleceği ve teknolojik zorluklar tartışılmıştır.

Shen ve diğeri (2011), çalışmalarında hibrit araçlara farklı bir bakış sunmuşlardır. Diğer çalışmalardan farklı olarak hibrit araçların kontrol ilkeleri bu çalışmada ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Yapılandırmalar, ana konular, özellikle araç kontrolü üzerinde odaklanarak genel bir bakış sunulmuş ve elektrik motorlarına yaklaşımlarını ayrıntılarıyla anlatmışlardır.

Koç (2012), tez çalışmasında, hibrit araçlarda değişik parametrelere göre elektrik motoru seçimi konusuna değinmiştir. Doğru akım makinelerinin kayıplarından ve boyutlarından dolayı günümüzde kullanımının azaldığını ve elektrikli araçlarda kullanılmadığından bahsetmiştir. Sabit mıknatıslı senkron makineler ve anahtarlamalı relüktanslı makineler henüz teknolojik doğunluklarına ulaşmamasına rağmen verimlilik oranları göz önüne alındığında gelecekte otomotiv sektöründe en fazla kullanılan 2 motor tipi olacağını ön görmüştür. Geniş hız aralığında indüksiyon makinesi kullanmak daha verimli gözükürken, belirli hız aralığı ve limitli kurulum alanı söz konusu olduğunda sabit mıknatıslı senkron makine yüksek verimliliğinden ve düşük hacminden dolayı tercih edilebileceğini vurgulamıştır.

Minav ve diğeri (2012), bir elektrik motorunun elektro-hidrolik forkliftin enerji verimliliğine etkisini incelenmiş ve sürekli mıknatıslı senkron motor (SMSM) ve indüksiyon motor (İM) karşılaştırması yapılmıştır. Teorik yaklaşım deneysel çalışma ile doğrulanmıştır. 10kW SMSM ile 10 kW İM motorlarının karşılaştırılmasında, 920 kglık yük kaldırma kapasitesi baz alınarak verim değerlerine bakılmış ve SMSM motora sahip forkliftin %2 oranında fazla verime sahip olduğu görülmüştür.

Özden (2013), elektrikli hibrit araçların modellenmesi ve optimizasyonu başlıklı tez çalışmasında, elektrikli hibrit araç aktarma organlarını parametreleri belirlenmiş, yakıt sarfiyatı ve emisyonları en aza indirecek optimum sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır. Matlab tabanlı işlev gören Advisor ile araç modeli oluşturulmuştur. Optimizasyon değerleri farklı araçlar için uygulanmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Satılmış (2013), tez çalışmasında, üç fazlı iki-seviyeli inverter çıkışında sırasıyla omik endüktif R-L yükü ve sabit mıknatıslı senkron motor (SMSM) bulunması halinde, yüksek frekansta çalışmaya uygun batarya ve kondansatör modeli kullanılarak, farklı modülasyon

metotları ve çalışma durumları için Matlab/Simulink ortamında, bataryada neden olduğu ek kayıplar nedeniyle bataryanın ısınarak ömrünün azalmasına sebep olan batarya dalgalı akımlarının incelenmesi ve karşılaştırılması yapılmıştır. Sonuçlar çizelge ve grafiklerle sunulmuştur.

Wang ve diğerleri (2013), şarj edilebilir hibrit elektrikli taşıtlar için farklı enerji yönetim stratejileri üzerinde karşılaştırmalı çalışma yapılmıştır. Hibrit elektrikli otobüs için, üç veya daha fazla temel çalışma modu ile birleştirilen üç farklı enerji yönetim stratejisi öne sürülmekte ve simülasyon modellerine dayalı olarak incelenmektedir. Yolculuk mesafesi ve ortalama güç talebi gibi bazı gezi bilgileri yaklaşık olarak önceden biliniyorsa simülasyon çalışma sonuçlarına daha kolay ulaşılabileceği sonucuna varılmıştır.

Güner (2013), çalışmasında, iki farklı aracı iki farklı analize tabii tutmuştur. Plug hibrit elektrikli araç analizi için Toyota Prius aracını, menzil artırıcı elektrikli aracın analizi için ise Chevrolet Volt araç tercih edilmiştir. AVL-Cruise programında yapılan testlerde elde edilen veriler karşılaştırılmıştır. Tez sonunda, her iki aracın otomotiv tüketicisine neler katabileceği değerlendirilmiş, yorum ve öneriler yapılarak, çalışma tamamlanmıştır.

Gallo ve diğerleri (2013), çalışmalarında, akıllı şebekeler için akü tabanlı elektrik enerjisi depolamasına odaklanmışlardır. Özellikle deneysel veriden elde edilen model parametrelerini tanımlamak için bir optimizasyon yöntemi sunmayı amaçlamaktadır. Önerilen prosedürün performansı dinamik koşullar altında doğrulanmış ve literatürde mevcut olan daha iyi bir doğruluk gösteren tekniklerle karşılaştırılmıştır.

Gahjavarestani ve diğerleri (2013), çalışmalarında, farklı kontrol stratejileri içeren hibrit araç ve şarj edilebilir hibrit araçların enerji tüketimi ve emisyon kriterlerine etkisini incelemişlerdir. Bu amaçla Advisor simülasyonları gerçekleştirilmiş ve paralel yapılandırma sonuçları çeşitli sürüş çevrimleri ile karşılaştırılmıştır.

Han ve diğerleri (2014), düşük güçte bir bot için hibrit güç yapılandırmalarının kullanılması hakkında bir çalışma yapmışlardır. Düşük güçteki botu tahrik gücü için bir pil ile ilişkilendiren bir hibrit sistemin performansı araştırılmıştır. Çalışma sonuçları, bataryanın % 45, %65 ve % 85 lik şarj oranlarına göre sunulmuştur.

Kurşun (2014), yapmış olduğu tez çalışmasında, menzili uzatılmış bir elektrikli aracın çevrim içi enerji yönetimi kontrol problemi incelenmiş ve bu konuda geçerli ve öne çıkmış iki yaklaşım incelenerek değerlendirilmiştir. Araç modelinde güç akışı temel alınarak sistem bileşenlerinden sistem modeli oluşturulmuştur. Bu sistemde termostat ve eş değer yakıt tüketimi stratejisi kontrol stratejileri üzerinde çalışarak  $NO_x$  ve yakıt optimizasyonu yapılmıştır. Elde edilen sonuçlarda eş değer yakıt tüketimi stratejisinin termostat metoduna göre hem  $NO_x$  hem de yakıt ekonomisi üzerinde daha etkili olduğu görülmüştür.

Long ve diğerleri (2014), rejeneratif frenleme prosesinde hibrit güç kaynağını kullanan elektrikli taşıtların enerji yönetimi ve kontrolü başlıklı bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, elektrikli araçların tek şarj ile sürüş mesafesini ve enerji geri kazanım verimliliğini uzatmak için ultra kondansatörlerden ve pillerden oluşan bir hibrit güç kaynağı sistemi analiz edilmiştir. Pratik bir DC-DC dönüştürücü ve optimum bir enerji yönetimi kontrol şeması oluşturularak çalışma sonlandırılmıştır.

Yaich ve diğerleri (2015), çalışmada Advisor simülasyon programı kullanılarak üç farklı araç topolojisinin (elektrikli araç, seri hibrit elektrikli araç ve paralel hibrit elektrikli araç) bir modellemesi ve simülasyonu sunulmaktadır. Modelleme, golf araçlarının parametrik ölçüleri baz alınarak oluşturulmuştur. Çalışma sonunda, paralel hibrit elektrikli araçların, hem içten yanmalı motorlu taşıtların hem de elektrikli taşıtların esasını bir araya getirerek, özellikle yakıt ekonomisi için iyi bir çözüm olduğu sonucuna varılmıştır.

Groncin ve diğerleri (2015), çalışmalarında dizel hibrit elektrikli araç için hibrit enerji yönetimi üzerinde durmuşlardır. Dizel emisyon standartlarını karşılamak için Nitrik Oksitler ( $NO_x$ ) emisyonlarının azaltılması üzerine odaklanılmıştır. Dinamik durumdaki ve geçici çalışma koşullarındaki  $NO_x$ 'u sınırlandırmayı amaçlayan iki ayrı fonksiyondan oluşmaktadır. En iyi çalışma noktasını seçerek ve motor dinamiklerini sınırlayarak  $NO_x$  emisyonlarını azaltmak için hibrit yapı kullanımının potansiyelini göstermektedir.  $NO_x$  azaltımının yakıt tüketimi üzerinde sınırlı etkisi olduğu sonucuna ulaşılarak çalışma sonlandırılmıştır.

Lee ve diğerleri (2015), çalışmalarında sürücü özelliklerine göre motor aç/ kapat ve akünün şarj edilebilme güç kontrolünü kullanan şarj edilebilen hibrit elektrikli taşıtlarda yakıt ekonomisi iyileştirme çalışması yapılmıştır. Çalışmada, çeşitli sürücüler için sürüş

verileri bir sanal entegre sürüş ortamı kullanılarak toplanmış ve bir sürücü modeli geliştirilmiştir. Motor açık / kapalı kontrolü, agresif sürüşten kaynaklanan sık motor açmayı / kapatmayı azaltırken, pil şarj güç kontrolü, motoru çalıştırarak bataryanın şarj durumunu koruduğuna değinilmiştir. Kontrol algoritmasının, agresif bir şoförün mevcut kontrolüne kıyasla yakıt ekonomisini % 17.3 oranında geliştirdiği öngörülmektedir.

Atalay (2015), tez çalışmasında hibrit elektrikli otomobillerin genel tanımları, uygulama alanları ve teknolojileri üzerine literatür araştırması yapılmıştır. Simülasyon aşamasında ise paralel hibrit elektrikli bir otomobilin Matlab/Simulink yazılımındaki simülasyonu yapılmıştır. Bu araca ilave olarak, aracın verimliliğin artırmak ve yakıt tüketimini azaltmak için alternatif enerji sistemleri olarak güneş, rüzgar enerjisi ve egzozdaki türbin enerjisi araçta batarya sistemini şarj etmek için simülasyon çalışması yapılmıştır. Tüm bu çalışmalar mevcut hibrit araç ve nihai sistemlerle desteklenmiş hibrit araç arasında kıyaslama yapılarak yakıt tüketimi ve menzildeki farklılıklar ortaya konulmuştur. Simulink modellerinden alınan yakıt, şarj durumu, araç hızı ve voltaj değerleri gibi grafik verilerle kıyaslamalar yapılmıştır. Alternatif enerji sistemlerinin konvansiyonel bir hibrit araca ilave edilmesiyle yakıt tüketiminde % 3.86 mertebesinde iyileşmeler elde edilmiştir.

Chaoying Xia ve Cong Zhang (2015), ikinci dereceden performans indeksine göre hibrid elektrik araçlarının güç yönetim stratejisi isimli çalışmalarında, gelecekteki sürüş koşullarından bağımsız olarak hibrit elektrikli araçlar için bir güç yönetimi stratejisi elde etmek için yenilikçi bir tasarım konsepti ve yöntemi sunmuşlardır. İkinci derece performans endeksi, araç sürüşünü sağlamak, batarya enerjisinin sürdürülebilirliğini korumak ve dolaylı olarak yakıt tüketimini azaltmak için motor gücünü ve motor gücünü ortalama düzeye getirmek için tasarlanmıştır. Gelişmiş Araç Simülatörü'ndeki (ADVISOR) farklı sürüş döngüleri üzerinde benzetim sonuçları, önerilen stratejinin yakıt ekonomisini önemli ölçüde iyileştirebildiğini göstermiştir.

Jin ve diğerleri (2015), tekerlek motorları ile çalışan elektrikli taşıtlar için süper kapasitöre dayalı yeni bir rejeneratif fren sistemini incelemişlerdir. Enerji depolama ünitesi olarak süper kapasitör ve pil takımını kullanmak, tekerlek motorlar tarafından yönlendirilen elektrikli araç için yeni bir tür rejeneratif fren sistemi sunulmuş ve bir fren enerjisi rejenerasyon kontrol stratejisi oluşturulmuştur. AVL-CRUISE ve Simulink temelli birlikte simülasyon testi gerçekleştirilmiştir. Simülasyonun sonuçları, yeni sistem türünün pil

takımının güvenliğini sağlayabileceğini ve enerji yenilenme oranını önemli ölçüde artırdığını göstermiştir.

Ching-Ming Lai ve Ming-Ji Yang (2016), farklı pil kaynaklarının hibrit araç üzerindeki etkileri incelenmek üzere yapılan çalışmalarının sonucunda, 36V ve 48V luk iki girişe sahip motorlardan %96,6'ya kadar verimlilik alınabileceğini belirlemişlerdir. Analizlerin sonuçlarındaki doğruluk, laboratuarda oluşturulan prototip üzerinde yapılan deneyler ile ispatlanmıştır.

Kenanoğlu (2016), tez çalışmasında, 4.8 L 6 silindir bir dizel motorun farklı alternatif yakıtlarla simülasyonu AVL-AST simülasyon programıyla yapılmıştır. Çalışma içeriğinde; standart dizel, kısılmış dizel + sıkıştırılmış doğalgaz, kısılmış dizel + hidroksi gaz ve kısılmış dizel + hidroksi gaz ile zenginleştirilmiş sıkıştırılmış doğalgaz yakıt karışımları AVL Boost simülasyon programı kullanılarak modellenmiştir. Çalışma sonucunda, silindir içine püskürtülen sıvı yakıt miktarı %50 azaltılmış ve gereksinim duyulan güç CNG, HHO ve bu yakıtların farklı oranlarda karışımları ile sağlanmış; aynı zamanda egzoz emisyon salınımlarındaki düşüşler Euro VI standartlarına uygun hale getirilmiştir.

Rashid ve diğerleri (2017), çalışmalarında, 10kW lık elektrik motora sahip Honda marka elektrikli araç seçilmiş ve şarj edilebilir hibrit araç modeli ile hibrit elektrikli araç modeli arasında performans dayalı karşılaştırma yapmışlardır. Simülasyon modeli, Advisor simulator ile oluşturulmuş ve simülasyon sonuçlarına göre şarj edilebilir hibrit araç modelinin daha verimli bir araç olduğu sonucuna varılmıştır.

Martinez ve diğerleri (2017), şarj edilebilir hibrit elektrik taşıtlarında enerji yönetimi: optimizasyon algoritması geliştirme, optimizasyon kriterleri, akıllı şebekede entegrasyonu ve gelecekteki eğilimleri analiz edilmiştir. Şarj edilebilir hibrit elektrik taşıtların literatürdeki son durumundan bahsedilerek çalışma sonuçlandırılmıştır.

Wisdom Enang ve Chris Bannister (2017), paralel hibrit elektrikli araçların modellenmesi ve kontrolü ile ilgili literatürlerin kapsamlı bir incelemesini sunan bir çalışma yapmışlardır. Yakıt tüketiminin ve emisyonların azaltılması, ücret arzı, fren enerjisinin yenilenmesinin optimizasyonu ve araç sürülebilirliğinin iyileştirilmesi kriterleri belirlenmiştir.

### 3. MATERİYAL ve YÖNTEM

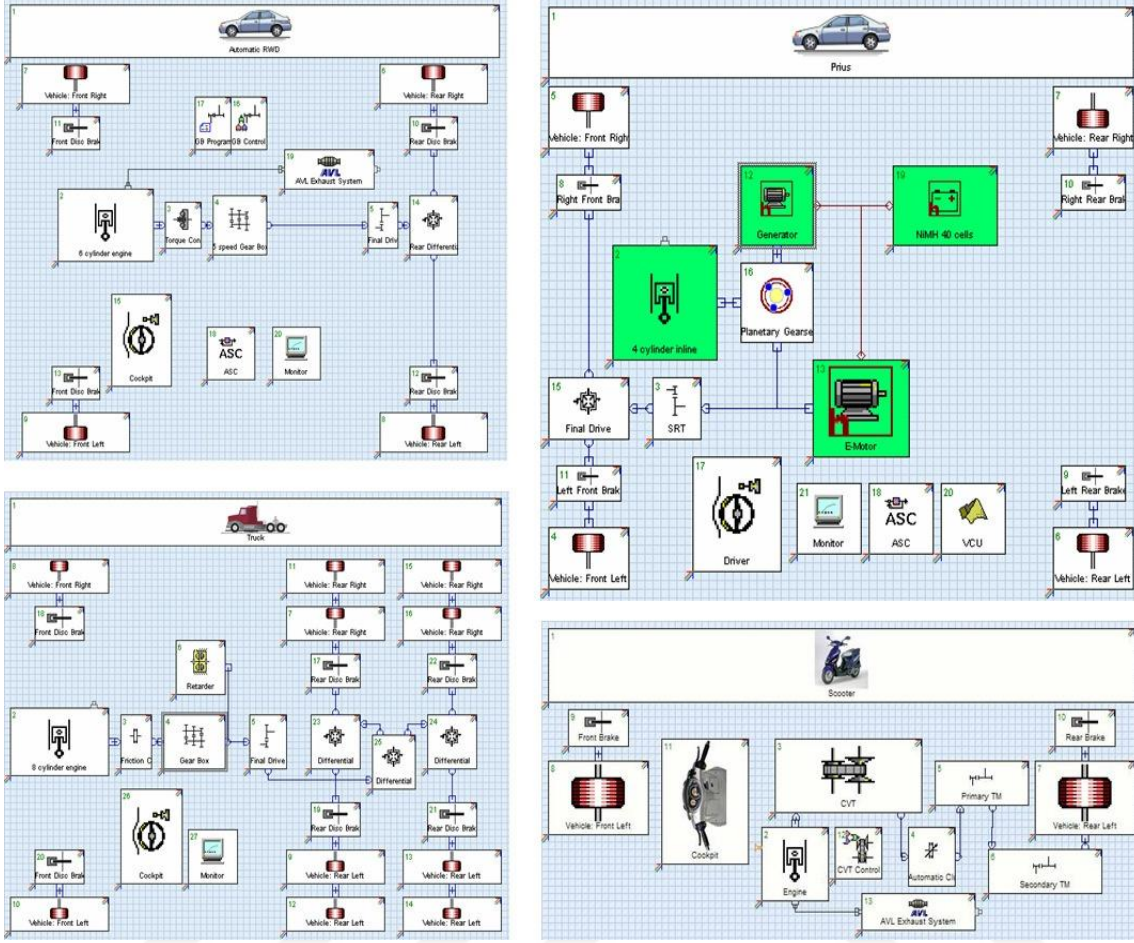
Tezin bu bölümünde AVL-Cruise programının genel tanıtımı yapılmış ve içeriği hakkında bilgiler verilmiştir. Bunun yanı sıra, simülasyonda kullanılan modelin özellikleri, parametre değerleri çizelge halinde sunulmuştur. Matematiksel formüller ve programın yaklaşımı hakkında ayrıca bahsedilmiştir.

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. AVL-Cruise modelleme simülasyon programı

AVL-Cruise, geliştirme aşamasındaki tüm araçların araç sistemi ve analizini, gün içerisinde maruz kalınan tüm koşullara göre destekleyen simülasyon programıdır. Uygulama geçmişten günümüze tüm araçları son derece gelişmiş sistemlerine kadar kapsamaktadır. Nesneye yönelik model yaklaşımı, araçların gerçek hayatta olan eşdeğerlerini yansıtmaktadır. AVL-Cruise, genelde aktarma organlarında ve motor gelişiminde otomobil, otobüs, kamyon ve hibrid araç bileşenleri ve kontrol stratejileri için araç sistemini optimize etmekte kullanılır. Herhangi bir sürüş döngüsü, yakıt tüketimi ve emisyonları, hızlanma, tepe tırmanışı, çekiş kuvvetleri, frenleme için sürüş performansları kolayca hesaplanabilmektedir. Hesaplamalar Matlab/ C+ vb. gibi programlama dili alt yapıları ile de yapılabilmektedir. AVL-Cruise dışında oluşturulan programlama kodları ile de gerekli hesaplamalar yaptırılabilir.

Hibrit araç güç aktarma organları sistemleri gibi yeni araç kavramlarının değerlendirilmesi, DCT (Çift Kavramalı Şanzıman) ve AMT (Yarı Otomatik Şanzıman) gibi standart ve yeni vites kutusu düzenlerinin analizi, elastik sürüş hatlarının burulma titreşimlerinin analizi (dinamik yük altında), vites değişimi gibi geçici olayların tahrik kalitesi değerlendirmesi, araç termal yönetimi, enerji akışı analizi, güç bölmelerinin analizi ve bileşenler içindeki kayıpların analizi de ek görevleridir. AVL-Cruise programının araçlara göre oluşturulabilecek model örneği Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Farklı araçlar için AVL-Cruise ile oluşturulmuş model örnekleri (AVL, 2009)

İş akışları, yakıt ekonomisi, performans ve sürdürülebilirlik arasında en iyi dengeyi verimli bir şekilde bulmak için her türlü parametre optimizasyonu, bileşen eşleştirme işlemleri de AVL-Cruise ile gerçekleştirilebilmektedir (AVL Description, 2009).

AVL programının gerçekliğe yakın sonuç verebilmesi için bir çok parametreye ihtiyaç duyması araç üreticileri için büyük bir avantaj sağlamaktadır. Çalışmamızda oluşturduğumuz model çerçevesinde, üretici firmalardan elde edebildiğimiz veriler girdi olarak alınmış, ulaşılamayan ve üretici tarafından gizli tutulan değerler için program kütüphanesi kullanılmıştır.

AVL-Cruise'da mevcut bileşenler, aşağıdaki gibi tüm araç bileşenlerini kapsamaktadır:

- Araç ve römorklar,



- İçten yanmalı motor, egzoz gazı sistemleri,
- Debriyajlar (sürtünmeli kavrama, hidrolik tork konvertörü, viskoz kuplaj, otomatik debriyaj),
- Şanzıman elemanları (çok kademeli dişli kutusu, tek oranlı şanzıman, diferansiyel dişli, planet dişli, çift pinyonlu dişli, CVT, çift kavramalı şanzıman),
- Kontrol elemanları (şanzıman kontrolü, şanzıman programı, debriyaj kumandası, debriyaj programı, motor kapatma, silindirin devreden çıkartılması, otomatik çalıştırma, fren kontrolü, AMT kontrolü, otomatik manuel şanzıman kontrolü, DCT kontrolü, çift kavramalı şanzıman kontrolü, CVT kontrolü, ASC - kaymaz kontrol, PID kontrolü),
- Şaftlar (sert veya burulma-elastik),
- Tekerlek / lastik (kayma ve gelişmiş yuvarlanma direnci modelleri dahil),
- Elektrikli bileşenler (elektrik motoru, jeneratör, akü, elektrik kaynağı),
- Hibrit bileşenler (elektrikli makine, süper kapasitör, DC / DC dönüştürücü),
- Frenler, Rötarder,
- Yardımcılar (yağ pompası, klima, hidrolik direksiyon gibi uygulamalar için),
- Sürücü, Sürüş çevrimleri
- Çevre (rüzgar, yol yüzeyi)

Araç modeli yol durumuna göre, sahip olduğu ekipmanlara göre ve hangi değerler için hangi sonuçların istenildiğine göre model aracı analiz öncesi hazırlama imkanı sunmaktadır. (AVL Description, 2009).

Hesaplama görevine ve sonuçların istenen doğruluğuna bağlı olarak, araç modellerinin karmaşıklığı (modelleme derinliği) basitten komplekse kadar çok verimli bir şekilde sürekli arttırılabilir. Tanımlanacak veriler, genellikle, dinamik bir hesaplama için kütle veya kütle momenti/ atalet momenti olarak gereken veridir. Buna ek olarak, parçaların boyutları, iletim oranları ve farklı kısımlardaki kayıplar gibi veriler tanımlanabilir. Motor için, tam yük karakteristiği, motor eğrisi, tüketim haritaları, emisyon haritaları vb. gibi farklı özelliklere ihtiyaç duyulmaktadır. Tek bileşenler için farklı model derinliği kullanmak mümkündür. Bu model derinliği, hesaplama için farklı girdi verisi miktarlarına ihtiyaç duyulduğu anlamına gelir. Yakıt tüketiminin hesaplanması için yakıt tüketim haritalarına ihtiyaç vardır. Bu durumda, kararlı durum ölçülmüş veya hesaplanmış yakıt tüketimi haritası kullanılır. Özellikle araç analizlerinde kullanılmak üzere tasarlanan farklı uygulamalar belli görevler için sağlanmıştır.

- Çevrim Çalıştırması: Bu görevin asıl amacı yakıt tüketiminin hesaplanması ve sürelerle dayalı sürüş döngülerinde emisyonların hesaplanmasıdır. Tüm ortak sürüş döngüleri, zaman ve mesafeye bağlı olarak önceden tanımlanmıştır (ECER15, EUDC, NEDC, ABD şehirleri (FTP75), ABD karayolu, Japonya 10–15 modu, Artemis). Özel uygulamalar için gerekli ek döngüler tanımlanabilir.
- Tırmanma Performansı: Bu görev, aracın üstesinden gelebileceği azami yükselen eğim hesaplamaları için tasarlanmıştır.
- Sabit Sürüş: Bu görev ağırlıklı olarak yakıt tüketiminin ve emisyonların sabit hızda belirlenmesinde görev yapmaktadır. Ek bir görev mevcut ve teorik üst hızın hesaplanmasıdır.
- Tam ve Kısmi Yük Hızlandırma: Bu görev üç alt görevden oluşur.
- Tüm Dişlilerde Maksimum Hızlanma: Aracın maksimum hızlanma değerleri, tüm dişlilerdeki tüm motor devri aralığı için hesaplanır.
- Duruştan Hızlanma: Vites değişimi ile araç duruşundan en üst hıza kadar hızlandırılmıştır.
- Esneklik: Belirli bir hız ve tanımlanabilir bir dişli ile başlayarak, araç vites değiştirme veya vites değiştirmeden tanımlanmış üst hız sınırına kadar hızlandırılır.
- Maksimum Çekme Kuvveti: Bu görev çekiş kuvvetleri veya performans diyagramlarının tam otomatik oluşturulması için kullanılabilir.
- Seyir: Bu görevin asıl amacı mesafe temelli parkurlarda yakıt tüketiminin ve emisyonların hesaplanmasıdır. Örneğin; iki şehir arasındaki parkur tanımlanabilir (hız sınırı, rakım vb. ile) ve toplam yakıt tüketimi hesaplanabilir.
- Fren / İtme: Bu görev, aracın frenleme performansının belirlenmesinde kullanılır. Bu görevlerle araç güç aktarım organlarının yakıt ekonomisi, emisyon ve sürüş performansı

açısından optimize edilmesi için araç geliştirme süreci boyunca gerekli olan tüm gerekli uygulamalar kapsamaktadır.

- Matris Hesaplaması: Giriş parametrelerinin değerlerinin araç performansı, tüketimi ve emisyonu üzerindeki etkisini etkin bir şekilde değerlendirmek için matris hesaplama yöntemi kullanılır. Çeşitli parametrelerin olası tüm kombinasyonları hesaplama için kullanılabilir.

- Bileşen Varyasyonu: Matris Hesaplamasındaki gibi belirli girdi değerlerini değil, tüm bileşenleri varyasyon için de belirtilebilir. Hesaplama, bileşenlerin aynı türdeki bileşenlerle değiştirildiği alt hesaplamaları içerir.

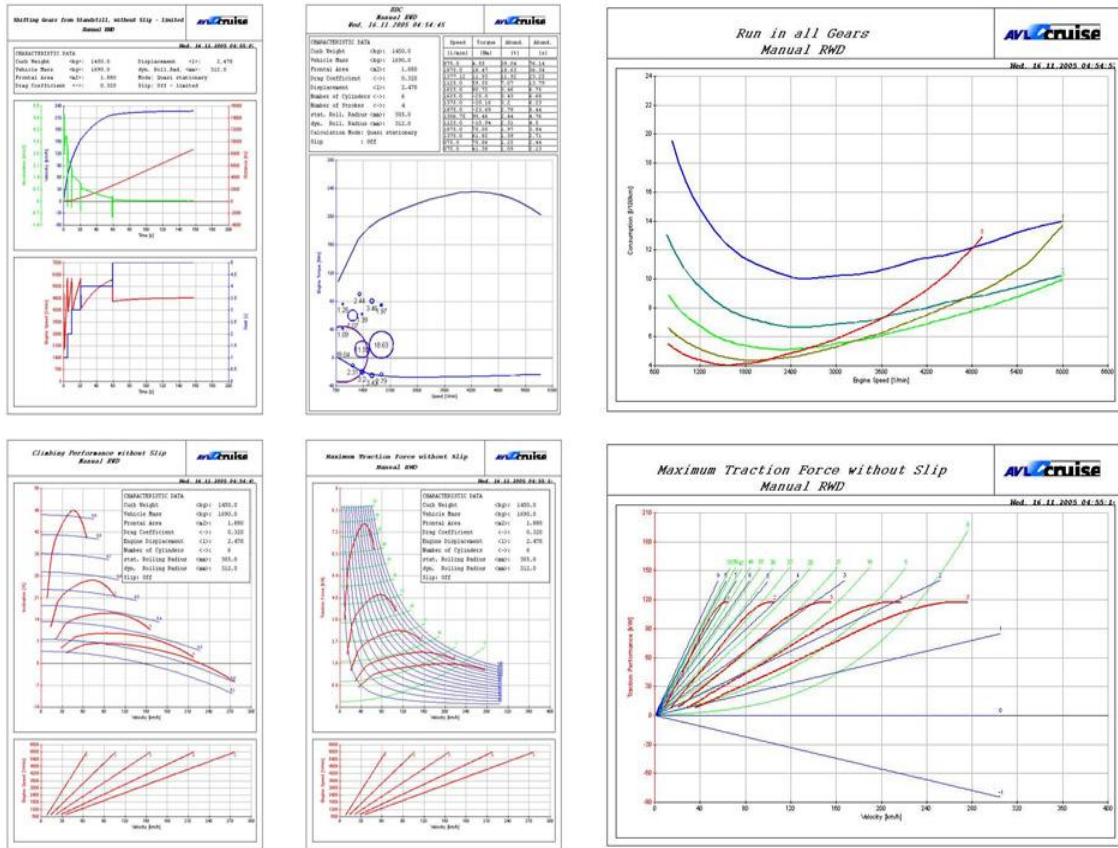
Cruise Post-Processor, şablona dayalı farklı sonuç çıktıları sunar. Kullanıcının içeriği ve sonuçların gösterimini standardize edebileceği anlamına gelir. Sonuçlar, yorumlanması ve kullanılacak yere göre (makale, proje vb.) biçimlendirilip çıktı alınabilecek durumda program tarafından sunulur. Program analiz sonrasında üç temelde sonuç vermektedir.

- Metin Raporları: Metin çıktıları, yakıt ekonomisi, emisyon performansı ve döngü yakıt tüketimi, maksimum sınıflandırma ve hızlanma süreleri gibi konular hakkında genel bir bakış sağlar.

- Bileşen Sonuçları: Diyagramlar, örneğin; tekli bileşenler için özel olarak zaman geçmişi (simülasyon koşullarının kayıtları). Tek bileşenler için tüm sonuç çıktıları bu diyagramlarda toplanır. Eğriler farklı şekillerde düzenlenebilir ve bileşenler arasında kopyalanabilir ve daha kolay karşılaştırma yapılabilmesi için farklı projeler arasında kopyalanabilir.

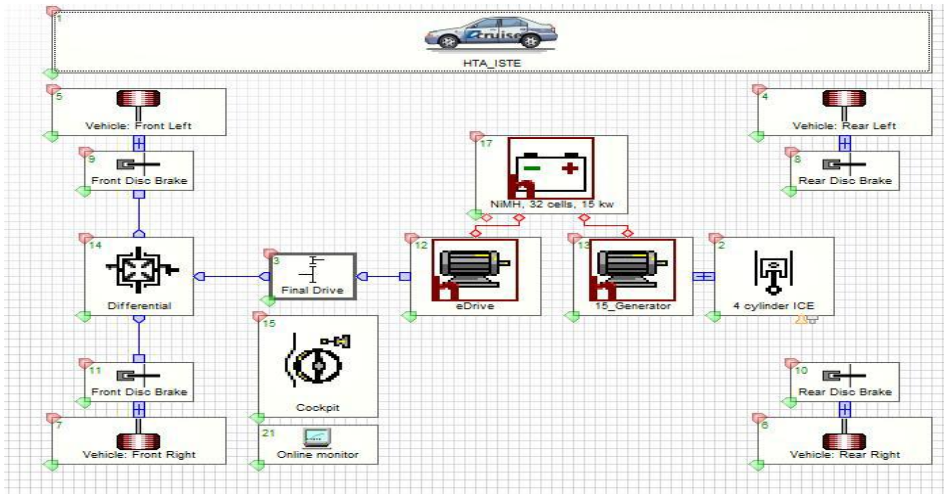
- İşleme Sonrası Diyagramlar: Bu diyagramlar, kullanıcının ihtiyaçlarına göre sunumlar ve raporlar için diyagramlar oluşturma imkanı sunan metinlerin yanı sıra metinli olarak da sunulan sonuçlardır.

AVL-Cruise sonuç örnekleri grafiksel olarak aşağıda verilmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. AVL-Cruise grafik sonuç örneği (AVL-Cruise, 2015)

Tez çalışmasında oluşturulan AVL-Cruise modeli aşağıda verilmiştir (Şekil 3.3).



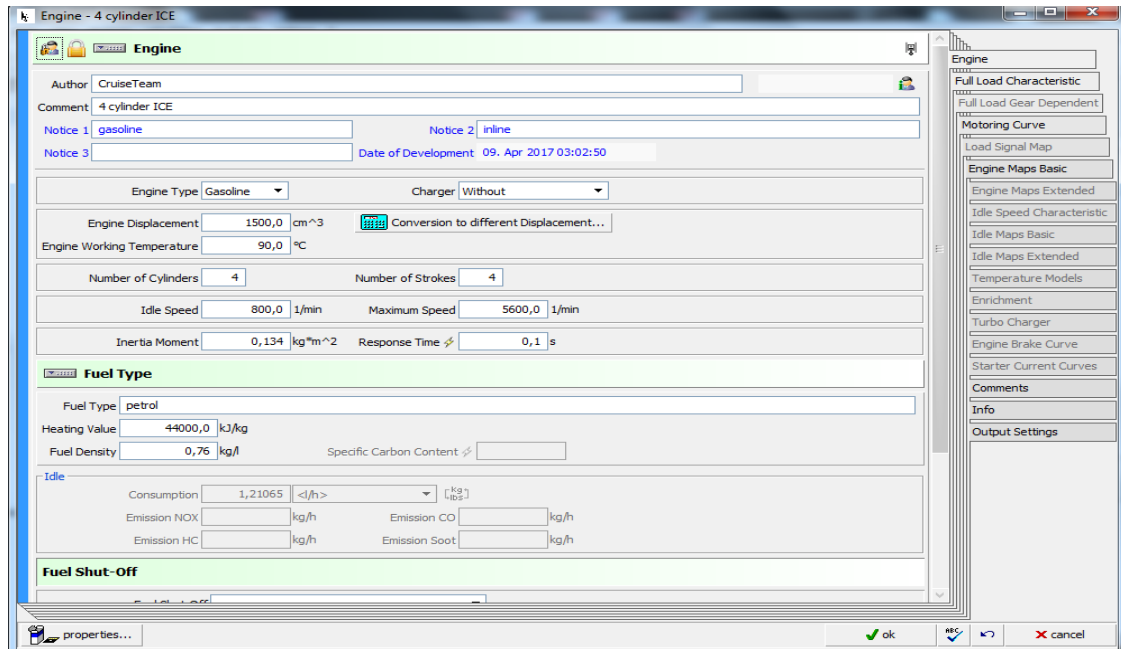
Şekil 3.3. AVL-Cruise modeli

AVL-Cruise Simulator, parametre çeşitliliği çok olan bir programdır. Tez çalışmasında farklı elektrik güçlerine sahip elektrik motorlarının araç performansına etkileri

incelenmiştir. Bu bağlamda, öncelikle bataryaların farklı girdi değerleri ile elektrik motorlarının çıktıları sabit tutularak model oluşturulmuştur. Bataryanın verimliliğine göre elektrik motoru çıktısı oluşturmuştur.

Çalışmanın çıktılarının temelini oluşturan parametre girdileri için içten yanmalı motor, batarya ve elektrik motorun girdi değerleri ve AVL-Cruise simülasyonun matematiksel yaklaşımı aşağıdaki bölümlerde detaylandırılmıştır. Çalışmada FTP-75 ve NEDC çevrimlerinin sonuçları alınarak yorumlanmıştır.

İçten yanmalı motorun Şekil 3.4’de AVL-Cruise model ara yüzü görülmektedir.



Şekil 3.4. İçten yanmalı motor ara yüzü

İçten yanmalı motor özellikleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. İçten yanmalı motor parametreleri

Motor tipi	Silindir	Çalışma zamanı	Motor hacmi (cm <sup>3</sup> )	Rölanti devir sayısı (dev/dk)	Maksimum devir sayısı (rpm)
Benzinli	4	4	1500	800	5600

Programın elektrikli motor veri giriş ara yüz Şekil 3.5’de verilmiştir.

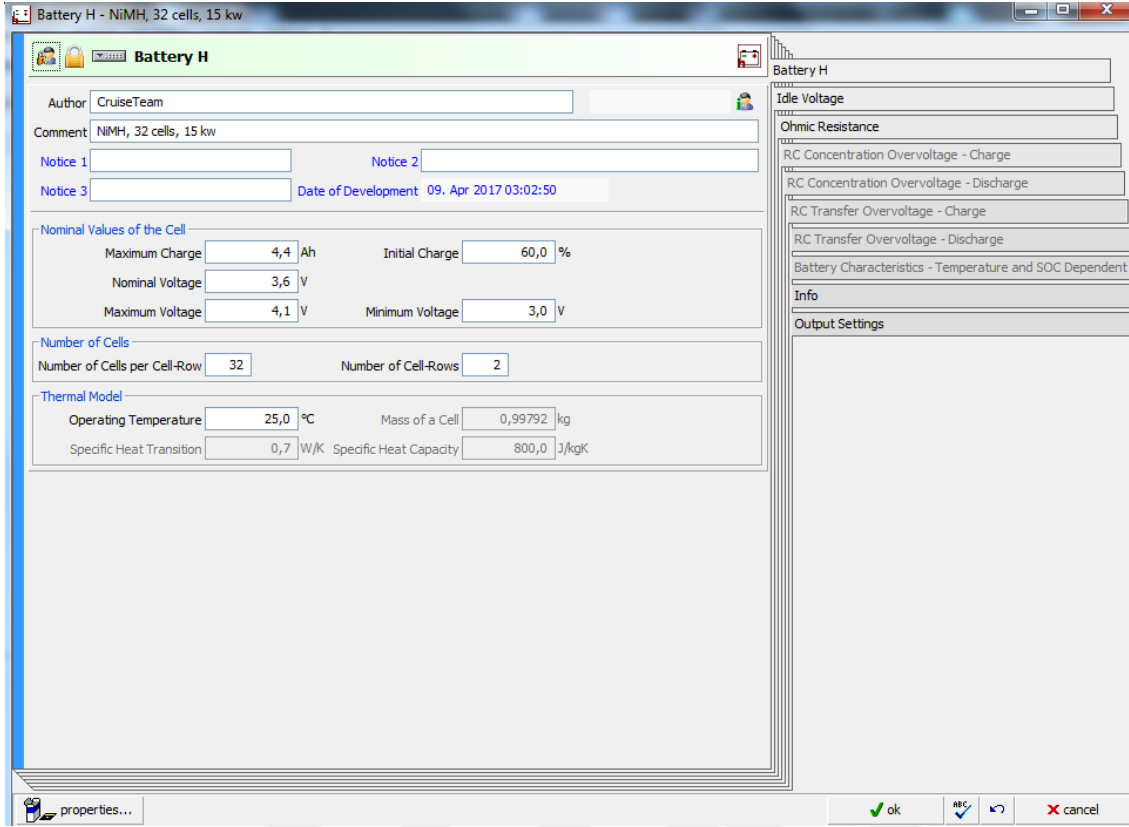
Şekil 3.5. Elektrik motoru ara yüzü

Elektrik motorun motor tipi PSM (sürekli mıknatıslı senkron motor) olarak belirlenmiş detayları Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Elektrikli motor parametreleri

Motor tipi	Nominal Gerilim (V)	Atalet Momenti (kg*m <sup>2</sup> )	Maksimum Hız (dev/dk)	İlk Çalışma Sıcaklığı (°C)
PSM	220	4.0e-4	6000	20

Bataryaların farklı girdi değerli ile elektrik motorlarının çıktıları sabit tutularak model oluşturulmuştur. Bataryanın verimliliğine göre elektrik motoru çıktıları oluşturmuştur. Üç farklı batarya çeşidi tanımlanarak üç farklı elektrik motoru çıkışı alınmıştır. Oluşturulan modülün batarya veri giriş ara yüzü her bir batarya için ayrı verilmiştir. Şekil 3.6’da batarya ara yüzü gösterilmiştir. Çizelge 3.3’te 15kW, 20kW ve 25kW motorlar için gerekli olan batarya sistemlerinin parametrik verileri sunulmuştur.



Şekil 3.6. Batarya seçim arayüzü

Çizelge 3.3. 15kW, 20kW ve 25kW'lık elektrik motor batarya parametreleri

	Max. Şarj (Ah)	Nominal Gerilim (V)	Max. Voltaj(V)	Batarya hücre sırası	Her Sıradaki hücre sayısı
15kW	4,4	3,6	4,1	2	32
20kW	5,0	3,7	4,15	2	60
25kW	5,3	30,0	4,15	2	72

## 3.2 YÖNTEM

### 3.2.1 Matematiksel yaklaşım

$$T_v = (f_R M_v g \cos \phi + M_v g \sin \phi + \frac{1}{2} C_D \rho A_v V_v^2) r_w \quad (3.1)$$

Burada  $T_v$  aracın torku,  $V_v$ ,  $M_v$ ,  $A_v$  aracın hız, kütle ve ön kısmıdır,  $r_w$  tekerlek yarıçapıdır,  $f_R$  yuvarlanma direnci (sürtünme) katsayısıdır,  $C_D$  ve  $\rho$  sürüklenme katsayısı ve hava

yoğunluğu,  $\emptyset$  yol sınıfı ve g yerçekimi ivmesidir. Toplam taşıt kütlesi, nominal taşıt kütlesinin, yanmalı motorun, akü sisteminin ve elektrikli makinenin toplamıdır, özetle,

$$m_{\text{hea}} = m_{\text{Nhea}} + m_{\text{iym}} + m_{\text{btt}} + m_{\text{em}} \quad (3.2)$$

AVL-Cruise simülâtörün içten yanmalı motor için matematiksel yaklaşımı aşağıda verilmiştir. Güç olarak belirli bir tam yük karakteristiği momentlerin karşılık gelen karakteristiği ile sonuçlanır;

$$M_{E,vk} = \frac{P_{E,vk}}{\varphi_{E,\zeta 1k1\zeta}} \quad (3.3)$$

veya ortalama efektif basınç olarak:

$$P_{ef,vk} = \frac{P_{E,vk} \cdot N_{E,\pi}}{V_{E,h} \cdot \varphi_{E,\zeta 1k1\zeta}} \quad (3.4)$$

Moment olarak verilen tam yük karakteristiği, ilgili karakteristiği güç olarak verir:

$$P_{E,vk} = M_{E,vk} \cdot \varphi_{E,\zeta 1k1\zeta} \quad (3.5)$$

Tam yük karakteristiği gaz kelebeği haritasından alınır, ortalama efektif basınç için ilgili maksimum değerler tek açısal hızlara tekrar tekrar atanır. Bu bağlamda, karakteristik eğriler editörü aracılığıyla sonraki değerlendirmelerin, tekli haritaların ne kadar az tanımlanır, o kadar faydalı olduğu görülmektedir. Motorlama eğrisi için aynı formül kullanılabilir.

AVL-Cruise simülâtörün elektrikli motor için matematiksel yaklaşımı aşağıda verilmiştir. Tahrik sitemi açıksa, makine torku;

$$M_{EM} = \alpha_{EM} \cdot M_{EM,mak} \quad (3.6)$$



Maksimum tork mekaniği ve yük sinyali karakteristiklerinden elde edilen maksimum tork kullanılarak, daimi mıknatıslı senkron makinelerde, makinenin maksimum torku makine sıcaklığına bağlıdır. Sonuç olarak, PSM'nin maksimum torku,

$$M_{EM,mak,PSM} = \left(1 + \beta_{EM,Rem}(T_{EM} - T_{EM,L})\right) \cdot M_{EM,mak} \quad (3.7)$$

Elektrik gücü  $P_{EM,kayıp}$  verilir:

$$P_{EM,el} = P_{EM,mek} + P_{EM,kayıp} \quad (3.8)$$

Güç kaybı tamamen ısıya dönüşür. Tahrik sistemi mekanik gücü şu şekilde tanımlanır:

$$P_{EM,mek} = \varphi_{EM} \cdot M_{EM} \quad (3.9)$$

İşaretin aşağıdaki kurallar vardır:

Eğer  $P_{EM,el} > 0$  motorla ilgili mod etkinleştirilir. Eğer  $P_{EM,el} < 0$  jeneratör ile ilgili mod etkinleştirilir. Motorla ilgili modda güç kaybı ve verimlilik için iki olası durum söz konusudur. Motorla ilgili kayıplar;

$$\text{Eğer, } M_{EM} > M_{EM,1}, \varphi_{EM} > \varphi_{EM,1} \quad (3.10)$$

$$P_{EM,kayıp} = P_{EM,mek} \cdot (1/\mu_{EM}(M_{EM}, \varphi_{EM}) - 1) \quad (3.11)$$

Eğer,  $M_{EM,çıkış} > M_{EM,1}, 0 < \varphi_{EM,çıkış} > \varphi_{EM,1}$  ise;

$$P_{EM,kayıp} = \varphi_{EM,1} \cdot M_{EM} \cdot (1/\mu_{EM}(M_{EM}, \varphi_{EM}) - 1) \quad (3.12)$$

Motorla ilgili moddaki kayıplar ile jeneratör ile ilgili moddaki kayıplar arasındaki fark, karakteristik harita ve sürükleme torkundaki en düşük tork ile verilir. En küçük pozitif torkun üzerindeki alana motorla ilgili mod kullanılır ve verimlilik benzersiz olarak tanımlanır. Daha büyük negatif torkun altındaki ve sürükleme torkunun altındaki alanda

jeneratör ile ilgili mod kullanılır. Açıklanan alanlar arasındaki alana yine motorla ilgili mod kullanılmaktadır. Güç kaybında sorunsuz bir geçiş vukuu bulmaktadır.

Pil parametresinde kullanılan genel formüller aşağıdaki denklemlerle ifade edilmektedir;

$$P_{bat} = V_{ac} \cdot I_{bat} - I_{bat}^2 \cdot R_{bat} \quad (3.13)$$

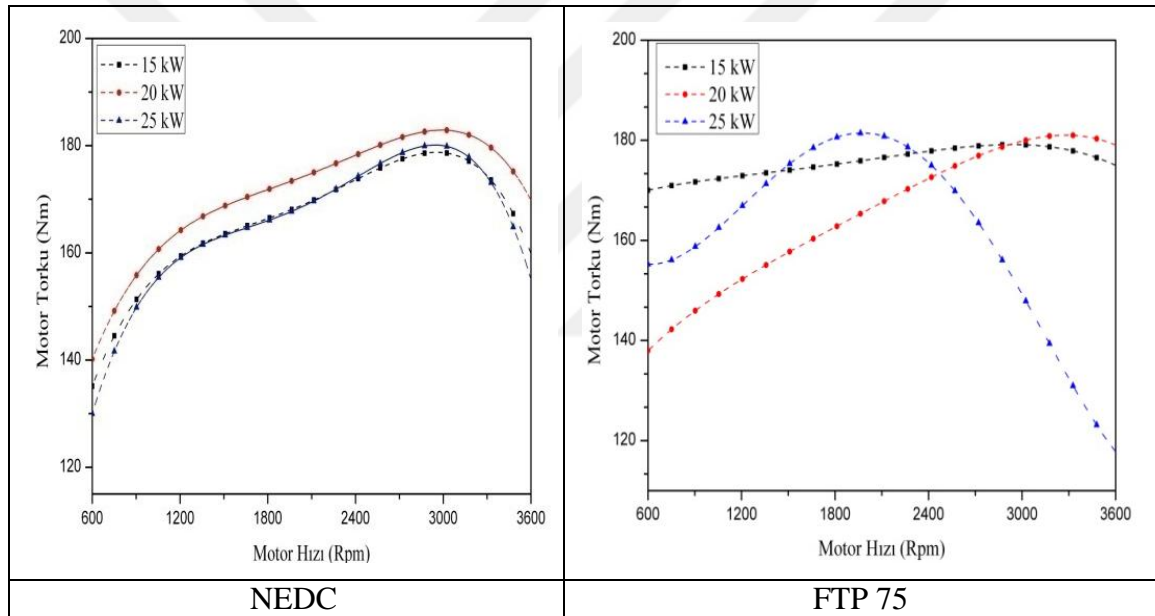
$$I_{bat} = \frac{V_{oc} - \sqrt{V_{oc}^2 - 4R_{bat} \cdot P_{bat}}}{2R_{bat}} \quad (3.14)$$

$$Soc_{k+1} = Soc_k - \left[ \frac{I_{bat} \cdot \Delta t}{Q_c} \right] \quad (3.15)$$

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

AVL-Cruise simülasyon programı, 3 farklı elektrik motoruna sahip hibrit motorların performansını analiz etmek için kullanılmıştır. 15kW, 20kW, 25kW'lık üç farklı elektrik motoru modellenmiş ve uygun jeneratörlerle donatılmışlardır. Simülasyon sonuçları ve matematiksel modelleri grafiksel olarak gösterilmiştir. Motor torku, güç, yakıt sarfiyatı, emisyonlar, elektrik motor güç ve verimleri ile batarya giriş çıkış enerjileri bölümler olarak açıklanmış ve birbirleri ile karşılaştırılmıştır.

### 4.1. İçten Yanmalı Motor Tork Karşılaştırması

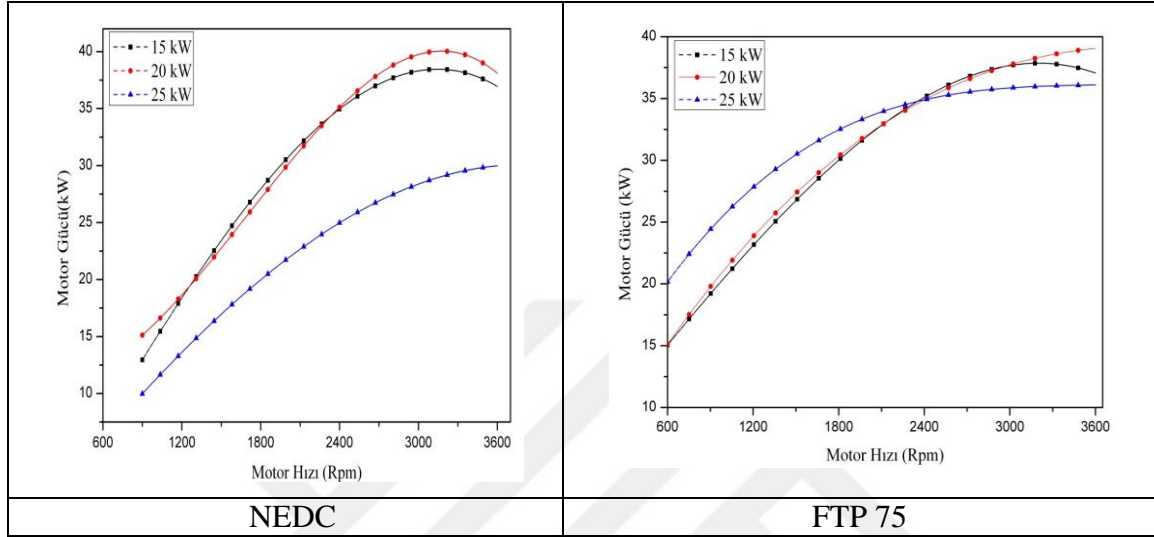


Şekil 4.1. İçten yanmalı motor tork karşılaştırması

15kW elektrik motoruna sahip araçta NEDC çevriminde maksimum 178Nm'lik tork elde edilmiştir. Çevrim süresince ortalama tork; 162.2Nm'dir. 20kW elektrik motoruna sahip araçta NEDC çevriminde maksimum 182Nm'lik tork elde edilmiştir. Çevrim süresince ortalama tork; 167,83Nm'dir. 25kW elektrik motoruna sahip araçta NEDC çevriminde maksimum 180Nm'lik tork elde edilmiştir. Çevrim süresince ortalama tork; 160,6Nm'dir. FTP-75 çevrimlerine bakıldığında 15kW için elde edilen maksimum değer; 179Nm, ortalama tork ise; 175Nm'dir. 20kW için elde edilen maksimum değer; 180Nm, ortalama

değer ise; 164Nm'dir. 25kW için elde edilen maksimum değer; 178Nm, ortalama değer; 157,4Nm olarak karşımıza çıkmaktadır (Şekil 4.1).

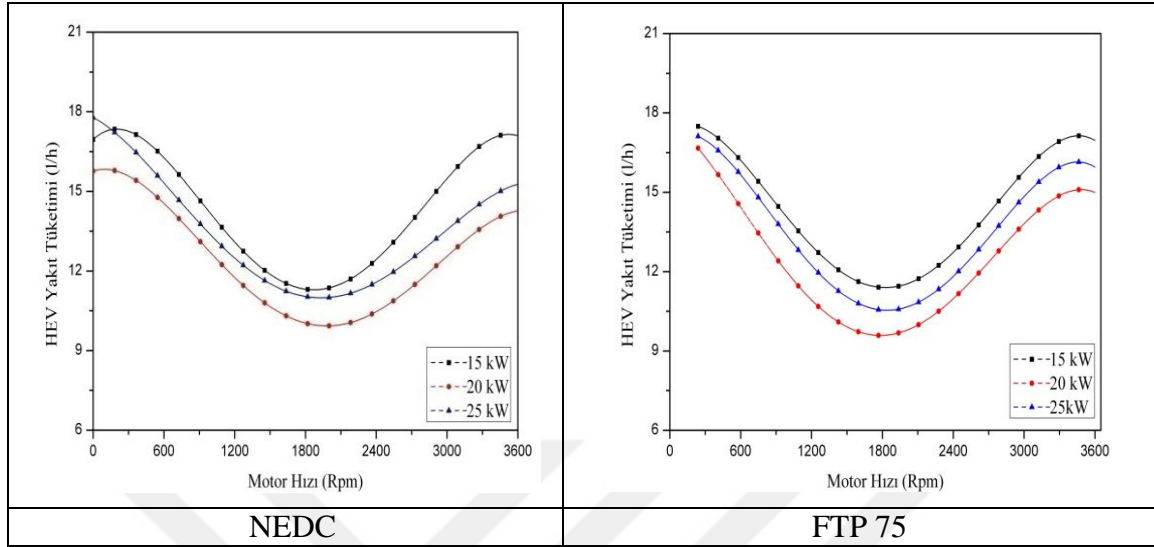
#### 4.2. İçten Yanmalı Motor Güç Karşılaştırması



Şekil 4.2. İçten yanmalı motor güç karşılaştırması

Hem şehir içi hem de şehir dışı çevrim sonucuna bakıldığında; 15kW elektrik motora sahip aracın İYM motor gücü maksimum 37kW, 20kW'lık araç için 38kW, 25kW'lık araç için ise maksimum güç 30kW olarak bulunmuştur. Ortalama güç değerleri her bir araç için; 28,25kW; 28,75kW; 21,25kW olarak hesaplanmıştır. FTP-75 çevriminde ise; 15kW elektrik motora sahip aracın İYM motor gücü maksimum 37kW, 20kW'lık araç için 39kW, 25kW'lık araç için ise maksimum güç 36kW olarak bulunmuştur. Ortalama güç değerleri ise sırasıyla her bir araç için; 28kW; 28,6kW; 30,2kW olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.2).

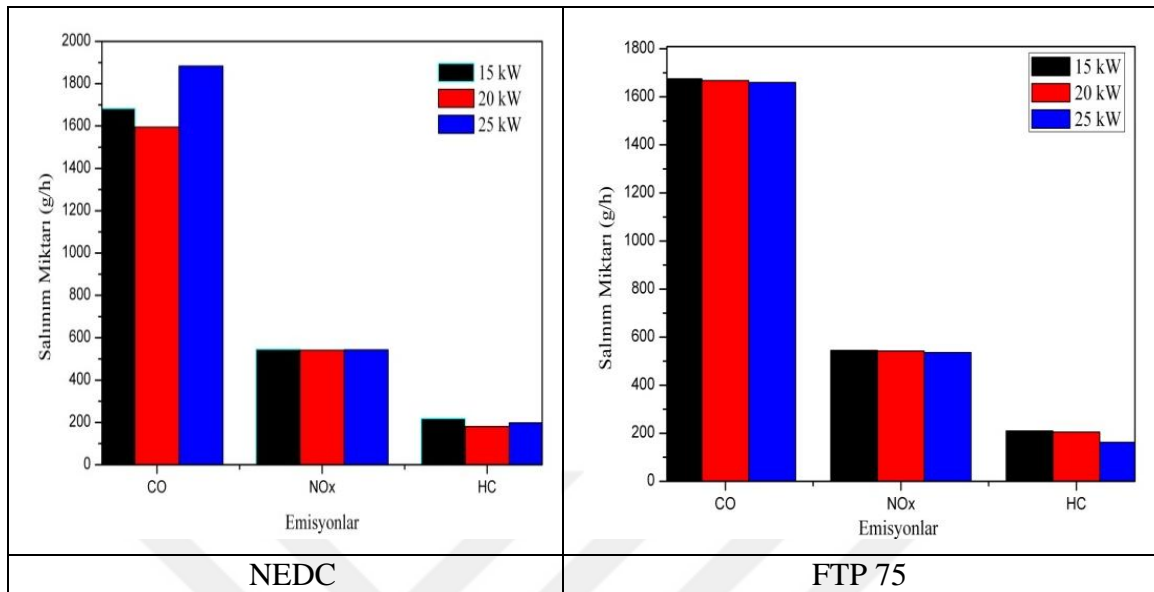
### 4.3. Hibrit Elektrikli Araç Yakıt Tüketim Karşılaştırması



Şekil 4.3. Hibrit elektrikli araç yakıt tüketim karşılaştırması

15kW'lık motora sahip aracın NEDC çevrimindeki ortalama yakıt tüketimi 14,54 l/100km ve FTP-75 çevriminde 14,4 l/100km yakıt tüketimi gözlenmiştir. 20kW'lık motorda ise NEDC çevriminde ortalama yakıt tüketimi 12,63 l/100km ve FTP-75 çevriminde 12,58 l/100km yakıt tüketimi gözlenmiştir. 25kW'lık araca bakıldığında NEDC çevriminde 13,68 l/100km ve FTP-75 çevriminde 13,6 l/100km yakıt tüketimi gözlenmiştir (Şekil 4.3).

#### 4.4. Hibrit Elektrikli Araç Emisyon Salınım Karşılaştırması

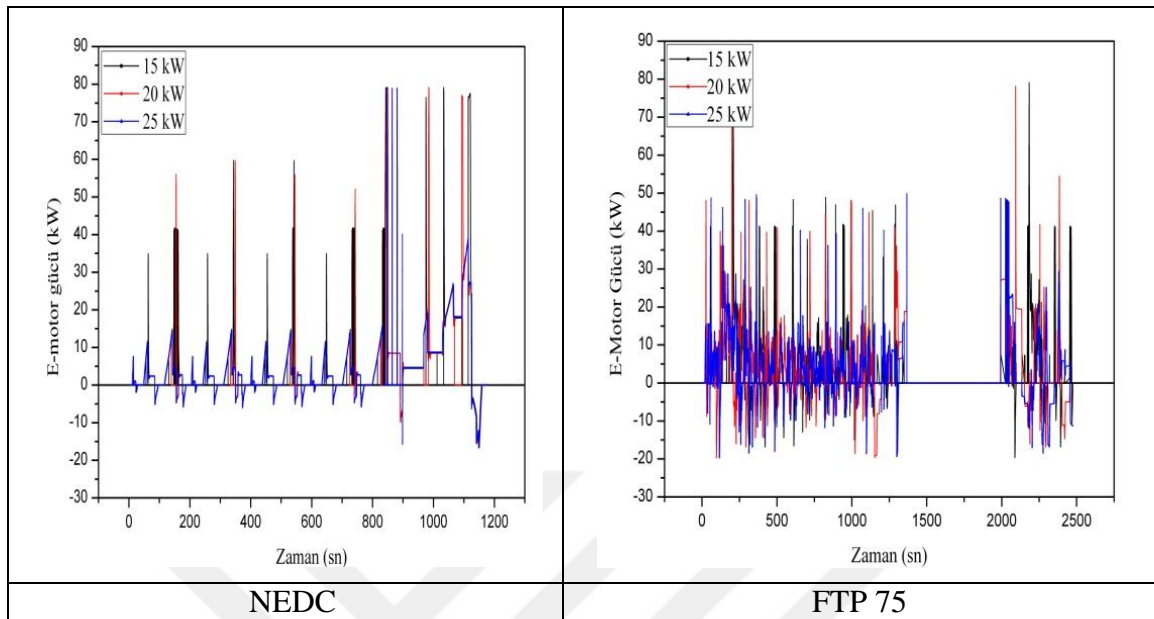


Şekil 4.4.Hibrit elektrikli araç emisyon salınım karşılaştırması

Emisyon değerlerinin görüldüğü Şekil 16'ya bakıldığında salınan ortalama emisyon değerleri 15kW için NEDC çevriminde; CO salınımı 1683 g/h, NO<sub>x</sub> salınımı 546 g/h, HC salınımı 218,75 g/h olarak görülmüştür. 20kW için; CO salınımı 1595 g/h, NO<sub>x</sub> salınımı 541 g/h, HC salınımı 181 g/h, 25kW için; CO salınımı 1883 g/h, NO<sub>x</sub> salınımı 543 g/h, HC salınımı 198 g/h olarak hesaplanmıştır.

FTP-75 çevriminde; 15kW için CO salınımı 1675 g/h, NO<sub>x</sub> salınımı 545 g/h, HC salınımı 210 g/h olarak görülmüştür. 20kW için; CO salınımı 1668 g/h, NO<sub>x</sub> salınımı 542 g/h, HC salınımı 205 g/h, 25kW için; CO salınımı 1660 g/h, NO<sub>x</sub> salınımı 536 g/h, HC salınımı 162 g/h olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.4).

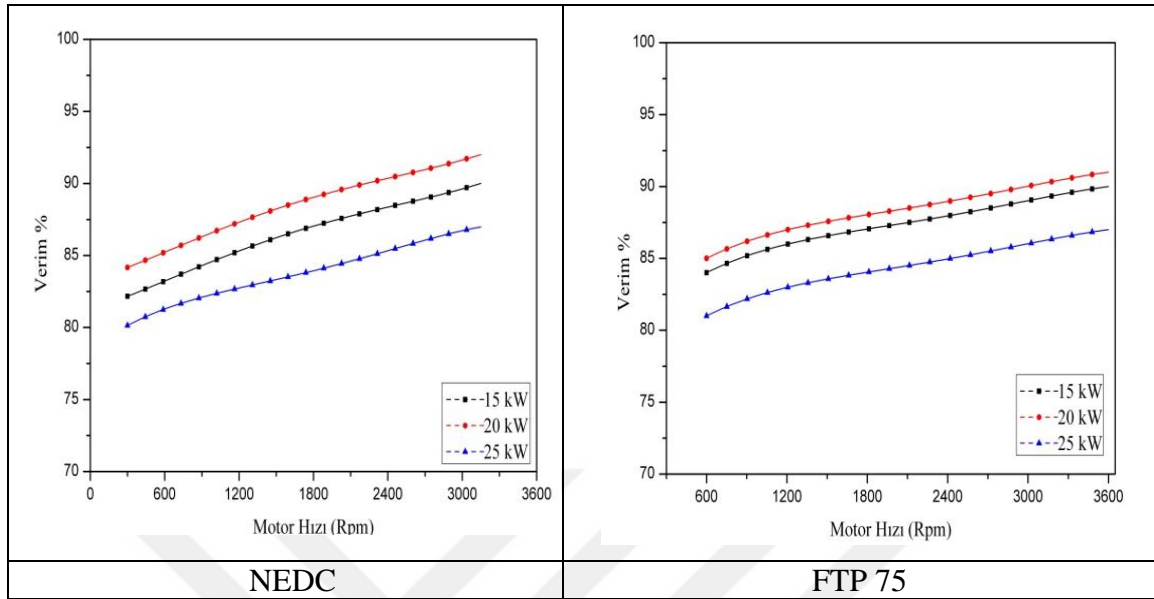
#### 4.5. Elektrik Motoru Güç Karşılaştırması



Şekil 4.5. Elektrik motoru güç karşılaştırması

Elektrik motorunun sisteme sağladığı maksimum güç sıralaması NEDC için 15kW da 79,09 kW, ortalama 3,84; 20kW da 79,15kW, ortalama 4,05; 25kW da 79,14kW, ortalama 3,62kW'dır. FTP-75 çevriminde ise maksimum değerler sırasıyla; 79,02kW, 78,37kW, 50,62kW'dır. Ortalama değerler ise; 3,70kW, 3,95kW, 3,39kW olarak karşımıza çıkmıştır (Şekil 4.5).

#### 4.6. Elektrik Motoru Verim Karşılaştırması

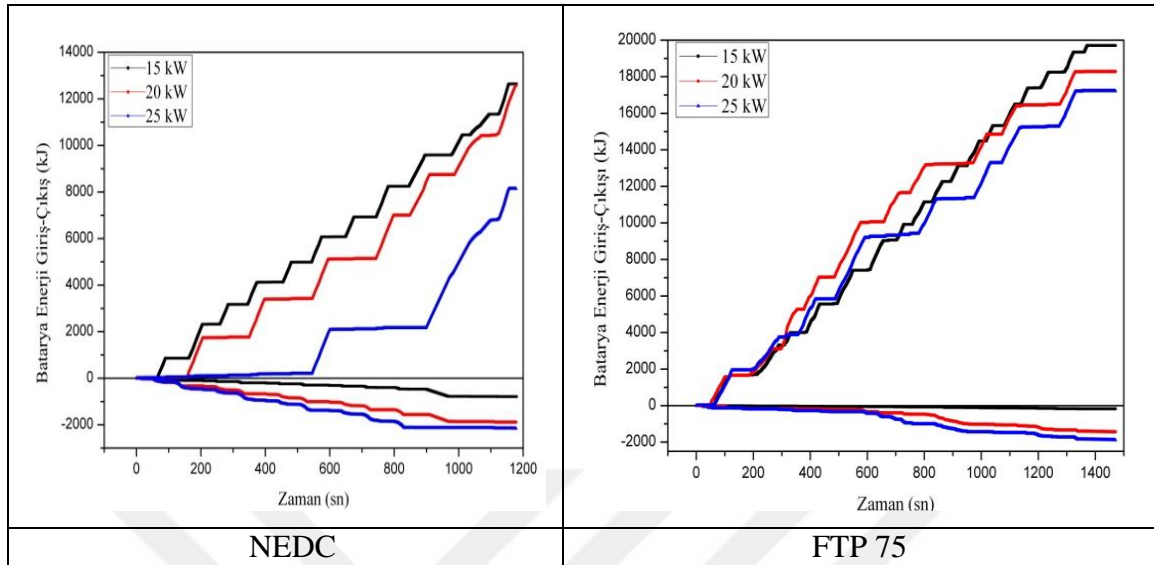


Şekil 4.6. Elektrik motoru verim karşılaştırması

Elektrik motorlarının araçlar üzerindeki verimliliğine bakıldığında; NEDC çevriminde, 15kW maksimum %90, ortalama %86,6; 20kW maksimum %92, ortalama %88,125; 25kW maksimum %87, ortalama 83,5 olarak gözlenmiştir. FTP-75 çevriminde, 15kW maksimum %90, ortalama %87,3; 20kW maksimum %91, ortalama %88,3; 25kW maksimum %87, ortalama 84,3 olarak gözlenmiştir (Şekil 4.6).



#### 4.7. Batarya Enerji Giriş-Çıkış Değerleri Karşılaştırması



Şekil 4.7. Batarya enerji giriş-çıkış değerleri karşılaştırması

Bataryanın sisteme sağladığı enerji ile deşarj olduğu enerjileri şu şekilde görülmüştür: NEDC çevriminde 15kW gücündeki araç için enerji girişi ortalama 5901,29 kJ, enerji çıkışı 360,6 kJ; 20kW gücündeki araç için enerji girişi ortalama 4873,05 kJ, enerji çıkışı 1035,94 kJ; 25 kW gücündeki araç için enerji girişi ortalama 1961,29 kJ, enerji çıkışı 1324 kJ olarak hesaplanmıştır.

FTP-75 çevriminde 15kW gücündeki araç için enerji girişi ortalama 14558 kJ, enerji çıkışı 131,95kJ; 20kW gücündeki araç için enerji girişi ortalama 14513kJ, enerji çıkışı 1007,77kJ; 25 kW gücündeki araç için enerji girişi ortalama 13134kJ, enerji çıkışı 1391,58kJ olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.7).

#### 4.8. Optimum Hibrit Araç Sonuçları

Çalışma sonucu; 15kW, 20kW ve 25kW'lık çalışma güçlerine göre hareket eden elektrik motorlarına göre alınmıştır. Sisteme güç giriş/çıkış maksimum değeri, aracın maksimum çalıştığı tork değeri, yakıt tüketimi, en uygun batarya enerjisi kullanımı, çevreci ve sürüş çevrimlerine uygunluk bakımından, üç farklı araç modeli içerisinde en uygun sonuçlara sahip olan aracın 20kW güçteki model olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen optimum veriler bir arada aşağıdaki Çizelge 4.8'te verilmiştir.

Çizelge 4.8. Araç optimum verileri karşılaştırma çizelgesi

Çevrim	<b>NEDC</b>							
Parametre	Mesafe (m)	Motor Tork (Nm)	Motor Güç (kW)	Verim (%)	Yakıt Tüketimi (l/100km)	NO <sub>x</sub> (g/h)	CO (g/h)	HC (g/h)
15kW	9824.05	178	37	86,6	14,54	546	1683	218
20kW	10454.22	182	38	88,125	12,63	541	1595	181
25kW	10736.42	180	30	83,5	13,68	543	1883	198
Çevrim	<b>FTP-75</b>							
Parametre	Mesafe (m)	Motor Tork (Nm)	Motor Güç (kW)	Verim (%)	Yakıt Tüketimi (l/100km)	NO <sub>x</sub> (g/h)	CO (g/h)	HC (g/h)
15kW	12803.15	179	37	87,3	14,4	545	1675	210
20kW	15791.93	180	39	88,3	12,58	542	1668	205
25kW	15495.61	178	36	84,3	13,6	536	1660	162

Çizelgeden elde edilen sonuçlara göre 20kW'lık elektrik motora sahip aracın yüzdelik iyileştirmeleri aşağıdaki gibidir;

Tork değerlerinde; 20kW elektrik motorlu araç, 15kW elektrik motora sahip araca göre; NEDC çevriminde % 4,24, FTP-75 çevriminde % 2,55 daha fazla torklu; 25kW elektrik motora sahip araca göre; NEDC çevriminde % 3,11, FTP-75 çevriminde % 3,12 daha fazla torka sahiptir.

Elektrik gücüne bakıldığında; 20kW elektrik motorlu araç, 15kW elektrik motora sahip araca göre; NEDC çevriminde % 2,27, FTP-75 çevriminde % 7,4 daha fazla güçlü; 25kW elektrik motora sahip araca göre; NEDC çevriminde % 26,6, FTP-75 çevriminde % 8,33 daha fazla güce sahiptir.

Verim Değerlerine atıldığında; 20kW elektrik motorlu araç, 15kW elektrik motora sahip araca göre; NEDC çevriminde % 3,76, FTP-75 çevriminde % 7,53 daha fazla verimli; 25kW elektrik motora sahip araca göre; NEDC çevriminde % 3,14, FTP-75 çevriminde % 6,74 daha fazla verimlidir.

Yakıt tüketimine bakıldığında; 20kW elektrik motorlu araç, 15kW elektrik motora sahip araca göre; NEDC çevriminde % 13,13, FTP-75 çevriminde % 12,64 daha fazla tasarruflu;

25kW elektrik motora sahip araca göre; NEDC çevriminde % 7,67, FTP-75 çevriminde % 7,5 daha fazla tasarrufludur.

Emisyon salınımlarında; NEDC çevriminde 20kW'lık motor 15kW'lık motora göre; NOx salınımlarında % 0,91, CO salınımlarında % 5,22, HC salınımlarında % 16,97 25kW'ya göre NOx salınımlarında % 0,37, CO salınımlarında % 15,29, HC salınımlarında % 8,58, FTP-75 çevriminde 20kW'lık motor 15kW'lık motora göre; NOx salınımlarında % 0,55, CO salınımlarında % 0,42, HC salınımlarında % 2,38, 25kW'ya göre NOx salınımlarında % 1,11, CO salınımlarında % 0,48, HC salınımlarında % 26,54 daha az salınımla 20kW elektrik motora sahip model araç diğerlerine kıyasla daha çevreci ve daha az emisyon salınımlarına sahiptir.



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüz teknolojisinde ulaşım sektörü çehresini değiştirerek elektrikleşme yolunda emin adımlarla ilerlemektedir. Akıllılaşma ve elektriksel tahrik, çoğu firmanın son yıllardaki gelecek planlamaları içerisinde yerini almıştır. Hem Hibrit Elektrikli Araçlarda (HEA) hem de Elektrikli Araçlarda (EA) elektriksel tahrikin güç aktarımında en önemli parçası elektrik motorlarıdır. Hangi araçta hangi tip ve güçte elektrik motorunun kullanılacağı ve bu durumun optimizasyonu otomotiv sektörü çalışanları ve akademisyenleri için çok önemli bir konu haline gelmiştir.

Bu çalışmada; AVL simülasyon programı ile modellenen bir hibrit elektrikli aracın performansına; farklı güçlerde seçilen elektrik motorlarının etkileri incelenmiştir. Hibrit araçların performansını arttırmaya yönelik farklı özelliklerdeki elektrikli motorların performansa etkileri birbirleri arasında karşılaştırılmıştır. AVL-Cruise simülasyon programı ile yapılan modellemede, 3 farklı elektrik motoruna sahip hibrit motorların performansını analiz etmek için kullanılmıştır. Tasarımda, aynı model araca; 15, 20, 25kW'lık üç farklı elektrik motoru ve uygun jeneratörler eklenmiştir.

Hibrit Elektrikli araçlar hakkında genel bilgiler verilmiştir. Topolojileri, kullanım alanlarından kaynaklanan enerjisel verimlilikleri, araçların yakıt tasarrufuna ve çevresel etmenlere dostluluğu gibi etmenleri göz önüne serilmiştir.

Özellikle simülasyon programları ile yapılan önceki çalışmalar kısmında, farklı sistem ve araç özelliklerine sahip modellenmiş araçlarla yapılmış çalışmalar sıralanmış, enerjisel ve elektrik motorlarla alakalı parametreleri ile ilgili önemli bulguları teze eklenmiştir.

Materyal ve yöntem bölümünde, AVL-Cruise programının çalışma ilkeleri, amaçları ve parametrik analizlerinin hangi basamaklar üzerine oluşturulduğundan bahsedilmiştir. Konusu ve matematik yaklaşımları; formül, çizelge ve şekillerle izah edilmiştir.

Tez sonuçları ve değerlendirmesi kısmında; seçilen sürüş çevrimlerine göre; araştırma bulguları bölümü sekiz alt başlığa ayrılarak; İYM torku, İYM gücü, HEA yakıt sarfiyatı, HEA emisyonları, elektrik motor gücü, elektrik motor verimleri ve batarya giriş çıkış enerjileri başlıklarında karşılaştırmalı sonuçlar verilmiştir.

Araştırma bulguları bölümünün son alt başlığında, bu karşılaştırmalar ışığında, optimum model araç verileri oluşturulmuş ve ayrı bir alt başlık olarak elde edilen sonuçlar çizelgelerle izah edilmiştir.

Sonuçlar karşılaştırıldığında, modellenen hibrit elektrikli araç için, genel perspektifte 20kW'lık elektrik motorun en uygun motor olduğu tespit edilmiştir. Tork değerlerinde; 20kW elektrik motorlu araç, 15kW elektrik motora sahip araca göre; NEDC çevriminde % 4,24, FTP-75 çevriminde % 2,55 daha fazla torklu; 25kW elektrik motora sahip araca göre; NEDC çevriminde % 3,11, FTP-75 çevriminde % 3,12 daha fazla torca sahiptir. Elektrik gücü sonuçlarına göre; 20kW elektrik motorlu araç, 15kW elektrik motora sahip araca göre; NEDC çevriminde % 2,27, FTP-75 çevriminde % 7,4 daha fazla güçlü; 25kW elektrik motora sahip araca göre; NEDC çevriminde % 26,6, FTP-75 çevriminde % 8,33 daha fazla güce sahiptir. Verim sonuçları kıyaslamasında; 20kW elektrik motorlu araç, 15kW elektrik motora sahip araca göre; NEDC çevriminde % 3,76, FTP-75 çevriminde % 7,53 daha fazla verimli; 25kW elektrik motora sahip araca göre; NEDC çevriminde % 3,14, FTP-75 çevriminde % 6,74 daha fazla verimlidir.

HEA'nın kümülatif yakıt tüketimine bakıldığında; 20kW elektrik motorlu araç, 15kW elektrik motora sahip araca göre; NEDC çevriminde % 13,13, FTP-75 çevriminde % 12,64 daha fazla tasarruflu; 25kW elektrik motora sahip araca göre; NEDC çevriminde % 7,67, FTP-75 çevriminde % 7,5 daha fazla tasarrufludur.

Emisyon salınımlarında; NEDC çevriminde 20kW'lık motor 15kW'lık motora göre; NOx salınımlarında % 0,91, CO salınımlarında % 5,22, HC salınımlarında % 16,97 25kW'ya göre NOx salınımlarında % 0,37, CO salınımlarında % 15,29, HC salınımlarında % 8,58, FTP-75 çevriminde 20kW'lık motor 15kW'lık motora göre; NOx salınımlarında % 0,55, CO salınımlarında % 0,42, HC salınımlarında % 2,38, 25kW'ya göre NOx salınımlarında % 1,11, CO salınımlarında % 0,48, HC salınımlarında % 26,54 daha az salınımla 20kW elektrik motora sahip model araç diğerlerine kıyasla daha çevreci ve daha az emisyon salınımlarına sahiptir.

Genel sonuç olarak, bu tez çalışmasının parametrik kabullerine göre; 20kW motora sahip olan HEA, diğer güçlerdeki motorlardan daha verimli ve seçilebilir olduğu saptanmıştır.

Ayrıca diğer bir önemli sonuçta, AVL-Cruise programının bu ve bunun gibi simülasyon çalışmalarında etkili ve verimli sonuçlar elde edilebilecek bir araç olduğudur.

Yapılan çalışmanın elektrikli araçlar içinde farklı güçte elektrik motorlar için denenmesi; İM (indüksiyon motorlar) ve PM (sürekli mıknatıslı motorlar) açısından karşılaştırılması ve optimizasyonun yapılması, ileride önerilen çalışmalardır.



## KAYNAKLAR

- Atalay, B.,2015. Hibrit otomobil tasarımı, yenilenebilir enerji kaynaklarıyla desteklenmesi ve simülasyonu. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Bölümü Yüksek Lisans Tezi.
- AVL Product Description Cruise, 2009. AVL Advanced Simulation Technologies.
- Bayındır, K. Ç., Gözüküçük M.A., Teke A., 2011. A comprehensive overview of hybrid electric vehicle: powertrain configurations, powertrain control techniques and electronic control units. *Energy Conversion and Management* 52 (2011) 1305–1313.
- Biliroğlu, A.Ö., 2009. Seri hibrit elektrikli araçların modellenmesi ve kontrolü. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Haberleşme Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.
- Bowles, P., Peng H., Bang X., 2000. Energy management in a parallel hybrid electric vehicle with a continuously variable transmission. *Proceedings of the American Control Conference*, 55–59.
- Boyalı, A., 2008. Hibrit elektrikli yol taşıtlarının modellenmesi ve kontrolü. İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Doktora Tezi.
- Bulgu, A.E., 2010. Tekerlek motorlu seri hibrit elektrikli araçları için kontrol algoritmalarının geliştirilmesi. İTÜ Kontrol ve Otomasyon Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi.
- Chan, C. C., Wong, Y. S., 2004. Electric vehicles charge forward. *IEEE Power Energy Mag.*, Vol.2, No.6, pp.24-33.
- Chan, C. C., 1993. An overview of electric vehicle technology. *Proc. of the IEEE*, Vol.81, No.9, pp.1202–1213.
- Çimen, M.A., 2010. Elektrikli ve seri hibrit elektrikli araçlarda simülatör kullanarak kalıcı mıknatıslı senkron tahrik motoru kontrolü. İTÜ Kontrol ve Otomasyon Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi.
- Demirci, Y., 2010. Hibrit araçlarda elektrik motoru denetimi. Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.
- Dorrell, D., Knight A., Popescu M., Evans L., Staton D., 2007. Comparison of Different Motor Design Drives for Hybrid Electric Vehicles. University of Technology Sydney Faculty of Engineering and IT Broadway, Sydney, NSW.
- Ehsani, M., Gao Y., Gay S. E., Emadi A., 2005. Modern electric, hybrid electric, and fuel cell vehicles. *Fundamentals, Theory, and Design*, CRC Press, Boca Raton.
- Emadi, A., Ehsani, M., Miller, J. M., 2004. Vehicular electric power systems. Land, Air, and Space Vehicles, Marcel Dekker, New York.

- Enang, W., Bannister C., 2017. Modelling and control of hybrid electric vehicles (A comprehensive review). *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 74 1210–1239.
- Erbeyler, S.E, 2007. Hibrit elektrikli hafif ticari araçta dizel motoru azotoksit (NO<sub>x</sub>) emisyonlarının optimizasyonu. İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi.
- Fuhs, A., 2009. Hybrid vehicles and the future of personal transportation. Florida, United States of America CRC Press.
- Gahjavarestani, M.M., Kaleybar M.M., Madanipour V., 2013. Comparative fuel economy and environmental analysis of conventional hybrid and plug-in hybrid vehicles. *Recent Advances in Energy, Environment and Materials* 35-42.
- Gallo, G., Landi C., Luiso M., Morello R., 2013. Optimization of experimental model parameter identification for energy storage systems. *Energies* 2013, 6, 4572-4590.
- Grondin, O., Thibault L., Querel C., 2015. Energy management strategies for diesel hybrid electric vehicle. *Oil & Gas Science and Technology – Rev. IFP Energies nouvelles*, Vol. 70 (2015), No. 1, pp. 125-141.
- Güner, C., 2013. Dışarıdan şarj edilebilen hibrit elektrikli araçla menzile artırıcı elektrikli araç konseptlerinin karşılaştırmalı analizi. İTÜ Makine Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi.
- Han, J., Charpentier J.F., Tang T., 2014. An energy management system of a fuel cell/battery hybrid boat. *Energies* 2014, 7, 2799-2820.
- He, H., Xiong R., Chang Y., 2010. Dynamic modeling and simulation on a hybrid power system for electric vehicle applications. *Energies* ISSN 1996-1073, 1821-2830.
- İnternet 1, Hibrit araç tarihçesi, <http://www.hybridcars.com/>, Son Erişim Tarihi 10.01.2018.
- İnternet 2, <http://www.mathworks.com/help/physmod/elec/ref/solarcell.html/>, Son Erişim Tarihi 13.01.2018.
- Jeon, S., Kim K.B., Jo S.T., Lee J.M., 2001. Driving simulation of a parallel hybrid electric vehicle using receding horizon control. *Proceedings of IEEE International Symposium on Industrial Electronics, Korea, June 12-16, 2, 1180-1185.*
- Jin, L., Zheng Y., Li J.H., Liu Y., 2015. A study of novel regenerative braking system based on supercapacitor for electric vehicle driven by in-wheel motors. *Advances in Mechanical Engineering* 1–12
- Jonasson, K., 2005. Control of hybrid electric vehicles with diesel engines. Europe, PhD Thesis, Lund University, Lund, Sweden.



- Kenanoğlu, R., 2016. Dizel motorda alternatif gaz yakıt kullanımının AVL programı ile simülasyonu. İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.
- Kessels, J. T. B. A., 2007. Energy management for automotive power nets Eindhoven. Technische Universiteit Eindhoven, DOI: 10.6100/IR617399.
- Kurşun, A., 2014. Menzili uzatılmış elektrikli araçlarda eş değer yakıt tüketimi ile yakıt ve nox optimizasyonu, Kontrol Ve Otomasyon Mühendisliği Anabilim Dalı Kontrol Ve Otomasyon Mühendisliği Programı, Yüksek Lisans Tezi.
- Koç, C., 2012. Hibrid araçlarda değişik parametrelere göre elektrik motoru seçimi. YTÜ Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.
- Lai, C.M., Yang M.J., 2016. A high-gain three-port power converter with fuel cell, battery sources and stacked output for hybrid electric vehicles and dc-microgrids. *Energies* 2016, 9, 180, 1-15.
- Lee, S., Choi J., Jeong K., Kim H., 2015. A study of fuel economy improvement in a plug-in hybrid electric vehicle using engine on/off and battery charging power control based on driver characteristics. *Energies* 2015, 8, 10106-10126.
- Long, B., Lim S.T., Bai Z.F., Ryu J.H., Chong K.T., 2014. Energy management and control of electric vehicles, using hybrid power source in regenerative braking operation. *Energies* 2014, 7, 4300-4315.
- Markel, T., Brooker A., Hendricks T., Johnson V., Kelly K., Kramer B, O'Keefe M., Sprik S., Wipke K., 2002. A systems analysis tool for advanced vehicle modeling. *Journal of Power Sources*, 110 (2002) 255–266.
- Martinez, C.M., Hu X., Cao D., Velenis E., Gao B., Wellers M., 2017. Energy management in plug-in hybrid electric vehicles: recent progress and a connected vehicles perspective. *IEEE Transactions On Vehicular Technology*, Vol. 66, No. 6, 4534-4549.
- Minav, T., Laurila L., Pyrhönen J., 2012. Effect of an electric motor on the energy efficiency of an electro-hydraulic forklift. *Energy Efficiency - A Bridge to Low Carbon Economy* 119-134.
- Otlu, S., 2010. İçten yanmalı motorlu bir taşıtın basit bir hibrit elektrikli taşıta dönüşümü için bir model. İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi.
- Özden, B.Ş., 2013. Modeling and optimization of hybrid electric vehicles. Master of Science in Mechanical Engineering Department, Middle East Technical University.
- Rajagopalan, A., Washington G., Rizzoni G., Guezennec Y., 2003. Development of fuzzy logic and neural network control and advanced emissions modeling for parallel hybrid vehicles. National Renewable Energy Laboratory, NREL/SR-540-32919.

- Rashid, M.I.M., Daniyal H., Mohamed D., 2017. Comparison performance of split plug-in hybrid electric vehicle and hybrid electric vehicle using advisor. MATEC Web of Conferences 1-9.
- Salmasi, R., 2007. Control strategies for hybrid electric vehicles: evolution, classification, comparison and future trends. IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol.56, No.5, pp. 2393-2404.
- Satılmış, O., 2013. Batarya beslemeli üç-fazlı iki-seviyeli dc/ac dönüştürücülerde farklı modülasyon metotları ve çalışma durumları için batarya akımının incelenmesi. YTÜ Elektrik Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi.
- Sezer, V., 2008. Paralel Hibrit Elektrikli Aracın Modellenmesi Ve Optimal Kontrolü. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Sundström, O., Guzzella L., Soltic P., 2008. Optimal hybridization in two paralel hybrid electric vehicles using dynamic programming. Proceedings of the 17th world congress the international federation of automatic control seoul, korea, 4642-4647.
- Shen, C., Shan P., Gao T., 2011. A comprehensive overview of hybrid electric vehicles. Hindawi Publishing Corporation International Journal of Vehicular Technology Volume 2011, Article ID 571683, 7 pages.
- Svens, P., Lindstrom J., Gelin O., Behm M., Lindbergh G., 2011. Novel field test equipment for lithium-ion batteries in hybrid electrical vehicle applications. Energies 2011, 4, 741-757.
- Uyulan, Ç., 2010. Seri hibrit elektrikli aracın modellenmesi ve bulanık mantık kural tabanlı enerji yönetim stratejisinin uygulanması. İstanbul Teknik Üniversitesi Otomotiv Mühendisliği Bölümü Yüksek Lisans Tezi.
- Yaich, M., Ghariani M., Hachicha M.R., 2015. Modeling and simulation of electric and hybrid vehicles for recreational vehicle. 16th international conference on Sciences and Techniques of Automatic control and computer engineering - STA'2015, Monastir, Tunisia 181-187.
- Xia, C., Zhang C., 2015. Power management strategy of hybrid electric vehicles based on quadratic performance index. Energies 2015, 8, 12458-12473.
- Xing, Y., Ma W.M., Tsui K.L., Pecht M., 2011. Battery management systems in electric and hybrid vehicles. Energies 2011, 4, 1840-1857.
- Wang, X., He H., Sun F., Sun X., Tang H., 2013. Comparative study on different energy management strategies for plug-in hybrid electric vehicles. Energies 2013, 6, 5656-5675.
- Wipke, K.B., Cuddy M.R., and Burch S.D., 1999. A user-friendly advanced powertrain simulation using a combined backward/forward approach. National Renewable Energy Laboratory, NREL/JA-540-26839.

Wishart, J. D., 2008. Modelling, simulation, testing, and optimization of advanced hybrid vehicle powertrains. University of Victoria Degree of Doctor of Philosophy in the Department of Mechanical Engineering.



**EKLER**

EK-1. Tezden çıkarılan 1. yayın

Yönet N., Tanc B., Arat H.T., 2017. Effects of using different electric motors on hibrid engine's performance. 6 th. International conference on renewable fuels combustion and fire, May 18-21, Cappadocia, Turkey, 185-192.

EK-2. Tezden çıkarılan 2. yayın

Arat, H.T., Tanc B., Yönet N., Baltacıoğlu E., 2018. Comparative simulation analyses on energy flow characteristics of different hev configurations. 16th International Conference on Clean Energy (ICCE-2018) Eastern Mediterranean University Famagusta, North Cyprus.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : YÖNET, Nuri  
 Uyuğu : Türkiye Cumhuriyeti  
 Doğum tarihi ve yeri : 22.06.1991, Osmaniye  
 Medeni hali : Bekar  
 e-mail : yonetnuri@gmail.com



### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	İskenderun Teknik Üniversitesi/ Makine Mühendisliği	Devam ediyor
Lisans	Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi/ Makine Mühendisliği	2016
Lise	Osmaniye Atatürk Lisesi	2010

### İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2018-Halen	Türkiye Petrolleri Petrol Dağıtım A.Ş	İşletme Amiri
2016-2018	Ral Geri Dönüşüm A.Ş.	İşletme Mühendisi

### Yabancı Dil

İngilizce

### Yayınlar

Yönet N., Tanc B., Arat H.T., 2017. Effects of using different electric motors on hibrid engine's performance. 6 th. International conference on renewable fuels combustion and fire, May 18-21, Cappadocia, Turkey, 185-192.

Arat, H.T., Tanc B., Yönet N., Baltacıoğlu E., 2018. Comparative simulation analyses on energy flow characteristics of different hev configurations. 16th International Conference on Clean Energy (ICCE-2018) Eastern Mediterranean University Famagusta, North Cyprus.

## DİZİN

---

### **A**

Abstract · ii  
Ara Yüz · 30, 31

---

### **B**

Batarya · 11

---

### **Ç**

Çevrimler · 13, 14  
Çizelgeler Dizini · vi  
Çizelge · 3, 30, 31, 32, 39

---

### **D**

Dizin · 50

---

### **E**

Elektrik Motoru · 11  
Emisyon · 36

---

### **G**

Giriş · 1  
Güç · 35

---

### **H**

Hafif hibrit · 12  
Hibritleşme · 12

---

### **İ**

İçindekiler · iv  
İym tork · 34  
İym güç · 35  
İçten yanmalı motorlar · 1, 2

---

### **K**

Karşılaştırma · 34, 35, 36, 37, 38,  
39  
Kaynaklar · 43

---

### **L**

Literatür · 16

---

### **M**

Materyal Yöntem · 24  
Matematiksel Yaklaşım · 32  
Mikro Hibrit · 12

---

### **O**

Optimum sonuç · 39

---

### **Ö**

Önceki Çalışmalar · 16, 17, 18,  
19, 20, 21, 22, 23  
Özgeçmiş · 47  
Özet · i

---

### **P**

Paralel Hibrit · 10

---

### **S**

Seri Hibriti · 8  
Seri- Paralel · 10  
Simgeler ve kısaltmalar · v  
Sonuç ve öneriler · 41

---

### **Ş**

Şekiller Dizini · Vvii  
Şekiller · 9, 10, 11, 13, 14, 25, 28,  
29, 30, 31, 34, 35, 36, 37, 38

---

### **T**

Tam Hibrit · 13  
Tarihçe · 3, 4, 5, 6, 7, 8  
Teşekkür · iii  
Tork · 34

---

### **Y**

Yakıt tüketimi · 36  
Yöntem · 3



**TEKNOVERSITE**



teknoversite **AYRICALIĞINDASINIZ**

**İSTE**

