

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ŞEHİR İÇİ GÜNLÜK KULLANIM İÇİN BİR
TAŞITIN ENERJİ İHTİYACININ TESPİTİ VE
ELEKTRİK MOTORU TAHRİKLİ HALİNE
DÖNÜŞTÜRÜLMESİ**

Emre AKBIYIK

Şubat, 2018
İZMİR

ŞEHİR İÇİ GÜNLÜK KULLANIM İÇİN BİR TAŞITIN ENERJİ İHTİYACININ TESPİTİ VE ELEKTRİK MOTORU TAHRİKLİ HALİNE DÖNÜŞTÜRÜLMESİ

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

Emre AKBIYIK

**Şubat, 2018
İZMİR**

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

EMRE AKBIYIK, tarafından YRD. DOÇ. DR. AYTAÇ GÖREN yönetiminde hazırlanan “ŞEHİR İÇİ GÜNLÜK KULLANIM İÇİN BİR TAŞITIN ENERJİ İHTİYACININ TESPİTİ VE ELEKTRİK MOTORU TAHRİKLİ HALİNE DÖNÜŞTÜRÜLMESİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



Yrd. Doç. Dr. Aytaç GÖREN

Yönetici



Prof. Dr. Hasan ÖZTÜRK

Jüri Üyesi



Doç. Dr. Pınar DEMİRCİOĞLU

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Kadriye ERTEKİN

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Hazırlamış olduğum tez süresince değerli bilgilerini, desteğini ve yol göstericiliğini benden esirgemeyen danışman hocam sayın Yrd. Doç. Dr. Aytaç GÖREN'e, tezin her aşamasında teknik destek veren ve deneysel çalışmalar için ortam oluşturan Destek Otomasyon firması ve Sayın Osman KORKUT'a teşekkür ederim.

Deneysel test çalışmaları süresince teknik bilgileri ve becerileri ile yardımcı olan Özenser Otomotive teşekkür ederim.

Tez hazırlama süresince benden manevi desteklerini ve sabırlarını esirgemeyen sevgili aileme teşekkür ederim.

Tez süresince yardım ve desteklerini esirgemeyen İnci BECERİK' e teşekkür ederim

Emre AKBIYIK

ŞEHİR İÇİ GÜNLÜK KULLANIM İÇİN BİR TAŞITIN ENERJİ İHTİYACININ TESPİTİ VE ELEKTRİK MOTORU TAHRİKLİ HALİNE DÖNÜŞTÜRÜLMESİ

ÖZ

Günümüzde enerji ihtiyacının karşılanması için yaygın olarak fosil kaynaklı yakıtlar kullanılmaktadır. Ancak fosil kaynaklarının son tüketim tarihinin yaklaşması, çevreye ve özellikle yaşama verdikleri zarar göz önüne alındığında alternatif enerjilere yönelim zaruri bir hal almaktadır. Günlük hayatta kullanılan kişisel araçların artışı düşünüldüğünde, tahribatın büyük oranda arttığı göz ardı edilememektedir. Bu oranların aşağıya çekilmesi için en etkili yollardan biri; içten yanmalı motora sahip bu araçların yerine temiz enerjiye sahip elektrik motoru tahrikli araçların kullanılmasıdır.

Bu çalışma; elektrik enerjisinin otomotiv sektöründe kullanılabilirliğini ve sağlayacağı faydaları somutlaştırmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Günlük hayatta aktif ve yaygın olarak kullanılan bir aracın, genel kullanım profili saptanarak enerji ihtiyacı tespiti yapılmıştır. Enerji ihtiyacının tespitinin ardından günlük kullanım profiline ve enerji ihtiyacına uygun olarak elektrik motoru, motor sürücüsü ve batarya paketi seçimi yapılmıştır. Teorik olarak elektrik motoru tahrikli haline dönüştürülmesinin ardından enerji ihtiyacı tekrar tespit edilmiştir. İçten yanmalı motora sahip hali ile yakıt sarfiyatı, maliyet ve verimlilik açısından kıyaslamalar yapılarak kazanımlar ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgulardan yararlanarak bir aracın elektrik motoru tahrikli hale dönüştürülmesi için gerekli olan teorik bilgi, çalışmanın içerisinde ayrıntılı olarak sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Enerji ihtiyaç analizi, elektrik motoru, elektrikli araç dönüşüm, araç kullanım profili

DETERMINATION OF ENERGY REQUIREMENT OF A VEHICLE FOR URBAN DAILY USAGE AND CONVERSION TO AN ELECTRIC VEHICLE

ABSTRACT

Today, fossil fuels are commonly used to meet energy needs. However, considering depletion of fossil resources, damage to the environment and especially life, it is necessary to turn to renewable energies. When, it is considered that the increase of the cars used in daily life, it cannot be ignored that destruction increases extensively. One of the most effective ways to reduce these rates is to use electric engine driven vehicle which have clean energy instead of vehicles with internal combustion engine.

This research is conducted in order to materialise the utility of electric energy in automotive industry, and its benefits. Energy requirement of a commonly used car in daily life is determined the public usage profile. After determination the need of energy, appropriately to the daily usage profile and the energy requirement, electric motor, and motor controller, and battery packs are chosen. After it is conversion to electric-motor-driven condition theoretically, the energy requirement is determined again. Comparing in terms of fuel consumption, cost, and productivity with having the internal combustion engine, gains are evaluated in detail. The theoretical information which is necessary for conversion a vehicle into an electric motor using the obtained findings is presented in detail in the research.

Keywords: Energy requirement analysis, electric motor, conversion to an electric vehicle, vehicle usage profile

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
TABLolar LİSTESİ.....	xiii
BÖLÜM BİR - GİRİŞ.....	1
1.1 Giriş.....	1
1.2 Elektrikli Araçların Tarihçesi.....	3
BÖLÜM İKİ - ENERJİ SARFIYATININ BULUNMASI.....	7
2.1 Temel Kavramlar.....	7
2.1.1 Yuvarlanma Direnci (F_R).....	8
2.1.2 Hava Direnci (F_L)	10
2.1.3 Yokuş Direnci (F_{ST})	12
2.1.4 Hareket Güçleri (P_T)	13
2.2 Teorik Hesaplamalar ile Kayıp Gücün Bulunması.....	14
2.3 Deneysel Çalışmalar.....	26
2.3.1 Wow Snooper Hata Tespit Cihazı ile Veri Toplanması	27
2.3.1.1 Wow Snooper Hata Tespit Cihazı Kurulumu	29
2.3.1.2 Wow Snooper Hata Tespit Cihazı ile Kontrollü Testler ve Sonuçları	37
2.3.2 ELM - 327 Hata Tespit Cihazı ile Veri Toplanması.....	46
2.3.2.1 ELM - 327 Hata Tespit Cihazı Kurulumu	47
2.3.2.2 ELM - 327 Hata Tespit Cihazı ile Kontrollü Testler ve Sonuçları	52

2.3.3 Dinamik Test ile Veri Toplanması	61
2.3.3.1 Dinamik Test Parkurunun Hazırlanması.....	62
2.3.3.2 Dinamik Testler ve Sonuçları	62
2.4 Teorik Hesaplamalar ve Deneysel Çalışmaların Yorumlanarak Karşılaştırılması	65
BÖLÜM ÜÇ - ELEKTRİK MOTORU TAHRIKLİ HALE DÖNÜŞÜM	67
3.1 Elektrik Motor Çeşitleri.....	67
3.1.1 Doğru Akım Elektrik Motorları (DAEM)	67
3.1.1.1 Fırçalı Doğru Akım Elektrik Motorları.....	67
3.1.1.2 Fırçasız Doğru Akım Elektrik Motorları	74
3.1.2 Alternatif Akım Elektrik Motorları (AAEM)	76
3.1.2.1 Senkron Motorlar	80
3.1.2.2 Asenkron Motorlar.....	80
3.2 Elektrik Motoru Seçimi	81
3.2.1 Fırçasız Doğru Akım Elektrik Motoru Kullanılması Durumu	82
3.2.2 Alternatif Akım Elektrik Motoru Kullanılması Durumu.....	85
3.3 Motor Sürücü Seçimi.....	91
3.3.1 Doğru Akım Motor Sürücü Seçimi.....	91
3.3.2 Alternatif Akım Motor Sürücü Seçimi	92
3.4 Batarya Çeşitleri	94
3.4.1 Kurşun Asit Bataryalar (Lead - Acid)	96
3.4.2 Lityum İyon Bataryalar (Lithium Ion Li - ion).....	98
3.4.3 Lityum Polimer Bataryalar (Lithium Polymer Li-Po).....	99
3.4.4 Lityum Demir Fosfat Bataryalar (Lithium Iron Phosphate - LiFePO ₄)	101
3.5 Batarya Seçimi ve Batarya Paketi Oluşturma	102
BÖLÜM DÖRT - DÖNÜŞÜM SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	110
4.1 Maliyet Analizi.....	110

4.2 Seçilen Motorların Karşılaştırılması	110
4.3 Elektrik Motoru Tahrikli Hali Karşılaştırılması	112
BÖLÜM BEŞ - SONUÇLAR	117
KAYNAKLAR	120
EKLER.....	128
EK 1: ELM-327 Cihazı ile Alınan Veriler	128
EK 2: Göbek İçi Fırçasız Doğru Akım Motoru Performans Tablosu	146

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1 Solomon ve Morris tarafından üretilen Electrobats	4
Şekil 1.2 Ferdinand Porsche tarafından tasarlanan Hibrit Araç	4
Şekil 1.3 Nissan Altra Ev	5
Şekil 1.4 Nissan Leaf.....	6
Şekil 2.1 Araca tesir eden direnç kuvvetleri.....	7
Şekil 2.2 Lastik sehim ve yuvarlanma direnci	8
Şekil 2.3 Standart bir binek araç üzerindeki hava akışı	10
Şekil 2.4 Aracın projeksiyon alanı temsili gösterimi	11
Şekil 2.5 Farklı araç tasarımlarına göre aerodinamik sürtünme katsayısı.....	11
Şekil 2.6 4. ve 5. vites basamakları için hesaplan güç ihtiyacı grafiği.....	19
Şekil 2.7 Hıza göre güç ihtiyacı ve aynı hızlarda 4. ve 5. vites basamakları için gerekli olan motor torku.....	20
Şekil 2.8 İçten yanmalı motora ait viteslere göre tork grafiği.....	20
Şekil 2.9 İçten yanmalı motor ile elektrik motoruna ait tork eğrilerinin karşılaştırılması	21
Şekil 2.10 Farklı yol eğimlerine göre güç ihtiyacı	23
Şekil 2.11 Araca ait motor performans grafiği	25
Şekil 2.12 OBD-II Konnektör pinleri.....	27
Şekil 2.13 Wow hata tespit sistemi	28
Şekil 2.14 Wow Snooper arayüz programı açılış sayfası	29
Şekil 2.15 Program üzerinden araç markasının seçilmesi	30
Şekil 2.16 Program üzerinden araç modelinin seçilmesi	30
Şekil 2.17 Program üzerinden araç üretim yılının seçilmesi.....	31
Şekil 2.18 Program üzerinden araç motoruna ait yakıt türü seçilmesi	31
Şekil 2.19 Program üzerinde menünün incelenmesi_1	32
Şekil 2.20 Program üzerinde menünün incelenmesi_2	32
Şekil 2.21 Program üzerinden motor hacminin seçilmesi	33
Şekil 2.22 Program üzerinden araç motorunun seçilmesi	33

Şekil 2.23 Program üzerinden veri listesinin aktifleştirilmesi	34
Şekil 2.24 Program üzerinden uygun sensörlerin aktifleştirilmesi.....	34
Şekil 2.25 Motor devir ve tork sensörlerinin aktifleştirilmesi.....	35
Şekil 2.26 Program üzerinden araç hızı sensörünün aktifleştirilmesi	35
Şekil 2.27 Program üzerinden yakıt tüketim sensörünün aktifleştirilmesi.....	36
Şekil 2.28 Seçilen sensörlerin sayısal olarak görüntülenmesi.....	36
Şekil 2.29 Seçilen sensörlerin grafiksel olarak görüntülenmesi.....	37
Şekil 2.30 70 [km/h]sabit hız ile yapılan test sonucu grafikleri.....	38
Şekil 2.31 80 [km/h]sabit hız ile yapılan test sonucu grafikleri	38
Şekil 2.32 90 [km/h]sabit hız ile yapılan test sonucu grafikleri.....	39
Şekil 2.33 4. Vites basamağı genel motor devir grafiği	40
Şekil 2.34 4. Vites basamağı genel araç hızı grafiği	41
Şekil 2.35 4. vites basamağı genel motor torku grafiği.....	41
Şekil 2.36 70 [km/h] sabit hız ile yapılan test sonucu ve grafikleri	42
Şekil 2.37 80 [km/h] sabit hız ile yapılan test sonucu ve grafikleri	42
Şekil 2.38 90 km/h sabit hız ile yapılan test sonucu ve grafikleri.....	43
Şekil 2.39 5. vites basamağı genel motor devir grafiği	43
Şekil 2.40 5. vites basamağı genel araç hızı grafiği	44
Şekil 2.41 5. vites basamağı genel motor torku grafiği.....	45
Şekil 2.42 ELM-327 Hata Tespit Cihazı	46
Şekil 2.43 Check Torque programı ana ekranı.....	47
Şekil 2.44 Ulaşım güzergahının harita üzerinde kaydedilmesi	48
Şekil 2.45 Program üzerinden araca uygun profil oluşturulması	48
Şekil 2.46 Program üzerinde sensör veri ekranı ayarlanması	49
Şekil 2.47 Program üzerinde sensör veri gösterge tipinin seçilmesi.....	49
Şekil 2.48 Program üzerinde, kullanılacak olan sensörlerin aktif edilmesi	50
Şekil 2.49 Kontrollü sürüş testi için aktifleştirilmiş sensörler	51
Şekil 2.50 ELM - 327 Hata Tespit Sistemi ile yapılan sürüş profili oluşturma çalışması grafik sonucu	53
Şekil 2.51 Sadeleştirilmiş test sonuç grafiği_1	54
Şekil 2.52 Sadeleştirilmiş test sonuç grafiği_2	54

Şekil 2.53 70 [km/h] sabit hız ile yapılan test için yakıt tüketim değerleri.....	56
Şekil 2.54 80 [km/h] sabit hız ile yapılan test için yakıt tüketimi değerleri.....	57
Şekil 2.55 90 [km/h]sabit hız ile yapılan test için yakıt tüketim değerleri.....	57
Şekil 2.56 70 [km/h] sabit hız ile yapılan test için yakıt tüketim değerleri.....	58
Şekil 2.57 80 [km/h] sabit hız ile yapılan test için yakıt tüketim değerleri.....	58
Şekil 2.58 90 [km/h] sabit hız ile yapılan test için yakıt tüketim değerleri.....	59
Şekil 2.59 ECE Testi	60
Şekil 2.60 EUDC Testi.....	60
Şekil 2.61 Düşük güçlü araçlar için EUDC Testi.....	60
Şekil 2.62 Dinamik test parkuru.....	61
Şekil 2.63 4. Vites kademesi için dinamik test sonucu	63
Şekil 2.64 5. Vites kademesi için dinamik test sonucu	64
Şekil 3.1 Doğru akım elektrik motoru yapısı	68
Şekil 3.2 Doğru akım motorları için sarılmış endüvi örnekleri.....	69
Şekil 3.3 Motor iç yapısı	70
Şekil 3.4. Kutup nüvesi ve alan sargıları.....	70
Şekil 3.5 Kollektör ve Fırçalar	71
Şekil 3.6 Kollektör (komütatör) ve fırça örneği	71
Şekil 3.7 Fırçasız doğru akım elektrik motoru örneği.....	74
Şekil 3.8 Alternatif akım elektrik motoru iç yapısı	76
Şekil 3.9 Farklı stator örnekleri	77
Şekil 3.10 Motor gövdesine sabitlenmiş stator örnekleri	77
Şekil 3.11 Sincap kafesli rotor	78
Şekil 3.12 Sargılı rotor ve rotor bileziği.....	79
Şekil 3.13 Seçilen BLDC Hub motor	83
Şekil 3.14 Seçilen BLDC Hub Motora ait performans grafiği.....	84
Şekil 3.15 Dönüşüm için seçilen alternatif akım elektrik motoru	86
Şekil 3.16 Dönüşüm için seçilen alternatif akım elektrik motoruna ait performans grafiği	87
Şekil 3.17 BLDC Hub motor, motor sürücü ve ekipmanları.....	91
Şekil 3.18 Seçilen alternatif akım motor sürücü	93

Şekil 3.19 Farklı tip batarya çeşitleri.....	94
Şekil 3.20 Yarı yükleme durumunda (quasi-static) batarya eşdeğer devresi	95
Şekil 3.21 Dinamik yükleme durumunda batarya eş değer devresi	95
Şekil 3.22 Farklı kurşun asit batarya tipleri	97
Şekil 3.23 Farklı tip lityum iyon batarya hücreleri	98
Şekil 3.24 Farklı tip lityum polimer bataryalar	100
Şekil 3.25 Farklı şekillerde üretilmiş LiFePO4 bataryalar.....	101
Şekil 3.26 Voltronix batarya hücresinin farklı sıcaklıklardaki boşalma eğrisi	105
Şekil 3.27 Voltronix batarya hücresine ait boşalma eğrisi	105
Şekil 3.28 Batarya paketinin bağlantı şekli	106
Şekil 3.29 GWL Power batarya hücresine ait performans grafiği	107
Şekil 3.30 Batarya paketi bağlantı şekli	107
Şekil 3.31 Dönüşüm için BLDC motor kullanılması durumunda, yapısal olarak bağlantı şeması	108
Şekil 3.32 Dönüşüm için AC motor kullanılması durumunda, yapısal olarak bağlantı şeması	108

TABLolar LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 2.1 Yol durumuna göre yuvarlanma direnci katsayıları.....	9
Tablo 2.2 Farklı yol tiplerine göre maksimum yol eğimleri	12
Tablo 2.3 Hesaplamalarda kullanılacak araca ait teknik bilgiler	15
Tablo 2.4 Farklı vites kademeleri ve motor devirlerinde hesaplanan güç ihtiyacı	18
Tablo 2.5 Hıza göre güç ihtiyacı ve motor torku	18
Tablo 2.6 Farklı motor devirleri ve vites kademelerinde gerekli motor torku	19
Tablo 2.7 Farklı yol eğimlerine göre sına değerleri.....	22
Tablo 2.8 Farklı yol eğimlerine göre güç ihtiyacı	22
Tablo 2.9 Hıza göre , farklı yol eğimlerinde 4. ve 5. vites kademeler için motor torku	24
Tablo 2.10 Çalışma konusu olan aracın günlük kullanım profili.	55
Tablo 3.1 BLDC Hub Motora ait teknik bilgiler	83
Tablo 3.2 Seçilen motora ait teknik bilgiler	86
Tablo 3.3 Tüm vites kademelerine göre motor devirleri.....	89
Tablo 3.4 AC motorun seçilen bölgedeki teknik verileri	90
Tablo 3.5 Seçilen DC Motor Sürücüye ait teknik bilgiler.....	92
Tablo 3.6 Seçilen AC Motor Sürücüye ait teknik veriler.....	93
Tablo 3.7 Elektrikli araçlarda kullanılan farklı batarya çeşitlerinin teknik özellikleri	96
Tablo 3.8 Elektrikli araç dönüşümüne uygun batarya paket karşılaştırması.....	103
Tablo 3.9 Voltronix 160 [Ah] LiFePO ₄ batarya hücresin ait teknik bilgiler.....	104
Tablo 3.10 GWL 200 [Ah] LiFePO ₄ batarya hücresin ait teknik bilgiler	106
Tablo 4.1 Maliyet tablosu.....	110
Tablo 4.2 Dönüşüm öncesi ve sonrası güç ihtiyacı	112

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

1.1 Giriş

Ulaşım, günlük yaşamımızda önemli bir yer kaplamaktadır. Günümüzde vazgeçilmez bir sektör olan ulaşımda kişisel otomobillerin oranı hızla artmaktadır. Toplu taşımaya olan ilgi azalmakta, bireysel kullanım yaygınlaşmaktadır. Trafiğe kayıtlı araçlar her geçen gün artmaktadır. Dünya genelinde motorlu taşıt sayısı 1 milyarın üzerine çıkmış bulunmaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu verilerine bakıldığında ülkemizdeki motorlu taşıt sayısı 2017 yılında Haziran sonu ölçümlerde toplamda 21 643 213'e ulaşmıştır. Bu sayının 11 666 779'unu bireysel kullanımdaki otomobiller oluşturmaktadır (Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK], 2017).

Araçlar enerji ihtiyacını fosil bazlı kaynaklardan karşılamaktadır. Ancak bu kaynaklar gün geçtikçe tükenmeye oldukça yakın bir hale gelmektedir. Ayrıca fosil kaynaklı yakıtlar çevreye büyük zararlar vermektedir. İçten yanmalı motorlarda yakıt ve hava karışımının yanması ile birlikte zararlı gazlar ortaya çıkmaktadır. Hava kirliliği son yıllarda geri dönüşü sağlanamayacak atmosfer tahribatlarına neden olmaktadır. Gelişen teknolojik çalışmalar ile birlikte emisyonun azaltılması yönünde ciddi gelişmeler kaydedilmiştir. Ancak içten yanmalı motora sahip araçların, alternatif enerji kaynaklarına sahip elektrikli araçların sunduğu sıfır emisyon oranını gerçekleştirilmesi mümkün görülmemektedir. Kent yaşamının en büyük problemlerinden olan hava kirliliği tek problem olarak karşımıza çıkmamaktadır. Gürültü kirliliği de oldukça büyük bir problemdir. Alternatif kaynaklı enerjilerin bu problem bazında da çözüm sunduğu bilinmektedir. Ekonomik açıdan değerlendirildiğinde petrol rezervlerinin tükenmekte olması sebebiyle son kullanıcının ödediği tutar sürekli artmaktadır. Ayrıca kaynakların azalması krizlere neden olmaktadır. Kaynakların tüketicisi olan ülkeler üretimi elinde tutan ülkelere bağımlı hale gelmektedir.

Otomotiv endüstrisi dünya ekonomisinin büyümesinde ve yönlendirilmesinde oldukça etkilidir. Otomotiv endüstrisindeki en önemli dönüm noktalarından biri olan İçten Yanmalı Motorlar 1970'li yılların ortalarına kadar büyümenin en önemli parçalarından biri olmuştur. Ancak bu büyüme büyük oranda fosil kökenli yakıtlara bağlıdır. Bu enerji kaynaklarının azalması ile birlikte otomotiv endüstrisi sürdürülebilirliğini de kaybetmektedir. Elektrikli araçların kullanımının günlük hayatta da artması ile birlikte en büyük ekonomi kaynaklarından biri olan otomotiv endüstrisi de sürekliliğini garanti altına alacaktır (Ustabaş, 2014).

Tüm bu nedenler ile alternatif kaynaklı, temiz ve yenilenebilir enerjilerin otomotiv sektöründe kullanılması için yapılan çalışmalar son 10 yıl içerisinde ivme kazanmıştır. Bu teorik çalışmalar günlük yaşama uygulanabilir düzeyde pratiğe dökülen veriler ile desteklenmelidir. Bu gereklilikten hareketle gerçekleştirdiğimiz çalışmada; Türkiye İstatistik Kurumu verilerinde markalara göre trafiğe kaydı yapılan otomobiller arasında sayı olarak 2015 yılında 1., 2016 yılında ise 2. sırada yer alan Volkswagen Polo marka araç tercih edilmiştir (TÜİK, 2017). Çalışmanın başlangıcında günlük hayatta aktif ve yaygın olarak kullanılan bu aracın bireysel kullanım profili oluşturulmuştur. Günlük hayatta trafikte kullanım ile oluşturulan bu profilden hareket ile enerji ihtiyacına yönelik veriler elde edilmiştir. Çalışmanın bir sonraki basamağında ise uygun olan elektrik motoru ve batarya seçimi yapılarak araç elektrik motoru tahrikli hale dönüştürülmüştür. Dönüşümün gerçekleştirilmesinin ardından kullanım profili göz önüne alınıp enerji ihtiyacı tekrar hesaplanmıştır. Elde edilen bulgular ile birlikte içten yanmalı motora sahip olunan durum ve elektrik motoru tahrikli olunan durum arasındaki kıyaslamalar yapılmıştır. Bu kıyaslama sonucunda elektrikli motora sahip araçların günlük hayatta kullanılması ile birlikte elde edilecek avantajlar somutlaştırılmıştır. Bu somutlaştırma ile farkındalığın teorik boyuttan, günlük yaşamda kullanılabilir verilere dönüştürülmesi amaçlanmaktadır.

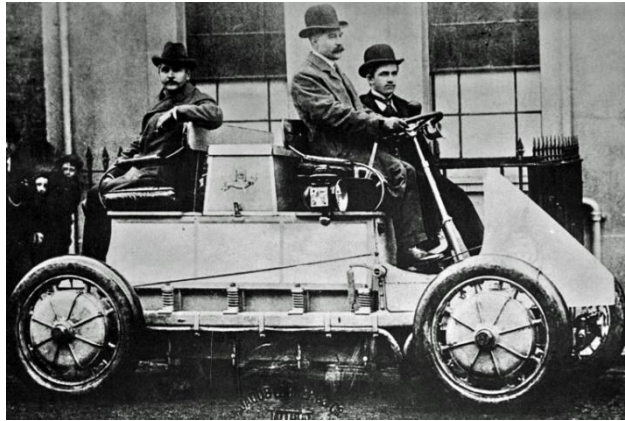
1.2 Elektrikli Araçların Tarihçesi

Geçmişteki değişimi iyi algılamak ve gelecekte olabilecekleri öngörebilmek yaşamsal önem taşımaktadır. Karayolu taşımacılığında ve taşıt teknolojilerindeki değişimleri iyi algılayan ve araştırma geliştirme faaliyetlerini yeni teknolojiler üzerine odaklayabilen bireyler, firmalar ve ülkeler, rekabetçiliklerini artırarak bu çalışmalarını ekonomik kazanıma dönüştürebilecekler, diğerleri ise yok olma durumuyla karşı karşıya kalabileceklerdir (Tuncay ve Üstün, 2012). Bu nedenle çalışmanın adımlarına geçmeden önce elektrikli araçların tarihçesini incelemek önemlidir. Elektrikli araçların tarihi oldukça eskidir. Tarihte bilinen ilk binek elektrikli araç tasarımının 1830 yıllarda Robert Anderson'a ait olduğu bilinmektedir. Bu araç elektrikli bir at arabası olarak tasarlanmıştır. Elektrikli otomobil tasarımı ilk olarak Hollanda'da Profesör Straingh tarafından 1835 yılında oluşturulmuş ve bu tasarım asistanı Christopher Becker tarafından imal edilmiştir. 1834-1835 yılları arasında Thomas Davenport tarafından ABD'de elektrikli yol aracının geliştirildiği ve uygulamasının yapıldığı raporlanmıştır. Bu araç üç tekerlekli olmakla beraber şarj edilmeyen bataryalarla tahrik edilmiştir. 4 yıl sonra Robert Davidson şarj edilemeyen batarya ile tahrik edilen elektrikli lokomotif geliştirmiştir. 1859 yılından sonra kurşun-asit bataryaları geliştirilmiş ve kullanılmaya başlanmıştır. 1882 yılında İngiltere'de Prof. William Ayrton ve John Perry elektrik tahrikli 3 adet tekerlekli aracın uygulamasını yapmıştır. Bu araçların her birinde 10 tane kurşun-asit batarya kullanılmıştır. Aracın menzili araziye bağlı olarak 16-20 [km] arasında olup azami hızı ise 14 [km/h]'tir (Ünlü ve diğer, 2003). 1800'lü yılların sonlarına gelindiğinde elektrikli araçlara olan ilgi oldukça artmış İngiltere'de 1897 yılında "Londra Elektrikli Taksi Şirketi" tarafından 15 tane elektrikli taksi kullanıma alınmıştır (Ünlü ve diğer, 2003). "New York Taxi" firması da elektrikli araçları taksi olarak kullanmaya başlamıştır. 19. yüzyılın sonlarında özellikle Amerika, Fransa ve İngiltere gibi ülkelerde bulunan pek çok firma elektrikli araç üretimine başlamıştır. 1895 yılında Solomon ve Morris tarafından üretilen Electrobats isimli elektrikli araç Şekil 1.1'de gösterilmektedir.



Şekil 1.1 Solomon ve Morris tarafından üretilen Electrobats (Ünlü ve diğer, 2003)

1900'lü yılların başına gelindiğinde içten yanmalı motorlar da hızla gelişmeye başlamıştır. İlk hibrit otomobil 1901 yılında Ferdinand Porsche tarafından geliştirilmiştir. Bu uygulamada, normal benzinli motorla sürülen aracın her bir tekerleğine, Şekil 1.2'de görüldüğü gibi elektrik motorları doğrudan tahrikli (Hub motor) olarak yerleştirilmiştir. Bu elektrik motorları sürekli olarak 2,6 [kW], kısa bir süre için ise 5,2 [kW], elektrik gücü üretebilmektedir. Elektrik enerjisi, Kurşun-Asit aküler tarafından sağlanmaktadır. Bu araç saatte 60 [km/h] ile o dönemin hız rekorunu kırmıştır (Tuncay ve Üstün, 2012).



Şekil 1.2 Ferdinand Porsche tarafından tasarlanan Hibrit Araç (Tuncay ve Üstün, 2012)

Elektrikli araçların özellikle kolay kullanım açısından avantajlı konumda olmasına rağmen Amerika'da şehirler arası yolların fiziki olarak iyileşmesinden kaynaklı olarak daha uzun menzile ihtiyaç duyulması, Teksas'ta ham petrol bulunması ile birlikte düşen benzin fiyatları ve Henry Ford'un içten yanmalı motora sahip araçları

seri olarak üretmeye başlaması gibi nedenler ile tercih edilme oranlarında düşmeler yaşanmaya başladı (Sayın ve Yüksel, 2011).

Özellikle 1970 – 1986 yılları arasında yaşanan petrol savaşlarının sonucu olarak bir çok otomobil üreticisi firma elektrikli araç üretme çalışmalarına başlamıştır. 1989 yılında Ford otomobil firması Think City adında elektrikli aracı üreterek piyasaya sunmuştur. Ford firmasının bu atağından sonra geliştirdikleri batarya teknolojilerini kullanan Nissan firması Altra Ev (Bkz. Şekil 1.3) adını verdiği ve bir batarya ile uzun mesafeler gidebilen hibrit otomobili piyasaya sunmuştur (Uyar, 2015)



Şekil 1.3 Nissan Altra Ev (Uyar, 2015)

Aynı yıl içerisinde oluşan rekabet sonucu Peugeot firması Peugeot 106 Electric otomobilini geliştirip üretmiş ve kullanıcılarına sunmuştur. 1993-1996 yılları arasında Citroen firması Ni-Cd batarya çeşidine sahip Ax Electric isimli araçtan 374 adet üretilip satmıştır. 1997 yılında General Motors tarafından GM EV1 isimli elektrikli araç üretilmiş ve Amerika'nın bir çok eyaletinde ilgi ile kullanılmıştır. Bu tarihten itibaren firmalar arasında rekabet yaşanmaya başlamıştır. 2006 yılına kadar otomobil üreticisi firmalar sırasıyla; Ford, pickup truck, Tesla electric mobile, Chrysler TEVan, Honda EV plus, Toyota RAV4 EV gibi otomobiller üretilmiş ve 2000'li yılların başında dünya genelinde aktif olarak kullanılan 123000 adet elektrikli veya hibritli otomobil bulunmaktaydı. 2000 yılının başında dünya genelinde yaşanan ekonomik kriz sonucunda yakıt fiyatlarının yükselmesi ile elektrikli otomobil isteği ve elektrik hibritli otomobil kullanma isteği artınca Tesla Motors 2004 yılında Tesla electric mobili geliştirerek Tesla Roadstar adında elektrikli otomobili üretmiştir.

Tesla Motors lityum – iyon pil bataryası ile 390 [km] yolculuk yapılmasını sağladığı için hızlı bir şekilde satılmış ve 2 yıl içerisinde 1073 adet satılmıştır. Tesla Roadstar otomobilin ardından aktif olarak kullanılması için otomobil kullanıcılarının beğenisine sunulan Mitsubishi I – Miev 2008 yılının sonunda Japonya’da satışa sunulmuştur. Elektrikli otomobil pazarının canlanması ile firmalar tekrar otomobillerinin tanıtımlarını yapmaya ve satışa sunmaya başlamıştır. 2010 yılında Nissan firması Nissan Leaf (Bkz. Şekil 1.4) modelini otomobil kullanıcılarına sunmuştur.



Şekil 1.4 Nissan Leaf (Uyar, 2015)

Önceleri sadece kiralamak amacıyla satılan, 2010 yılının sonunda bireysel kullanıcılara satılan Nissan Leaf, geliştirilmiş lityum bataryası sayesinde 117 [km] menzile sahip bir otomobil olduğundan tercih edilmiş ve dünya genelinde satılmıştır. 2010 yılından sonra elektrikli araçların satışı hızlanmış ve ekonomik oldukları için dünya genelinde hızlı bir yayılma göstererek sadece binek otomobillerin değil ticari araç ve pick upların da elektrikli olarak üretilmesini istemişlerdir.

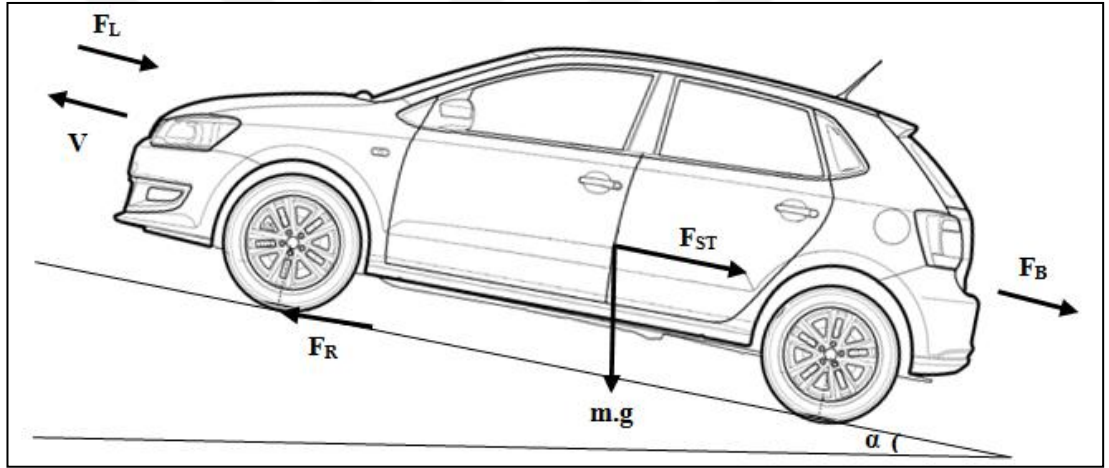
Bu tarihten sonra Citroen C1 Ev, Ford Connect, Transit, Mercedes Benz Vito, Renault, Tesla, Honda gibi elektrikli motorlara sahip ticari araçlarda üretilmiştir. Ticari araçlarda araç ağırlıklarının fazla olması, yük taşıma sırasında daha fazla güce ihtiyaç duyulması nedeniyle lityum piller daha büyük tasarlanmış ve otomobil menzilleri ile aynı menzile sahip fiyat olarak daha pahalı ticari araçlar geliştirilerek üretilmiştir.

BÖLÜM İKİ

ENERJİ SARFIYATININ BULUNMASI

2.1 Temel Kavramlar

Günlük yaşamda aktif olarak kullanılan bir aracın, elektrik tahrikli hale dönüştürülebilmesi için öncelikli olarak uygun bir elektrik motoru ve batarya grubu seçilmesi gerekmektedir. Bu amaçla; seçilen aracın genel araç dinamiği değişken parametreler (Asamaer, Graser, Heilmann ve Ruthmair, 2016) ile incelenecek ve her bir çevirim oranına göre farklı motor devirlerinde gerekli olan motor gücü hesaplanacaktır.



Şekil 2.1 Araca tesir eden direnç kuvvetleri

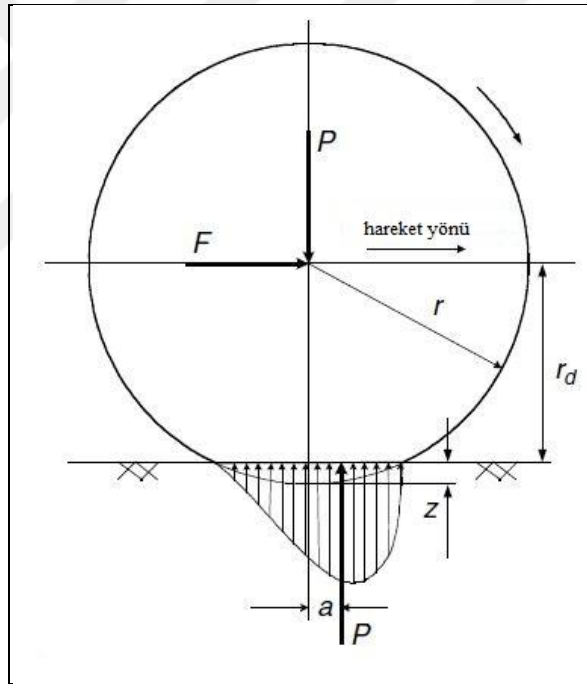
İkinci aşamada ise araç, gerçek yol koşullarında, farklı çevirim oranları ve farklı motor devirlerinde test edilecek, elde edilen sonuçlar teorik hesaplamalar ile karşılaştırılacaktır.

Bir aracın hareket sınırlarını aracın sahip olduğu motorun gücü ve araca etki eden direnç kuvvetleri belirlemektedir. Çalışmamızda ele aldığımız 2012 Model 55 [kW] (75 Hp) ve maksimum 180 [Nm] torklu "Dizel" bir motora sahip Volkswagen marka Polo'yu etkileyen direnç kuvvetleri Şekil 2.1'de resmedilmiştir. Bu direnç kuvvetleri; Yuvarlanma direnci (F_R), Hava direnci (F_L), Yokuş Direnci (F_{ST}) ve İvmelenme

direnci (F_B)'dir (Kuralay, 2008). Çalışma kapsamında sadece enerji kullanımına odaklanılmasından dolayı ivmelenme direnci incelenmeyecektir

2.1.1 Yuvarlanma Direnci (F_R)

Yuvarlanma direnci araca tesir eden kuvvetler arasında en büyüğüdür ve en çok enerji kaybına neden olan direnç kuvvetidir. Yuvarlanma direnci elastik tekerlek ile yol arasında ortaya çıkan şekil değişikliğinden meydana gelmektedir. Yuvarlanma direncinin ana kaynağı; sert zemin üzerinde yuvarlanma esnasında lastiğin karkas yapısında oluşan şekil değişikliğinden dolayı meydana gelen histerisiz kayıplardır. (Bkz. Şekil 2.2)



Şekil 2.2 Lastik sehim ve yuvarlanma direnci (Kuralay, 2008)

Şekil 2.2 incelendiğinde hareket halindeki bir aracın dönen tekerleğinde sehim meydana geldiği görülmektedir. Bu sehim nedeni ile oluşan tepki kuvveti ağırlık merkezi ile çakışmamaktadır. Bu sebep ile tepki kuvveti lastiğin hareketine ters yönde bir moment yaratmaktadır. Oluşan bu tepki kuvveti; yuvarlanma direnci olarak ifade edilir.

$$F_R = -F_X = \left(\frac{a}{r_{\text{dyn}}} \right) \cdot m \cdot g \quad (2.1)$$

$$F_R = \left(\frac{a}{r_{\text{dyn}}} \right) \cdot G = f_r \cdot G \quad (2.2)$$

$$P_r = F_R \cdot V^* \quad (2.3)$$

Denklem 2.2'de verilen f_r *yuvarlanma direnci katsayısını* ifade etmektedir. Bu katsayı farklı yol tipleri ve farklı araçlar için değişiklik göstermektedir. Tablo 2.1'de (Kuralay, 2008) farklı yol şartlarına göre yuvarlanma direnci katsayıları verilmiştir.

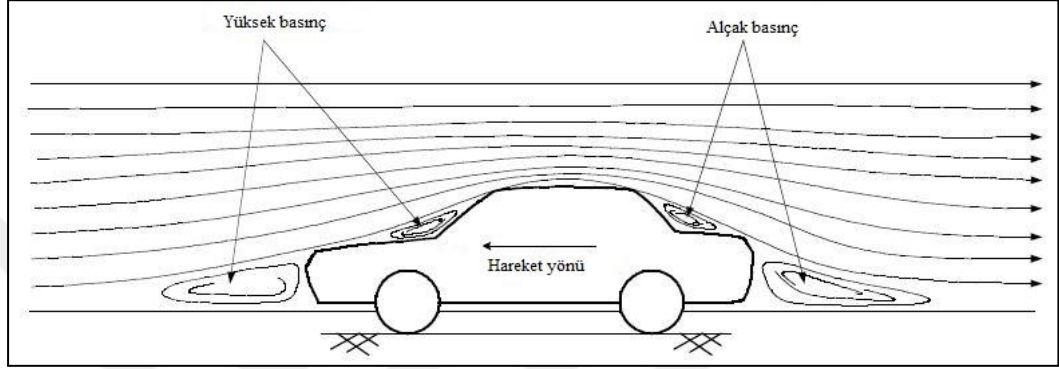
Tablo 2.1 Yol durumuna göre yuvarlanma direnci katsayıları

Yol Durumu	Yuvarlanma Direnci Katsayısı (f_r)
Binek Araç Beton veya Asfalt Yol	0.013
Mıcırlı ziftli Yol	0.02
Mıcırlı Yol	0.025
Toprak Yol	0.05
Tarla Yolu	0.1-0.35
Kamyon Beton veya Asfalt Yol	0.006-0.001
Tren Yolu	0.001-0.002

Tablo 2.1'de farklı yol durumlarına göre yuvarlanma direnci katsayıları verilmiştir ve hesaplamalarda *binek araç beton veya asfalt yol için olan direnç* katsayısı kullanılmıştır.

2.1.2 Hava Direnci (F_L)

Akışkan içerisinde belirli bir hızda ilerleyen bir araca; hareketinin tersi yönünde, hızına doğrudan bağlı olarak, hareketine engel olacak bir direnç kuvveti etki eder (Ehsani, Gao, Gay, ve Emadi, 2005).

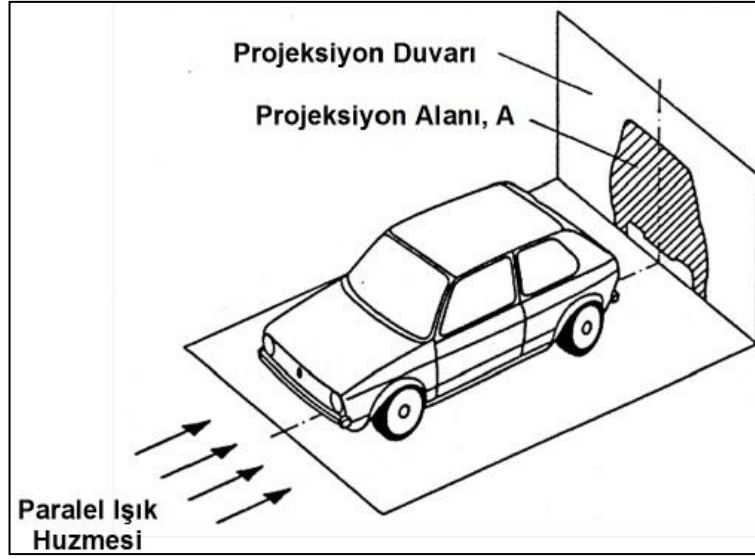


Şekil 2.3 Standart bir binek araç üzerindeki hava akışı (Ehsani ve diğer, 2005)

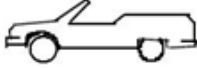
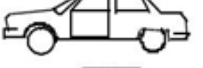
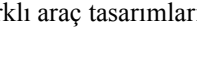
Şekil 2.3'te resmedildiği gibi araç üzerinde yüksek ve alçak basınç bölgeleri oluşur. Bu bölgeler aracın yüzey alanına bağlıdır ve araç hızı arttıkça yüzey basıncı artmaktadır.

Araç havada asılı duran sabit hava moleküllerinin arasından geçerken araç yüzeyinde düşük basınç oluşturur, düşük basınç nedeni ile havada sabit duran hava moleküllerini de beraberinde götürmek ister, araç ile beraber hareket eden hava molekülleri ile sabit hava molekülleri arasında bir sürtünme oluşur. Oluşan bu direnç kuvveti nedeni ile aracın hızını yavaşlatmaya çalışan kayıp güç meydana gelir. (Şahin, 2017)

Bu hava direnci kuvveti; aracın etrafından akan havanın dinamik basıncına bağlı olarak hava yoğunluğuna (ρ), aracın hareket yönüne dik kesit alanına (A) (Bkz. Şekil 2.4), aracın hızına (V), rüzgar hızına (V_w) ve aracın tasarımının meydana getirdiği aerodinamik yapısına bağlı olan sürtünme katsayısına (C_D) bağlıdır (Bkz. Şekil 2.5).



Şekil 2.4 Aracın projeksiyon alanı temsili gösterimi (Kuralay, b.t.)

Aracın Tipi	Aerodinamik Direnç Katsayısı
 Üzeri açık araç	0,5 - 0,7
 Van	0,5 - 0,7
 Binek Araç	0,4-0,55
 Köşeli ve optimize edilmiş	0,3-0,4
 Yağmur damlası modeli	0,2-0,25
 Düşük sürtünme yüzeyi	0,23
 Yağmur damlası Tır, Kamyon	0,15-0,20
 Otobüs	0,8-1,5
 Minibüs, Midibüs	0,6-0,7
 Motorbisiklet	0,3-0,4

Şekil 2.5 Farklı araç tasarımlarına göre aerodinamik sürtünme katsayısı (Ehsani ve diğer, 2005)

$$F_L = C_D \cdot A \cdot \frac{\rho_L}{2} \cdot (V^* + V_W)^2 \quad (2.4)$$

Denklem 2.4'te C_D hava direnci katsayısını ifade etmek için kullanılmış olup aracın aerodinamik yapısına bağlıdır. C_D formüller ile hesaplanamamaktadır. Üretici

firmanın, hava tünellerinde deneysel olarak yaptığı ölçümler ve detaylı katı modelin, yazılımlar ile analiz edilmesi sonucunda bulunmaktadır. V_w rüzgar hızıdır. (ρ_L) akışkan yoğunluğu olup hava basıncı (p) ve sıcaklığa (t) bağlı olarak hesaplanabilir.

$$\rho_L = \frac{348,7 \cdot p [\text{bar}]}{273,2 + t [^\circ\text{C}]} \quad (2.5)$$

Denklem 2.5, farklı ortam şartlarına göre hava yoğunluğunun bulunabilmesi için gerekli olan ifadeyi vermektedir. 20 [°C] sıcaklıkta hava yoğunluğu ρ_L 1,22 [kg/m³] alınabilir.

2.1.3 Yokuş Direnci (F_{ST})

Yokuş direnci; aracın eğimli yolda ilerlemesi esnasında ağırlık merkezinin dik bileşeni ile zemin arasında oluşan eğim açısı nedeni ile oluşmaktadır. Yokuş direnci, aracın ağırlığı ve yokuşun açısı ile ilgilidir. Yokuş aşağı hareketlerde ise harekete yardımcı olup, denklem kurulurken negatif işaret olarak formülde yerine koyulur.

Şekil 2.1'de eğimli bir yolda ilerleyen araca tesir eden yokuş direnci görülmektedir. Buradaki α eğim açısını ifade etmektedir.

Kara yollarında yokuş eğimi açı olarak verilmemektedir (Bkz. Tablo 2.2). Bunun yerine yüzdesel olarak ifade edilir. % 7 yokuş eğiminin anlamı 100 [m] ilerlemeye karşı 7 [m] tırmanmadır.

Tablo 2.2 Farklı yol tiplerine göre maksimum yol eğimleri (Kuralay, 2008)

Yol Tipi	Eğim (%)
Otoyollarda	%10
Şehir içi yollarda	%15
Kırsal arazi yollarında	%22
Dağ yolu	%32

$$\alpha = \tan^{-1}(0,0X) \quad (2.6)$$

$$p = \sin \alpha \quad (2.7)$$

$$F_{ST} = G.p \quad (2.8)$$

$$F_{ST} = m.g.p \quad (2.9)$$

2.1.4 Hareket Güçleri (P_T)

Toplam hareket direnci F_T ; araca tesir eden her bir direnç kuvvetinin toplanması sonucunda oluşur. Bu toplam kuvvete çekme kuvveti de denir (Kuralay, 2008).

Aracın istenilen şartlarda hareket edebilmesi için yenilmesi gereken bu toplam kuvvetin, araç hızı ile çarpılması sonucunda oluşan yeni eşitlik tekerleklerdeki toplam gücü verip güç ihtiyacı veya kayıp güç olarak da ifade edilebilir.

$$F_T = F_R + F_{ST} + F_L \quad (2.10)$$

$$F_T = f_r.G + G \cdot \sin \alpha + C_D.A \cdot \frac{\rho_L}{2} \cdot V^{*2} \quad (2.11)$$

$$V^* = \frac{\pi.n_m}{30} \cdot \frac{r_{dyn}}{i_V.i_D} \quad [m/s] \quad (2.12)$$

Genel güç ihtiyacı denklemi:

$$P_T = F_T \cdot V^* \quad (2.13)$$

$$P_T = \left(\frac{2.\pi.r_{dyn}.n}{60.i_V.i_D} \right) \cdot \left(f_r.G + G.p + C_D.A \cdot \frac{\rho_L}{2} \cdot \left(\frac{2.\pi.r_{dyn}.n}{i_V.i_D.60} \right)^2 \right) \quad (2.14)$$

$$F_T \cdot r_{dyn} = T \cdot i_V \cdot i_D \quad (2.15)$$

Denklem 2.14 *genelleştirilmiş güç ihtiyacı* denklemini ifade etmektedir. Bu denkleme göre farklı araç hızlarında aracın ihtiyacı olan güç bulunabilir. Denklem 2.15 ise aracın ihtiyacı olan *motor torkunu* hesaplayabilmek için kullanılmaktadır.

Semboller (Kuralay, 2008)

V^*	: Araç hız [m/s] (Hesaplamalarda araç hızı [m/s] olarak alınmaktadır)
V_w	: Rüzgar hızı [m/s] (Hesaplamalarda [m/s] olarak alınmaktadır)
V	: Araç hızı [km/h] (Hesaplamalar dışında, araç hızı [km/h])
r_{dyn}	: Tekerleğin dinamik yarıçapı [m]
i_v	: İlgili vitesin çevrim oranı []
i_D	: Diferansiyel çevrim oranı []
f_R	: Yuvarlanma direnç kat sayısı []
a	: Basınç merkezinin lastik ekseninden kayma mesafesi [m]
α	: Eğim açısı [°]
p	: $\sin\alpha$ []
C_D	: Hava direnci kat sayısı []
A	: Araç kesit alanı [m ²]
ρ_L	: Hava yoğunluğu [kg / m ³]
n	: Motor devri [dev/dk]
T	: Motor torku [Nm]
P_T	: Güç ihtiyacı [kW]
F_T	: Toplan direnç kuvveti [N]
m	: Araç ağırlığı [kg]
g	: Yer çekim ivmesi [m/s ²]

2.2 Teorik Hesaplamalar ile Güç İhtiyacının Bulunması

Araca etki eden her bir direnç kuvvetinin ayrı ayrı hesaplanması sonucunda genel hareket denklemi çıkarılır. Bu denkleme göre aracın istenilen hızda ve şartlarda gidebilmesi için gerekli olan motor gücü ve motor torku bulunur.

Tablo 2.3 Hesaplamalarda kullanılacak araca ait teknik bilgiler

Tanım	Sembol	Birim	Bilgi
Motor			
Motor Tipi		-	Dizel Yakıtlı Motor
Silindir Sayısı		-	3
Kapasite		[cm ³]	1199
Maksimum Güç	P _{max}	[kW/HP]	55 / 75
Maksimum Tork	T _{max}	[Nm]	180
Tekerlek Ölçüleri & Ağırlık			
Net araç ağırlığı		[kg]	Net:1132 - Azami:1620
Lastik ölçüleri			185/60 R15 (Ön-Arka)
Şanzıman & Vites Oranları			
1. Vites Oranı	i ₁	-	3,78:1
2. Vites Oranı	i ₂	-	2,12:1
3. Vites Oranı	i ₃	-	1,27:1
4. Vites Oranı	i ₄	-	0,87:1
5. Vites Oranı	i ₅	-	0,66:1
Diferansiyel Oranı	i _D	-	3,39:1
Aerodinamik Özellikler			
Sürtünme Katsayısı	C _D	-	0,317
Kesit Alanı	A	[m ²]	2,05
Yakıt Tüketim Bilgileri			
Yakıt Tüketimi		[l/100 km]	6,5/4,4/5,1
km/litre		[km/l]	15,4/22,7/19,6
CO ₂ Emisyonu		[gr/km]	89

Tablo 2.3'te çalışmaya konu olan aracın teknik bilgileri bulunmaktadır. (Cars Data, b.t.; Carinf.com Focused on Data, b.t.; 6R Kullanıcı Kılavuzu, b.t.) Bu bilgiler matematiksel olarak yapılan analitik hesaplamalarda kullanılacaktır

Denklem 2.14 genelleştirilmiş güç ihtiyacı denklemi kullanılarak örnek bir hesaplama yapılması durumunda.

Sürüş kriterleri :

- 5. Vites kademesi
- 3000 [dev/dk] motor hızı
- Durgun hava
- %5 eğim açısı $\rightarrow \alpha = \arctan(0,05)$, $\alpha = 2,862^\circ$, $p = \sin(\alpha)$ $p = 0,049$ [-]
- Normal çalışma şartı (Araç net ağırlığı (1132 [kg]) ve sürücü (80 [kg])

olsun;

Genelleştirilmiş güç ihtiyacı denklemi;

$$P_T = V^* \cdot \left(f_R \cdot m \cdot g + m \cdot g \cdot p + C_D \cdot A \cdot \frac{\rho_L}{2} \cdot V^{*2} \right)$$

r_{dyn} : 0,29 [m]

π : 3,14 [-]

n : 3000 [dev/dk]

i_5 : 0,66 [-] (Tablo 2.3)

i_D : 3,39 [-] (Tablo 2.3)

f_r : 0,013 [-] (Tablo 2.1)

m : 1212 [kg] (Araç net ağırlığı 1132 [kg] (Tablo 2.3) + 80 [kg] sürücü)

g : 9,81 [-]

p : 0,049 [-]

C_D : 0,317 [-] (Tablo 2.3)

A : 2,05 [m²] (Tablo 2.3)

ρ_L : 1,22 [kg/m³]

$$V^* = \frac{\pi \cdot n_m}{30} \cdot \frac{r_{dyn}}{i_v \cdot i_D}$$

$$V^* = \left(\frac{3,14.3000.0,29}{30.0,66.3,39} \right) [\text{m/s}]$$

$$V^* = 40,69 [\text{m/s}]$$

$$V = 40,69.3,6 [\text{km/h}]$$

$$V = 146,51 [\text{km/h}]$$

Çalışma için seçmiş olduğumuz araç 3000 [dev/dk] motor hızında, 5. Vites kademesi 146,51 [km/h] hız ile gitmektedir.

$$P_T = V^* \cdot \left(f_R \cdot m \cdot g + m \cdot g \cdot p + C_D \cdot A \cdot \frac{\rho_L}{2} \cdot V^{*2} \right)$$

$$P_T = 40,69 \cdot \left(0,013.1212,9,81 + 1212,9,81.0,049 + \frac{0,317.2,05.1,22.40,69^2}{2} \right)$$

$$P_T = 40,69 \cdot (154,56 + 582,59 + 656,32)$$

$$P_T = 56700 [\text{Watt}]$$

$$P_T = 56,7 [\text{kW}]$$

$$F_T \cdot r_{\text{dyn}} = T \cdot i_V \cdot i_D$$

$$T = \frac{F_T \cdot r_{\text{dyn}}}{i_V \cdot i_D}$$

$$T = \frac{(154,56 + 582,59 + 656,32) \cdot 0,29}{0,66.3,39}$$

$$T = 180,61 [\text{Nm}]$$

Örnek olarak yapılan yukarıdaki hesaplama sonucunda 3000 [dev/dk] motor hızı, 5. vites kademesinde ve %5 yol eğiminde aracın sorunsuz ilerleyebilmesi için gerekli olan motor gücü 56,7 [kW] ve motor torku 180,61 [Nm]'dir.

Yukarıda örnek olarak verilen hesaplamalar ışığında; Denklem 14 ve Tablo 2.3'ten yararlanarak aracın normal çalışma şartında ve düz yolda ilerlemesi esnasında farklı motor devirleri ve vites kademelerinde gerekli olan motor gücü ihtiyacı Tablo 2.4'te yer almaktadır.

Tablo 2.4 Farklı vites kademeleri ve motor devirlerinde hesaplanan güç ihtiyacı

	[dev/dk]	1000		2000		3000		4000		5000	
Vites	Tahvil Oranı	P _T [kW]	V [km/h]	P _T [kW]	V [km/h]	P _T [kW]	V [km/h]	P _T [kW]	V [km/h]	P _T [kW]	V [km/h]
1	i ₁ =3,78	0,37	8,50	0,77	17,03	1,24	25,56	1,80	34,09	2,49	42,62
2	i ₂ =2,12	0,68	15,23	1,54	30,38	2,76	45,61	4,52	60,80	7,00	76,00
3	i ₃ =1,27	1,23	25,38	3,29	50,76	7,02	77,44	13,25	101,52	22,81	126,90
4	i ₄ =0,87	2,02	37,04	6,64	74,09	16,44	111,13	34,02	148,17	61,97	185,22
5	i ₅ =0,66	3,09	48,82	12,11	97,67	33,01	146,48	71,73	195,33	134,20	244,19

Teorik hesaplamalar başlığı altında yapılan çalışmalar aracın normal çalışma şartlarına göre (net ağırlık (1132 [kg]) ve bir sürücü (80 [kg]) olmak üzere, toplam 1212 [kg]) yapılmıştır. Bunun nedeni aracın kişisel olarak kullanılması ve test koşulları ile analitik hesaplama sınır şartlarının eşit koşullarda karşılaştırılmasını sağlamaktır. Tablo 2.5'te, P_{Tmax} olarak ifade edilen kısım aracın azami yüklenmesi (Bkz. Tablo 2.3) neticesinde oluşacak güç ihtiyacını ifade etmektedir. Bu bölgeden elektrik motoru seçimi yapılırken yararlanılacaktır. T₄ ve T₅ normal çalışma şartlarında gerekli olan motor torkudur.

Tablo 2.5 Hıza göre güç ihtiyacı ve motor torku

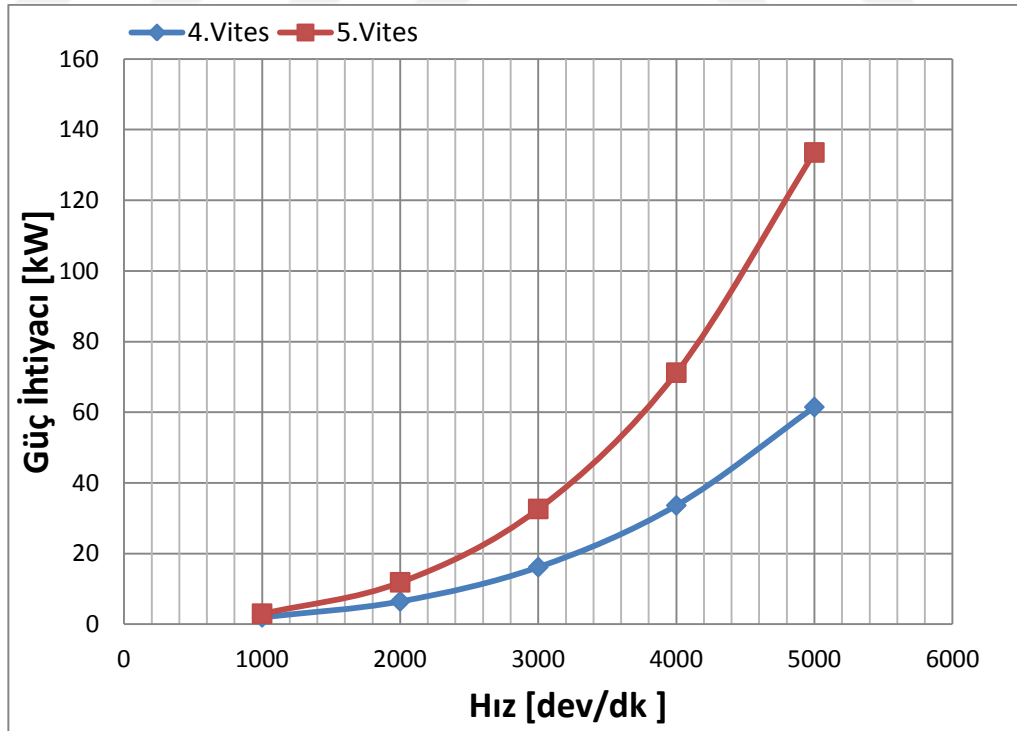
V[km/h]	P _T [kW]	P _{Tmax} [kW]	T ₄ [Nm]	T ₅ [Nm]
10	0,44	0,58	14,49	19,11
20	0,92	1,21	15,39	20,29
30	1,51	1,94	16,89	22,26
40	2,25	2,83	18,89	25,02
50	3,19	3,91	21,67	28,57
60	4,39	5,25	24,96	32,90
70	5,88	6,89	28,85	38,03
80	7,73	8,89	33,34	43,94
90	9,99	11,29	38,42	50,64
100	12,70	14,14	44,10	58,14
110	15,91	17,50	50,38	66,41
120	19,68	21,41	57,26	75,48
130	24,06	25,93	64,74	85,34
140	29,09	31,11	72,81	95,98
150	34,83	36,99	81,49	107,41

Tablo 2.5'te yapılan hesaplamalar neticesinde hıza göre güç ihtiyacı bilgileri ve aynı hız kademelerinde 4. ve 5. viteslerde motorun vermesi gereken motor tork bilgileri aktarılmıştır.

Tablo 2.6 Farklı motor devirleri ve vites kademelerinde gerekli motor torku

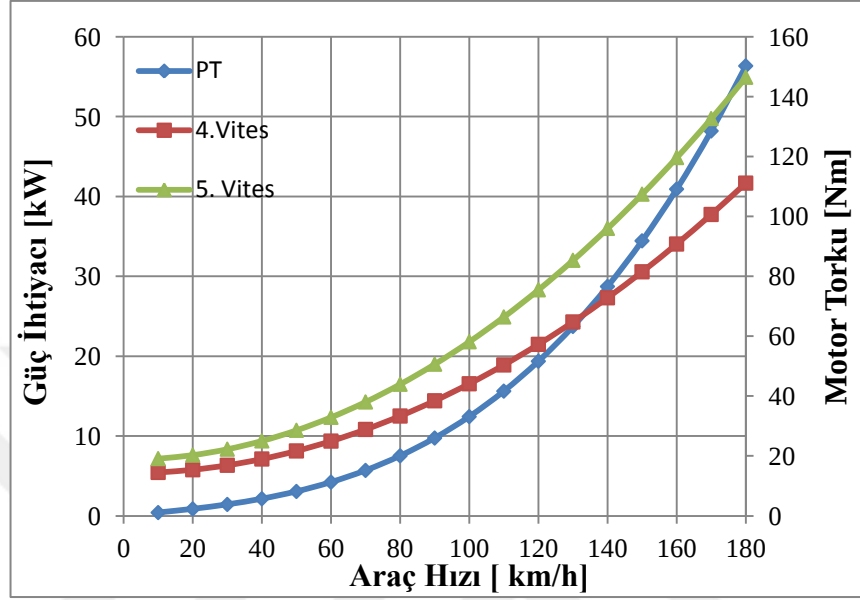
Devir	i_1	i_2	i_3	i_4	i_5
T[Nm]					
1000	3,3	6,1	11,0	18,3	28,1
2000	3,4	6,9	15,0	30,7	56,5
3000	3,7	8,3	21,6	51,3	103
4000	4,0	10,3	30,9	80,2	170
5000	4,5	12,9	42,9	117,4	255

Tablo 2.6'da verilen bilgiler, her vites kademesine ve motor devrine karşılık gelen gerekli olan motor tork değerleridir.



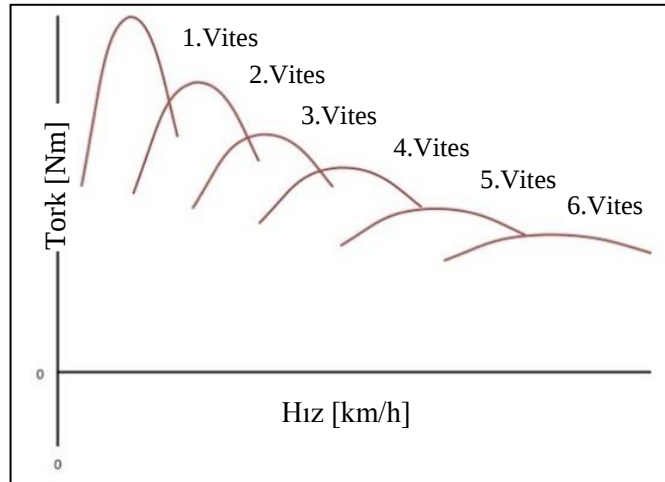
Şekil 2.6 4. ve 5. vites basamakları için hesaplan güç ihtiyacı grafiği

Şekil 2.6'da, aracın Tablo 2.4'te bulunan değerlerin grafiksel olarak gösterimi yapılmıştır. Grafik, ara değerlerin eğriler üzerinden bakılabilmesine imkan sağlamaktadır.



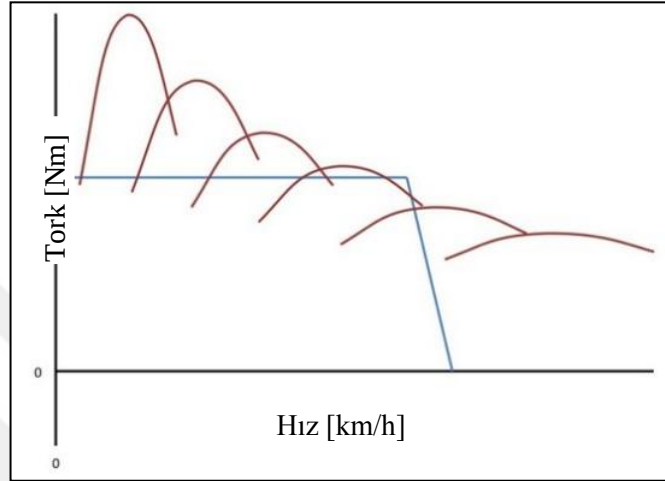
Şekil 2.7 Hıza göre güç ihtiyacı ve aynı hızlarda 4. ve 5. vites basamakları için gerekli olan motor torku

Şekil 2.7'de, motor devrinden bağımsız olarak, sadece araç hızına göre motor torku ve güç ihtiyacı bilgileri grafiksel olarak verilmiş olup gerekli olan ara hız kademeleri bilgileri de grafikler üzerinden okunabilmektedir.



Şekil 2.8 İçten yanmalı motora ait viteslere göre tork grafiği (Alta Motors, 2014)

Şekil 2.8'de normal içten yanmalı motora ait bir aracın vites basamaklarına göre tork eğrileri verilmiştir. Grafik incelendiğinde ilk vites kademesinde motordan yüksek tork elde edilebilmekte, vites basamakları büyüdüğünde tork değeri düşmektedir. Ayrıca, eğrilere dikkatle bakıldığında viteslere göre maksimum tork çok kısa aralıklarda alınabilmektedir.



Şekil 2.9 İçten yanmalı motor ile elektrik motoruna ait tork eğrilerinin karşılaştırılması (Alta Motors, 2014)

Şekil 2.9'da içten yanmalı motor ile elektrik motoruna ait tork eğrileri yer almaktadır. Mavi çizgi ile verilen elektrik motoruna ait tork eğrisidir ki dikkat edildiğinde içten yanmalı motora göre torku daha az olmasına rağmen geniş aralıkta aynı tork değeri alınabilmektedir.

Hesaplamalarını yaptığımız ve sonuçlarını verdiğimiz yukarıdaki tablolarda ve grafiklerde *yokuş direnci* ve *ivmelenme direnci* hesaba katılmamıştır. Burada güç ihtiyacı olarak adlandırdığımız terim; aracın söz konusu motor devrinde ve vites kademesinde hareket edebilmesi için motorun vermesi gereken gücü ifade etmektedir.

Bu kısma kadar yapılan hesaplamalarda yokuş direnci dikkate alınmamıştır. Yokuş direnci de hesaplamalara eklenir ise elde edilen yeni sonuçlar aşağıdaki gibi olacaktır.

Tablo 2.7 Farklı yol eğimlerine göre $\sin\alpha$ değerleri

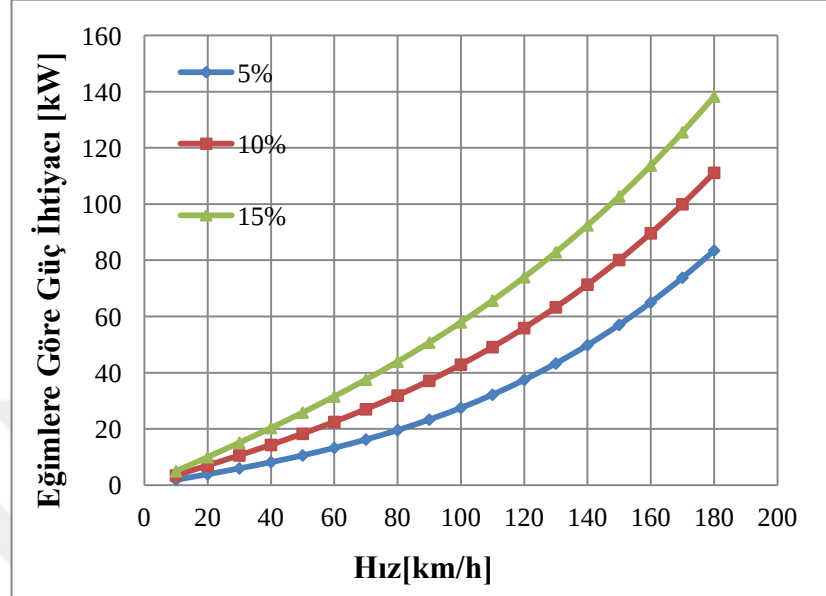
Eğim	α	$\sin\alpha$
%5	2,86°	0,049
%10	5,71°	0,099
%15	8,53°	0,148

Tablo 2.7'de karayollarında günlük yaşamda rastlanabilecek farklı yol eğimlerine karşılık gelen $\sin\alpha$ değerleri verilmiştir. Bu değerler, Denklem 2.14'ün tekrar hesaplanmasında kullanılacak ve farklı yol eğimlerine göre motorun üretmesi gereken motor gücünün ve motor torkunun belirlenmesinde kullanılacaktır.

Tablo 2.8 Farklı yol eğimlerine göre güç ihtiyacı

Eğim	%5	%10	%15
Hız [km/h]	P_T [kW]	P_T [kW]	P_T [kW]
10	2,05	3,70	5,31
20	4,15	7,44	10,67
30	6,35	11,29	16,13
40	8,71	15,29	21,75
50	11,26	19,50	27,56
60	14,07	23,95	33,63
70	17,18	28,71	40,00
80	20,64	33,82	46,73
90	24,51	39,33	53,86
100	28,84	45,30	61,44
110	33,66	51,78	69,53
120	39,05	58,81	78,17
130	45,04	66,44	87,42
140	51,68	74,74	97,33
150	59,03	83,74	107,94

Tablo 2.8; farklı yol eğimlerine ve Denklem 14'e göre tekrar hesaplanan hıza göre güç ihtiyacı bilgilerini içermektedir.



Şekil 2.10 Farklı yol eğimlerine göre güç ihtiyacı

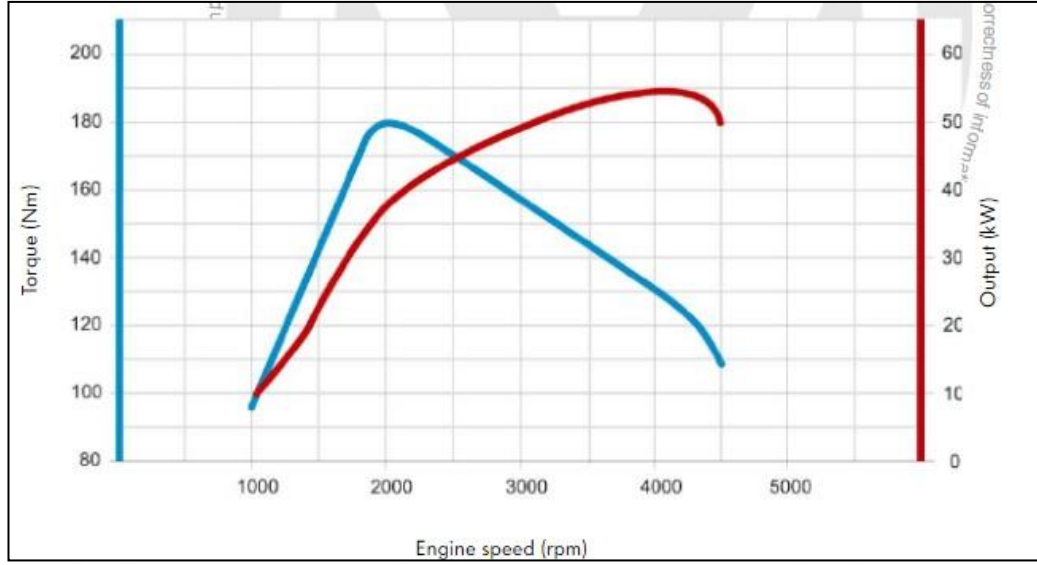
Şekil 2.10'da, farklı yol eğimlerinde hıza göre verilmiş güç ihtiyacı bilgileri yer almaktadır.

Tablo 2.9 Hıza göre , farklı yol eğimlerinde 4. ve 5. vites kademeler için motor torku

V	%5		%10		%15	
	T ₄	T ₅	T ₄	T ₅	T ₄	T ₅
[km/h]	[Nm]	[Nm]	[Nm]	[Nm]	[Nm]	[Nm]
10	72,78	95,94	131,24	173,00	188,52	248,51
20	73,68	97,12	132,13	174,18	189,42	249,69
30	75,17	99,09	133,63	176,15	190,91	251,66
40	77,26	101,85	135,72	178,90	193,00	254,42
50	79,95	105,39	138,41	182,45	195,69	257,96
60	83,24	109,73	141,69	186,78	198,98	262,29
70	87,12	114,84	145,58	191,90	202,86	267,41
80	91,61	120,75	150,06	197,81	207,35	273,32
90	96,68	127,45	155,14	204,50	212,42	280,01
100	102,36	134,93	160,82	211,98	218,10	287,50
110	108,63	143,20	167,09	220,25	224,38	295,77
120	115,51	152,26	173,96	229,31	231,25	304,83
130	122,98	162,10	181,43	239,16	238,72	314,67
140	131,04	172,74	189,50	249,79	246,78	325,31
150	139,71	184,16	198,16	261,21	255,45	336,73

Tablo 2.9'da, farklı yol eğimlerinde Denklem 2.15'e göre tekrar hesaplanan hıza göre 4. ve 5. vites kademelerinde gerekli olan motor torku bilgeleri yer almaktadır.

Yokuş direnci hesaba katılarak yapılan hesaplamalar sonucunda farklı yol eğimlerine göre gerekli olan motor gücü ve motor torku ihtiyacı; Tablo 2.8, Tablo 2.9 ve Şekil 2.8'de açıkça görülmektedir. Bu hesaplamalar ve tablolar dikkatle incelendiğinde, yokuş direncinin güç ihtiyacına olan etkisi net bir şekilde anlaşılmaktadır.



Şekil 2.11 Araca ait motor performans grafiği (SCRIBD 6R Servis Kılavuzu, 2014)

Şekil 2.11'de çalışmaya konu olan Polo'ya ait 55 [kW] güce sahip motorun performans grafiği bulunmaktadır. Bu grafikte, aracın motor devrine göre sağlayabildiği motor gücü ve motor torku görülmektedir.

Aracın hareket sınırlarını bulabilmek için Denklem 2.14'e göre matematiksel olarak hesapladığımız sonuçların, bu grafik ile karşılaştırılması gerekmektedir. Örnek olarak; Tablo 2.4'e göre araç 5. vites kademesinde 3000 [dev/dk]'da iken gerekli olan güç 33,01 [kW] ve Tablo 2.6'ya göre gerekli olan motor torku 103 [Nm]'dir. Şekil 2.11 incelendiğinde 3000 dev/dk için motor 48 [kW] güç ve 156 [Nm] tork sağlayabilmektedir. Bu bilgiler karşılaştırıldığında aracın bu bölgede sorunsuz ilerleyebildiği görülmektedir. Fakat yokuş direnci de dahil edildiğinde 5. vites 3000 [dev/dk] için araç hızı 146,48 [km/h]'tir (Bkz. Tablo 2.6) ve bu araç hızı için, Tablo 2.8 ve Tablo 2.9 incelenir ise gerekli olan güç ihtiyacı ve motor torku araç motorunun sağlayamayacağı anlaşılmaktadır. Yani, aracın 3000 [dev/dk] motor hızı ile %5 eğime sahip bir yolda ilerleyebilmesi için sahip olduğu motorun gücü yeterli değildir.

2.3 Deneysel Çalışmalar

Teorik hesaplamaların, gerçek yol şartlarında yapılan deneysel çalışmalar ile tutarlılığını anlamak ve üretici firmanın ideal şartlarda test ederek vermiş olduğu araç verileri ile örtüşüp örtüşmediğini saptayabilmek için üç farklı yöntem kullanılmıştır. Bunlardan ilki araç servislerinde hata tespit etmek için kullanılan ve kablosuz iletişime olanak sağlayan Wow Snooper Diagnostic System (Professional Diagnostic and System Solution IQ 400, b.t.) olarak adlandırılan hata tespit cihazı ile veri toplanması, ikincisi ELM-327 Hata Tespit Cihazı (ELM Electronics OBD, b.t) ile veri toplanması ve üçüncüsü ise araçların motor durumunu öğrenmek için oto ekspertizlerinin kullandığı dinamik test (Dyno testing and tuning, 2008) ile motor verilerinin toplanmasıdır.

OBD (On-Board Diagnostic System) otomotiv sektöründe bulunan araçların motor, elektronik ve şasi sisteminde bulunan hataları görmek için kullanılan bir sistemdir (Sosnowski ve Gardetto, 2001).

Çevre koruma ajansı (EPA)'nın kurulmasının ardından Çevre Koruma Yasası kullanılmaya başlanmıştır. Bu yasaya göre emisyon ve çevre kirliliğini azaltabilmek için araçlarda ECU sistemi (Electronic Control Unit) ve sensörler kullanılmaya başlanmıştır (Environmental Protection Agency, 2001).

Sensörlerden alınan veriler, 1996 yılından sonra benzinli araçlarda bulunması zorunlu olan standart bir soket OBD-II haberleşme protokolü üzerinden aktarılmaktadır. Dizel motorlu araçlarda 1 Ocak 2003 yılı itibari ile OBD-II soketleri kullanılmaya başlanmıştır.



PIN	DESCRIPTION	PIN	DESCRIPTION
1	Vender Option	9	Vender Option
2	J1850 Bus +	10	J1850 Bus -
3	Vender Option	11	Vender Option
4	Chassis Ground	12	Vender Option
5	Signal Ground	13	Vender Option
6	Can (J-2234) High	14	Can (J-2234) Low
7	ISO 9141-2 K-Line	15	ISO 9141-2 L-Line
8	Vender Option	16	Battery Power

Şekil 2.12 OBD-II Konnektör pinleri (ELM 327 Obd Interpreter, b.t.)

OBD-II soketinin araçlarda, sürücü koltuğu ve yolcu kabini çevresi altında bulunması zorunluluğu vardır. Her araçta farklı yerlerde bulunabilir. Fakat OBD-II soketi standart olduğu için Şekil 2.12'de verilen pin şemasına göre olmak zorundadır.

2.3.1 Wow Snooper Hata Tespit Cihazı ile Veri Toplanması

Wow Snooper Diagnostic System ile araca ait olan gerekli veriler toplanmıştır. Bu sistem iki ana bileşenden oluşmaktadır.

İlk bileşen; araca OBD-II soketi üzerine takılır ve aracın sensörlerinden gelen sinyalleri işler. Bluetooth yardımı ile, işlenen bu ham verileri görüntülemek için kullanılan ve üzerinde basit bir arayüz bulunan ekrana gönderir (Bkz. Şekil 2.13).

İkinci bileşen ise; üzerinde bulunan basit bir arayüz vasıtası ile içerisinde testi yapılmak istenilen tüm araçların bilgilerini bulunduran ve test esnasında istenilen sensörlerin verilerini grafiksel ve sayısal olarak anlık görebileceğimiz bir laptop veya kullanıcı panelidir (Bkz. Şekil 2.13).

Bu panel üzerinden aracın; devir, hız, motor sıcaklığı, yakıt tüketimi, motor torku vb. tüm sensör bilgileri anlık olarak araç hareket esnasındayken takip edilebilmektedir.



Şekil 2.13 Wow hata tespit sistemi (Professional Diagnostic and System Solution IQ 400, b.t.)

Testi yapılan 2012 Model Volkswagen Polo'nun ön konsolunun altında bulunan OBD-II bağlantısının yapılmasının ardından sistemin birbiri ile haberleşmesi sağlanır. Bu haberleşmenin ardından ara yüz üzerinden doğru araç bilgileri seçildikten sonra istenilen sensör bilgileri seçilmelidir.

Çalışmamız için gerekli olan sensör verileri; Motor Devri, Araç Hızı, Motor Torku ve Yakıt Tüketimidir. Bu sensör bilgileri aktif edildikten sonra, eş zamanlı olarak ara yüz üzerinde veriler akmaya başlamaktadır. İstenilen verilerin ekranda eş zamanlı olarak görülmesinin ardından, araç ile gerçek yol şartlarında deneme test sürüşlerine başlanmıştır.

Test sürüşü esnasında eş zamanlı olarak gelen veriler; grafiksel ve sayısal olarak görüntülenmiş olup test sonrasında analiz edilmek için kaydedilmiştir.

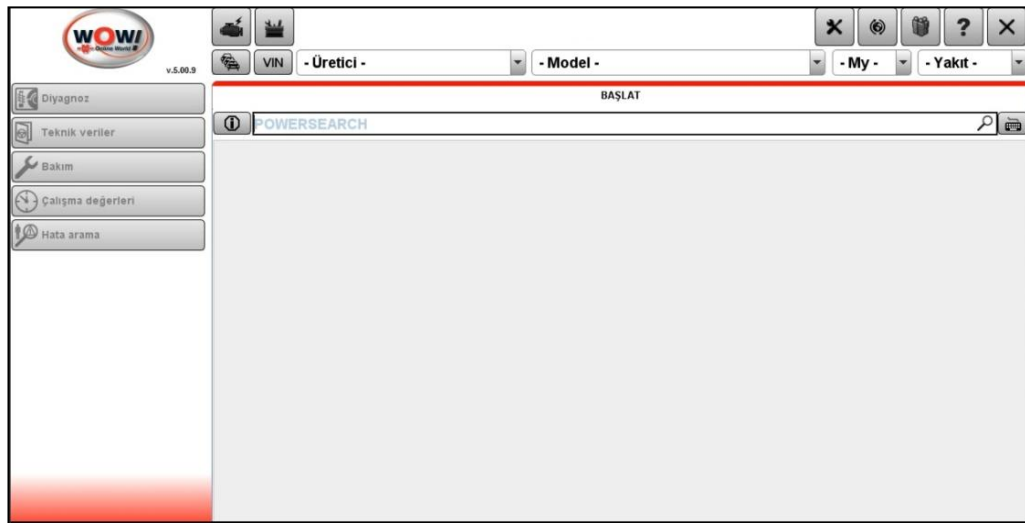
Test sürüşünün kriterleri;

- Gerçek yol ve hava şartları olması,
- Trafığe açık yol olması,
- Her bir vites kademesinde kademeli olarak hız arttırılması ve bu hız artırımının 10 [km/ h] olması,
- Anlık yakıt tüketim bilgisi alınması için sabit hız ile gidilmesi,
- İvmelenmenin anlık yakıt tüketimde hesaba katılmaması, ortalama yakıt tüketiminde kullanılması.

2.3.1.1 Wow Snooper Hata Tespit Cihazı Kurulumu

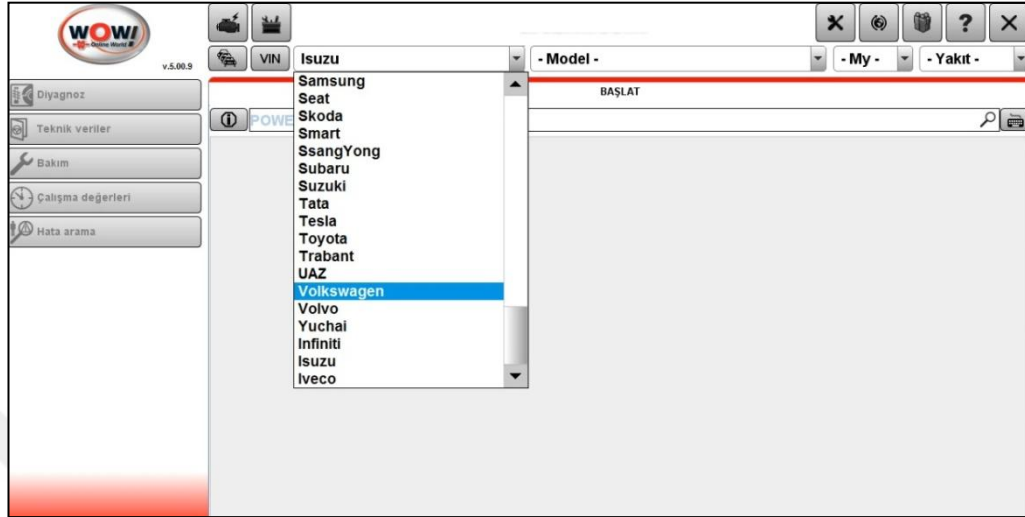
Wow Snooper cihazı ile, gerçek yol şartlarında test yapılmadan önce kurulumunun yapılması gerekir. OBD - II soket bağlantısı araçta bulunan uygun porta takıldıktan sonra cihaza ait laptop üzerinden kullanıcı ara yüzü açılır ve bluetooth bağlantısı kurulması sağlanır. Bu işlem için aracın kontağının açık olması gerekmektedir.

Kurulum ve program kullanımı işlem basamakları;



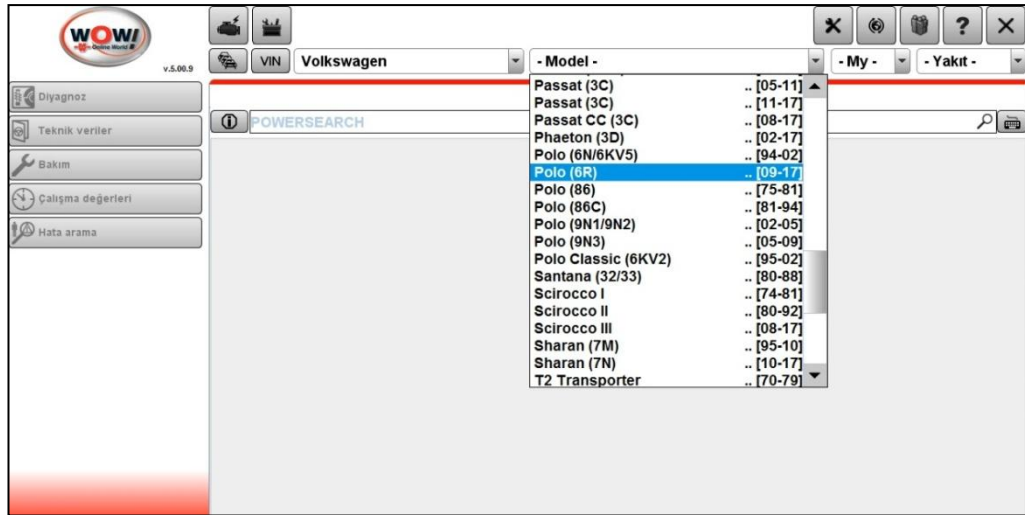
Şekil 2.14 Wow Snooper arayüz programı açılış sayfası (Kişisel arşiv, 2017)

Program laptop üzerinden açılır ve bluetooth bağlantısı kurulur. Açılış sayfası Şekil 2.14'te görüldüğü gibidir.



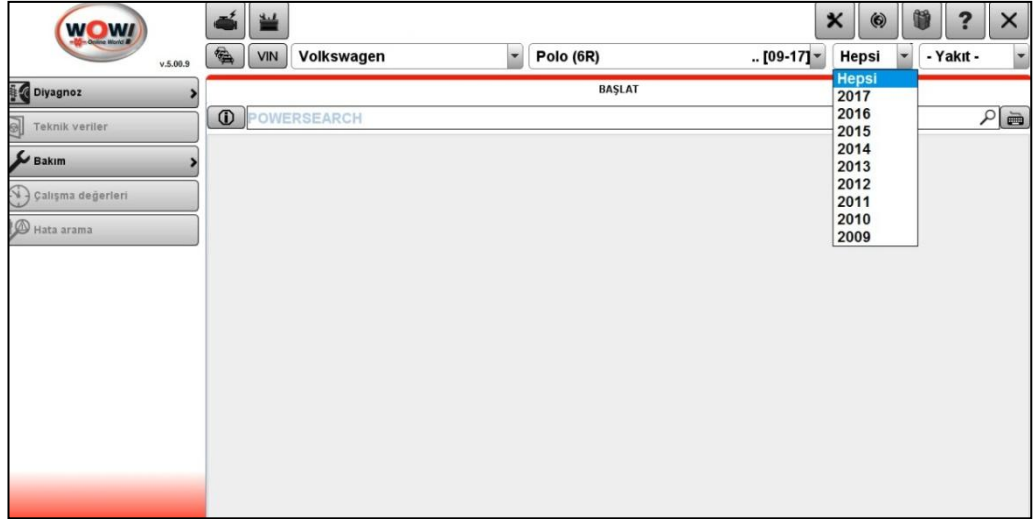
Şekil 2.15 Program üzerinden araç markasının seçilmesi (Kişisel arşiv, 2017)

Açılan programda test yapılması istenilen aracın markası Şekil 2.15'te olduğu gibi seçilir.



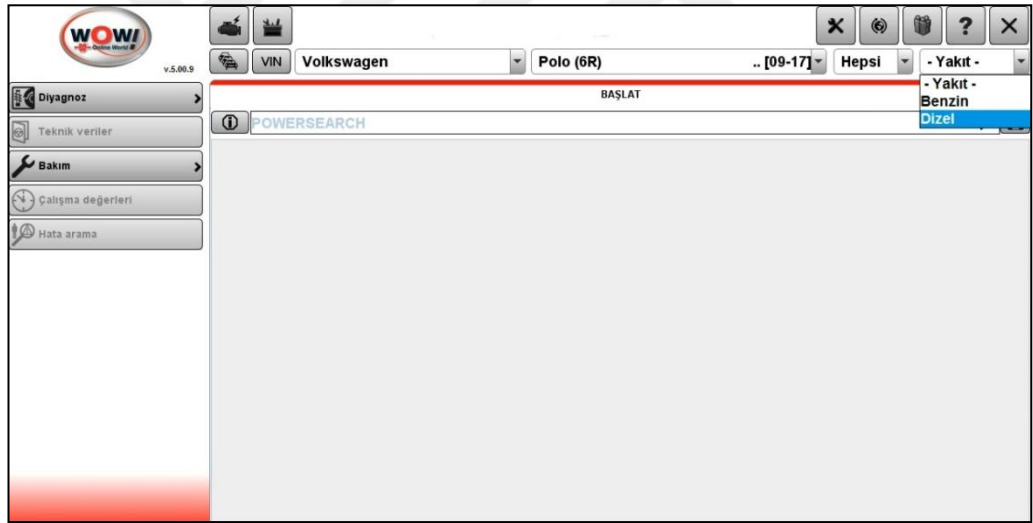
Şekil 2.16 Program üzerinden araç modelinin seçilmesi (Kişisel arşiv, 2017)

Program üzerinden markası seçilen aracın, model seçimi yapılır (Bkz. Şekil 2.16).



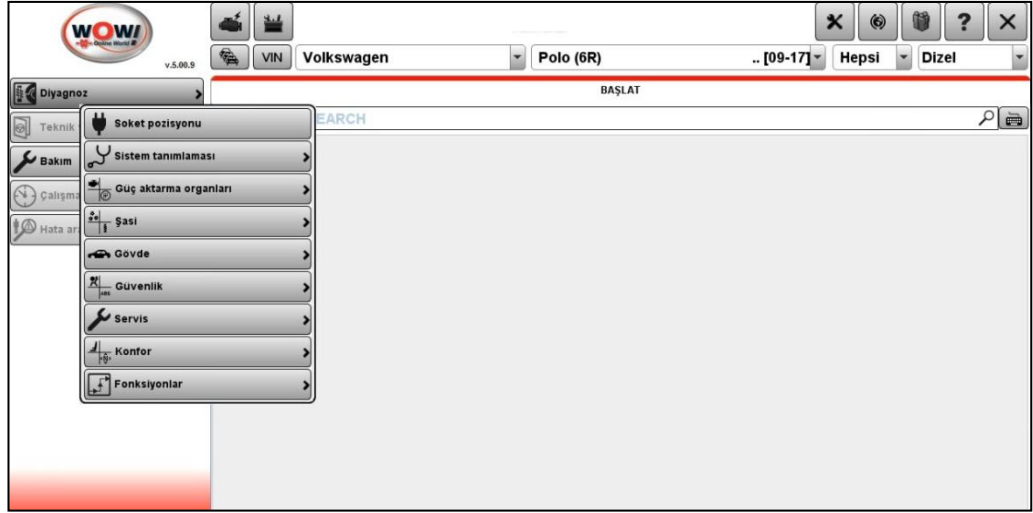
Şekil 2.17 Program üzerinden araç üretim yılının seçilmesi (Kişisel arşiv, 2017)

Markası ve modeli seçilen aracın üretim yılı seçilir (Bkz. Şekil 2.17).



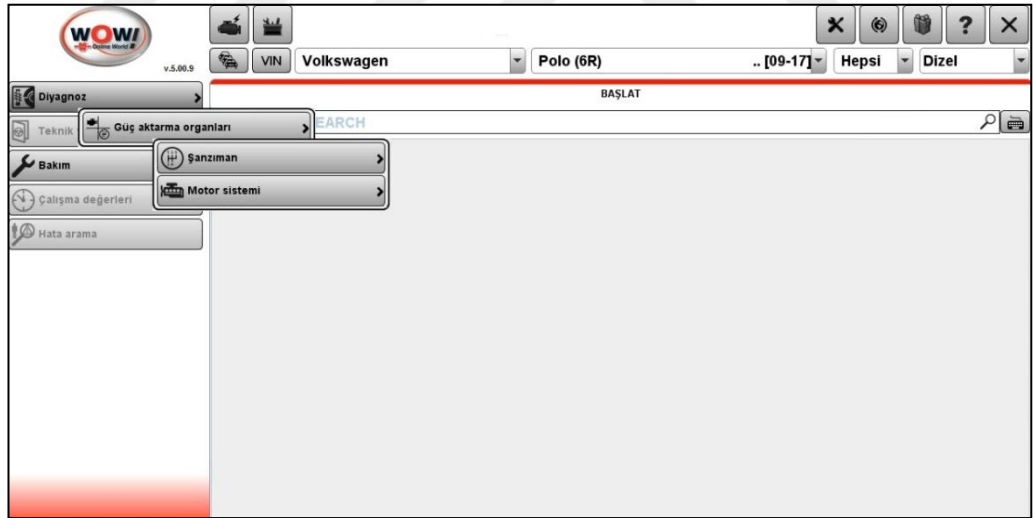
Şekil 2.18 Program üzerinden araç motoruna ait yakıt türü seçilmesi (Kişisel arşiv, 2017)

Aracın yakıt türü seçimi yapılır (Bkz. Şekil 2.18).



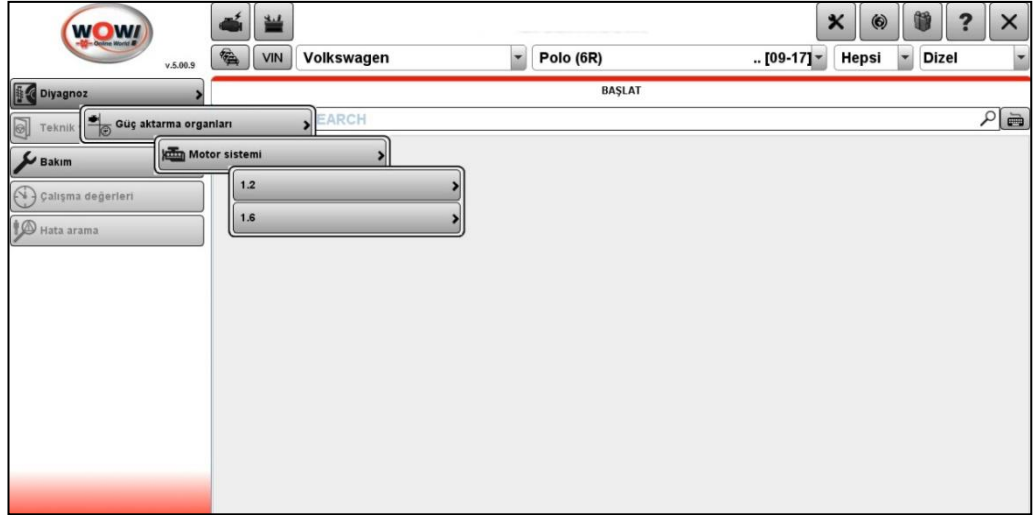
Şekil 2.19 Program üzerinde menünün incelenmesi_1 (Kişisel arşiv, 2017)

Sol menüden diyagnoz seçeneği seçilir. Bu menüde araca ait sensör verilerinin ve hata kodlarının incelenebilmesi için farklı kısımlar oluşturulmuştur. Motor ile ilgili sensörler üzerinde çalışıldığı için güç aktarım organları işaretlenir (Bkz. Şekil 2.19).



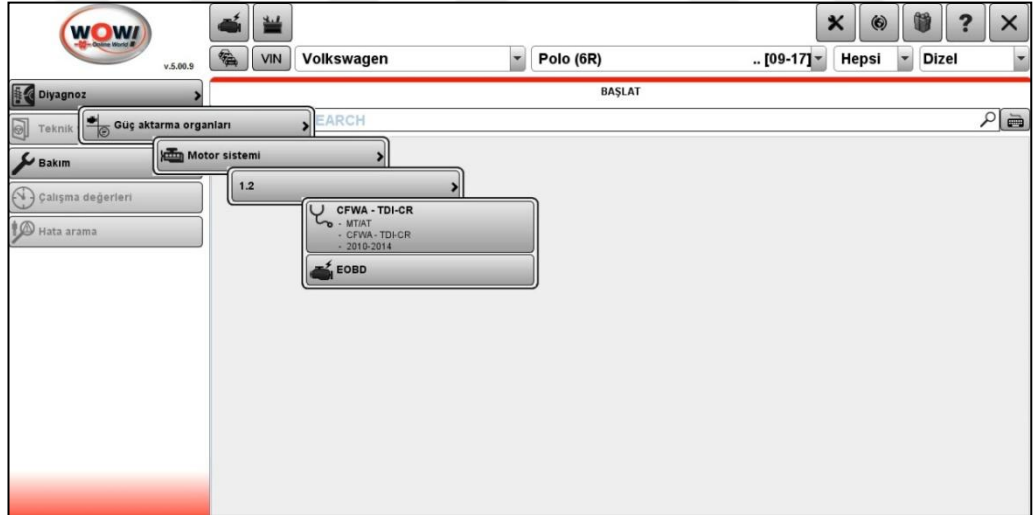
Şekil 2.20 Program üzerinde menünün incelenmesi_2 (Kişisel arşiv, 2017)

Güç aktarım organları sekmesi üzerinden motor ile ilgilenildiği için motor sistemi açılır (Bkz. Şekil 2.20).



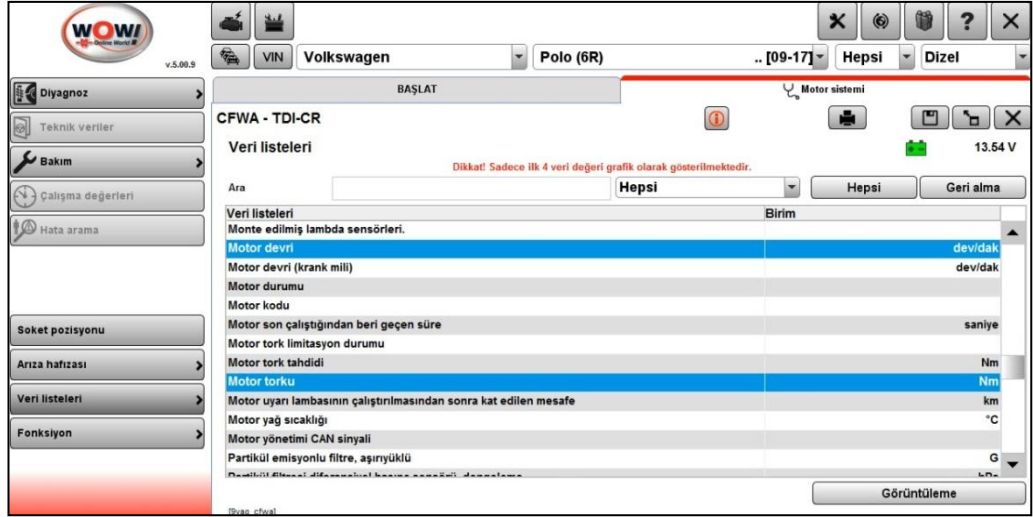
Şekil 2.21 Program üzerinden motor hacminin seçilmesi (Kişisel arşiv, 2017)

Volkswagen Polo'ya ait motor hacmi 1.2 olduğu için açılan sekmede bu değer işaretlenir. Aksi taktirde yanlış motor hacmi seçiminde aldığımız veriler yanlış olacak veya sensör verileri alınamayacaktır (Bkz. Şekil 2.21).



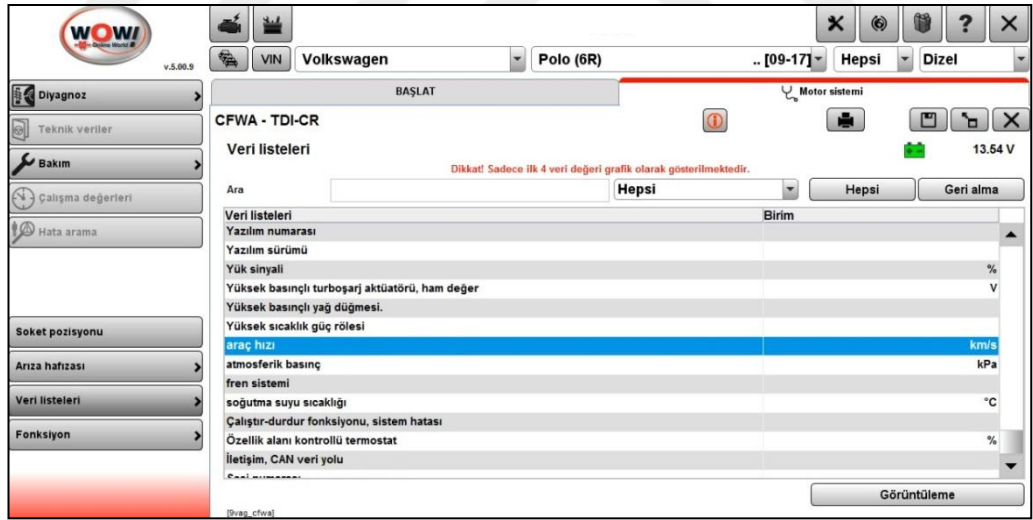
Şekil 2.22 Program üzerinden araç motorunun seçilmesi (Kişisel arşiv, 2017)

Motor hacmi sekmesi altından CFWA-TDI-CR sekmesi işaretlenir. Bu sekme motora ait ECU biriminin kodudur (Bkz. Şekil 2.22).



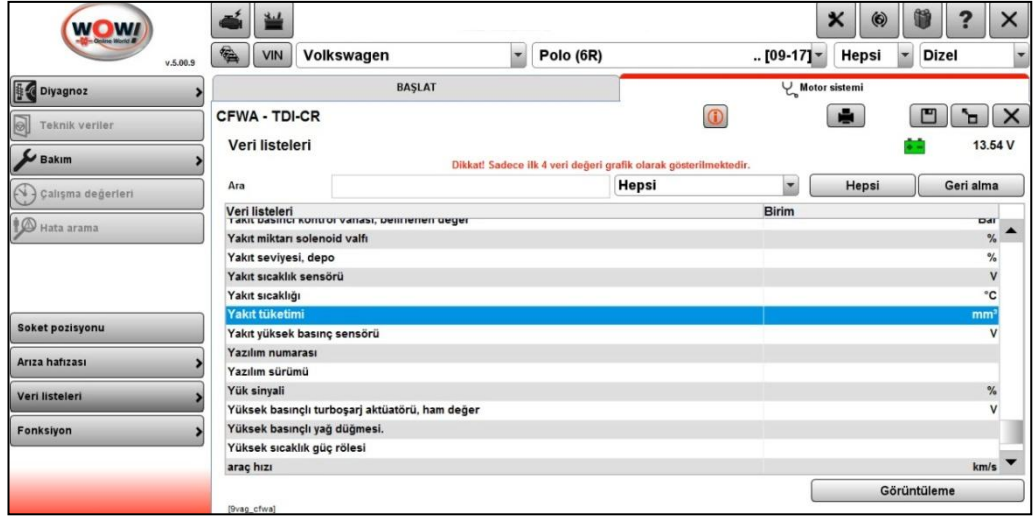
Şekil 2.25 Motor devir ve tork sensörlerinin aktifleştirilmesi (Kişisel arşiv, 2017)

Açılan listede yan taraftan liste kaydırılarak çalışmamız için gerekli olan motor devri ve motor torku sensörleri aktifleştirilir (Bkz. Şekil 2.25).



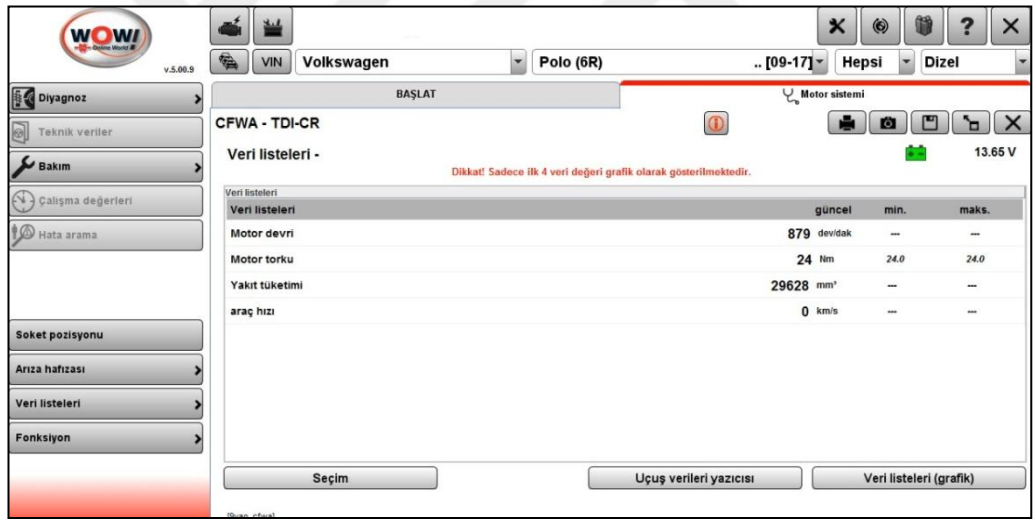
Şekil 2.26 Program üzerinden araç hızı sensörünün aktifleştirilmesi (Kişisel arşiv, 2017)

Aynı liste üzerinden araç hızı sensörü aktifleştirilir (Bkz. Şekil 2.26).



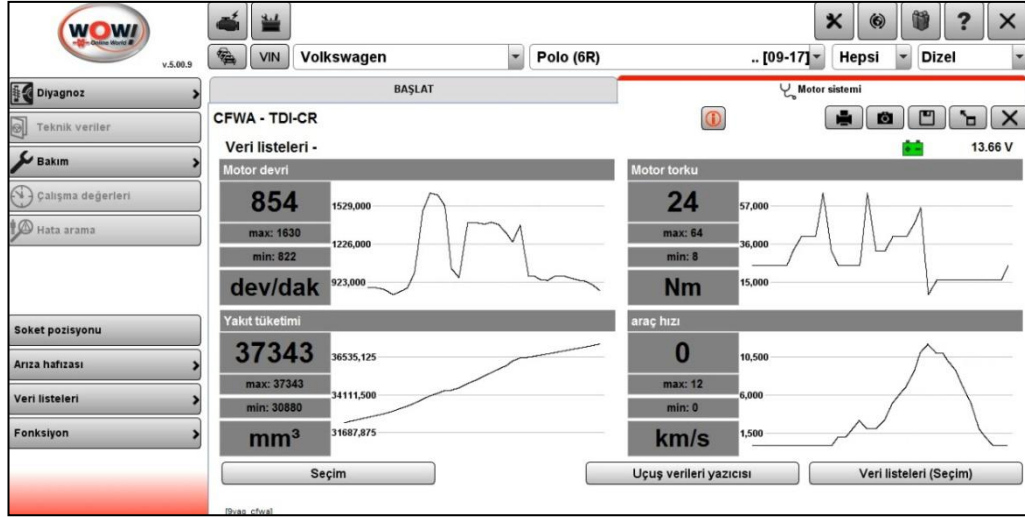
Şekil 2.27 Program üzerinden yakıt tüketim sensörünün aktifleştirilmesi (Kişisel arşiv, 2017)

Aynı liste üzerinden araç yakıt tüketim sensörü aktifleştirilir (Bkz. Şekil 2.27).



Şekil 2.28 Seçilen sensörlerin sayısal olarak görüntülenmesi (Kişisel arşiv, 2017)

Wow Snooper cihazı arayüzü üzerinden seçilen veriler Şekil 2.28'de olduğu gibi sayısal olarak anlık takip edilebilmektedir.



Şekil 2.29 Seçilen sensörlerin grafiksel olarak görüntülenmesi (Kişisel arşiv, 2017)

Arayüz üzerinden seçilen veriler Şekil 2.29'da olduğu gibi grafiksel olarak anlık takip edilebilmektedir.

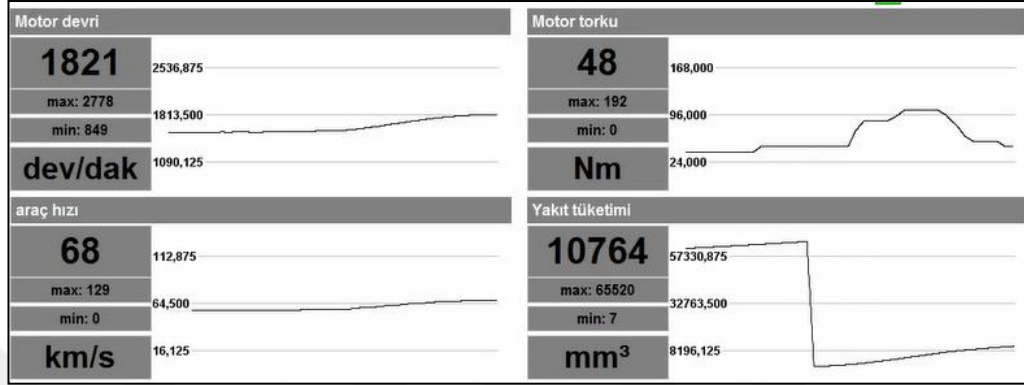
Arayüz üzerinden, çalışmamız için gerekli olan sensörler aktifleştirilmiş ve kullanıma hazır hale getirilmiştir. Bu program üzerinden, alınan veriler anlık olarak takip edilebilmekte, kayıt altına alınabilmekte ve rapor haline getirilebilmektedir. Aynı anda 4 adet sensörün aktif hale getirilmesini desteklemektedir. 4 sensör verisi çalışmamız için yeterli görülmüş olup testler esnasında bu sensörler aktif halde bırakılarak veriler analiz edilmek için kayıt altına alınmıştır.

2.3.1.2 Wow Snooper Hata Tespit Cihazı ile Kontrollü Testler ve Sonuçları

Bölüm 2.3.1 başlığı altında, verilen sürüş kriterlerine uygun olarak hata tespit sistemi araç üzerinde takılı iken kontrollü sürüş denemeleri tekrarlı olarak yapılmıştır. Bu deneme sürüşlerinin amacı hesaplamalar ile gerçek yol şartlarında yapılan test sonuçlarının birbiri ile karşılaştırılarak örtüşüp örtüşmediklerini saptamaktır.

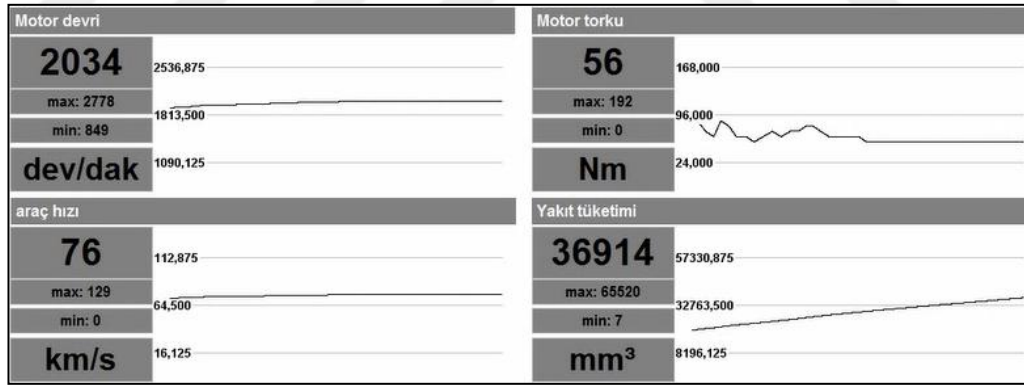
Yapılan test sürüşlerinin sonucunda aşağıda verilen grafikler oluşmuştur;

4. Vites kademesi için kontrollü test sonuçları;



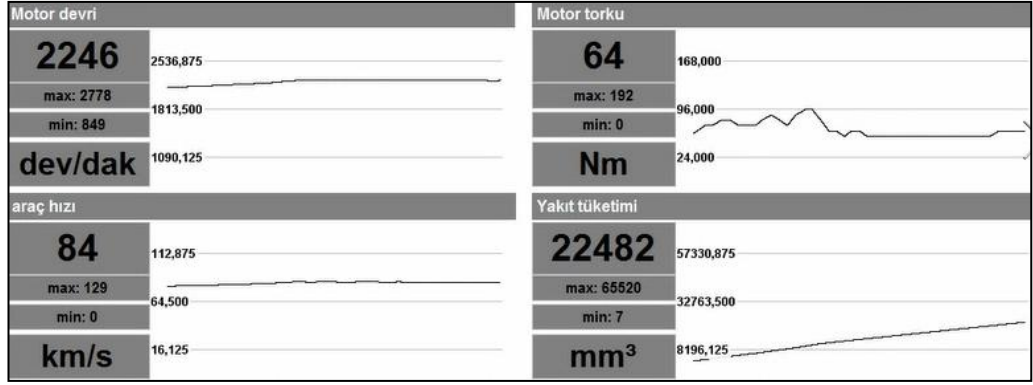
Şekil 2.30 70 [km/h]sabit hız ile yapılan test sonucu grafikleri (Kişisel arşiv, 2017)

Şekil 2.30'da araç 4. vites kademesinde 70 [km/h] sabit hız ile giderken sensörlerden alınan veriler görülmektedir.



Şekil 2.31 80 [km/h]sabit hız ile yapılan test sonucu grafikleri (Kişisel arşiv, 2017)

Araç hızı 80 [km/h]'e çıkarıldığında sensörlerden alınan bilgiler Şekil 2.31'de görüldüğü gibi olmaktadır.

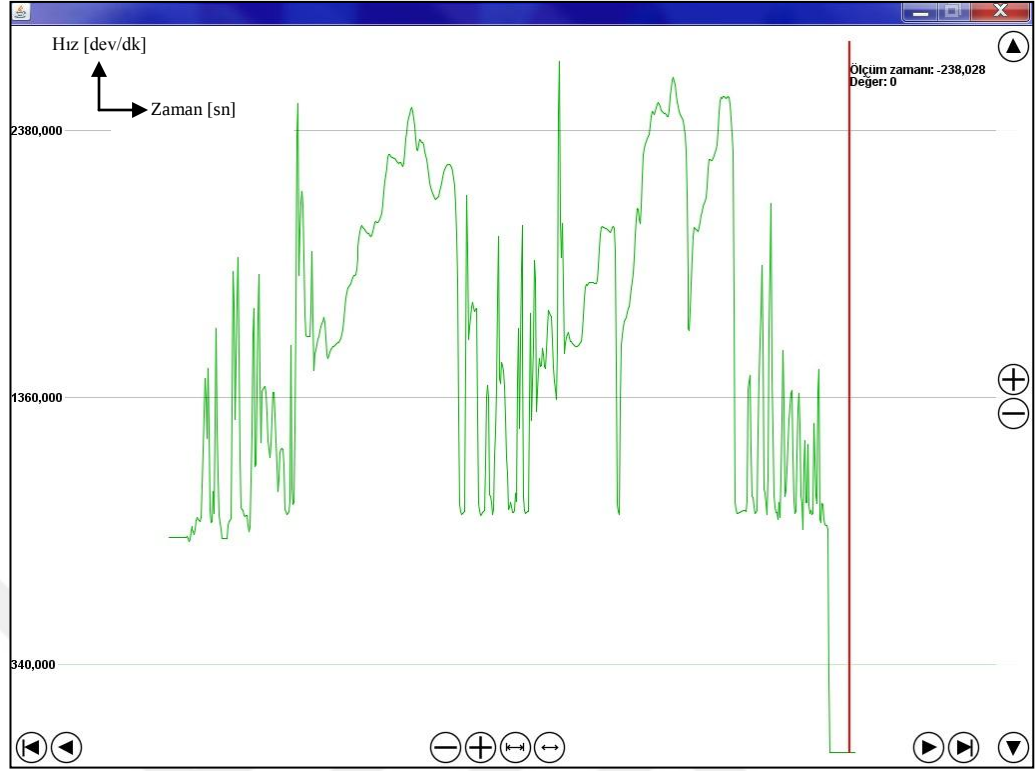


Şekil 2.32 90 [km/h]sabit hız ile yapılan test sonucu grafikleri (Kişisel arşiv, 2017)

Araç hızı 90 [km/h]'e çıkarıldığında sensörlerden alınan bilgiler Şekil 2.32'de görüldüğü gibi değişmektedir.

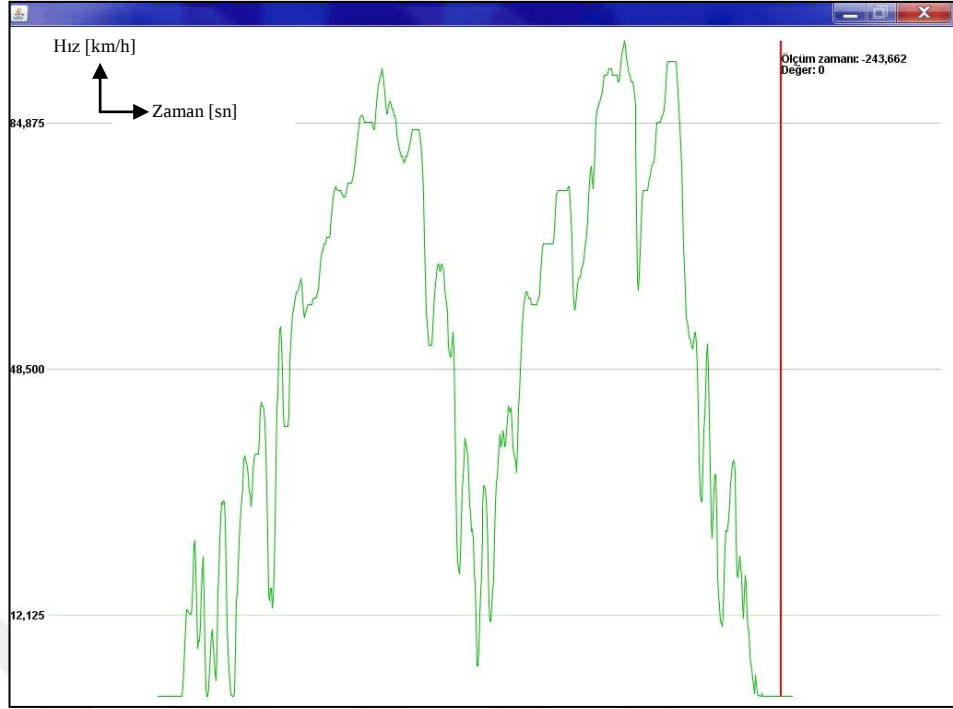
Şekil 2.30, 2.31 ve 2.32'de seçtiğimiz motor torku, araç hızı, motor devri ve yakıt tüketimi sensör verileri görülmektedir. Bu veriler aracın 4. vites kademesinde ve sabit hız ile giderken alınan bilgileridir. İvmelenme direnci teorik hesaplamalarda kullanılmadığı için hızlanma esnasındaki veriler yansıtılmamıştır.

Grafikler incelendiğinde motor devri yani araç hızı arttığında motorun torkunun arttığı görülmektedir. Bu testler farklı hız kademeleri içinde tekrarlanmıştır. Fakat günlük hayatta araç, şehir içerisinde ortalama bu hızlar ile gittiği için 70 [km/h], 80 [km/h] ve 90 [km/h]'lik bölgenin uygun olduğu ön görülmüş ve bu bölgede hesaplamalar ve incelemeler yapılmıştır.



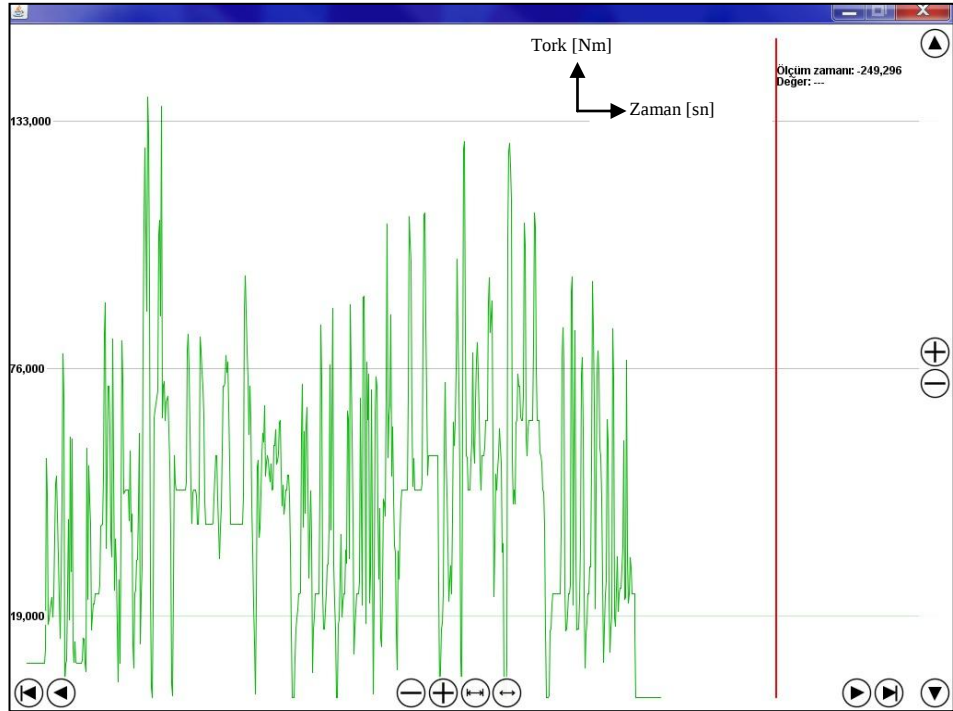
Şekil 2.33 4. Vites basamağı genel motor devir grafiği (Kişisel arşiv, 2017)

Şekil 2.33'te aracın 4. vites basamağında kontrollü yapılan testler sonucunda oluşan genel motor devri grafiği görülmektedir. Grafik incelendiğinde pik yapılan bölgelerin ve motor devrinin düşerek rölanti devri olan 850 [dev/dk]'lık bölgelerin sık olduğu görülmektedir. Bunun sebebi; araç testlerinin trafik içerisinde yapılması ve gerekli bölgelerde aracın hızlandırılması ya da durdurulmasıdır.



Şekil 2.34 4. Vites basamağı genel araç hızı grafiği (Kişisel arşiv, 2017)

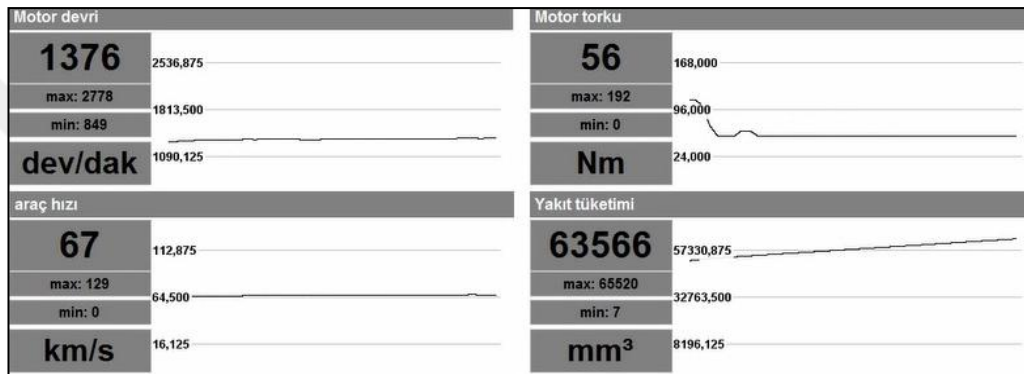
Şekil 2.34'te 4. vites basamağında test boyunca kayıt altına alınan hız bilgisinin genel grafiği gösterilmiştir.



Şekil 2.35 4. vites basamağı genel motor torku grafiği (Kişisel arşiv, 2017)

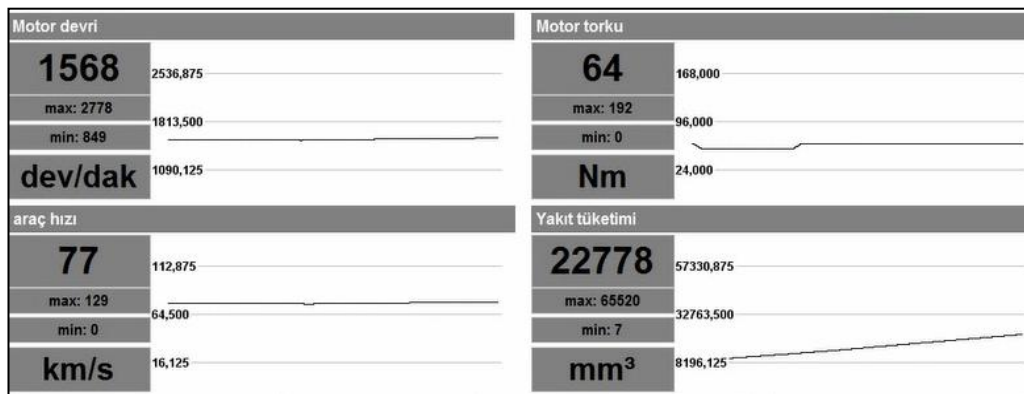
Şekil 2.35'de kontrollü test sürüşü boyunca alınan genel motor torku bilgi grafiği görülmektedir. Grafik incelendiğinde, grafiğin keskin olarak dalgalı olduğu görülmektedir. Bunun nedeni, yol şartlarının değişken olmasıdır. Bazı bölgelerde daha stabil sürüş sağlandığı gözlenirse de genel olarak bakıldığında aracın sorunsuz ilerleyebilmesi için gerekli olan torkun 30 [Nm] - 60 [Nm] arasında olduğu söylenebilir.

5. Vites kademesi için kontrollü test sonuçları;



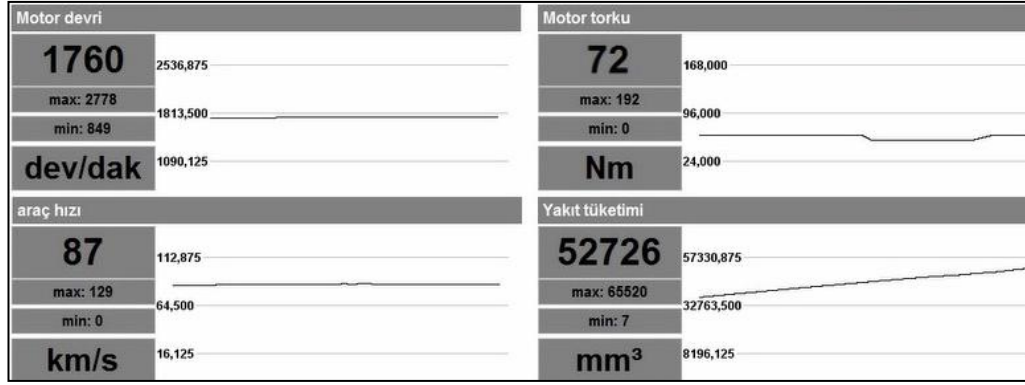
Şekil 2.36 70 [km/h] sabit hız ile yapılan test sonucu ve grafikleri (Kişisel arşiv, 2017)

Şekil 2.36'da araç 5. vites kademesinde 70 [km/h]sabit hız ile giderken sensörlerden alınan veriler görülmektedir.



Şekil 2.37 80 [km/h] sabit hız ile yapılan test sonucu ve grafikleri (Kişisel arşiv, 2017)

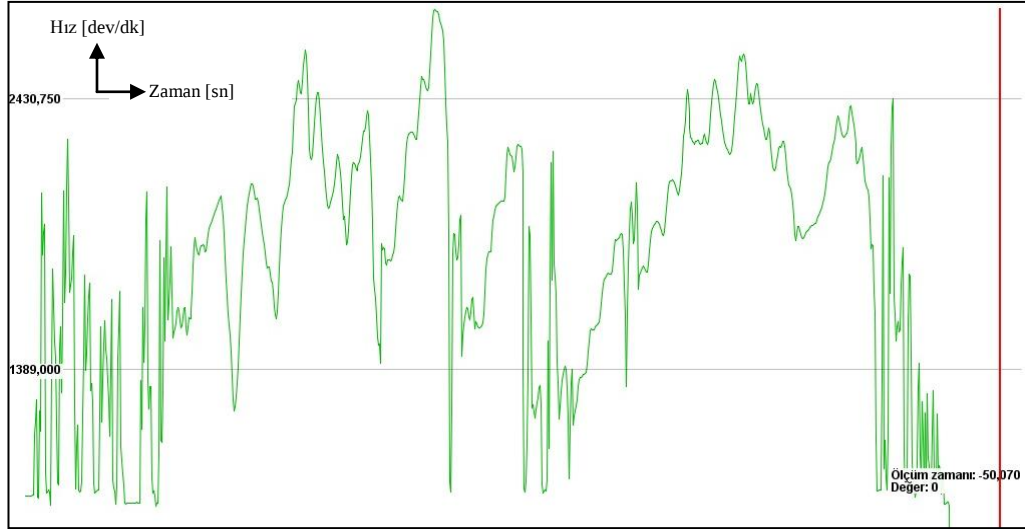
Araç hızı 80 [km/h]'e çıkarıldığında sensörlerden alınan bilgiler Şekil 2.37'de görüldüğü gibi olmaktadır.



Şekil 2.38 90 km/h sabit hız ile yapılan test sonucu ve grafikleri (Kişisel arşiv, 2017)

Araç hızı 90 [km/h]'e çıkarıldığında sensörlerden alınan bilgiler Şekil 2.38'de görüldüğü gibi değişmektedir.

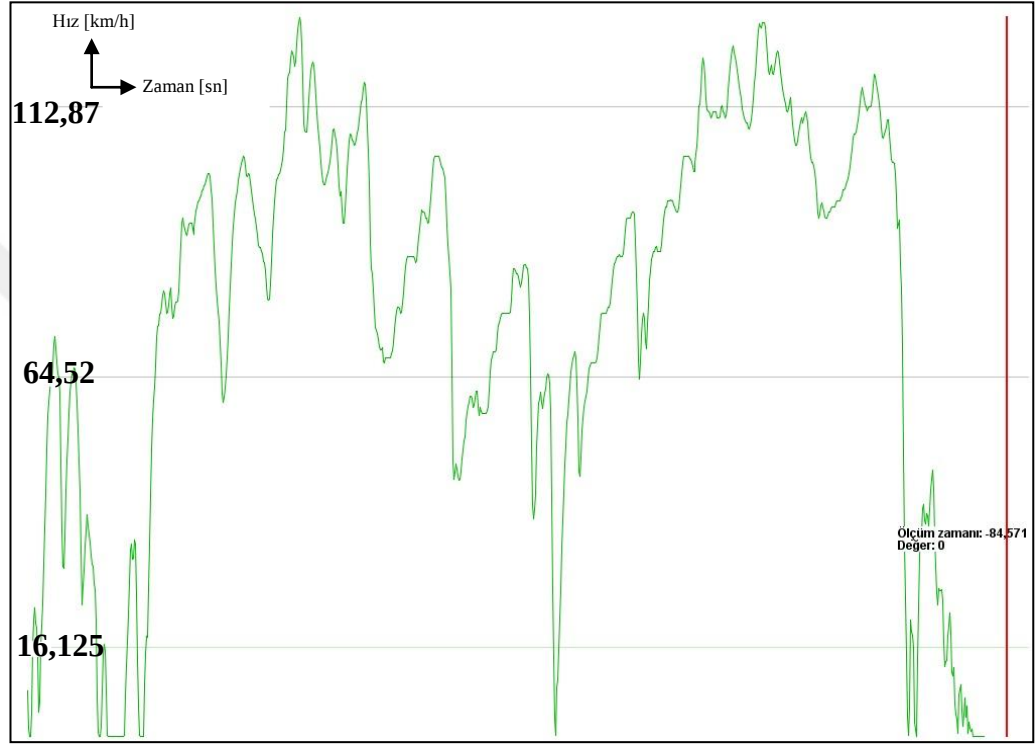
Grafikler incelendiğinde motor torkunun arttığı görülmektedir. Aynı şekilde 4. vites kademesi ile karşılaştırıldığında 5. vites kademesi için motorun verdiği torkun arttığı net bir şekilde anlaşılmaktadır. Bunun nedeni vites kademesi daha düşük bir orana geçtiği için motor gücünün bir önceki basamağa göre düşmesi nedeniyle motor torkunun artmasıdır.



Şekil 2.39 5. vites basamağı genel motor devir grafiği (Kişisel arşiv, 2017)

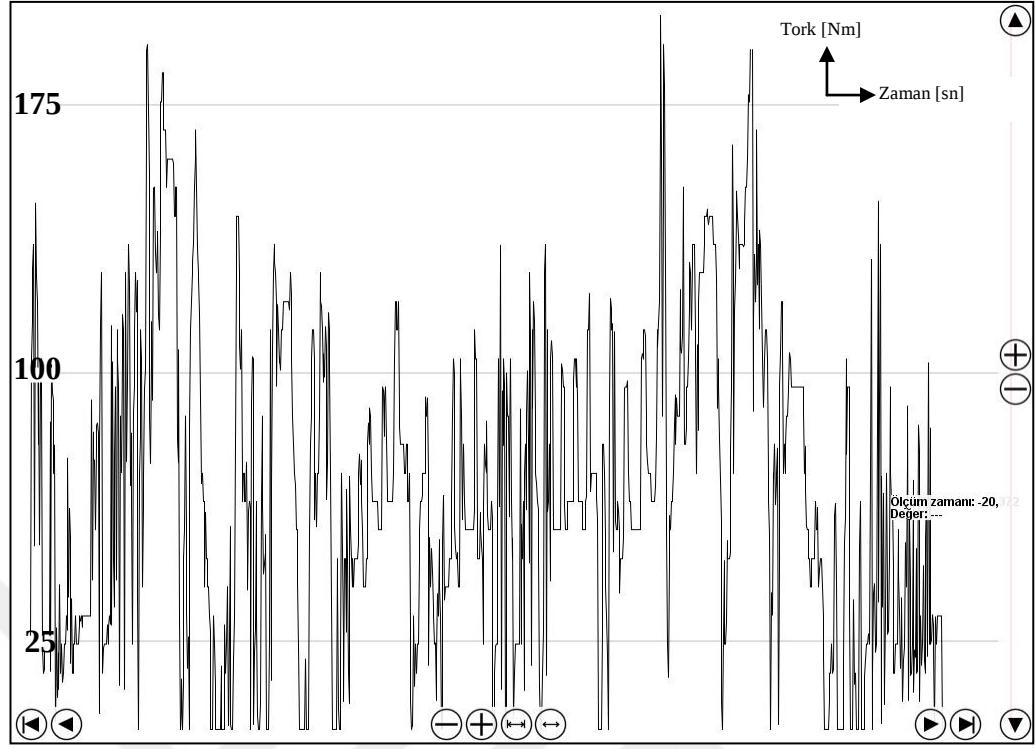
Şekil 2.39'da motor devir grafiği görülmektedir. Grafik incelendiğinde test süresince sabit hız ile gidilebilen bölgelerin az olduğu anlaşılmaktadır. Trafik nedeni

ile hız değişimleri net bir şekilde görölmektedir. Çalışmamızda günlük hayatta kullanılan bir aracın elektrik tahrikli hale dönüşümü konu alındığından seçilen elektrik motorunun yukarıda verilen grafiklerde istenilen hız bölgesinde sorunsuz ilerleyebilmesi ve ihtiyaç olan motor gücünü ve torkunu karşılayabilmesi için grafiğin dalgalı olması testlerin tutarlılığı açısından daha uygundur.



Şekil 2.40 5. vites basamağı genel araç hızı grafiğı (Kişisel arşiv, 2017)

Şekil 2.40'da 5. vites basamağında test boyunca trafikte seyir halinde iken kayıt altına alınan hız bilgisinin genel grafiğı gösterilmiştir.



Şekil 2.41 5. vites basamağı genel motor torku grafiği (Kişisel arşiv, 2017)

Şekil 2.41'de 5. vites kademesinde kontrollü test sürüşü boyunca alınan genel motor torku bilgisi grafiği görülmektedir. Grafik incelendiğinde, grafiğin keskin olarak dalgalı olduğu görülmektedir. Bunun nedeni, yol şartlarının değişken olmasıdır. 4. vites basamağı ile karşılaştırıldığında aracın sorunsuz ilerleyebilmesi için gerekli olan motor torku 4.Vites kademesi için 30 [Nm] - 60 [Nm] arasında iken 5. vites kademesine geçildiğinde bu değer 50 [Nm] - 75 [Nm] 'ye yükselmektedir.

Wow Snooper Hata Tespit Cihazı ile yapılan test sürüşleri ile matematiksel hesaplamalar karşılaştırıldığında farklılıklar olduğu anlaşılmaktadır. Bunun iki temel nedeni vardır. İlki; hesaba katılamayan hava ve yol şartlarından kaynaklı farklılıklar ikincisi ve daha önemlisi, üretici firma tarafından seçilen motorun gerekli olandan daha güçlü olmasıdır. Motorun ürettiği güç ile hesaplamalarda bulunan güç ihtiyacı arasında kalan bölge rezerv güç olarak adlandırılır ve bu bölge ivmeli hareket yapabilmek için kullanılır.

2.3.2 ELM - 327 Hata Tespit Cihazı ile Veri Toplanması

Hata tespit cihazı olarak kullanılan bu cihaz (ELM Electronics OBD, b.t) (Bkz Şekil 2.42) araçlarda zorunlu hale getirilen OBD - II (On-Board Diagnostic System) portu üzerinden aracın Elektronik Kontrol Sistemi'ne (ECU) (Environmental Protection Agency, 2001) bağlanır. ECU birimi üzerinden araçta bulunan tüm sensör verilerini ve sensörlere ait hata kodlarını anlık veya kayıt altına alınmış hali ile görmemize olanak sağlar. Alınan verilerin anlık olarak görülebilmesi için OBD Check Torque programı kullanılmıştır (Torque, b.t.). Bu program sayesinde test sonuçlarının anlık olarak görülüp takip edilebilmesinin yanında veriler mail olarak gönderilebilir veya programın kendi internet sayfası üzerinden kullanıcı hesabı oluşturulup kayıt sonuçları grafiksel olarak incelenebilir (Bu konuda daha ayrıntılı bilgi için bkz. Torque, b.t.). Kişisel hesapta bulunan veriler incelenmek üzere tablo halinde kişisel bilgisayara veya akıllı cihazlara indirilebilir. Sürüş esnasında program akıllı cihazın GPS'in açılmasını isteyecektir. Bu özellik aktif edilirse, sürüş boyunca yapılan yol google maps üzerinden işaretlenerek internet sayfası üzerinden görülebilir hale gelecektir.

Programın ücretsiz versiyonunda sensör verileri alınabilmekte fakat bilgiler kayıt altına alınamamaktadır. Ücretli versiyonda ise veriler kayıt altına alınmakta ve internet sayfası üzerinden verilerin takibine olanak sağlanmaktadır.

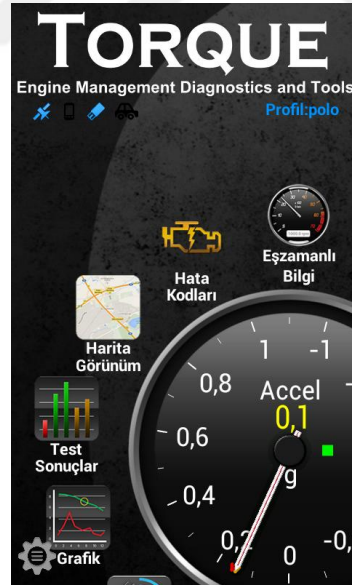


Şekil 2.42 ELM-327 Hata Tespit Cihazı (ELM Electronics OBD, b.t)

ELM 327'nin Wow cihazından farkı, Wow cihazının daha profesyonel olarak kullanılması, araç üzerinde yazılımsal olarak değişiklik yapılmasına olanak sağlaması ve daha fazla sensöre ulaşım sağlayabilmesidir. Bunların yanında Wow Cihazında anlık olarak sadece 4 adet sensörün bilgileri görüntülenebilmekteyken ELM-327' de böyle bir kısıtlama bulunmamaktadır. Bu sebep ile istenilen her sensör aktif hale getirilebilir. Fakat ne kadar çok sensör açılır ise veri aktarım hızı o kadar çok düşecektir. Veri aktarım hızının azalması kullanıcıyı büyük oranda etkilememektedir. Çünkü saniye başına bir veri gönderilmesi yeterli olmaktadır.

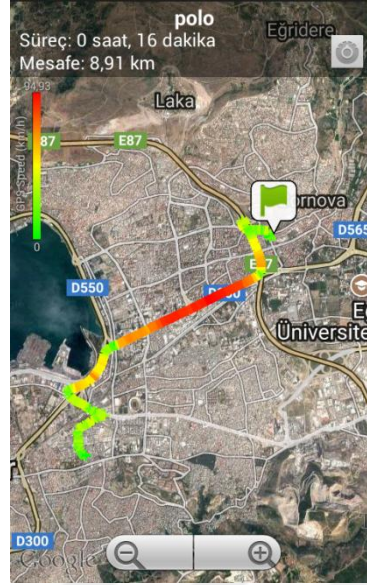
2.3.2.1 ELM - 327 Hata Tespit Cihazı Kurulumu

Test sürüşüne başlamadan önce ELM 327 Cihazı, aracın OBD-II bağlantısına bağlanır. Ardından akıllı cihazda kullanılan program ile bluetooth üzerinden bağlantı kurması sağlanır. Bu çalışmada, akıllı cihazda, program olarak OBD CHECK TORQUE kullanılmıştır.



Şekil 2.43 Check Torque programı ana ekranı (Kişisel arşiv, 2017)

Şekil 2.43'te testler esnasında kullanılan programın ana sayfası bulunmaktadır. Bu sayfadan cihaz ayarları, araca uygun profil oluşturma, harita görünümüne geçme ve istenilen sensörlerin aktifleştirilmesi ayarları yapılabilmektedir.



Şekil 2.44 Ulaşım güzergahının harita üzerinde kaydedilmesi (Kişisel arşiv, 2017)

Ana ekran üzerinden (Bkz. Şekil 2.43), sürüş güzergahı - isteğe bağlı olarak - aktif edilerek harita üzerinde sürüş yapılan bölgeler işaretlenebilir (Bkz. Şekil 2.44).



Şekil 2.45 Program üzerinden araca uygun profil oluşturulması (Kişisel arşiv, 2017)

Testlere başlamadan önce aracın profilinin oluşturulması gerekmektedir. Aksi taktirde veriler gerçeği yansıtmayacaktır. Ana ekran üzerinde (Bkz. Şekil 2.43) sol altta bulunan ayarlar sekmesinden araç profili seçilir. Şekil 2.45'te yeni araç profili oluşturma sayfası yer almaktadır. Bu sayfada aracın ağırlığı, yakıt tipi girilmelidir.

İsteğe bağlı olarak depo kapasitesi, yakıt durumu ve yakıt fiyatı girilerek sürüş durumuna göre otomatik hesaplamalar yaptırılabilir.



Şekil 2.46 Program üzerinde sensör veri ekranı ayarlanması (Kişisel arşiv, 2017)

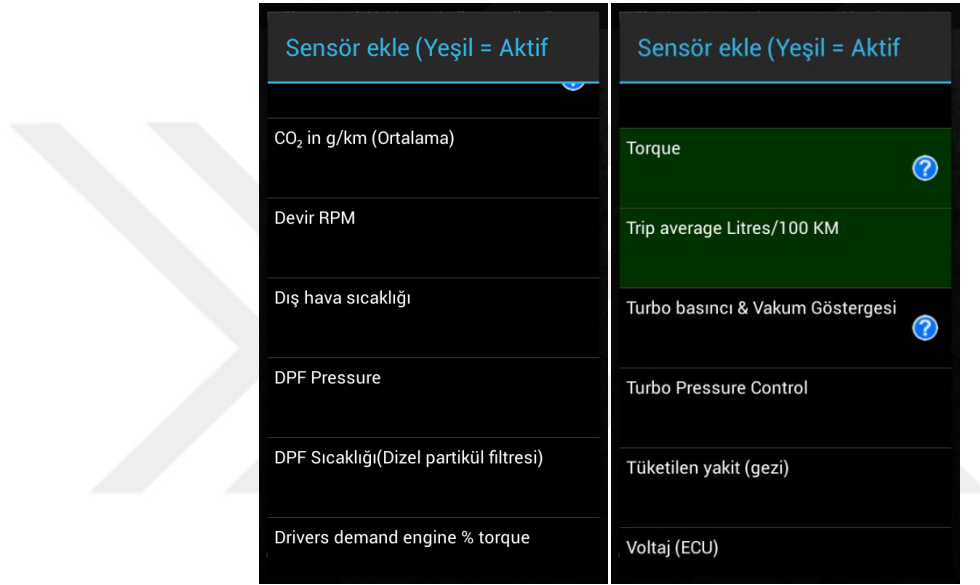
Program ana sayfası (Bkz 2.43) üzerinden eşzamanlı bilgi ekranı sekmesine girildiğinde aracın sensörlerinden alınan bilgilerin gösterildiği ekrana geçiş yapılmaktadır. Şekil 2.46'da örnek veri grafikleri bulunmaktadır.



Şekil 2.47 Program üzerinde sensör veri gösterge tipinin seçilmesi (Kişisel arşiv, 2017)

Şekil 2.46'nın bulunduğu sayfada sol alttaki ayarlar sekmesi üzerine gelindiğinde gösterge ekleme sayfası açılacaktır. Bu sayfada Şekil 2.47'de bulunan gösterge çeşitleri yer almaktadır. Bu gösterge çeşitlerinden kullanıcı için en uygun olan seçilir.

Göstergelerin en uygun olanının seçilmesi anlık olarak takip edildiğinde kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Eğer veriler kayıt altına alınacaksa gösterim şekli önem arz etmemektedir.



Şekil 2.48 Program üzerinde, kullanılacak olan sensörlerin aktif edilmesi (Kişisel arşiv, 2017)

Şekil 2.47'de bulunan gösterge tipi seçildikten sonra Şekil 2.48'de bulunan sensör seçim sayfası gelecektir. Bu sayfadan istenilen sensörler aktif edilerek sistem hazır hale getirilir.



Şekil 2.49 Kontrollü sürüş testi için aktifleştirilmiş sensörler (Kişisel arşiv, 2017)

Şekil 2.49'da kontrollü sürüş testleri sırasında kayıt altına alınacak olan sensör listesi görülmektedir. Bu listede bulunan sensör verileri daha sonra yorumlanarak teorik hesaplamalar ile karşılaştırılacaktır. Ayrıca kayıt altına alınan veriler günlük araç kullanım profili oluşturulmasında yararlı olacak ve kullanıcı profilinin oluşturulması da elektrikli araca dönüşüm için gerekli olan kriterleri bize sağlayacaktır.

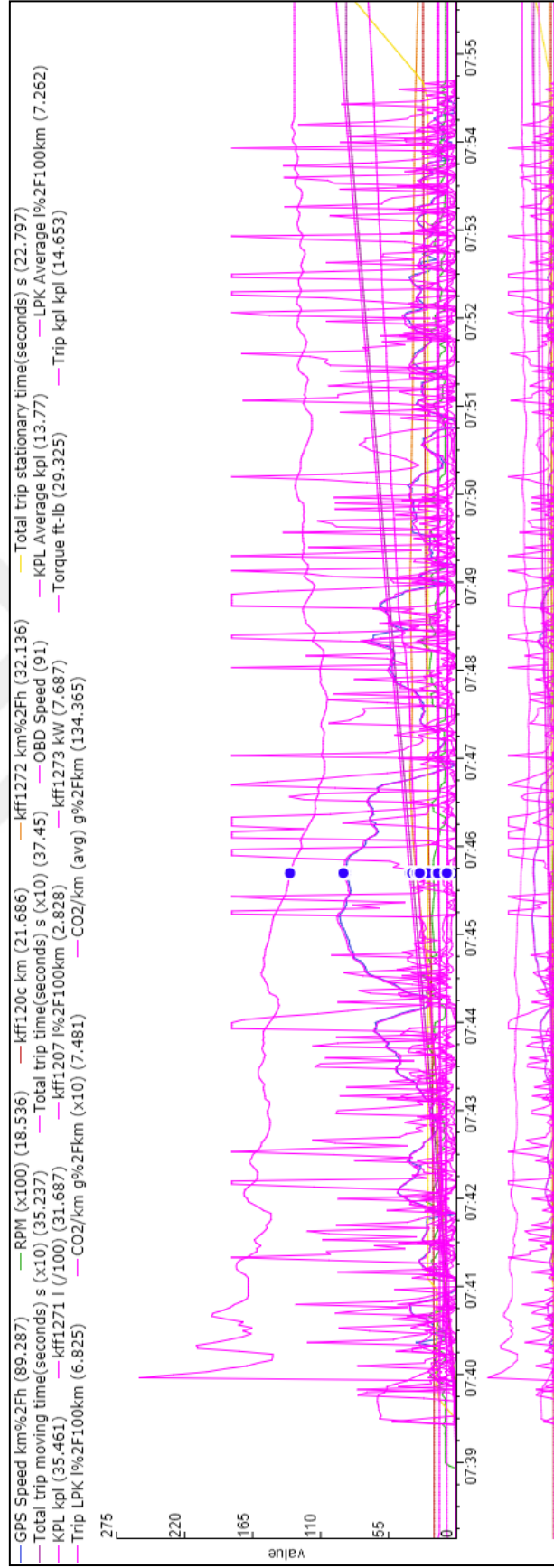
Aktif hale getirilen sensörler:

- Motor devri [dev/dk]
- Motor torku [Nm]
- Motor gücü [kW]
- Araç hızı [km/h]
- Sürüş mesafesi [km]
- Sürüş zamanı [sn]
- CO₂ emisyonu [gr/km]
- Ortalama yakıt sarfıyatı [km/l] (KPL Kilometre per Litres - Average)
- Anlık yakıt sarfıyatı [km/l] (KPL Kilometre per Litres - Instant)
- Ortalama yakıt sarfıyatı [l/100km] (LPK Litres per Kilometres - Average)
- Anlık yakıt sarfıyatı [l/100km] (LPK Litres per Kilometres - Instant)

2.3.2.2 ELM - 327 Hata Tespit Cihazı ile Kontrollü Testler ve Sonuçları

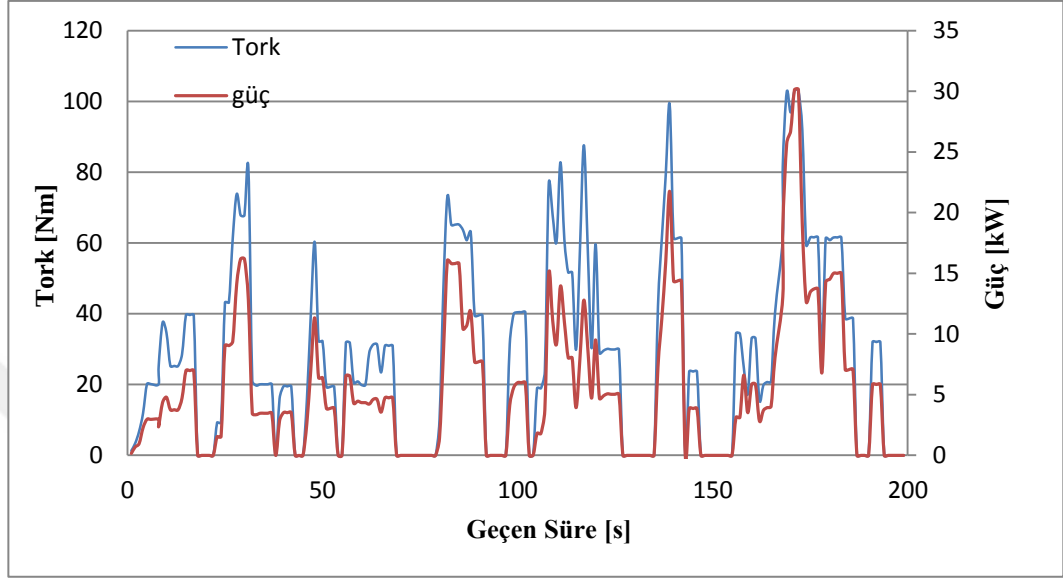
ELM - 327 sisteminin kullanılmasının amacı; aracın günlük sürüş profilinin yani aracın gün içerisinde ne sıklıkla kullanıldığı, ortalama ne kadar mesafe yapıldığı ve teorik hesaplamalar ile örtüşüp örtüşmediğinin saptanmasıdır. Araç kullanım profili, günlük yaşamda kullanılan bir aracın elektrikli araca dönüştürülmesi için gerekli olan en uygun elektrik motorunun seçilmesi ve günlük ortalama kat edilen mesafeye bağlı olarak gerekli olan batarya paketini oluşturabilmemiz için ihtiyacımız olan bilgileri içermektedir.

Akıllı cihaz yardımı ile kontrol edilen Check Tourqe programı arayüzü üzerinde, araç profili oluşturulduktan ve gerekli temel ayarlar yapıldıktan sonra veri almak istediğimiz motor torku, motor devri, araç hızı, yakıt sarfıyatı ve diğer sensörler aktif edilmiştir. Wow Snooper hata tespit sisteminde olduğu gibi aynı sürüş kriterlerinde ve şartlarında kontrollü olarak tekrarlı sürüş testleri yapılmış olup veriler analiz edilmek için kayıt altına alınmıştır.

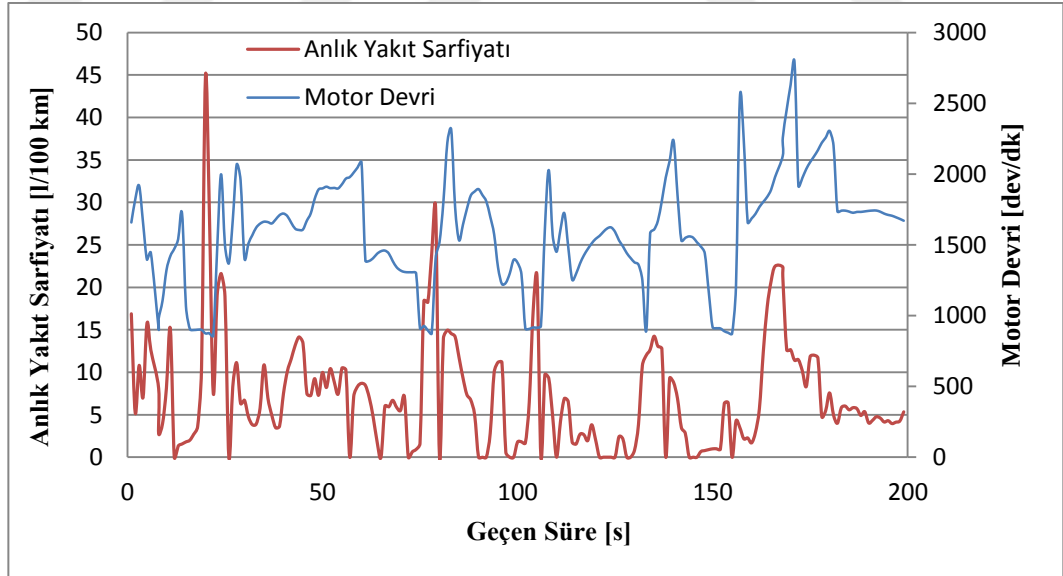


Şekil 2.50 ELM - 327 Hata Tespit Sistemi ile yapılan sürüş profili oluşturma çalışması grafik sonucu (Kişisel arşiv, 2017)

Şekil 2.50'de test boyunca alınan verilerin grafikleri örnek olması açısından verilmiştir. Bu, şekilde tüm sensörler aktif olduğu için grafikleri takip etmek oldukça güç gözükmemektedir.



Şekil 2.51 Sadeleştirilmiş test sonuç grafiği_1



Şekil 2.52 Sadeleştirilmiş test sonuç grafiği_2

Şekil 2.51 ve Şekil 2.52'de verilen grafikler Şekil 2.50'nin sadeleştirilmiş şeklidir. Grafiklerde bulunan x eksenini test esnasında geçen süreyi ifade etmektedir.

Kullanım profili oluşturabilmek için, normal bir iş gününden farklı olmamak kaydı ile araç gün içerisinde her kullanıldığında sensör verileri kayıt altına alınmıştır. Şekil 2.50'de, örnek olması açısından yapılan test sonuçlarının bir kısmı grafiksel olarak gösterilmiştir. Sonuçlar hem grafiksel olarak hem de nümerik olarak kayıt altına alınarak ve dikkatle incelenerek analiz edilmiştir. Bu incelemenin ardından Tablo 2.10, günlük yaşamda kullanılan ve çalışmamıza konu olan aracın günlük kullanım profili oluşturulmuştur. Kullanım profili oluşturulurken normal bir iş gününden farklı olmaması sebebi ile testler beş iş günü boyunca tekrarlanarak yapılmıştır.

Tablo 2.10 Çalışma konusu olan aracın günlük kullanım profili

Testler Sonucu Oluşan Kullanıcı Profil Bilgileri		
Tanım	Maksimum	Ortalama
Motor Gücü [kW]	17,04	6
Motor Torku [Nm]	127	33
Motor Devri [dev/dk]	2801,02	1414,77
Araç Hızı [km/h]	96	35 (Trafik Yoğun) 72 (Trafik Az Yoğun)
Sürüş Mesafesi [km]	52	35
Sürüş Süresi [dk]	56	42
Yakıt Tüketimi [L/100 km]	26,98	7,06
Yakıt Tüketimi [km/L]	-	15,02
CO ₂ Emisyonu [g/km]	549	104

Tablo 2.10'da bu çalışmada kullanılan Volkswagen marka Polo'nun günlük hayatta kullanım profilini oluşturmak için kontrollü ve tekrarlı yapılmış test sonuçları yer almaktadır.

Tablo 2.10 dikkatle incelendiğinde, elektrikli araca dönüşümü yapabilmemiz için gerekli olan bir çok bilgiyi aktarmaktadır. Motor seçimi ve batarya paketi oluşturulurken Tablo 2.10'da verilen ortalama değerler baz alınacaktır. Fakat bu tablo

kullanım profilini yansıttığı için maksimum değerlerin de sağlanabilmesi gerekmektedir.

Çalışmamızın en büyük amaçlarından biri fosil yakıtlara olan bağımlılığın azaltılarak alternatif enerji kaynaklara yönelimin sağlanmasıdır. Bu amaçla, verimliliğin artırılarak enerji sarfiyatının azaltılması en büyük önceliklerimizdendir.

Çalışmamızda enerji sarfiyatının azaltılması önem arz ettiği için yakıt sarfiyatı özellikle daha dikkatli takip edilmiştir. Bu sebep ile aşağıda verilen şekillerde seçilen hız bölgesindeki yakıt sarfiyatları görülmektedir. Bu bilgiler ilerleyen bölümlerde karşılaştırma yapmak için gerekli olacaktır.

4. vites kademesi için yapılan test sonuçları:



Şekil 2.53 70 [km/h] sabit hız ile yapılan test için yakıt tüketim değerleri (Kişisel arşiv, 2017)

Şekil 2.53'de test esnasında 4. vites kademesinde 70 [km/h]sabit hız ile gidilirken aracın sarf ettiği yakıt; KPL (Kilometre per litre) ve LPK (Litre per kilometre) cinsinden gösterilmiştir.



Şekil 2.54 80 [km/h] sabit hız ile yapılan test için yakıt tüketimi değerleri (Kişisel arşiv, 2017)

Şekil 2.54'de aracın 80 [km/h] sabit hız ile 4. vites kademesinde sarf ettiği yakıt anlık değerleri gösterilmiştir.



Şekil 2.55 90 [km/h]sabit hız ile yapılan test için yakıt tüketim değerleri (Kişisel arşiv, 2017)

Şekil 2.55'de aracın 90 [km/h] sabit hız ile 4. vites kademesinde sarf ettiği yakıt anlık değerleri gösterilmiştir.

5. vites kademesi için yapılan test sonuçları;



Şekil 2.56 70 [km/h] sabit hız ile yapılan test için yakıt tüketim değerleri (Kişisel arşiv, 2017)

Şekil 2.56'da, 5. vites kademesine geçildiğinde 70 [km/h] sabit hız ile gidilirken aracın sarf ettiği yakıt tüketim miktarları gösterilmiştir.



Şekil 2.57 80 [km/h] sabit hız ile yapılan test için yakıt tüketim değerleri (Kişisel arşiv, 2017)

Şekil 2.57'de, aracın 80 [km/h] sabit hız ile 5. vites kademesinde sarf ettiği yakıt anlık değerleri gösterilmiştir.



Şekil 2.58 90 [km/h] sabit hız ile yapılan test için yakıt tüketim değerleri (Kişisel arşiv, 2017)

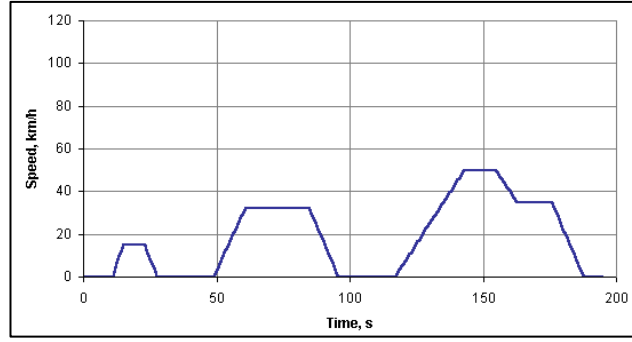
Şekil 2.58'de, aracın 90 [km/h] sabit hız ile 5. vites kademesinde sarf ettiği yakıt anlık değerleri gösterilmiştir.

Yukarıdaki şekillerde verilen yakıt tüketim değerleri anlık bilgilerdir. Yol şartlarına göre değişkenlik gösterebilir. Fakat yapılan kontrollü sürüş testleri neticesinde EK 1' de verilen veri kayıtları incelendiğinde bu değerlerin yaklaşık olarak doğru olduğu anlaşılmaktadır.

ELM-327 kullanılarak kontrollü ve tekrarlı sürüş testlerinin ardından kayda alınan veriler bir araya getirilerek EK 1' de ayrıntılı olarak sunulmuştur. Tablo 2.10 EK 1'in incelenmesi ve yorumlanması neticesinde oluşmuştur.

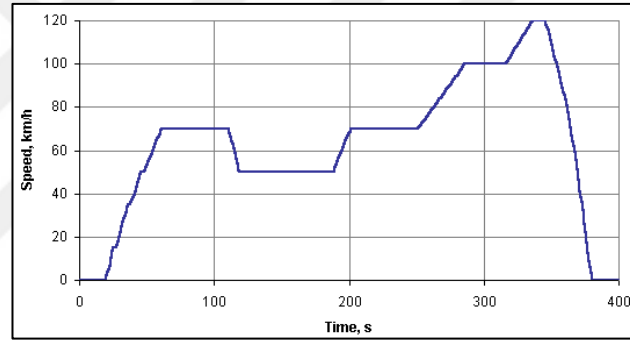
Yapılmış olan test metoduna yakın olarak, ECE Cycle veya UDC Cycle (Urban Driving Cycle) olarak adlandırılan ve hafif yüklü araçların şehir içerisinde yakıt sarfiyatı ve CO₂ ölçümlerinin yapılmasını içeren avrupa test standardı bulunmaktadır.

Şekil 2.59'da bulunan ECE Cycle testine göre araç hiçbir bozucu girdi olmadan düşük hızlarda yakıt sarfiyatı ve CO₂ emisyonu bilgileri alınır.



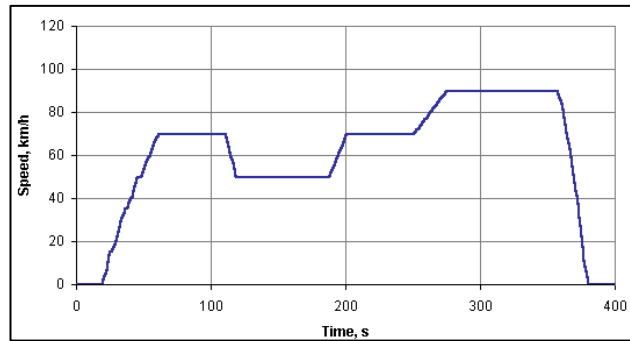
Şekil 2.59 ECE Testi (Emission Test Cycles, 2017)

Şekil 2.60'da EUDC Cycle (Extra Urban Driving Cycle) testi grafiği yer almaktadır. Bu teste göre araç şehir içerisinde agresif olarak kullanılır ve maksimum 120 [km/h] hıza çıkarılarak, ölçümler alınır.



Şekil 2.60 EUDC Testi (Emission Test Cycles, 2017)

Şekil 2.61'de ise daha düşük güçlü araçlar için yapılan test standardı yer almaktadır. Bu test şekline göre araç şehir içerisinde maksimum 90 [km/h] hıza çıkarılarak test edilir ve ölçümler alınarak aracın dahil olduğu segment belirlenir.

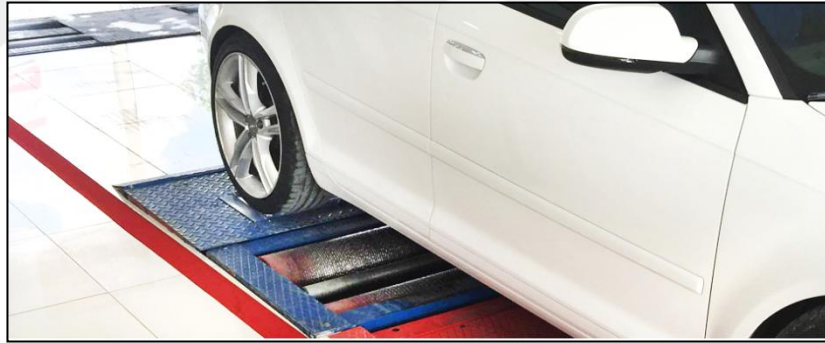


Şekil 2.61 Düşük güçlü araçlar için EUDC Testi (Emission Test Cycles, 2017)

2.3.3 Dinamik Test ile Veri Toplanması

Dinamik test, oto ekspertizlerinin motorun durumunu öğrenmek için kullandıkları bir test metodudur. Motor durumu ile anlatılmak istenen; testi yapılan aracın motorunun üretici firma verileri ile karşılaştırılmasıdır. Bu karşılaştırma sonucunda motorda hasar veya başka bir problem nedeni ile verim kaybı olup olmadığının belirlenmesidir.

Motor performans testi olarak adlandırılan bu test metodunda, araç tahrik tekerlekleri iki adet tamburun üzerine yerleştirilir (Bkz. Şekil 2.62) ve bu tamburlardan dinamometre yardımı ile motor torku ölçümü yapılır. Test sonucunda tamburların dönmesi neticesinde açısal hız ölçümü ile motor devri ve tamburlara aktarılan güç ile motor gücü ölçümü yapılarak grafiksel olarak motor durumu raporlanır.



Şekil 2.62 Dinamik test parkuru (Kişisel arşiv, 2017)

Bu testin amacı, bahis konusu olan aracın motorunun üretici firma tarafından verilen ideal katalog verileri ile örtüşüp örtüşmediğini test etmektir. Üretici firmanın verileri teorik hesaplamalarda kullanılmaktadır.

Bu testi yapmamızın amacı çalışmamız için seçmiş olduğumuz 180 [Nm] torka sahip 55 [kW] (75 Hp) dizel motorun gerçek durumunu öğrenmektir. Aksi durumda motorun hasarlı olup olmadığı bilinemez, bu sebep ile kontrollü bir dönüşüm yapılamaz. Diğer bir taraftan hesaplamalar ile karşılaştırıldığında sonuçlardan emin

olunamayacaktır. Bu yüzden dinamik test metodu araç motorunun uygun olduğunu belirlememiz açısından önem arz etmektedir.

2.3.3.1 Dinamik Test Parkurunun Hazırlanması

Araç tahrik tekerlekleri üzerlerinde dinamometre bulunan tamburlar üzerine yerleştirilir. Test esnasında araç mümkün olan en yüksek hıza çıkacağından her hangi bir tehlike ile karşılaşmamak ve aracın yanlara kaymasını engellemek için iki tarafından halatlar veya zincirler ile dikkatlice sabitlenir. Ardından hızlanma vitesinin bir alt kademesinde; yani hıza göre en çok tork üretebildiği vites kademesinde (Araç 6 vitesli ise 5. viteste, 5 vitesli ise 4. viteste) mümkün olan en yüksek hıza çıkarılır. Araç turbolu ise turbo kesene kadar, atmosferik ise devir kesene kadar gaz pedalına basılır. Bunun anlamı; aracın sınırlarını zorlaması demektir. Burada dikkat edilmesi gereken husus, araç tamburlar üzerinde yüksek hızlara çıktığında gerçek yoldaymış gibi davranacaktır bu nedenle motorun soğutulması gerekir. Bunun için radyatörün önüne yüksek debili hava akışı sağlayabilecek bir fan yerleştirilmelidir. Aksi taktirde motor hararet yapacaktır.

2.3.3.2 Dinamik Testler ve Sonuçları

Sonuncu test metodu olan dinamik test metodunda araç, oto ekspertizde dinamometre bağlı tamburlar üzerinde test edilmiştir. Normal şartlarda motor testi hızlanma vitesi ile yapılır fakat aradaki farkı görmemiz açısından araç son vites kademesinde de teste tabi tutulmuştur. Test sonuçları rapor haline getirilerek çıktı halinde verilmektedir (Bkz Şekil 2.63, Şekil 2.64).

Plaka : 35HPL88

Test Tarihi : 10.07.2017 08:14:12

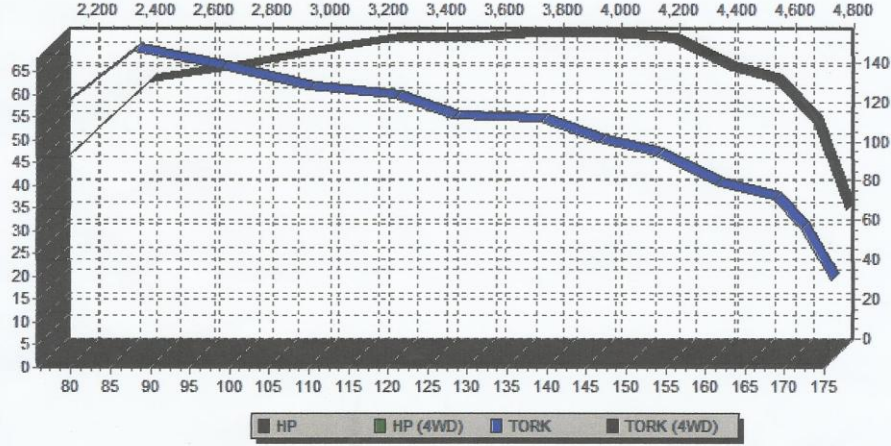
Yazdırma Tarihi :

10.07.2017 08:22:45

Marka Model Seri : Otomobil > Volkswagen > Polo > 1.2

Şase No : S_SASENO

İZMİR/BORNOVA



RPM	Hız	Tork	Güç HP	Güç Kw	Kayıp Güç	Cer K
2100	76	123	40	29	0	1264
2400	87	157	58	43	0	1612
2700	98	148	61	45	0	1512
3000	108	138	64	47	0	1413
3300	118	133	67	49	0	1364
3500	128	123	67	49	0	1264
3800	136	121	68	50	0	1240
4000	145	111	68	50	0	1140
4200	153	104	67	49	0	1066
4400	160	89	61	45	0	917
4600	166	82	58	43	0	843
4700	171	67	49	36	0	694
4800	175	41	30	22	0	421

Şekil 2.63 4. Vites kademesi için dinamik test sonucu

4. Vites kademesinde aracın dinamik teste tabi tutulması neticesinde oluşan test raporu Şekil 2.63'da görülmektedir. Bu test sonucuna göre araç 4. vites kademesinde en yüksek torku 2400 [dev/dk] verebilmektedir ve bu değer 157 [Nm]'dir. Motor en yüksek gücüne 3800-4000 [dev/dk] ulaşmaktadır.

MOTOR PERFORMANS ÖLÇÜMÜ

Firma Bilgileri

Plaka : 35HPL88

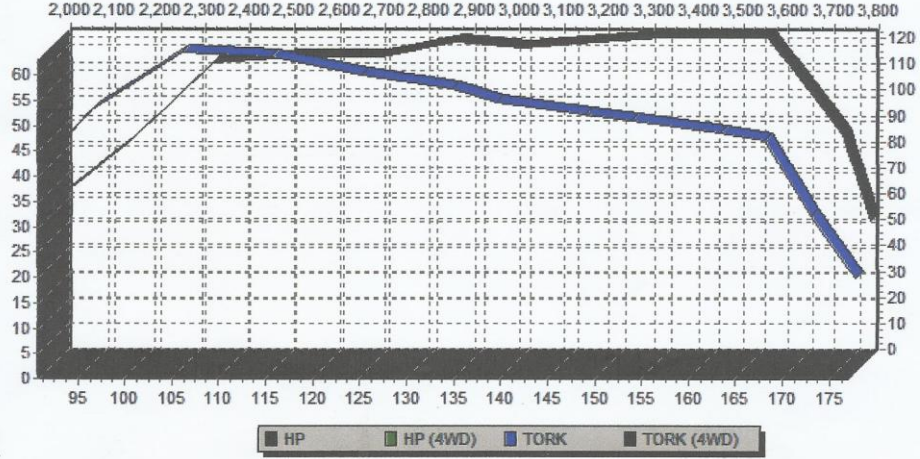
Test Tarihi : 10.07.2017 08:23:17

Yazdırma Tarih : 10.07.2017 08:26:06

Marka Model Seri :

Şase No : S_SASENO

İZMİR/BORNOVA



RPM	Hız	Tork	Güç HP	Güç Kw	Kayıp Güç	Cer K
2000	91	82	32	23	0	843
2100	98	101	42	31	0	1041
2300	107	123	58	43	0	1264
2500	116	121	59	43	0	1240
2700	125	114	59	43	0	1165
2900	133	109	62	46	0	1116
3000	140	104	61	45	0	1066
3200	148	99	62	46	0	1016
3300	155	97	63	46	0	992
3500	162	92	63	46	0	942
3600	166	89	63	46	0	917
3700	174	60	44	32	0	620
3800	177	36	27	20	0	372

Şekil 2.64 5. Vites kademesi için dinamik test sonucu

5. Vites kademesinde aracın dinamik teste tabi tutulması neticesinde oluşan test raporu Şekil 2.64'de görülmektedir. Bu test sonucuna göre araç 5. vites kademesinde en yüksek torku 2300 [dev/dk] verebilmektedir ve bu değer 123 [Nm]'dir. Diğer

yandan vites kademesi arttırıldığı için motor gücü düşmekte 46 [kW]'a gerilemektedir.

Şekil 2.63 ve Şekil 2.64 karşılaştırıldığında dinamik testin neden hızlanma vites kademesinin bir alt kademesinde yapıldığı anlaşılmaktadır. Araç hızlanma vites kademesinde gerçek kapasitesine ulaşarak yeterli tork ve motor gücü verememektedir. Bu sebep ile test sonuçlarında yanılmamak için testler hızlanma vites kademesinin bir alt kademesinde yapılmaktadır.

2.4 Teorik Hesaplamalar ve Deneysel Çalışmaların Yorumlanarak Karşılaştırılması

Bölüm 2.2 ve Bölüm 2.3' de yapılan çalışmalar; içten yanmalı motora sahip bir aracın elektrik tahrikli haline dönüştürülebilmesi için gerekli olan bilgilerin hesaplanması, deneysel çalışmalar ile karşılaştırılıp yorumlanabilmesi için gerekli olan çalışmalardır.

Bölüm 2.3.2'de yapılan günlük araç kullanım profili oluşturma çalışması neticesinde EK 1 ELM-327 Cihazı ile Alınan Veriler toplanmıştır. Bu liste incelendiğinde ve analiz edildiğinde çalışmaya konu olan aracın günlük kullanım profili Tablo 2.10 oluşturulmuştur. Bu tabloya göre aracımızın elektrik tahrikli hale dönüştürülmesi halinde seçmiş olduğumuz motor ve batarya paketinden beklenenler ;

- Ortalama 35 [km] yol kat edebilmeli, aynı zamanda 52 [km] menzile çıkabilmelidir.
- Ortalama 72 [km/h] hız ile gidebilmeli, gerekli olan yerlerde 96 [km/h] hıza çıkabilmelidir.

Elektrik motoru seçimi yapılırken, seçilen motorun Bölüm 2.2'de yapılan teorik hesaplamalar neticesinde çıkan güç ihtiyacı ve motor torku ihtiyaçlarını karşılayabilmesine ve aracı 70 [km/h] - 100 [km/h] hızlara çıkarabilmesine dikkat edilmelidir.

Seçilen bu hız bölgesinde kullanılması ön görülen elektrik motorunun çektiği akım ve 35 [km] ile 52 [km] menzile bağlı olarak uygun bir batarya paketi kapasitesi seçilmelidir.

Bölüm 2.2'de yapılan hesaplamalar aracın farklı hız kademelerinde ve yol şartlarında minimum gerekli olan güç ihtiyacı ve motor torku bilgilerini içermektedir. Devam eden bölümlerde yani Bölüm 2.3 Deneysel çalışmalarda araç motorunun aynı şartlarda ne kadar güç ve motor torku verebildiği çalışmaları yapılmıştır. Burada elde edilen veriler teorik hesaplamalardan biraz farklıdır ki bu da beklenen bir sonuçtur. Bunun nedeni üretici firmanın kullanmış olduğu motor, olması gerekenden daha güçlüdür. Bunun sebebi ise gerektiğinde ivmeli hareket yapabilmektir. Yapılan bu çalışmada ivme direnci hesaba katılmadığı için bu farklılık göz ardı edilebilir.

Yaptığımız teorik hesaplamalar ve deneysel çalışmalar neticesinde uygun bir elektrik motoru seçimi ve seçilen elektrik motoru ile kullanım profiline bağlı olarak uygun batarya paketi seçimi yapabilmemiz için gerekli olan tüm bilgiler toplanmıştır.

BÖLÜM ÜÇ

ELEKTRİK MOTORU TAHRİKLİ HALE DÖNÜŞÜM

3.1 Elektrik Motor Çeşitleri

Elektrik motoru, elektrik enerjisini mekanik enerjiye çeviren makinelerdir. Gerek günlük hayatımızda kullandığımız küçük ev aletlerinde gerekse endüstriyel alanda yüksek güçlü elektrik motorlarından milyonlarca kullanılmaktadır. Aynı zamanda elektrik motorları elektrikli araçların kalbini oluşturmaktadır.

Temelde elektrik motorları iki gruba ayrılır. Bunlar; doğru akım elektrik motorları ve alternatif akım elektrik motorlarıdır.

3.1.1 Doğru Akım Elektrik Motorları (DAEM)

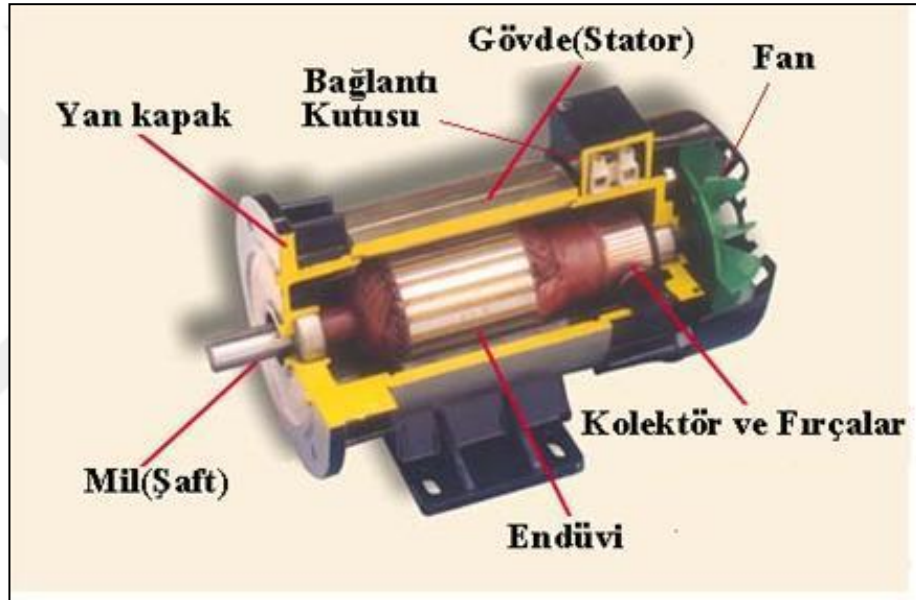
Doğru akım elektrik motorları, elektromekanik dönüşüm yapabilen makinelerdir. Makine üzerinde hiçbir değişiklik yapılmadan enerjiyi her iki yönde dönüştürebilirler. Mekanik enerjiyi doğru akıma dönüştürebilenler *doğru akım jeneratörü* olarak adlandırılır (Turan, 2005). Tersi işlem olarak, doğru akım elektrik enerjisinin mekanik enerjiye dönüştüren makineler doğru akım elektrik motoru olarak adlandırılır. Bu çeşit cihazların kullanımı daha yaygındır (Erdemir, b.t.).

3.1.1.1 Fırçalı Doğru Akım Elektrik Motorları

Fırçalı doğru akım elektrik motorları (Brushed Direct Current Electric Motors) , içinden akım geçen iletkenin manyetik ortam dışına itilmesi prensibine göre çalışır. Motorlarda manyetik alanı, endüktör oluşturmaktadır. İçinden akım geçen iletkenler ise endüvi üzerinde bulunur. Endüvi üzerindeki iletkenlere fırça ve kolektör yardımıyla doğru gerilim uygulanır. İletken içerisinden geçen akımın yönü değiştirilir ise itilme yönü de değişecektir. Bu sebeple motorun dönüş yönü de değişmektedir.

Motorun açısal hızı uygulanan voltajla doğru orantılıdır. Endüvi gerilimini değiştirerek motorun devrini ayarlamak mümkündür. Döndürme momenti yani tork, bobine aktarılan akım ile doğru orantılıdır. Endüvi akımı değiştirerek motorun torkunu ayarlamak mümkündür.

Sürücü devreleri yardımı ile DAEM hızları, dönüş yönleri ve momentleri çok hassas olarak denetlenebilmektedir. DC (Direct Current) servo motorlar üzerinde yer ve hız algılayıcıları bulunmaktadır. Eğer hareket hassas bir şekilde kontrol edilmek isteniyorsa bu motorlar da tercih edilebilmektedir.



Şekil 3.1 Doğru akım elektrik motoru yapısı (Erdemir, b.t.)

Şekil 3.1'de genel olarak doğru akım elektrik motorunun yapısı resmedilmiştir.

Doğru akım elektrik motorları, doğru akım elektrik kaynakları ile kullanılır. Doğru akım elektrik motorlarının yapısal kısımları;

- Endüktör (Kutup sargıları) - (Stator)
- Endüvi - Armatür (Rotor)
- Kollektör (Komütatör) ve Fırçalar
- Yatak, kapak ve diğer parçalar

- **Endüvi (Rotor, armatür)**



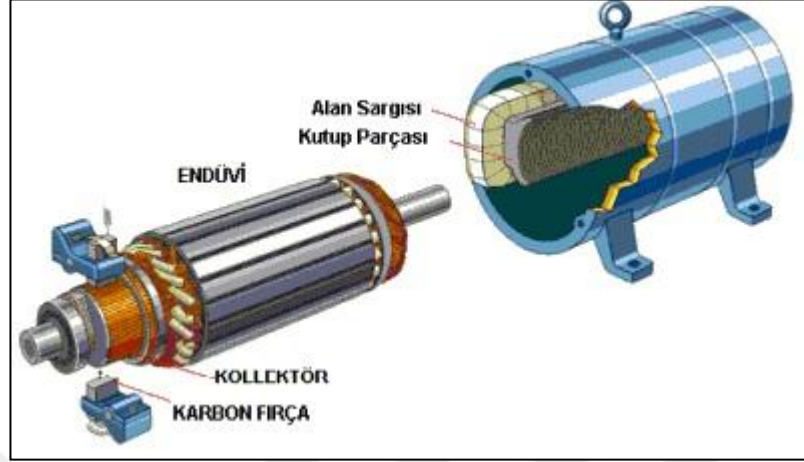
Şekil 3.2 Doğru akım motorları için sarılmış endüvi örnekleri (Erdemir, b.t.)

Şekil 3.2'de farklı tip dc motorlar için sarılmış endüvi örnekleri görülmektedir.

Endüvi; Doğru akım makinelerinde dönen kısımdır, yani mekanik enerjinin üretildiği kısımdır (Bkz. Şekil 3.2). Endüvi üzerindeki oluklara sargılar yerleştirilir. Bu sargılar gerilimin uygulandığı kısımdır. Sargılar üzerinden akım geçirildiğinde motor dönmeye başlar. Endüvi; 0,1 - 0,7 [mm] kalınlığındaki yüksek geçirgenliğe sahip yalıtımlı saclar preslenip paket haline getirilmesi ile oluşur (Altıntaş, b.t.) Tek bir metalden yapılmayıp ince saclardan yapılmasının amacı, demir kayıplarının azaltılmasıdır. Manyetik alan içindeki endüvi dışarıdan bir kuvvetle döndürülürse, gerilim üretir. Yani dinamo görevi yapmaktadır.

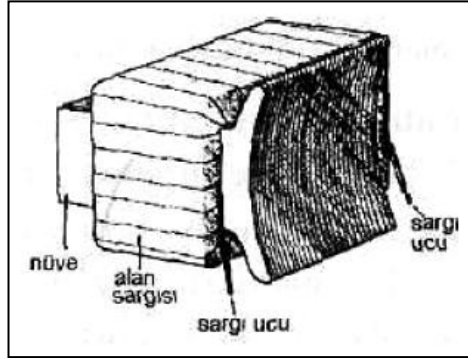
Endüvi üzerinde kollektör vardır ve bu kollektör bakır dilimlerden oluşmaktadır. Bu dilimlere endüvide bulunan iletkenler lehimlenmektedir. Kollektöre iki ya da daha fazla fırça ile doğru gerilim uygulanır.

Endüktör (Kutup Sargıları) ve Stator



Şekil 3.3 Motor iç yapısı (Altıntaş, b.t.)

Endüktörün görevi; negatif - pozitif kutupları oluşturarak manyetik alanın meydana getirmektir. Endüktör sargısı ve nüve doğru akım motorunun gövdesinde yani statorunda bulunur. Stator aynı zamanda makineye mekanik olarak destek veren kısımdır.

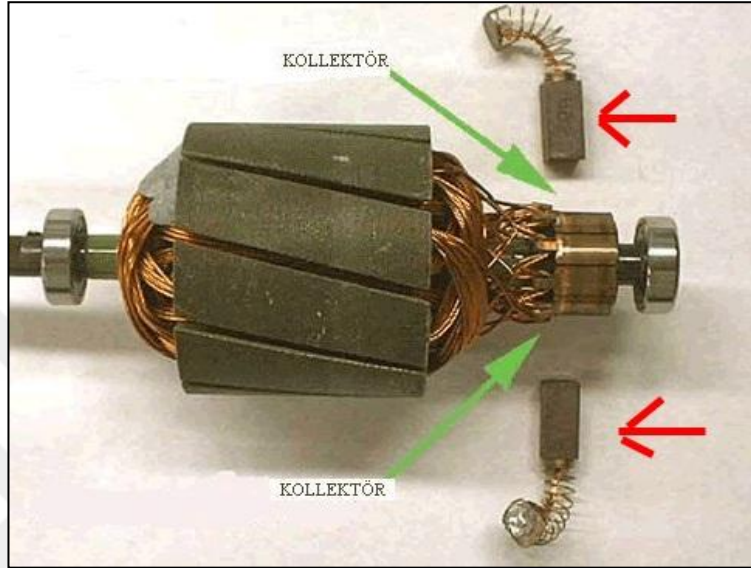


Şekil 3.4 Kutup nüvesi ve alan sargıları (Erdemir, b.t.)

Nüve (Bkz. Şekil 3.4) manyetik geçirgenliği yüksek olan malzemelerden yapılır ve kutuplar nüvenin iç kısmına uygun şekilde yerleştirilir. Kutup sayısı makinenin gücü ve hızına göre iki ve daha çok kutuptan meydana gelmektedir. Kutuplar genellikle ince sacların sıkıştırılarak birleştirilmesinden elde edilmektedir. Kutuplar

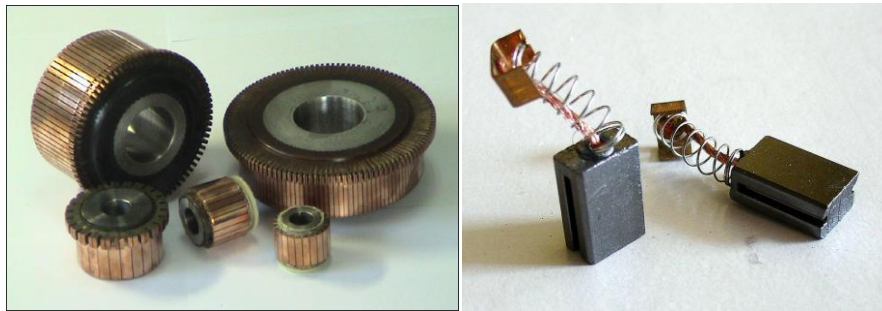
üzerlerinde alan sargılarını bulundurmaktadır. Küçük güçlü, doğru akım makineleri sabit mıknatıstan yapılırken büyük güçlü olanlar elektromıknatıstan yapılmaktadır.

Kollektör (Komütatör) ve Fırçalar



Şekil 3.5 Kollektör ve Fırçalar (Erdemir, b.t.)

DC motorlarda motorun hareketli kısmı olan rotor (endüvi) (Bkz Şekil 3.5) sargılarına gerilim uygulanması için kullanılan ara bağlantı elemanına fırça (Bkz 3.6) denilmektedir. Fırçaların temas ettiği endüvinin bölümüne ise kollektör (komütatör) (Bkz. Şekil 3.6) denilmektedir. DC motor fırçaları bakır alaşımlardan yapılabildiği gibi genellikle karbon alaşımlardan yapılmaktadır. Bu nedenle DC motor fırçalarına kömür de denilmektedir.



Şekil 3.6 Kollektör (komütatör) ve fırça örneği (Erdemir, b.t.)

DC motorlarda kullanılan fırça ve kollektör sistemleri, bu motorların en çok sorun çıkaran bölümleridir. Kullanılan DC motorların belirli periyotlarda bakımları yapılmalı, bu bakımlar sırasında fırça ve kollektörleri kontrol edilmelidir. Fırça boyları çok fazla kısalmışsa fırçalar değiştirilmeli, kollektör üzerinde deformasyonlar varsa ince zımpara ile giderilmelidir.

Yataklar, Kapak ve Diğer Parçalar

Bir motorun en önemli parçalarından birisi de yataklardır. Yatakların görevi, makinenin hareket eden kısımlarının mümkün olduğu kadar az kayıpla gürültüsüz ve kendi eksenini etrafında rahatça dönmesini sağlamaktır. Yataklar, sık arıza yapabilen ve bakım isteyen kısımdır. Yataklarda meydana gelen aşınmalar, sürtünmelerin artmasına, komütasyonun bozulmasına, ısınma problemlerine ve daha büyük problemlere yol açabilmektedir.

Şekil 3.1'de görüleceği üzere elektrik motorunda bulunabilecek diğer parçalar; motor kapakları, motor montaj ayakları, kablo bağlantı klemensleri, taşıma kancası, soğutmak için fan gibi yardımcı parçalardır.

Doğru akım motorunda kayıplar;

Doğru akım motorlarında malzemeden ve sürtünmeden dolayı meydana gelen kayıplar (Altıntaş, b.t.);

- Bakır kayıpları:
Elektrik motorunun sargılarında bakır iletkenler kullanıldığı için sargı dirençlerinden ötürü meydana gelen ısınma (termal) kayıplarıdır.
- Demir kayıpları:
Değişken manyetik alan etkisine maruz kalan demir parçalarında meydana gelmektedir. Histerisiz ve girdap akımları (fuko kayıpları) olmak üzere iki kısımdan oluşur.

- Mekanik kayıplar

Rotorun yataklanması için kullanılan rulmandaki mekanik sürtünme ve endüvinin hava aralığı (Air Gap) ile sürtünmesinden dolayı meydana gelen kayıplardır. Ayrıca soğutma fanı kayıpları da bu gruba girer.

- Fırça kayıpları

Fırçaların kollektöre temas etmesinden dolayı burada bir temas direnci oluşmakta ve gerilim düşümü meydana gelmektedir. Bu nedenle meydana gelen kayıplara da fırça kayıpları denir.

Fırçalı doğru akım motorlarının avantajları;

- Doğru akım elektrik motorları, genellikle motor olarak kullanılmasının yanında jeneratör olarak da kullanılabilir.
- Hız ve tork ayarları kolay yapılabilir.
- Verimleri yüksektir
- Kompakt yapıdadırlar.

Fırçalı doğru akım motorlarının dezavantajları;

- Fırçaların kollektöre temasından dolayı fırça kayıpları meydana gelir.
- Fırçalar ve kollektörler zamanla yıpranabilir veya kömürler (karbon kullanılabildiğinden kömür olarak da ifade edilir) bitebilir. Bu sebepten bakımlarının yapılması gerekir.
- Endüvi sargısının oluşturduğu manyetik alanın, uyartım sargısının oluşturduğu manyetik alanı bozmasından dolayı endüvi reaksiyonu oluşabilir. Bu, önlenmesi gereken bir durumdur.
- Fırça ve kollektör dilimleri arasında akımın yön değiştirmesi nedeni ile komütasyon oluşarak ark veya kıvılcım oluşmasına neden olabilir.

3.1.1.2 Fırçasız Doğru Akım Elektrik Motorları

Fırçasız doğru akım elektrik motorları (Brushless Direct Current Electric Motor, BLDC), temel prensip ve çalışma şekli olarak fırçalı doğru akım elektrik motorları ile aynıdır. Tek fark, bobinlerin sabit olması ve rotora bağlı sabit mıknatısların bulunmasıdır. Yani stator ve rotor yer değiştirmiştir. Bunun avantajı; fırça ve kollektör sisteminin kalkması nedeni ile fırça/kollektör ikilisinin oluşturduğu elektrik/mekanik kayıpların ortadan kalkmasıdır (Gören, b.t.).



Şekil 3.7 Fırçasız doğru akım elektrik motoru örneği (Reid, 2017)

Şekil 3.7'de fırçasız doğru akım elektrik motoru örneği görülmektedir. Bu resimde dikkat edileceği üzere fırçalar bulunmamaktadır. Fırça olmaması nedeni ile hem motor verimi artmakta hem de sık bakım yapılmasına gerek kalmamaktadır. Küçük boyutlarda yapılabildikleri için dron gibi hobi oyuncaklarında da sıklıkla kullanılmaktadır.

Fırçasız doğru akım elektrik motorlarının avantajları;

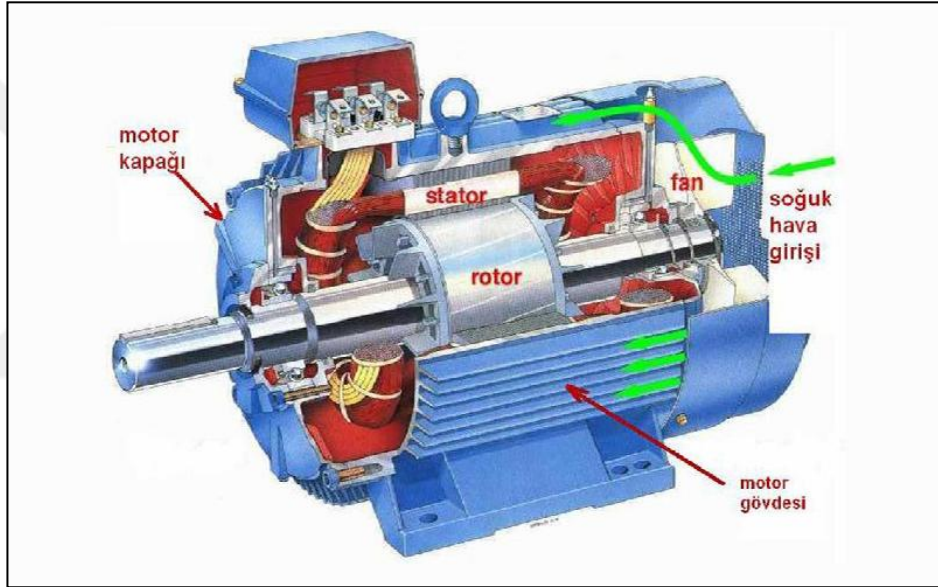
- Elektrik motorları arasında en verimli olan elektrik motoru çeşididir.
- Motor içerisinde kullanılan mıknatısların yüksek akı yoğunluğuna sahip olmaları nedeni ile fiziksel olarak daha küçük yapıda imal edilebilirler.
- Yüklü ve yüksüz durumlarda yüksek hıza çıkabilirler (>10000 dev/dk).
- Yüksek güç yoğunluğuna sahiptirler.
- Fırça ve kommutatör bulunmaması nedeni ile bakım gerektirmeden uzun süre çalışabilirler (>10000 saat). Motorun ömrü yataklama ve sargı kalitesine bağlıdır.
- Rotor kısmında akım değişimi olmadığından bu kısım ısınmaz. Stator kısmında ısınma meydana gelebilir fakat bu kısım sabit olduğundan dolayı kolay soğutulmaya müsaittir.
- Komütaston elektronik olarak yapıldığından sessiz çalışırlar.

Fırçasız doğru akım elektrik motorlarının dezavantajları;

- Yüksek verimli olması nedeni ile diğer motorlara göre daha pahalıdırlar.
- Yüksek sıcaklık veya yüksek manyetik alan altında mıknatıslar demagnetize olabilir.
- Kontrol edilmeleri karışık ve pahalıdır.

3.1.2 Alternatif Akım Elektrik Motorları (AAEM)

Alternatif akım elektrik motorları, alternatif elektrik enerjisini mekanik enerjiye çeviren makinelerdir. Doğru akım motorlarına göre daha basit olmaları, maliyetlerinin düşük olması, bakımlarının daha az olması ve büyük güçlerde (35000 kW) üretilibilmeleri sanayide çok yüksek oranda kullanılmalarını ve tercih edilmelerini sağlamıştır (Milli Eğitim Bakanlığı, 2011). Bunların yanında hassas hız ayarı yapılamaması, hız ayarının gerekli olduğu yerlerde doğru akım motorlarının tercih edilmesine neden olmaktadır.



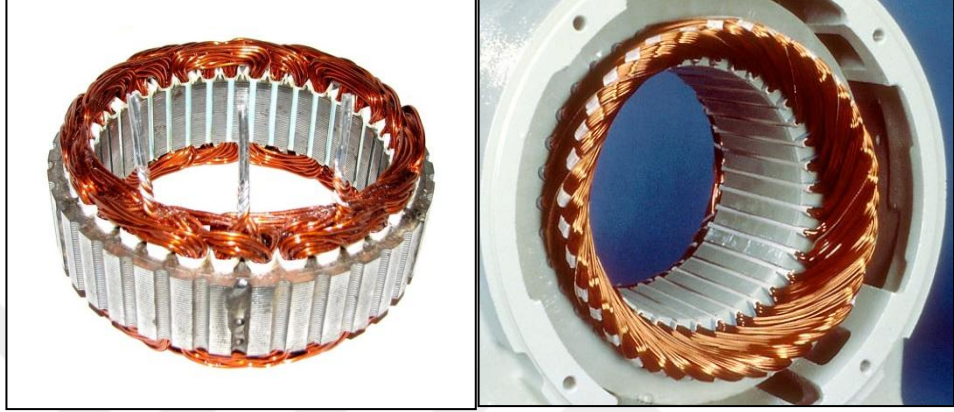
Şekil 3.8 Alternatif akım elektrik motoru iç yapısı (Milli Eğitim Bakanlığı, 2011)

Şekil 3.8'de alternatif akım elektrik motoru iç yapısı görülmektedir. Yapısal olarak alternatif akım motorlarının kısımları (Altunsaçlı ve Alacacı, b.t.);

- Stator
- Rotor
- Motor yan kapakları, gövde ve diğer parçalardır.

Stator

Manyetik alanın meydana geldiği kısımdır. Statorlar 0,3-0,8 mm kalınlığındaki silisli sacların özel kalıplar ile kesilmesi ve preslenerek paketlenmesi neticesinde meydana gelir (Bkz. Şekil 3.9). Stator, elektrik motorunun duran kısmıdır ve motor gövdesine sabitlenir (Bkz. Şekil 3.10).



Şekil 3.9 Farklı stator örnekleri (Milli Eğitim Bakanlığı, 2011)

Stator sargıları, stator sac paketinde bulunan oluklara yerleştirilerek sarım işi yapılır. Şekil 3.9'da silisli sacların kesilmesi neticesinde paket haline getirilmiş farklı tip stator örnekleri ve bu saclar üzerinde bulunan oluklara yerleştirilmiş stator sargılar yer almaktadır.



Şekil 3.10 Motor gövdesine sabitlenmiş stator örnekleri (Milli Eğitim Bakanlığı, 2011)

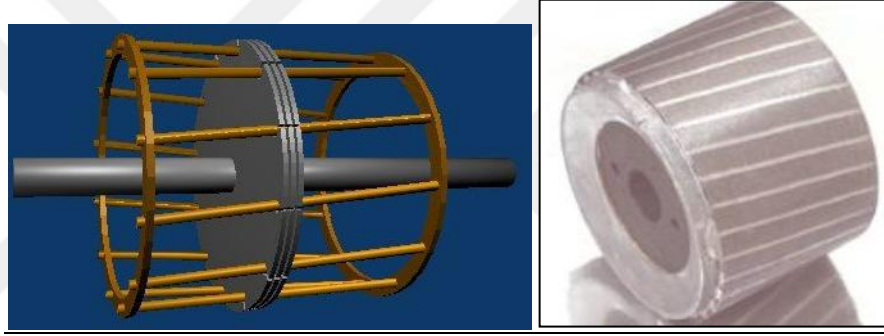
Şekil 3.10'da statorun motor gövdesine yerleştirilmiş şekilleri vardır. Motorun gücüne ve tipine göre farklı motor gövdeleri ve stator tipleri bulunmaktadır.

Rotor

Elektrik motorunun dönen kısmına yani mekanik enerjinin üretildiği yere rotor denir. İki farklı rotor çeşidi vardır.

a. Kısa devreli rotor (Sincap kafesli rotor)

Trafo sacı yani silisli saclar, statorda olduğu gibi özel kalıplarda kesilip preslenerek paket haline getirildikten sonra, üzerinde bulunan rotor kanalları içerisine eritilmiş alüminyum pres dökümle kısa devre kafes sargılarını meydana getirilmektedir (Bkz. Şekil 3.11).



Şekil 3.11 Sincap kafesli rotor (Milli Eğitim Bakanlığı, 2011)

Şekil 3.11'de sincap kafesli rotorun içi boş hali ve tamamlanmış hali yer almaktadır. Alüminyum çubukların rotor miline paralel olmamasının iki nedeni vardır. İlki; manyetik gürültüyü azaltarak sessiz çalışmayı sağlamak ve oyuk harmoniklerini azaltmak içindir. İkinci neden, rotor kilitleme eğilimini azaltmaya yardımcı olmaktır. Stator, dişlerin sayısı rotor dişlerin sayısına eşit olduğu zaman meydana gelir.

b. Sargılı rotor (Bilezikli rotor)

Statorda olduğu gibi özel kalıplarda kesilip preslenerek silindir paketi haline getirilen rotorun üzerindeki oluklara üç fazlı alternatif akım sargısı yerleştirilir. Üç

fazlı sargılar yıldız veya üçgen bağlandıktan sonra çıkarılan üç uç rotor miline yalıtılarak yerleştirilen üç bileziğe bağlanır (Bkz. Şekil 3.12).



Şekil 3.12 Sargılı rotor ve rotor bileziği (Milli Eğitim Bakanlığı, 2011)

Şekil 3.12'de sargılı rotor örneği yer almaktadır. Sargılı rotorun ön kısmında bulunan bileziklere sargıların uçları bağlanır.

Motor yan kapakları, gövde ve diğer parçalar

Elektrik motorunun en önemli parçaları arasında bulunan motor gövdesi üzerine stator sabitlenir. Gövdenin üzerinde bulunan ayaklar sayesinde sarsıntısız çalışması için zemine veya kaide üzerine sabitlenir. Mil üzerine monte edilmiş pervane ile gövdenin daha fazla hava ile temas etmesi sağlanarak motorun soğutulması sağlanmaktadır. Yan kapaklar üzerinde bulunan rulmanlar sayesinde motor milinin yataklaması yapılmaktadır. Motor gövdesi üzerinde bulunan klemens kutusu, motorun elektrik bağlantılarının yapılmasını sağlayan terminalleri bulundurmaktadır. Terminal sayıları; motorun üç fazlı sincap kafesli, üç fazlı rotorlu sargılı ya da bir fazlı asenkron motor çeşitlerine göre değişim gösterir.

Alternatif akım motorları temelde iki tipe ayrılır. Bunlar; senkron ve asenkron motorlardır (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2011). Asenkron motorların sanayide kullanımı daha geniş yer kaplamaktadır.

3.1.2.1 Senkron Motorlar

Senkron motorları; frekans ve kutup sayısı ile orantılı olarak sabit motor devirlerinde çalışan alternatif akım elektrik motorlarıdır. Senkron motorlar hem jeneratör olarak hem de elektrik motoru olarak çalışabilmektedirler. Sabit motor hızlarına sahip olması, endüstride kendine geniş yer bulmasını engellemiştir. Fakat yüksek güçlerde üretilebilmeleri, maliyetlerinin düşük olması, bakım ve kontrollerinin az olması, büyük enerji üretim tesislerinde yani enerji santrallerinde sıklıkla kullanılmasını sağlamıştır.

3.1.2.2 Asenkron Motorlar

İndüksiyon motor ya da asenkron motor (ASM); rotor için gerekli gücü komütatör ya da bileziklerden ziyade elektromanyetik indüksiyon yoluyla aktaran Alternatif Akım motor tipidir. Bu motorlara, stator sargılarında oluşan manyetik alanın dönme hızı ile rotor dönme hızı aynı olmadığından, uyumlu olmayan motor anlamına gelen, *Asenkron Motor* adı verilmiştir. Stator manyetik alanı döner kısım devrinden her zaman büyüktür. Asenkron motorlar indüklemeye prensibine göre çalıştıklarından İndüksiyon Motor olarak da bilinmektedir. Asenkron makineler endüstride genellikle motor olarak çalıştırılırlar, fakat belirli koşulların sağlanması durumunda jeneratör olarak (rüzgar türbinleri) da çalıştırılabilirler (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2011).

Asenkron motorlar ucuz olması, az bakım gerektirmesi ve çalışma sırasında ark meydana gelmemesi sebebiyle doğru akım motorlara göre daha çok tercih edilirler. Devir sayıları yük ile fazla değişmediğinden, sabit devirli motor olarak kabul edilmektedirler. Devir sayıları, frekans değiştirilerek istenilen şekilde ayarlanabilir. Üç fazın bulunmadığı yerlerde bir fazlı asenkron motorlar kullanılabilir.

Alternatif akım elektrik motorlarının avantajları;

- Sürekli bakım istemezler.
- Çalışma anında ark (kıvılcım) üretmezler.

- Yük altında devir sayıları çok değişmez.
- Elektronik devreler yardımıyla (frekans dönüştürücüleri) devir sayısı kolayca ayarlanabilir.
- Küçük glerden çok büyük glere kadar imal edilirler.
- Bir ve  fazlı olarak üretilir.
- Diğer elektrik motorlarına oranla ucuz ve sağlamdırlar.
- Verimleri yüksektir.

Alternatif akım elektrik motorlarının dezavantajları;

- Hassas hız ayarı yapılamamaktadır. DC motorlarda devir sayısı geniş sınırlar içerisinde değiştirilebilmektedir.

Not: Fırçasız doğru akım elektrik motorlarında fırça bulunmaması nedeni ile motorlar arasında yapılan karşılaştırmada, alternatif akım elektrik motorunun bir çok avantajını geçersiz kılmaktadır.

3.2 Elektrik Motoru Seçimi

Elektrikli araca dönüşümün yapılabilmesi için, Bölüm 2'de yapılan teorik hesaplamalar ve deneysel çalışmalar neticesinde bulunan sonuçlara uygun olarak elektrik motoru seçimi yapılması gerekmektedir.

Kullanıcı profili göz önüne alındığında aracın ihtiyaı olan motor gücü ve motor torkunu karşılayabilen bir elektrik motoru seçimi yapılmalıdır. Bölüm 3.1'de anlatılan motor çeşitlerinden, fırçasız doğru akım elektrik motoru ve 1 adet asenkron alternatif akım elektrik motoru seçimi yapılarak karşılaştırma yapılabilmesi için sunulmuştur.

3.2.1 Fırçasız Doğru Akım Elektrik Motoru Kullanılması Durumu

Fırçasız doğru akım elektrik motorları, tüm elektrik motorları arasında en verimli ve hız ayarı hassasiyetinin yüksek olması açısından elektrikli araçlarda kullanılmak için en uygun motor tipi olarak görülmektedir.

Çalışmaya konu olan aracı elektrik tahrikli hale dönüştürmek için, elektrik motoru olarak göbek içi fırçasız doğru akım elektrik motoru (Brushless Direct Current Hub Motor - BLDC Hub Motor) (Bkz. Şekil 3.13) kullanılması ön görülmüştür. Hub motor kullanılmasının amacı; araca montajının kolay olması, direk sürüş olduğu için debriyaj ve vites kutusuna gerek duyulmaması, aktarım organları çıkarılarak gereksiz ağırlıklardan kurtulmak ve aktarma esnasındaki verim kaybının önüne geçmektir. Ayrıca, BLDC Hub motorlar yüksek verime sahiptirler ve kullanım profiline göre motor sürücü programlanabildiği için enerji optimizasyonu yapılabilir.

Bölüm 2'de yapılan teorik hesaplamalar ve günlük kullanım profili oluşturmak için yapılan deneysel sonuçlar (Bkz. Tablo 2.10) göz önüne alındığında, aracın ihtiyacı olan gücü ve motor torkunu sağlayabilmesi gerekmektedir. Bu sebepten; seçilen motor Tablo 2.10'a göre 72 [km/h] ile gidebilmeli ve 96 [km/h] hıza çıkabilmelidir. Yani 70 [km/h] ile 100 [km/h] hız aralığında sorunsuz ilerleyebilmelidir. Aynı tabloya göre ortalama 6 [kW] motor gücü ve 33 [Nm] motor torkuna sahip olmalıdır.

Ayrıca Bölüm 2.2'de yapılan teorik hesaplamalar sonucunda ortaya çıkan Tablo 2.5 güç ihtiyacı ve motor torku tablosu, seçilen hız bölgesinde (70 [km/h] ve 100 [km/h]) incelendiğinde kullanılması ön görülen motorun bu hız bölgesine uygun olması gerekmektedir.

Kullanım profiline uygun olarak incelemeler yapıldığında, QSMOTOR firmasına ait yüksek torklu 96 [V] 8 [kW] BLDC Hub Motordan (QSMOTOR, b.t.) 2 adet kullanılmasına karar verilmiştir. Bu motorlar aracın arka 2 tekerleğine akuple edilecektir. Çift motor kullanılmasının amacı, gerekli olan gücü ve torku

sağlayabilmek için tek bir motorun yeterli gelmemesi ayrıca tek tekerlekten tahrik verilmesi neticesinde aracın dengeli bir sürüş sağlayamayacağı ve tutunma yüzeyinin azlığı nedeni ile tahrik tekerleği ile zemin arasında ivmelenme esnasında kayma meydana gelebileceğinin ön görülmesidir.



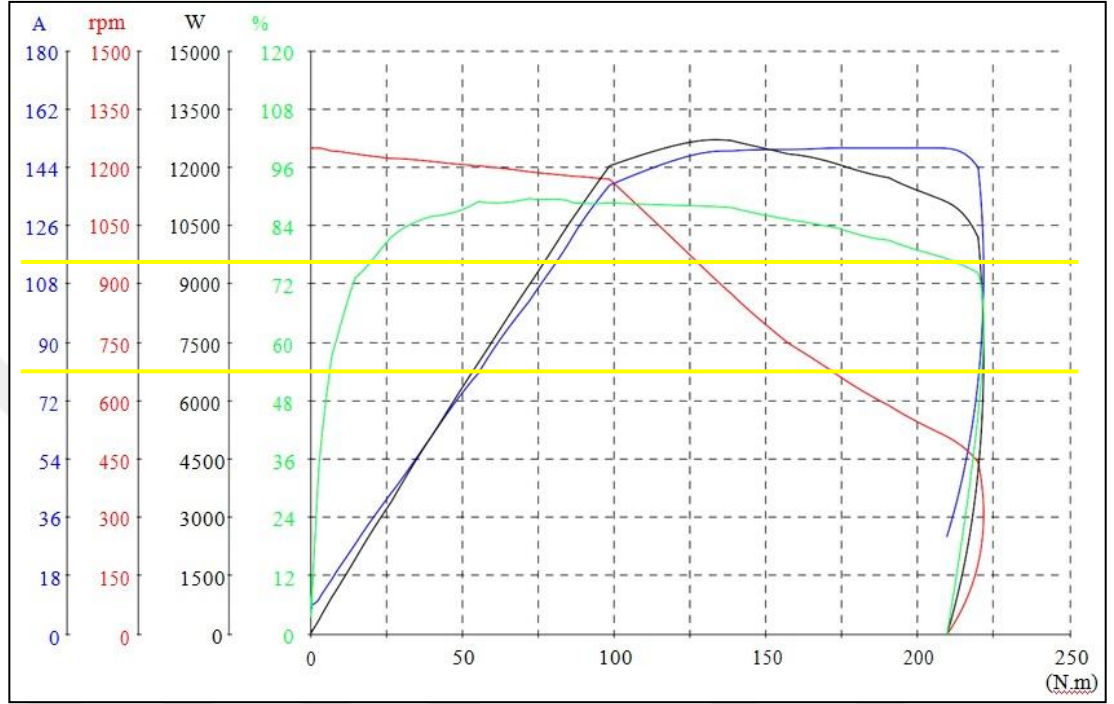
Şekil 3.13 Seçilen BLDC Hub motor (QSMOTOR, b.t.)

Şekil 3.13'te elektrik tahrikli hale dönüştürülmesi için kullanılacak olan göbek içi fırçasız hub motor bulunmaktadır. Bu motorlar tekerlek jantının içine girebildiği için yerden tasarruf sağlamaktadırlar.

Tablo 3.1 BLDC Hub Motora ait teknik bilgiler (QSMOTOR,b.t.)

Tanım	Değer
Motor Gücü	8 x 2 [kW]
Motor Torku	Max. 350 [Nm]
Nominal Voltaj	96 [V]
Maksimum Akım	150 [A]
Nominal Motor Devri	1250 [dev/dk]
Verim	85 - 92 %
Ağırlık	25 [kg]

Tablo 3.1'de seçilen BLDC Hub motorun teknik verileri bulunmaktadır. Bu veriler, uygun bir motor sürücü seçilmesi ve uygun batarya paketi oluşturulması için gerekli olan bilgileri içermektedir.



Şekil 3.14 Seçilen BLDC Hub Motora ait performans grafiği (QSMOTOR, b.t.)

Şekil 3.14'te seçilen BLDC Hub motora ait performans grafiği görülmektedir. Bu grafik, seçilen motorun uygunluğunu tespit etmek için gerekli verileri içermektedir.

Seçilen motorun uygunluğunu saptayabilmemiz için, motora ait performans grafiğinin incelenmesi gerekmektedir. Fakat, Şekil 3.14'te verilen grafik, motor hızını [dev/dk] cinsinden vermektedir. Tablo 2.5 ile karşılaştırma yapabilmemiz için seçilen bölgedeki araç hızlarını (70 [km/h] - 100 [km/h]) Denklem 2.12 kullanarak açısal hız cinsinden ifade etmemiz gerekmektedir.

$$V = \frac{\pi \cdot n_m}{30} \cdot \frac{r_{dyn}}{i_v \cdot i_D} \quad [m/s] \quad (2.12)$$

Hub motor kullanıldığı için vites kutusu ve diferansiyel gibi aktarım organları aradan çıkarıldığından vites kademesi ve diferansiyel çevrim oranları 1 olarak alınır.

Dönüşüm için hesaplama yapılacak olursa ;

$$V= 70 \text{ [km/h]}$$

$$\frac{70 \cdot 1000}{3600} = \frac{3,14 \cdot n_m \cdot 0,29}{30 \cdot 1 \cdot 1}$$

$$n_m= 640 \text{ [dev/dk]}$$

$$V= 100 \text{ [km/h]}$$

$$\frac{100 \cdot 1000}{3600} = \frac{3,14 \cdot n_m \cdot 0,29}{30 \cdot 1 \cdot 1}$$

$$n_m= 915 \text{ [dev/dk]}$$

olarak hesaplanır.

Tablo 2.5 incelendiğinde; aracın normal çalışma şartındaki güç ihtiyacı ile azami yüklü halinde gerekli olan güç ihtiyacı arasında %15'lik artış söz konusudur. Tablo 2.5 ile Şekil 3.14'te, 640 [dev/dk] ve 915 [dev/dk] arasında kalan bölge veya EK 2'de Göbek İçi Fırçasız Doğru Akım Elektrik Motorunun nümerik olarak verilen Performans Tablosu'nda sarı ile işaretlenmiş bölge karşılaştırılır ise seçilen elektrik motoru normal çalışma şartı için aracı maksimum 100 [km/h] hıza çıkarabilmektedir. Fakat azami yüklü halinde 100 [km/h] hız için motorların gücü yetmemekte ve maksimum 90 [km/h] hıza çıkarabilmektedir. Tablo 2.10'a göre günlük kullanımda aracın ortalama hızı 72 [km/h]'tir. Azami yüklü halde bu hızda gerekli olan motor gücü 6,89 [kW]'tır (Bkz. Tablo 2.5). Şekil 3.14'e veya EK 2'ye göre elektrik motorları bu hız için gerekli olan gücü sağlayabilmektedir. Seçilen elektrik motorları çalışma için uygundur.

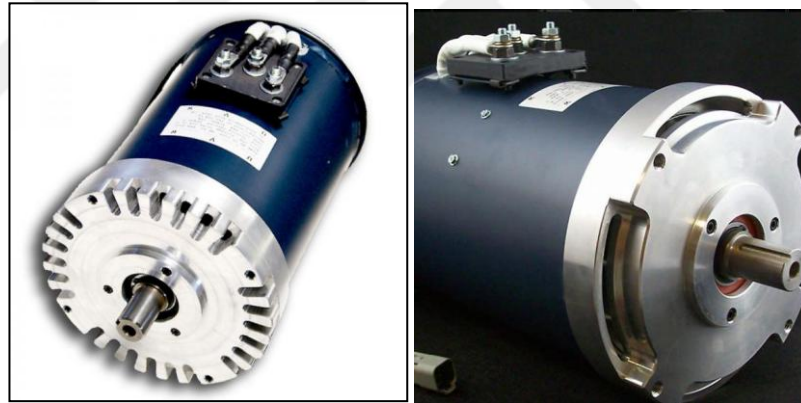
3.2.2 Alternatif Akım Elektrik Motoru Kullanılması Durumu

Elektrikli taşıtlarda, DA tekerlek içi elektrik motorları kullanımı AA motor kullanımından daha verimlidir. AA motorlarının, DA motorlarına göre daha dar bir

alanda yüksek verimli olmaları ve maliyet olarak uygun olmaları elektrikli araçlarda sıklıkla kullanılmalarını sağlamaktadır. AA motorları alternatif gerilim kullandıkları ve batarya çıkışları doğru akım olduğu için dönüşüm yapabilen bir cihaza gereksinim duyulmaktadır. Bu sebep ile dönüşüm esnasında verim kaybı olmaktadır.

Çalışmada alternatif akım motoru seçilmesinin nedeni dc motorlar ile arasındaki farkı görebilmek, kıyaslama yapabilmek ve farklı montaj teknikleri üzerinde durabilmektir.

Bölüm 3.2.1'de anlatılan seçim kriterleri ve gerekli olan motor gücü ile motor torku bilgileri göz önüne alındığında kullanılması ön görülen motor olarak HPEVS AC-50 Fırçasız Alternatif Akım Motor'u (Ew West Catalog, 2011) olarak belirlenmiştir (Bkz. Şekil 3.15).

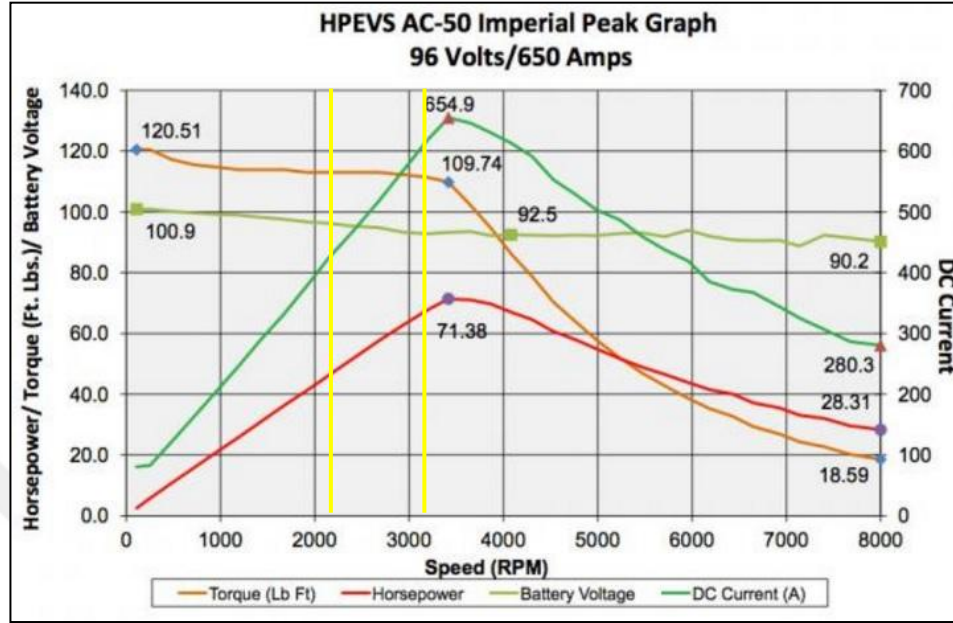


Şekil 3.15 Dönüşüm için seçilen alternatif akım elektrik motoru (Ew West Catalog, 2011)

Tablo 3.2 Seçilen motora ait teknik bilgiler (Ew West Catalog, 2011)

Tanım	Değer
Motor Gücü	52,2 [kW]
Motor Torku	162 [Nm]
Nominal Voltaj	96 [V]
Maksimum Akım	650 [A]
Nominal Motor Devri	5000 [dev/dk]
Motor Ağırlığı	52 [kg]

Tablo 3.2'de seçilen alternatif motoruna ait teknik bilgiler yer almaktadır. Uygun bir motor sürücü ve batarya paketi oluşturulması için gerekli bilgileri içermektedir.



Şekil 3.16 Dönüşüm için seçilen alternatif akım elektrik motoruna ait performans grafiği (Ew West Catalog, 2011)

Motorun uygunluğunu saptayabilmek için Bölüm 3.1'de yaptığımız şekilde, Tablo 2.5'i Şekil 3.16 alternatif akım elektrik motoru performans eğrisi ile karşılaştırmamız gerekmektedir. Fakat, Şekil 3.16 incelendiğinde, seçilen motorun açısal hızının yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Bu sebep ile motor araca monte edilirken arada bir çevrim oranı olması gerekmektedir. Bunu yapabilmek için aracın üzerindeki aktarım organları ve vites kutusu bırakılabilir veya yeni bir redüktör seçimi yapılabilir. Bu seçimi yapabilmek için öncelikle var olan sistemlerin uygunluğunu araştırmamız gerekmektedir.

Vites kutusu ve diferansiyelin araçtan çıkarılması durumu;

Vites kutusu ve diferansiyelin araçtan çıkarıldığını düşünelim; Bölüm 3.1.1'de hesaplandığı üzere

$$70 \text{ [km/h]} \rightarrow 640 \text{ [dev/dk]}$$

100 [km/h] → 915 [dev/dk] ' ya karşılık gelmektedir.

Şekil 3.16 tekrar incelendiğinde motor 640 [dev/dk] - 915 [dev/dk] aralığında çalışmamaktadır. Bu yöntem uygun görünmemektedir.

Diferansiyel sabit bırakılıp vites kutusunun araçtan çıkarılması durumu;

Diferansiyeli sabit bırakırsak $i_D=3,39$ ve vites kutusunu araçtan çıkarırsak $i_V=1$ değerlerini Denklem 2.2'ye koyarsak;

$$V = \frac{\pi \cdot n_m}{30} \cdot \frac{r_{dyn}}{i_V \cdot i_D} \quad [m/s] \quad (2.12)$$

V= 70 [km/h]

$$\frac{70 \cdot 1000}{3600} = \frac{3,14 \cdot n_m \cdot 0,29}{30 \cdot 3,39 \cdot 1}$$

$$n_m = 2171,6 \text{ [dev/dk]}$$

V= 100 [km/h]

$$\frac{100 \cdot 1000}{3600} = \frac{3,14 \cdot n_m \cdot 0,29}{30 \cdot 3,39 \cdot 1}$$

$$n_m = 3102,3 \text{ [dev/dk]}$$

olarak hesaplanır.

Vites kutusunun aradan çıkarılıp, diferansiyelin bırakılması neticesinde 70 [km/h] [km/h] ve 100 [km/h]'lik seçilmiş hız bölgesi, motorun çalışma alanına girerek en çok güç üretebildiği bölgeye yaklaşmıştır.

Vites kutusu ve diferansiyelin araçta sabit tutulması;

Vites kutusunun çıkarılarak diferansiyelin sabit tutulması şeklinde yapılan araştırma çalışmamız için uygun gözükmemektedir. Fakat araştırmamız gereken bir seçenek daha bulunmaktadır. Bu seçeneğe göre vites kutusu ve diferansiyel sabit tutulacaktır.

Diferansiyelin ve vites kutusunun sabit bırakılması neticesinde farklı vites kademelerinde elektrik motorunun kullanılıp kullanılmayacağına bakılması gerekmektedir. Bu sebep ile, Denklem 2.12 tüm vites kademelerinde tek tek hesaplandığında Tablo 3.3 oluşmaktadır.

Tablo 3.3 Tüm vites kademelerine göre motor devirleri

Vites Basamağı	70 [km/h]	100 [km/h]
$i_1=3,78$	8208,8	11726,8
$i_2=2,12$	4603,8	6577
$i_3=1,27$	2758	3940
$i_4=0,87$	1890	2700
$i_5=0,66$	1433,3	2047,5

Tablo 3.3'te diferansiyelin ve vites kutusunun sabit bırakılması neticesinde her bir vites basamağı için seçilen hız bölgesinde kullanılması ön görülen AC elektrik motorunun açılma hızları verilmiştir.

Tablo 3.3 ile Şekil 3.16 karşılaştırıldığında;

1. Vites kademesinde, motorunun çalışma alanının dışına çıkılmaktadır.
2. Vites kademesinde, motor verimli bölgesinden uzaklaşmaktadır.
3. Vites kademesinde, motorun en yüksek gücü üretebildiği bölge içerisine girilmiştir.

4. Vites kademesinde motorun çalışabilme alanının dışına çıkmaya başlanmıştır ve motorun üretebildiği güç düşmüştür.

5. Vites kademesinde motorunun çalışma alanının dışına çıkmaktadır

Yukarıda yapılan karşılaştırmalar neticesinde vites kutusunun ve diferansiyelin sabit bırakılması durumunda. Araç, 3. vites kademesinde kullanılmalıdır. Yani vites sabit olarak 3. kademedede bırakılmalıdır. Aksi taktirde araç ya ilerleyemeyecek ya da çok verimsiz olarak kullanılacaktır.

Çalışmada diferansiyel kutusunun sabit bırakılıp, vites kutusunun çıkarılması tercih edilmiştir. Bunun en büyük nedeni, vites kutusunun ve aksamalarının araçtan sökülerek ağırlık azaltılmasının istenmesi ve Şekil 3.16 incelendiğinde 3.vites kademesi kullanılması durumunda motor gücünün artmış olmasına karşın motor torkunun düşmesidir.

Diferansiyelin sabit bırakılıp vites kutusunun sökülmesi senaryosuna göre; araç seçilmiş hız bölgesinde 2171,6 [dev/dk] - 3102,3 [dev/dk] motor hızı ile gitmektedir. Şekil 3.16 sarı çizgiler ile sınırlandırılmış bölgede performans eğrisi incelenirse dönüşüm için seçmiş olduğumuz Alternatif Akım Elektrik Motoru'ndan karşılanan bilgiler Tablo 3.4'te yer almaktadır.

Tablo 3.4 AC motorun seçilen bölgedeki teknik verileri

	70 [km/h]	80 [km/h]	90 [km/h]	100 [km/h]
n [dev/dk]	2172	2481	2792	3102,3
P [kW]	35,3	38,25	44,1	50
T [Nm]	151,85	149,13	146,42	143,71
Akım [A]	410	480	550	610

Tablo 3.4'te hız bölgesi için motorun verebildiği teknik bilgiler yer almaktadır. Tablo 3.4 , Tablo 2.5 ile karşılaştırılır ise seçmiş olduğumuz alternatif akım elektrik motorunun gerekli olan motor gücü ve motor torkunu karşılayabildiği anlaşılmaktadır.

3.3 Motor Sürücü Seçimi

Motor sürücü; endüstride kullanılan elektrik motorlarının yanı sıra elektrikli bisikletlerde, elektrikli forkliftlerde, elektrikli botlarda, hem hibrit hem de elektrikli taşıtlarda hız ve tork kontrolünü yapmak için kullanılan yüksek verimli ve sessiz cihazlardır (Şahin, 2017). Motor sürücülerin programlanabilir olması, kullanım profiline göre sürücünün programlanarak optimizasyon yapılmasına olanak sağlar. Uygun bir motor sürücü; motorun akım, voltaj ve güç ihtiyacını sağlayabilmelidir. Alternatif akım ile çalışan motorlar için AC motor sürücüler ve doğru akım ile çalışan motorlar için DC motor sürücüler bulunmaktadır.

Çalışmamızda hem AC hem de DC motor seçimi yaptığımız için her iki motor için ayrı ayrı motor sürücü seçmemiz gerekmektedir.

3.3.1 Doğru Akım Motor Sürücü Seçimi

Motora uygun bir motor sürücü seçebilmemiz için, motor sürücünün kullanılacak olan motorun çekebileceği maksimum akım ve maksimum gücü karşılaması gerekmektedir. Bölüm 3.2.1'de seçilen QSMOTOR firmasına ait yüksek torklu 96 [V] 8 [kW] BLDC Hub Motora uygun motor sürücü yine aynı firmaya ait programlanabilen AE96600 kodlu motor sürücüdür (Qsmotor, APT controller, sine wave, b.t.) (Bkz. Şekil 3.17).



Şekil 3.17 BLDC Hub motor, motor sürücü ve ekipmanları (QSMOTOR, b.t.)

Şekil 3.17'de dönüşüm için kullanılacak olan BLDC Hub motor, motoru kontrol etmek için kullanılacak olan motor sürücü ve gaz pedalı , bağlantı kabloları , motor sürücü programlama kablosu gibi diğer ek ekipmanlar bulunmaktadır.

Tablo 3.5 Seçilen DC Motor Sürücüye ait teknik bilgiler (Qsmotor, APT controller, sine wave, b.t.)

Tanım	Değer
Maksimum Akım	600 [A]
Nominal Güç	8 [kW]
Nominal Voltaj	96 [V]
Ağırlık	5.9 [kg]

Tablo 3.5'te seçilen motor sürücüye ait teknik bilgiler bulunmaktadır. Bu sürücünün uygunluğunu belirleyebilmemiz için EK 2'de verilen motora ait performans verileri arasında 36. ile 44. satırlar arasında kalan sarı bölge incelenmelidir. Motor sürücünün, bu bölge içerisinde motorun çekmiş olduğu maksimum akımı karşılayabilmesi gerekmektedir. Ayrıca motor sürücü, motorun çalışma voltajına uygun olmalıdır. Seçilen motor 96 [V] ile çalışmaktadır. İncelemeler yapıldığında motor sürücünün seçilen BLDC hub motora uygun olduğu anlaşılmaktadır.

Dönüşüm için 2 adet motor kullanılması planlandığı için aynı model ve markadan 2 adet motor sürücü kullanılmalıdır.

3.3.2 Alternatif Akım Motor Sürücü Seçimi

Alternatif akım motor sürücüleri, alternatif akım ile beslenen motor sürücülerdir. Direk olarak alternatif akıma bağlanabilir veya sürücünün yapısına bağlı olarak doğru akımdan da beslenerek gerekli dönüşümü yapabilmektedirler.

Çalışmamızda kullanılacak bataryalar doğru akım elektrik enerjisine sahip olduğu için motor sürücü buna uygun olmalıdır. Bölüm 3.2.2 'de seçilen AC motora uygun

olduğunu düşündüğümüz motor sürücü Curtis Marka 1238- 7601 AC Motor sürücüdür (Curtis, b.t.) (Bkz Şekil 3.18).



Şekil 3.18 Seçilen alternatif akım motor sürücü (Curtis, b.t.)

Şekil 3.18'de seçilen alternatif akım sürücü ve bağlantı kabloları yer almaktadır. Seçilen motor sürücü kullanım profiline göre programlanabilmektedir. Hız veya tork seçenekleri kullanıcı ara yüzü içerisinde değiştirilebilmektedir.

Tablo 3.6 Seçilen AC Motor Sürücüyü ait teknik veriler (Curtis, b.t.)

Tanım	Değer
Nominal Akım	650 [A]
Maksimum Akım	800 [A] (2 dk)
Nominal Güç	50 [kW]
Nominal Giriş Voltajı	72-130 [V] (DC)
Çıkış Voltajı	96 [V] (AC)
Kontrol Tipi	Hız veya Tork

Tablo 3.6'da seçilen motor sürücüyü ait teknik veriler bulunmaktadır. Kullanılması ön görülen sürücünün doğruluğunu saptayabilmek için motor kullanım voltajı ve Tablo 3.4 seçili hız bölgelerindeki gerekli olan motor akımları ile karşılaştırılmalıdır.

Sürücünün çıkış Voltajı 96 [V] motor ile uygunluk sağlamak ve Tablo 3.4'te verilen hızlara karşılık gelen motor akımlarını (maks. 610 [A]) sürücünün karşılayabildiği anlaşılmaktadır (Bkz. Tablo 3.6 nominal akım 650 [A]). Bu sebep ile seçilen Alternatif Akım Motor Sürücü kullanım için uygundur.

3.4 Batarya Çeşitleri

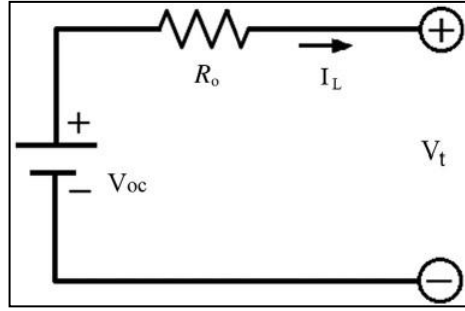
Bataryalar, kimyasal enerjinin depolanıp gerektiğinde elektrik enerjisi olarak kullanılmasına yarayan cihazlardır. Günlük hayatta cep telefonlarından kredi kartlarına kadar geniş alanda sık olarak kullanılmaktadırlar. Kablosuz cihazların kullanılmasına da imkan sağlamaktadırlar.



Şekil 3.19 Farklı tip batarya çeşitleri (Batteries, b.t.)

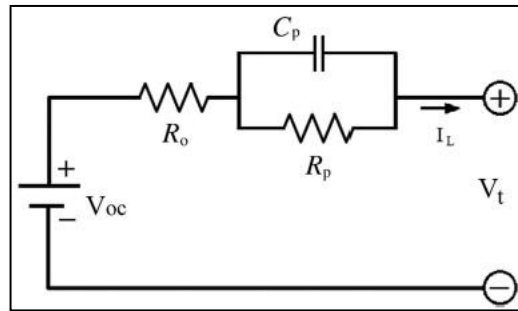
Şekil 3.19'da farklı tip batarya çeşitleri görülmektedir. Teknolojinin ilerlemesi ile bataryalar çeşitlenmiş ve fiziksel yapılarında küçülmeler meydana gelmiştir. Bataryalar şarj edilebilen ve şarj edilemeyen bataryalar olmak üzere ikiye ayrılır. Şarj edilebilen bataryalarda depolanan enerji elektrik enerjisi olarak kullanılır; boşalan batarya tersine yönde tekrar şarj edilebilir. Şarj edilemeyen tiplerde ise bu mümkün değildir. Elektrik enerjisi tekrar kimyasal enerjiye dönüştürülemez. Bataryalar; arabalarda, kamyonlarda, otobüslerde, golf arabalarında hatta elektrikli botlarda dahil kullanılmaktadır.

Enerji depolama sistemleri üzerinde yoğun araştırmalar ve çalışmalar yapılmaktadır. Bataryaların elektrokimyasal yapısı üzerinde yapılan bu çalışmalar ile bataryaların çevrim ömrü, güvenliği, batarya kapasitesi ve diğer performans karakteristikleri arttırılmaya çalışılmaktadır. Yapılan bu çalışmalarda bataryalar modellenmekte ve farklı parametreler ile batarya karakteristikleri hesaplanmaya çalışılmaktadır. Modelleme işlemi yapılır iken sıklıkla elektriksel eş devre modeli kullanılmaktadır ve bu modelleme sonuçları çok az hata payı ile gerçek test sonuçları ile örtüşmektedir.



Şekil 3.20 Yarı yükleme durumunda (quasi-static) batarya eşdeğer devresi (Fotouhi, Auger, Propp, Longo, ve Wild, 2015)

Şekil 3.20'de en basit modelleme şekli olan yarı yükleme durumunda (quasi-static) batarya eş değeri devresi görülmektedir. Bu eş değeri devre bataryanın şarj durumunda (State of charge), farklı sıcaklıklardaki batarya iç direncini ölçmek için kullanılmaktadır. Bataryaların iç dirençleri ve deşarj esnasındaki durumu sıcaklık ile değişmektedir. Bu devre, V_{OC} açık devre geriliminden V_t terminal geriliminin belirlenmesine dayanmaktadır. V_{OC} bataryanın herhangi bir yüke bağlı olmadığı durumdaki gerilimi, V_t bataryanın terminallerinden ölçülen gerilimi, I_L yük akımını, R_o ise batarya iç direncini tanımlanmaktadır (Ceylan, Sarıkurt, ve Balıkcı, 2013).



Şekil 3.21 Dinamik yükleme durumunda batarya eş değeri devresi (Thevenin Model) (Fotouhi ve diğer, 2015)

Şekil 3.20'de verilen doğrusal eş değeri devre modeli geçici rejim durumlarında iyi sonuç vermediği bilinmektedir. Bu sebepten dolayı iç dirence ek olarak R , C yapısı eklenerek Şekil 3.21'de gösterilen dinamik model (Thevenin Model) kullanılmaktadır. Bu devreye göre, V_{OC} açık devre gerilimi, V_t batarya terminal gerilimi, I_L yük akımını, R_o ise batarya iç direncini tanımlanmaktadır. R_p ve C_p yük devreden çıktıktan sonra bataryanın dengeye ulaştığı sürecin modellenmesi dolayısı

ile elektrot ve elektrolit arasında oluşan difüzyon süreci ve yük transferinin modellenenbilmesi için devreye eklenmektedir. Dinamik eş değer devre modeli, bataryanın doğrusal olmayan açık devre gerilimini, akım, sıcaklık, çevrim sayısı ve geçici zamana karşı depolama süresine bağlı kapasite gibi tüm dinamik özelliklerinin ön görülebilmesini sağlamaktadır (Chen ve Ricon-Mora, 2006).

Tablo 3.7 Elektrikli araçlarda kullanılan farklı batarya çeşitlerinin teknik özellikleri (Yong, Ramachandaramurthy, Tan ve Mithulananthan, 2015)

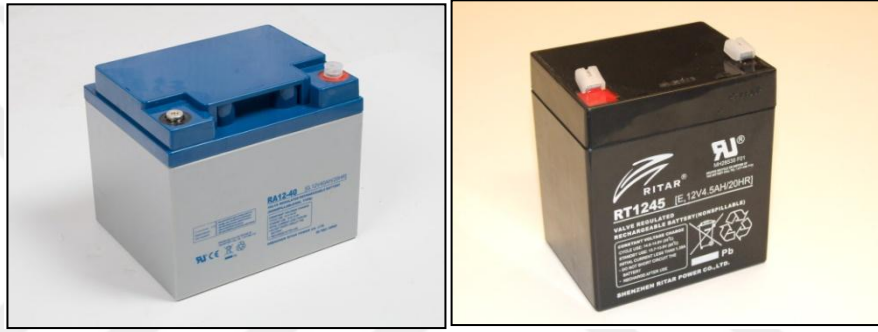
Pil Çeşidi	Nominal Voltaj [V]	Enerji Yoğunluğu [Wh/kg]	Çevrim Ömrü [-]	Hafıza Etkisi	Çalışma Sıcaklığı [°C]
Pb-acid	2	35	1000	Yok	-15, +50
NiCd	1.2	50-80	2000	Var	-20, +50
NiMH	1.2	70-95	<3000	Nadir	-20, +60
Zebra	2.6	90-120	>1200	Yok	+245, +350
Li-ion	3.6	118-250	2000	Yok	-20, +60
LiPo	3.7	130-225	>1200	Yok	-20, +60
LiFePO ₄	3.2	120	2000	Yok	-45, +70
Zn-air	1.65	460	200	Yok	-10, +55
Li-S	2.5	350-650	300	Yok	-60, +60
Li-air	2.9	1300-2000	100	Yok	-10, +70

Tablo 3.7'de elektrik bataryalı araçlarda sıklıkla kullanılan batarya çeşitlerinin özellikleri verilmiştir. Tablo incelendiğinde lityum içerikli bataryaların diğer çeşitlere göre üstün olduğu net bir şekilde anlaşılmaktadır. Lityum Sülfür (Li-S) ve Lityum Hava (Li-Air) bataryaların enerji yoğunluğuna bakılınca diğer çeşitlere göre çok üstün olduğu görülebilir fakat bu batarya çeşitleri daha araştırma geliştirme aşamasındadır. Bataryaların yoğunluklarının giderek artması gelecek yıllar için umut vaat etmektedir.

Elektrikli araca dönüşümü tamamlanabilmesi için uygun bir batarya tipi seçimi yapılması gerekmektedir. Bu sebepten, elektrikli araçlarda sıklıkla kullanılan bataryalar birkaç başlık altında incelenecektir.

3.4.1 Kurşun Asit Bataryalar (Lead - Acid)

Kurşun asit piller, en çok bilinen ve çok kullanılan bataryalardır (Larminie ve Lowry, 2003, çev. 2013) (Bkz. Şekil 3.22). Temel kurşun asit aküler; seyreltik sülfürik asit elektrolitin içinde yer alan kurşun dioksit (PbO_2) yapıda pozitif elektrot ile süngerimsi bir yapıya sahip kurşun (Pb) negatif elektrottan oluşur. Şarj işlemi esnasında akünün bağlı olduğu kaynaktan çektiği elektrik enerjisi, aküde kimyasal enerji olarak depolanır; deşarj işlemi sırasında ise depolanan bu kimyasal enerji aküye bağlı yükte elektriksel enerji olarak harcanır.



Şekil 3.22 Farklı kurşun asit batarya tipleri (Çetin, 2011)

Kurşun asit pillerin avantajları;

- Üretimleri kolay olması nedeni ile ucuzdurlar.
- Düşük ve yüksek sıcaklığa dayanıklıdırlar.
- Ağır şartlar altında çalışabilirler.
- Yüksek akım verebilirler.
- Uzun bekleme sırasında kendi kendilerine boşalmaları azdır.

Kurşun asit pillerin dezavantajları;

- Düşük enerji yoğunluğuna sahiptirler.
- Yavaş şarj olurlar. Tam şarjı 14 saat sürer.
- Sınırlı çevrim ömürlerine sahiptirler.

3.4.2 Lityum İyon Bataryalar (Lithiom Ion Li - ion)

Lityum içerikli pillerin yapım çalışmaları 1912'lere dayansa da içeriğindeki metalin kararsızlığı ve şarj etme esnasında kaynaklanan güvenlik problemlerinin olması nedeniyle, tekrar şarj edilebilen pillerin üretilmesi 1970'leri bulmuştur. Bu pillerin içeriğinde bulunan lityum metalinin en hafif metal olması ve yüksek elektrokimyasal yapıya sahip olması ağırlığına oranla en yüksek enerji yoğunluğuna sahip batarya çeşidi olmasını sağlamıştır (Battery University, b.t.). Şu an kullanılan cep telefonlarında hatta kredi kartlarının içerisinde bulunmaktadır (Bkz Şekil 3.23).



Şekil 3.23 Farklı tip lityum iyon batarya hücreleri (Panasonic, b.t.)

Lityum içerikli pillerin düşük hacim ve ağırlıklarına oranla yüksek enerji kapasitesine sahip olması ve nominal hücre gerilimlerinin 3.6 [V] olması, elektrikli araçların günlük yaşamda kullanımının artmasında büyük rol oynamıştır.

Lityum iyon pillerin avantajları:

- Boyutlarına göre yüksek enerji kapasitesine sahiptirler.
- Çevrim ömürleri yüksektir (>3000 çevrim)
- Hafıza etkisi olmadığı için şarj yarıda kesilip tekrar şarj edilebilir.
- Farklı şekillerde üretilirler (Genelde silindirik)
- Uzun süreli bekleme sırasında boşalmazlar.
- Tek bir hücre gerilimi diğer batarya çeşitlerine göre yüksektir (3.6V)

Lityum iyon pillerin dezavantajları;

- Üretim teknikleri yüzünden pahalıdırlar.
- İçerisinde bulundurdukları kararsız yapıdaki metal yüzünden yanarak patlama riski vardır.
- Hücreler kapasitesinin üzerinde şarj edilir ise patlayabilirler.
- Hücreler fazladeşarj edilir ise zarar görür.
- Raf ömürleri kısadır (üretildikten sonraki her yıl kapasitelerinin %20 sini kaybederler)
- Sıcağa karşı duyarlıdırlar.
- Hücreler arasında balans farkı olmaması gerektiği için bakım gerektirirler.

3.4.3 Lityum Polimer Bataryalar (Lithium Polymer Li-Po)

Elektrikli cihazlarda ve araçlarda sıkça rastlanan lityum içerikli diğer batarya çeşidi de lityum polimer bataryalardır. Li-po piller li-ion piller ile içerik olarak benzer yapıya sahip olsalar da kullanılan elektrolit maddesi bakımından farklılık gösterirler. Li-po pillerde elektrolit, iletkenliği olmayan fakat iyon geçişine müsaade eden çok ince film tabakası şeklinde bir maddeden yapılmıştır (Battery University, b.t.). Li-ion pillerde bir metal kılıf, elektrotlar ve ayraç katmanlar üzerinde basınç yaparak onları bir arada tutar. Li-po bataryalarda böyle bir basınç gerek yoktur, çünkü elektrotlar ve ayraç katmanlar birbirine lamine edilmiştir. Kullanılan bir metal kılıf olmadığı için li-po bataryalar daha hafiftir, daha ince üretilebilir, daha esnektir ve isteğe göre özel şekillendirilebilir (Bkz Şekil 3.24).

Katı halde polimer uygulaması da üretimi basitleştirmekte, pil güvenliğini arttırmakta ve ince yapılı pillerin oluşumuna imkan sağlamaktadır. Bu suretle cihaz içerisinde mevcut kısıtlı hacme uyacak enerji kaynağının kullanılması da kolaylaşmaktadır. Hacimlerine göre yüksek kapasiteye sahip olmaları ve hafif olmaları özellikle uzaktan kumandalı hobi oyuncaklarında sıklıkla tercih edilmelerini sağlamaktadır.



Şekil 3.24 Farklı tip lityum polimer bataryalar (Kokam, b.t.)

Şekil 3.24'te farklı tipte li-po piller bulunmaktadır. Bataryanın yapısını sabit tutmak için gerekli bir metal kılıf olmadığı için esnek yapıya sahiptirler. Bu yüzden firmaların isteğine göre farklı şekillerde üretilebilmektedirler.

Lityum polimer pillerin avantajları;

- Hacim ve ağırlıklarına göre yüksek enerji yoğunluklarına sahiptirler.
- Hafıza etkisi yoktur. Sürekli şarj deşarj edilebilirler.
- Metal kafes olmadığı için farklı şekillerde imal edilebilirler.
- Çevrim ömürleri yüksektir.
- Uzun süreli beklemelede boşalma görülmez.

Lityum polimer pillerin dezavantajları;

- Üretim yöntemi sebebi ile pahalıdır.
- Li-ion bataryalara göre daha güvenli olsalar da yanma riski vardır.
- Kısa devre durumunda yüksek deşarj akımı görülür ve yanabilirler.
- Kapasite üstü şarj edilme durumunda yanma riski vardır. Fazla deşarj edildiğinde kapasitesini kaybeder veya hiç kullanılamazlar.
- Sıcağa karşı duyarlıdır.
- Hücreler arası balans farklı olmaması gerektiği için bakım gerektirirler.

3.4.4 Lityum Demir Fosfat Bataryalar (Lithium Iron Phosphate - LiFePO_4)

Lityum içerikli diğer bir batarya çeşidi ise Lityum Demir Fosfat bataryalardır. Yapısal olarak li-ion bataryalara benzerler (Electropaedia. b.t.). Fakat fosfat temelli üretimleri, sıcaklık ve kimyasal olarak daha stabil hale gelmelerini sağlamıştır. LiFePO_4 bataryalar daha yeni teknoloji ürünü olsa da gelecek vaat etmektedirler. Pil kimyasında yapılan değişiklikler LiFePO_4 bataryaların daha güvenli hale gelmesini sağlamıştır (Wikipedia, b.t.). Ağır şartlarda bakım gerektirmeden çalışabilmeleri elektrikli araçlar konusunda seçilmelerini sağlamıştır.



Şekil 3.25 Farklı şekillerde üretilmiş LiFePO_4 bataryalar (Voltronix Battery, 2014)

Şekil 3.25'de farklı şekillerde üretilmiş LiFePO_4 bataryalar yer almaktadır. Bu batarya çeşidinde kutupların vidalı bağlantı olması montaj açısından büyük kolaylık sağlamaktadır. Diğer batarya çeşitlerinde genellikle puntolu bağlantı veya lehim ile bağlantı yapılmaktadır. Bu da hücre değiştirilmesi gerektiğinde kısa devre yapma gibi istenmeyen durumlara neden olabilmektedir.

LiFePO_4 pillerin avantajları:

- Lityum içerikli diğer pillere göre daha güvenlidirler. Yanma veya patlama gibi riskleri bulunmamaktadır.
- Yüksek enerji yoğunluğuna sahiptirler.
- Çevrim ömürleri yüksektir (>2000)
- Hafıza etkisi yoktur. Sürekli şarj deşarj edilebilirler.
- Sıcaklığa fazla duyarlı değildirler.

- Montaj kolaylığına sahiptirler.
- Saklama ömürleri yüksektir (>10 yıl)

LiFePO₄ pillerin dezavantajları:

- Yeni teknoloji üretimi olduğu için yaygın değildir.
- Maliyeti yüksektir.
- Li-ion bataryalara göre %25 daha az enerji yoğunluğuna sahiptirler.
- Lityum içerikli diğer bataryalara göre daha ağırdırlar.
- Nominal hücre gerilimi 3.2 [V] olsa da li-ion ve li-po göre daha düşüktür.

3.5 Batarya Seçimi ve Batarya Paketi Oluşturma

Batarya paketleri elektrikli araçların enerji deposu olarak düşünülebilir. Bu sebep ile elektrikli araç dönüşümünün tamamlanabilmesi için aracın ihtiyacı olan enerjiyi karşılayabilen uygun bir batarya çeşidi seçilmesi ve batarya grubu oluşturulması önem arz etmektedir. Bunun yapılabilmesi için; seçilen motorların kullanıcı profiline göre çalışması gereken hız bölgesinde ihtiyacı olan akım değerlerine, batarya paketi oluşturmak için motor çalışma voltajına ve günlük kat edilmesi gereken mesafeye ihtiyaç vardır.

Bölüm 2'de yapılan kullanım profili oluşturma çalışmaları sonucunda oluşan Tablo 2.10'a göre dönüşümünü tamamladığımız araç, ortalama 35 [km] mesafe gidebilmeli ve 52 [km] maksimum menzile çıkılabilmelidir.

Seçilen hız bölgesinde sorunsuz ilerleyebilmesi için araç; ortalama 72 [km/h] hız ile gitmeli, kısa süreli 96 [km/h] hıza çıkabilmelidir. Seçilen göbek içi fırçasız dc elektrik motoru bu hız bölgesinde 150 [A] akım çekmektedir. Alternatif akım motoru ise aynı hız bölgesinde uzun süreli 410 [A] akım; kısa süreli 610 [A] akıma kadar çekebilmektedir (Bkz. Tablo 3.4). Ayrıca seçilen motorların çalışma voltajı 96 [V] olduğu için oluşturulan batarya paketinin nominal voltajı 96 [V] olmak zorundadır.

Tablo 3.8 Elektrikli araç dönüşümüne uygun batarya paket karşılaştırması

	Teknik Özellikler	Kurşun Asit¹	Li-ion²	Li-Po³	LiFePO₄⁴
Göbek İçi Fırçasız Doğru Akım Elektrik Motoru	Hücre Gerilimi	12 [V]	3,7 [V]	3,7 [V]	3,2 [V]
	Seri	8	26	26	30
	Paralel	-	100	15	-
	Kapasite	150 [Ah]	1500 [mAh] (2C 10 sn)	10 [Ah] (10C 10 sn) (5C sürekli)	160 [Ah] (8C 10 sn)
	Paket Kapasitesi	14,4 [kWh]	14,4 [kWh]	14,4 [kWh]	15,36 [kWh]
	Toplam Ağırlık	356 [kg]	92,3 [kg]	81,9 [kg]	168 [kg]
	Toplam Fiyat	2968 [\$]	11570 [\$]	11563,5 [\$]	6240 [\$]
	Teknik Özellikler	Kurşun Asit¹	Li-ion⁵	Li-Po³	LiFePO₄⁶
Alternatif Akım Elektrik Motoru	Hücre Gerilimi	12 [V]	3,7 [V]	3,7 [V]	3,2 [V]
	Seri	8	26	26	30
	Paralel	3	200	40	2
	Kapasite	150 [Ah]	2200 [mAh] (5C sürekli)	10 [Ah] (5C sürekli)	200 [Ah] (3C sürekli)
	Paket Kapasitesi	43,2 [kWh]	42,32 [kWh]	38,48 [kWh]	38,4 [kWh]
	Toplam Ağırlık	1068 [kg]	241,8 [kg]	222,56 [kg]	348 [kg]
	Toplam Fiyat	8904 [\$]	21253 [\$]	30836 [\$]	14400 [\$]

¹Batarya özellikleri için: <https://www.birikimpilleri.net/aku/bakimsiz-kuru-aku/12v-150ah/prd-ritar-12v-150-ah-bakimsiz-kuru-aku>

²Batarya özellikleri için: <http://www.batteryspace.com/li-ion-18500-rechargeable-cell-3-7v-1400mah-5-18wh---ul-listed-un38-3-passed-0-42.aspx>

³Batarya özellikleri için: <http://www.batteryspace.com/high-power-polymer-li-ion-cell-3-7v-10-ah-9759156-5c-37wh-50a-rate-----ul-listed-un38-3-passed-3-0.aspx>

⁴Batarya özellikleri için: http://www.evwest.com/catalog/product_info.php?cPath=4&products_id=263

⁵Batarya özellikleri için: <https://www.birikimpilleri.net/endustriyel-piller/lithium-ion/18650/prd-panasonic-cgr18650ch-2250-mah-power-type-lithium-pil-li-ion>

⁶Batarya özellikleri için: <https://www.ev-power.eu/Discount-Sales/SP-LFP200AHA-Lithium-Cell-LiFePO4-3-2V-200Ah-SP-PROMO.html?listtype=search&searchparam=sinopoly#tab1>

Tablo 3.8'de, kullanılması ön görülen her iki motor çeşidi için Bölüm 3.4'te tanıtilan batarya çeşitlerinden her biri için batarya paketi oluşturulmuş ve karşılaştırma yapılmış.

Tablo 3.8 incelendiğinde kurşun asit batarya maliyeti uygun gözükse de kullanılması durumunda getirmiş olduğu ek ağırlık nedeni ile kullanılması pek mümkün gözükmemektedir. Lityum bazlı bataryalar kendi içlerinde incelendiğinde lityum iyon ve lityum polimer bataryalar birbirlerine ağırlık ve maliyet bakımından yakın gözükmemektedirler. Lityum demir fosfat bataryalar li-ion ve li-po bataryalara göre daha ağır olsalar da; maliyetinin daha az olması, bakım gerektirmemeleri, yanarak patlama risklerinin olmaması ve sıcaklık vb. gibi ağır şartlarda çalışabilmeleri bakımından söz konusu olan aracın elektrikli haline dönüşümü için LiFePO₄ bataryaların seçilmesinde etkili olmuştur. Elektrikli araç dönüşümünde;

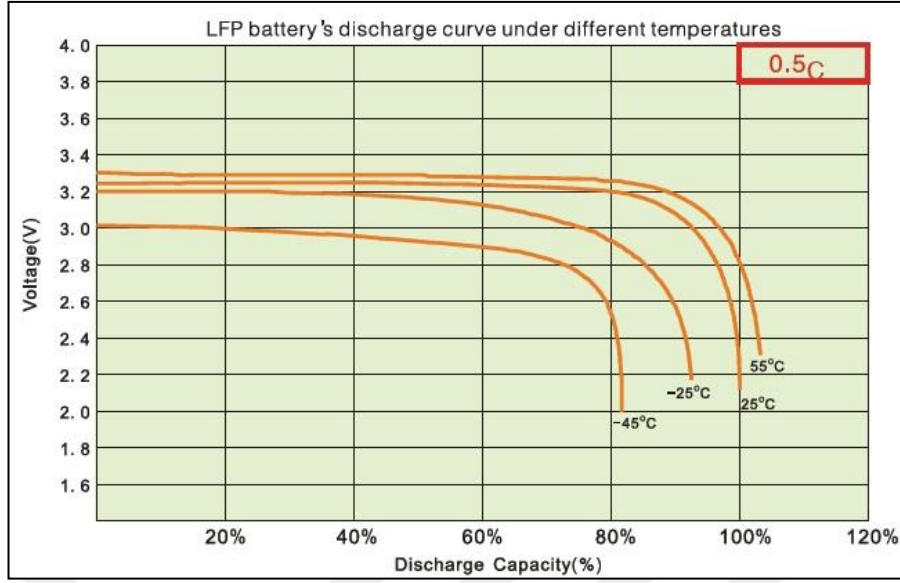
Göbek içi fırçasız doğru akım elektrik motoru kullanılması durumunda;

Batarya paketi nominal 96 [V] olan Voltronix 160 [Ah] lik LiFePO₄ (Ev West Voltronix Battery, 2014) bataryalar dan 30 seri (30s) kullanılacaktır.

Tablo 3.9 Voltronix 160 [Ah] LiFePO₄ batarya hücresin ait teknik bilgiler (Voltronix Battery, 2014)

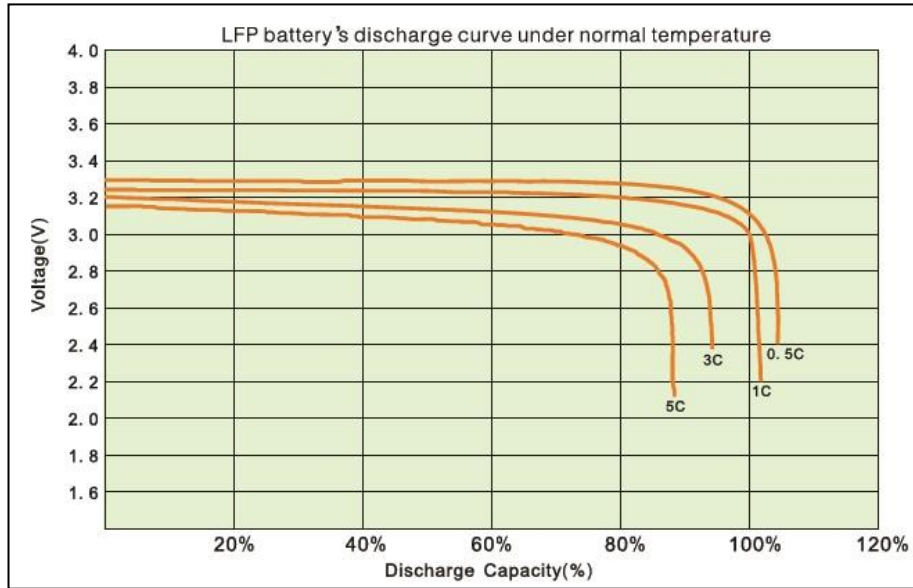
Tanım	Değer
Nominal Voltaj	3,2 [V]
Kapasite	160 [Ah]
Maksimum Akım	1280 [A] (8C 10 saniye)
Ağırlık	5,6 [kg]

Tablo 3.9'da kullanılacak olan LiFePO₄ bataryaların tek bir hücreğine ait teknik bilgiler yer almaktadır. Bu bataryaların kutup bağlantıları civata ile kuvvet bağlı olarak yapıldığı için montaj ve demontaj yapılmaları diğer bataryalara göre daha kolay ve güvenlidir. Hasar gören hücrelerin paket içerisinden ayrılması civata bağlantı şekli sebebiyle punto kaynak veya lehim ile bağlantı şekillerine göre hızlı ve rahat bir şekilde yapılabilir.



Şekil 3.26 Voltronix batarya hücresinin farklı sıcaklıklardaki boşalma eğrisi (Voltronix Battery, 2014)

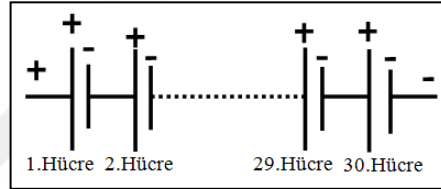
Şekil 3.26'da Voltronix batarya hücresine ait farklı sıcaklıklardaki performans grafiği yer almaktadır. Şekil 3.20'de anlatılan yarı statik yükleme durumunda yapılan eş değer devre modellemesi sonucunda ve deneysel testler neticesinde bu grafik oluşturulmuştur. Dikkat edilirse farklı sıcaklıklarda batarya performansı değişiklik göstermektedir. Bu sebep ile, batarya sıcaklık çalışma aralığı seçim yapılırken önem arz etmektedir.



Şekil 3.27 Voltronix batarya hücresine ait boşalma eğrisi (Voltronix Battery, 2014)

Şekil 3.27'de Voltronix batarya hücresinin farklı yükler altında oluşturulmuş batarya performans eğrisi yer almaktadır. Şekil 3.21'de açıklanan dinamik eş değer devre modelleme sonucunda ve testler neticesinde bu grafikler elde edilmektedir. Burada ifade edilen "C" batarya boşalma oranı (discharge rate) olarak ifade edilir. Amper cinsinden X kere kapasite anlamındadır. Örnek olarak, 10C boşalma oranına sahip bir 8 [A]'lık batarya hücresinden sınırlı süre 80 [A] akım çekilebilir.

Şekil 3.28'de batarya paketinin oluşturulması için 30 adet seri bağlı batarya hücresinin şematik olarak bağlantısı resmedilmiştir.



Şekil 3.28 Batarya paketinin bağlantı şekli

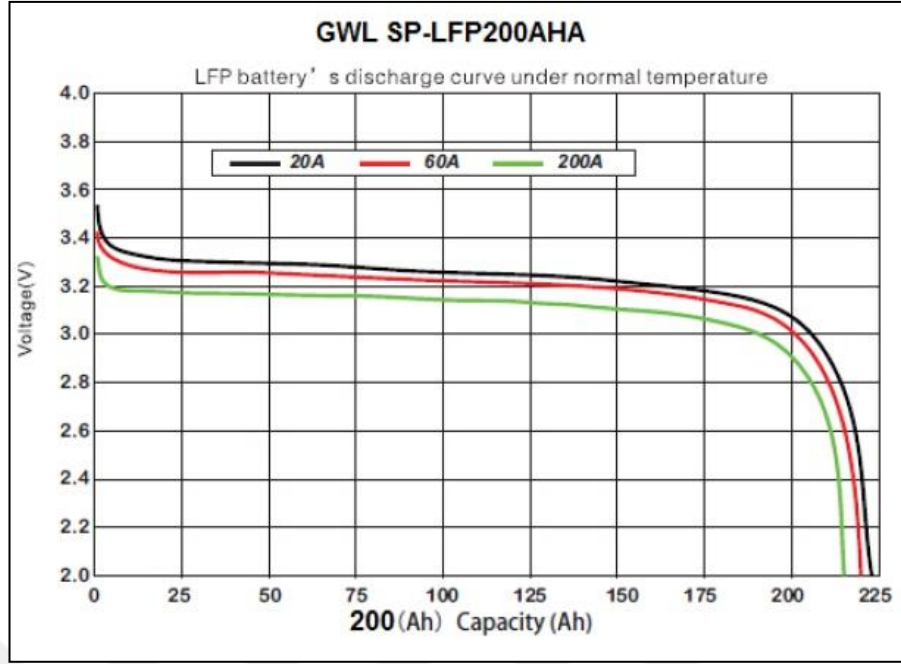
Alternatif akım elektrik motoru kullanılması durumunda;

Alternatif akım elektrik motoru kullanılması durumunda batarya nominal voltajı 96 [V] olan GWL Power 200 [Ah]'lık LiFePO₄ (GWL Power, b.t.) bataryaları seçilmiştir. Batarya paketi oluşturmak için 30 seri 2 paralel (30s2p) bağlantı şekli kullanılacaktır.

Tablo 3.10 GWL 200 [Ah] LiFePO₄ batarya hücresin ait teknik bilgiler (GWL Power, b.t.)

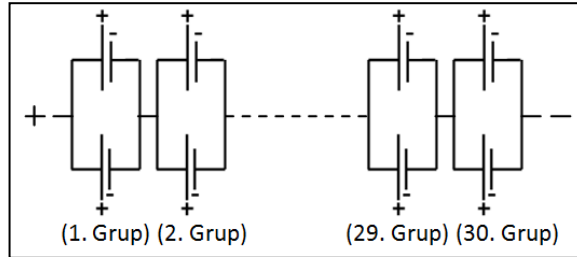
Tanım	Değer
Nominal Voltaj	3,2 [V]
Kapasite	200 [Ah]
Maksimum Akım	600 [A] (3C devamlı)
Ağırlık	5,8 [kg]

Tablo 3.10'da kullanılacak olan LiFePO₄ bataryaların tek bir hücresine ait teknik bilgiler yer almaktadır.



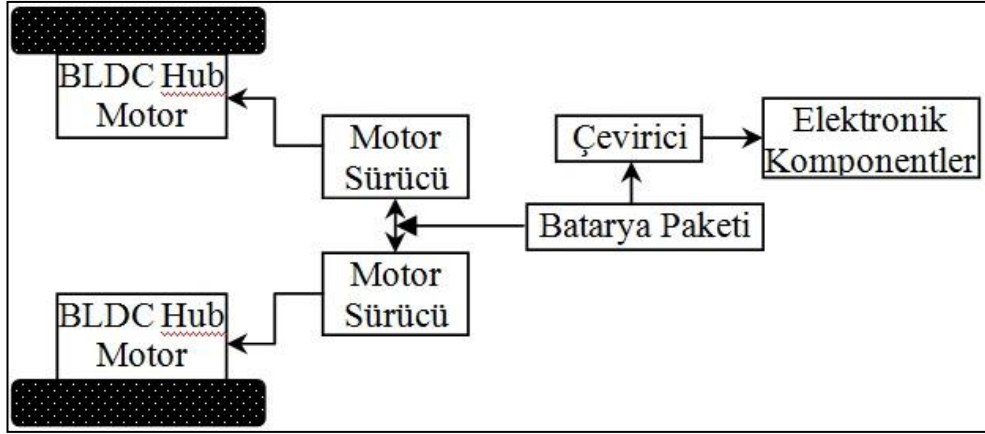
Şekil 3.29 GWL Power batarya hücresine ait performans grafiği (GWL Power, b.t.)

Şekil 3.29'da GWL Power lityum demir fosfat batarya hücresine ait farklı yüklerde çekilen akım performans grafiği gösterilmiştir. Yüke bağlı olarak bataryalardan çekilen akım arttığında doğrusal olmayan bir şekilde batarya voltaj düşümü gerçekleşmektedir.



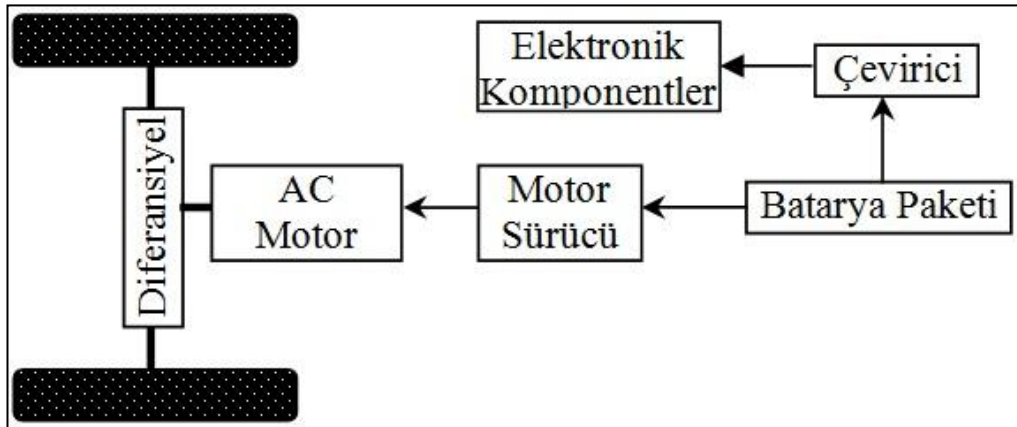
Şekil 3.30 Batarya paketi bağlantı şekli

Şekil 3.30'da batarya paketinin oluşturulması için 30 seri 2 paralel (30s2p) bağlantı şekli şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.31 Dönüşüm için BLDC motor kullanılması durumunda, yapısal olarak bağlantı şeması

Şekil 3.31'de, bldc hub motor kullanılarak elektrikli araca dönüşüm sonrasında, aracın yapısal bağlantı şekli resmedilmiştir. Batarya paketinin nominal voltajı motor sürücülere uygun olduğu için direk bağlantı yapılmıştır. Radyo, far vs. diğer elektronik komponentlerin çalışma voltajları batarya paketi ile aynı olmadığından çevirici kullanılması gerekmektedir. Çevirici araçta kullanılacak elektronik bileşenlerin çalışma voltajlarına göre seçilmelidir. Burada kullandığımız batarya paketi doğru akım olduğu için çevirici DC-DC olmalıdır. Örnek olarak radyo veya farlar 12 [V] ise ve batarya paketi 96 [V] olduğu için kullanılacak olan çeviricinin nominal girişi 96 [V] , çıkışı 12 [V] olmalıdır. Kullanılan motor göbek içi olduğu için, aktarım organı kullanılmadan direk tekerleklere bağlantısı yapılmıştır.



Şekil 3.32 Dönüşüm için AC motor kullanılması durumunda, yapısal olarak bağlantı şeması (Muratoğlu ve Alkaya, 2016)

Şekil 3.32'de, dönüşüm için AC motor kullanılması durumuna ait yapısal şema bulunmaktadır. Batarya paketi doğru akım olduğu ve motor alternatif akım olduğu için arada doğru akımdan alternatif akıma dönüşüm yapılması gerekmektedir. Motoru sürmek için seçtiğimiz motor sürücü kendi içerisinde bu çevirimi yaptığı için ek bir çevirici kullanılması gerekmemektedir. Araçta kullanılan diğer elektronik bileşenler için uygun bir çevirici seçimi yine yapılmalıdır. AC motor kullanılması durumunda aracın uygun hızlarda kullanılması için bir redüksiyona ihtiyaç olduğu hesaplanmış ve anlatılmıştı. Bu sebepten dolayı elektrik motoru diferansiyelin önüne yerleştirilmiş ve motorun ilk olarak diferansiyeli, diferansiyel üzerinden tekerleklerin tahrik edilmesi sağlanmıştır.

Elektrik motorlarında bulunan rejeneratif frenleme sistemi sayesinde, normal içten yanmalı motora sahip araçlarda frenleme esnasında kinetik enerjinin fren disklerinde ısı enerjisine dönüştürülüp boşa harcanmasının önüne geçilmiştir. Rejeneratif frenleme sisteminde motor kendi fren yaparak ters akım oluşturur yani elektrik motoru dinamo görevi görerek fren disklerinde ısı olarak boşa atılacak olan enerji elektrik enerjisine dönüştürülüp bataryaların şarj edilebilmesini sağlar. Bu kazanç aracın menzilinin artmasını sağlar. Rejeneratif frenleme sistemi elektrikli tren, metro gibi toplu taşıma araçlarında (Vvhting, 1982) sıklıkla kullanılmaktadır ve ciddi enerji tasarrufu sağlamaktadır.

BÖLÜM DÖRT

DÖNÜŞÜM SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1 Maliyet Analizi

Yapmış olduğumuz çalışmada içten yanmalı dizel motora sahip bir aracın elektrik motoru tahrikli haline dönüştürülmesi için gerekli olan teorik hesaplamalar yapılmış ve deneysel çalışmalar sonucunda dönüşüm için gerekli malzemelerin tanıtılarak nasıl seçilmeleri gerektiği hakkında bilgi verilmiştir. Dönüşüm sonucunda, sadece günlük kullanım profiline uygun göbek içi fırçasız doğru akım elektrik motoru seçimi ve daha geniş alanda kullanılabilecek alternatif akım elektrik motoru seçimi yapılmıştır.

Tablo 4.1 Maliyet tablosu

Malzeme	Göbek içi Fırçasız Doğru Akım Motoru		Alternatif Akım Motoru	
	Adet	Birim Fiyat [\$]	Adet	Birim Fiyat [\$]
Motor	2	627	1	3950
Motor sürücü	2	388	1	
Gaz pedalı ve diğer ekipmanlar	1	288	1	250
Batarya paketi	30	208	60	240
Toplam Maliyet	8558 [\$]		18650 [\$]	

Tablo 4.1'de elektrik tahrikli dönüşüm sonucunda doğru akım elektrik motoru ve alternatif akım elektrik motoru kullanılması durumu için maliyet hesaplaması yapılmış ve sonuçlar tabloda verilmiştir. Maliyet hesaplaması yapılırken işçilik ve diğer ek ekipmanların fiyatları tabloya girilmemiş olup dönüşüm için gerekli olan minimum malzeme fiyatları verilmiştir.

4.2 Seçilen Motorların Karşılaştırılması

Bölüm 2'de yapılan hesaplamalar ve deneysel çalışmalar neticesinde Bölüm 3'te farklı enerji kaynakları ile çalışan alternatif akım motoru ve doğru akım motoru

seçilmiştir. Burada farklı iki adet motorun seçilmesinin amacı, seçim çeşitliliğinin artırılması ve AC ve DC motorların arasındaki farklılıkların aktarılmasıdır.

Fırçasız doğru akım motorları, elektrik motorları arasında en verimli motor çeşididir. Bu sebep ile çalışmamızda aktarım organlarının aradan çıkarılarak gereksiz ağırlıklardan kurtulmak ve aktarma esnasındaki verim düşümünün önüne geçmek için göbek içi fırçasız doğru akım elektrik motorunun kullanılması ön görülmüştü. Uygun motor seçimi yapılırken Tablo 2.10 kullanıcı profiline uygunluğu göz önüne alınarak tercih gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.14 doğru akım motoruna ait performans grafiği incelendiğinde, motorun seçilen hız bölgesi dışına çıkamayacağı anlaşılmaktadır. Yani araç bu motor ile yüksek hızlara çıkamamaktadır. Sadece Tablo 2.10'da görülen ortalama hıza uygun olarak seçim yapılmıştır ve çalışmanın hedefi kullanım profiline uygun bir motor seçilmesi olduğu için elektrik tahrikli hale dönüşüm için göbek içi fırçasız doğru akım motoru uygun görülmüştür.

Alternatif akım elektrik motorları doğru akım motorları kadar verimli ve hassas hız kontrolü konusunda DC motorlar kadar iyi olamasalar da elektrikli araçlarda yoğun olarak kullanılmaktadır. Çalışmamızda AC motor seçmemizin diğer bir sebebi aktarım organlarının kullanılması durumunda nasıl bir yol izlenmesi gerektiğinin bilgisinin aktarılmasıdır. Şekil 3.16 AC motor performans eğrisi incelendiğinde seçilen ac motorun yüksek motor hızlarına çıktığı görülmektedir ki bu sebep ile uygun bir redüksiyon uygulanması mecburidir. Bu durum karşısında yapılabileceklerin görülmesi açısından örnek teşkil etmektedir. Ayrıca seçtiğimiz alternatif akım motorunun güçlü ve batarya paketinin yüksek kapasiteye sahip olması, Tablo 2.10 kullanıcı profiline dışına çıkılarak yüksek hızlara çıkılmasına olanak sağlamaktadır. Yani bu motor dönüşüm şekli ile araç dönüşüm öncesi yapabildiği tüm kabiliyetlere sahiptir fakat menzil olarak kısıtlıdır.

4.3 Elektrik Motoru Tahrikli Hali Karşılaştırılması

Bu çalışmada, günlük hayatta kişisel ulaşım için kullanılan içten yanmalı motora sahip bir aracın kullanım profili belirlenerek gün içerisinde ne sıklık ile kullanıldığı, ne kadar mesafe yaptığı ve ortalama ne kadar yakıt sarf ettiği belirlenmiştir. Bu bilgiler ışığında, elektrik motoru tahrikli hale dönüşümünü gerçekleştirdiğimiz taktirde aracın ne kadar enerjiye ihtiyaç duyduğu hesaplanmıştır.

Elektrik motoru seçilirken montaj kolaylığı ve direk sürüş sistemi olduğu için Hub motor seçimi yapılmıştır. Hub motor kullanılacağı için içten yanmalı motor, vites kutusu, radyatör ve ekipmanları, mazot tankı, diferansiyel ve aktarım organlarına ihtiyaç duyulmayacaktır. Bu ekipmanlar çıkarıldığında araç yaklaşık olarak 420 [kg] hafifleyecektir. Buna karşın 2 adet Hub motor, batarya grubu, 2 adet motor sürücü ve ekipmanları araca yerleştirildiğinde 233 [kg] ek ağırlık getirecektir. Dönüşüm sonucunda araç 187 [kg] hafiflemiş olacak; bu sebeple aracın güç ihtiyacı %6 oranında azalacaktır (Bkz. Tablo 4.2).

Tablo 4.2 Dönüşüm öncesi ve sonrası güç ihtiyacı

	Çalışma Şartı		Azami Yük		
	Dönüşüm Öncesi	Dönüşüm Sonrası	Dönüşüm Öncesi	Dönüşüm Sonrası	
Ağırlık [kg]	1212	1025	1620	1433	Hız [km/h]
Güç İhtiyacı [kW]	5,88	5,42	6,89	6,43	70
	7,73	7,21	8,89	8,36	80
	9,99	9,39	11,29	10,69	90
	12,7	12,01	14,14	13,48	100

Tablo 4.2'de aracın normal çalışma şartı ve azami yüklü hali için dönüşüm öncesi ve sonrasında gerekli olan motor gücü bilgileri yer almaktadır. Tablo 4.2 incelendiğinde dönüşüm sonrasında güç ihtiyacında, ağırlık azalması nedeni ile %6'lık bir azalma söz konusudur. Bu, %6'lık kazanç eğim veya hızlanma gibi ek güç ihtiyacı olan durumlarda kullanılmak üzere rezerv güç konumuna geçer.

Dönüşüm sonunda 187 [kg] ağırlık azalması sağlanmıştır. Fakat, yapılan karşılaştırmaların tutarlı olabilmesi için dönüşüm sonrasında araca 2 adet yolcu (80 [kg/Kişi]) artı 27 [kg] bagaj yükü ekleyerek ağırlık bakımından iki durum eş hale getirilmiştir.

Tablo 2.10 incelendiğinde, aracın gün içerisinde ortalama 72 [km/h] ortalama hız, ve 52 [km] mesafe gittiği anlaşılmaktadır. Bu sürüş kriterleri için yakıt sarfiyatı hesabı yapılması gerekir ise.

İçten yanmalı motorlu hali için;

Aynı tabloya göre, araç 7.06 [L/100 km] ortalama yakıt sarfiyatına sahiptir. 52 [km]'lik mesafe için yakıt sarfiyatı;

$$\text{Yakıt sarfiyatı} = \frac{52 \text{ [km]} \cdot 7,06 \text{ [L/100 km]}}{100}$$

$$\text{Yakıt sarfiyatı} = 3,67 \text{ [L]}$$

İçten yanmalı motora sahip olduğu hali ile günlük 3,67 [L] mazot tüketilmektedir. Ayda yirmi iş günü olduğu düşünülürse; ay başına toplam 73,42 [L] mazot sarf edilmektedir. Mazotun litre fiyatı 4,82 [TL/L]'dir (Opet, 08.10.2017) (Sürekli kullanılan benzin istasyonu tarifesini).

Günlük yakıt maliyeti;

$$\text{Günlük yakıt maliyeti} = 3,67 \text{ [L]} \cdot 4,82 \text{ [TL/L]} = 17,68 \text{ [TL]}$$

Aylık yakıt maliyeti;

$$\text{Aylık yakıt maliyeti} = 3,67 \text{ [L]} \cdot 4,82 \text{ [TL/L]} \cdot 20 \text{ [Gün]} = 353,6 \text{ [TL]}$$

Elektrik motorlu hali için;

Elektrikli araca dönüştürüldüğünde 72 [km/h] ortalama hız için Şekil 3.14 ve EK 2 (44. satır) incelenir ise, 149,7 [A] motor bataryalardan akım çekmektedir. Bir saat boyunca bu hız ile gidildiğinde yaklaşık olarak 72 [km] mesafe alınarak bitmesi beklenmektedir. 52 [km]'lik sürüş mesafesi için;

$$\text{Enerji sarfıyatı} = \frac{52 \text{ [km]} \cdot 15,4 \text{ [kW/h]}}{72 \text{ [km]}}$$

$$\text{Enerji sarfıyatı} = 11,12 \text{ [kW/h]}$$

Yaklaşık olarak 11,12 [kW] enerji sarfıyatı yapılması öngörülmektedir. Elektriğin tüm vergiler dahil birim fiyatı 0,2543 [TL/kW] 'tır (Enerji entitüsü, 08.10.2017) (Gece süresince).

Günlük elektrik maliyeti;

$$\text{Günlük elektrik maliyeti} = 11,12 \text{ [kW]} \cdot 0,2543 \text{ [TL/kW]} = 2,83 \text{ [TL]}$$

Aylık elektrik maliyeti;

$$\text{Aylık elektrik maliyeti} = 11,12 \text{ [kW]} \cdot 0,2543 \text{ [TL/kW]} \cdot 20 \text{ [Gün]} = 56,55 \text{ [TL]}$$

Enerji sarfıyatı belirli bir senaryo dahilinde incelendiğinde;

Şekil 2.44'te, normal bir iş gününden farklı olmayan ev ile iş yeri arasında kullanılan ulaşım rotasının harita üzerinde gösterimi yer almaktadır. Bu harita günlük kullanımda ev ile iş arasında gidilen mesafede gerçekleştirilen test sürüşlerinin Tourqe programı tarafından kaydedilmesi ile oluşturulmuştur. Kat edilen mesafe

resim üzerinde 8.91 [km] ve sürüş süresi 16 [dk] (Trafik içerisinde) olarak kayda alınmıştır.

Ulaşım mesafesi (8,91 [km]), 70 [km/h] sabit hız ile kat edildiği düşünülür ise;
Toplam sürüş süresi;

$$\text{Sürüş süresi} = \frac{8,91 \text{ [km]}}{70 \text{ [km/h]}} = 0,127 \text{ [h]} = 7,63 \text{ [dk]}$$

olacaktır. Buna göre;

İçten yanmalı motorlu hali için;

Şekil 2.56'ya göre 70 [km/h] hız ile gidildiğinde yakıt sarfıyatı 5.0 [L/100 km]'dir. 8.91 [km]'lik sürüş mesafesi için toplam yakıt tüketimi;

$$\text{Yakıt sarfıyatı} = \frac{8,91 \text{ [km]} \cdot 5,0 \text{ [L/100 km]}}{100}$$

$$\text{Yakıt sarfıyatı} = 0,44 \text{ [L]}$$

$$\text{Yakıt maliyeti} = 0,44 \text{ [L]} \cdot 4,82 \text{ [TL/L]} = 2,12 \text{ [TL]}$$

Elektrik motorlu hali için;

70 [km/h] sabit hız, [dev/dk] cinsinden bölüm 3.2.1'de hesaplandığı üzere 640 [dev/dk]'dır. EK 2 Göbek içi fırçasız doğru akım motoruna ait performans verilerinde 44.satıra göre Elektrik motoru 14.50 [kw/h] enerji sarf etmektedir. Teorik olarak, bir saat boyunca bu hız ile gidilir ise 14,50 [kw] enerji sarf edecektir. Sürüş süresi 7,63 [dk] olduğu için sarfiyat;

$$\text{Enerji sarfıyatı} = \frac{7,63 \text{ [dk]} \cdot 14,5 \text{ [kW]}}{60 \text{ [dk]}} = 1,84 \text{ [kW]}$$

$$\text{Elektrik maliyeti} = 1,84 \text{ [kW]} \cdot 0,2543 \text{ [TL/kW]} = 0,46 \text{ [TL]}$$

olacaktır. İş yerine ulaşım için içten yanmalı hali ile 2,12 [TL] ücret ödenmesine karşın elektrik motoru tahrikli hali ile 0,46 [TL] ödenmektedir.

Yapılan bu hesaplamaların yaklaşım olduğu akıldan çıkarılmamalıdır. Net hesaplamalar; aracın elektrik motoru tahrikli hale dönüştürülmesinden sonra, içten yanmalı motora sahip araçta olduğu gibi kontrollü testlerin ve ELM - 327 cihazı ölçümlerinin uygulanmasının ardından elde edilebilir. Bu kısımda sunulan yaklaşımlar ve elde edilen veriler ön bilgi amaçlı sunulmaktadır.

BÖLÜM BEŞ

SONUÇLAR

Yapılan bu çalışmada, içten yanmalı motora sahip aracın elektrikli araca dönüştürülmesinin asıl amacı fosil yakıtlara olan ihtiyacın azaltılması, enerji verimliliğinin ve çevreye olan duyarlılığın artırılmasıdır. Tablo 2.10 incelendiğinde CO₂ emisyonunun [km] başına ortalama 104 [g] olduğu görülmektedir. Bu değer sadece tek bir araç için geçerlidir. Her gün yollarda seyir halinde olan milyonlarca araç düşünüldüğünde çevreye ve insanlara olan zararın ne kadar ciddi boyutlarda olduğu göz önüne serilmektedir. Kişisel kullanım dışında toplu taşıma araçlarının kullanımının artırılması ve bu taşımacılığın elektrikli otobüsler ile gerçekleştirilmesi belirtilen zararın önlenmesinde büyük önem taşımaktadır. Dhar, Pathak ve Shukla (2016) yaptıkları araştırmada Hindistan taşımacılığının karbondioksit salınımları sebebiyle dünyadaki hava sıcaklığını 2 [°C] arttırdığını belirtmişlerdir. Hindistan ulaşımının elektrikli hale dönüştürülmesi ile birlikte tüm dünyadaki hava sıcaklığının 2 [°C] düşecek olması bu alandaki değişimlerin ortaya çıkaracağı büyük farkları göz önüne sermektedir. Elektrikli araçların bize sağladığı sıfır emisyon ve düşük gürültü kirliliği insan yaşam kalitesini çok daha yükseltecektir. Bu ve çalışma içerisinde ayrıntılı olarak aktardığımız benzeri sebeplerden dolayı bu alandaki farkındalığın artırılması büyük önem taşımaktadır.

Yapılan bu çalışmada, içten yanmalı motora sahip olan bir aracın elektrik motoru tahrikli haline dönüştürülmesi için gerekli olan teorik hesaplama yöntemlerinden bahsedilerek örnek hesaplamalar ışığında her bir vites ve hız kademesinde gerekli olan motor gücü ve motor torku bulunmuştur. Ardından deneysel çalışmalar yardımı ile günlük hayatta kişisel ulaşım için kullanılan bahis konusu taşıtın, sıradan bir günden farklı olmamak kaydı ile tekrarlı testleri yapılarak sonuçlar incelenmek üzere kayıt altına alınmıştır. Deneysel testler sonucunda kayıt altına alınan veriler incelenip analiz edilerek günlük kullanım profili oluşturulmuştur. Teorik hesaplamalar ve oluşturulan günlük kullanım profili göz önüne alınarak elektrik tahrikli haline dönüşüm için gerekli olan ana malzemelerin nasıl ve hangi kriterler yardımı ile seçilmesi gerektiği anlatılmıştır.

Tablo 4.1 incelendiğinde seçmiş olduğumuz aracın dönüşümünü yapabilmek için minimum maliyet 8558 [\$] olarak görülmektedir. İlk yatırım maliyetinin yüksek olması, şarj süresinin uzun ve şarj yükünü kaldırabilecek yeterli alt yapıya sahip şarj istasyon sayısının az olması gibi olumsuz nedenlerden kaynaklı olarak elektrikli araçlara ön yargı ile yaklaşılmaktadır (Tuncay ve Üstün, 2012). Elektrikli araçların kullanılmasında bir takım olumsuzluklar mevcut olsa dahi, alan oldukça hızlı gelişmekte ve yapılan araştırmalara her gün bir yenisi eklenmektedir. Araçların bataryalarının şarj edilmesinin normal şartlarda 8 saat kadar uzun sürmesinin ve bu şarj süresince yüksek enerjiye ihtiyaç duyulmasının önüne geçmek için *hızlı şarj* (Morissey, Weldon ve Mahony, 2016) edilmesini sağlayacak *akıllı şarj sistemleri* (Tan, Ramachandaramurthy ve Yong, 2016) konusunda çalışmalar yapılmaktadır. Araçların şarj edilmesi esnasında yüksek enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun önüne geçmek için yaptıkları araştırmada Calvillo, Sanchez-Miralles ve Villar (2016) enerji yönetimi yapabilen akıllı şehirler kurulmasının mümkün olabileceğini sunmuşlardır.

Araçların şarj edilebilmesi için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılabilmesi konusunda bir çok çalışma (Pearre ve Swan, 2015) ve örnek vardır. Güneş enerjili araçlar, yıllardır dünya çapındaki birçok üniversite tarafından yüzlerce akademisyenin ve öğrencinin çalışmaları sonucunda üretilmekte ve geliştirilmektedir. Üstelik bu araçlar ciddi organizasyonlar sayesinde birbirleri ile yarışmaktadır. Güneş enerjili araçların bu şekilde kullanılması araştırmacılara ciddi bir bilgi birikimi sağlamaktadır (Ayrıntılı bilgi almak için bkz. Carroll, 2003). Bu bilgiler ışığında kurulacak güneş enerjili şarj istasyonları (Torreglosa, Garcia-Trivino, Fernandez-Ramirez ve Jurado, 2016) veya başka bir doğal enerji kaynağı olan rüzgar enerjili şarj istasyonları (Valentine, Temple, thomas ve Zhang, 2016) sayesinde araçların şarj ihtiyacının büyük bir kısmı bu yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanabilir. Tablo 14 tekrar incelendiğinde çıkan maliyetin çok büyük kısmını batarya paketinin oluşturduğu görülecektir. Teknolojinin öncelikli alanlarından olan enerji verimliliği, bataryaların gelişmesinde de önemli rol oynamaktadır.

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) verilerine göre (Global Ev Outlook, 2017) 2005 yılında elektrikli araç sayısı sadece bir kaç yüz adet iken 2016 yılının sonlarında bu sayı iki milyona ulaşmış, ayrıca iki tekerlekli elektrikli araçların sayısı iki yüz milyonun üzerine çıkmıştır. IEA'nın ön görüşü (International Energy Agency, 2017) 2020 yılına gelindiğinde elektrikli araç sayısının 9 - 20 milyon arasında , 2025 yılına gelindiğinde ise bu sayının 40- 70 milyona ulaşacağıdır. Son on yılda elektrikli araçlara olan ilginin artarak çoğalması ve önümüzdeki 10 yıl için ciddi bir artışın beklenmesinin yanı sıra otomobil üreticilerinin en az bir model elektrikli araç üretmesi ve hızlı şarj istasyonlarının kurulması gibi gelişmelerle alternatif enerjilere yönelik ilginin artması, fosil yakıtlara olan bağımlılığın giderek azalacağını yadsınamaz bir şekilde göstermektedir.

Elektrikli araçlara olan eğilimin bu denli artmış olması, seri üretim faaliyetlerinin hız kazanmasını sağlamaktadır. Bunun doğal sonucu olarak maliyetlerin daha da azalacağı beklenmektedir.

KAYNAKLAR

Alta Motors, (2014). *Why electric will make marquez and faster*. 15.11.2017, <https://www.altamotors.co/blog/2014/2/11/why-electric-will-make-marquez-and-you-faster>

Altıntaş, F. (b.t.). *Doğru akım makinaları*. Yayınlanmamış ders notu, Bülent Ecevit Üniversitesi Alaplı Meslek Yüksek Okulu, Zonguldak. 20.09.2017. https://kabalci.files.wordpress.com/2014/09/dc_makina.pdf

Altunsaçlı, A. ve Alacacı, M. (b.t.). *Alternatif akım elektrik makinaları ve laboratuvarı*. Elektrik Makinaları ve Laboratuvarı dersi. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı. 18.10.2017. http://konelsis.com.tr/pdf/ALTERNATİF_AKİM_ELEKTRİK_MAKİNELERİ.pdf

Asamaer, J. & Graser, A. ve Heilmann, B. ve Ruthmair, M. (2016) *Sensitivity analysis for energy demand estimation of electric vehicles*. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 46, 183-189s.

Batteries. (b.t.). *To recycle, or not to recycle?*. 17.09.2017. <http://livingstontownship.org/services/recycling/batteries/>

Battery University. (b.t.). *Is the Lithium-ion the ideal battery?*. 17.09.2017. http://batteryuniversity.com/learn/archive/is_lithium_ion_the_ideal_battery

Bettes, A. & Hancock, B. (2008) *Dyno testing and tuning*. Car Tech. 16.07.2017. <https://www.carttechbooks.com/dyno-testing-tuning.html>

Calvillo, C.F. & Sanchez-Miralles, A. & Villar, J. (2016). *Energy management and planning in smart cities*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 55, 273-287s.

Carinf, *Focused on data*. 11.08.2017, <http://www.carinf.com/en/8f60424131.html>

Carroll, D. R. (2003) *The Winning Solar Car A Design Guide for Solar Race Car Team*. USA: SAE International.

Cars Data. 10.08.2017. <http://www.cars-data.com/en/volkswagen-polo-1.2-tdi-75hp-trendline-specs/52982>

Ceylan, M., Sarıkurt, T., ve Balıkçı, A. (2013). Elektrikli araçlarda kullanılan lityum-iyon bataryalar için model geliştirilmesi. TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası Yayınları, 82-87.

Chen, M., & Rincon-Mora, G. A. (2006). Accurate electrical battery model capable of predicting runtime and IV performance. *IEEE transactions on energy conversion*, 21(2), 504-511.

Curtis Instruments. (b.t.). *Scroll by model 1222*. 07.09.2017. <http://curtisinstruments.com/?fuseaction=Products.home#/motorcontrollers/64>

Dhar, S. & Pathak, M. & Shukla, P. R. (2016) *Electric vehicles and India's low carbon passenger transport: a long-term co-benefits assessment*. Journal of Cleaner Production, 1-10s.

Dosya Upload. (b.t.). 6R *Kullanıcı Kılavuzu*. 23.08.2017. <https://www.dosyaupload.com/77T>

Ehsani, M. & Gao, Y. & Gay, S.E. & Emadi, A. (2005). *Modern electric, hybrid electric, and fuel cell vehicles fundamentals, theory and design* (1.baskı). New York: CRC Yayınevi

Electropaedia. (b.t.). *Rechargeable lithium batteries*. 17.09.2017.
<http://www.mpoweruk.com/lithiumS.htm>

ELM Electronics. 10.08.2017. <https://www.elmelectronics.com/wp-content/uploads/2016/07/ELM327DSF.pdf>

ELM Electronics. *OBD*. 07.09.2017.
<https://www.elmelectronics.com/products/ics/obd/>

Emission Test Cycles. (2013). ECE 15 + EUDC/NEDC 06.01.2018.
https://www.dieselnet.com/standards/cycles/ece_eudc.php

Enerji Enstitüsü. *Elektrik fiyatları*. 08.10.2017. <http://enerjienstitusu.com/elektrik-fiyatlari/>

Environmental Protection Agency. (2001). *40 CFR Parts 51 and 85. Amendments to Vehicle Inspection Maintenance Program Requirements Incorporating the Onboard Diagnostic Check; Final Rule*. Federal Register / Vol. 66, No. 66. Rules and Regulations. <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2001-04-05/pdf/01-8276.pdf>

Erdemir, V. (b.t.). *Doğru akım makineleri*. Yayımlanmamış ders notu, Elektrik Bölümü, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli. 21.09.2017.
<http://docplayer.biz.tr/36519073-Dogru-akim-makineleri.html>

EW WEST. (2014). *Voltronix 160 ah lithium iron phosphate battery*. 12.08.2017.
http://www.evwest.com/catalog/product_info.php?cPath=4&products_id=263

EW WEST. *Catalog/motors/AC-50-96.* (2011). 07.09.2017.
http://www.evwest.com/catalog/product_info.php?cPath=8&products_id=83

Fotouhi, A., Auger, D. J., Propp, K., Longo, S., & Wild, M. (2016). A review on electric vehicle battery modelling: From Lithium-ion toward Lithium–Sulphur. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56, 1008-1021.

Global EV Outlook (2017). 19.09.2017.
https://www.iea.org/media/topics/transport/Global_EV_Outlook_2017_Leaflet.pdf

Gören, A. (b.t.). *DC motors.* Yayınlanmamış ders notu, Makine Mühendisliği Bölümü, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir. 18.09.2017.
<http://kisi.deu.edu.tr/aytac.goren/courses.htm>

GWL POWER. (b.t.). *LiFePO₄ cell.* 08.09.2017, <https://www.ev-power.eu/Discount-Sales/SP-LFP200AHA-Lithium-Cell-LiFePO4-3-2V-200Ah-SP-PROMO.html?listtype=search&searchparam=sinopoly#tab1>

International Energy Agency. (2017). *Electric vehicles have another record year reaching 2 million cars in 2016.* 21.09.2017,
<https://www.iea.org/newsroom/news/2017/june/electric-vehicles-have-another-record-year-reaching-2-million-cars-in-2016.html>

Reid, J. (2017). *Multirotor motor guide.* 15.09.2017,
<http://www.rotordronemag.com/guide-multirotor-motors/>

Kokam. (b.t.). Kokam Li-ion/Polymer cells 17.11.2017,
http://kokam.com/data/Kokam_Cell_Brochure_V.4.pdf

Kuralay, N. S. (2008). *Motorlu taşıtlar I-II temel ve tasarım esasları yapı elemanları*. İzmir: Makine Mühendisleri Odası. Cilt 1.

Kuralay, N. S. (b.t). *Motorlu taşıtların temel esasları*. Yayımlanmamış Ders notu, Makine Mühendisliği Bölümü, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir. <http://kisi.deu.edu.tr/mustafa.karaoglan/Sunu%203%20Hareket%20Diren%C3%A7leri.pdf>

Larminie, J. & Lowry, J. (2013) *Elektrikli araç teknolojisi*. (N. Çervatoğlu ve A. Bodur, Çev.). Ankara: Elektrik Mühendisleri Odası Yayınları. (Orijinal çalışma basım tarihi 2003).

Morrissey, P. & Weldon, P. & Mahony, M. O. (2016) *Future standard and fast charging infrastructure planning: An analysis of electric vehicle charging behaviour* Energy Policy, 89, 257–270s.

Muratoğlu, Y, ve Alkaya, A. (2016). Elektrikli araç teknolojisi ve pil yönetim sistemi-inceleme. TMMOB Elektrik Mühendisliği Odası Elektrik Mühendisliği Dergisi, (458), 10-14.

Opet. *İzmir akaryakıt fiyatları*. 08.10.2017. <https://www.opet.com.tr/izmir-akaryakit-fiyatlari>

Panasonic. (b.t.). Battery energy catalog. 18.11.2017. <https://na.industrial.panasonic.com/sites/default/pidsa/files/downloads/files/battery-energy-catalog.pdf>

Pearre, N. & Swan. L. (2015). *Electric vehicle charging to support renewable energy integration in a capacity constrained electricity grid*. Energy Conversion and Management 109. 130– 139s.

Professional Diagnostic and System Solution. IQ 400. 07.08.2017.
http://www.wow-portal.com/web/media/downloads/pdf/handbuecher/fahrzeugdiagnose/2204_all_Bedienungsanleitung-iQ400-V201608-1.PDF

QSMOTOR. (b.t.). APT controller, sine wave. 11.08.2017.
http://www.cnqsmotor.com/en/article_read/APT%20Programmable%20Sine%20Wave%20FOC%20AE96600%2072V%2096V%208kW%20PM%20Motor%20Driver%20Controller/332.html

QSMOTOR. (b.t.). E-car conversion kits. 11.08.2017.
http://www.cnqsmotor.com/en/article_read/96V%20125KPH%20Electric%20Car%20Conversion%20Kits,%202X8000W%20Hub%20Motor%20Kits/567.html

Sayın, A.A., Yüksel, İ. (2011). Elektrikli Renault Fluence aracı, lityum-iyon bataryasının modellenmesi ve batarya yönetimi. *Mühendis ve Makine*, 52(616):75-82.

SCRIBD. (2014). 6R Servis Kılavuzu. 09.08.2017,
<https://tr.scribd.com/doc/231388480/SSP465-The-1-2l-3-Cylinder-TDI-Engine-With-CR>

Sosnowski, D. & Gardetto, E. (2001). *Performing Onboard Diagnostic System Checks As Part Of A Vehicle Inspection And Maintenance Program*. EPA420-R-01-015. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency.

Şahin, Y. (2017). *Fırçasız doğru akım elektrik motoru karakteristiği ölçüm sistemi tasarımı ve uygulaması*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

T.C. Milli Eğitim Bakanlığı. (2011). *Elektrik elektronik teknolojisi AC ve DC makineler*. Ankara. 17.10.2017. <http://www.temrinler.com/wp-content/uploads/2015/10/Ac-Ve-Dc-Makineler.pdf>

T.C. Milli Eğitim Bakanlığı. (2011). *Elektrik elektronik teknolojisi elektrikli ev aletlerinde AC motorlar*. Ankara. 18.10.2017.
http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Elektrikli%20Ev%20Aletlerinde%20Ac%20Motorlar.pdf

Tan, K. M. & Ramachandaramurthy, V.K. & Yong J.Y. (2016) *Integration of electric vehicles in smart grid: a review on vehicle to grid technologies and optimization techniques*. Renew Sustain Energy Reviews, 53, 720-732s.

TORQUE. (b.t.). *Engine performance and diagnostic tool for automotive professionals and enthusiasts*. 21.09.2017, <https://torque-bhp.com/>

Torreglosa, J. P. & García-Triviño, P. & Fernández-Ramirez, L. M. & Jurado, F. (2016). *Decentralized energy management strategy based on predictive controllers for a medium voltage direct current photovoltaic electric vehicle charging station*. Energy Convers Manag 108(2016):1–13s.

Tuncay, N. ve Üstün, Ö. (2012). *Elektrikli araçlarda geçmişten geleceğe bakış*. MÜSİAD Otomotiv Sektör Kurulu Raporu, İstanbul, Haziran 2012.

Turan, M. (2005). *Elektrik makineleri*. Sakarya Üniversitesi Adapazarı Meslek Yüksekokulu. 22.09.2017, <http://docplayer.biz.tr/10393259-Elektrik-makineleri-mep-112-yazar-yrd-doc-dr-mustafa-turan-s1.html>

Türkiye İstatistik Kurumu (2017). *Markalara Göre Trafiğe Kaydı Yapılan Motorlu Kara Taşıt Sayısı*. 22.09.2017, http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1051

Türkiye İstatistik Kurumu (2017). *Motorlu Kara Taşıt Sayısı*. 22.09.2017, http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1051

Ustabaş, A. (2014). Mikro ve makro etkileri yönünden elektrikli otomobiller (Türkiye ekonomisi örneği). *Marmara Üniversitesi İ.İ.B. Dergisi*. 36, 269-291. Doi:10.14780/iibdergi.201417548

Uyar, F. (2015). *Türkiye ve dünya da elektrikli araçlar*. 12.08.2017, <http://www.enerjibes.com/turkiye-ve-dunyada-elektrikli-aracarin-tarihsel-gelisimi/>.

Ünlü, N. ve Karahan, Ş. ve Tür, O. ve Uçarol, H. ve Özsu, E. ve Yazar, A. ve Turhan, L., Akgün, F. ve Tırıs, M. (2003). *Elektrikli Araçlar*. TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü, Gebze.

Valentine, K. & Temple, W. & Thomas, R. J. & Zhang, K. M. (2016). *Relationship between wind power, electric vehicles and charger infrastructure in a two-settlement energy market*. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 82, 225-232s.

Vvhiting J. M. V. (1982). *Lokomotif d.a. motoru için rejeneratif frenleme sistemi*. 15.11.2017, www.emo.org.tr/ekler/dceb0ffa039ab83_ek.pdf?dergi=101

Wikipedia. (b.t.). *Lithium iron phosphate battery*. 17.09.2017, <http://en.0wikipedia.org/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpd2kvTG10aGl1bV9pcm9uX3Bob3NwaGF0ZV9iYXR0ZXJ5>

Yong, J. Y., Ramachandaramurthy, V. K., Tan, K. M., Mithulananthan, N. (2015). A review on the state-of-the-art technologies of electric vehicle, its impacts and prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 365-385.

EKLER

EK 1: ELM-327 Cihazı ile Alınan Veriler

Sıra	Süre [sn]	Mesafe [km]	Devir [dev/dk]	Araç Hızı Ortalama [km/h]	Tork [Nm]	Güç [kW]	LPK (Anlık) [l/100km]	LPK (Ortalama) [l/100km]	KPL (Anlık) [km/l]	KPL (Ortalama) [km/l]	CO2 Emisyonu [g/km]
1	0	-	817,75	0,00	-	-	-	-	0,00	0,00	-
2	0	-	818,25	0,00	-	-	-	-	0,00	0,00	-
3	0	-	826,50	0,00	-	-	-	-	0,00	0,00	-
4	0	-	825,50	0,00	-	-	-	-	0,00	0,00	-
5	0	-	827,50	0,00	-	-	-	-	0,00	0,00	-
6	0	-	824,50	0,00	-	-	-	-	0,00	0,00	-
7	0	-	830,50	0,00	-	-	-	-	0,00	0,00	-
8	0	-	827,75	0,00	-	-	-	-	0,00	0,00	-
9	0	-	829,00	0,00	-	-	-	-	0,00	0,00	-
10	0	-	826,75	0,00	-	-	-	-	0,00	0,00	-
11	0	-	826,25	0,00	-	-	-	-	0,00	0,00	-
12	0	-	1308,25	0,00	-	-	-	-	0,00	0,00	-
13	0	-	1716,75	0,00	-	-	-	-	0,00	0,00	-
14	0	0,00	1242,50	0,01	0,65	0,08	426,91	26430,32	0,23	0,00	-
15	1	0,00	1658,50	0,03	1,31	0,16	270,56	26407,35	0,37	0,00	-
16	2	0,00	1820,75	0,08	3,44	0,70	81,75	9240,84	1,22	0,01	-
17	3	0,00	1918,25	0,15	6,80	0,97	80,00	4689,70	1,25	0,02	-
18	4	0,01	1656,75	0,25	11,88	2,27	16,89	1843,73	5,92	0,05	-
19	5	0,01	1395,75	0,37	20,14	2,96	5,22	746,80	19,16	0,13	-
20	6	0,01	1444,25	0,45	20,14	2,96	10,80	341,65	9,26	0,29	-
21	8	0,01	907,50	0,58	20,14	2,96	7,04	341,37	14,20	0,29	-
22	8	0,02	978,25	0,70	25,09	2,40	15,73	278,67	6,36	0,36	416,11
23	9	0,02	1106,00	0,86	37,49	4,34	12,62	236,02	7,92	0,42	338,37
24	10	0,03	1320,00	1,05	34,65	4,79	8,09	207,94	12,36	0,48	327,88
25	11	0,03	1420,75	1,26	25,27	3,76	2,77	143,90	36,12	0,69	273,86
26	12	0,04	1472,00	1,47	25,27	3,76	3,95	143,79	25,30	0,70	223,08
27	13	0,05	1540,25	1,68	25,27	3,76	8,17	119,47	12,24	0,84	212,23
28	14	0,05	1721,75	1,91	28,55	4,73	15,11	111,04	6,62	0,90	234,34
29	15	0,06	1067,00	2,16	39,64	6,98	0,00	104,34	181,25	0,96	215,99
30	16	0,07	905,50	2,40	39,64	6,98	1,30	104,26	76,90	0,96	193,13
31	17	0,07	898,25	2,56	39,64	6,98	1,55	104,18	64,31	0,96	176,06
32	18	0,08	900,50	2,77	-	-	1,80	104,10	55,58	0,96	162,90
33	19	0,09	899,50	2,92	-	-	2,00	104,02	49,99	0,96	156,09
34	20	0,09	874,25	3,04	-	-	2,71	103,87	36,91	0,96	148,23
35	21	0,09	875,50	3,10	-	-	3,61	86,46	27,72	1,16	146,47
36	22	0,10	857,00	3,16	-	-	10,54	82,20	9,49	1,22	146,47
37	23	0,10	1467,75	3,22	9,32	1,55	44,78	81,71	2,23	1,22	146,47

38	24	0,10	1999,00	3,30	9,32	1,55	28,94	80,66	3,46	1,24	180,67
39	25	0,11	1497,25	3,43	43,15	9,03	7,54	75,51	13,26	1,32	180,78
40	26	0,11	1369,50	3,57	43,15	9,03	19,05	73,97	5,25	1,35	205,69
41	27	0,12	1673,75	3,75	61,33	9,39	21,64	72,75	4,62	1,37	227,89
42	28	0,13	2068,00	3,98	73,80	14,08	18,94	71,35	5,28	1,40	245,55
43	29	0,14	1956,75	4,24	67,83	16,16	0,00	71,35	181,25	1,40	245,52
44	30	0,15	1404,75	4,51	67,83	16,16	8,28	71,30	12,07	1,40	238,17
45	31	0,16	1508,25	4,80	81,16	12,82	11,11	66,41	9,00	1,51	241,06
46	32	0,17	1567,50	5,10	21,03	3,45	6,33	62,43	15,80	1,60	238,27
47	33	0,18	1621,75	5,40	19,73	3,35	6,71	59,48	14,89	1,68	236,22
48	34	0,19	1649,75	5,70	20,07	3,47	4,78	55,94	20,93	1,79	231,62
49	35	0,20	1663,75	5,90	20,07	3,47	3,83	48,39	26,09	2,07	226,70
50	36	0,21	1661,00	6,20	20,07	3,47	3,89	45,30	25,69	2,21	221,44
51	37	0,23	1651,25	6,49	20,07	3,47	5,77	41,92	17,34	2,39	217,10
52	38	0,24	1679,50	6,78	-	-	10,87	41,07	9,20	2,43	218,47
53	39	0,25	1710,25	7,08	16,03	2,86	6,99	40,36	14,30	2,48	219,56
54	40	0,26	1721,25	7,37	19,48	3,51	4,96	38,81	20,18	2,58	217,63
55	41	0,28	1703,00	7,66	19,48	3,51	3,46	34,98	28,89	2,86	213,85
56	42	0,29	1656,00	7,93	19,48	3,51	3,66	33,21	27,31	3,01	209,28
57	43	0,30	1614,50	8,20	-	-	7,49	32,52	13,36	3,07	207,55
58	44	0,31	1605,25	8,45	-	-	10,13	32,09	9,88	3,12	208,27
59	45	0,32	1609,00	8,70	-	-	11,59	31,75	8,63	3,15	211,16
60	46	0,33	1671,50	8,86	15,63	2,66	13,17	31,48	7,59	3,18	215,08
61	47	0,34	1722,75	9,13	39,60	7,03	14,16	30,99	7,06	3,23	219,20
62	48	0,36	1825,00	9,40	60,28	11,33	13,41	30,75	7,46	3,25	221,83
63	49	0,37	1891,50	9,69	32,29	6,40	7,49	30,43	13,34	3,29	224,35
64	50	0,38	1899,00	9,98	32,29	6,40	7,27	29,82	13,76	3,35	223,69
65	51	0,40	1911,00	10,26	19,35	3,87	9,26	29,40	10,80	3,40	223,63
66	52	0,41	1900,75	10,54	19,35	3,87	7,28	28,98	13,73	3,45	223,15
67	53	0,42	1902,75	10,82	19,35	3,87	9,98	28,55	10,02	3,50	223,65
68	54	0,44	1898,75	11,08	-	-	8,20	27,85	12,19	3,59	223,90
69	55	0,45	1928,50	11,35	-	-	10,43	27,59	9,59	3,62	224,79
70	56	0,47	1968,25	11,63	31,84	6,53	8,88	27,27	11,26	3,67	225,47
71	57	0,48	1979,00	11,81	31,84	6,53	7,43	26,86	13,47	3,72	224,73
72	58	0,49	2011,25	12,08	20,54	4,30	10,51	26,63	9,52	3,75	225,61
73	59	0,50	2047,00	12,36	20,92	4,47	10,25	26,40	9,75	3,79	226,49
74	60	0,52	2083,75	12,64	19,90	4,34	0,00	26,16	181,25	3,82	225,59
75	61	0,54	1387,25	12,90	19,90	4,34	7,14	26,15	14,00	3,82	223,78
76	62	0,55	1387,00	13,17	29,09	4,23	8,33	25,79	12,00	3,88	223,54
77	63	0,57	1406,50	13,43	31,30	4,61	8,70	25,51	11,50	3,92	223,62
78	64	0,58	1437,25	13,70	31,30	4,61	8,46	25,24	11,83	3,96	223,65
79	65	0,60	1455,25	13,97	23,43	3,55	7,00	24,94	14,29	4,01	223,16
80	66	0,61	1459,50	14,24	30,94	4,73	4,71	24,50	21,25	4,08	221,45
81	67	0,62	1439,25	14,50	30,94	4,73	1,82	23,99	54,97	4,17	219,08
82	68	0,64	1385,75	14,75	30,94	4,73	0,00	23,98	181,25	4,17	215,55
83	69	0,65	1342,25	14,98	-	-	6,01	23,96	16,63	4,17	213,16
84	70	0,67	1319,25	15,21	-	-	5,92	23,66	16,88	4,23	212,48

85	71	0,68	1308,75	15,35	-	-	6,70	22,87	14,93	4,37	211,39
86	72	0,69	1306,50	15,57	-	-	5,87	22,49	17,02	4,45	210,35
87	73	0,71	1306,00	15,78	-	-	5,50	21,86	18,59	4,50	209,72
88	74	0,72	1299,00	15,99	-	-	7,12	21,63	14,05	4,62	208,79
89	75	0,73	910,00	16,19	-	-	0,00	21,63	181,25	4,62	206,72
90	76	0,75	927,25	16,36	-	-	0,62	21,61	161,65	4,63	203,64
91	77	0,76	896,75	16,48	-	-	0,92	21,60	108,73	4,63	200,79
92	78	0,76	874,25	16,51	-	-	1,62	21,59	61,67	4,63	198,24
93	79	0,77	1402,00	16,53	-	-	18,42	21,31	5,43	4,69	198,72
94	80	0,77	1518,75	16,55	10,01	1,43	18,22	21,28	5,49	4,70	202,66
95	81	0,78	1804,75	16,60	47,32	8,41	23,94	21,28	4,18	4,70	208,10
96	82	0,79	2221,50	16,68	73,02	16,05	29,32	21,30	3,41	4,69	215,72
97	83	0,80	2314,25	16,80	65,18	15,80	0,00	21,28	181,25	4,70	218,01
98	84	0,81	1765,75	16,91	65,18	15,80	14,00	21,27	7,14	4,70	219,48
99	85	0,82	1532,75	17,04	65,18	15,80	14,96	21,22	6,69	4,71	221,74
100	86	0,83	1642,00	17,18	63,69	10,43	14,55	21,18	6,87	4,72	223,35
101	87	0,84	1752,25	17,33	60,75	10,70	14,18	21,13	7,05	4,73	225,45
102	88	0,86	1848,00	17,50	63,10	11,83	11,76	21,05	8,50	4,75	227,07
103	89	0,87	1877,00	17,68	39,52	7,71	9,36	20,92	10,68	4,78	227,50
104	90	0,88	1894,00	17,85	39,52	7,71	7,38	20,78	13,54	4,81	227,55
105	91	0,90	1852,00	18,02	39,52	7,71	6,74	20,58	14,83	4,86	226,90
106	92	0,91	1807,00	18,13	-	-	5,01	20,09	19,97	4,98	225,96
107	93	0,92	1699,25	18,28	-	-	0,00	20,08	181,25	4,98	223,62
108	94	0,93	1574,00	18,41	-	-	0,00	20,07	181,25	4,98	220,84
109	95	0,94	1340,75	18,51	-	-	0,00	20,06	181,25	4,98	218,14
110	96	0,95	1223,25	18,58	-	-	2,82	20,06	35,46	4,98	216,78
111	97	0,96	1231,75	18,65	-	-	9,98	19,92	10,02	5,02	217,06
112	98	0,97	1297,50	18,72	31,43	4,13	11,18	19,76	8,94	5,06	217,86
113	99	0,98	1394,50	18,81	39,89	5,56	11,16	19,71	8,96	5,07	218,88
114	100	0,99	1373,75	18,90	40,42	5,98	0,58	19,70	171,15	5,08	217,34
115	101	1,00	1293,75	18,98	40,42	5,98	0,00	19,69	181,25	5,08	214,85
116	102	1,01	909,00	19,03	40,42	5,98	0,00	19,68	181,25	5,08	212,42
117	103	1,01	906,50	19,04	-	-	1,78	19,67	56,17	5,08	210,55
118	104	1,02	916,00	19,05	-	-	1,82	19,65	55,09	5,09	208,78
119	105	1,02	915,25	19,06	18,92	1,81	1,67	19,65	59,90	5,09	207,00
120	106	1,03	926,25	19,07	18,92	1,81	6,44	19,47	15,53	5,14	205,90
121	107	1,04	1606,50	19,08	23,80	3,74	17,17	19,47	5,83	5,14	207,35
122	108	1,04	2029,00	19,13	76,64	14,99	21,22	19,48	4,71	5,13	210,91
123	109	1,05	1569,00	19,21	67,85	11,15	0,00	19,47	181,25	5,14	210,58
124	110	1,06	1450,75	19,30	60,32	9,16	9,69	19,35	10,32	5,17	210,35
125	111	1,07	1607,25	19,40	82,79	13,93	9,30	19,28	10,75	5,19	210,91
126	112	1,09	1723,75	19,52	61,00	11,01	4,85	19,15	20,61	5,22	210,38
127	113	1,10	1484,50	19,65	51,64	8,03	0,00	18,77	181,25	5,33	208,84
128	114	1,11	1254,75	19,74	51,64	8,03	4,19	18,49	23,86	5,41	207,43
129	115	1,12	1295,25	19,89	29,87	3,92	6,91	18,33	14,48	5,45	206,93
130	116	1,14	1367,00	20,04	58,17	8,00	6,52	18,20	15,33	5,50	206,76
131	117	1,15	1425,25	20,20	87,59	12,78	1,79	17,81	55,99	5,62	205,54

132	118	1,17	1470,25	20,37	58,46	8,87	1,54	17,79	64,84	5,62	203,97
133	119	1,18	1510,00	20,55	30,26	4,71	2,69	17,78	37,18	5,62	202,68
134	120	1,19	1541,75	20,67	59,64	9,51	2,65	17,78	37,76	5,63	201,44
135	121	1,21	1563,00	20,86	28,88	4,70	1,95	17,76	51,31	5,63	200,05
136	122	1,23	1592,00	21,04	29,55	4,89	3,82	17,51	26,15	5,71	198,91
137	123	1,25	1616,50	21,23	30,08	5,07	2,06	17,50	48,46	5,71	198,12
138	124	1,26	1623,25	21,43	29,92	5,03	0,00	17,49	181,25	5,72	196,49
139	125	1,28	1592,00	21,61	29,92	5,03	0,00	17,49	181,25	5,72	194,71
140	126	1,30	1532,25	21,79	29,92	5,03	0,00	17,47	181,25	5,72	192,96
141	127	1,31	1490,25	21,90	-	-	0,00	17,47	181,25	5,73	191,25
142	128	1,33	1441,75	22,05	-	-	0,00	17,46	181,25	5,73	189,56
143	129	1,34	1406,75	22,20	-	-	2,41	17,45	41,57	5,73	188,23
144	130	1,35	1376,00	22,34	-	-	2,15	17,24	46,62	5,80	187,40
145	131	1,37	1360,25	22,48	-	-	0,00	17,23	181,25	5,80	185,79
146	132	1,38	1250,00	22,60	-	-	0,00	17,22	181,25	5,81	184,20
147	133	1,40	892,50	22,69	-	-	0,84	17,22	118,53	5,81	182,81
148	134	1,41	1582,25	22,77	-	-	3,85	17,04	26,00	5,87	182,41
149	135	1,42	1607,25	22,85	-	-	10,79	16,99	9,27	5,89	182,90
150	136	1,43	1672,25	22,94	42,14	7,28	12,00	16,96	8,34	5,90	183,93
151	137	1,44	1812,00	23,04	61,48	11,31	12,67	16,94	7,89	5,90	185,10
152	138	1,45	1976,75	23,12	79,32	15,97	14,25	16,91	7,02	5,91	186,67
153	139	1,47	2093,25	23,25	99,16	21,74	13,02	16,90	7,68	5,92	188,01
154	140	1,48	2236,25	23,40	61,33	14,36	12,76	16,88	7,83	5,92	189,24
155	141	1,50	1856,00	23,55	61,33	14,36	0,00	16,80	181,25	5,95	188,75
156	142	1,52	1530,75	23,70	61,33	14,36	9,30	16,59	10,75	6,03	188,85
157	143	1,53	1549,50	23,85	-	-	8,81	16,54	11,36	6,04	189,26
158	144	1,55	1559,75	24,00	23,67	3,85	6,93	16,41	14,43	6,09	189,43
159	145	1,57	1551,25	24,15	23,67	3,85	3,49	16,25	28,63	6,16	188,94
160	146	1,58	1518,00	24,30	23,67	3,85	2,82	16,24	35,41	6,16	188,02
161	147	1,60	1487,75	24,44	-	-	0,00	16,23	181,25	6,16	186,64
162	148	1,61	1440,00	24,57	-	-	0,00	16,23	181,25	6,16	185,23
163	149	1,62	1172,00	24,64	-	-	0,00	16,22	181,25	6,16	183,85
164	150	1,64	918,50	24,74	-	-	0,66	16,22	151,63	6,17	182,57
165	151	1,65	911,25	24,83	-	-	0,78	16,21	128,36	6,17	181,77
166	152	1,66	909,25	24,90	-	-	0,89	16,21	111,92	6,17	180,60
167	153	1,68	889,75	24,96	-	-	0,98	16,20	101,56	6,17	179,47
168	154	1,69	879,00	25,01	-	-	0,99	16,19	100,55	6,17	178,36
169	155	1,69	872,75	25,05	-	-	0,96	16,18	104,58	6,18	177,27
170	156	1,71	1210,50	25,11	34,43	3,14	6,32	15,92	15,82	6,28	176,64
171	157	1,72	2541,75	25,17	34,43	3,14	6,39	15,83	15,64	6,32	176,58
172	158	1,73	2236,00	25,23	24,84	6,61	0,00	15,76	181,25	6,35	176,13
173	159	1,74	1658,25	25,29	17,26	3,52	4,26	15,75	23,46	6,35	175,47
174	160	1,75	1686,75	25,37	33,04	5,84	3,47	15,59	28,83	6,42	174,91
175	161	1,76	1719,25	25,44	33,04	5,84	2,17	15,39	46,18	6,50	174,18
176	162	1,78	1767,75	25,52	15,60	2,84	2,27	15,38	44,13	6,50	173,41
177	163	1,79	1803,75	25,60	19,77	3,69	1,68	15,37	59,39	6,51	172,59
178	164	1,80	1839,50	25,69	20,72	3,94	2,96	15,37	33,83	6,51	171,81

179	165	1,81	1889,50	25,75	20,82	4,04	5,71	15,26	17,52	6,55	171,60
180	166	1,83	1978,25	25,84	40,18	8,04	12,39	15,21	8,07	6,57	172,24
181	168	1,84	2130,00	25,94	61,55	13,05	17,70	15,21	5,65	6,58	173,85
182	168	1,86	2256,75	26,07	81,74	18,74	20,71	15,22	4,83	6,57	176,23
183	169	1,87	2456,50	26,21	102,60	25,67	22,47	15,24	4,45	6,56	178,03
184	170	1,89	2630,25	26,36	96,87	26,68	22,40	15,25	4,46	6,56	180,74
185	171	1,91	2791,75	26,54	103,02	30,12	21,30	15,27	4,70	6,55	183,34
186	172	1,93	1917,00	26,71	103,02	30,12	12,63	15,25	7,92	6,56	183,11
187	173	1,95	1972,00	26,90	91,97	18,99	12,67	15,24	7,89	6,56	184,11
188	174	1,97	2035,25	27,09	59,38	12,66	11,42	15,23	8,75	6,57	184,93
189	175	2,00	2084,25	27,29	61,51	13,42	11,47	15,21	8,72	6,58	185,59
190	176	2,01	2125,00	27,42	61,57	13,70	10,18	15,17	9,83	6,59	185,94
191	177	2,03	2169,25	27,63	61,57	13,70	8,30	15,11	12,04	6,62	186,46
192	178	2,06	2221,75	27,84	29,83	6,78	11,83	15,10	8,45	6,62	186,90
193	179	2,08	2258,00	28,05	61,34	14,27	12,01	15,09	8,33	6,63	187,71
194	180	2,10	2305,50	28,28	60,77	14,49	11,67	15,07	8,57	6,63	188,49
195	181	2,13	2202,50	28,50	61,55	14,99	4,78	14,97	20,93	6,68	188,60
196	182	2,16	1737,00	28,72	61,55	14,99	5,49	14,89	18,21	6,72	187,75
197	183	2,18	1741,75	28,94	61,55	14,99	7,57	14,84	13,21	6,74	187,79
198	184	2,21	1742,00	29,15	38,66	7,07	4,96	14,77	20,16	6,77	187,58
199	185	2,23	1735,25	29,36	38,66	7,07	4,00	14,66	25,01	6,82	187,16
200	186	2,25	1726,75	29,50	38,66	7,07	5,82	14,58	17,19	6,86	186,86
201	187	2,27	1733,00	29,71	-	-	6,02	14,52	16,61	6,89	186,70
202	188	2,29	1733,00	29,92	-	-	5,58	14,44	17,92	6,92	186,50
203	189	2,32	1736,50	30,12	-	-	5,83	14,38	17,15	6,95	186,30
204	190	2,34	1740,25	30,33	-	-	5,71	14,31	17,50	6,99	186,10
205	191	2,36	1742,50	30,53	32,00	5,83	4,91	14,24	20,35	7,02	185,83
206	192	2,39	1742,50	30,74	32,00	5,83	5,36	14,17	18,66	7,06	185,55
207	193	2,41	1734,00	30,94	32,00	5,83	4,04	14,07	24,77	7,11	185,06
208	194	2,44	1720,75	31,14	-	-	4,34	13,96	23,05	7,16	184,61
209	195	2,46	1711,75	31,33	-	-	4,77	13,87	20,97	7,21	184,35
210	196	2,49	1705,75	31,52	-	-	4,60	13,79	21,74	7,25	184,00
211	197	2,51	1695,00	31,71	-	-	4,14	13,69	24,15	7,30	183,58
212	198	2,53	1683,75	31,89	-	-	4,30	13,60	23,25	7,35	183,16
213	199	2,56	1670,75	32,07	-	-	3,96	13,51	25,28	7,40	182,71
214	200	2,58	1658,75	32,25	-	-	4,13	13,41	24,24	7,46	182,26
215	201	2,60	1652,25	32,36	-	-	4,26	13,33	23,47	7,50	181,98
216	202	2,62	1644,50	32,53	-	-	5,34	13,26	18,72	7,54	181,69
217	203	2,65	1637,75	32,71	-	-	4,63	13,19	21,59	7,58	181,35
218	204	2,66	1634,25	32,82	-	-	4,60	13,05	21,74	7,66	180,99
219	205	2,69	1622,00	32,98	-	-	2,27	13,04	44,11	7,67	180,39
220	206	2,71	1603,25	33,14	-	-	3,79	12,95	26,39	7,72	179,80
221	207	2,73	1589,00	33,30	-	-	4,21	12,87	23,74	7,77	179,53
222	208	2,76	1591,75	33,46	-	-	5,62	12,82	17,79	7,80	179,24
223	209	2,77	1596,75	33,56	-	-	5,33	12,72	18,77	7,86	179,05
224	210	2,79	1591,00	33,71	-	-	2,85	12,59	35,08	7,94	178,50
225	211	2,82	1587,75	33,87	-	-	4,48	12,51	22,31	8,00	178,01

226	212	2,84	1598,50	34,02	-	-	5,66	12,46	17,66	8,03	177,84
227	213	2,86	1609,25	34,17	30,55	5,13	5,03	12,40	19,88	8,06	177,66
228	214	2,88	1622,25	34,33	38,64	6,55	5,12	12,31	19,52	8,13	177,41
229	215	2,91	1640,50	34,49	38,64	6,55	3,97	12,23	25,16	8,17	177,09
230	216	2,93	1651,50	34,64	39,70	6,85	4,83	12,18	20,70	8,21	176,76
231	217	2,95	1665,75	34,80	39,54	6,88	3,84	12,11	26,01	8,25	176,38
232	218	2,97	1670,25	34,91	39,54	6,88	2,52	12,04	39,73	8,31	175,81
233	219	2,99	1673,50	35,07	39,54	6,88	2,54	12,04	39,35	8,31	175,17
234	220	3,02	1676,00	35,22	-	-	2,62	12,03	38,13	8,31	174,75
235	221	3,04	1676,25	35,38	-	-	2,54	12,03	39,34	8,31	174,11
236	222	3,07	1680,50	35,54	39,70	6,99	0,91	12,03	109,75	8,31	173,33
237	223	3,09	1655,00	35,69	39,70	6,99	0,00	12,02	181,25	8,32	172,38
238	224	3,11	1644,50	35,79	39,70	6,99	0,00	12,02	181,25	8,32	171,35
239	225	3,13	1654,75	35,94	-	-	2,73	12,01	36,57	8,32	170,55
240	226	3,16	1654,00	36,09	-	-	3,52	11,93	28,39	8,38	170,23
241	227	3,18	1672,25	36,24	38,82	6,78	3,54	11,85	28,26	8,44	169,77
242	228	3,20	1694,25	36,39	30,31	5,38	3,46	11,78	28,86	8,49	169,31
243	229	3,23	1709,25	36,55	38,71	6,93	1,96	11,70	50,99	8,55	168,72
244	230	3,25	1711,25	36,70	38,71	6,93	0,00	11,69	181,25	8,55	167,82
245	231	3,27	1706,75	36,80	38,71	6,93	0,00	11,69	181,25	8,56	166,82
246	232	3,29	1704,00	36,96	38,71	6,93	0,00	11,69	181,25	8,56	165,82
247	233	3,32	1697,00	37,11	-	-	0,00	11,68	181,25	8,56	164,83
248	234	3,34	1661,50	37,25	-	-	0,00	11,68	181,25	8,56	164,17
249	235	3,36	1614,25	37,39	-	-	0,00	11,68	181,25	8,56	163,19
250	236	3,39	1565,75	37,52	-	-	0,00	11,67	181,25	8,57	162,22
251	237	3,41	1461,50	37,63	-	-	0,00	11,67	181,25	8,57	161,25
252	238	3,42	1348,75	37,72	-	-	0,00	11,67	181,25	8,57	160,28
253	239	3,44	938,75	37,78	-	-	0,00	11,66	181,25	8,57	159,32
254	240	3,46	1701,75	37,86	-	-	2,26	11,66	44,33	8,58	158,55
255	241	3,48	1757,25	37,95	-	-	2,39	11,66	41,87	8,58	158,01
256	242	3,50	1732,00	38,04	28,61	5,28	0,95	11,65	105,05	8,58	157,52
257	243	3,52	1757,75	38,13	28,61	5,28	0,00	11,65	181,25	8,58	156,58
258	244	3,53	1739,50	38,21	28,61	5,28	0,00	11,65	181,25	8,59	155,64
259	245	3,55	1723,75	38,29	-	-	1,09	11,64	91,92	8,59	154,82
260	246	3,56	1743,00	38,35	-	-	3,08	11,64	32,45	8,59	154,15
261	247	3,58	1790,50	38,43	30,91	5,68	8,81	11,63	11,35	8,60	154,53
262	248	3,60	1866,00	38,52	69,93	13,46	10,33	11,62	9,68	8,60	155,17
263	249	3,62	1900,00	38,62	94,34	18,79	3,66	11,59	27,31	8,63	155,23
264	250	3,64	1920,50	38,72	94,34	18,79	5,21	11,51	19,21	8,69	154,86
265	251	3,66	1939,75	38,83	31,26	6,35	7,89	11,50	12,68	8,70	155,13
266	252	3,68	1975,25	38,93	29,93	6,19	5,83	11,48	17,16	8,71	155,23
267	253	3,71	2014,25	39,04	58,60	12,36	8,60	11,46	11,63	8,73	155,46
268	254	3,73	2081,25	39,16	59,20	12,90	12,10	11,45	8,27	8,73	156,21
269	255	3,75	2167,75	39,28	59,20	12,90	14,09	11,46	7,10	8,73	157,38
270	256	3,77	2261,75	39,42	122,62	28,27	14,33	11,46	6,98	8,72	158,70
271	257	3,80	2348,25	39,56	93,73	22,47	15,41	11,47	6,49	8,72	160,08
272	258	3,82	2438,25	39,71	120,44	30,03	15,11	11,48	6,62	8,71	161,54

273	259	3,85	2517,00	39,87	92,10	23,78	14,50	11,48	6,90	8,71	162,91
274	260	3,87	1973,25	39,98	60,49	15,30	0,00	11,48	181,25	8,71	162,52
275	261	3,89	1926,00	40,14	60,49	15,30	9,36	11,47	10,69	8,72	162,86
276	262	3,92	1966,75	40,30	81,36	16,62	11,20	11,47	8,93	8,72	163,61
277	263	3,95	1996,50	40,47	77,17	16,14	11,16	11,47	8,96	8,72	164,38
278	264	3,98	2042,50	40,65	119,55	25,57	8,70	11,47	11,50	8,72	165,02
279	265	4,01	2078,00	40,82	119,55	25,57	10,66	11,46	9,38	8,73	165,62
280	266	4,04	2110,75	41,01	61,35	13,41	9,31	11,45	10,75	8,73	165,93
281	268	4,07	2140,50	41,19	77,31	17,17	9,11	11,45	10,98	8,73	166,45
282	268	4,10	2151,50	41,38	30,57	6,88	4,57	11,40	21,89	8,78	166,38
283	269	4,13	2165,75	41,57	40,12	9,08	5,58	11,37	17,93	8,80	166,48
284	270	4,16	2157,75	41,76	40,12	9,08	2,67	11,36	37,49	8,80	166,00
285	271	4,18	2137,50	41,88	40,12	9,08	2,22	11,36	44,95	8,80	165,37
286	272	4,21	2125,25	42,06	-	-	4,15	11,36	24,11	8,80	164,87
287	273	4,24	2122,75	42,24	-	-	4,65	11,31	21,50	8,84	164,58
288	274	4,27	2125,50	42,41	37,73	8,40	4,68	11,28	21,35	8,87	164,42
289	275	4,30	2132,75	42,59	37,73	8,40	5,06	11,25	19,77	8,89	164,25
290	276	4,33	2137,50	42,77	37,73	8,40	4,90	11,21	20,39	8,92	164,05
291	277	4,35	2136,25	42,89	37,73	8,40	3,57	11,09	27,99	9,02	163,62
292	278	4,38	2137,50	43,06	-	-	4,78	11,06	20,94	9,05	163,36
293	279	4,41	2140,25	43,24	-	-	5,84	11,00	17,11	9,09	163,10
294	280	4,44	2160,50	43,41	30,06	6,77	7,71	10,99	12,97	9,10	163,21
295	281	4,48	2187,75	43,59	37,79	8,62	7,28	10,98	13,74	9,11	163,40
296	282	4,51	2212,75	43,77	62,44	14,47	6,90	10,96	14,50	9,12	163,53
297	283	4,54	2236,00	43,96	62,44	14,47	5,12	10,94	19,54	9,14	163,47
298	284	4,57	2252,25	44,14	30,15	7,08	4,60	10,91	21,74	9,17	163,26
299	285	4,60	2262,00	44,33	39,86	9,41	4,37	10,87	22,87	9,20	163,00
300	286	4,62	2271,00	44,45	38,41	9,12	5,44	10,84	18,39	9,23	162,82
301	287	4,66	2278,50	44,64	38,41	9,12	4,93	10,81	20,27	9,25	162,64
302	288	4,69	2287,25	44,82	38,41	9,12	4,91	10,77	20,39	9,28	162,41
303	289	4,72	2305,00	45,01	40,18	9,67	5,09	10,75	19,65	9,31	162,30
304	290	4,75	2315,00	45,20	38,03	9,20	4,99	10,68	20,04	9,36	162,06
305	291	4,79	2332,00	45,39	38,63	9,41	5,15	10,66	19,40	9,38	161,91
306	292	4,82	2345,75	45,58	30,53	7,50	4,60	10,62	21,72	9,41	161,67
307	293	4,85	2358,75	45,77	30,53	7,50	4,69	10,59	21,32	9,44	161,44
308	294	4,87	2371,25	45,90	30,53	7,50	4,59	10,56	21,78	9,47	161,22
309	295	4,91	2380,25	46,09	38,60	9,60	4,04	10,53	24,77	9,49	160,95
310	296	4,94	2388,75	46,28	31,95	7,98	3,50	10,49	28,53	9,53	160,56
311	297	4,98	2394,50	46,54	31,95	7,98	3,74	10,45	26,73	9,57	160,20
312	298	5,01	2399,50	46,67	31,95	7,98	3,89	10,36	25,70	9,65	159,80
313	299	5,04	2407,00	46,86	-	-	4,66	10,33	21,47	9,68	159,55
314	300	5,07	2421,50	47,05	38,63	9,80	4,58	10,30	21,86	9,71	159,31
315	301	5,11	2437,00	47,24	38,63	9,80	4,08	10,27	24,50	9,73	159,04
316	302	5,14	2452,50	47,44	30,49	7,80	4,29	10,24	23,32	9,77	158,84
317	303	5,18	2469,00	47,63	38,56	9,92	4,78	10,21	20,90	9,80	158,62
318	304	5,21	2484,25	47,83	40,47	10,49	4,54	10,15	22,00	9,85	158,35
319	305	5,25	2502,50	48,03	38,82	10,13	3,58	10,11	27,95	9,89	158,03

320	306	5,27	2519,75	48,16	39,15	10,28	4,94	10,08	20,24	9,92	157,78
321	307	5,32	2536,00	48,42	39,15	10,28	4,05	10,05	24,66	9,95	157,51
322	308	5,34	2550,50	48,56	31,17	8,30	3,65	10,02	27,37	9,98	157,17
323	309	5,38	2556,75	48,76	38,42	10,29	2,20	9,97	45,46	10,03	156,71
324	310	5,41	2561,75	48,96	38,42	10,29	0,00	9,97	181,25	10,03	155,86
325	311	5,45	2528,50	49,15	38,42	10,29	0,00	9,97	181,25	10,03	155,23
326	312	5,48	2530,25	49,35	-	-	0,00	9,97	181,25	10,03	154,31
327	313	5,52	2511,00	49,54	-	-	1,57	9,97	63,55	10,03	153,62
328	314	5,56	2511,50	49,73	-	-	1,59	9,96	63,03	10,04	152,95
329	315	5,59	2513,00	49,92	-	-	1,59	9,96	62,98	10,04	152,29
330	316	5,63	2510,25	50,11	-	-	1,60	9,96	62,54	10,04	151,63
331	317	5,66	2512,25	50,30	-	-	1,60	9,96	62,47	10,04	150,97
332	318	5,70	2511,50	50,49	-	-	1,60	9,95	62,67	10,05	150,32
333	319	5,72	2508,00	50,61	-	-	1,58	9,95	63,34	10,05	149,68
334	320	5,76	2509,75	50,80	-	-	1,65	9,95	60,48	10,05	149,04
335	321	5,79	2513,25	50,98	-	-	1,73	9,95	57,74	10,05	148,42
336	322	5,83	2510,25	51,17	-	-	1,81	9,95	55,14	10,05	147,81
337	323	5,86	2513,25	51,35	-	-	1,81	9,94	55,30	10,06	147,41
338	324	5,90	2512,75	51,53	-	-	1,53	9,94	65,45	10,06	146,79
339	325	5,93	2512,25	51,71	-	-	1,46	9,94	68,48	10,06	146,15
340	326	5,97	2509,00	51,89	-	-	1,41	9,94	71,02	10,06	145,50
341	327	6,00	2511,25	52,07	-	-	1,25	9,93	80,31	10,07	144,84
342	328	6,03	2504,00	52,25	-	-	0,97	9,93	103,51	10,07	144,14
343	329	6,07	2496,25	52,42	-	-	0,80	9,93	124,36	10,07	143,41
344	330	6,10	2493,00	52,60	-	-	0,74	9,93	134,52	10,07	142,68
345	331	6,14	2487,25	52,77	-	-	0,64	9,92	157,32	10,08	141,93
346	332	6,17	2476,50	52,94	-	-	0,57	9,92	174,74	10,08	141,18
347	333	6,21	2470,00	53,11	-	-	0,59	9,92	168,39	10,08	140,43
348	334	6,23	2460,75	53,22	-	-	0,61	9,92	164,16	10,08	139,68
349	335	6,27	2458,50	53,39	-	-	0,62	9,91	160,81	10,09	138,94
350	336	6,30	2449,50	53,55	-	-	0,63	9,91	159,17	10,09	138,21
351	337	6,34	2444,75	53,71	-	-	0,70	9,91	143,40	10,09	137,50
352	338	6,37	2435,75	53,87	-	-	0,69	9,91	144,67	10,09	136,78
353	339	6,40	2435,75	54,03	-	-	0,61	9,91	162,97	10,09	136,07
354	340	6,44	2430,50	54,19	-	-	0,76	9,90	131,97	10,10	135,36
355	341	6,47	2418,00	54,35	-	-	0,75	9,90	133,06	10,10	134,67
356	342	6,50	2426,75	54,50	-	-	0,78	9,90	128,68	10,10	134,22
357	343	6,54	2423,25	54,66	-	-	0,76	9,90	130,76	10,10	133,54
358	344	6,57	2414,50	54,81	-	-	1,29	9,90	77,31	10,10	132,90
359	345	6,61	2414,00	54,96	-	-	1,20	9,89	83,67	10,11	132,30
360	346	6,64	2414,25	55,11	-	-	1,21	9,89	82,83	10,11	131,70
361	347	6,66	2410,75	55,27	-	-	1,18	9,89	85,01	10,11	131,10
362	348	6,70	2414,00	55,37	-	-	1,14	9,89	87,59	10,11	130,50
363	349	6,73	2414,50	55,52	-	-	1,12	9,88	89,48	10,12	129,89
364	350	6,77	2416,75	55,67	-	-	1,12	9,88	88,97	10,12	129,49
365	351	6,80	2419,00	55,82	-	-	0,93	9,88	107,24	10,12	128,87
366	352	6,84	2414,25	55,96	-	-	0,88	9,88	113,72	10,12	128,25

367	353	6,87	2407,75	56,11	-	-	0,82	9,87	122,31	10,13	127,61
368	354	6,90	2405,25	56,26	-	-	0,81	9,87	123,81	10,13	126,98
369	355	6,93	2397,50	56,35	-	-	1,36	9,87	73,61	10,13	126,39
370	356	6,96	2398,75	56,50	-	-	1,45	9,87	69,19	10,13	125,87
371	357	7,00	2396,00	56,64	-	-	1,38	9,86	72,45	10,14	125,51
372	358	7,03	2391,50	56,78	-	-	1,28	9,86	78,17	10,14	124,96
373	359	7,07	2385,50	56,92	-	-	1,27	9,86	78,54	10,14	124,42
374	360	7,10	2383,75	57,06	-	-	1,49	9,86	67,24	10,14	123,89
375	361	7,13	2378,50	57,20	-	-	1,92	9,86	51,98	10,15	123,41
376	362	7,16	2382,00	57,33	-	-	2,76	9,85	36,25	10,15	123,08
377	363	7,20	2385,25	57,47	-	-	2,76	9,85	36,20	10,15	122,78
378	364	7,23	2392,50	57,61	39,76	9,95	2,02	9,85	49,56	10,15	122,43
379	365	7,25	2388,50	57,70	39,76	9,95	2,14	9,85	46,64	10,15	122,03
380	366	7,29	2393,25	57,84	39,76	9,95	2,37	9,84	42,20	10,16	121,66
381	367	7,32	2400,25	57,98	-	-	2,47	9,84	40,41	10,16	121,31
382	368	7,35	2401,75	58,11	-	-	2,47	9,84	40,44	10,16	120,98
383	369	7,39	2406,00	58,25	40,60	10,23	2,41	9,84	41,45	10,16	120,64
384	370	7,42	2408,75	58,38	40,60	10,23	2,56	9,84	39,01	10,17	120,42
385	371	7,46	2410,00	58,52	39,49	9,97	2,60	9,83	38,49	10,17	120,11
386	372	7,49	2408,75	58,65	39,49	9,97	1,93	9,83	51,81	10,17	119,75
387	373	7,52	2404,25	58,79	39,49	9,97	1,88	9,83	53,15	10,17	119,33
388	374	7,56	2405,50	58,92	-	-	1,98	9,83	50,41	10,17	118,92
389	375	7,58	2405,25	59,01	-	-	2,06	9,83	48,66	10,18	118,54
390	376	7,61	2402,75	59,14	-	-	2,09	9,82	47,75	10,18	118,16
391	377	7,65	2404,50	59,27	-	-	2,36	9,82	42,36	10,18	117,84
392	378	7,68	2407,75	59,40	40,40	10,18	2,31	9,82	43,27	10,18	117,62
393	379	7,72	2408,00	59,53	40,40	10,18	1,94	9,82	51,51	10,19	117,25
394	380	7,75	2412,50	59,66	40,40	10,18	1,68	9,82	59,66	10,19	116,82
395	381	7,78	2411,00	59,79	-	-	1,52	9,81	65,83	10,19	116,37
396	382	7,82	2406,25	59,92	-	-	1,44	9,81	69,28	10,19	115,91
397	383	7,85	2403,75	60,05	-	-	1,52	9,81	65,69	10,19	115,45
398	384	7,88	2401,00	60,18	-	-	1,70	9,81	58,78	10,19	115,02
399	385	7,91	2356,00	60,26	-	-	0,00	9,81	181,25	10,20	114,48
400	386	7,94	2376,75	60,39	-	-	0,00	9,80	181,25	10,20	113,79
401	387	7,97	2361,50	60,51	-	-	0,00	9,80	181,25	10,20	113,11
402	388	8,01	2383,00	60,63	-	-	1,03	9,80	96,89	10,20	112,53
403	389	8,04	2348,50	60,75	-	-	1,10	9,80	91,10	10,20	112,02
404	390	8,07	2351,00	60,87	-	-	3,74	9,80	26,72	10,21	111,74
405	391	8,10	2366,75	60,99	-	-	4,53	9,77	22,09	10,23	111,75
406	392	8,14	2393,50	61,11	63,26	15,86	4,49	9,75	22,25	10,25	111,81
407	393	8,17	2418,50	61,23	63,26	15,86	3,84	9,73	26,06	10,28	111,80
408	394	8,20	2433,75	61,36	61,83	15,70	3,05	9,69	32,81	10,32	111,60
409	395	8,24	2440,75	61,48	61,83	15,70	3,28	9,66	30,52	10,35	111,49
410	396	8,27	2452,75	61,61	61,83	15,70	3,43	9,59	29,13	10,42	111,37
411	397	8,31	2462,50	61,74	39,45	10,14	3,41	9,56	29,32	10,46	111,24
412	398	8,34	2475,25	61,86	30,37	7,86	3,01	9,53	33,22	10,50	111,06
413	399	8,38	2488,75	61,99	30,37	7,86	3,00	9,49	33,32	10,54	110,87

414	400	8,40	2496,25	62,08	40,54	10,58	2,78	9,45	35,95	10,58	110,65
415	401	8,43	2510,50	62,21	40,54	10,58	2,90	9,41	34,47	10,62	110,45
416	402	8,47	2519,75	62,34	38,47	10,14	3,05	9,37	32,84	10,67	110,26
417	403	8,51	2533,50	62,47	38,47	10,14	3,14	9,34	31,82	10,71	110,09
418	404	8,54	2540,25	62,60	31,20	8,28	3,16	9,28	31,64	10,78	109,93
419	405	8,58	2548,50	62,73	31,20	8,28	3,12	9,24	32,03	10,82	109,82
420	406	8,61	2559,00	62,86	39,02	10,44	2,64	9,24	37,81	10,82	109,63
421	407	8,65	2562,00	62,99	39,02	10,44	2,04	9,21	49,02	10,86	109,40
422	408	8,68	2554,25	63,12	39,02	10,44	0,00	9,21	181,25	10,86	108,87
423	409	8,72	2535,25	63,25	-	-	0,00	9,21	181,25	10,86	108,21
424	410	8,75	2511,50	63,38	-	-	0,00	9,20	181,25	10,86	107,57
425	411	8,79	2494,00	63,50	-	-	0,00	9,20	181,25	10,87	106,93
426	412	8,82	2478,50	63,62	-	-	0,00	9,20	181,25	10,87	106,29
427	413	8,86	2444,00	63,74	-	-	0,00	9,20	181,25	10,87	105,65
428	414	8,89	2352,75	63,85	-	-	0,00	9,20	181,25	10,87	105,02
429	415	8,92	2333,75	63,96	-	-	0,00	9,20	181,25	10,87	104,39
430	416	8,95	2288,50	64,06	-	-	0,00	9,20	181,25	10,88	103,77
431	417	8,98	2264,75	64,12	-	-	0,00	9,19	181,25	10,88	103,15
432	418	9,01	2240,25	64,22	-	-	0,00	9,19	181,25	10,88	102,53
433	419	9,04	2223,50	64,31	-	-	0,00	9,19	181,25	10,88	101,92
434	420	9,07	2215,25	64,40	-	-	0,00	9,19	181,25	10,88	101,31
435	421	9,10	2219,50	64,49	-	-	1,71	9,19	58,38	10,88	100,85
436	422	9,13	2232,25	64,59	-	-	1,89	9,19	52,94	10,89	100,55
437	423	9,16	2241,50	64,68	39,33	9,19	1,23	9,18	81,29	10,89	100,19
438	424	9,19	2237,25	64,77	39,33	9,19	0,00	9,18	181,25	10,89	99,59
439	425	9,22	2191,50	64,86	39,33	9,19	0,00	9,18	181,25	10,89	99,19
440	426	9,25	2172,00	64,94	-	-	0,00	9,18	181,25	10,89	98,60
441	427	9,28	2189,25	65,03	-	-	2,74	9,18	36,43	10,90	98,33
442	428	9,31	2211,75	65,11	31,62	7,29	3,68	9,15	27,17	10,93	98,29
443	429	9,34	2231,00	65,20	64,56	15,08	2,22	9,13	45,08	10,96	98,09
444	430	9,37	2239,75	65,29	64,56	15,08	1,68	9,13	59,44	10,96	97,91
445	431	9,40	2254,75	65,38	40,57	9,58	1,53	9,12	65,49	10,96	97,43
446	432	9,43	2248,25	65,47	40,57	9,58	0,00	9,12	181,25	10,96	97,08
447	433	9,47	2243,50	65,56	40,57	9,58	0,00	9,12	181,25	10,96	96,50
448	434	9,50	2251,25	65,65	-	-	3,70	9,12	27,04	10,97	96,32
449	435	9,53	2267,50	65,74	39,14	9,26	2,03	9,10	49,22	10,99	96,25
450	436	9,56	2298,25	65,83	39,38	9,40	5,97	9,09	16,74	11,00	96,48
451	437	9,59	2339,25	65,90	78,15	18,93	6,49	9,08	15,40	11,01	96,94
452	438	9,62	2378,75	66,00	79,71	19,65	3,73	9,08	26,81	11,02	97,21
453	439	9,65	2400,25	66,10	78,84	19,71	6,10	9,07	16,39	11,03	97,55
454	440	9,69	2437,75	66,20	79,35	20,14	6,37	9,06	15,70	11,04	97,83
455	441	9,72	2468,00	66,31	39,47	10,16	5,83	9,05	17,15	11,05	98,19
456	442	9,76	2490,25	66,42	39,67	10,32	4,66	9,04	21,44	11,06	98,38
457	443	9,79	2512,00	66,53	40,14	10,52	4,51	9,03	22,20	11,08	98,54
458	444	9,83	2534,50	66,64	80,43	21,28	6,01	9,02	16,64	11,09	98,89
459	445	9,86	2549,50	66,75	30,90	8,25	4,79	9,01	20,89	11,10	99,14
460	446	9,90	2544,50	66,87	30,90	8,25	2,29	8,99	43,68	11,13	99,08

461	447	9,93	2536,25	66,98	30,90	8,25	3,04	8,96	32,88	11,16	98,96
462	448	9,96	2531,75	67,05	30,90	8,25	2,51	8,93	39,79	11,20	98,79
463	449	10,00	2530,00	67,17	-	-	2,94	8,90	33,98	11,24	98,70
464	450	10,03	2525,25	67,28	-	-	2,57	8,89	38,97	11,24	98,55
465	451	10,07	2514,50	67,38	-	-	1,40	8,89	71,22	11,24	98,27
466	452	10,10	2497,75	67,49	-	-	2,31	8,89	43,34	11,25	98,01
467	453	10,14	2487,75	67,60	-	-	2,21	8,89	45,18	11,25	97,79
468	454	10,17	2474,25	67,70	-	-	1,50	8,89	66,61	11,25	97,48
469	455	10,21	2457,25	67,80	-	-	1,16	8,89	86,08	11,25	97,08
470	456	10,23	2416,75	67,87	-	-	1,10	8,89	90,56	11,25	96,69
471	457	10,27	2411,00	67,96	-	-	0,00	8,88	181,25	11,26	96,11
472	458	10,30	2389,00	68,06	-	-	2,34	8,88	42,74	11,26	95,94
473	459	10,34	2371,25	68,15	-	-	1,37	8,88	72,75	11,26	95,67
474	460	10,37	2356,25	68,24	-	-	1,22	8,88	81,85	11,26	95,29
475	461	10,40	2341,25	68,33	-	-	2,56	8,88	39,04	11,26	95,09
476	462	10,42	2347,25	68,39	-	-	5,35	8,87	18,69	11,28	95,28
477	463	10,46	2352,75	68,48	38,33	9,43	3,70	8,85	27,05	11,30	95,32
478	464	10,49	2361,50	68,57	38,33	9,43	4,84	8,83	20,66	11,33	95,43
479	465	10,53	2362,25	68,65	38,33	9,43	4,31	8,81	23,18	11,35	95,51
480	466	10,56	2353,75	68,74	-	-	1,52	8,78	65,97	11,38	95,25
481	467	10,59	2334,75	68,83	-	-	2,91	8,78	34,41	11,39	95,09
482	468	10,62	2359,00	68,91	-	-	0,00	8,78	181,25	11,39	94,60
483	469	10,66	2304,25	69,00	-	-	1,91	8,78	52,24	11,39	94,33
484	470	10,69	2300,75	69,08	-	-	3,69	8,76	27,10	11,42	94,24
485	471	10,72	2298,50	69,16	-	-	0,60	8,76	165,61	11,42	94,04
486	472	10,75	2256,50	69,24	-	-	0,00	8,76	181,25	11,42	93,48
487	473	10,78	2247,25	69,31	-	-	3,31	8,75	30,17	11,42	93,18
488	474	10,80	2250,75	69,36	-	-	3,14	8,71	31,85	11,48	93,18
489	475	10,84	2256,25	69,44	-	-	3,33	8,71	30,05	11,48	93,14
490	476	10,87	2256,00	69,52	-	-	3,62	8,69	27,66	11,51	93,15
491	477	10,90	2267,75	69,59	-	-	5,72	8,68	17,49	11,52	93,35
492	478	10,93	2289,25	69,67	40,80	9,74	5,50	8,67	18,19	11,53	93,67
493	479	10,96	2312,50	69,75	60,69	14,70	6,19	8,67	16,16	11,54	94,07
494	480	10,99	2335,50	69,83	60,69	14,70	5,93	8,66	16,85	11,55	94,33
495	481	11,03	2358,00	69,91	61,24	15,03	4,76	8,65	20,99	11,56	94,71
496	482	11,06	2378,25	70,00	30,71	7,63	4,88	8,64	20,48	11,57	94,84
497	483	11,09	2390,25	70,09	40,53	10,12	3,63	8,62	27,55	11,60	94,93
498	484	11,13	2400,25	70,17	40,53	10,12	5,18	8,61	19,29	11,61	95,14
499	485	11,16	2411,75	70,26	30,53	7,71	4,15	8,60	24,10	11,63	95,24
500	486	11,19	2418,50	70,35	30,53	7,71	4,28	8,58	23,37	11,65	95,36
501	487	11,23	2425,75	70,44	30,53	7,71	4,64	8,57	21,53	11,67	95,52
502	488	11,26	2415,50	70,52	38,51	9,78	1,10	8,56	90,82	11,68	95,41
503	489	11,29	2404,75	70,58	38,51	9,78	2,33	8,56	42,91	11,68	95,08
504	490	11,32	2403,50	70,67	38,51	9,78	0,00	8,56	181,25	11,68	94,85
505	491	11,35	2375,75	70,75	-	-	2,73	8,56	36,69	11,69	94,43
506	492	11,38	2380,25	70,83	-	-	5,29	8,55	18,92	11,70	94,67
507	493	11,42	2393,50	70,91	40,39	10,12	3,55	8,53	28,18	11,72	94,80

508	494	11,45	2408,75	71,00	40,60	10,24	6,29	8,53	15,90	11,73	95,14
509	495	11,48	2418,50	71,08	40,60	10,24	5,51	8,52	18,14	11,74	95,22
510	496	11,52	2435,50	71,17	38,73	9,88	5,89	8,51	16,98	11,75	95,46
511	497	11,56	2429,75	71,26	38,73	9,88	1,12	8,51	88,95	11,75	95,26
512	498	11,58	2420,25	71,31	38,73	9,88	2,08	8,51	48,18	11,75	94,92
513	499	11,61	2424,50	71,40	38,73	9,88	4,77	8,49	20,96	11,78	95,11
514	500	11,65	2431,25	71,48	38,64	9,81	3,88	8,47	25,78	11,80	95,24
515	501	11,68	2424,25	71,56	38,64	9,81	4,37	8,47	22,89	11,80	95,26
516	502	11,72	2433,75	71,65	32,92	8,39	4,15	8,44	24,12	11,84	95,38
517	503	11,75	2437,50	71,71	32,92	8,39	4,16	8,42	24,05	11,87	95,36
518	504	11,78	2440,00	71,79	32,92	8,39	3,14	8,39	31,85	11,92	95,39
519	505	11,82	2446,75	71,87	-	-	4,20	8,38	23,82	11,94	95,45
520	506	11,85	2443,50	71,96	-	-	2,51	8,35	39,88	11,97	95,36
521	507	11,89	2452,25	72,04	38,25	9,82	5,04	8,33	19,85	12,00	95,50
522	508	11,92	2458,00	72,13	38,25	9,82	4,37	8,32	22,90	12,02	95,51
523	509	11,95	2472,00	72,21	38,25	9,82	5,04	8,31	19,84	12,03	95,75
524	510	11,99	2480,75	72,30	40,97	10,62	3,26	8,29	30,66	12,06	95,81
525	511	12,02	2475,25	72,38	40,97	10,62	0,64	8,29	156,34	12,06	95,60
526	512	12,05	2432,75	72,44	40,97	10,62	0,00	8,29	181,25	12,06	95,03
527	513	12,09	2435,00	72,55	-	-	3,67	8,29	27,25	12,06	94,91
528	514	12,11	2432,50	72,60	39,69	10,16	2,19	8,28	45,66	12,07	95,01
529	515	12,15	2443,75	72,68	39,69	10,16	2,55	8,28	39,22	12,08	94,71
530	516	12,18	2445,50	72,76	39,69	10,16	3,38	8,26	29,55	12,10	94,67
531	517	12,22	2454,75	72,85	40,31	10,36	3,14	8,24	31,84	12,13	94,61
532	518	12,25	2464,50	72,93	40,31	10,36	3,74	8,23	26,72	12,15	94,63
533	519	12,29	2470,75	73,01	40,31	10,36	3,54	8,21	28,24	12,18	94,55
534	520	12,32	2478,25	73,10	30,39	7,87	3,59	8,19	27,86	12,20	94,53
535	521	12,36	2485,50	73,18	30,39	7,87	4,52	8,18	22,11	12,22	94,60
536	522	12,39	2490,25	73,26	33,09	8,63	2,91	8,17	34,33	12,24	94,57
537	523	12,43	2497,75	73,35	33,09	8,63	3,52	8,13	28,43	12,29	94,53
538	524	12,46	2500,75	73,43	33,09	8,63	3,47	8,12	28,85	12,32	94,55
539	525	12,49	2496,25	73,51	-	-	2,40	8,12	41,66	12,32	94,41
540	526	12,52	2496,50	73,57	-	-	3,74	8,10	26,72	12,34	94,38
541	527	12,56	2498,75	73,65	-	-	4,13	8,09	24,23	12,36	94,42
542	528	12,59	2503,75	73,73	-	-	4,35	8,07	22,97	12,39	94,56
543	529	12,63	2506,75	73,82	-	-	4,15	8,06	24,08	12,41	94,61
544	530	12,66	2507,00	73,90	37,86	9,95	3,57	8,05	28,04	12,42	94,68
545	531	12,70	2484,75	73,98	37,86	9,95	3,41	8,03	29,29	12,45	94,59
546	532	12,73	2466,75	74,06	37,86	9,95	0,00	8,03	181,25	12,45	94,08
547	533	12,77	2440,50	74,14	-	-	1,96	8,03	51,06	12,45	93,65
548	534	12,79	2435,25	74,19	-	-	2,56	8,03	39,07	12,46	93,50
549	535	12,82	2422,50	74,27	-	-	2,63	8,03	38,08	12,46	93,35
550	536	12,86	2414,50	74,34	-	-	2,76	8,03	36,25	12,46	93,21
551	537	12,89	2415,75	74,41	-	-	4,01	8,00	24,91	12,50	93,26
552	538	12,93	2420,00	74,49	-	-	4,44	7,99	22,52	12,52	93,30
553	539	12,96	2425,25	74,56	38,93	9,89	4,77	7,98	20,97	12,53	93,43
554	540	12,99	2428,75	74,64	38,93	9,89	3,54	7,97	28,29	12,55	93,48

555	541	13,03	2425,50	74,71	38,93	9,89	3,34	7,95	29,95	12,57	93,44
556	542	13,06	2398,00	74,78	-	-	0,00	7,95	181,25	12,58	93,01
557	543	13,09	2370,50	74,85	-	-	0,00	7,95	181,25	12,58	92,45
558	544	13,13	2358,25	74,92	-	-	3,34	7,94	29,90	12,60	92,23
559	545	13,16	2363,50	74,98	-	-	4,48	7,93	22,31	12,62	92,32
560	546	13,19	2370,50	75,05	40,12	9,93	1,74	7,93	57,46	12,62	92,34
561	547	13,23	2356,25	75,12	40,12	9,93	3,36	7,92	29,75	12,62	92,14
562	548	13,25	2369,50	75,16	40,12	9,93	5,18	7,91	19,29	12,65	92,31
563	549	13,28	2369,75	75,23	38,16	9,47	2,25	7,89	44,42	12,68	92,35
564	550	13,32	2370,25	75,30	38,16	9,47	3,36	7,89	29,79	12,68	92,24
565	551	13,35	2379,25	75,36	38,16	9,47	4,87	7,87	20,55	12,71	92,40
566	552	13,39	2385,00	75,43	-	-	3,52	7,85	28,38	12,73	92,43
567	553	13,42	2388,25	75,50	31,31	7,83	3,59	7,84	27,88	12,75	92,47
568	554	13,45	2394,25	75,57	31,31	7,83	3,68	7,83	27,18	12,77	92,50
569	555	13,48	2398,25	75,61	31,31	7,83	4,11	7,82	24,35	12,79	92,59
570	556	13,51	2401,00	75,68	-	-	3,35	7,81	29,86	12,80	92,64
571	557	13,54	2396,50	75,75	-	-	2,03	7,80	49,18	12,83	92,50
572	558	13,58	2394,25	75,82	-	-	3,26	7,79	30,71	12,83	92,44
573	559	13,61	2397,25	75,88	-	-	4,63	7,78	21,62	12,85	92,54
574	560	13,65	2405,00	75,95	-	-	3,53	7,77	28,34	12,88	92,70
575	561	13,68	2422,00	76,02	38,51	9,73	6,36	7,76	15,72	12,88	93,07
576	562	13,70	2435,25	76,07	41,09	10,46	5,97	7,76	16,76	12,89	93,48
577	563	13,74	2427,00	76,14	41,09	10,46	2,44	7,76	41,06	12,89	93,67
578	564	13,77	2426,25	76,21	41,09	10,46	2,79	7,76	35,81	12,89	93,44
579	565	13,81	2426,00	76,27	-	-	5,43	7,75	18,43	12,90	93,62
580	566	13,84	2435,50	76,34	-	-	5,71	7,75	17,52	12,91	93,98
581	567	13,87	2434,00	76,41	-	-	2,93	7,74	34,09	12,92	94,09
582	568	13,91	2424,75	76,48	-	-	3,70	7,72	27,04	12,95	94,02
583	569	13,94	2413,75	76,55	-	-	4,77	7,71	20,95	12,97	94,13
584	570	13,98	2406,00	76,61	-	-	3,95	7,70	25,29	12,98	94,17
585	571	14,01	2399,50	76,68	-	-	3,98	7,69	25,12	13,00	94,23
586	572	14,04	2396,50	76,74	-	-	4,85	7,69	20,61	13,01	94,36
587	573	14,08	2399,25	76,81	-	-	5,50	7,68	18,19	13,02	94,67
588	574	14,10	2404,50	76,85	-	-	5,17	7,68	19,34	13,03	94,94
589	575	14,13	2406,75	76,91	41,16	10,37	5,06	7,67	19,77	13,03	95,18
590	576	14,17	2402,50	76,98	41,16	10,37	3,66	7,67	27,35	13,04	95,27
591	577	14,20	2394,00	77,04	41,16	10,37	4,18	7,66	23,94	13,06	95,36
592	578	14,23	2390,50	77,10	41,16	10,37	3,28	7,64	30,51	13,10	95,39
593	579	14,27	2379,00	77,17	-	-	1,60	7,63	62,62	13,10	95,19
594	580	14,30	2327,75	77,23	-	-	0,00	7,63	181,25	13,10	94,62
595	581	14,33	2230,00	77,28	-	-	0,00	7,63	181,25	13,10	94,24
596	582	14,36	2199,00	77,33	-	-	2,04	7,63	49,13	13,10	93,89
597	583	14,39	2189,50	77,37	-	-	3,42	7,63	29,24	13,10	93,69
598	584	14,42	2186,00	77,42	-	-	5,99	7,62	16,69	13,12	93,91
599	585	14,46	2203,25	77,47	38,96	8,99	7,31	7,62	13,68	13,13	94,43
600	586	14,49	2228,75	77,52	38,29	8,94	7,08	7,62	14,12	13,13	95,01
601	587	14,51	2253,25	77,55	40,32	9,51	7,07	7,62	14,14	13,13	95,56

602	588	14,54	2277,00	77,60	40,32	9,51	6,13	7,62	16,31	13,13	96,04
603	589	14,57	2276,00	77,65	40,22	9,59	1,09	7,61	91,89	13,14	95,97
604	590	14,60	2241,75	77,71	40,22	9,59	0,00	7,61	181,25	13,14	95,59
605	591	14,64	2215,00	77,75	40,22	9,59	4,16	7,60	24,02	13,15	95,30
606	592	14,67	2223,00	77,80	-	-	6,59	7,60	15,17	13,16	95,75
607	593	14,70	2242,00	77,85	40,75	9,51	6,99	7,60	14,30	13,16	96,28
608	594	14,73	2259,75	77,90	40,01	9,43	5,34	7,60	18,74	13,16	96,70
609	595	14,76	2268,00	77,95	40,01	9,43	4,57	7,59	21,88	13,18	96,79
610	596	14,79	2274,25	78,00	41,10	9,74	5,16	7,58	19,37	13,19	97,00
611	597	14,83	2278,75	78,05	41,10	9,74	5,05	7,58	19,80	13,20	97,24
612	598	14,85	2277,75	78,09	41,10	9,74	3,65	7,57	27,40	13,21	97,34
613	599	14,88	2279,25	78,14	-	-	5,08	7,56	19,68	13,22	97,47
614	600	14,91	2287,00	78,19	-	-	5,22	7,56	19,17	13,23	97,71
615	601	14,94	2290,00	78,24	40,77	9,78	5,25	7,56	19,04	13,23	97,96
616	602	14,97	2298,25	78,29	40,77	9,78	5,30	7,55	18,86	13,24	98,21
617	603	15,00	2303,75	78,34	40,77	9,78	5,81	7,55	17,20	13,25	98,52
618	604	15,04	2309,50	78,40	-	-	5,66	7,54	17,68	13,26	98,83
619	605	15,07	2314,25	78,45	38,91	9,41	4,75	7,54	21,05	13,27	98,94
620	606	15,10	2305,50	78,50	38,91	9,41	3,40	7,52	29,45	13,29	98,91
621	607	15,13	2304,75	78,55	38,91	9,41	5,51	7,52	18,16	13,30	99,11
622	608	15,17	2317,25	78,61	-	-	7,11	7,52	14,07	13,30	99,51
623	609	15,20	2329,50	78,66	38,91	9,48	6,49	7,52	15,40	13,31	99,97
624	610	15,23	2337,50	78,71	38,91	9,48	5,04	7,51	19,82	13,31	100,23
625	611	15,26	2342,50	78,75	38,91	9,48	5,01	7,51	19,95	13,32	100,42
626	612	15,29	2345,25	78,80	-	-	5,04	7,50	19,85	13,33	100,62
627	613	15,33	2346,75	78,87	-	-	5,17	7,50	19,34	13,34	100,83
628	614	15,35	2345,75	78,91	31,02	7,62	5,05	7,49	19,82	13,35	101,02
629	615	15,39	2349,50	78,97	31,02	7,62	4,75	7,49	21,07	13,35	101,22
630	616	15,42	2349,25	79,02	31,02	7,62	4,97	7,48	20,13	13,36	101,39
631	617	15,45	2352,25	79,07	-	-	6,79	7,48	14,72	13,37	101,67
632	618	15,48	2361,00	79,13	-	-	6,53	7,48	15,31	13,38	102,12
633	619	15,52	2367,75	79,18	30,43	7,54	5,00	7,47	19,99	13,38	102,27
634	620	15,55	2372,00	79,24	30,43	7,54	5,56	7,47	17,97	13,39	102,51
635	621	15,59	2376,00	79,29	30,43	7,54	5,26	7,46	19,03	13,40	102,73
636	622	15,61	2381,50	79,33	-	-	5,12	7,46	19,54	13,41	102,94
637	623	15,64	2383,00	79,38	-	-	5,18	7,45	19,30	13,42	103,16
638	624	15,68	2381,75	79,44	-	-	3,06	7,44	32,64	13,45	103,23
639	625	15,71	2368,50	79,49	-	-	3,03	7,42	33,04	13,47	103,15
640	626	15,74	2342,50	79,55	-	-	1,13	7,42	88,64	13,48	102,80
641	627	15,78	2280,00	79,60	-	-	0,78	7,42	128,07	13,48	102,49
642	628	15,81	2289,00	79,64	-	-	4,13	7,41	24,22	13,49	102,22
643	629	15,84	2284,50	79,69	-	-	5,02	7,41	19,92	13,50	102,38
644	630	15,87	2286,50	79,74	-	-	4,89	7,40	20,47	13,51	102,55
645	631	15,90	2286,75	79,79	31,11	7,44	4,88	7,40	20,48	13,52	102,71
646	632	15,93	2293,00	79,82	31,11	7,44	5,17	7,39	19,35	13,52	102,89
647	633	15,96	2298,00	79,86	31,11	7,44	5,36	7,39	18,64	13,53	103,11
648	634	15,99	2301,25	79,91	-	-	5,32	7,38	18,81	13,54	103,33

649	635	16,02	2305,00	79,96	-	-	5,24	7,38	19,08	13,55	103,55
650	636	16,06	2310,75	80,01	40,30	9,75	5,27	7,38	18,96	13,56	103,70
651	637	16,09	2310,00	80,06	40,30	9,75	4,06	7,37	24,66	13,57	103,82
652	638	16,12	2299,50	80,10	40,30	9,75	0,66	7,37	151,32	13,57	103,48
653	639	16,15	2249,25	80,15	-	-	0,00	7,37	181,25	13,57	102,86
654	640	16,18	2235,75	80,19	-	-	5,39	7,37	18,56	13,57	102,65
655	641	16,21	2250,50	80,23	39,82	9,39	8,76	7,37	11,41	13,57	103,20
656	642	16,25	2290,00	80,28	82,15	19,70	10,61	7,37	9,43	13,57	104,15
657	643	16,28	2310,00	80,33	40,28	9,74	7,73	7,37	12,94	13,57	104,75
658	644	16,30	2336,25	80,36	40,28	9,74	8,84	7,37	11,31	13,57	105,50
659	645	16,34	2365,50	80,42	37,84	9,26	8,90	7,37	11,23	13,57	106,28
660	646	16,37	2383,75	80,46	61,89	15,40	5,10	7,37	19,59	13,57	106,79
661	647	16,41	2352,75	80,53	61,89	15,40	0,00	7,37	181,25	13,58	106,23
662	648	16,43	2315,50	80,56	61,89	15,40	0,00	7,37	181,25	13,58	105,59
663	649	16,46	2291,00	80,60	-	-	0,00	7,36	181,25	13,58	104,96
664	650	16,50	2227,25	80,65	-	-	0,00	7,36	181,25	13,58	104,34
665	651	16,53	2210,50	80,68	-	-	5,74	7,36	17,41	13,58	104,26
666	652	16,56	2198,00	80,72	-	-	0,81	7,35	25,45	13,60	104,18
667	653	16,59	2171,00	80,76	-	-	0,00	7,35	181,25	13,60	103,60
668	654	16,62	2108,00	80,80	-	-	0,00	7,35	181,25	13,60	102,98
669	655	16,65	1973,50	80,82	-	-	0,00	7,35	181,25	13,60	102,37
670	656	16,67	1918,50	80,84	-	-	0,00	7,35	181,25	13,61	101,76
671	657	16,70	1843,75	80,85	-	-	0,00	7,35	181,25	13,61	101,15
672	658	16,72	1796,50	80,87	-	-	0,00	7,35	181,25	13,61	100,54
673	659	16,75	1752,25	80,87	-	-	0,00	7,35	181,25	13,61	99,94
674	660	16,77	1726,25	80,88	-	-	0,00	7,35	181,25	13,61	99,39
675	661	16,79	1628,75	80,88	-	-	0,00	7,34	181,25	13,62	98,80
676	662	16,81	1501,00	80,87	-	-	0,00	7,34	181,25	13,62	98,21
677	663	16,83	1352,00	80,85	-	-	0,00	7,34	181,25	13,62	97,82
678	664	16,85	1252,00	80,83	-	-	0,00	7,34	181,25	13,62	97,23
679	665	16,87	1566,75	80,80	-	-	1,53	7,34	65,20	13,62	96,77
680	666	16,89	1616,25	80,77	29,69	4,97	7,91	7,34	12,65	13,62	97,36
681	667	16,90	1686,00	80,75	60,15	10,45	8,82	7,34	11,34	13,62	98,14
682	668	16,92	1730,50	80,72	72,80	13,19	5,46	7,34	18,33	13,62	98,57
683	669	16,93	1752,75	80,71	72,80	13,19	2,79	7,33	35,80	13,64	98,61
684	670	16,95	1695,50	80,69	30,34	5,57	0,00	7,33	181,25	13,64	98,13
685	671	16,97	1693,00	80,66	30,34	5,57	0,00	7,33	181,25	13,64	97,74
686	672	16,99	1642,25	80,64	30,34	5,57	0,00	7,33	181,25	13,64	97,16
687	673	17,01	1571,00	80,61	-	-	0,00	7,33	181,25	13,64	96,58
688	674	17,02	1507,50	80,58	-	-	0,00	7,33	181,25	13,64	96,00
689	675	17,04	1393,00	80,54	-	-	0,00	7,33	181,25	13,65	95,42
690	676	17,05	905,00	80,51	-	-	0,84	7,33	119,24	13,65	94,90
691	677	17,06	901,00	80,46	-	-	0,89	7,33	112,89	13,65	94,45
692	678	17,07	901,00	80,41	-	-	0,91	7,32	110,33	13,65	94,03
693	679	17,08	888,25	80,35	-	-	1,02	7,32	97,59	13,65	93,63
694	680	17,09	882,00	80,29	-	-	3,78	7,32	26,48	13,66	93,38
695	681	17,10	1339,75	80,23	-	-	10,73	7,33	9,32	13,65	94,14

696	682	17,11	1457,75	80,17	58,10	8,59	12,05	7,33	8,30	13,64	95,40
697	683	17,13	1599,75	80,11	81,36	13,17	11,79	7,33	8,48	13,63	96,79
698	684	17,13	1821,50	80,08	101,23	18,44	15,58	7,34	6,42	13,63	98,52
699	685	17,15	2039,75	80,03	134,71	28,78	12,62	7,34	7,92	13,62	100,14
700	686	17,16	1516,50	80,00	134,71	28,78	0,00	7,34	181,25	13,62	99,92
701	687	17,18	897,00	79,97	27,60	4,38	0,00	7,34	181,25	13,62	99,32
702	688	17,19	901,75	79,94	37,81	3,60	0,00	7,34	181,25	13,62	98,73
703	689	17,21	882,75	79,90	37,81	3,60	0,61	7,34	163,81	13,63	98,40
704	690	17,22	874,75	79,86	37,81	3,60	0,69	7,34	145,57	13,63	97,91
705	691	17,24	869,75	79,82	-	-	0,78	7,34	128,09	13,63	97,44
706	692	17,25	869,50	79,77	-	-	0,86	7,34	116,75	13,63	96,99
707	693	17,26	865,00	79,74	-	-	0,97	7,33	103,17	13,63	96,56
708	694	17,27	870,25	79,68	-	-	1,16	7,33	85,90	13,64	96,16
709	695	17,28	869,00	79,61	-	-	1,47	7,33	68,21	13,64	95,80
710	696	17,28	874,75	79,54	-	-	1,96	7,33	50,93	13,64	95,51
711	697	17,29	871,25	79,45	-	-	2,83	7,32	35,34	13,66	95,32
712	698	17,29	869,50	79,36	-	-	4,78	7,31	20,94	13,67	95,32
713	699	17,29	880,00	79,26	-	-	21,49	7,32	4,65	13,66	95,32
714	700	17,29	823,75	79,15	-	-	-	7,32	0,00	13,66	95,32
715	701	17,29	814,75	79,05	-	-	-	7,32	0,00	13,66	95,32
716	702	17,29	827,25	78,98	-	-	-	7,32	0,00	13,66	95,32
717	703	17,29	825,00	78,88	-	-	-	7,32	0,00	13,66	95,32
718	704	17,29	827,00	78,78	-	-	-	7,32	0,00	13,66	95,32
719	705	17,29	825,25	78,67	-	-	-	7,32	0,00	13,66	95,32
720	706	17,29	827,25	78,57	-	-	-	7,32	0,00	13,66	95,32
721	707	17,29	823,00	78,47	-	-	-	7,32	0,00	13,66	95,32
722	708	17,29	829,75	78,40	-	-	-	7,32	0,00	13,65	95,32
723	709	17,29	826,50	78,30	-	-	-	7,32	0,00	13,65	95,32
724	710	17,29	787,25	78,20	-	-	-	7,32	0,00	13,65	95,32
725	711	17,29	1840,00	78,10	6,59	1,27	463,77	7,32	0,22	13,65	95,32
726	712	17,30	1795,25	78,01	6,59	1,27	28,53	7,33	3,51	13,64	95,32
727	713	17,30	1990,75	77,93	50,04	7,64	32,00	7,34	3,12	13,63	96,82
728	714	17,30	1587,00	77,85	38,79	7,32	5,12	7,34	19,55	13,63	96,51
729	715	17,31	1276,25	77,80	38,79	7,32	9,62	7,34	10,40	13,62	97,61
730	716	17,31	1403,25	77,73	24,43	3,42	8,58	7,34	11,65	13,62	98,68
731	717	17,32	1500,75	77,65	23,64	3,61	12,08	7,35	8,27	13,61	99,86
732	718	17,33	1657,75	77,59	24,02	4,04	10,07	7,35	9,93	13,60	100,95
733	719	17,33	1900,50	77,52	36,84	6,90	20,39	7,36	4,90	13,59	102,41
734	720	17,34	1871,75	77,46	60,49	13,17	0,00	7,36	181,25	13,59	103,50
735	721	17,35	993,25	77,40	60,49	13,17	0,00	7,36	181,25	13,59	102,88
736	722	17,36	913,25	77,34	60,49	13,17	0,88	7,36	113,03	13,59	102,41
737	723	17,37	888,75	77,28	-	-	1,05	7,36	95,68	13,59	101,96
738	724	17,38	877,25	77,22	-	-	1,25	7,36	79,84	13,60	101,53
739	725	17,38	868,75	77,16	-	-	1,40	7,35	71,24	13,60	101,13
740	726	17,39	866,00	77,09	-	-	1,61	7,35	62,24	13,60	100,77
741	727	17,40	871,75	77,02	-	-	1,70	7,35	58,85	13,60	100,43
742	728	17,40	871,75	76,95	-	-	2,01	7,35	49,85	13,60	100,13

743	729	17,41	880,00	76,90	-	-	2,01	7,35	49,67	13,60	99,87
744	730	17,41	1427,25	76,82	-	-	22,82	7,34	4,38	13,62	101,40
745	731	17,42	1400,50	76,75	10,17	1,56	6,55	7,35	15,27	13,61	103,19
746	732	17,42	1435,25	76,68	38,64	5,56	2,56	7,34	39,02	13,61	102,92
747	733	17,43	1438,75	76,61	38,64	5,56	14,21	7,34	7,04	13,62	104,06
748	734	17,44	1163,00	76,54	24,28	3,75	0,00	7,35	181,25	13,61	104,44
749	735	17,44	896,75	76,47	24,28	3,75	1,52	7,35	65,63	13,61	103,99
750	736	17,45	885,25	76,40	24,28	3,75	2,53	7,35	39,56	13,61	103,66
751	737	17,45	1282,25	76,33	-	-	9,33	7,35	10,72	13,61	104,11
752	738	17,46	1401,00	76,26	18,87	2,73	8,82	7,35	11,33	13,61	105,12
753	739	17,47	1386,50	76,19	18,87	2,73	4,64	7,34	21,57	13,62	105,07
754	740	17,47	1455,00	76,12	18,87	2,73	15,80	7,35	6,33	13,61	106,29
755	741	17,48	1700,50	76,06	19,01	3,02	19,72	7,35	5,07	13,60	108,74
756	742	17,49	1693,50	76,00	64,93	12,16	0,00	7,35	181,25	13,60	109,68
757	743	17,49	1190,50	75,96	17,18	2,48	6,44	7,35	15,52	13,60	109,42
758	744	17,50	1188,00	75,89	16,32	2,02	0,68	7,35	147,18	13,60	109,65
759	745	17,51	1141,75	75,83	16,32	2,02	0,00	7,35	181,25	13,60	109,00
760	746	17,52	1159,00	75,77	20,54	2,49	8,42	7,35	11,88	13,61	109,19
761	747	17,52	1236,75	75,73	64,10	2,49	10,09	7,35	9,91	13,61	110,10
762	748	17,53	1334,25	75,68	64,10	8,30	7,44	7,35	13,44	13,60	110,90
763	749	17,54	1059,00	75,63	40,72	5,69	0,00	7,35	181,25	13,60	110,79
764	750	17,55	895,75	75,58	27,21	3,02	0,89	7,35	112,75	13,61	110,21
765	751	17,56	913,50	75,52	27,21	3,02	1,12	7,35	89,39	13,61	109,88
766	752	17,57	889,75	75,46	27,21	3,02	1,43	7,35	70,10	13,61	109,42
767	753	17,58	871,25	75,39	-	-	1,80	7,35	55,69	13,61	109,04
768	754	17,58	866,25	75,32	-	-	2,66	7,35	37,60	13,61	108,76
769	755	17,58	873,50	75,26	-	-	5,18	7,34	19,30	13,63	108,76
770	756	17,58	873,50	75,15	-	-	9,71	7,34	10,30	13,62	108,76
771	757	17,58	872,00	75,09	-	-	19,53	7,34	5,12	13,62	108,76
772	758	17,58	814,25	75,00	-	-	-	7,34	0,00	13,62	108,76
773	759	17,58	1532,25	74,91	-	-	-	7,34	0,00	13,62	108,76
774	760	17,58	2157,00	74,82	-	-	269,33	7,34	0,37	13,62	108,76
775	761	17,59	2264,75	74,73	1,53	0,35	169,20	7,35	0,59	13,60	108,76
776	762	17,59	1984,00	74,65	4,93	1,26	19,10	7,36	5,24	13,59	108,76
777	763	17,59	1907,25	74,57	57,96	10,83	18,00	7,36	5,56	13,58	110,10
778	764	17,60	2017,75	74,51	19,26	4,03	9,56	7,37	10,46	13,57	111,68
779	765	17,60	1852,75	74,44	19,26	4,03	23,40	7,37	4,27	13,57	112,25
780	766	17,61	1417,75	74,37	10,43	1,49	19,20	7,37	5,21	13,57	114,66
781	767	17,61	1660,00	74,31	60,86	9,68	9,08	7,38	11,01	13,56	116,34
782	768	17,62	1740,50	74,25	28,36	5,14	4,61	7,37	21,67	13,56	116,48
783	769	17,63	979,00	74,19	28,36	5,14	0,00	7,37	181,25	13,56	115,78
784	770	17,63	911,75	74,15	28,36	5,14	1,25	7,37	80,30	13,57	115,29
785	771	17,64	906,75	74,07	-	-	1,44	7,37	69,35	13,57	114,82
786	772	17,65	905,50	74,01	-	-	1,58	7,37	63,31	13,57	114,38
787	773	17,65	903,50	73,97	-	-	1,62	7,37	61,71	13,57	113,95
788	774	17,66	893,00	73,90	-	-	1,67	7,37	60,05	13,57	113,53
789	775	17,66	880,25	73,84	-	-	2,07	7,37	48,23	13,57	113,15

790	776	17,67	869,50	73,77	-	-	2,75	7,37	36,42	13,57	112,87
791	777	17,67	869,00	73,69	-	-	3,89	7,36	25,68	13,59	112,87
792	778	17,67	878,75	73,62	-	-	4,64	7,36	21,56	13,59	112,87
793	779	17,67	874,25	73,54	-	-	7,36	7,36	13,59	13,59	112,87
794	780	17,68	848,75	73,45	-	-	18,07	7,36	5,53	13,59	112,87
795	781	17,68	875,50	73,37	-	-	18,30	7,36	5,46	13,58	112,87
796	782	17,68	781,25	73,28	-	-	-	7,37	0,00	13,57	112,87
797	783	17,68	836,75	73,19	-	-	-	7,37	0,00	13,57	112,87
798	784	17,68	830,50	73,11	-	-	-	7,37	0,00	13,57	112,87
799	785	17,68	818,00	73,02	-	-	-	7,37	0,00	13,57	112,87
800	786	17,68	821,25	72,96	-	-	-	7,37	0,00	13,57	112,87
801	787	17,68	824,00	72,88	-	-	-	7,37	0,00	13,57	112,87
802	788	17,68	820,75	72,79	-	-	-	7,37	0,00	13,56	112,87
803	789	17,68	824,00	72,71	-	-	-	7,37	0,00	13,56	112,87
804	790	17,68	826,50	72,62	-	-	-	7,37	0,00	13,56	112,87
805	791	17,68	828,50	72,53	-	-	-	7,37	0,00	13,56	112,87
806	792	17,68	827,00	72,45	-	-	-	7,37	0,00	13,56	112,87
807	793	17,68	824,50	72,36	-	-	-	7,37	0,00	13,56	112,87
808	794	17,68	824,50	72,28	-	-	-	7,37	0,00	13,56	112,87
809	795	17,68	826,00	72,20	-	-	-	7,37	0,00	13,56	112,87
810	796	17,68	825,00	72,11	-	-	-	7,37	0,00	13,56	112,87
811	797	17,68	825,00	72,06	-	-	-	7,38	0,00	13,56	112,87
812	798	17,68	826,50	71,97	-	-	-	7,38	0,00	13,56	112,87

EK 2: Göbek İçi Fırçasız Doğru Akım Motoru Performans Tablosu

Sıra	V	A	W	N.m	Dev/dk	W	%
1	96.48	7.929	765.1	0.2	1250	26.18	3.4
2	96.48	7.781	750.8	0.5	1250	65.44	8.7
3	96.48	7.953	767.4	0.1	1250	13.09	1.7
4	96.48	7.863	758.6	0.7	1250	91.61	12.1
5	96.48	7.932	765.2	0.0	1250	0.000	0.0
6	96.48	8.182	789.4	0.6	1250	78.53	9.9
7	96.48	8.471	817.3	0.4	1250	52.35	6.4
8	96.48	8.780	847.1	0.5	1250	65.44	7.7
9	96.48	9.284	895.7	1.5	1249	196.2	21.9
10	96.48	10.47	1010	2.5	1249	326.9	32.4
11	96.48	12.29	1186	3.7	1248	483.5	40.8
12	96.48	14.14	1365	5.0	1246	652.3	47.8
13	96.48	16.74	1615	7.1	1243	924.0	57.2
14	96.48	19.79	1910	9.0	1241	1169	61.2
15	96.48	23.56	2273	12.0	1238	1555	68.4
16	96.47	27.58	2661	15.1	1234	1951	73.3
17	96.47	32.92	3176	18.5	1230	2382	75.0
18	96.47	37.91	3657	22.4	1226	2875	78.6
19	96.47	43.20	4167	26.6	1221	3401	81.6
20	96.85	48.18	4666	30.5	1224	3909	83.8
21	97.00	54.53	5290	35.1	1220	4483	84.8
22	97.05	60.75	5896	39.8	1216	5067	85.9
23	97.09	67.03	6508	44.3	1211	5617	86.3
24	97.18	73.45	7138	48.8	1209	6177	86.5
25	97.22	80.78	7853	55.3	1204	6971	88.8
26	97.32	88.21	8585	60.4	1198	7576	88.3
27	97.41	95.35	9287	65.9	1194	8238	88.7
28	97.52	102.8	10024	72.1	1190	8983	89.6
29	97.58	109.2	10657	76.4	1185	9480	88.9
30	97.80	116.0	11343	82.6	1182	10222	90.1
31	97.91	123.4	12080	86.9	1178	10719	88.7
32	97.98	126.8	12425	89.4	1176	11000	88.5
33	98.07	130.9	12837	92.3	1173	11336	88.3
34	98.20	138.5	13600	98.4	1168	12033	88.5
35	97.17	149.3	14509	126.0	969	12783	88.1
36	96.93	149.2	14458	132.3	918	12717	88.0
37	97.06	149.2	14485	138.8	873	12687	87.6

38	97.13	149.3	14506	144.3	832	12570	86.7
39	97.03	149.4	14492	151.8	784	12460	86.0
40	96.83	149.4	14462	157.2	749	12328	85.2
41	96.94	149.6	14503	163.5	718	12291	84.7
42	96.90	149.7	14503	168.8	689	12178	84.0
43	96.86	149.7	14500	173.9	663	12071	83.3
44	96.83	149.8	14501	179.8	634	11935	82.3
45	96.79	149.7	14491	184.5	611	11803	81.4
46	96.66	149.8	14475	190.7	587	11720	81.0
47	96.54	149.7	14454	195.1	564	11521	79.7
48	96.40	149.8	14445	200.8	542	11395	78.9
49	96.30	149.8	14427	205.9	521	11232	77.8
50	96.24	149.8	14420	211.1	502	11095	76.9
51	96.16	149.8	14402	215.7	483	10909	75.7
52	95.54	143.8	13739	220.0	443	10204	74.3
53	95.74	117.8	11279	222.7	331	7718	68.4
54	95.58	73.04	6982	224.0	158	3706	53.1
55	96.45	29.89	2883	209.8	0	0	0