



MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN DAĞITIM ŞEBEKESİNE ENTEGRASYONU

MEMDUH EMRAH ÖZCAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik Elektronik
Mühendisliği

DANIŞMAN

Prof. Dr. Bülent ORAL

İSTANBUL, 2019



MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN DAĞITIM ŞEBEKESİNE ENTEGRASYONU

MEMDUH EMRAH ÖZCAN

(523116163)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik Elektronik
Mühendisliği

DANIŞMAN

Prof. Dr. Bülent ORAL

İSTANBUL, 2019

MARMARA ÜNİVERSİTESİ FEN
BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Öğrencisi Memduh Emrah ÖZCAN'ın "Elektrikli Araçların Dağıtım Şebekesine Entegrasyonu" başlıklı tez çalışması, 25.06.2019 tarihinde savunulmuş ve jüri üyeleri tarafından başarılı bulunmuştur.


Jüri Üyeleri

Prof.Dr. Bülent ORAL (Danışman)
Marmara Üniversitesi



(İMZA)

Doç.Dr. Recep YUMURTACI (Üye)
Yıldız Teknik Üniversitesi



(İMZA)

Dr. Öğr. Üyesi Seçil VARBAK NEŞE (Üye)
Marmara Üniversitesi



(İMZA)

ONAY

Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ^{26.06.2019}..... tarih ve 2019/18-02 sayılı kararı ile Memduh Emrah ÖZCAN'ın Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Elektrik-Elektronik Mühendisliği Programında Yüksek Lisans derecesi alması onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü
Prof. Dr. Bülent EKİCİ



TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleőtirilmesinde, iki yıl boyunca değerli bilgilerini benimle paylaőan saygıdeğer danışman hocam; Prof. Dr. Bülent ORAL'a, çalıőmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen eőime ve aileme teőekkürlerimi sunarım. Projemde kullandığım DIgSILENT Powerfactory programını bana sağlayan DIgSILENT firmasına teőekkürü bir borç bilirim.

Haziran 2019

Memduh Emrah ÖZCAN

İÇİNDEKİLER

	SAYFA
TEŞEKKÜR	i
ÖZET	vi
ABSTRACT	viii
SEMBOLLER	x
KISALTMALAR	xi
ŞEKİL LİSTESİ	xii
TABLO LİSTESİ	xv
1. GİRİŞ.....	1
1.1.Amaç.....	2
2. GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR TARAMASI.....	5
2.1.Otomobile Genel Bakış ve Otomobilin Tarihçesi.....	5
2.2.Elektrikli Araçlar.....	8
2.2.1. Elektrikli Araç Tipleri.....	9
2.2.1.1.Hibrit Elektrikli Araçlar.....	9
2.2.1.1.1. Şarj Edilebilen Hibrit Elektrikli Araçlar.....	10
2.2.1.1.2. Şarj Edilemeyen Hibrit Elektrikli Araçlar.....	10
2.2.1.2.Sadece Elektrikli Araçlar.....	11
2.3.Elektrikli Araç Mimarileri.....	11
2.3.1. Şarj Edilemeyen Hibrit Elektrikli Araçlar.....	11
2.3.2. Şarj Edilebilen Hibrit Elektrikli Araçlar.....	12
2.3.3. Sadece Elektrikli Araçlar.....	13
2.4.Elektrikli Araç Menzilleri.....	14
2.5.Dünyada Elektrikli Araçların Durumu.....	14
2.6.Türkiye’de Elektrikli Araçların Durumu.....	19
2.7.Elektrikli Araç Bileşenleri.....	23
2.7.1. Şarj Bağlantı Ekipmanları.....	23
2.7.2. Araç Üzeri Batarya Şarj Cihazı.....	24
2.7.3. Batarya Yönetim Sistemi.....	25
2.7.4. İnvörtör.....	27

2.7.5. Motor Kontrolcüsü.....	28
2.7.6. Elektrik Motorları.....	28
2.7.6.1. Alternatif Akım Motorları.....	29
2.7.6.1.1. İndüksiyon Motorları.....	31
2.7.6.1.2. Senkron AC Motorlar.....	31
2.7.6.1.3. Sargılı AC Motorlar.....	32
2.7.6.2. Doğru Akım Motorları.....	33
2.7.6.2.1. Fırçalı DC Motorlar.....	33
2.7.6.2.2. Fırçasız DC Motorlar.....	35
2.7.6.2.3. Sabit Mıknatıslı DC Motorlar.....	36
2.7.6.3. Üiversal Motorlar.....	37
2.7.6.4. Elektrikli Araçlarda Motor Seçimi.....	38
2.7.7. Batarya Sistemleri.....	39
2.7.7.1. Elektrikli Araç Batarya Kapasiteleri.....	43
2.7.7.2. Elektrikli Araç Bataryaları ve Alternatif Şarj Yöntemleri.....	44
2.7.7.2.1. Batarya Değişim İstasyonları.....	45
2.7.7.2.2. Rejeneratif Frenleme Sistemi.....	47
2.8. Elektrikli Araç Şarj İstasyonları.....	49
2.8.1. Şarj İstasyon Tipleri.....	49
2.8.1.1. AC Seviye 1 Şarj Ekipmanları.....	50
2.8.1.1.1. Kuzey Amerika Tipi.....	50
2.8.1.1.2. Avrupa Tipi.....	50
2.8.1.2. AC Seviye 2 Şarj İstasyonları.....	50
2.8.1.2.1. Kuzey Amerika Tipi.....	51
2.8.1.2.2. Avrupa Tipi.....	51
2.8.1.3. DC Seviye 3 Şarj İstasyonu.....	51
2.8.1.3.1. Kuzey Amerika Tipi.....	51
2.8.1.3.2. Avrupa Tipi.....	52
2.8.2. Elektrikli Araç Şarj Standartları.....	52
2.8.2.1. SAE (Society Automotive Engineering).....	52
2.8.2.2. IEC (International Electrical Commission).....	55
2.8.3. Dünyada Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Durumu.....	57

2.8.4. Türkiye’de Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Durumu.....	59
2.9.Elektrikli Araçların Şebekeye Bağlanması.....	61
2.9.1. Şebekeden Araç Beslenmesi.....	62
2.9.2. Araçlar Üzerinden Şebekenin Beslenmesi.....	62
2.9.3. Şebeke Üzerinde Oluşan Harmonik Bozucu Etkiler.....	63
2.10. Elektrikli Araçların Çevresel Etkileri.....	69
2.11. Elektrikli Araçların Ekonomik Etkileri.....	72
3. ELEKTRİK ŞEBEKESİ MODELLEME VE SİMÜLASYON ÇALIŞMASI....	77
3.1.DIGSILENT Powerfactory Simülasyon Programı.....	77
3.2.Elektrikli Araçların Modellenmesi.....	78
3.3.Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Modellenmesi.....	80
3.4.Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Kampüsü Simülasyonu....	84
3.4.1. Terzioğlu Kampüsü Şebekesinin Modellenmesi.....	84
3.4.1.1.Büyük Hastane Trafo Bölgesi (1. Bölge).....	87
3.4.1.2.Kadın Doğum Hastanesi Trafo Bölgesi (2. Bölge).....	89
3.4.1.3.Meslek Yüksek Okulu bölgesi (3. Bölge).....	90
3.4.1.4.ÖSEM Trafo Bölgesi (4. Bölge).....	91
3.4.1.5.Fen Edebiyat Bölgesi (5. Bölge).....	93
3.4.1.6.Çocuklar Evi Trafo Bölgesi (6. Bölge).....	95
3.4.1.7.Mühendislik Trafo Bölgesi (7. Bölge).....	95
3.4.1.8.Yabancı Diller Trafo Bölgesi (8. Bölge).....	96
3.5.Terzioğlu Kampüsü Şebekesine Genel Bakış.....	97
3.6.Terzioğlu Kampüsü Elektrikli Araç Şarj Altyapısının Modellemesi.....	106
3.6.1. Senaryo 1.....	110
3.6.2. Senaryo 2.....	112
3.6.3. Senaryo 3.....	114
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	117
4.1.Senaryo Bulguları.....	117
4.1.1. Senaryo 1 Bulguları.....	117
4.1.2. Senaryo 2 Bulguları.....	120
4.1.3. Senaryo 3 Bulguları.....	123
4.2.Tartışma	126

5. SONUÇ.....	129
KAYNAKLAR.....	133
EKLER	143
Ek-1 : Mevcut Senaryo DigSilent Powerfactory Program Çıktıları.....	143
Ek-2 : Senaryo 1 (100% Yükleme) DigSilent Powerfactory Program Çıktıları.....	148
Ek-3 : Senaryo 2 (120% Yükleme) DigSilent Powerfactory Program Çıktıları.....	154
Ek-4 : Senaryo 3 (150% Yükleme) DigSilent Powerfactory Program Çıktıları.....	160
ÖZGEÇMİŞ	



ÖZET

Temelde iki farklı grup altında toplanabilen elektrikli araçlar, hibrit ve sadece elektrikli araçlar olmak üzere sınıflandırılmaktadır. Hibrit araç grubu, kendi içerisinde şarj edilebilen ve şarj edilemeyen araçlar olarak alt sınıflara ayrılmaktadırlar. Hibrit araçlar üzerinde fosil yakıtlı motor ve elektrik motoru olmak üzere iki farklı sistem mevcuttur. Sadece elektrik motorlu araçlar, isminden de anlaşılacağı üzere sadece elektrik motorları sayesinde hareket ettirilmektedir. Şarj edilebilen hibrit elektrikli araçlar ve sadece elektrikli araçlar üzerinde şebekeden şarj edilerek doldurulmakta olan harici batarya sistemleri mevcuttur. Bu batarya sistemlerinin beslenebilmesi için elektrikli araç şarj ekipmanları ve elektrikli araç şarj istasyonları kullanılmaktadır. Günümüz modern toplumunda zamanın önemli bir değer olması sebebiyle de elektrikli araçların daha hızlı şarj edilmelerine ihtiyaç günden güne artmaktadır. Bu sebepten elektrikli araçların şarj edilmesi esnasında aktarılan enerji ve şarj süresi büyük önem kazanmaktadır. Dünya çapında bakıldığında elektrikli araçların şarj edilmesi için kullanılan belli başlı sistemler ön plana çıkmaktadır, bunların yanında bazı firmalar kendi markaları için özel geliştirdikleri şarj sistemleri ile kendi kullanıcılarına daha hızlı şarj etme avantajı sağlamaktadırlar. Farklı araç modellerinde çeşitli sistemler kullanılabildiği gibi kıtalar hatta ülkeler arasında dahi elektrikli araç şarj istasyonları farklılıklar göstermektedir. Araçların belirli standartlar içerisinde üretilmesi ve kullanılması gerekmektedir. Araçların şarj edilmesi için kullanılan şarj ekipmanı ve şarj istasyonlarının elektrik şebekeleri üzerinden beslenmeleri gereklidir. Elektrikli araçların ve şarj sistemlerinin şebekeye entegrasyonu büyük önem taşımaktadır. Çünkü elektrik şebekelerinin elektrikli araç şarj işlemleri için gereken güç talebini karşılaması ve şebekede bulunan elektrik kalitesini etkilememesi gerekmektedir. Elektrikli araç şarj istasyonlarının yasal sınırlar ile belirlenmiş olan harmonik seviyelerini sağlaması ve şebekedeki enerjini kalitesi üzerinde olumsuz etki oluşturmaması beklenmektedir.

Bu çalışmada elektrikli araçların şebeke enerji kalitesi üzerindeki etkileri üzerinde durulmuştur. Farklı araç modellerinin çeşitli şarj istasyonları kullanılarak şarj edilmesi sonucunda oluşturdukları harmonik seviyeleri pek çok kaynaktan toplanarak değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında elektrikli araç şarj sistemlerinin şebekeye olan etkilerinin incelenebilmesi için Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Kampüsü baz alınarak Digsilent programı üzerinde model oluşturulmuştur. Kurgulanan

simülasyonda kampüs içerisinde şebekeye kaç adet elektrikli araç şarj istasyonu bağlanabileceği ve kaç araca hizmet verilebileceği konusu incelenmiştir. İlerleyen yıllarda elektrikli araç kullanımının ve üniversite popülasyonunun artması sebebiyle trafolar üzerinde yoğunluk oluşması ihtimali değerlendirilmiştir. Bu kapsamda yapılan çalışmada, trafoların %100-%120-%150 değerlerine kadar yüklenmesi durumunda şebeke üzerine yerleştirilebilecek elektrikli araç şarj istasyonu adetleri konusu çalışılmıştır.



ABSTRACT

Electric vehicles, which can basically be grouped under two different groups are classified as hybrids and battery electric vehicles. Hybrid vehicles are divided into sub-classes as non-rechargeable vehicles. They can be fed on two different systems as fossil fuel engine and electric motor on hybrid vehicles. Only the electric motor vehicles can be moved by electric motors. Rechargeable hybrid electric vehicles and only electric motor vehicles have external charged battery systems which could be charged from the grid. Electric vehicle charging equipment and electric vehicle charging stations are used for the feeding of these battery systems. When looking at the equipment used for charging electric vehicles, different types of charging equipment can be seen. In today's modern society, due to the fact that time is an important value, the need for faster charging of electric vehicles is increasing day by day. For this reason, the transferred energy and charge time during charging of electric vehicles is of great importance. The main systems used for the charging of electric vehicles come to the fore. Besides, some companies can provide faster charging advantage to their users with the charging systems they have developed specially for their brands. Different systems are used for different vehicle models, even in continents and countries, there are differences in electric vehicle charging stations. These differences became more apparent with the introduction of electric vehicles. Vehicles must be produced and used within certain standards. Manufacturers of electric vehicle and electric vehicle charging equipment are expected to meet these standards. Charging stations used for the charging of vehicles must be supplied via electrical networks. In this context, the integration of electric vehicles into the grid is of great importance. The electrical networks to which the car charging systems are connected must meet the power demand for charging. In addition, the electricity quality in the network should not be affected by the vehicle charging stations. Harmonic levels determined by legal limits are expected to be provided by electric vehicle charging stations. These systems are not expected to have a negative impact on the quality of energy.

In this study, the effects of electric vehicles on grid quality are discussed. The voltage and current harmonic levels generated by charging different vehicle models by using different charging stations have been collected and evaluated from many sources. In this study, in order to investigate the effects of electric vehicle charging systems on the grid, a model

was created on the Digsilent program based on the Çanakkale Onsekiz Mart University Terzioğlu Campus. In the simulation, how many electric vehicle charging stations can be connected to the network and how many vehicles can be serviced in the campus topics are examined. In the following years, due to the increase in the use of electric vehicles and the increase of the university population, the intensity of the transformers were evaluated. In this study, the number of electric vehicle charging stations that can be supplied over the network in case the transformers are loaded to 100% -120% -150% are studied. Finally, the comparison of the use of electric and fossil fuel vehicles has been made economically, and the economic and environmental effects of electric vehicles have been studied.



SEMBOLLER/SYMBOLS

kg : Kilogram

km : Kilometre

km/s : Kilometre/saat

mil/s : Mil/saat

S : Kesit alanı (mm^2)

t : Zaman (s)

T : Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)



KISALTMALAR

AC	: Alternative Current
BMS	: Battery Management System
BV	: Battery Electrical Vehicle
BYS	: Batarya Yönetim Sistemi
ÇOMÜ	: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
DC	: Direct Current
DMA	: Derindere Motorlu Araçlar
EV	: Electrical Vehicle
GÇ	: Güç Çarpanı
G2V	: Grid to Vehicle
HEV	: Hybrit Electric Vehicle
HD	: Harmonic Distortion
IEC	: International Electrotechnical Commission
IEEE	: The Institute of Electrical and Electronics Engineers
OBC	: On Board Charger
ÖSEM	: Öğrenci Sosyal Etkinlik Merkezi
PHEV	: Plug in Hybrit Electric Vehicle
PFC	: Power Factor Correction
SAE	: Society of Automotive Engineering
SEA	: Sadece Elektrikli Araç
SI	: Metric Unit
THD	: Total Harmonic Distortion
USC	: United States Customary Units
V2G	: Vehicle to Grid

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1. Thomas Edison'un tasarladığı elektrikli araç.....	6
Şekil 2.2. Thomas Parker'ın tasarladığı elektrikli araç.....	6
Şekil 2.3. Tesla Roadster elektrikli araç.....	7
Şekil 2.4. Yeni araç alımında göz önünde bulundurulmuş özellikler ve etki yüzdeleri.....	8
Şekil 2.5. Elektrikli araç müşterisini cesaretlendiren faktörler ve yüzdeleri.....	9
Şekil 2.6. Elektrikli araç müşterisinin cesaretini kıran faktörler ve yüzdeleri.....	9
Şekil 2.7. Şarj edilemeyen elektrikli araç mimarileri.....	12
Şekil 2.8. Şarj edilebilen elektrikli araç mimarileri.....	13
Şekil 2.9. Sadece elektrikli araç mimarisi.....	13
Şekil 2.10. 2013-2017 yılları arası dünyada elektrikli araç sayıları artış grafiği	15
Şekil 2.11. 2017-2030 yılları arası küresel elektrikli araç adetleri artış tahminleri	16
Şekil 2.12. Toyota C-HR Hibrit elektrikli araç	20
Şekil 2.13. Renault Fluence ZE elektrikli araç	20
Şekil 2.14. BD firması tarafından elektrikli araca dönüştürülen ticari araçlar.....	21
Şekil 2.15. Türkiye'de üretilen DMA marka otomobil.....	21
Şekil 2.16. Türkiye'deki şarj edilebilir elektrikli araçların 2012-2019 yılları arasındaki adetleri	22
Şekil 2.17. Türkiye'de 2019 yılı şarj edilebilir araç modelleri adet dağılımı.....	22
Şekil 2.18. Elektrikli araç batarya beslemesi bağlantısı	23
Şekil 2.19. On-board şarj ünitesi iç yapısı	25
Şekil 2.20. Batarya yönetim sistemi diyagramı	25
Şekil 2.21. Elektrikli araç invertörü	27
Şekil 2.22. AC motor yapısı	29
Şekil 2.23. AC motorların stator ve rotor bileşenleri	30
Şekil 2.24. İndüksiyon motor yapısı.....	31
Şekil 2.25. Senkron AC motor yapısı.....	32
Şekil 2.26. Sargılı rotor motor	33
Şekil 2.27. Fırçalı DC motor	34
Şekil 2.28. Fırçalı DC motor	34

Şekil 2.29. Fırçasız DC motor.....	35
Şekil 2.30. Fırçasız DC motor	36
Şekil 2.31. Sabit mıknatıslı motor	37
Şekil 2.32. Üniversal motor.....	37
Şekil 2.33. Tesla Model S 3 faz 4 kutuplu indüksiyon motoru	39
Şekil 2.34. Nissan Leaf permanent magnet AC motor	39
Şekil 2.35. Batarya tipleri enerji yoğunluğu/ağırlık ve enerji yoğunluğu/kütle değerleri	42
Şekil 2.36. Nissan Leaf bataryası	43
Şekil 2.37. Chevrolet Bolt bataryası	43
Şekil 2.38. Batarya değişim sistemi uygulaması	46
Şekil 2.39. Rejeneratif frenleme sistem grafiği	48
Şekil 2.40. Rejeneratif frenleme sistemi araç üzeri kurulumu	48
Şekil 2.41. 2017 yılı itibariyle dünya elektrikli araç ve şarj ünitesi adetleri	58
Şekil 2.42. 2010-2017 yılları arası dünyadaki şarj ünitesi adetleri değişimi	58
Şekil 2.43. Türkiye'deki elektrikli araç şarj istasyonlarının dağılımı	60
Şekil 2.44. İSPARK elektrikli araç şarj istasyonları	61
Şekil 2.45. Renault Fluence Z.E. şarj elektriksel ölçüm verileri.....	68
Şekil 2.46. Renault Fluence Z.E. şarj esnasında üretilen akım harmonik bileşenleri	69
Şekil 2.47. Renault Fluence Z.E. şarj akımı harmonik dağılımı	69
Şekil 2.48. Renault Fluence Z.E. şarj gerilimi harmonik dağılımı	69
Şekil 3.1. Renault ZOE 2019	79
Şekil 3.2. Brusa (NLG513 air) araç üzeri şarj sistemi	82
Şekil 3.3. Efacec elektrikli araç hızlı şarj sistemi	83
Şekil 3.4. Köşk tipi orta gerilim trafo.....	85
Şekil 3.5. ÇOMÜ trafo bilgileri tek hat şeması.....	86
Şekil 3.6. Çomü Terzioğlu Yerleşesi planı	87
Şekil 3.7. ÇOMÜ Terzioğlu Kampüsü tek hat şeması.....	103
Şekil 3.8. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi elektrik şebekesi.....	105
Şekil 3.9. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi elektrik şebekesi	107
Şekil 3.10. ÇOMÜ hastane otoparkları.....	108

Şekil 3.11. Senaryo 1 DigSilent Powerfactory çıktısı.....	111
Şekil 3.12. Senaryo 2 DigSilent Powerfactory çıktısı.....	113
Şekil 3.13. Senaryo 3 DigSilent Powerfactory çıktısı.....	115



TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1. Elektrikli araçların avantaj ve dezavantajları.....	7
Tablo 2.2. Elektrikli araç menzilleri.....	14
Tablo 2.3. Fosil yakıtlı araçlar konusunda yasaklama getiren ülkeler ve kısıtlama tarihleri.....	16
Tablo 2.4. Fosil yakıtlı araçlar konusunda kısıtlama getiren yerel yönetimler ve kısıtlama tarihleri.....	17
Tablo 2.5. Dizel araç üretimini durduracağını açıklayan firmalar ve tarihleri.....	18
Tablo 2.6. Otomotiv üreticilerinin elektrikli araç üretim duyuları.....	19
Tablo 2.7. Araç şarj soketleri.....	24
Tablo 2.8. Batarya yönetim sistemi birimleri.....	26
Tablo 2.9. Batarya tipleri teknik özellikleri	41
Tablo 2.10. Kurşun asit – lityum iyon batarya karşılaştırılması.....	42
Tablo 2.11. 2018 Yılı verilerine göre elektrikli otomobiller üzerinde kullanılan batarya tipleri.....	43
Tablo 2.12. Elektrikli araç batarya kapasiteleri.....	44
Tablo 2.13. SAE tarafından yayınlanmış önemli V2G standartlar.....	54
Tablo 2.14. SAE J1772 elektriksel büyüklükler.....	55
Tablo 2.15. Elektrikli araçlarda uygulanan IEC standartları ve konuları.....	56
Tablo 2.16. IEC 61851 elektriksel büyüklükler.....	56
Tablo 2.17. Elektrikli araç şarj ekipmanları sınıflandırılması.....	57
Tablo 2.18. IEC 61851 elektriksel büyüklük değerleri.....	61
Tablo 2.19. Elektrikli araç (Nissan Leaf) şarj harmonikleri analizi.....	64
Tablo 2.20. IEEE PES tarafından teste tabi tutulan dört farklı araçtan alınan harmonik dataları.....	65
Tablo 2.21. Renault Fluence Z.E. araç özellikleri.....	68
Tablo 2.22. Elektrik üretim metotları sonucu oluşan emisyon değerleri.....	72
Tablo 2.23. Elektrikli araçların şarj ve şarj boşalması kayıpları.....	73
Tablo 2.24. Elektrikli ve benzinli aracın ekonomik karşılaştırması.....	74
Tablo 3.1. Renault ZOE araç özellikleri	79
Tablo 3.2. Renault ZOE şarj süreleri.....	80
Tablo 3.3. Eşarj firması araç şarj cihaz bilgileri.....	81

Tablo 3.4. Brusa (NLG513 air) on board charger sistemi teknik özellikleri	82
Tablo 3.5. Efacec hızlı şarj sistemi teknik özellikleri	83
Tablo 3.6. Çomü Terzioğlu Kampüs trafo tipi bilgileri.....	85
Tablo 3.7. 1600 kVA hermetik trafo değerleri.....	88
Tablo 3.8. 70 mm ² orta gerilim kablosu teknik özellikleri.....	88
Tablo 3.9. Büyük hastane bölgesi kablo bilgileri.....	89
Tablo 3.10. 2500 kVA hermetik trafo teknik bilgileri.....	89
Tablo 3.11. 70 mm ² orta gerilim kablosu teknik özellikleri.....	90
Tablo 3.12. Kadın doğum hastanesi bölgesi kablo bilgileri.....	90
Tablo 3.13. 800 kVA trafo teknik dataları.....	91
Tablo 3.14. Meslek yüksek okulu bölgesi kablo bilgileri.....	91
Tablo 3.15. ÖSEM trafosundan beslenen binalar.....	92
Tablo 3.16. ÖSEM trafosu teknik özellikleri.....	92
Tablo 3.17. ÖSEM trafosu bölgesi kablo bilgileri.....	93
Tablo 3.18. ÖSEM trafosundan beslenen binalar.....	93
Tablo 3.19. Fen edebiyat fakültesi trafo bilgileri.....	94
Tablo 3.20. Fen edebiyat fakültesi trafo bölgesi kablo bilgileri.....	94
Tablo 3.21. Çocuklar evi trafo bilgileri.....	95
Tablo 3.22. Mühendislik fakültesi trafo bilgileri.....	96
Tablo 3.23. Mühendislik fakültesi trafo bölgesi kablo bilgileri.....	96
Tablo 3.24. Yabancı diller fakültesi trafo bilgileri.....	97
Tablo 3.25. Yabancı diller fakültesi trafo bölgesi kablo bilgileri.....	97
Tablo 3.26. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi yerleşkeleri elektrik işletme kodları.....	98
Tablo 3.27. ÇOMÜ Terzioğlu Yerleşkesi trafo güç ve kayıp bilgileri.....	99
Tablo 3.28. ÇOMÜ Terzioğlu Kampüsü trafoları yüklenme oranları ve bina bilgileri.....	100
Tablo 3.29. ÇOMÜ Terzioğlu Kampüsü binaları kablo bilgileri	102
Tablo 3.30. Terzioğlu Kampüs binaları güç talepleri.....	104
Tablo 3.31. ÇOMÜ Terzioğlu Kampüsü modellenmesi kablo yüklenme oranları.....	109
Tablo 3.32. Mevcut model şebeke kayıpları.....	110
Tablo 4.1. Mevcut kapasitede eklenebilen EV şarj istasyon sayısı.....	118

Tablo 4.2. Senaryo 1 modelinde değişim veya ekleme yapılan kablolar.....	120
Tablo 4.3. Senaryo 1 Şebeke kayıpları.....	120
Tablo 4.4. 120% Trafo kapasitesi Şarj istasyonu adedi tablosu.....	121
Tablo 4.5. Senaryo 2 modelinde değişim veya ekleme yapılan kablolar.....	122
Tablo 4.6. Senaryo 2 Şebeke kayıpları.....	123
Tablo 4.7. 150% Trafo kapasitesi için trafo adedi tablosu.....	124
Tablo 4.8. Senaryo 3 modelinde değişim veya ekleme yapılan kablolar.....	125
Tablo 4.9. Senaryo 3 Şebeke kayıpları.....	126
Tablo 4.10. Senaryolara eklenebilen EV Şarj istasyonu adetleri.....	128



1. GİRİŞ

Ulaşım, insanların önemli gereksinimlerinden biridir ve günlük aktiviteleri incelendiğinde enerji sarfiyatında temel bir unsurdur. Sanayileşmenin etkisi ile gelişen toplumlar ulaşım için kendilerine daha kolay ve farklı çözümler bulma yoluna gitmişlerdir. Bunların en belirgin olanı ise, insanların ve yüklerin taşınabilmesi için tasarlanan araçlar olmuştur. İnsanlar ulaşım çözümleri için kimyasal enerji gücünü mekanik enerjiye dönüştürerek, hayatlarını kolaylaştırma yoluna gitmişlerdir. Tasarlanan araçlar içerisinde kendisine en geniş yer bulan petrol enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren geleneksel araçlardır.

Günümüzün başlıca sorunları içinde kirlilik ve atmosferde bulunan sera gazlarının etkisi ile oluşan küresel ısınma öne çıkmaktadır. Ulaşım için kullanılmakta olan petrol türevi yakıtlar ana kirlenici etken olarak dikkat çekmektedir. Yayınlanan veriler dikkate alındığında, 2019 yılında 2,4 BTOE (milyar ton eşdeğer petrolün) ulaşım için kullanılacağı öngörülmektedir [1]. 2019 itibariyle, fosil yakıtların kullanımı neticesinde yıllık 33 milyar ton CO₂ 'in atmosfere salınacağı tahmin edilmektedir [1]. Uluslararası Enerji Ajansı'nın (International Energy Agency- IEA) 2010 yılı raporu incelendiğinde CO₂ salınım değerinin 2050 yılına kadar 50% oranında azaltılması hedeflenmektedir [2]. Modern toplum gelişen eğilimleri ve gelecekteki durumu göz önüne alarak ulaşım konusunda akılcı ve çevreci çözümler arama yoluna gitmektedir. Bunun en bariz örneği ise, elektrikli araçların geliştirilmesi ve yaygın olarak günlük yaşamda kullanılır hale getirilmesidir.

Enerji verimliliği konusu göz önüne alınarak yapılmış olan çalışmalarda elektrikli araçların geleneksel araçlara oranla çok daha verimli oldukları görülmüş ve ispatlanmıştır [3].

Bilinen ilk elektrikli araç Robert Anderson tarafından 1832–39 yılları arasında tasarlanmış olan Vehiculo Electrico isimli elektrikli taşıyıcıdır. İlk elektrikli aracın icadından bugüne verimlilik sürekli araştırma konusu olmuştur. Elektrikli araçların verimi yaklaşık 70% oranında hesaplanırken, fosil yakıtlı geleneksel araçlarda ise verim yaklaşık %13 ile 20 arasında hesaplanmaktadır. Verimi geleneksel araçlara göre daha

yüksek olan elektrikli araçların kullanılması ile enerji tüketimi büyük oranda azaltılmış olacak ve çevresel açıdan da daha iyi şartlar sunulacaktır [3].

Elektrikli araçların birçok kullanım kolaylığı mevcuttur fakat göz önüne alınması gereken temel bir durumda vardır. Bu durum araçların şarj edilme ihtiyacıdır. Elektrikli araçların üzerinde motorlarının beslenebilmesi için bataryalar bulunmaktadır ve araç bu kısımdan enerji ihtiyacını karşılamaktadır.

Elektrikli araçların yaygın olarak kullanılmaya başlaması ile birlikte bu araçların şarj gereksinimlerinin önemi bariz şekilde ön plana çıkmıştır. Üzerinde çalışılmış ve çalışılmakta olan farklı şarj yöntem mevcuttur. Araç ile konut iç tesisi arası, araç ile şarj istasyonu arası, araç ile araç arası ve araç şebeke arası bu yollardan bazılarıdır.

1.1. AMAÇ

Bu çalışmanın amacı günden güne fosil yakıtlı araçların yerini almakta olan elektrikli araçlar ve araçların şarj gereksinimlerinin incelenmesidir. Elektrikli araçlar temelde hibrit elektrikli araçlar ve sadece elektrik motorlu araçlar olmak üzere iki farklı mimari yapıya sahiptirler. Hibrit araçlar ise, kendi içerisinde şarj edilebilen ve şarj edilemeyen araçlar olarak iki alt gruba ayrılır. Çalışma kapsamında araçların mimarileri, araç bileşenleri ve teknolojileri incelenmiştir. Hem hibrit şarj edilebilen hem de sadece elektrik motorlu araçlar sahip oldukları bataryalarda enerjiyi depolayarak hareket esnasında buradan aldıkları enerji ile hareket ederler. Araçların üzerlerinde bulunan batarya sistemleri farklı tiplerde olabilsede genellikle lityum iyon teknolojisinden faydalanılarak tasarlanmış sistemler kullanılmaktadır. Hem hibrit şarj edilebilen araçların hem de sadece elektrik motorlu araçların ihtiyaç duydukları enerjinin bir kaynaktan sağlanabiliyor olması gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı olan elektrikli araçların şarj edilmesi konusu günümüz dünyasında büyük önem taşımaktadır ve günden güne de önemi artmaktadır. Araç şarj sistemlerini, kullanılmakta olan sistemler ve geliştirilmekte olan sistemler olarak iki sınıf altında toplamak mümkündür. Günümüzde elektrikli araçların şarj işlemlerinde kullanılan en yaygın metot; araçların şebeke üzerinden şarj edilmesidir. Farklı seviyelerde şarj sistemleri mevcuttur. Seviyeler arasındaki temel farklılık ise güç aktarım miktarlarıdır. Şarj sistemlerinin hızlı veya yavaş olarak nitelendirilmesine sebep olan faktör budur. Şebekeden araç beslenmesinin yanında farklı araç şarj metotları da

vardır. Araçların kablosuz olarak şarj edilmesi, rejeneratif fren sistemlerinin kullanılması ve batarya değişim istasyonları gibi metotlar örnek olarak gösterilebilir.

Bu tez çalışmasında araçların şebekeye olan etkileri üzerinde de durulmuştur. Tüm elektrikli cihazlar gibi elektrikli araçlarında şebekeye bağlanması sonucu harmonik oluşturduğu bilinmektedir. Şarj işlemlerinde oluşan harmonik etkiler bu çalışma kapsamında değerlendirilmiştir. Dünyanın farklı bölgelerinden simülasyon sonuçları ve gerçek test verileri toplanarak araçların şebekeye olumsuz etkileri incelenmiştir. Araçların ve araç şarj istasyonlarının şebekeye olan etkilerinin gözlemlenebilmesi amacıyla DIGSILENT Powerfactory programı kullanılarak, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Kampüsü elektrik şebekesi simülasyonu yapılmıştır. Kampüs şebekesinin kaç adet elektrikli araca hizmet edebileceği, hangi birimlere kaç adet elektrikli araç şarj istasyonu bağlanabileceği hesapları yapılmıştır. Bunun yanında gelecekte elektrikli araçların daha yaygın kullanıma sahip olduğunda ve araç adetleri arttığında ÇOMÜ Terzioğlu Kampüsü altyapısının bu duruma uygun olup olmadığı incelenmiştir. Şebekenin gelecekte araçları destekleyebilmesi amacıyla ilerleyen yıllarda revizyona gidilmesi gereken kısımları belirlenmiştir.

Bu çalışmasının temel amacı elektrikli araçların dağıtım şebekesine entegre edilmeleri olarak belirlenmiştir, bunun yanında araçların şebekeye olan etkileri ve araçların yapısı da tez çalışmasının kapsadığı konular olarak incelenmiş ve çalışmalar yapılmıştır.



2. GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR TARAMASI

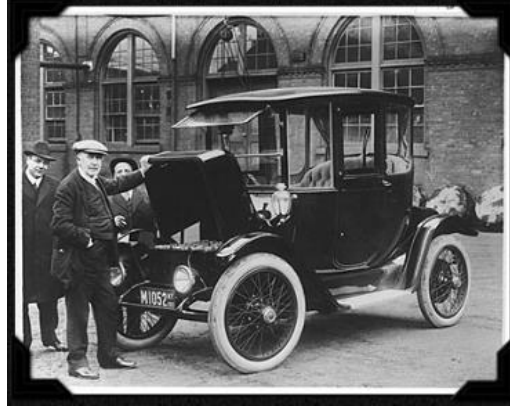
2.1. Otomobile Genel Bakış ve Otomobilin Tarihçesi

İlk arabanın yapıldığı günden bugüne değişik yakıt türleri ile çalışan ve değişik tiplerde birçok araç ortaya çıkmıştır. İlk başlarda arabaların üretimleri fosil yakıt ile çalışan motorlar entegre edilerek yapıldı. İlk üretilen arabalar değerli ve pahalı taşıma araçları olarak görülüyordu. Sonraki periyotta elektrik enerjisini kullanan ve batarya üzerinde barındıran araçların üretimleri yapılmaya başlandı. Elektrikli araçların ilk örneği 1832-1839 yılları arasında Scotsman Robert Anderson tarafından yapılmış olan araçtır [3]. Sonrasında Thomas Parker tarafından 1895 yılına gelindiğinde yeni bir araç dünya tarihine kazandırıldı. 1913 yılına gelindiğinde ise Thomas Edison elektrikli araç platformunu kendine özgü tasarımıyla harmanlayarak farklı bir boyuta taşıdı. Fakat üretilmiş olan bu araçlar teknolojinin pahalı olması sebebiyle kendilerine yaygın kullanım alanı bulamadılar.

Elektrikli araçlar pahalı olmaları, çevreci ve sessiz olmaları gibi farklı özellikleriyle zengin kişiler tarafından rağbet gördüler. Günümüze gelinceye kadarki süreçte de elektrikli araçlar zenginler tarafından tercih edilen pahalı oyuncaklar olarak değerlendirildiler.

Tarih sahnesinde 1908 yılına gelindiğinde ise Henry Ford Model T ile ticari otomobil üretimine farklı bir boyut kattı ve seri üretim ilk fosil yakıtlı otomobili piyasaya çıkardı. Pahalı olmayan uzun menzile sahip olan bu araç hızlı bir satış trendi yakaladı ve 1918 yılına gelindiğinde Amerikan piyasasındaki araçların yarısını oluşturmaktaydı [3]. Aynı yıllarda Ferdinand Porsche hibrit araç üretimi üzerinde çalışmalar yapıyordu ve ilk hibrit aracı tasarımı tamamladı. Sonraki süreçte ise Ferdinand Porsche tarafından ilk hibrit aracın üretimi yapıldı. Bu hibrit araç üzerinde iki adet fosil yakıtlı motor ve bir adet batarya bulunduruyordu [3]. Araç iki farklı hareket kaynağı olan elektrik ve fosil yakıt gücünü ayrı ayrı kullanarak ilerleyebiliyordu.

Tarihsel süreçte meydana gelen gelişmelere bakıldığında elektrikli araç ve fosil yakıtlı araç teknolojilerinin paralel olarak ilerledikleri görülmektedir.



Şekil 2.1. Thomas Edison'un tasarladığı elektrikli araç [4]



Şekil 2.2. Thomas Parker'ın tasarladığı elektrikli araç [5]

Elektrikli ve fosil yakıt kullanan araçların farklı alanlarda verimli kullanımları mevcut olsa da enerji verimlilikleri açısından aralarında büyük fark mevcuttur. Elektrikli araçların verimlilikleri %59-62 gibi yüksek iken fosil yakıtlı geleneksel araçların verimlilik değerleri %17-21 seviyelerindedir [6]. Bu bilgileri dikkate alındığında verimli üretim ve tüketim anlayışını benimsemiş modern toplumun elektrikli araç kullanımına önem verme sebebi açıkça görülmektedir.

Günümüz artan elektrikli araç ihtiyacını Tesla, Nissan, Chevrolet, Faraday Future, Toyota gibi büyük ticari firmalar üretimleri ile karşılamaktadır. Bu firmaların arasında en gelişmiş versiyonları üreten firma Tesla olarak göze çarpmaktadır. Tesla'nın üretimi olan Roadster 350 km/h hıza ulaşabilen bir elektrikli araçtır ve elektrikli araçlar arasında ön plana çıkmaktadır [6]. Elektrikli araç üreten firmalar ürün gamlarına farklı segmentlerden araçlar eklemektedir. Elektrikli araç üreten firmalar arasında günden güne yenileri eklenmesi öngörülmektedir. Çünkü günümüz modern toplumunda elektrikli araç kullanım

talebi günden güne artmakta ve bu da otomobil üreten firmaları teşvik etmektedir. Tüm bu gelişmeler göz önüne alındığında araç teknolojisinin elektrikli araçlardan tarafa ilerlediği ve daha da hızlanacağı görülmektedir.



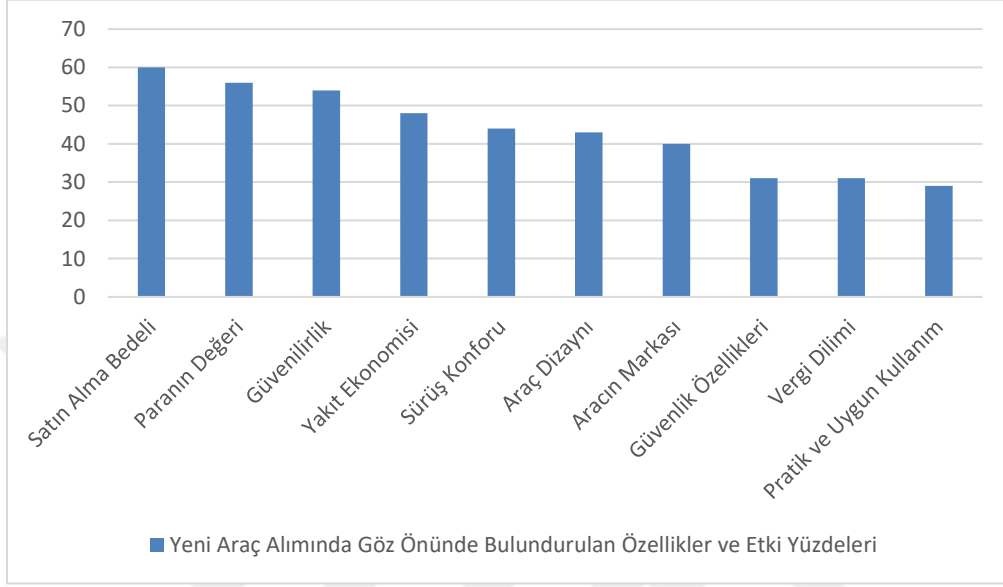
Şekil 2.3. Tesla Roadster elektrikli araç [7]

Elektrikli otomobiller uzun yıllardır kullanılıyor olsalar da yakın zamana kadar yaygın kullanımları olan araçlar olmamışlardır. Elektrikli araçların kullanım ve işletilmesi konusundaki dezavantajları bu araçların toplum içerisinde talep görmesine ve yaygınlaşmasına engel olmuştur. Gelişen teknoloji ile elektrikli araçların kullanım ve işletme konusundaki zorlukları aşıldı. Bunun yanında otomotiv endüstrisinin elektrikli araçların üretim hacimlerini artırması ile modern toplum içerisinde yaygınlaştı ve bu taşıtların avantajları daha net görülür hale geldi. Elektrikli taşıtların avantaj ve dezavantajlarına bakacak olursak aşağıdaki tablo ile karşılaşabiliriz.

Tablo 2.1. Elektrikli araçların avantaj ve dezavantajları

Avantajları	Dezavantajları
Düşük yakıt maliyeti	Satış değerlerinin yüksek olması
Düşük emisyon değeri	Yüksek altyapı maliyeti
Yenilenebilir enerji kullanımı	Kısıtlı batarya kapasitesi ve kullanım mesafesi
Çalışma esnasında düşük ses üretimi	Uzun şarj süresi
Basit hareket tahrik sistemi	Batarya ömrünün kısıtlı olması
Uzun motor ve aktarma organları ömrü	Sınırlı şarj istasyon ağı
Düşük bakım maliyeti	Servis ağlarının yaygın olmaması
Değiştirilebilir batarya teknolojisi	
Yüksek performans değerleri	

Elektrikli araçların yaygınlaşmasında insanların bu araçları satın alma kriterleri ön plana çıkmakta ve önem kazanmaktadır. Otomotiv üreticileri yapılan araştırmalarda bazı faktörlerin diğerlerine göre büyük dikkat çektiği ve satışlarda belirleyici rol aldığı belirlenmiştir [8].

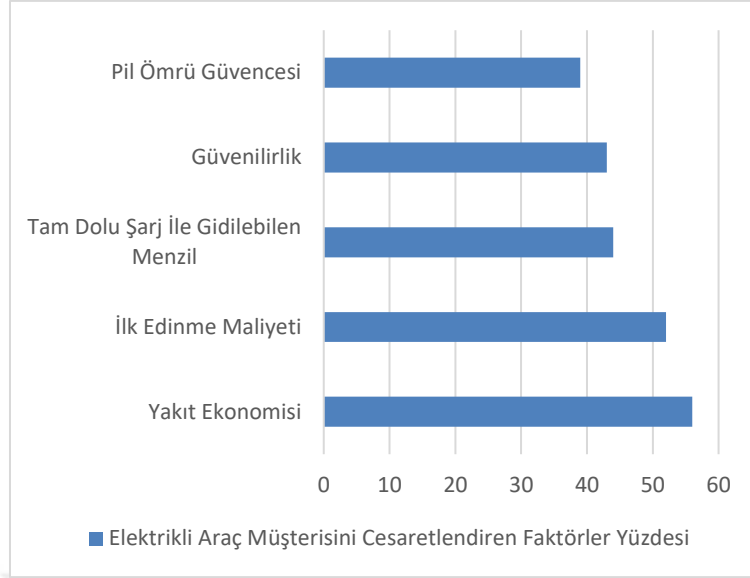


Şekil 2.4. Yeni araç alımında göz önünde bulundurulan özellikler ve etki yüzdeleri [8]

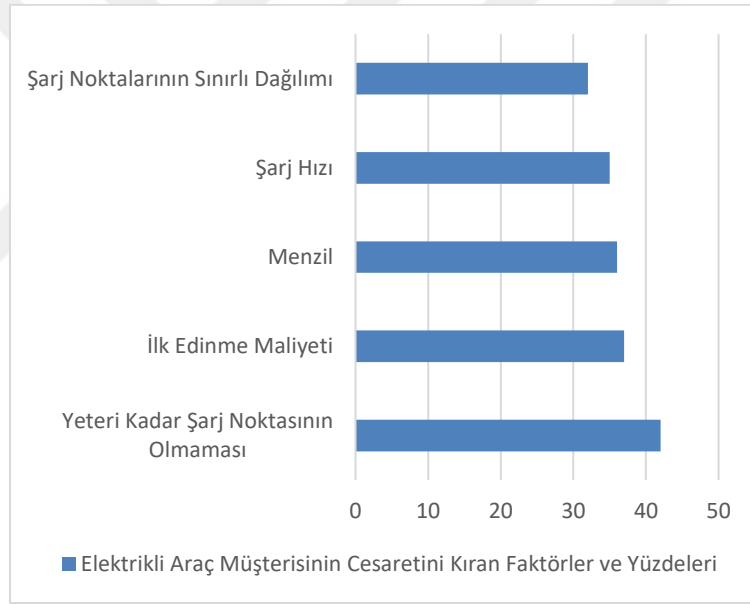
2.2. Elektrikli Araçlar

Modern arabalar, üzerlerinde buldukları fosil yakıtlı, elektrikli veya hibrit sistemlerini kullanarak ilerleyen araçlardır. Elektrikli araçlar elektrik temin etme şekillerine göre kısmen veya tamamen elektrikli araçlar olarak iki farklı gruba ayrılmaktadır. Kısmen elektrikli araçlar grubuna hibrit elektrikli araçlar girmektedir. Hibrit elektrikli araçlar üzerinde iki farklı motorun kombinasyonu olan bir yapı mevcuttur. Hibrit elektrikli araçlarda genellikle fosil yakıt motoru (benzin) ve elektrik motorunun kombinasyonu kullanılmaktadır. Tamamen elektrikli araçlarda ise isminden de anlaşılacağı üzere sadece elektrik motoru kullanılmaktadır [6].

Elektrikli araçlar sahip oldukları avantajlar sebebiyle kullanıcılar tarafından büyük ilgi görmektedirler. Araç kullanıcılarının elektrikli veya hibrit kullanıcı olmalarının sebepleri yapılan araştırmalar sonucunda ortaya çıkmıştır. Bu sebepler herkese göre değişse de genel olarak değerlendirildiğinde aşağıdaki tablo ortaya çıkmaktadır [8].



Şekil 2.5. Elektrikli araç müşterisini cesaretlendiren faktörler ve yüzdeleri [8]



Şekil 2.6. Elektrikli araç müşterisinin cesaretini kıran faktörler ve yüzdeleri [8]

2.2.1. Elektrikli Araç Tipleri

2.2.1.1. Hibrit Elektrikli Araçlar

Hibrit elektrikli araçlar isminden de anlaşılacağı üzere iki farklı sistemin bir araya getirilmesi sonucunda oluşturulmuş araçlardır. Genellikle benzinli ve elektrikli motorların bir araya getirilmesi ile meydana getirilirler. Hem benzin kullanımı sonucunda üretilen enerji hem de batarya üzerinde depo edilmiş olan enerji motorlar vasıtası ile

hareket organlarına aktarılmaktadır. İki sistemde enerji kesintisi olmaması amacıyla aynı hareket aktarma organına entegre edilirler ve bu şekilde hareket aktarımının devamı garanti altına alınmış olur. Hibrit araçlar şarj edilebilen ve şarj edilemeyen hibrit araçlar olmak üzere iki farklı grup altında toplanırlar. Bu gruplar da kendi içlerinde seri hibrit, paralel hibrit ve seri-paralel hibrit araçlar olmak üzere üç gruba ayrılırlar.

2.2.1.1.1. Şarj Edilebilen Hibrit Elektrikli Araçlar

Harici şarj edilebilen hibrit elektrikli araçlar üzerinde fosil yakıt kullanan bir motor ve buna ek olarak elektrik motoru bulunur. Bu araçlar üzerinde bulunan hareket sistemlerini elektrik motorlarının bataryalardan aldığı güç ile tahrik edilerek ilerleyebilir hale gelirler ayrıca fosil yakıt yardımı ile üretilen enerjiyi de hareket için kullanabilmektedirler. Bu tip araçlarda batarya ünitesi harici olarak şarj edilebilmektedir. Şebeke sistemleri üzerinden harici şarj ekipmanıyla veya elektrikli araç şarj istasyonları aracılığıyla şarj gerçekleştirilebilir. Bu araçlarda fosil yakıttan üretilen enerji de bataryalardaki yük kullanılarak elektrik motorları tarafından üretilen enerji de aynı hareket aktarma sistemine bağlanır, bunun temel amacı güç kesintisini engellenmektir. Piyasada çok sayıda bu araçlardan satılmakta ve kullanılmaktadır.

2.2.1.1.2. Şarj Edilemeyen Hibrit Elektrikli Araçlar

Harici şarj edilemeyen hibrit araçlar da harici şarj edilebilen hibrit elektrikli araçlarla benzer şekilde fosil yakıt motoru ve elektrik motoruna sahip olan araçlardır. Araç üzerinde elektrik motorunun beslenmesi için batarya sistemi mevcuttur. Bu tip araçlarda ihtiyaç durumuna göre elektrikli veya fosil yakıtlı motorların anlık geçişlerle kullanılması söz konusu olabilmektedir. Örneğin belirli bir hızın altındaki kullanımlarda elektrik motoru hareket için kullanılırken aracın yüksek hızları çıkması durumunda fosil yakıtlı motor devreye girer ve aracın hareket aktarım sistemi bu motor tarafından sürülmeye başlanır.

Harici şarj edilemeyen araçlar üzerinde bulunan batarya sistemleri fosil yakıtlı motorların çalışması esnasında meydana gelen enerji ile beslenirler. Fosil yakıtlı sistemde alınan enerjinin büyük bölümü aracın hareket ettirilmesi işleminde kullanılırken bir kısımda bataryaların şarj edilmesi işlemi için iletilir. Bazı hibrit araç modellerinde rejeneratif

frenleme işlemi sonucunda meydana gelen elektrik enerjisi de bataryalar üzerinde yük olarak depolanabilmektedir.

2.2.1.2. Sadece Elektrikli Araçlar

Tamamen elektrikli, sadece elektrikli, sadece elektrik motorlu veya bataryalı araçlar olmak üzere farklı isimlerle bilinmektedirler. Sadece elektrikli araçlar bataryalarında depolanmış olan kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine çevirerek hareket eden araçlardır.

Bu araçlar üzerinde elektrik motoru haricinde herhangi bir motor yoktur [9].

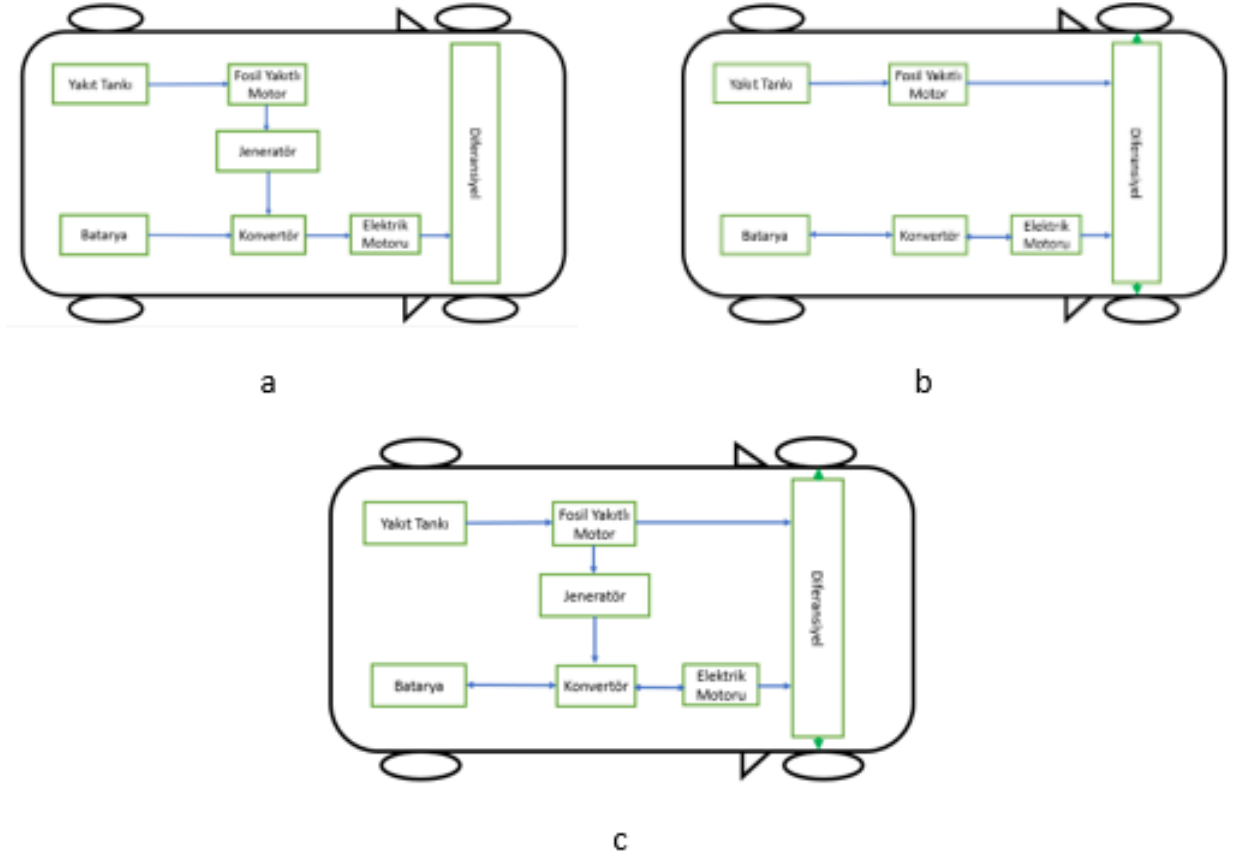
Bu tip elektrikli araçların mimari yapıları diğer araç tiplerine göre daha basittir. En önemli kısımları ise AC ya da DC elektrik enerjisini yüke dönüştürerek depoladıkları bataryalarıdır. Bu araçlarda herhangi bir enerji üretim mekanizması olmadığı için bataryalar dışarıdan yük aktarımı ile doldurulmaktadır. Araç bataryalarının doldurulması için geliştirilmiş farklı güç aktarım kapasitelerinde hızlı şarj istasyonları olduğu gibi şebekeye bağlanabilen güç girişleri de bu araçlar üzerinde mevcuttur [6].

2.3. Elektrikli Araç Mimarileri

Elektrikli araçlar üzerlerinde batarya bulunduran ve bu bataryalarda depo ettikleri enerjiyi elektrik motorları aracılığıyla hareket enerjisine dönüştüren taşıtlardır. Elektrikli araçlar mimari açıdan iki temel gruba ayrılmaktadırlar, bunlar; hibrit elektrikli araçlar ve sadece elektrikli araçlardır. İki grupta bulunan araçların mimari özellikleri de birbirine benzemektedir.

2.3.1. Şarj Edilemeyen Hibrit Elektrikli Araçlar

Şarj edilemeyen hibrit elektrikli araçlar üzerinde hem elektrik motoru hem de fosil yakıtlı motor ile hareket edebilen sistem mevcuttur. Bu araçlarda elektrik motorlarının ihtiyaç duyduğu elektrik yükü araç üzerindeki fosil yakıtlı motor aracılığı ile üretilir ve bataryalarda depo edilir. Harici olarak bataryalara yük sağlayacak bir elektrik besleme girişi yoktur. Şarj edilemeyen elektrikli araçlarda mimari yapılarına göre seri hibrit, paralel hibrit ve seri-paralel hibrit olmak üzere üç gruba ayrılırlar. Şarj edilemeyen hibrit elektrikli araçlar ülkemizde de fazlaca tercih edilen elektrikli araç modelidir.

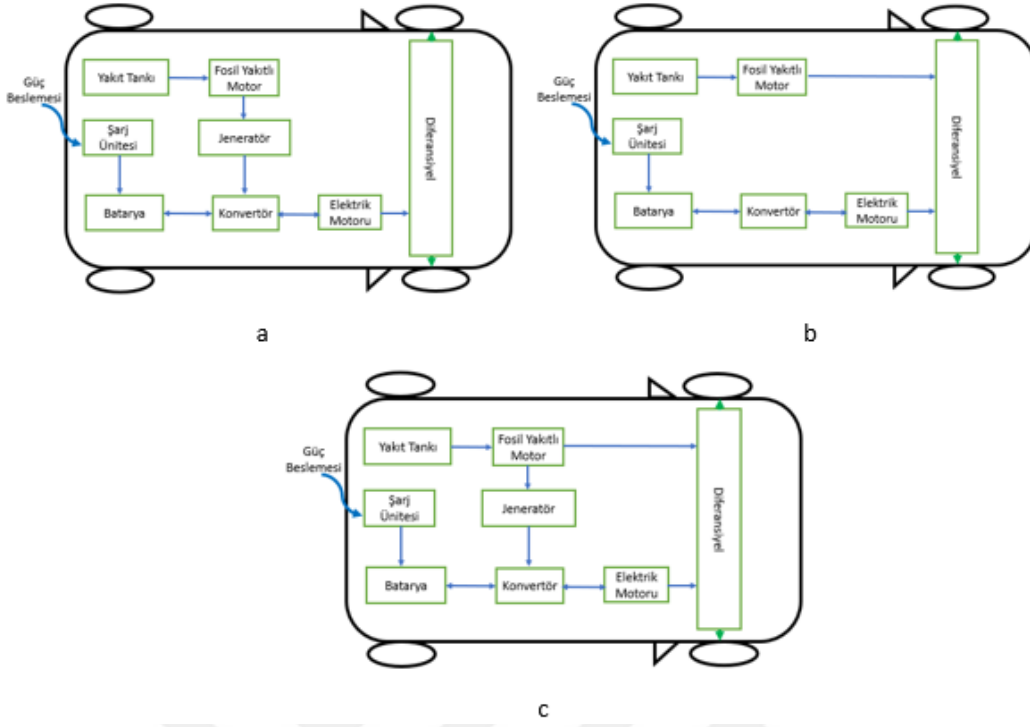


Şekil 2.7. Şarj edilemeyen elektrikli araç mimarileri (a) Seri hibrit (b) Paralel hibrit
(c) Seri-Paralel hibrit

2.3.2.Şarj Edilebilen Hibrit Elektrikli Araçlar

Şarj edilebilir hibrit elektrikli araçlar sadece elektrikli araçlara göre daha karmaşık bir mimariye sahiptirler. Bu tip araçlar üzerinde hem elektrik enerjisi ile beslenen elektrik motoru hem de standart fosil yakıt ile beslenen motor bulunur. Hibrit elektrikli araçların mimari kurguları sadece elektrik motoru, sadece fosil yakıtlı motor veya fosil-elektrikli motorların beraber kullanılarak ilerleyecek şekilde yapılmıştır. Şarj edilebilir hibrit araçlar hem şarj istasyonu yardımıyla “On-Board” hem de şarj istasyonu olmadan ekipmanla “Off-Board” şarj edilebilecek şekilde tasarlanmış mimariye sahiptirler.

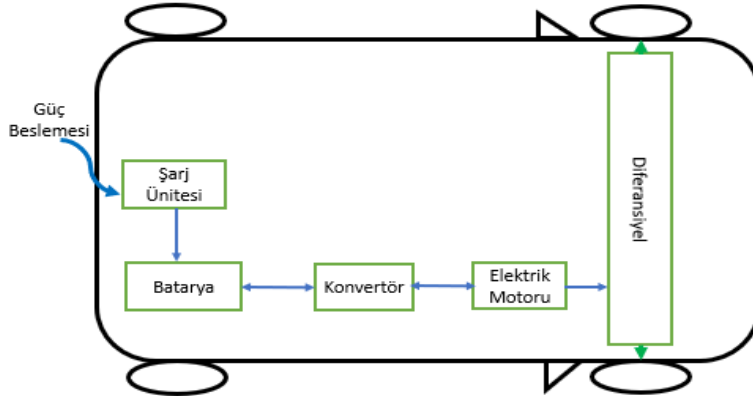
Şarj edilebilir hibrit elektrikli araçlar üzerlerinde bulunan fosil yakıtlı motorlar onlara esnek kullanım ve şarja bağımlı olmama özelliğini sağlamaktadır. Şarj edilebilir elektrikli araç tasarımları göz önüne alındığında kendi içinde seri hibrit, paralel hibrit ve seri-paralel hibrit olmak üzere üç gruba ayrılırlar [10].



Şekil 2.8. Şarj edilebilen elektrikli araç mimarileri (a) Seri hibrit (b) Paralel hibrit (c) Seri-Paralel hibrit

2.3.3. Sadece Elektrikli Araçlar

Sadece elektrikli araçlar üzerinde yalnızca batarya üzerinden alınan enerji ile ilerleyebilecek bir mimari kurulumdur. Sadece elektrikli araçlar üzerinde batarya, şarj ünitesi, motor sürücüsü, elektrik motoru, konvertör ve hareket aktarım sisteminden oluşan basit bir mimari bulunmaktadır. Araç üzerinde bulunan bataryalar üzerinde önceden depo edilmiş olan yük elektrik motorunun beslenmesi için aktarılır ve elektrik motoru aracılığı ile üretilen hareket aktarma sistemi vasıtası ile tekerleklerle iletilir ve hareket gerçekleşir.



Şekil 2.9. Sadece elektrikli araç mimarisi

2.4. Elektrikli Araç Menzilleri

Elektrikli araçların yaygınlaşmaya başlaması sonucunda birçok firma elektrikli araç üretimi yapmaya başladı. Farklı firmaların ürettiği elektrikli araçlar farklı avantajları ile tercih edilebilir olsalar da elektrikli araç piyasasında satış rakamlarını belirleyen en belirgin özellik elektrikli araçların sahip oldukları araç menzilleridir. Menzilleri uzun olan araçlar daha çok tercih edilmektedir.

Elektrikli araçlar üzerlerinde bulunan batarya kapasiteleri, elektrik motor cinsleri, hareket aktarma organlarının verimi ve araç tasarım dinamikleri gibi değişkenlerden dolayı farklı menzillere sahiptirler. İlk üretilmiş elektrikli araçlar ile günümüz elektrikli araçları karşılaştırıldığında araçların menzilleri konusunda meydana gelen gelişme görülebilir. Ticari firmalar tarafından üretilmiş ve yaygın olarak kullanımda olan araçların bazılarını bakacak olursak aşağıdaki gibi bir tabloyu görebiliriz.

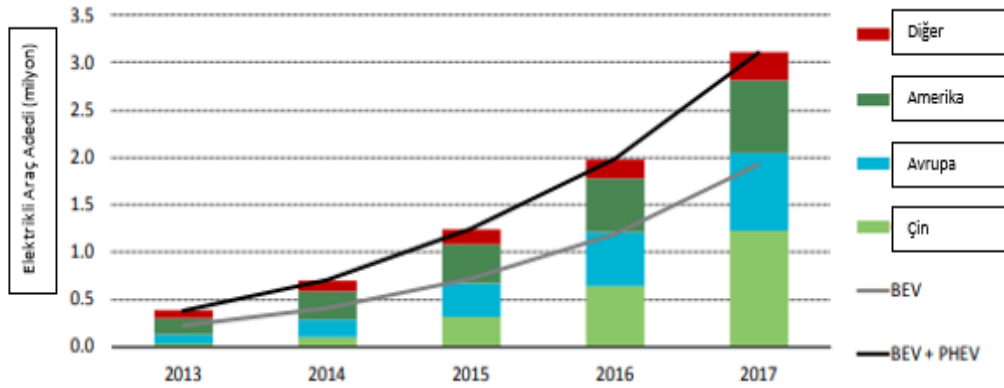
Tablo 2.2. Elektrikli araç menzilleri [11-22]

Marka/Model	Menzil (mil)	Menzil (km)
Tesla Model S P100D	335	539
Tesla Model X P100D	289	465
Tesla Model 3	310	499
BMW i3	186	300
Nissan Leaf	168	270
Ford Focus EV	115	185
Renault Zoe	248	400
Chevrolet Bolt EV	238	383
Volkswagen e-Golf	125	201
Kia Soul EV	111	179
Fiat 500e	84	135
Smart ED	99	160

2.5. Dünyada Elektrikli Araçların Durumu

Dünya genelinde ülkeler kullandıkları ve ihtiyaç duydukları fosil yakıt miktarını günden güne azaltmaktadır. Ekosistemin korunmasında fosil yakıtlarının yanması sonucunda meydana çıkan gazların azaltılması ve önüne geçilmesi büyük önem taşımaktadır. Fosil yakıt kullanımını büyük oranda arttıran ulaşım araçlarının yerine elektrikli araçların kullanımları gündemde olan gelişmedir. Özellikle gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler

fosil yakıtlı araç kullanımının azaltılması, bunların yerine elektrikli araç kullanımının artırılması için köklü düzenlemeler yapmakta ve teşvikler oluşturmaktadırlar. Yapılan vergi indirimleri ve şarj istasyonu kurulumları için teşvik verilmesi gibi olumlu uygulamalar elektrikli araçların yaygınlaşmasına destek sağlamaktadır. Bu uygulamalar sayesinde dünyadaki elektrikli araç sayısı yıldan yıla artış göstermektedir.

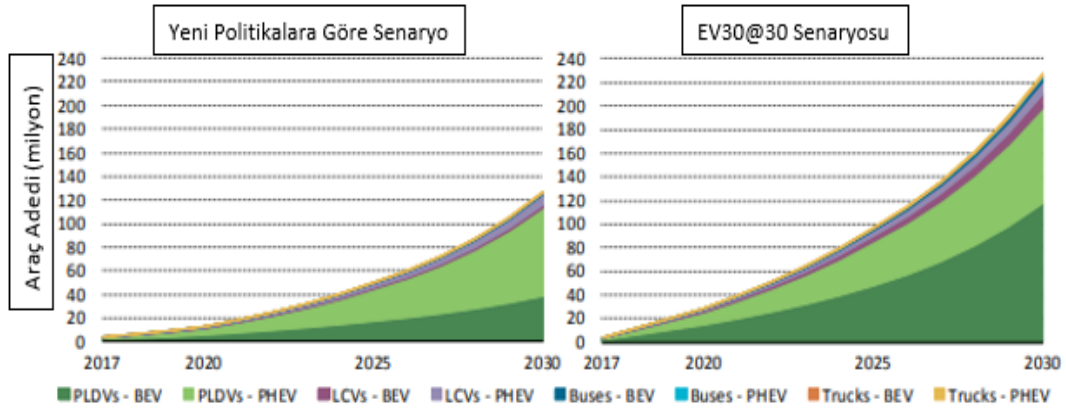


Şekil 2.10. 2013-2017 yılları arası dünyada elektrikli araç sayıları artış grafiği [23]

Dünya çapında gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin katıldığı elektrikli araçların kullanımının yaygınlaştırılması konusunda düzenlenen kampanyalar mevcuttur. Bunların içinde geniş kapsamlı olarak düzenlenen kampanyalardan bir tanesi de EV30@30 kampanyasıdır. EV30@30 kampanyası ilk olarak 8 Nisan 2017 tarihinde Çin'in Beijing kentinde başlatılmıştır. Bu kampanyanın amacı sadece elektrikli, şarj edilebilir elektrikli ve yakıt hücreli araç modellerini (2 ve üç tekerlekli araçlar, elektrikli yolcu taşıma araçları, hafif ticari araçlar, otobüsler ve kamyonlar) desteklemek ve sunulan fırsatlar doğrultusunda adetlerin arttırılmasını sağlamaktır. Kampanya hedefleri arasında 2030 yılına kadar satılan tüm araçların %30'unun elektrikli araçlardan oluşması vardır [24].

Bu kampanyayı oluşturan ülkeler Temiz Enerji Bakanlığı (Clean Energy Ministerial) adı altında grup oluşturmuşlardır ve üye olan ülkeler Kanada, Çin, Finlandiya, Hindistan, Japonya, Meksika, Hollanda, Norveç ve İsveç'tir. Grubun lider ülkeleri ise Çin ve Kanadadır [25].

Elektrikli araç adetlerinin ve kullanım oranlarının yakın gelecekte büyük oranda artacağı tahmin edilmektedir. Özellikle gelişmiş ülkeler ve oluşturdukları gruplar tarafından uygulanan senaryolar sayesinde elektrikli araç adetlerin hızla artacağı öngörülmektedir.



Şekil 2.11. 2017-2030 yılları arası küresel elektrikli araç adetleri artış tahminleri [23]

Dünya çapında bakıldığında bazı ülkelerin teşvikler ile elektrikli araç kullanımını arttırmaya çalıştıkları görülmektedir. Bunların yanında bazı ülkelerin de konuya daha katı yaklaştığı ve yasaklamalar ile fosil yakıtlı araç kullanımının önüne geçmeye çalıştıkları görülmektedir. Fransa, İrlanda, Hollanda, Norveç, Slovenya, Sri Lanka, İsveç, İskoçya ve İngiltere fosil yakıtlı araçların yasaklanması yönünde açıklamada bulunan ülkelerdir. Fosil yakıtlı araçlar konusunda kısıtlamalar getiren ve bu yönde kararlar almaya devam eden ülkeler mevcuttur.

Tablo 2.3. Fosil yakıtlı araçlar konusunda yasaklama getiren ülkeler ve kısıtlama tarihleri [23]

Ülke	2025	2030	2032	2040	2045
Fransa				▲	
İrlanda		▲			
Hollanda		▲			
Norveç	▲				
Slovenya		▲			
Sri Lanka				●	
İsveç					
İskoçya			▲		●
İngiltere				▲	

▲: Fosil Yakıtlı Araç Satış Yasağı veya 100% Sıfır Emisyon Araç Satış Hedefi

●: Fosil Yakıtlı Araçsız Filolar

Tablo 2.4. Fosil yakıtlı araçlar konusunda kısıtlama getiren yerel yönetimler ve kısıtlama tarihleri [23]

Yerel Yönetimler	2024	2025	2030	2035	2040
Atina		▲			
Yeni Zellanda			●		
Balear Adaları		▲		◇	
Barselona			●		
Cape Town			●		
Taipei					○
Kopenhag			●		
Londra			●		
Los Angeles			●		
Madrid		▲			
Mexico City		▲	●		
Milan			●	○	
Oxford			●		
Paris	▲		◇ ●		
Quito			●		
Roma	▲				
Seattle			●		
Stockholm			◇		
Vancouver			●		

▲: Dizel Erişim Kısıtlaması

◇: Fosil Yakıtlı Araçlar Kısıtlaması

○ : Fosil Yakıtlı Araç Satış Yasağı

●: Fosil Yakıtsız Sokaklar Deklarasyonu

Küresel piyasada araç üretimi yapan pek çok şirket bulunmaktadır. Elektrikli araçların önem kazanması ve ülkelerin elektrikli araç kullanımlarını teşvik etmeye başlamaları neticesinde otomotiv firmaları da bu araçların üretimlerine önem vermeye başlamışlardır. Elektrikli araçlar konusunda çalışmalar yapmaya başlayan pek çok firma fosil yakıt kullanan araçlar konusunda araştırma geliştirme faaliyetlerini bırakmaktadır, özellikle de

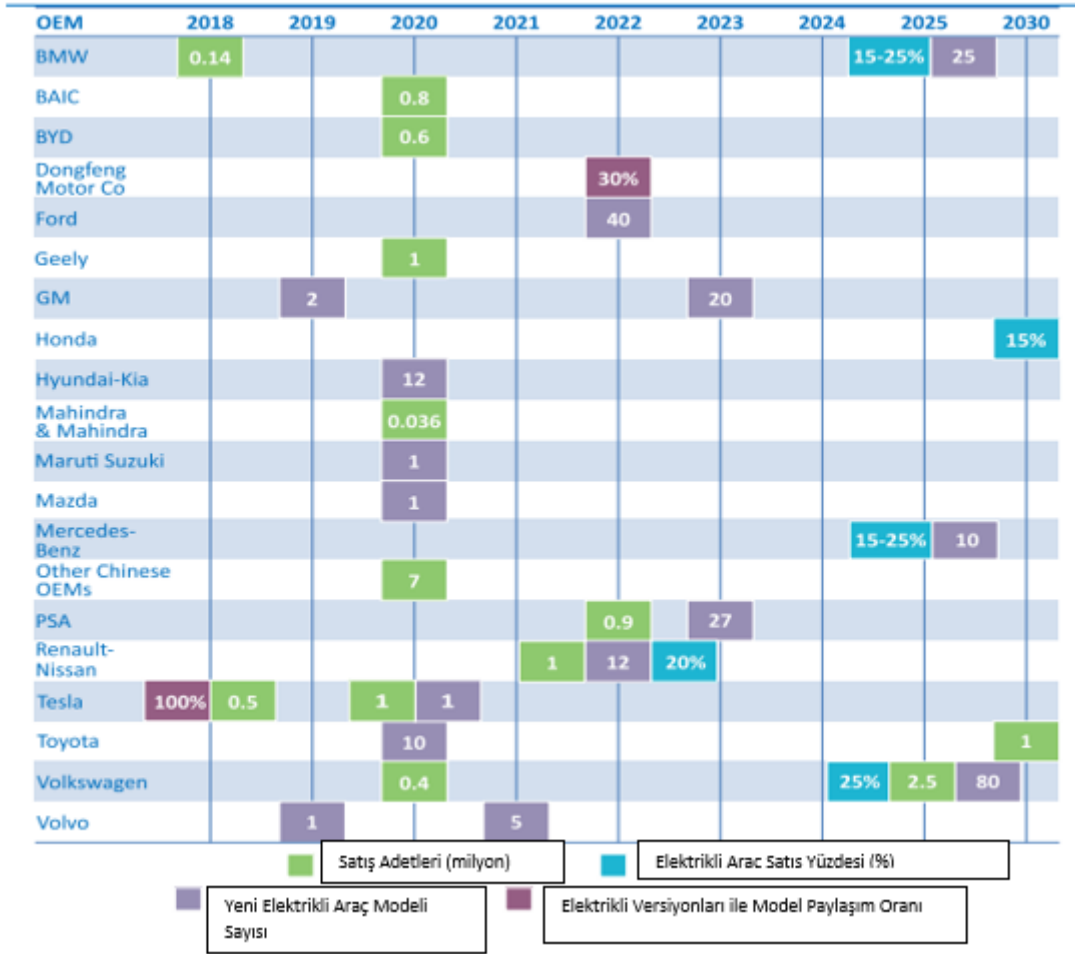
dizel yakıtlı modeller üzerine meydana gelen gelişmeler takip edilmemektedir. Bu bağlamda küresel seri imalat yapan firmaların çoğu aksiyon almaktadırlar.

Tablo 2.5. Dizel araç üretimini durduracağını açıklayan firmalar ve tarihleri [23]

Firma	Aksiyon
Fiat-Chrysler	2022'den itibaren dizel model araçları aşamalı olarak üretmeyi bırakacaktır.
Honda	Avrupa'da dizel araç üretimin ve satışını bırakacaktır.
Porsche	Markanın temel modellerinde dizel ünite olmayacaktır. Firma optimize edilmiş fosil yakıtlı araçlara, hibrit ve tamamen elektrikli araçlara odaklanacaktır.
Subaru	Firma 2020'ye kadar dizel araç üretimi ve satışından çekilecektir.
Toyota	Firma 2018 sonuna kadar Avrupa'da dizel araç satışını durduracaktır.
Volvo	Firma dizel motor geliştirme işini durdurdu.

Otomotiv firmaları elektrikli araçlar konusunda geliştirdikleri ilerleme planlarını küresel piyasaya duyurmaktadırlar. Bu gelişmelere bakıldığında otomotiv üreticilerinin elektrikli araç gelişimine verdikleri ve verecekleri önem açıkça görülebilmektedir.

Tablo 2.6. Otomotiv üreticilerinin elektrikli araç üretim duyuları [23]



2.6. Türkiye’de Elektrikli Araçların Durumu

Elektrikli araçlar geçtiğimiz on yıl içerisinde otomotiv piyasasında satışları ile artan trend yakalamıştır. Benzer şekilde ülkemizde de elektrikli araçların günden güne yaygınlaştığı görülmektedir. Satış rakamları ve kullanım oranları göz önüne alındığında elektrikli araçların henüz ülkemizde çok fazla tercih edilmediği göz önüne çıkmaktadır.

Ülkemiz konumu, gelişmiş iş gücü ve sanayi yatırımları sayesinde otomotiv üreticileri tarafından tercih edilen bir ülke konumundadır. Pek çok farklı marka ve model araç ülkemiz sınırları içerisinde bulunan fabrikalarda üretilmektedir. Bu firmalar Toyota, Renault, Ford, Tofaş, Honda ve Hyundai’dir. Bu firmalardan sadece Renault firması seri imalat bandında sadece elektrik motoru ile ilerleyen Fluence ZE modelini ülkemizde

üretmiştir. Türkiye’deki otomotiv firmalarından Toyota firması ülkemizde hibrit araçlar üretmektedir. Diğer firmalar ise fosil yakıtlı modellerini ülkemizde üretmektedirler.



Şekil 2.12. Toyota C-HR hibrit elektrikli araç [26]



Şekil 2.13. Renault Fluence ZE elektrikli araç [27]

Türkiye’de kendisi elektrikli araç platformu üretmediği halde farklı firmaların araç platformları üzerine elektrikli araç mimarisi kurgulayarak yeni modeller üreten firmalar mevcuttur. Türkiye’deki araç platformu üzerine elektrikli araç kurgulayan firmaları Derindere Motorlu Araçlar (DMA) ve BD Otomotiv dir. Derindere Motorlu Araçlar firması Toyota Corolla araç platformu üzerine elektrikli araç üretmektedir. Benzer şekilde BD Otomotiv de Tofaş-Fiyat ve Renault ticari araç platformları üzerine elektrikli araçlar üretmektedirler.



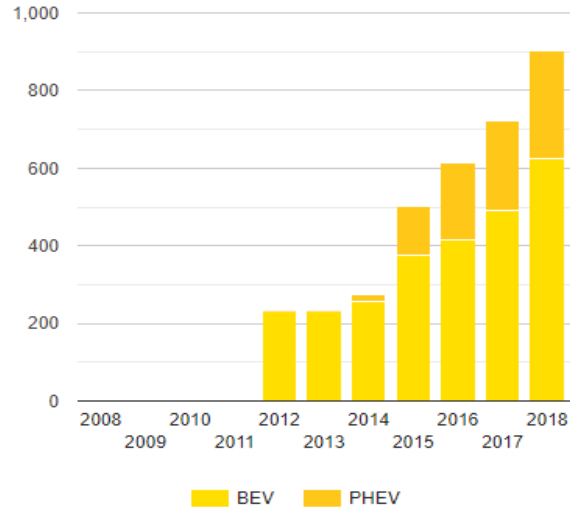
Şekil 2.14. BD firması tarafından elektrikli araca dönüştürülen ticari araçlar [28]



Şekil 2.15. Türkiye’de üretilen DMA marka otomobil [29]

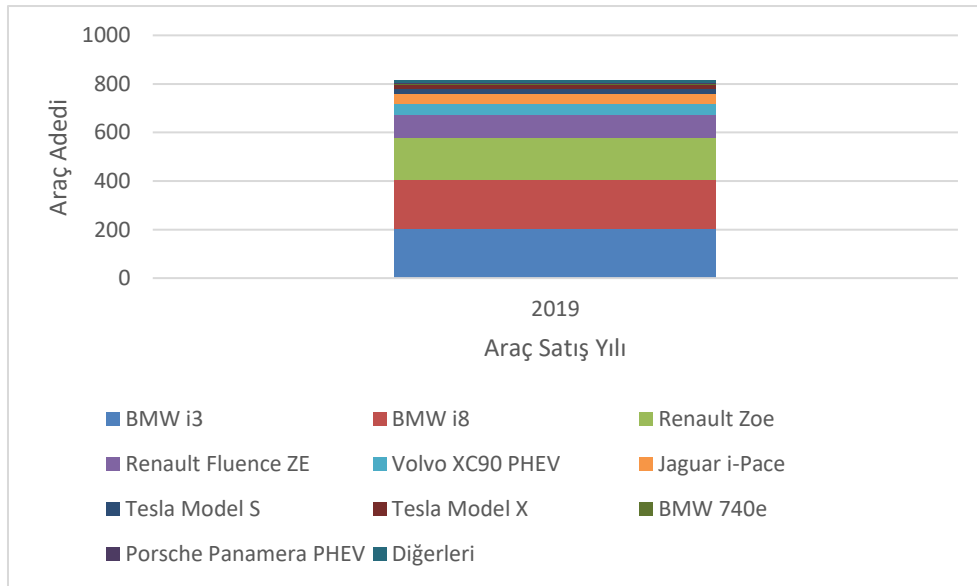
Dünyanın gelişmiş ülkelerinde olduğu gibi ülkemizde de çevreye karşı olumsuz etkileri olması sebebiyle fosil yakıt kullanımını azaltılmaktadır. Çevre kirliliğinde yüksek katılımı olan fosil yakıtlı araçların kullanımını yerine elektrikli araçların tercih edilmesi çevre kirliliği ve dünyadaki karbon ayak izimizin azaltılmasında etkili olacağı devlet tarafından göz önüne alınmaktadır. Bu doğrultuda ülkemizde fosil yakıtlı araçlardan alınmakta olan Özel Tüketim Vergisi (ÖTV) %30 ile %160 arasında değişirken elektrikli araçlarda bu oranlar %45 ile %100 arasında değişmektedir.

Türkiye’de satılmış olan elektrikli araçların adetleri artan trendin kanıtı olarak görülmektedir. Şarj edilebilir elektrikli araçların Türkiye’deki durumları incelendiğinde 2012 yılından 2019 yılına kadar olan süreçte belirgin artış sergilediği görülebilir.



Şekil 2.16. Türkiye’deki şarj edilebilir elektrikli araçların 2012-2019 yılları arasındaki adetleri [30]

Türkiye’de satılmış şarj edilebilir elektrikli araçların dağılımları incelendiğinde lüks sınıf içerisinde yer alan marka ve modellerin elektrikli versiyonlarının satışı göze çarpmaktadır. Bu da elektrikli araçların ülkemizde tabana henüz yayılmadığı, üst gelir sınıfı içerisinde yer alan bireyler tarafından tercih edildikleri görülebilir. İlerleyen yıllarda batarya teknolojilerinde yaşanan gelişmeler neticesinde batarya üretim maliyetlerinin düşeceği ve araç fiyatlarını aşağı çekeceği düşünülmektedir. Bu gelişmeler ile birlikte ülkemizde de elektrikli araçların tabana yayılacağı ve sayılarının katlanarak artacağı ön görülmektedir.



Şekil 2.17. Türkiye’de 2019 yılı şarj edilebilir araç modelleri adet dağılımı [31]

2.7. Elektrikli Araç Bileşenleri









2.7.1. Şarj Bağlantı Ekipmanları

Elektrik bağlantısı yapılarak bataryaları doldurulabilen tüm elektrikli araçlar şarj istasyonlarına bağlantı ünitesi (konnektör) ile bağlanmak zorundadırlar. Bağlantı üniteleri farklı şarj istasyonlarına uygun şekilde dizayn edilmektedir. Örneğin, elektrikli veya hibrit araçlar akım değeri düşük level 1 şarj istasyonlarından şarj edilebileceği gibi yüksek akım sağlayabilen level 2, level 3 şarj ünitelerinden de şarj edilebilir. Farklı tiplerde elektrikli araç şarj ünitesi olduğu gibi bu tiplere uygun farklı şarj ekipmanları bağlantı biçimleri de mevcuttur. Bağlantı ekipmanları ayrıca şarj istasyonu tipine, araca sağlanan akım cinsine, gerilim seviyesine akım miktarına ve kullanılan ülkeye göre değişiklik gösterebilmektedir.



Şekil 2.18. Elektrikli araç batarya beslemesi bağlantısı [32]

Tablo 2.7. Araç şarj soketleri [33]

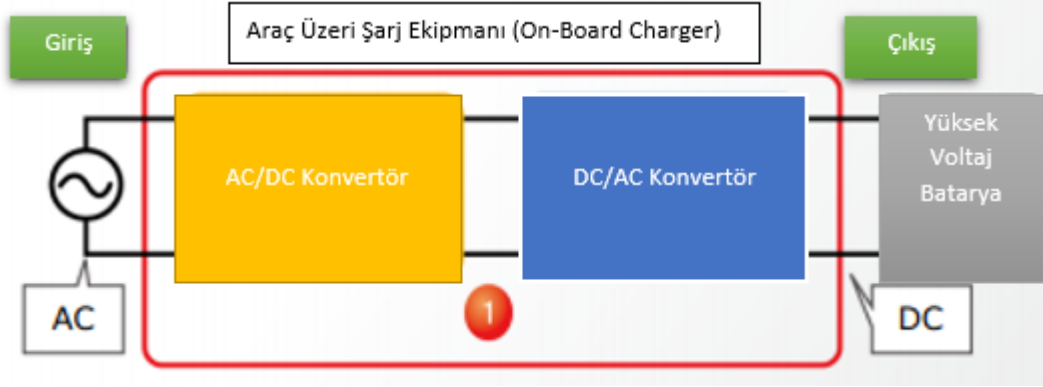
	Tip 1 / Amerika	Tip 2 / Avrupa	GB / Çin
Alternatif Akım (AC)	 SAE J1772/IEC 62196-2	 IEC 62196-2	 GB Part 2
Doğru Akım (DC)	 IEC 62196-3	 IEC 62196-3	 GB Part 3/IEC 62196-3
Birleştirilmiş AC/DC Akım	 SAE J1772/IEC 62196-3	 IEC 62196-3	

2.7.2. Araç Üzeri Batarya Şarj Cihazı

On-board şarj üniteleri araç üzerine takılan paketler haline getirilmiş araç bataryası şarj cihazlarıdır. Bataryalar şebekelere bağlandığında akım direkt olarak batarya içerisinde bulunan hücrelere verilmez. OBC (on-board charger) üniteleri üzerinden bataryalara yük akışı sağlanır. Bu şarj ünitelerinin içerisinde voltajın istenen değerlere ayarlanabilmesi adına AC-DC dönüştürücüler ve DC-DC voltaj regülatörleri bulunur [34].

OBC lerin temel görevleri,

- 1) 50-60 Hz AC akımın DC ye dönüştürülmesi.
- 2) Batarya için gerekli DC voltaj seviyesinin ayarlanması.
- 3) Galvanik izolasyonun sağlanması.
- 4) Güç faktörünün ayarlanması. (PFC: power factor correction)
- 5) Motor kontrol ünitesinin ark ve yüksek akım gibi hasarlardan korunması.



Şekil 2.19. On-board şarj ünitesi iç yapısı [35]

2.7.3. Batarya Yönetim Sistemi

Elektrikli araçlar üzerinde hareket için gerekli enerjinin depolandığı batarya üniteleri bulunur. Bu ünitelerin şarj deşarj işlemleri de kontrollü olarak yapılmalıdır. Batarya hücrelerinin düzen içerisinde işletilmesi için bir kontrol mekanizmasına ihtiyaç vardır. Şebeke üzerinden araca aktarılan enerjinin batarya içerisinde bulunan hücrelere dengeli olarak dağıtılması ve depolanması batarya yönetim sistemlerinin (BYS) öncelikli fonksiyonudur. Eğer batarya hücreleri dengeli şarj edilmez ise hücreler arasında dengesizlik oluşmakta ve batarya modülleri kullanılamaz hale gelebilmektedir. Bunun engellenmesi ve bataryaların kontrol altında tutulabilmesi için BYS (Batarya Yönetim Sistemi) birimleri yaygın olarak kullanılmaktadır [36].



Şekil 2.20. Batarya yönetim sistemi diyagramı [37]

Batarya yönetim sistemleri dört ana öğeden meydana gelir. Batarya yönetim sistemlerinin önemli kısımları olan bu dört öğe; mikro denetleyici, devre izolasyon cihazları, anahtarlama ekipmanları ve ölçüm cihazları olarak sıralanabilir. Batarya yönetim sistemleri içerisindeki akışı sağlayacak olan birim mikro denetleyici kısmıdır. Bu birim

mümkün olduğunca küçük, anahtarlama yapacak kadar güçlü ve anahtarlama ekipmanlarının milisaniyeler mertebesindeki tepkilerine uyum sağlayabilecek kadar hızlı olmalıdır.

Tablo 2.8. Batarya yönetim sistemi birimleri [37]



Batarya yönetim sistemi ekipmanları tasarlanırken önemli diğer bir nokta ise anahtarlama elemanlarıdır. Genellikle hızlı çalışmaları ve uygun frekansları sayesinde MOSFET ler tercih edilir, özellikle Logic-Level MOSFET ler bu iş için yaygın olarak kullanılmaktadır. MOSFET çözümlerinden farklı olarak kullanılabilen anahtarlama röleleri de vardır fakat röle kullanımı sonucunda frekans uyumsuzluğu ve frekans limit değerleri sınırlandırıcı olabildiği için çok fazla tercih edilmemektedirler.

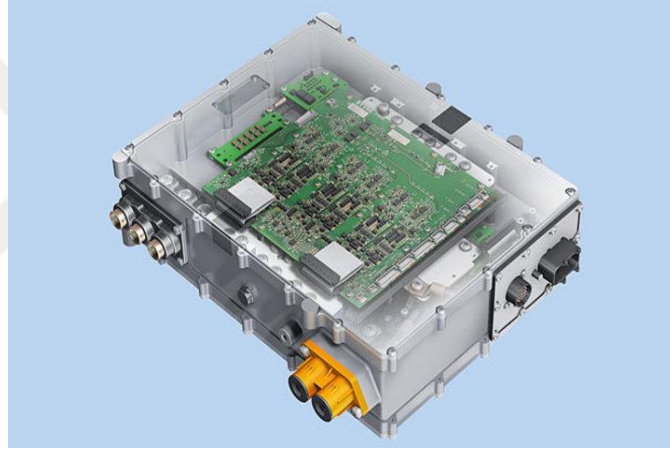
Batarya yönetim sistemi ekipmanlarının tasarımında yüksek gerilim ve düşük gerilim sistemleri arasındaki devre izolasyonu sistemin güvenli çalışabilmesi açısından çok önemlidir. Çoğu izolasyon devresi yüksek voltaj ve düşük voltaj devrelerini birbirinden ayırırken bu iki devrenin birbiri ile haberleşmesini sağlaması gerekir ve işlem optokuplörler vasıtasıyla gerçekleşir.

Batarya yönetim sistemleri içerisinde oluşan pek çok değişimin hızlı şekilde belirlenmesi, ölçülmesi ve karşılaştırılması gerekir. Bu sebeple ölçüm ekipmanlarının önemi büyüktür. Sistemler içerisinde yer alan batarya hücrelerinin voltaj değerlerinin belirli değerlerde tutulması ve diğer hücreler ile dengeli olması gerekmektedir. Bu dengenin sağlanmasında sensörlerden alınan ölçüm değerleri kullanılır. Genellikle hücrelerde üretilen analog veriler analog-dijital veri dönüştürücüleri yardımı ile dönüştürülür ve değerlendirme işleminde kullanılırlar çünkü değerlendirmenin kesin olarak yapılabilmesi ilkesi esastır.

Sistemler içerisinde yer alan ölçüm ekipmanlarının kullanılacağı birimler içerisinde ve paket içerisindeki konumları da büyük önem teşkil etmektedir, genellikle tasarım aşamasında termal veriler ve elektrik alan verileri sonucunda konumlandırmaları yapılmaktadır [38].

2.7.4. İnvörtör

Elektrikli araçlar üzerinde bulunan invertör sistemleri elektrik motorlarının sürülmesinde görevli olan ara birimlerdir. Elektrik motoru tarafından ihtiyaç duyulan enerjinin batarya üzerinden çekilmesi ve sürücünün kullanım biçimine göre motora aktarılması işlemini kontrol eder. Ayrıca elektrikli araçların rejeneratif fren yapması esnasında ortaya çıkan enerjinin sisteme geri kazandırılması işlemi de invertör üzerinden yapılmaktadır.



Şekil 2.21. Elektrikli araç invertörü [39]

İnvörtör sistemleri elektrikli araçlar üzerinde bataryalar ile elektrik motorları üzerinde yer alırlar. Elektrikli araçların bazılarında DC motorlar tercih edilmiş olsa da genellikle avantajları sebebiyle AC motorlar tercih edilir. Kullanılan bu AC motorların sürülebilmesi için AC akımla beslenmeleri gerekmektedir fakat elektrikli araçlar üzerinde bulunan bataryalarda DC güç depo edilebilmektedir. Araçların ilerleyebilmesi için ihtiyaç duydukları AC akımın DC güçten elde edilmesi gerekir. Tamamı bu iş için özelleşmiş olan invertör sistemleri kullanılır. Batarya üzerinde depo edilmiş olan DC gücü AC akıma çevirirler ve motorların sürülebilmesi için aktarırlar.

İnvörtör sistemlerini sadece motorlara güç aktarılmasında görev almazlar, elektrikli araç motorlarında rejeneratif frenleme esnasında motorlar bir jeneratör gibi çalışırlar ve AC

güç üretirler. Bu üretilen güç invertör ve ultra kapasitörler yardımıyla DC enerjiye dönüştürülerek batarya üzerinde depo edilebilmektedir.

2.7.5. Motor Kontrolcüsü

Elektrikli araçlar üzerinde var olan elektrik motorların kontrol edilmesinden sorumlu olan ünitelerdir. Elektrik motorların sürülmesi işini önceden belirlenmiş olan kontrol algoritmalarını kullanarak yapmaktadır. Farklı araç markalarında ve modellerinde farklı motorlar mevcut olsa da motorların sürülmesi için üniteler ve motor kontrol algoritmaları benzer kurgulara sahiptir.

Özellikle hibrit elektrikli araçlarda iki farklı motorun birbiri ile uyumlu olarak sürülmesi ve aracın ilerlemesi için uygun olan senaryonun uygulanması gerekmektedir. Bu tip araçlarda elektrik motorlarının sürülmesi için kullanılan motor kontrolcülerine büyük görev düşmektedir. Bazı hibrit araç modellerinde araç 40 km/s hıza ulaşmaya kadarki süreçte araç elektrik motorları ile ilerlemektedir, belirlenen 40 km/s hızı aştığında ise araç fosil yakıtlı motorlardan aldığı güç ile ilerlemektedir. Diğer bir önemli görevi ise sadece elektrik motorlu araçlarda vites kutusu olmaması sebebiyle aracın yönünün ayarlanmasıdır. Araç motorları ileri yönde sürüldüğünde araç ileri yönde ilerlerken, ters yönde sürüldüğünde araç geri yönde ilerlemektedir.

2.7.6. Elektrik Motorları

Elektrik motorları elektriğin endüstriyel olarak kullanılmaya başlamasıyla birlikte icat edilmiş ve kendisine yaygın kullanım alanları bularak günümüze kadar gelmiş olan makinelerdir. Çok farklı dizayn edilmiş tipleri mevcuttur. Endüstri, ulaşım, taşımacılık, yapı işleri gibi pek çok alanda farklı görevlerde kullanılan bu makineler elektrikli araçlarla birlikte otomotiv sektöründe de kullanılmaktadır. Elektrikli araç mimarileri düşünüldüğünde aracın temel görevi olan yol almasını sağlayan en önemli parça elektrik motoru olarak görülmektedir. Elektrikli araçları içten yanmalı motorlu araçlardan ayıran en belirgin parçadır.

Elektrik motorlarından bahsedildiğinde ilk olarak bu makineler AC yani alternatif akım ve DC doğru akım motorları olarak sınıflandırılır. Motorun kullanılacağı sisteme göre, kullanılan akım tipine, güç gereksinimine ve tork gereksinimlerine göre AC ve DC elektrik motorları değişken olarak seçilebilmektedir.

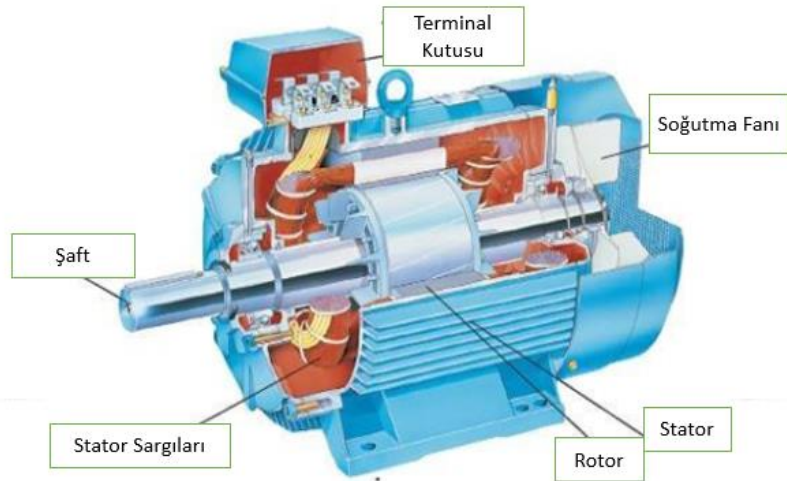
Elektrikli araçlarda farklı otomotiv üreticileri tarafından alternatif akım motorları (AC motor) ve doğru akım motorları (DC motor) kullanılmaktadır.

2.7.6.1. Alternatif Akım Motorları

Alternatif akım motorları yani AC motorlar endüstride geniş çapta tercih edilmekte ve temel makineleri arasında görülmektedir. AC motorlar düşük yapım maliyetleri, küçük ebatları, düşük bakım giderleri, zor endüstri şartlarında kullanılabilme özellikleri ile endüstri alanında oldukça popülerdirler. AC motorlar üç faz ve tek faz üzerinden beslenerek çalışabilirler bu da onları besleme açısından iki kategoriye ayırmaktadır. AC motorlar temelde rotor ve stator olmak üzere iki kısımdan meydana gelirler.

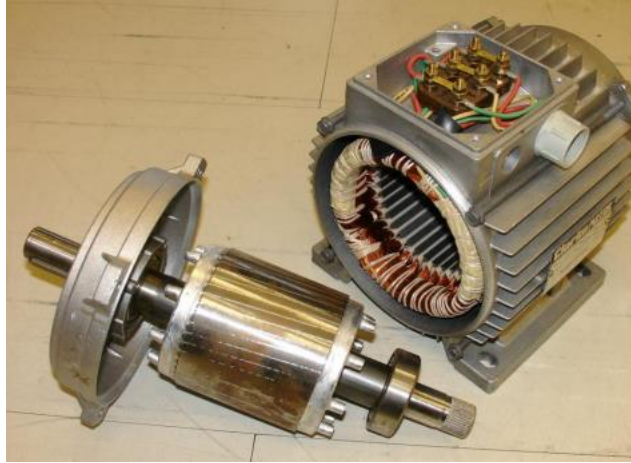
AC motorlar giriş terminalleri üzerindeki gücü statorda bulunan bobinlerdeki sargılar üzerine dağıtır ve manyetik döner bir akı meydana getirilir. Oluşan bu manyetik akı da stator içerisine yerleştirilmiş ve mile bağlı olan rotorun hareket etmesini sağlar, bu metot ile motora uygulanan elektrik enerjisi hareket enerjine dönüştürülmüş olur. Alternatif akım motorları tek faz veya üç faz üzerinden beslenebilmektedir. Üç faz ile beslenebilen AC motorları üç ana grupta incelenebilir,

- Endüksiyon motoru
- Senkron motor
- Sargılı endüksiyon motoru



Şekil 2.22. AC motor yapısı [40]

AC motor mekanizmasında motorun dış kısmında dönen bir elektromanyetik alan oluşturulması için elektromıknatıslardan oluşan stator yapısı bulunur. Statorun iç kısmında ise metal bir aks üzerine monte edilmiş bir tel, bobin ve metal kafese benzer yapı veya serbest dönebilen metal bir parçadan yapılmış rotor yapısı mevcuttur. AC motorlarda statoru oluşturan dış kısımdaki bobinlere akım verilir ve güç oluşturulur, bu oluşan güç sırasıyla bobinler üzerinde dönen bir manyetik alan meydana getirir. Manyetik alan içerisine elektrik iletken malzemeden yapılmış olan rotor yerleştirilmiştir. Stator tarafından meydana getirilen elektrik alan içerisindeki rotor üzerinde Faraday Yasası gereği manyetik alan bir akım indüklenir. Alan içerisinde bulunan iletken bir bilezik veya tel çerçeve ise akım döngü içerisinde devam eder, bir metal parça ise girdap akımı parçasının üzerinde dolanır. Bu durum neticesinde indüklenen akım kendi manyetik alanını üretir. Lenz kanununa göre dönen manyetik alan durur. Rotor içerisinde bulunduğu manyetik alanın hızına yetişmek için dönmeye başlar ve hareket meydana gelmiş olur [41]. AC motorların iki ana tipi olan asenkron ve senkron motorlar isimlerinden de anlaşılacağı üzere stator üzerindeki alanın dönme hızını takip edip edememelerine göre birbirinden ayrılırlar. Asenkron motorlarda rotorun dönüş hızı statoru yakalayamazken, senkron motorlarda rotor ise stator ile hızda dönmektedirler. Sanayinin farklı alanlarında asenkron ve senkron motorlar kullanılmaktadır. Bunun temel sebebi edinme maliyetlerinin düşük olması, işletme maliyetinin düşük olması, az bakım istemeleri ve yüksek performans ile çalışabilmeleridir.

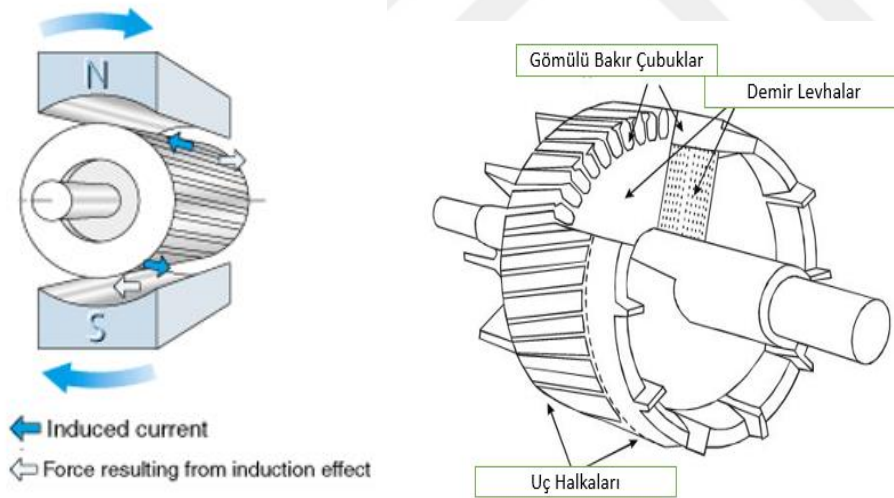


Şekil 2.23. AC motorların stator ve rotor bileşenleri [42]

2.7.6.1.1. İndüksiyon Motorları

İndüksiyon motorlarında stator üzerine gerilim uygulanırken rotor üzerine herhangi bir gerilim uygulanmaz. Stator sargıları üzerinden akım geçirildiğinde rotor üzerinde akım indüklenir. Stator üzerinde oluşan manyetik alan ile rotor üzerinde oluşan manyetik alan etkileşimi neticesinde rotor üzerinde hareket meydana getirilir ve rotor üzerinde bulunduğu şaft vasıtası ile dönmeye başlar.

Stator sargıları üzerine gerilim uygulandığında statorun bobinleri üzerinde meydana gelen döner manyetik alan hareketin oluşmasına sebep olur, bu alan ayrıca motorun dönüş hızının da belirlenmesinde temel etkidir. Dönüş hızı doğrudan stator üzerinde bulunan bobin sayısına ve statora uygulanan gerilimin frekansına bağlıdır. Rotor kapalı bir iletken mekanizması olması sebebiyle üzerinde oluşan akımlar ile stator üzerinde oluşan alan birbirini takip eden bir senkron durum meydana getirir ve sürekli hareket oluşur. Üretilen bu hareketin hızının ayarlanması istendiğinde ise genellikle motorun statoru üzerine uygulanan gerilim frekansı değiştirilir ve ayarlama yapılır, bunun için kullanılan ekipmanlara ise değişken frekans sürücü devreleri denmektedir [43].



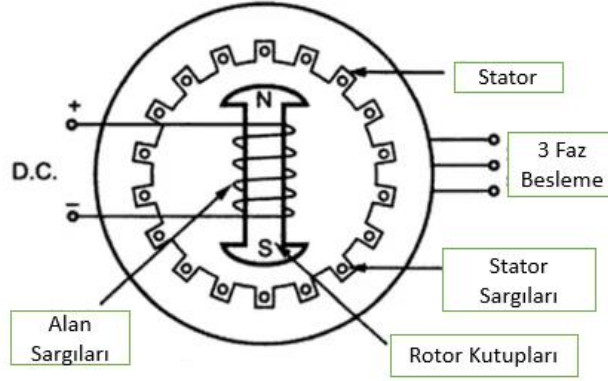
Şekil 2.24. İndüksiyon motor yapısı [45] [44]

2.7.6.1.2. Senkron AC Motorlar

Senkron motorlar isimlerinden de anlaşılacağı üzere stator ve rotor parçaları birbiri ile neredeyse gecikme olmaksızın senkron olarak çalışabilen makinelerdir. Bu motorlarda da indüksiyon motorlarında olduğu bir miktar kayma vardır ancak bu motorlarda motor

dönen manyetik alan ile aynı hızda çalışmaktadır. Bu motorlar yüksüz durumda sahip oldukları hızlarını tam yüklü durum altında da korurlar.

Senkron motor yapısında statorda alternatif akım ile beslenen sargılar bulunur, rotor da ise DC alan sargıları bulunur. Stator sargılarına gerilim uygulandığında dönen manyetik alan meydana gelir. Senkron motorun rotoru başlangıçta durağan ise rotor durağanlıktan dolayı hareket etmez ve motor kendiliğinden çalışmaya başlamaz. Senkron motorların çalışmaya başlaması için ilk olarak normal indüksiyon motorları gibi çalıştırılır sonrasında zıt polariteye sahip stator ve rotor kutupları birbirine kilitlenerek senkronize hareket etmeye başlarlar. Bu çalışma mekanizmasının sağlanabilmesi için senkron motorların rotorları iki farklı sargıya sahiptir bunlardan ilki sincap kafesli sargı veya AC sargılı tipi sargı ikincisi ise DC sargıdır.



Şekil 2.25. Senkron AC motor yapısı [46]

Senkron motorlar çalıştırılması aşamasında öncelikle normal indüksiyon motorları gibi çalıştırılırlar rotorun hızı senkron olması gereken hızın %90-95 hızına ulaştığında rotorun DC sargılarına DC gerilim uygulanır ve rotor üzerinde kutuplar meydana gelir. Rotor üzerinde oluşan kutuplar yardımıyla rotor manyetik alana kilitlenir ve senkron olarak hareket etmeye başlar [43].

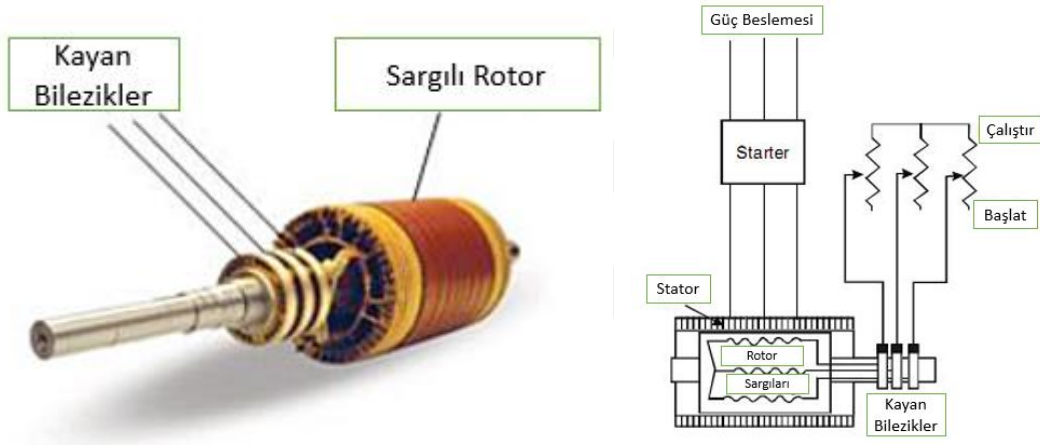
2.7.6.1.3. Sargılı AC Motorlar

Sargılı rotora sahip AC motorlar genellikle üç fazlı sistemlerde kullanılırlar. Tel sargı şeklinde yapılmış olan rotor üzerinde bulunan kayan bilezik mekanizması mevcuttur ve bu kayan bileziklere faz bağlantıları yapılır. Bu tip motorlarda sargılı rotor

mekanizmasına eklenmiş olan farklı değerlerdeki dirençler yardımıyla motorun hızı ve başlangıç torku değiştirilerek ayarlanabilir.

Sargılı rotora sahip motor yüksek başlangıç torku meydana getirilmesi için başlangıç direnci kullanılarak çalıştırılır, motor hız kazandıkça rotor direnci kademe kademe azaltılır ve en son rotor veya rotora bağlı kayan bilezikler kısa devre yapılır. Sargılı rotora sahip motorlar belirtilen yöntem ile işletilirler.

Sargılı rotorlu motorlar düşük seviyedeki başlangıç akımı ile yüksek başlangıç torkuna ulaşabilirler, bu özellikleri sebebiyle çalıştırmaya yüklü olarak başlanan uygulamalarda tercih edilirler [43].

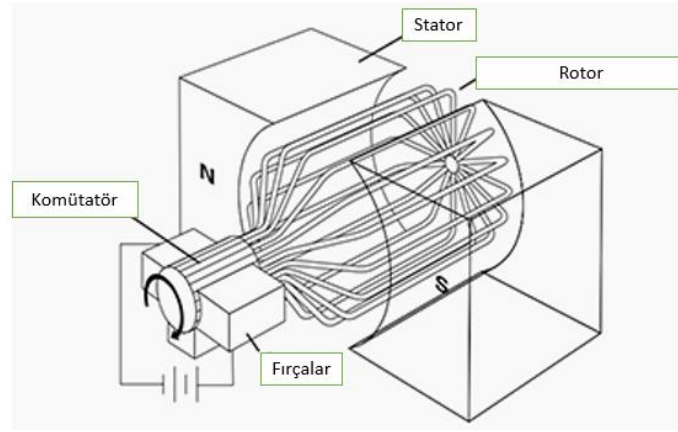


Şekil 2.26. Sargılı rotor motor [45,47]

2.7.6.2. Doğru Akım Motorları

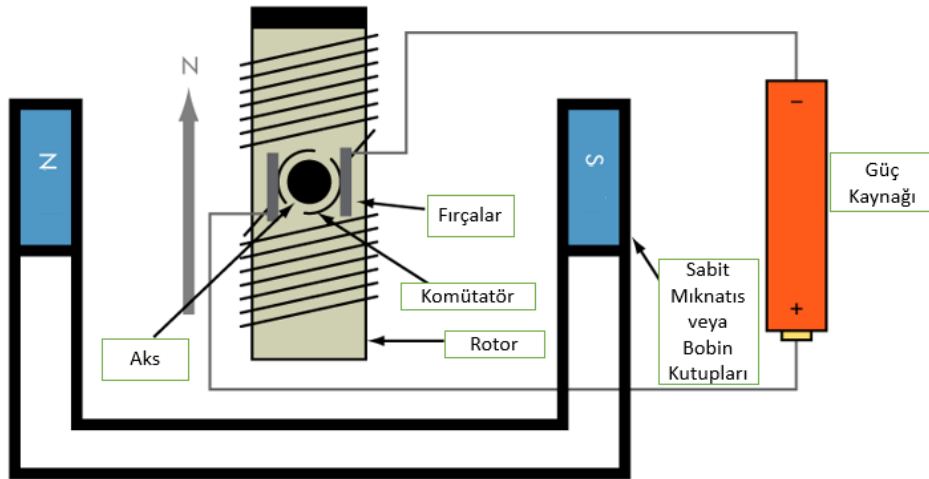
2.7.6.2.1. Fırçalı DC Motorlar

Fırçalı DC motorlar oyuncaklar, saç kurutma makineleri, elektrikli koltuklar ve otomotiv sektörüne kadar çok geniş alanda kullanılırlar. Fırçalı DC motorlar ucuz üretim maliyetleri, kolay kontrol edilmeleri ve istenilen ebatlarda tasarlanabilmeleri gibi avantajları sahiptir. Fırçalı DC motorlar temel olarak stator, rotor, fırçalar ve komütatör parçalarından oluşur.



Şekil 2.27. Fırçalı DC motor [48]

Fırçalı DC motorlarda sabit mıknatıslar veya kalıcı elektromıknatıslar kullanılarak DC motorda dönen manyetik alan oluşturulması sağlanır ve DC motorda doğrudan tork üretilir. Fırçalı DC motor mekanizmasında sabit mıknatıstan oluşan stator yapısı içerisinde dönebilen bir rotor bulunur, rotorun ayakları kutuplanmanın sağlanabilmesi için fırçalara bağlanmıştır. Rotor ayaklarında bulunan bu fırçalar komütatör üzerine basar ve komütatör üzerinden kutuplanır. Kutuplanan rotor mekanizması stator tarafından oluşturulan manyetik alan içerisinde dönmeye başlar ve motordan sürekli olarak bir hareket elde edilir.



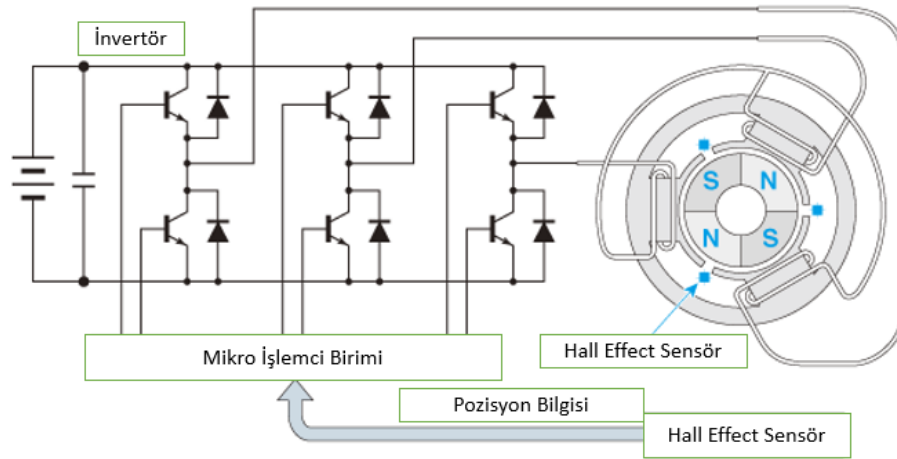
Şekil 2.28. Fırçalı DC motor [49]

Fırçalı DC motorlar, motor hızının kolaylıkla sabit tutulabilmesi, edinme maliyetlerinin düşük olması ve güvenilirlik avantajları ile tercih edilen motorlardır. Bunun yanında

bakım maliyetlerinin yüksek olması, yaşam sürelerinin kısa oluşu ve fırça mekanizmalarında aşınmanın yüksek oranda olması bu motorların dezavantajları olarak görülmektedir.

2.7.6.2.2. Fırçasız DC Motorlar

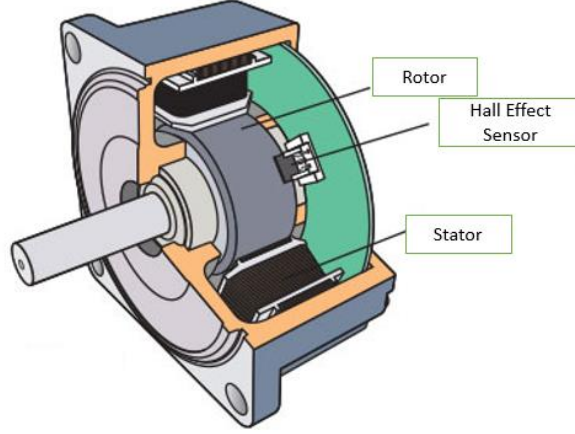
Fırçasız DC motorlar isimlerinden de açıkça anlaşılacağı kutupların oluşturulması ve uyarımın sağlanması için fırçalara ihtiyaç duymazlar. Fırçasız DC motorlar çalışma prensibi olarak AC motorlara benzerler. Bu tip motorlarda stator üzerinde bulunan bobinler kullanılarak stator içerisinde manyetik alan yaratılır fakat dönen manyetik alanın oluşturulabilmesi için kutupların yer değiştirmesi gereklidir. DC gerilim altında kutupların yer değiştirmesi sağlanamaz, yer değiştirme işleminin sağlanabilmesi için fırçasız DC motorlarda DC gerilim kaynağı ve invertör sisteminden oluşan besleme mekanizmasının mikro işlemciler vasıtası ile sürülmesi gerekmektedir. Mikro işlemciler stator içerisinde bulunan hall effect sensörlerden gelen bilgileri okur ve yorumlar bunun neticesinde stator üzerinde kutuplanmayı sağlar. Stator içerisinde yerleşik olan sabit mıknatıslı rotor ise yaratılmış olan manyetik alanı takip eder bağlı olduğu aks üzerinde dönerek hareketi meydana getirir.



Şekil 2.29. Fırçasız DC motor [50]

Fırçasız DC motorlar verimli çalışırlar, bu motorlarda düşük hızlarda yüksek tork değerleri elde edilebilirken yüksek hızlarda elde edilebilen tork değeri düşer. Bu motorların bazı dezavantajları bulunmaktadır ve en belirgin dezavantajı ise sahip olduğu sabit mıknatıstan oluşan rotordur. Verimli çalışabilecek ölçüde sabit mıknatıslar motor maliyetlerini yükseltmekte ve edinme maliyetlerini hatırı sayılır ölçüde arttırmaktadır.

Fırçasız DC motorlar CD sürücülerde, buzdolaplarında, çamaşır makinelerinde ve bunun gibi çeşitli alanlarda kullanılırlar [50].



Şekil 2.30. Fırçasız DC motor [51]

2.7.6.2.3. Sabit Mıknatıslı DC Motorlar

Sabit mıknatıslı motorlarda stator üzerinde sargılı yapı yoktur, manyetik alanın oluşturulması için sabit sabit mıknatıslardan oluşan yapı kullanılır. Rotor mekanizması ise sargılı dizayn edilen shaft üzerine monte edilen ve fırçalar yardımıyla komütatör üzerinden beslenen yapıdan oluşur. Sabit mıknatıslı motorlarda manyetik alan sabit olduğundan hız kontrolü yapılması stator üzerinden yapılamaz.

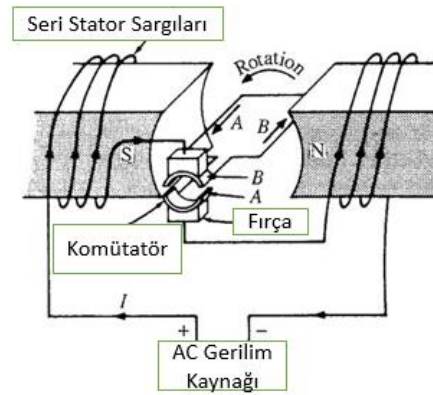
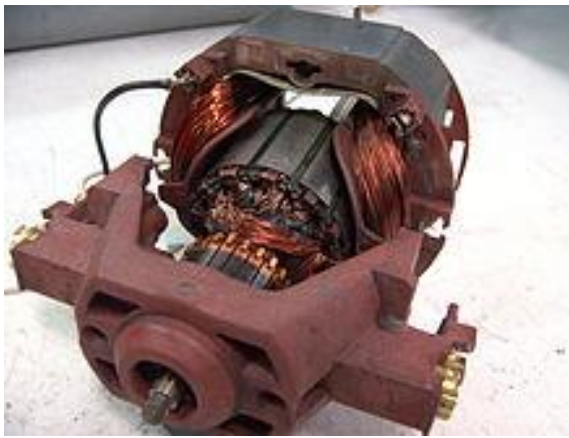
Sabit mıknatıslı motorlarda statordan elde edilebilecek manyetik alan sabit mıknatıslara bağlı olduğu için daha küçük motor uygulamalarında kullanılırlar. Bu motorların büyük ebatlarda yapılması söz konusu olduğunda ise büyük ve güçlü mıknatısların kullanılması gerekmektedir ve bu durum maliyet artışını, tehlikeli ve zor montaj yapılmasını beraberinde getirir. Küçük sabit mıknatıslı motor uygulamalarında manyetik alanın yüksek değerlerde olması için neodimyum veya bunun gibi manyetik özelliği yüksek malzemeler kullanılır [52].



Şekil 2.31. Sabit mıknatıslı motor [42]

2.7.6.3. Üniversal Motorlar

Üniversal motorlar yapısı gereği AC ve DC şartları altında çalışabilen elektrik makineleri olduğu için bu ismi almışlardır. Üniversal motorların hem stator hem de rotor parçaları sargılı yapıdadır, bu sargılar ile elektromıknatıslar uygulanan gerilim altında manyetik alanı meydana getirirler. Bu motorların stator ve rotor sargıları seri olarak komütatör üzerinden bağlıdır. Motor gerilim ile beslendiğinde stator ve rotor eşzamanlı olarak manyetik alan üretmeye başlar ve ters olarak kutuplanırlar. Ortaya çıkan manyetik kuvvet uygulanan gerilimin yönünden bağımsız fakat stator üzerinde bobinler tarafından oluşturulan manyetik alanın yönüne göre rotor üzerinde hareket meydana getirecek yöndedir [53,54].



Şekil 2.32. Üniversal motor [54,55]

2.7.6.4. Elektrikli Araçlarda Motor Seçimi

Elektrikli motorlar söz konusu olduğunda çok çeşitli motor tipi akla gelir. Yaygın ve çeşitli kullanım alanlarıyla indüksiyon motorları, seri sargılı DC motorlar ve sabit mıknatıslı DC motorlar tercih edilen motorlardır. AC motorlar sanayi alanında ağırlıklı kullanılırken DC motorlar makine ekipmanları ve küçük aletler gibi daha özel alanlarda kullanılır. DC ve AC motorlar maliyet açısından karşılaştırıldıklarında AC motorların maliyet avantajına sahip olduğu görülür. Ayrıca işletme ve bakım maliyetleri açısından da AC motorlar daha çok tercih edilmektedir.

DC motorların üretim ve uygulama işlemleri hem kolay hem de düşük maliyetle yapılabilmektedir. Bu motorlar sahip oldukları hızlı sürme (over drive) özellikleri ile kısa sürede çok fazla güç girişine izin vermeleri neticesinde beygir gücüne çıkabilmektedirler. Bu özellikleri sayesinde elektrikli araçlara ihtiyaç anında yüksek ivmelenme sağlayabilirler ve elektrikli araçlar için uygun motorlar olarak değerlendirilmektedirler. DC motorlarda hızlı sürme (over drive) metodu sürekli olarak uygulanamaz çünkü bu seviyede bir çalışma motor sargılarından aşırı ısınmalara ve bozulmalara sebep olmaktadır.

AC motorlarda elektrikli araçlarda kullanılmaktadır, öyle ki bu motorlar elektrikli araçların frenleme yapması esnasında jeneratör gibi davranarak rejeneratif frenleme ile hızlanmaya harcanan enerjinin %15 kadarını geri bataryalara aktarabilirler.

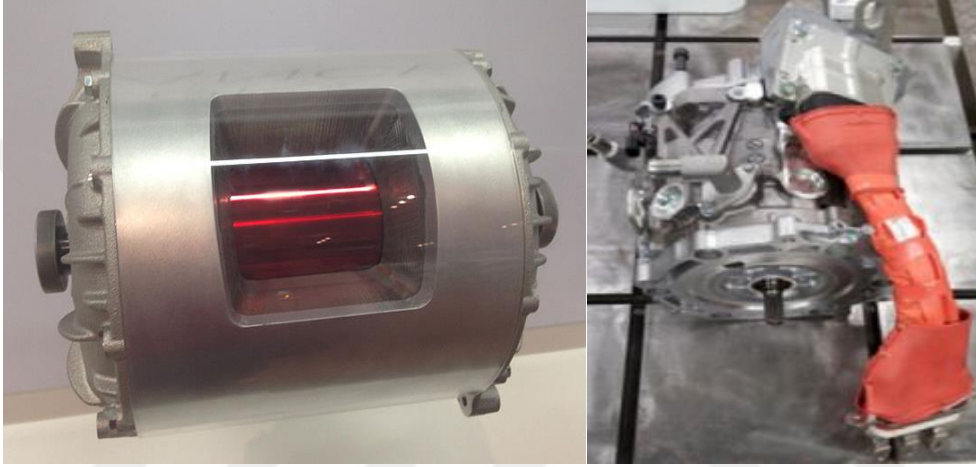
DC motor sistemlerinin kullanıldığı elektrikli araçlarda bataryalar üzerinden DC olarak depolanmış olan enerji anahtarlama elemanları kullanılarak motora kontrollü olarak aktarılır ve motorun hızlanması mu metot ile kontrol edilir.

AC motorlu elektrikli araçlarda ise bataryalar üzerinde depo edilmiş olan DC enerjinin motorda kullanılacak form olan AC sinüs formuna dönüştürülmesi gereklidir. Bu işlem konvertör ekipmanları ve motor kontrol birimleri kullanılarak yapılır [56].

Elektrikli araç üreticileri ve elektrikli araç modelleri incelendiğinde DC motor kullanan modeller olsa da AC motorların elektrikli araçlar için daha avantajlı olduğu görülmektedir. AC motorların elektrikli araçlar için tercih edilmesindeki sebepler;

- Üretim maliyetleri düşüktür
- Yüksek güç ve tork üretebilirler
- Fırça ve komütatör gibi aşınan kısımları yoktur, bakım gereksinimleri azdır
- Boyut olarak küçük ebatlarda üretilebilirler

DC ve AC elektrik motorları elektrikli araçlarda kullanım açısından incelendiğinde AC motorların daha uygun makineler oldukları ve halihazırda farklı modellerde kullanıldıkları görülmektedir.



Şekil 2.33. Tesla Model S 3 faz 4 kutuplu indüksiyon motoru [57]

Şekil 2.34. Nissan Leaf permanent magnet AC motor [58]

2.7.7. Batarya Sistemleri

Elektrikli araçlar ilerlemeleri için gereken enerjiyi üzerlerinde taşıdıkları batarya ünitelerinden sağlayan araçlardır. Elektrikli araç bataryaları üzerlerinde bulunan seri paralel bağlı olarak paketlenmiş pil hücreleri bulundururlar. Bu pil hücreleri içerisinde bulunan anot ve katottan oluşan kısımlarda kimyasal enerji depolanır ve emre amade olarak bekletilir [59]. Elektrikli araç üreticileri araç üzerinde bulunan bataryaları farklı senaryolar ile kullanabilmektedir, örneğin araç ilerlerken batarya üzerinden akım çekilirken araç frenlemeye girdiğinde veya yerçekimi etkisi ile serbest hareket etmeye başladığında bataryayı besleyecek şekilde ayarlanabilmektedir. Elektrikli araçlar üzerinde bulunan bataryalardan anlık olarak yüksek miktarlarda çekilebilen enerjinin elektrik motoruna direk olarak aktarılabilmesi sebebiyle bu araçlarda elde edilen anlık tork değerleri oldukça yüksektir. Fosil yakıtlı araçlarla anlık tork değerleri

karşılaştırıldığında bataryaların elektrikli araçlara sağladığı avantaj görülebilir. Ayrıca bataryalardan dengeli ve istenen miktarda çekilebilen akım ile araçların sahip olduğu ivmelenme yüksek ve sabit tutulabilmektedir [60].

Elektrikli araçlar üzerinde kullanımı uygun olan batarya tiplerinin sahip olması gereken birtakım özellikler mevcuttur.

- Yüksek enerji tutma kapasitesine sahip olmalı
- Uzun depolama ömürleri olmalı
- Düşük üretim maliyetli olmalı
- Düşük batarya onarım ve değiştirme maliyeti düşük olmalı
- Yüksek güç/ağırlık oranına sahip olmalı
- Yüksek güç/kütle oranına sahip olmalı
- Yüksek verimliliğe sahip olmalı
- Stabil olmalı
- Güvenilir olmalı
- Çevre ve insan sağlığına zararlı ağır metaller içermemeli

Elektrikli araçlar üzerinde kullanılmak üzere otomotiv üreticileri tarafından kabul edilmiş farklı batarya tipleri mevcuttur. Günümüz teknolojisi ile üretimleri yapılan endüstride kabul görmüş olan batarya tipleri;

Kurşun Asit (Pb-Acid): Dünya çapında kullanılmış ve kullanılmakta olan en eski batarya tipidir. Bu tip bataryaların kurşun barındırmaları sebebiyle sağlığa zararlı etkileri mevcuttur. Bunun yanında depolanan enerjinin ağırlık ve hacme oranına bakıldığında farklı bir dezavantajı görülmektedir. Avantajlarına bakmak gerekir ise bunlar üretim maliyetlerinin düşük olması ve sağlayabildikleri anlık enerjilerin yüksek olmasıdır.

Nikel Kadmiyum (NiCd): Nikel kadmiyum pillerin diğerlerine göre kullanım döngü sayılarının yüksek olması gibi bir avantajları mevcuttur. Bu tip piller 1500 kez doldurulup boşaltılabilecek kadar dayanıklı batarya tipleridir. Fakat bu tip bataryalar içerisinde bulunan Kadmiyum ağır metali yüksek oranda insan ve çevre sağlığına zararlıdır bu sebepten kullanım alanları kısıtlıdır ve tercih edilmezler.

Nikel Metal Hibrit (NiMH): Bu tip bataryaların üretim ve çalışma biçimi Nikel Kadmiyum bataryaların çalışma ve üretim biçimine benzemektedir. NiMH bataryaların en

belirgin avantajı bataryanın maksimum kapasitesini etkileyen hafıza (memory effect) etkisinin olmamasıdır. Günümüzde yaygın olarak kullanılmakta olan Li-Ion bataryalar ile karşılaştırıldığında yüksek deşarj katsayıları ve düşük enerji depolama kapasiteleri sebebiyle çok fazla tercih edilen bir batarya tipi değildirler.

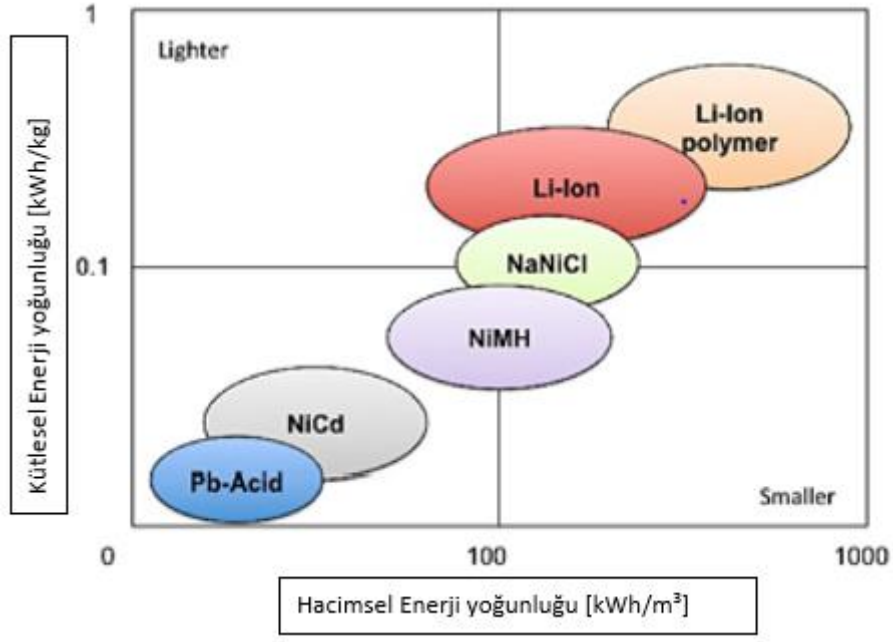
Lityum İyon (Li-ION): Bu tip bataryaların en belirgin avantajı çok iyi enerji yoğunluğu ağırlık oranına sahip olmalarıdır. Bu avantajı ile kısıtlı alan ve ağırlıkta büyük yük depolama imkanları sağlayabilirler. Yaygın olarak kullanılmalarının önünde yüksek maliyet, aşırı ısınma ve düşük yaşam döngüsü gibi olumsuz özellikleri gibi engelleri vardır.

Lityum İyon Polimer (Lithium-Ion Polymer): Klasik lityum iyon bataryalar ile kıyaslandığında kullanım ömürleri ve şarj deşarj ömürleri fazladır. Aşırı yük altında ve belirli değerlerin altında deşarj edilmeleri durumlarında bile dengeli ve fonksiyonel olarak çalışabilirler. Bu özellikleri ile kendilerine yaygın kullanım alanı bulurlar.

Sodyum Nikel Klorid (NaNiCl): Bu tip bataryalarda 270-350 derece çalışma sıcaklığında erimiş tuz elektroliti bulunur. Yüksek enerji depolama kapasitesi ile avantaja sahip olsalar da kullanım sırasında güvenliklerinin düşük olması ve depolama sürelerinin kısa olması sebebiyle çok fazla tercih edilen bir batarya tipi değildir.

Tablo 2.9. Batarya tipleri teknik özellikleri [60]

Batarya Teknolojisi (Tip)	Enerji (Wh/kg)	Enerji/Hacim Katsayısı (Wh/L)	Güç/Ağırlık Katsayısı (W/kg)	Boşalma Katsayısı (% per 24 h)	Şarj Edilme Döngüsü Sayısı
Kurşun Asit	40	70	180	1	500
Nikel Kadmiyum	60	100	150	5	1350
Nikel Metal Hibrit	70	250	1000	2	1350
Lityum İyon	125	270	1800	1	1000
Lityum İyon Polimer	200	300	3500	1	1000
Sodyum Nikel Klorit	125	300	1500	0	1000



Şekil 2.35. Batarya tipleri enerji yoğunluğu/ağırlık ve enerji yoğunluğu/kütle değerleri [60]

Araçlar üzerinde ilk kullanılmaya başlanmış olan kurşun asit bataryalardan günümüzde yaygın olarak kullanılan Lityum İyon bataryalara genel olarak bakarsak gelişen yönlerini açık olarak görebiliriz.

Tablo 2.10. Kurşun asit – lityum iyon batarya karşılaştırılması [59]

Özellik	Lityum İyon	Kurşun Asit
Nominal Hücre Gerilimi	3.5 V	2 V
Akım-Zaman Verimi	~90 – 95 %	~80 %
İç Rezistans	Çok Düşük	Aşırı Düşük
Operasyon Sıcaklığı	Çevresel	Çevresel
Kendi Kendine Boşalma Süresi	~10 % Her Ay	~2 Her Gün
Yaşam Döngüsü Sayısı	1000 den Fazla	En fazla 800
Şarj Süresi	2 – 3 Saat	8 Saat

Elektrikli araç üreticileri tarafından üretilmekte olan 2018 model yılı elektrikli otomobillerde avantajları sebebiyle lityum iyon bataryalar tercih edilmektedir.

Tablo 2.11. 2018 Yılı verilerine göre elektrikli otomobiller üzerinde kullanılan batarya tipleri [11-22]

Marka/Model	Batarya Tipi
Tesla Model S P100D	Lityum İyon
Tesla Model X P100D	Lityum İyon
Tesla Model 3	Lityum İyon
BMW i3	Lityum İyon
Nissan Leaf	Lityum İyon
Ford Focus EV	Lityum İyon
Renault Zoe	Lityum İyon
Chevrolet Bolt EV	Lityum İyon
Volkswagen e-Golf	Lityum İyon
Kia Soul EV	Lityum İyon
Fiat 500e	Lityum İyon
Smart ED	Lityum İyon



Şekil 2.36. Nissan Leaf bataryası [15]



Şekil 2.37. Chevrolet Bolt bataryası [18]

2.7.7.1. Elektrikli Araç Batarya Kapasiteleri

Elektrikli araçların sahip olduğu bataryalar farklı batarya kapasitelerinde üretilmektedir. Bu kapasiteler araçların özelliklerine, kullanım alanlarına ve hedef kitleye göre belirlenebilir. Örneğin şehir içi kullanım için dizayn edilmiş küçük ve hafif olan elektrikli araçlar üzerinde kullanılan bataryalar düşük kapasiteli tasarlanırken, şehirler arası seyahat için dizayn edilmiş olan konforlu ve büyük araçlar için yüksek kapasiteli bataryalar tasarlanmaktadır.

Tablo 2.12. Elektrikli araç batarya kapasiteleri [11-22]

Marka /Model	Batarya Kapasitesi (kWh)
Tesla Model S P100D	100 kWh
Tesla Model X P100D	100 kWh
Tesla Model 3	100 kWh
BMW i3	33 kWh
Nissan Leaf	40 kWh
Ford Focus EV	33.5 kWh
Renault Zoe	41 kWh
Chevrolet Bolt EV	57 kWh
Volkswagen e-Golf	35.8 kWh
Kia Soul EV	30 kWh
Fiat 500e	24 kWh
Smart ED	17.6 kWh

Farklı araçlar için çeşitli kapasitede dizayn edilmiş bataryalar mevcuttur. Elektrikli araçların kullandığı bataryaların kapasiteleri onların menzilleri ve performansları ile doğrudan ilişkili olsa da tek başına araç menzili ve performansı hakkında bilgi vermeye yetecek bilgi değildir. Batarya kapasiteleri yanında araç dinamikleri, mekanik dizayn, kullanılan elektrik motorları verimlilikleri gibi birçok faktör de araç batarya kapasiteleri ile birlikte kullanılmaktadır.

2.7.7.2. Elektrikli Araç Bataryaları ve Alternatif Şarj Yöntemleri

Otomotiv piyasasında farklı tip ve modellerde elektrikli araçlar satılmaktadır. Bu araçlar ilerlemek için gerekli olan enerjiyi depo edebilecekleri batarya sistemlerine sahiptirler. Bu bataryalar tasarlanırken kullanılan teknolojiler itibari ile değişiklik gösterebilirler. Önceki yılların elektrikli araçlarına bakıldığından kurşun asit, nikel kadmiyum gibi bataryaların kullanımı dikkat çekse de son yıllarda üretilen tüm araçlarda lityum iyon bataryalarının yaygın kullanımı görülmektedir. Lityum iyon bataryalar düşük bakım maliyetleri ve kullanım kolaylıkları gibi olumlu özellikleri ile tercih edilen batarya tipi olmuşlardır [61].

Elektrikli araçların batarya kapasiteleri göze alındığında küçük ekonomi sınıfta 12-18 kWh, orta sınıf aile arabalarında 20-50 kWh ve lüks modellerde ise 60-85 kWh kapasiteli batarya sistemlerinin kullanıldıkları görülebilir [61]. Lityum iyon pillerin şarj kapasiteleri gelişen batarya teknolojileri ile günden güne artmakta ve kapladıkları hacimler azalmaktadır.

Elektrikli araçların batarya sistemlerini oluşturan piller süregelen çok sayıda şarj ve deşarj durumları sonrasında bozulmaya ve elverişsiz hale gelmeye başlarlar. Ayrıca pillerin zamanla bozulmalarında şarj edilme yüzdeleri, çevresel sıcaklık, batarya yönetim sistemi ve kullanıcı şarj alışkanlıkları gibi faktörlerde etkili olmaktadır. Yapılan araştırmalara göre araç üzerindeki bataryaların tamamen bitirilerek şarj edilmeye başlanması ve araç soğutma sistemi gibi fazla akım ihtiyacı bulunan sistemlerin agresifçe kullanılması gibi kullanıcı alışkanlıkları bataryaların yaşam döngülerini olumsuz yönde etkileyebilmektedir.

Elektrikli araçların şarj edilmeleri amacıyla tasarlanmış temel üç seviye şarj ekipmanı bulunmaktadır. Bu ekipmanların farklılıkları araçların şarj edilmeleri esnasından araçlara aktarabildikleri enerji miktarlarıdır. Örneğin seviye 1 ekipman orta sınıf bir arabayı 10-12 saat gibi bir sürede doldururken seviye 2 şarj ekipmanları 6-7 saatte seviye 3 şarj ekipmanı ise aracı 1-2 saat gibi kısa bir sürede şarj edebilmektedir [61]. Bu ekipmanların yanı sıra elektrikli araç firmalarının kendi araçlarını ön plana çıkarmak için geliştirdikleri yüksek hızlı şarj ekipmanları bulunmaktadır. Bu ekipmanların kullanımı ile elektrikli araçların şarj süreleri dakikalar mertebesine kadar düşürülebilmektedir.

2.7.7.2.1. Batarya Değişim İstasyonları

Elektrikli araçlar ilerlemek için ihtiyaç duydukları enerjiyi batarya sistemleri üzerinden sağladıklarından batarya sistemleri elektrikli araçların en önemli parçası olarak görülmektedir. Elektrikli araçlar üzerinde farklı kapasitelere sahip batarya üniteleri yerleştirilebilmektedir. Bataryalar araçların kullanım menzillerini ve dolayısı ile şarj edilme sıklıklarını belirlemektedir. Seri üretilmekte olan araçlar incelendiğinde en uzun menzile sahip aracın Tesla Model S 100D modeli olduğu ve menzilin 538 km (335 mil) olduğu görülmektedir.

Elektrikli araçların en büyük dezavantajları arasında görülen şarj sürelerinin iyileştirilmesi için elektrikli araç şarj sistemleri günden güne gelişmektedir. Seviye 1 şarj sistemleri ile araçlar 8-10 saat, Seviye 2 sistemler ile 3-4 saat gibi sürelerde doldurulabiliyorken DC seviye hızlı şarj istasyonları ile bu süre 1 saat gibi kısa sürelere kadar indirilmiş durumdadır. Elektrikli araç müşterileri tarafından bu süreler uzun görülmektedir.

Elektrikli araçların şarj gereksinimlerinin çok daha kısa sürelerde karşılanabilmesi için geliştirilmiş metot ise batarya değişim sistemleri olarak bulunmuştur. Bu yöntemde araçların sökülüp takılabilir bataryalar ile donatılması ve bu bataryaların batarya değişim istasyonlarında değiştirilmesi söz konusudur. Kısa süre içerisinde boş bataryanın araçtan sökülerek yerine dolu bataryanın takılması ve aracın yoluna devam etmesi sağlanabilmektedir.



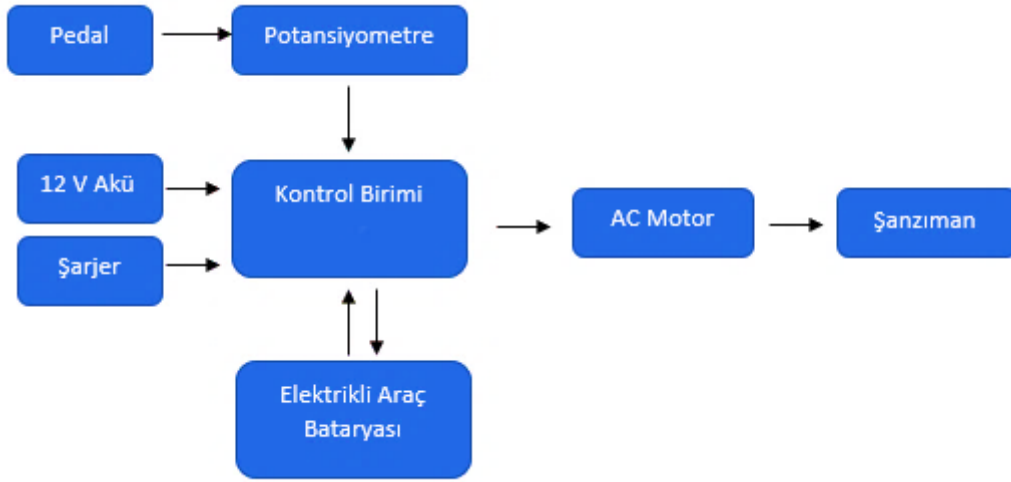
Şekil 2.38. Batarya değişim sistemi uygulaması [62]

Bu metodun yaygınlaşması ile araçların şarj edilmeleri için geçen sürelerin daha verimli kullanılabileceği ve bataryaların farklı zamanlarda nöbetleşe olarak şarj edilebilecekleri düşünülmektedir. Bu uygulama ile şebekeye fazla miktarda aracın aynı anda bağlanmasının ve yüksek güç talebinin önüne geçebileceği vurgulanmaktadır. Araç bataryalarının da düzenli olarak kontrollerinin şarj istasyonlarında yapılabilecek olması ile ileride araçlarda oluşabilecek batarya problemlerini önüne geçilebilecektir.

2.7.7.2.2. Rejeneratif Frenleme Sistemi

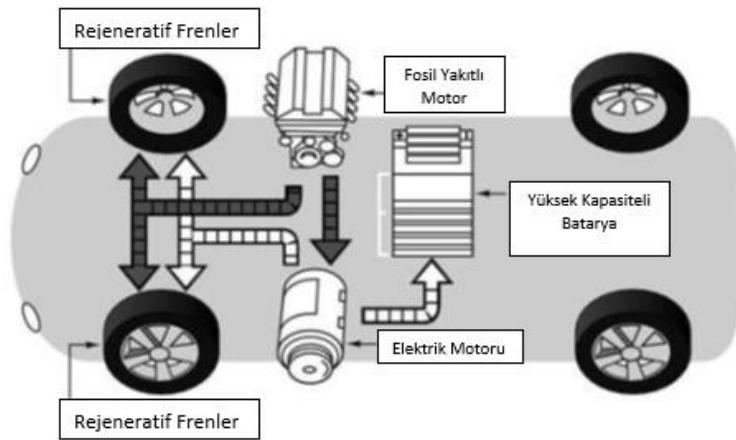
Kullanımda olan tüm araçlar depoladıkları enerjiyi hareket enerjisi olan kinetik enerjiye çevirerek ilerlemek üzere kurgulanmıştır. Hareket halindeki araçlarda hızın azaltılması veya aracın durdurulması gerektiğinde frenleme sistemleri kullanılır. Eski nesil frenleme sistemleri olan mekanik sistemlerin yanında yeni nesil elektronik sistemleri de günden güne araçlar üzerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Mekanik frenleme sistemlerinde frene basıldığında hidrolik sistemler ile tekerlekler üzerinde pabuç ya da balata mekanizmalarını aktif eder ve tekerlekler üzerindeki disklerin sıkıştırılması sağlanır. Bu işlemler sonucunda diskler üzerinde oluşan sürtünmeden dolayı araç yavaşlar ve durur. Diğer bir sistem olan elektronik sistemlerde ise aracın hareket aktarma mekanizması üzerinde dönme yönüne ters yerleştirilmiş elektro mıknatıslar yardımı ile ters elektromanyetik alan oluşturulur ve aracın yavaşlatılması sağlanır.

Günümüz elektrikli ve hibrit araçlarında hareket enerjisinin kaynağı olarak depo edilen yük kullanılmaktadır ve elektrik motorları ile yük kinetik enerjiye dönüştürülmektedir. Hibrit ve sadece elektrik motorlu araçlarda fren sistemi rejeneratif fren ve mekanik fren sistemleri olarak oluşturulabilir. Rejeneratif fren sistemleri genellikle araçların durdurulması için yeterli frenleme etkisi sağlayamazlar bu yüzden mekanik sistemler ile birlikte kullanılırlar.



Şekil 2.39. Rejeneratif frenleme sistem grafiği [63]

Rejeneratif frenleme mekanizmasında prensip olarak ilerlemekte olan aracın sahip olduğu kinetik enerjinin enerji geri kazanımı yapılarak yüke dönüştürülmesi ve batarya sistemine geri beslenerek depolanması üzerine kuruludur. Hibrit ve sadece elektrik motorlu araçlar üzerinde bulunan elektrik motorları bu iş için jeneratör olarak çalıştırılırlar. Araçların frenleme için tasarlanmış kontrol mekanizmaları frenleme esnasında oluşan frenleme tork değerine bakarak enerji üretilmesi için yeterli olup olmadığına karar verir ve rejeneratif fren ya da mekanik fren sisteminin kullanılmasına karar verir [64]. Günümüz elektrikli araçlarında elektrik motorlarının maliyetlerinin yüksek olması sebebiyle genellikle her tekere elektrik motoru konulmamaktadır fakat her tekerden çekiş sistemine sahip olan elektrikli araç modelleri de mevcuttur. Araç üzerinde kullanılan elektrik motoru sayısının artışı ile rejeneratif frenlemeden kazanılan enerjide artmaktadır.



Şekil 2.40. Rejeneratif frenleme sistemi araç üzeri kurulumu [63]

2.8. Elektrikli Araç Şarj İstasyonları

Elektrikli araçlar üzerinde bulunan bataryalar ister evlerde bulunan şarj ekipmanları ile ister şarj istasyonları vasıtasıyla periyodik olarak şarj edilmeleri gerekmektedir [65]. Farklı sınıf şarj üniteleri ve tipleri elektrikli araçların şarj işlemi için kullanılabilir. Temel olarak şarj ekipmanları arasındaki farklılıklar; araca aktarılan besleme akım değerleri ve şarj için kullanılan besleme gerilimi tipleridir (AC veya DC besleme kaynakları kullanılabilir). Elektrikli araç şarj işlemleri genellikle üç farklı akım ve voltaj seviyesinde gerçekleştirilir. Bu şarj seviyeleri; AC Seviye 1, AC seviye 2 ve DC Seviye dir. ABD Enerji Departmanı 2017 verilerine göre ABD genelinde bulunan elektrikli araç şarj istasyonlarından %80 i AC Seviye 2 tipidir [66].

Elektrikli araç şarj istasyonları kullanıldıkları ülkeler bazında farklı dizayn edilirler. Temelde Kuzey Amerika ve Avrupa olmak üzere gruplanan elektrikli araç şarj istasyonları farklı protokollere uymaları gereklidir. Kuzey Amerika bölgesi ve bu bölgeye uygun elektrikli araçların uyması gereken standart SAE (Standard of Automotive Engineers) dir. Avrupa ülkeleri veya Avrupa standartlarında elektrikli araçların kullanıldıkları ülkelerde ise elektrikli araç şarj istasyonlarının uymaları gereken standart IEC (The International Electrotechnical Commission)'dir [67].

Elektrikli araç şarj istasyonları, araçların şarj edilmesi esnasında araç ile haberleşirler. Şebekeye bağlanan aracın bilgileri, şebekeden nakledilen güç bilgisi ve kullanıcı bilgileri gibi veriler haberleşme yöntemleri ile şarj istasyonu tarafından toplanabilir. Bunun yanında gelişmiş şarj istasyonlarında elektrikli araç BMS sistemleri ile haberleşebilme ve aracın ihtiyacına uygun seviyede ve hızda enerji akışı sağlanabilmektedir. Elektrikli araçların şarj istasyonları dolayısı ile şebeke ile haberleşmelerinde haberleşme protokolleri kullanılmaktadır. Bunların başlıca olanları RS232, RS485, TCP/IP, GPRS, Ethernet ve WIFI teknolojileridir.

2.8.1. Şarj İstasyonu Tipleri

Uzun yıllardır araç üreticileri elektrikli araç modelleri üretmektedir. Özellikle geçtiğimiz yıllarda elektrikli araçlar konusunda büyük gelişmeler olmuştur. Araçların gelişmesi ve yüksek kullanım adetlerine ulaşması araçların şarj gereksinimlerinde de ilerlemelere yol açmıştır.

Elektrikli araç şarj istasyonları kullandıkları şebeke frekansına, güç aktarma kapasitesine, hangi ülkede kullanıldığına, hangi standartlara tabi olduğuna ve kullandıkları bağlantı ekipmanına göre farklılık gösterebilmektedir. Örneğin Avrupa kıtasında kullanılan elektrikli araç şarj istasyonlarının tabi olduğu standart IEC iken Amerika’da elektrikli araç şarj istasyonları için uygulanan standart SAE dir. Benzer şekilde 60 Hz frekansı ile enerji aktarımı yapılan şarj istasyonları ile 50 Hz frekansında güç aktarımı yapan araç şarj istasyonları farklılık göstermektedir.

2.8.1.1. AC Seviye 1 Şarj Ekipmanı

Seviye 1 şarj ekipmanları genellikle araçlarla birlikte temin edilen istasyonuz şarj ekipmanları olarak bilinirler. Bu şarj ekipmanlarının güç aktarım kapasiteleri düşük olduğu için genellikle yavaş şarj ekipmanları olarak bilinirler.

2.8.1.1.1. Kuzey Amerika Tipi

Bu tip şarj istasyonu için 120 V gerilim değerine sahip 15 A veya 20 A değerine kadar akım verebilen ve maksimum 1.44 kW güce ulaşabilen tasarım yapılmıştır. Seviye 1 şarj istasyonları bir arabayı 8-14 saatlik bir şarj işlem sonrasında doldurabilmektedir. Elektrikli araçlar satın alındıklarında beraberlerinde Seviye 1 şarj ekipmanları ile birlikte satılmaktadır ve bu ekipmanlar monte edilerek evlerde rahatlıkla kullanılmaktadır. Bu tip şarj ünitelerinin en büyük dezavantajı çok uzun şarj süreleridir. Avantajları ise düşük maliyetleridir ve düşük işletme ücretleridir [66].

2.8.1.1.2. Avrupa Tipi

Bu tip şarj istasyonları tek faz beslemeli olup 230 V gerilim değerine sahiplerdir, 20 A e kadar akım ile sistemi besleyebilen ve maksimum 4.6 kW güç değerine ulaşabilen yapıdadırlar [68]. Seviye 2 ve Seviye 3 tip şarj istasyonları ile karşılaştırıldıklarında araç şarj süreleri daha uzundur.

2.8.1.2. AC Seviye 2 Şarj İstasyonu

Seviye 2 elektrikli araç şarj birimleri istasyon tipi olarak bilinirler. Araçların daha hızlı şarj gereksinimlerinin karşılanması için tasarlanmış ve yüksek güç aktarım kapasitelerine

sahip şarj ekipmanlarıdır. Hızlı şarj ekipmanları olarak bilinen bu ekipmanlar yıllar içerisinde yaygın kullanılmaya başlanmıştır.

2.8.1.2.1. Kuzey Amerika Tipi

Bu tip şarj istasyonu 208V-240V gerilim değer aralığında çalışmak için programlanmıştır. Genellikle tek fazlı kullanılan bu tip şarj cihazları 40 A e kadar akım ve 10 kW'a kadar güç aktarımı yapabilecek şekilde dizayn edilmiştir. Ortalama olarak bir aracı 4-6 saat arasında doldurabilirler. Bu tip şarj istasyonlarının avantajı farklı müşteri profillerine göre uygun hale getirilebilmeleri ve seviye 1 tipe göre daha hızlı şarj edebilmeleridir. Dezavantajları ise seviye 1 şarj istasyonlarına göre daha yüksek kurulum ve işletme maliyetlerinin olmasıdır [66].

2.8.1.2.2. Avrupa Tipi

Bu tip şarj istasyonu tipinde üç faz beslemeli 400 V gerilim değerine kadar ulaşabilen ve 63 A akım değerine kadar besleme akımı aktarabilen yapı mevcuttur [68]. Seviye 1 tipine göre daha hızlı Seviye 3 tipi şarj istasyonlarına göre daha yavaş elektrikli araç batarya sistemlerini doldurabilirler.

2.8.1.3. DC Seviye 3 Şarj İstasyonu

Elektrikli araçların şarj edilmesi işleminde kullanılan ve en gelişmiş şarj etme metodudur. Seviye 3 şarj ekipmanları istasyonlar şeklinde hizmet vermektedir. DC ile şarj edilebilen araçlar bu şarj ekipmanlarından faydalanabilirken AC ile şarj edilmesi için tasarlanmış olan araçlar bu istasyonlar üzerinden şarj edilememektedir.

Elektrikli araç bataryaları DC yük depolama için tasarlanmış sistemlerdir. DC şarj ekipmanları kullanımında enerji herhangi bir çevirime ihtiyaç duymadığı için bu metotta yüksek güç aktarım seviyelerine çıkılabilmektedir. Bu da DC seviye 3 şarj ekipmanlarını en hızlı şarj ekipmanları yapmaktadır.

2.8.1.3.1. Kuzey Amerika Tipi

Bu tip şarj istasyonu hızlı şarj istasyonu olarak bilinmektedir. Seviye 3 elektrikli araçları saatler yerine dakikalar içerisinde şarj edecek şekilde tasarlanmıştır. Güç aktarımı esnasında 480 V gerilim ile 400 A akım değerine kadar ulaşabilmektedirler. Genellikle

seviye 3 şarj istasyonları şarj süresinin önemli olduğu trafik akışı yoğun olan bölgelere yerleştirilmektedir. Genellikle dakikada 50-70 mil gitmek için gereken güç elektrikli araçlara aktarabilmektedirler. Dakikalar içerisinde araçları doldurabilmeleri onları tercih edilen istasyonlar haline getirmiştir.

Seviye 3 şarj istasyonları elektrikli araçların yaygınlaşmasını destekleyen ve kullanıcılara elektrikli araçları tercih etmeleri konusunda cesaret veren unsurların başında gelmektedir.

ABD genelinde 2016 itibari ile 2200 adet yüksek hızlı seviye 3 şarj istasyonu bulunmaktadır. Dünya çapında önde gelen güç firmalarından olan ABB nin tahminlerine göre 2017 yılında 1 milyar dolar olan şarj istasyonu pazarı 2020 yılında 4 milyar dolar seviyesine ulaşacaktır.

Bu tip şarj istasyonlarının avantajı olarak 20-30 dakika gibi sürelerde hızlı araç şarj edebilmeleri gelmektedir. Dezavantaj olarak ise kurulum ve işletme maliyetlerinin yüksek olması gelmektedir. Bir diğer olumsuz etken olarak ise yüksek akım değerlerini araçlara aktardıkları için şebekeden yüksek yük talep etmeleri gösterilmektedir [66].

2.8.1.3.2. Avrupa Tipi

Avrupa tipi DC seviye 3 şarj istasyonları Amerika tipi DC seviye 3 istasyonlar ile benzer özelliklere sahiptirler. Elektrikli araçları şarj etmeleri esnasında 480 V DC gerilim altında 400 A e kadar çıkabilen akım akıtılabilmektedirler. Güç olarak ise 50 kW-150 kW arası değerlere sahiptirler [67].

2.8.2. Elektrikli Araç Şarj Standartları

Elektrikli araçların şarj edilme söz konusu olduğunda dünya çapında iki kurumun belirlediği standartlar belirleyici olarak kullanılmaktadır. Amerika'da araçlarla ilgilenen SAE ve dünya çapında aktivite gösteren IEC elektrikli araç şarj standartlarını belirleyen kuruluşlardır.

2.8.2.1. SAE (Society Automotive Engineering)

SAE (Society of Automotive Engineers) Amerika'da Otomotiv Mühendisleri Topluluğu olarak kurulmuştur. Özellikle taşımacılık alanında var olan sektörleri içine alacak şekilde genişletilen grup otomotiv, havacılık ve ticari araç sektörlerine de hizmet etmektedir.

SAE grubu içerisinde firmalar yerine kişiler yer almaktadır. Topluluk üyelerini oluşturan kişiler ağırlıklı olarak otomotiv ve havacılık sektöründe çalışan mühendislerden oluşmaktadır. SAE bünyesinde yapılan çalışmalar da ağırlıklı olarak standart oluşturulması ve bu standartların geliştirilmesi üzerinedir. İlgili alanlarda projeler ve çalışmalar SAE tarafından desteklenmekte ve değerlendirilmektedir.

SAE genellikle Kuzey Amerika ülkelerinde ağırlıklı olarak kullanılan otomotiv standartları mekanizmasını oluşturur. Kuzey Amerika da yaygın kullanılırken diğer kıtalarda örneğin Avrupa'da ülkelerinde tercih edilmez. Bu durumun en temel sebebi metrik sistemlerin farklı oluşudur. SAE standartlarında USC veya USCS (United States Customary Units) kullanılmaktadır dünya çapında yaygın olarak kullanılan SI (Metric Unit) sistemi SAE standartlarında kullanılmamaktadır.

Genellikle elektrikli araçların üretildikleri ve kullanıldıkları yerler farklı olmaktadır. Örneğin Avrupa ülkelerinde üretilen elektrikli araçlar Amerika kıtasında ülkelerde alıcı bulabilmektedir. Bu elektrikli araçların kullanıldığı ülkenin standartlarına uygun olarak kullanılabilir olması gereklidir. Bu duruma bir örnek verilmesi gerekir ise, Avrupa kıtası genelinde kullanılan elektrik altyapısı 240V 50 Hz üzerine kurgulanmıştır fakat Kuzey Amerika ülkelerinde elektrik altyapısı 120 V 60 Hz üzerine kurulmuştur. Dolayısı ile Kuzey Amerika kıtasında satılacak her elektrikli aracın SAE standartlarına, Avrupa kıtasında kullanılacak olan elektrikli aracında IEC ye uygun olarak tasarlanmış olması gerekmektedir.

SAE tarafından kabul edilmiş ve yayınlanmış pek çok standart mevcuttur. Elektrikli araçlar söz konusu olduğunda elektrikli araçların şarj edilmeleri için kullanılan sistemlerin düzenlendiği SAE J1772 standardı ön plana çıkmaktadır.

- SAE J1772 :Electrical Connector between PEV and EVSE
- SAE J2293 :Communications between PEVs and EVSE for DC Energy
- SAE J2836/1-6 :Use Cases for PEV Interactions
- SAE J2847/1-3 :Communications for PEV Interactions (in development) [68]

Tablo 2.13. SAE tarafından yayınlanmış önemli V2G standartlar [69]

SAE J	Başlık	Amaç	Durum
SAE J2293/1	Elektrikli Araçlar İçin Enerji Transfer Sistemi- Bölüm 1: İşlevsel Gereksinimler ve Sistem Mimarileri	Toplam EV-ETS'yi (Enerji Aktarım Sistemi) açıklar ve çeşitli sistem mimarileri için EV veya EVSE'ye gerekenleri tahsis eder.	Yayın Tarihi Temmuz 2008
SAE J2293/2	Elektrikli Araçlar İçin Enerji Transfer Sistemi- Bölüm 2: İşlevsel Gereksinimler ve Sistem Mimarileri	Bu uygulama için EV ve EVSE arasındaki SAE J1850 uyumlu iletişim ağını açıklar (ETS Ağı).	Yayın Tarihi Temmuz 2008
SAE J2758	Hibrit Elektrikli Araçlarda Şarj Edilebilir Enerji Depolama Sisteminden Kullanılabilecek Maksimum Gücün Belirlenmesi	Bir yanmalı motorlu Hibrit Elektrikli Araçta (HEV) kullanılan Şarj Edilebilir Enerji Depolama Sisteminin (RESS) en yüksek gücü için bir test prosedürü açıklar.	Yayın Tarihi Nisan 2008
SAE J1711	Hibrit-Elektrikli Araçların Egzoz Emisyonlarını ve Yakıt Ekonomisini Ölçmek İçin Önerilen Uygulamalar	Plug-in Hibrit Araçlar dahil, Hibrit Elektrikli Araçların Egzoz Emisyonlarını ve Yakıt Ekonomisini ölçmek için önerilen uygulamaları belirler.	Yayın Tarihi Haziran 2008
SAE J2841	Ulusal Hane Halkı Seyahat Anketi Verilerini Kullanarak Eklenti Hibrit Elektrikli Araçlar İçin Fayda Faktörünün Tanımı	Bir Plug-In Hibrid Elektrikli Aracın (PHEV) toplam yakıt ve enerji tüketim oranlarının hesaplanması için denklemler açıklar.	Süreç Devam Ediyor (WIP)

Tablo 2.14. SAE J1772 elektriksel büyüklükler [70]

	Şarj Yöntemi	Anma Gerilimi (V)	Maksimum Akım (A)	Maksimum Güç (kW)
AC	Seviye 1	120	12	1,44
		120	16	1,92
	Seviye 2	208-240	>20	19,2
			≤ 80	
DC	Seviye 1	200-500	80	40
	Seviye 2	200-500	200	100

2.8.2.2. IEC (International Electrical Commission)

IEC yani Uluslararası Elektronik Komisyonu 1906 yılında kurulmuş olan bir kurumdur. IEC dünya çapında elektronik aletlerin standartlarının belirlenmesinde görev alır ve bu sektörü standartlar ile düzenlemesini görev edinmiştir.

Geçtiğimiz yıllarda araçlar hızla elektronik ekipmanların yaygın olarak kullanıldığı elektronik sahası haline gelmiştir. Bu durum 2015 yılına gelindiğinde görülmüştür ki üretilen araçların yaklaşık %50'lik kısmını elektronik aletler oluşturmaktadır ve 2035 yılına gelindiğinde IEC bu rakamın %65 olacağını öngörmektedir [71].

IEC Avrupa kıtası genelinde üretilen elektrikli araçların üretim esnasında uyulması gereken elektronik sistemi gereksinimlerini standartlar ile düzenlemektedir. Araç elektrik sistemlerinin düzenlenmesi için IEC bünyesinde alt komisyonlar oluşturulmuştur ve aracın farklı sistemleri farklı standartlar bu komisyonlar tarafından oluşturulmaktadır.

Tablo 2.15. Elektrikli araçlarda uygulanan IEC standartları ve konuları [71]

Komite	Başlık
IEC SC 121A	Alçak gerilim şalt ve kontrol cihazları
IEC SC 121B	Alçak gerilim şalt ve kontrol parçaları
IEC TC 20	Elektrik kabloları
IEC TC 21	İkincil hücreler ve bataryalar
IEC SC 22G	Yarı iletken güç dönüştürücüler içeren ayarlanabilir hızlı elektrikli tahrik sistemleri
IEC SC 23E	Ev kullanımı için devre kesiciler ve benzeri ekipmanlar
IEC SC 23G	Cihaz kuplörleri
IEC SC 32B	Alçak gerilim sigortaları ve IEC/SC32C minyatür sigortalar
IEC TC 34	Lambalar ve ilgili ekipmanlar
IEC SC 47A	Entegre devreler

Elektrikli araçların şarj edilmeleri durumu söz konusu olduğunda elektrik standartları gündeme gelmektedir. Avrupa genelinde kullanılan elektrikli araçların şarj gereksinimleri IEC 62196-1 ve IEC 61851-21-1 ile belirlenmiştir. Araçların üzerinde bulunan ve elektrikli araçların istasyonlara bağlanmalarında kullanılan soket mekanizmaları bu kurula uygun olmak zorundadır.

Tablo 2.16. IEC 61851 elektriksel büyüklükler [70]

	Şarj Yöntemi	Faz Sayısı	Anma Gerilimi (V)	Maksimum Akım (A)
AC	Mod 1	1	≤ 250	≤ 16
		3	≤ 480	
	Mod 2	1	≤ 250	≤ 32
		3	≤ 480	
	Mod 3	1	≤ 250	≤ 250
		3	≤ 480	
DC	Mod 4	-	≤ 1000	≤ 400

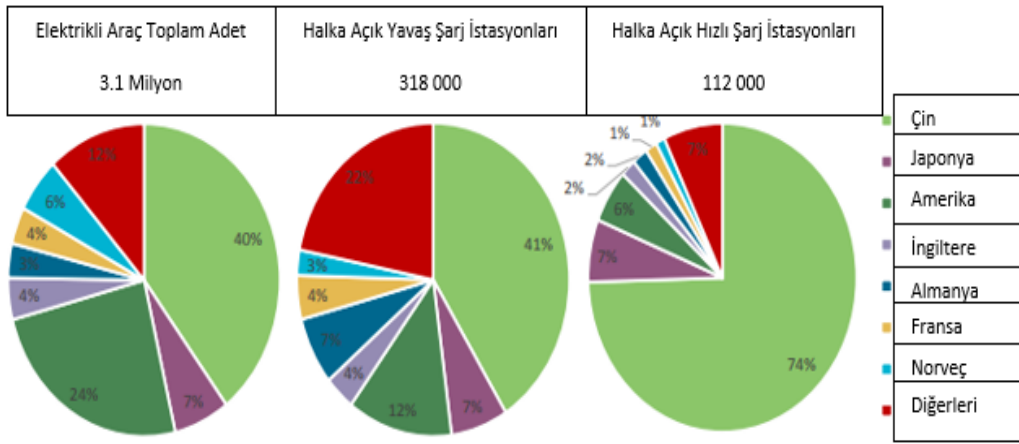
2.8.3. Dünyada Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Durumu

Elektrikli araç kullanımının dünya çapında yaygınlaşması ile modern toplumda yeni gereksinimler meydana gelmiştir. Bunlardan en belirgin olanı ise elektrikli araçların şarj edilmesi konusudur. Elektrikli araçların ilerlemeleri için gereken enerjiyi sağlayacak çeşitli şarj teknikleri mevcuttur ve bu teknikler yıldan yıla gelişim göstermektedir. Elektrikli araçların şarj edilmesi için kullanılan şarj cihazları ve istasyon tipleri güç çıkış büyüklüklerine, kullandıkları soket cinslerine ve araç ile haberleşmede kullandıkları haberleşme protokollerine göre farklı sınıflar altında toplanabilmektedir.

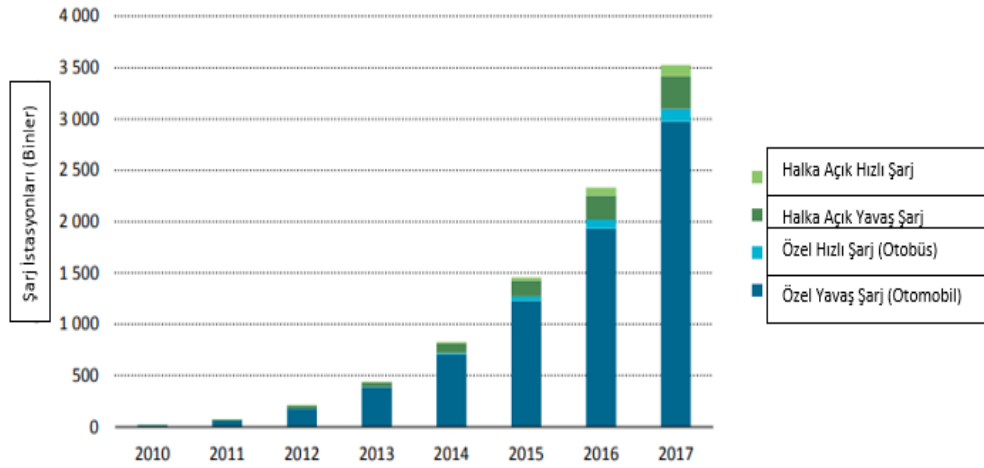
Tablo 2.17. Elektrikli araç şarj ekipmanları sınıflandırılması [23]

		Geleneksel Elektrik Girişi	Yavaş Şarj İstasyonları		Hızlı Şarj İstasyonları		
Seviye		Seviye 1	Seviye 2		Seviye 3		
Akım Cinsi		AC	AC		AC Üç Faz	DC	
Güç		≤3,7 kW	>3,7 kW ve ≤22 kW	≤22 kW	> 22 kW ve ≤ 43.5 kW	Mevcut Durumda <200 kW	
Tip	Çin	Tip 1	GB/T 20234 AC			GB/T 20234 DC	Tesla ve CHAdeMO (IEC 62196-3 Tip 4)
	Japonya	Tip B	SAE J1772 Tip 1	Tesla		Tüm IEC 62196-3 Standartlarını Kabul Eder	
	Avrupa	Tip C/F/G	IEC 62196-2 Type 2		IEC 62196-2 Type 2	CCS Combo 2 (IEC 62196-3)	
	Kuzey Amerika	Tip B; SAE J1772 Tip 1	SAE J1772 Tip 1	Tesla	(Geliştirilme Aşamasında) SAE J3068	CCS Combo 1 (SAE J1772 & IEC 62196-3)	
	Avustralya	Tip 1	IEC 62196-2 Tip 2			Tüm IEC 62196-3 Standartlarını Kabul Eder	
	Kore	Tip A/C	IEC 62196-2 Tip 2			CCS Combo 1 (IEC 62196-3)	
	Hindistan	Tip C/D/M	(Taslak) IEC 60309 endüstriyel soket (iki tekerlekli) ve IEC 62196-2 Tip 2 (diğer araçlar)		(Taslak) IEC 62196-2 Tip 2	(Taslak) GB/T 20234 DC (<20 kW) Ve CCS Combo 2 (IEC 62196-3) ≥ 20 kW)	

Dünyadaki elektrikli araç şarj istasyonlarının dağılımına bakıldığında büyük çoğunluğun gelişmiş ülkelerde olduğu görülmektedir. Örneğin Çin’de bulunan 1.240.000 elektrikli araç kullanıcısı halkın ulaşabileceği yerlerdeki 130.380 adet yavaş şarj ünitesi ve 82.880 adet hızlı şarj ünitesi üzerinden hizmet alabilmektedir. Benzer şekilde Amerika Birleşik Devletleri’nde elektrikli araç kullanmakta olan 744.000 kullanıcı 38.160 yavaş şarj ünitesi ve 6.720 adet hızlı şarj ünitesi üzerinden elektrikli araç şarj hizmeti alabilmektedir. Bu ülkeleri Japonya, Almanya, İngiltere, Fransa ve Norveç izlemektedir.



Şekil 2.41. 2017 yılı itibariyle dünya elektrikli araç ve şarj ünitesi adetleri [23]



Şekil 2.42. 2010-2017 yılları arası dünyadaki şarj ünitesi adetleri değişimi [23]

Elektrikli araçlar konusunda kendilerini geliştirmekte olan ülkelerden Çin de 2020 yılına kadar 4.3 milyon özel şarj ünitesi ve 500.000 adet halka açık şarj istasyonu hedefine ulaşılması beklenmektedir. Bunun yanında şarj alternatifi olan batarya değişim

istasyonları konusunda da 12.000 adet hedeflenmiştir. Benzer şekilde gelişmeleri takip eden Avrupa ülkelerinin %80 i hedeflerini belirlemişlerdir. 2020 yılına gelindiğinde Avrupa’da ihtiyaç duyulacak olan şarj istasyonu gereksiniminin %35 lik kısmı kurulmuş durumdadır [23].

2.8.4. Türkiye’de Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Durumu

Dünya genelinde elektrikli araçların kullanımı günden güne artmaktadır. Türkiye’de de elektrikli araç kullanımı son yıllarda yaygınlaşmaktadır. Bu araçların sayısının artışı ile araçların şarj edilmeleri için kullanılan şarj istasyonlarının sayısının artışı paralellik göstermektedir. İki değişken birbirine bağlı olarak artış trendi içerisindedir. Elektrikli araç sayısındaki artış şarj istasyonu talebinin artışına sebep olduğu gibi şarj istasyonlarının sayısının artışı da elektrikli araçlar için teşvik edici olmakta ve sayıları artmaktadır. Bu iki değişkeninde eş zamanlı olarak artması ülke genelinde elektrikli araçların sayısında ivmelenmeye destek olmaktadır.

Türkiye genelinde çok sayıda büyük firma elektrikli araç modelleri satışı yapmaktadır. Bununla birlikte pek çok yerli yabancı firmada elektrikli araçların şarj istasyonu gereksinimini karşılamak için üretim ve kurulum yapmaya başlamıştır. Bunlar arasında Eşarj, Gersan , DMA ve Voltur gibi firmalar yer almaktadır.

Türkiye genelinde bakıldığında elektrikli araçların fosil yakıtlı olan emsallerine göre ilk edinme maliyetlerinin yüksek olması, kullanıcı profiline kullanım sıklığı ve şarj altyapılarının konumları gibi etkenlere bağlı olarak büyük şehirlerde yaşayan insanlar tarafından kullanıldıkları görülmektedir. Şehirlerde kullanılan elektrik araç sayılarının yüksek olmasına bir diğer katkıyı ise araç kiralama firmaları tarafından satın alınan elektrikli araçlar yapmaktadır. Büyük şehirler dışından daha küçük şehirlerde yaşayan kullanıcıların ise günlük araç kullanım mesafeleri ve kullanım sürelerinin az olması sebebiyle halen fosil yakıtlı araçları kullanmaya devam etmektedirler.



Şekil 2.43. Türkiye’deki elektrikli araç şarj istasyonlarının dağılımı [72]

Ülkemizde şarj istasyonların dağılımına bakıldığından ağırlıklı olarak büyük şehirlerde insanların toplu olarak yaşadıkları ve çalıştıkları merkezlerde toplandıkları görülmektedir. Özellikle alışveriş merkezleri, iş merkezleri, plaza ve otel gibi alanlarda sayıları artmaktadır. Çevreci şehirler kurulması konusunda yapılan çalışmalar neticesinde yeni oluşturulan toplu konut alanları ve sitelerde de elektrikli araç şarj istasyonlarının yerleştirilmeye başlanması ise geçtiğimiz yıllarda artan bir trend yakalamıştır.

Yerel ve genel yönetimler çevrenin korunması ve yeni nesil şehircilik anlayışı ile yeşil şehirler yaratma projeleri hazırlamaktadırlar. Bu projelerin en önemli parçaları arasında ise elektrikli araçlar görülmektedir. Şehirlerde araçların kullanımı sebebiyle oluşan emisyon değerlerinin azaltılmasında elektrikli araçların yaygın kullanımının etkili olacağı planları yapılmaktadır. Bunun büyük örneklerinden biri olarak İstanbul genelinde İSPARK otoparklarına ‘‘Hem Park Et Hem Şarj ET’’ sloganı ile elektrikli araç şarj istasyonları yerleştirilmeye başlanmıştır ve çalışmaları artarak devam etmektedir. İspark tarafından 2010 yılında başlanan çalışması sonucunda Beşiktaş Balmumcu Katlı Otoparkı, Bostancı Açık Otoparkı, Cihangir Katlı Otoparkı, Kadıköy Açık Otoparkı, Merter Katı Otoparkı ve Ümraniye Katlı Otoparkının da aralarında bulunduğu 12 noktada şarj dolum üniteleri hazır hale getirilmiştir [73]. Halka açık olan bu istasyonlarda araç sahipleri araçlarını şarj edebilmektedir.



Şekil 2.44. İSPARK elektrikli araç şarj istasyonları [73]

Türkiye genelinde kurulan şarj istasyonlarında Avrupa çapında geçerli olan IEC 61851 standardına uyulmaktadır. Bu standart ile araçların şarj edilmelerinde kullanılacak faz sayısı, gerilim büyüklüğü ve akım büyüklükleri belirlenmiştir.

Tablo 2.18. IEC 61851 elektriksel büyüklük değerleri [70]

	Şarj Yöntemi	Faz Sayısı	Anma Gerilimi (V)	Maksimum Akım (A)
AC	Mod 1	1	≤ 250	≤ 16
		3	≤ 480	
	Mod 2	1	≤ 250	≤ 32
		3	≤ 480	
	Mod 3	1	≤ 250	≤ 250
		3	≤ 480	
DC	Mod 4	-	≤ 1000	≤ 400

Türkiye genelinde elektrikli araç şarj istasyonlarının sayısı son yıllarda artış göstermektedir. Tahmini olarak verilen sayılara göre ülkemizde 1500 elektrikli araç şarj istasyonu bulunmaktadır.

2.9. ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN ŞEBEKEYE BAĞLANMASI

Elektrikli araçlar üzerlerinde bulundukları elektrik motorları sebebiyle ilerlemek için elektrik yüküne ihtiyaç duyarlar. Bunun için şarj edilmeleri gerekmektedir. Elektrikli araçların şebekeye bağlanmasında iki farklı metot kullanılmaktadır.

2.9.1. Şebekeden Araç Beslenmesi

Üzerinde elektrik depo etmek için batarya bulunduran araçlar (sadece elektrikli ve hibrit) şebeke üzerinden yük aktarımı yaparak bataryaları üzerinde elektrik enerjisini depolarlar. Elektrikli araçların ilk olarak kullanılmaya başlanmasından bu yana tercih edilen bu metot günümüzde de kullanılmaktadır. Elektrikli araçlar üzerinde bulunan bataryalar DC gerilim barındırdığı için AC şebeke üzerinden beslenmeleri için öncelikle AC/DC dönüştürücülerin kullanılması gerekmektedir, sonrasında ise DC/DC dönüştürücüler yardımı ile voltaj değerleri istenen seviyelere indirilip yük batarya hücreleri üzerinde dengeli olarak depolanmaktadır. Bu yöntemde aktarım tek yönlü olarak şebeke üzerinden araç üzerindeki bataryalara yapılmaktadır.

2.9.2. Araçlar Üzerinden Şebekenin Beslenmesi

Araçlardan şebekeye enerji aktarım metodu düşünüldüğünde akla ilk gelen şebekeye entegre edilebilen elektrikli araçlardır. Bu araç tipleri sadece batarya bulunduran elektrikli araçlar ve hibrit elektrikli araçlardır. Kısacası üzerinde batarya bulunduran ve bunu ilerlemek için kullanılabilen araçlar şebekeye besleme sağlayabilecek olan araçlar olarak değerlendirilebilirler.

Farklı ülkelerde farklı frekans değerlerinde 50-60 Hz çalışabilen tasarımlar yapılsa da genellikle elektrikli araçlar şebeke üzerinde akan 60 Hz AC elektriği batarya hücrelerini şarj etmek için kullanırlar. Fakat V2G (vehicle to grid) durumu söz konusu olduğunda araçların şebekesi besleyebilmeleri söz konusu olmaktadır. Önceden bataryalarında depo edilmiş olan yükün araç üzerinden şebekeye geri basılması olayına araçtan şebekeye besleme işlemi (vehicle to grid) adı verilmektedir. Bu işlemin temel olarak yapılabilmesi için araçlar üzerinde bulunan DC-DC dönüştürücüler kullanılmaktadır. Bu dönüştürücülerin V2G beslemeleri esnasında güç faktörü düzeltme görevleri de mevcuttur.

Genel araç kullanım verilerine bakıldığında araçlar gün içerisinde çok fazla kullanılmazlar. Eve ya da işe araç ile gidildikten sonra araçlar uzun saatler boyunca otopark ya da park alanlarında kullanılmak için bekletilmektedirler. V2G şebeke besleme biçimi bu durumda gündeme gelmektedir. Önceden bataryalarda depo edilmiş olan güç gün içerisinde binalarda fazla miktarda güce ihtiyaç duyulduğu anlarda şebekeye geri

basılarak enerji talebine karşılık verebilir. Bu işlem için elektrikli araçların bazı şartları sağlanması beklenmektedir;

- Elektrikli araçların iki yönlü güç aktarımına izin verebilmesi
- Elektrik şebekesi ile haberleşebilmesi
- Elektrikli araçların kendi üzerinde batarya kontrol mekanizmaları bulundurması

Elektrikli araçlar kullanılarak şebekenin beslenmesi söz konusu olduğundan genellikle sadece elektrikli araçlar tercih edilirler, hibrit elektrikli araçlar tercih edilmezler. Bunun altında yatan sebep ise hibrit araçlar üzerinde bulunan bataryalarının kapasitelerinin yeteri kadar büyük olmamasıdır.

Gelişen toplumda elektrikli araçların sayısının artışı, bataryaların döngü sayılarının artışı ve batarya kapasitelerinin yükselmesi V2G enerji transferlerinin daha çok gündeme gelmesine ve uygulama alanı bulmasına olanak sağlamaktadır.

2.9.3. Şebeke Üzerinde Oluşan Harmonik Bozucu Etkiler

Bir doğrusal yüke gerilim uygulandığında uygulanan voltaj ile orantılı olarak yük tarafından akım çekilir. Bu akım voltaja benzer şekilde saf sinüs dalgası formunda elde edilir. Doğrusal olmayan yükler söz konusu olduğunda uygulanan gerilim sonucunda çekilen akım değerleri saf sinüs formundan farklı olabilir. Bu bozulmalar farklı frekans değerlerinde Fourier analizi kullanılarak periyodik tamsayılarla ayrılarak incelenir. Bu işlem sonucunda elde edilen bu bozulmalara harmonik bozulma ismi verilmektedir [66].

Elektrik şebekelerinde yüklerin bağlanması sonucunda oluşan harmonikler güç kalitesini olumsuz etkileyen sorunların başında gelmektedir. Harmonik değişikliklerin hesaplanması, analiz edilmeleri ve önlenme çalışmaları genellikle temel frekans seviyelerinde Fourier Dönüşüm metodu kullanılarak yapılmaktadır [65].

Elektrikli araçlar ve elektrikli araç şarj istasyonları hakkında yapılmış olan ölçümler sonucunda 13 A ve 32 A şarj istasyon verileri elde edilmiştir. 13 A akım değerine sahip olan şarj istasyonlarının araç şarjları esnasında şebekeye harmonik bindirmedikleri 32 A akım değerindeki şarj istasyonlarının şebekeye harmonik yük bindirdikleri görülmüştür. 32 A şarj istasyonları vasıtasıyla çok fazla araç şarj edilmesinin şebekeye olumsuz etki bindirebilmektedir [74].

Elektrikli araçların şarj istasyonlarına bağlanmaları sonucunda araçlar şebekeye harmonik yükler bindirmektedir. Harmonik oluşumu şarj altyapıları üzerinde olumsuz etkiler doğurmakta, kayıplara sebep olmakta ve şebeke üzerinden şarj edilebilen araç sayısını sınırlandırmaktadır. Ticari araç üretici firmalara tarafından üretilmekte olan araçların hepsi birbirinden farklı batarya kapasitesindedir ve farklı şarj sistemleri ile donatılmış durumdadır bu sebepten her aracın harmonik açıdan meydana getirdiği etkide farklıdır. Yapılmış olan birçok çalışmada farklı araçlar farklı şarj altyapıları ile analiz edilmiş ve sonuçlar elde edilmiştir. Bu çalışmalardan olan Nuno Melo ve arkadaşları tarafından Portekiz’de elektrikli araçların şebekeye bağlanmaları ve şarj edilmeleri hakkında çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada Nissan Leaf model araç kullanılmış ve analizler IEC6000-4-30 yönetmeliği çerçevesinde Class A metodu kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu çalışma için kullanılmış olan şarj istasyonu 16A akım verebilme kapasiteli alternatif akım kaynağıdır. Değerlendirmeler sonucunda ise test için kullanılmış olan aracın şebeke üzerine bindirdiği harmonik etkilerin yasal olarak izin verilen sınırlar içinde kaldığı görülmüştür [75].

Tablo 2.19. Elektrikli araç (Nissan Leaf) şarj harmonikleri analizi [75]

16 A Normal Şarj İstasyonu Harmonik Akımları		
Harmonik Sırası (n)	Maksimum İzin Verilen Harmonik Akımı (A)	Kaydedilen Maksimum Harmonik Akımı (A)
Tek Harmonikler		
3	2,30	1,91
5	1,14	0,62
7	0,77	0,35
9	0,40	0,20
11	0,33	0,17
13	0,21	0,14
15	0,15	0,12
Çift Harmonikler		
2	1,08	0,06
4	0,43	0,05
6	0,30	0,04
8	0,23	0,03

Elektrikli araçların şebekeden beslenmeleri sırasında oluşturdukları harmonik değerlerinin ölçülmesi amacıyla IEEE Power&Energy Society (PES) tarafından çalışma yapılmıştır. Deney amacıyla dört farklı elektrikli araç şebekeye bağlı şarj istasyonu vasıtası ile şarj edilmiş ve farklı harmonik seviyeleri için oluşturdukları değerler kayıt altına alınmıştır. Elde edilen harmonik değerlerinin Avrupa ülkelerinde elektrikli araçların uyması gereken IEC61000-3-2 yönetmeliğinde belirtilen 3.derece:2,3 A; 5.derece:1.14 A; 7.derece:0.77 A; 9.derece:0.40 A; 11.derece:0.33 A değerlerin altında olduğu görülmüştür [76].

Tablo 2.20. IEEE PES tarafından teste tabi tutulan dört farklı araçtan alınan harmonik dataları [76]

Harm onik Sırası	Harmonik Frekans	1 Numaralı Elektrikli Araç: Toplam Harmonik Bozulma Akım Değeri=4.0 %		2 Numaralı Elektrikli Araç: Toplam Harmonik Bozulma Akım Değeri=12.2 %		3 Numaralı Elektrikli Araç: Toplam Harmonik Bozulma Akım Değeri=3.3%		4 Numaralı Elektrikli Araç: Toplam Harmonik Bozulma Akım Değeri=10.4%	
		A	Dere ce	A	Dere ce	A	Dere ce	A	Dere ce
Main	50	9,69	-6	10,2	-13	12,7	-1	10,2	-6
3	150	0,32	8	1,23	107	0,27	-156	0,9	156
5	250	0,077	-25	0,036	117	0,18	149	0,4	178
7	350	0,077	-77	0,042	-163	0,118	-55	0,32	-109
9	450	0,03	34	0,06	121	0,053	-33	0,119	-100
11	550	0,088	82	0,115	160	0,039	110	0,092	159

J.R. Gomez ve arkadaşları tarafından Ekvator ülkesinin Cuenca eyaletinde araçlar üzerinde teste dayanan çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmada EVSE-RS Aero Viroment model bir şarj ünitesi kullanılmış olup şarj için kullanılan araç KIA Soul EV modelidir. Test için kullanılan araç üzerinde 27 kWh batarya bulunmakta olup aracın şarj edilmesi için şarj ekipmanından tez faz 208-240 V gerilim ve 30 A (AC) 60 Hz akım

altında şarj edilmesi işlemleri yapılmıştır. Deneysel çalışma sonucunda görülmüştür ki aracın oluşturduğu voltaj harmonik değeri THDv: 0,93% ve akım harmonik değeri THDi: 6,61% olarak elde edilmiştir. Yapılan çalışma neticesinde elektrikli araç olarak seçilen araç ve elektrikli aracın şarj edilmesi için kullanılan ekipmanın şebekeye harmonik açısından olumsuz etki yaratmadığı görülmüştür [77].

R.Carter ve arkadaşları tarafından elektrikli araç üzerinden alınan dataloglar kullanılarak yapılan çalışmada araçların şebeke üzerine etkileri incelenmiştir. Araçların şarjları esnasında toplanan veriler MatLab programı üzerinde FFT (fast Fourier transform) metodu kullanılarak işlenmiştir. Şebekeden şarj esnasında toplanan gerilim ve akım değerleri kullanılarak harmonik datalarının elde edilmesi işlemleri yapılmıştır. Yapılan çalışmada 13 A ve 32 A şarj akım değerleri üzerinden çalışmalar yapılmış olup, neticede elde edilen değerler OpenDSS ve Matlab programları üzerinde değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında 4 farklı araç kullanılmıştır fakat araçların şarj edilmeleri için kullanılmış olan akım değerleri farklılık göstermektedir. A, B ve D araçlarının dataları 13 A akım verebilen şarj ekipmanı üzerinden alınmıştır benzer şekilde B ve C araçlarının dataları ise 32 A akım verebilen şarj ekipmanından elde edilmiştir. Tüm verilerin işlenmesi neticesinde voltaj harmonikleri açısından araçların THDv değerlerinin yasal sınırlar içerisinde kaldıkları yalnız 15. Ve 21. Voltaj harmoniklerinin sınırları aştığı gözlemlenmiştir. Benzer şekilde araçların akım yönünden harmonik değerleri incelendiğinde ise THDi değerlerinin B ve C araçları için 4% değerinin altında olduğu A aracının 5-12% değer aralığında harmonik ürettiği D aracının ise 6-8% değerleri arasında harmonik seviyesine çıktığı görülmüştür [66].

Elektrikli araçların şebekeye etkilerini modelleme yaparak çalışan Joon Nittsoo ve arkadaşları alçak gerilim şebekesi kullanarak çalışmışlardır. Şebeke üzerinde elektrikli cihazların modellenmesi sonrası harmonik analiz sonuçları elde etmişler ve sonrasında ise bu alçak gerilim şebekesine elektrikli araç şarj istasyonunu da ilave ederek harmonik seviyelerindeki değişiklikleri incelemişlerdir. Alçak gerilim şebekesine sadece elektrikli cihazlar bağlanmış halde elde ettikleri harmonik değeri 5% ten daha düşük iken şebekeye elektrikli araç şarj istasyonu bağlanması sonucunda elde edilen harmonik değerinin yasal sınır olan 5% den daha yüksek olduğu sonucuna varmışlardır [78].

Alexandre Lucas ve arkadaşları hızlı şarj sistemleri üzerinde çalışmalarını yapmışlardır. Çalışma kapsamında kullanılan şarj sistemi 63 A akım ve 230 V gerilim seviyesinde 50 Hz frekansında çalışmaktadır. Üzerinde çalışılmış olan araç ise Volkswagen E-Up modelidir. Araç üzerinde yapılan ölçüm 40 dk lık veri paketi halinde elde edilmiş olup örnekleme aralığı olarak 0,25 saniye seçilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen harmonik değerleri olarak THD değerinin 1,26% seviyesi elde edilmiştir. Bu değer yasal sınır olan 5% lik değer oldukça altında olması sebebiyle elektrikli araç şarj sisteminin şebekeye harmonik açıdan büyük bir olumsuz etki etmediği sonucuna varılmıştır [74].

Elektrikli araç şarj ekipmanları üzerinde çalışma yapan Yuba Fan ve arkadaşları maksimum 15 kWh güç çıkışına sahip olan 3 faz 380 V AC sistem ve maksimum 125 A çıkış verebilen 120 V DC sistem üzerinde testler yapmışlardır. Testler sonucunda voltaj harmonikleri değerleri olan THDv değerinin 2% değerinden daha düşük değerde olduğunu ve yasal sınırlar içerisinde olduklarını gözlemlemişlerdir [79].

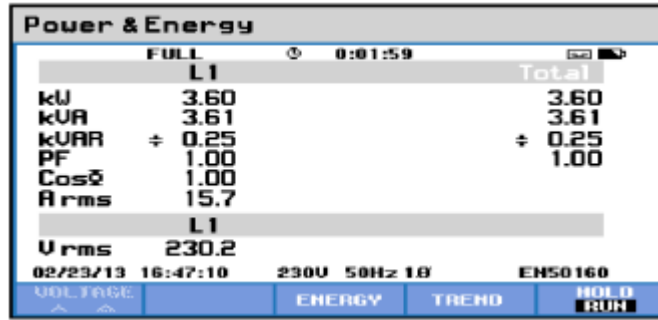
Deepak S. Gautam ve ekibi tarafından hibrit elektrikli araçlar için 3,3 kWh elektrikli araç şarj sistemi tasarımı konusu üzerinde çalışılmıştır. Tasarlanan şarj ekipmanı ile 16 kWh kapasiteli bataryaya sahip aracın 95% seviyesine kadar 4 saatlik bir sürede şarj edilebileceği gösterilmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlara bakıldığında ise 240 V gerilim altında güç faktörünün 99% seviyesinde olduğu, genel verimin 94% değeri seviyesinde ve voltaj harmoniği olan THD değerinin ise 5% den daha düşük olduğu görülmüştür. Çalışma neticesinde elde edilen sonuçların harmonikler açısından olumsuz etki yaratan sınırları aşmadığı gösterilmiştir [80].

Elektrikli araçların şebekeye bağlanmaları ve oluşturdukları harmonik etkiler konusunda Koray Erhan ve arkadaşları tarafından araç incelemesine dayalı çalışma yapılmıştır. Elektrikli araçların şebekeye olan harmonik etkilerini incelemek için Renault Fluence Z.E. marka ve model araç verileri kullanılmıştır. Tercih edilen aracın teknik verilerine bakıldığında araç yaygın olarak kullanılan C segmenti bir araç olarak görülmektedir [81].

Tablo 2.21. Renault Fluence Z.E. araç özellikleri [81]

Araç Teknik Özellikleri	
Akü tipi	Lithium-ion
Akü kapasitesi	22 kWh
Akü gerilimi	398 volt
Akü ağırlığı	400 kg
Azami menzil	185 km
Motor gücü	72 kW
Motor torku	226 N.m
Azami hız	135 km/h
Şarj süresi	16 A (3kW) ile 6-9 saat
Ağırlık (yürür vaziyette)	1605 kg
Motor ağırlığı	160 kg
Motor cinsi	Sabit mıknatıslı senkron makine

Koray Erhan ve arkadaşları tarafından yapılmış olan çalışmada kullanılan elektrikli aracın şarj edilmesi esnasında kullanılan şarj istasyonundan alınabilen akım değerinin 15,7 A seviyesine kadar çıktığı ve 3.6 kW aktif güç çekildiği gözlemlenmiştir [81].



Şekil 2.45. Renault Fluence Z.E. şarj elektriksel ölçüm verileri [81]

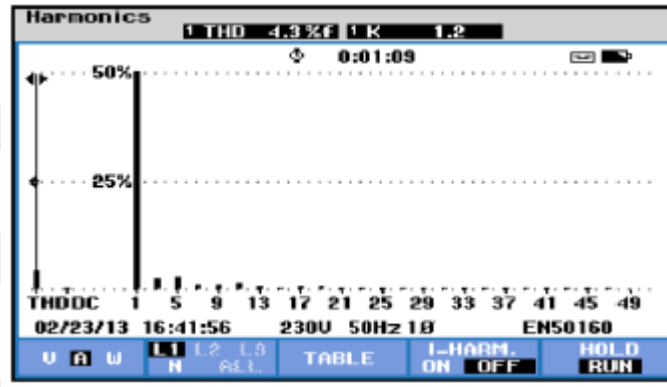
Araç şarjı esnasından ölçüm ekipmanı üzerinden şebekeye etkiyen harmonik değerleri okunmuştur. Bu değerlerin elektrikli ekipmanların şarj edilmeleri sırasından uyulması gereken IEEE-std519 yönetmeliğine uygun olduğu tespit edilmiştir [81].

HARMONICS TABLE			
Amp	L1		N
THD%F	4.3		4.3
H3%F	2.3		2.3
H5%F	2.7		2.7
H7%F	1.1		1.1
H9%F	0.8		0.8
H11%F	1.2		1.2
H13%F	0.7		0.7
H15%F	0.5		0.5

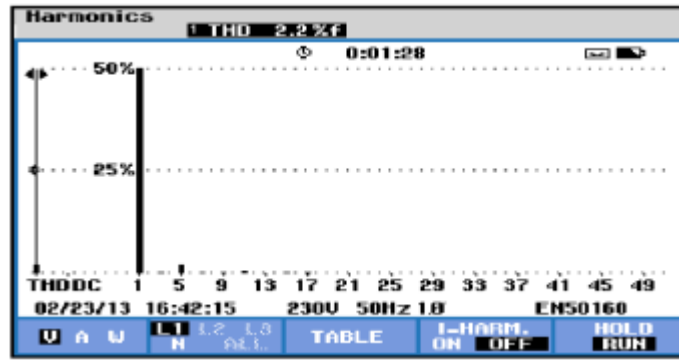
02/23/13 16:52:21 230V 50Hz 1Ø ENS0160

V A U UZ&A BACK TREND HOLD RUN

Şekil 2.46. Renault Fluence Z.E. şarj esnasında üretilen akım harmonik bileşenleri [81]



Şekil 2.47. Renault Fluence Z.E. şarj akımını harmonik dağılımı [81]



Şekil 2.48. Renault Fluence Z.E. şarj gerilimi harmonik dağılımı [81]

2.10. Elektrikli Araçların Çevresel Etkileri

Modern çağımızın en göz önünde olan konusu ulaşım olarak değerlendirilmektedir. Ulaştırma sektörü devletlerce göz önüne alındığında bu sektörün karbon ayak izi ve petrol bağımlılığı ülke yönetimleri üzerinde derin bir endişe yaratmaktadır. Dünya çapında sınırlı ve özellikle bazı bölgelerde çıkarılmakta olan petrol kaynakları ülke yönetimleri tarafından bağımlılık olarak görülmekte ve yönetsel sorunlar doğurduğu üzerinde

durulmaktadır. Özellikle petrolde dışa bağımlı ülkeler ve karbon ayak izinin çevreye olumsuz etkilerini göz önünde tutan ülkeler tarafından fosil yakıt kullanılan ulaşım metotları yerine daha çevreci ve petrolden bağımsız yöntemler tercih edilmeye başlanmıştır. Son yıllarda karbon ayak izinin çevreye olumsuz etkilerinin azaltılmasında en iyi alternatif olarak ulaşım araçlarında fosil yakıtlı araçlar yerine kısmı ya da tam elektrikli araçların kullanılmaya başlanması görülmektedir.

Dünya çapında bakıldığında karbondioksit emisyonunun %20-%25 lik kısmı ulaşım sektöründe kullanılan araçlar tarafından üretilmekte ve atmosfere salınmaktadır. Karbondioksit üretimine olan büyük olumsuz katkı günümüz modern toplumunda ihtiyaç duyulan artan ulaşım talepleri ile artarak devam etmektedir. Diğer sektörler ile karşılaştırıldığında ulaşım sektörünün karbondioksit üretimine olan etkisi beklenen seyirden kat ve kat fazlasıdır. Ulaşım sektöründe kullanılan enerjinin %95 lik kısmı petrol ve petrol türevlerinden elde edildiği için atık gaz üretimi petrol tüketimi ile doğru orantılı olarak artış göstermektedir.

Ulaşım sektöründe kullanılmakta olan petrol miktarının azaltılması, petrol ürünleri kullanılması sonucunda artan karbon ayak izinin azaltılması ve petrol ürünleri alımında dışa bağımlılığının sınırlandırılması için enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi çok cazip görülmektedir. Ulaşımında ihtiyaç duyulan enerjinin farklı kaynaklardan karşılanabilmesi konusuna hükümetler, sanayi kuruluşları, akademik kurumlar ve çevreciler büyük ilgi göstermektedirler. Petrole olan bağımlılığın ve karbon ayak izinin azaltılmasında elektrik, bio kütle ve hidrojen gibi alternatif kaynaklar kullanılabilir olsalar da teknolojinin gelişme süreci, devlet politikaları ve diğer sebepler ile yavaş ilerlemektedir. Alternatif çözümler içinde kullanım alanı ve kolaylığı ile elektrik enerjisi ön plana çıkmakta ve gündün güne yaygınlaşmaktadır. Elektrikli araçların kullanılması en akıllıca çözüm olarak ön plana çıkmasının ardında fosil yakıtlı araçlardan daha üstün özelliklere sahip olmalarıdır. Üstün özelliklerinin en belirgin olanları ise kilometre başına ürettikleri karbon ayak izinin petrol ile çalışan araçlara göre çok küçük olması ve gereken elektrik enerjisinin farklı kaynaklar kullanılarak üretilebiliyor olmasıdır. Bu sebeplerden elektrikli araçların kullanılması fosil yakıtlı araçların kullanımını azaltmada ve karbon ayak izinin azaltılmasında en gerçekçi çözüm yolu olarak görülmektedir. Amerika Birleşik Devletleri, Fransa ve Çin gibi ülkeler petrol bağımlılıklarının azaltılması ve karbon

salınımlarının azaltılması hedeflerini gerçekleştirebilmek adına elektrikli araçların yaygınlaştırılmasını önem vermektedirler [82].

Fosil yakıtlı araçların kullanılması sonucunda karbondioksitin yanında pek çok kirletici ve çevreye zararlı gaz da açığa çıkmaktadır. Fosil yakıtların yanması sonucunda NO_x, NH₃ ve SO₂ gibi gazlarda atmosfere salınmaktadır. Bu gazların salınması çevre için tehlike arz ettiğinden pek çok ülke farklı regülasyonlar ile bu gazların salınımlarında kısıtlamalara gitmiştir. Ülkeler araç üreticilerine farklı yaptırımlar ve uygulamalara koyarak üretilen araçların belirli seviyelerin altında tutulmasını sağlamaktadırlar. Ülkemizde de uygulanmakta olan Euro seviyesi emisyon regülasyonları bunlara örnek olarak verilebilir. Farklı teknolojiler kullanılarak Euro emisyon seviyeleri günden güne ilerlemektedir. Örneğin Euro1 ile başlayan seviye günümüzde Euro6 seviyesine kadar ulaşmıştır.

Elektrikli araçlar üzerinde fosil yakıtlı motorlar kullanılmadığından herhangi bir kirletici gaz çıkışı meydana gelmemektedir. Bu sebeple elektrikli araçlar sıfır emisyon değerine sahip araçlar olarak görülmektedirler. Fakat elektrikli araçlar üzerinde bulunan bataryaların da şebeke üzerinden beslenmesi ve bataryalarının yük ile doldurulması gerekmektedir. Şebekeler üzerinde kullanıma verilen elektrik enerjisinin ise üretim aşamasında enerji kaynağına ihtiyacı ise her zaman vardır ve var olacaktır. Elektrikli araçlarında beslendiği elektrik şebekeleri göz önüne alındığında farklı enerji kaynaklarından beslendikleri görülebilir. Bu kaynaklar arasında yenilenebilir enerji kaynakları olsa da fosil yakıt kullanımı sonucunda elektrik enerjisi üreten çok sayıda kaynakta bulunmaktadır. Fosil yakıt kullanılarak elektrik üreten santraller ile beslenen şebekelerden beslenen elektrikli araçların sıfır emisyon değerine sahip olmaları ise mümkün olarak gözükmemektedir.

Tablo 2.22. Elektrik üretim metotları sonucu oluşan emisyon değerleri [83]

Üretim Metodu	NH ₃	NO _x	SO ₂	CO ₂
Nükleer Santral	$6,30 \times 10^{-6}$	$4,27 \times 10^{-5}$	$6,86 \times 10^{-5}$	$1,21 \times 10^{-2}$
Petrol Gazı Türbini	$3,15 \times 10^{-6}$	$6,51 \times 10^{-4}$	$9,90 \times 10^{-4}$	$8,53 \times 10^{-1}$
Taş Kömürü Santrali	$1,83 \times 10^{-5}$	$5,98 \times 10^{-4}$	$3,34 \times 10^{-4}$	$6,19 \times 10^{-1}$
Linyit Santrali	$4,71 \times 10^{-7}$	$3,92 \times 10^{-4}$	$5,90 \times 10^{-4}$	$7,76 \times 10^{-1}$
Doğal Gaz Santrali	$2,12 \times 10^{-7}$	$1,95 \times 10^{-4}$	$1,38 \times 10^{-4}$	$3,73 \times 10^{-1}$
Hidroelektrik Santrali	$3,10 \times 10^{-7}$	$7,57 \times 10^{-5}$	$2,30 \times 10^{-5}$	$1,22 \times 10^{-2}$
Rüzgar Santrali	$3,89 \times 10^{-7}$	$2,60 \times 10^{-5}$	$2,76 \times 10^{-5}$	$9,08 \times 10^{-3}$
Biyokütle	$4,93 \times 10^{-5}$	$1,76 \times 10^{-3}$	$1,43 \times 10^{-4}$	$1,80 \times 10^{-2}$
Güneş Enerjisi Hücreleri	$2,45 \times 10^{-6}$	$1,12 \times 10^{-4}$	$1,68 \times 10^{-4}$	$5,35 \times 10^{-2}$

2.11. Elektrikli Araçların Ekonomik Etkileri

Geçtiğimiz son on yıl içerisinde elektrikli araçlar otomotiv sektörünün gündemindeki konudur. Dünya genelinde fosil yakıtlı araçlar yıldan yıla cazibesini kaybetmekte ve yerlerini elektrikli araçlara bırakmaktadır. Özellikle gelişmiş toplumlarda gelişen teknoloji ile birlikte sayıları artmaktadır.

Elektrikli araçlar teknolojik açıdan incelendiklerinde fosil yakıtlı araçlara göre daha basit yapıda oldukları görülebilir. Bataryaları üzerinde depoladıkları enerjiyi motorlarını sürmek için kullanan bu araçlar çevreye kirletici herhangi bir atık salmazlar. Bu sebepten sıfır emisyonlu araçlar olarak bilinirler.

Fosil yakıtlı araçlar kurgulandıkları mimari gereği depo edilmiş olan yakıtın motorda hava ile bir araya gelmesi sonucu oluşturulan zengin karışımın yakılması ile enerji elde ederler ve bu enerjiyi aracın ilerlemesi için kullanırlar. Bu işlem sonrasında elde edilen enerji birçok hareketli parça ile aktarılır. Tüm bu işlemler sebebiyle çok fazla enerji ısıya dönüşür ve kaybolur. Elektrikli araçlarda ise aracın ilerlemesi için gereken elektrik enerjisi direk kullanıma hazır halde bataryada depo edilir. Emre amade olan bu güç doğrudan elektrik motoruna aktarılır ve oradan da hareket organlarına iletilir. Bu mekanizma içerisinde fosil yakıtlı araçlara göre daha az sayıda hareket aktarım mekanizması vardır. Bu da elektrikli araçlarda kayıpların azaltılması ve verimin



arttırılmasına olanak sağlamaktadır. Bu da daha az enerji ile daha fazla yol alınabilmesini sağlamaktadır.

Tablo 2.23. Elektrikli araçların şarj ve şarj boşalması kayıpları [84]

Komponent	AC Akım (A)	Şarj Kayıpları (%)	Deşarj Kayıpları (%)
Elektrikli Araç Bataryası	10	0,64	0,64
	40	1,69	1,91
Elektrikli Araç Elektronik Güç Ünitesi	10	6,28	16,67
	40	5,77	19,23
Elektrikli Araç Şarj Ekipmanı	10	0,10	1,42
	≈ 40	0,29	1,39
Kesici Sistemler	10	0,0	2,80
	≈ 40	1,30	0,60
Dönüştürücü	10	10,20	14,60
	≈ 40	3,33	6,65
Toplam	10	17,22	36,13
	≈ 40	12,38	29,78

Günümüz şartlarında fosil yakıt fiyatlarının yüksek, elektrik birim fiyatlarının ise daha makul seviyede oluşu elektrikli araç kullanımını daha cazip hale getirmektedir. Hem fosil yakıtlı hem de elektrikli versiyonu bulunan otomobil modeli ekonomik açıdan incelendiğinde aralarındaki fark açıkça görülebilmektedir.

Tablo 2.24. Elektrikli ve benzinli aracın ekonomik karşılaştırması [85]

Özellikler		
	Ford Focus Electric	Ford Focus Trend X / Titanium
Motor Tipi	Elektrikli	Fosil Yakıtlı (Benzin)
Motor Hacmi	-	1,5 lt
Batarya Kapasitesi	35 kWh	-
Yakıt Tüketimi (Şehir İçi 100 km)	-	9 - 9,1 lt
Yakıt Tüketimi (Şehir Dışı 100 km)	-	5 - 5,1 lt
Yakıt Depo Kapasitesi	-	52 lt
Menzil (Şehir İçi)	189,7 km	-
Menzil (Şehir Dışı)	154,4 km	-
Model Yılı	2018	2019

Listede belirtilmiş elektrikli araç olan Ford Focus Elektrikli modelinde 35 kWh lik batarya sistemi bulunmaktadır. Bu aracın 16 A akım verebilme kapasiteli elektrikli araç istasyonu üzerinden beslendiği düşünülür ise yaklaşık olarak %15 civarında şarj edilme esnasında kayıp meydana gelecektir. Bu doğrultuda aracı tam doldurmak için gerekli olan 35 kWh lik güç için 40,25 kWh lik güç aktarılması gereklidir. Türkiye’de Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu tarafından 01.01.2019 tarihinden geçerli olan fiyat politikası uyarınca meskenlerde kullanılan elektriğin tek zamanlı birim fiyatı 43,32 kuruş olarak açıklanmıştır. Bu bilgiler dikkate alındığında Ford Focus Elektrikli modeli için bir kez tam şarj etme bedeli 17,44 TL olarak hesaplanmaktadır. Bu ücret ödenerek gidilebilecek mesafe ise şehir içi kullanımda 189,7 km dir. Aracın gittiği her kilometre mesafeye harcadığı enerjinin bedeli ise 0.09 TL dir.

Benzer şekilde Focus Benzinli modeli şehir içi kullanımda 9 lt fosil yakıt harcamaktadır. 2019 mart ayı ortalama 95 oktan benzin fiyatı olan 6,66 TL akaryakıt fiyatı baz alındığında fosil yakıt kullanan bu araç 100 km şehir içi mesafede 59,9 TL değerinde yakıt harcamaktadır. Benzer şekilde km başı yaklaşık akaryakıt maliyeti ise 0,6 TL olarak hesaplanabilir.

Bu verilerden de anlaşılacağı üzere elektrikli araçların kullanımı fosil yakıtlı araçların kullanımına oranla çok daha düşük maliyetlidir. Bu durum elektrikli araçların tercih edilmelerinin en önemli sebepleri arasındadır.





3. ELEKTRİK ŞEBEKESİ MODELLEME VE SİMÜLASYON ÇALIŞMASI

3.1. DIGSILENT Powerfactory Simülasyon Programı

Tez çalışması kapsamında yapılan literatür araştırmalarında DIGSILENT Powerfactory simülasyon programının güç sistemlerinin analizinde güçlü bir program olduğu görülmüştür. Yapılan tez çalışmasından örnek şebeke modellemesi için DIGSILENT (DIgital SImuLation and Electrical NeTwork) Powerfactory simülasyon programı kullanılmıştır. PowerFactory, üretim, iletim, dağıtım ve endüstriyel sistemlerin analizinde lider bir güç sistemi analiz yazılımı uygulamasıdır. Rüzgar enerjisi, dağıtık üretim, gerçek zamanlı simülasyon, sistem testi ve denetimi için performans izlemesi dahil olmak üzere gelişmiş uygulamalara kadar tüm işlevselliği kapsayan bir yazılım tabanına sahiptir. Komut dosyası ve arayüz oluşturma esnekliği sayesinde DIGSILENT PowerFactory yüksek oranda otomatik ve entegre çözümler oluşturabilmektedir.

DIGSILENT Powerfactory güç dönüşüm sistemlerinin simülasyona aktarılması konusunda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun yanında güç aktarım sistemlerinin kurgulanmasında hem tek faz hem de üç faz sistemler için kullanılmaktadır. Simülasyonların kurgulanması aşamasında uyulması gereken IEC standartları ise, program veri tabanında hazır olarak bulunmaktadır.

Program ayrıca endüstriyel merkezlerin elektrik sistemleri simülasyonlarının yapılmasında, elektrik üretim tesis-sistem tasarımında ve dağıtık elektrik üretim sistem dizaynlarında oldukça verimli olarak kullanılmaktadır. Modern elektrik üretim metotları olarak görülen yenilenebilir enerji üretim sistemlerinin tasarımında ise, gelişmiş bir simülasyon özelliği bu programda mevcuttur.

Kullanılan programın güç sistemleri ve enerji dağıtım sistemleri konusunda sahip olduğu pek çok kütüphane ve analiz metodu mevcuttur. Tez çalışmasında kampüs elektrik şebekesi modelleme işi yapılacağı için network reduction (şebeke indirgeme), cable analysis (kablo analizi), power quality and harmonic analysis (güç kalitesi ve harmonik analiz), connection request assessment (bağlantı talebi değerlendirme), distribution network tools (dağıtım şebekesi ekipmanları) ve optimum power flow 1-2 (en uygun güç akışı 1-2) paketleri kullanılmıştır. Programda elektrik şebekesi simülasyon tasarımında ihtiyaç duyulan trafo, kablo, yük ve bara gibi ekipmanları gerçek değerleriyle kurgulanmış olarak sunulmaktadır. Eğer istenir ise, bu değerler kurgulanan modele göre

adapte edilebilmektedir. Tez konusu olan elektrikli araçların şebekeye bağlanması çalışması bu program kullanılarak Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Kampüsü şebekesi üzerinden modellenmiştir. Kampüs içerisine yerleştirilebilecek elektrikli araç şarj sistemleri adetleri simülasyon programı kullanılarak hesaplanmıştır. Bu istasyonların şebeke üzerindeki etkileri ve sebep olacakları olumsuz etkiler simülasyon sonuçlarından elde edilmiştir.

3.2. Elektrikli Araçların Modellenmesi

Elektrikli araçların tüm dünyada yaygınlaşmaya başlaması ile birlikte ülkemizde de elektrikli araçlar kullanılmaya başlanmıştır. Gelişmiş ülkelerde kadar yüksek kullanım oranları ülkemizde yakalanmamış olsa da ekonomik ve çevreci olmaları sebebiyle her geçen gün satışları artmaktadır.

Otomobil üreticileri çeşitli segmentlerde elektrikli araçlar üretmekte ve dünyanın tüm ülkelerine bu araçları pazarlamaktadırlar. Farklı pazarlarda farklı modelleri tercih edilmesi durumu da genel bir durum olarak görülmektedir. Ülkelerin ekonomik durumlarına ve ülke genelindeki kullanım koşullarına göre araç satışları çeşitlenmektedir.

Türkiye genelinde bakıldığında satılmakta olan elektrikli otomobil marka modelleri;

- Renault Fluence Z.E.
- Renault Twizy
- Renault Zoe
- BMW i3
- BMW i8
- Derindere Motorlu Araçlar (Toyota Corolla)
- Tesla Model S

Düşük fiyat ve kullanım faaliyetleri sebebiyle Renault Fluence Z.E. ve Renault Zoe en çok tercih edilen ve yaygın kullanılan modellerdir. Türkiye’de 2018 yılında satılan elektrikli araç adetlerine bakıldığında uygun fiyatı, büyük batarya kapasitesi ve yüksek menzil değerleri ile Renault ZOE en çok satılan araç olmuştur.2018 yılında Türkiye’de 79 adet Renault ZOE satışı gerçekleşmiştir. Avrupa geneline bakıldığında 2018 yılında en çok satılan araç yine Renault ZOE olmuştur [86]. Bu tez çalışması kapsamında Renault Zoe modeli örnek olarak kullanılacaktır.



Şekil 3.1. Renault ZOE 2019 [87]

Tez çalışmasında model olarak kullanılan Renault ZOE modeli teknik ve donanımsal özellikler bakımından B sınıfı bir araçtır. Günlük kullanım için tasarlanmış araç yaygın kullanıma sahiptir.

Tablo 3.1. Renault ZOE araç özellikleri [87, 88]

Özellikler	
Segment (Sınıf)	B
Motor Tipi	Elektrikli Motor
Batarya Tipi	Lityum İon
Motor Referansı	R90/110
Motor Gücü	80kW (108 hp)
Motor Max Tork	225 Nm
Batarya Tipi	Lityum İon
Batarya Kapasitesi	41 kWh
Batarya Modeli	Z. E. 40
Menzil (50 mph ,15°C,16'')	179 mil (~288 km)
Menzil (31 mph ,15°C,16'')	236 mil (~379 km)

Modellemesi yapılan Renault ZOE aracın fabrika verilerine dayanan şarj süreleri ve şarj edilmesi için kullanılan şarj istasyonu verileri Tablo 3.2’de sunulmuştur.

Tablo 3.2. Renault ZOE şarj süreleri [87]

Şarj İstasyonu Sınıfı	Güç	%0 to %100 Şarj Süresi
Hızlı Şarj	43kW (3x62A)	2 saat 40 dakika
Halka Açık Alan Şarj Sistemi	22kW (3x32A)	2 saat 40 dakika
Halka Açık Alan Şarj Sistemi	11kW (3x16A)	4 saat 30 dakika
Ev Tipi (Duvar) İstasyonu	7,4kW (32A)	7 saat 18 dakika
Şarj Aleti (Duvar Priz Tipi)	2,3kW (10A)	25 saat

3.3. Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Modellenmesi

Elektrikli araçların şarj edilmesi işlemi farklı metotlar ile yapılabilmektedir. Bu metotların en yaygın ve en verimli olanı ise, elektrikli araç şarj istasyonlarının kullanılması ile yapılanıdır.

Günümüz gelişmiş ve gelişmekte olan toplumlarında yaygınlaşan elektrikli araç kullanımıyla birlikte şarj istasyonlarına olan gereksinimde hızla artmaktadır. Öyle ki araç başına düşen şarj istasyonu oranı ülkelerin gelişmişlik dereceleri ile ilişkilendirilmektedir. Bu bağlamda ülkemizde de elektrikli araç kullanımının gelecek yıllarda ülkenin gelişim seviyesiyle paralel olarak artması beklenmektedir.

Elektrikli araç şarj istasyonları kullanıldıkları ülkelerin elektrik frekanslarına, gerilim seviyelerine, güç aktarım kapasitelerine, güç aktarım sürelerine, şarj ettikleri araç tiplerine ve araç markalarına göre çeşitlenmektedir. Aynı araç şarj istasyonları bile kullanıldıkları ülkelerin araç standartlarına göre versiyon alabilmektedir. Örneğin aynı marka ve model aracın Amerika ve Avrupa versiyonları farklı tip elektrikli araç şarj istasyonu üzerinden şarj edilebilmektedir. Bazı araç markaları ise kendi markalarına özgü elektrikli araç şarj sistemleri tasarlamaktadırlar. Bunların en büyük örnekleri ise Tesla ve Porsche markalarıdır.

Ülkemiz elektrikli araçların şarj edilebilmesi için Avrupa ülkeleri için geçerli olan IEC standartlarını kullanmaktadır. Ülkemizde kullanılan ve kullanılacak olan tüm elektrikli araç şarj sistemlerinin IEC standardına uygun olması gerekmektedir.

Elektrikli araç sistemleri kendi içerisinde aktardıkları güç miktarlarına göre sınıflara ayrılmaktadır. Yüksek güç aktarım kapasitesine sahip olan sistemler hızlı şarj üniteleri

olarak isimlendirilirken düşük güç aktarım kapasitesine sahip olanlar ise standart şarj üniteleri olarak isimlendirilmektedir.

Ülkemizde elektrikli araç şarj sistemleri tasarımı ve uygulaması yapmakta olan farklı firmalar mevcuttur. Genel olarak bakıldığında elektrikli araçların güçlerine göre bir sınıflandırma göze çarpmaktadır. Markaların ürünleri de bu açıdan incelendiğinde ürünlerin enerji güç seviyeleri 3,7kW, 7,4kW, 11kW ve 22kW olduğu görülmektedir.

Tez çalışması kapsamında model olarak Eşarj firması ürünleri üzerinde çalışılacak olup, ağırlıklı olarak 22 kW şarj gücüne sahip olan model kullanılacaktır.

Tablo 3.3. Eşarj firması araç şarj cihaz bilgileri [89]

Şarj Ünitesi Teknik Özellik	WallBox Charger v1		WallBox Charger v2		Normal Charger
	3.7 kVA Tek Faz	7.4 kVA Tek Faz	11 kVA Üç Faz	22 kVA Üç Faz	22 kVA Üç Faz
Gerilim	230±23V AC	230±23V AC	400±40V AC	400±40V AC	400±40V AC
Hatlar	1 Faz + Nötr + Toprak	1 Faz + Nötr + Toprak	3 Faz + Nötr + Toprak	3 Faz + Nötr + Toprak	3 Faz + Nötr + Toprak
Akım	16A	32A	16A	32A	32A
Frekans	(50±0,5)Hz	(50±0,5)Hz	(50±0,5)Hz	(50±0,5)Hz	(50±0,5)Hz
Soket Tipi	Tip 2	Tip 2	Tip 2	Tip 2	Tip 2

Elektrikli araçlar üzerinde şebekeye bağlantı yapılması için yerleştirilmiş OBC (onboard charger) sistemleri mevcuttur. Bu ekipman vasıtası ile elektrikli araçlar bağlandıkları şebekeden AC gerilim üzerinden enerji alırlar ve şarj sistemlerine aktarırlar.



Şekil 3.2. Brusa (NLG513 air) araç üzeri şarj sistemi [90]

Tablo 3.4. Brusa (NLG513 air) on board charger sistemi teknik özellikleri [90]

Özellikler	
AC Giriş Voltaj Aralığı	100 – 264 V
AC Giriş Frekans Aralığı	48 – 62 Hz
AC Giriş Akımı	16 A
AC Giriş Gücü	3680 W
Güç Çarpanı (GÇ) (PF)	>0,99
DC Çıkış Gücü	3300 W
DC Çıkış Voltaj Aralığı	200 – 520 V
DC Şarj Voltaj Kararlılığı	% ± 1
DC Şarj Akım Kararlılığı	% ± 2
Verimlilik	%93



Şekil 3.3. Efacec Elektrikli Araç Hızlı Şarj sistemi [91]

Tablo 3.5. Efacec hızlı şarj sistemi teknik özellikleri [91]

Teknik Özellikler	
Bağlantı Kabloları	3 faz + 1 nört + 1toprak
Giriş Gerilim Değeri	400 Vac
Frekans Değeri	50 Hz
AC Giriş Akımı	32 A
AC Giriş Gücü	22 kVA
Verim	> %94
Güç Çarpanı (GÇ) (PF)	%98
DC Çıkış Gerilimi	50 – 500 Vdc
DC Çıkış Akımı	0 – 50 A
DC Çıkış Gücü	20 kW
DC Çıkış Gücü (max)	25 kW
AC Çıkış Gerilimi	230 V veya 400V
AC Çıkış Akımı	16-32A
AC Çıkış Gücü	3,7-22 kVA
Çıkış Bağlantı Tipleri	CCS, CHAdeMO, AC

3.4. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Kampüsü Simülasyonu

Yapılan tez çalışmasında elektrikli araçlar ve bu araçların şebekeye entegre edilmeleri konusu üzerinde durulmuştur. Elektrikli araçların şarj edilmeleri için gerekli olan şarj istasyonlarının ve elektrikli araçların şebekeye olan etkilerinin daha iyi görülebilmesi için Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Yerleşkesi DIGSILENT Powerfactory simülasyonu programı ve yaklaşık değerler kullanılarak modellenmiştir. Modelleme programı ile mevcut durumda kampüs içerisine kaç adet elektrikli araç şarj istasyonu yerleştirilebileceği ve kaç adet elektrikli araca aynı anda hizmet verilebileceği hesaplanmıştır.

Simülasyon çalışmasında elektrikli araçların kullanımının günden güne artması durumunda göz önünde bulundurularak gelecekte istasyon sayısının artacağı durumu senaryolar kurgulanarak çalışılmıştır. Elektrikli araç şarj istasyonlarının artması neticesinde trafoların %100, %120 ve %150 ye kadar yüklenmesi durumlarında kampüs içerisine yerleştirilebilecek şarj istasyonu adetleri belirlenmiştir.

3.4.1. Terzioğlu Kampüsü Şebekesinin Modellenmesi

Elektrik şebekelerinin modellenmesi aşamasında farklı değerlerin bir araya getirilmesi ve değişkenlerin birbirine uyarlanması gerekmektedir. Üzerinde çalışılacak olan alçak gerilim şebekesi öncelikle tek bir bölge olarak değerlendirilmektedir. Kamu kurumu olması sebebiyle kampüs içerisinde bulunan tüm binalar bir bütün olarak değerlendirilerek ortak elektrik şebekesi içerisinde yer almaktadır.

Kampüs içerisinde yer alan kamuya ait olmayan binalar bulunmaktadır. Bu binaların elektrik gereksinimlerinin karşılanması amacı ile üniversite şebekesinden ayrı olarak çekilmiş olan elektrik hatları mevcuttur. Bu şebekelerin beslenmesi için farklı trafolar kullanılmaktadır. Çalışma kapsamında oluşturulan orta gerilim veya alçak gerilim şebekelerine bu trafolar dahil edilmemiştir.

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi elektrik dağıtım şebekesi UEDAŞ firmasına ait olan orta gerilim şebekesi üzerinden beslenmektedir. Orta gerilim hattı üniversite içerisine girdikten sonra orta gerilim dağıtım binasına içerisinde bulunan baralar vasıtası ile orta gerilim dağıtım hatlarına iletilir ve üniversite içerisinde bulunan alçak gerilim şebekesine geçişi yapılır.

Üniversite içerisinde orta gerilim şebekelerinin devamında alçak gerilim şebekesine dahil olan gerilimi düşürmek için kullanılan trafolar bulunmaktadır. Gerilimi düşürmek için kullanılan bu trafolar bina tipi ve köşk tipi olmak üzere iki farklı tiptedir.

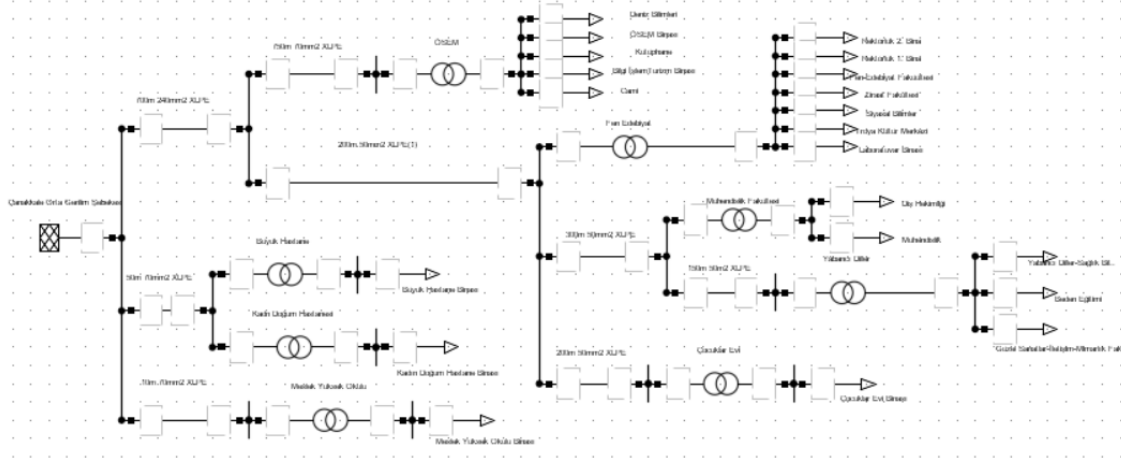


Şekil 3.4. Köşk tipi orta gerilim trafo

ÇOMÜ içerisinde bir adet dağıtım merkezi, iki adet bina tipi trafo ve altı adet beton köşk tipi trafodan oluşan orta gerilim şebekesi mevcuttur.

Tablo 3.6. Çomü Terzioğlu Kampüs trafo tipi bilgileri

Trafo Adı	Trafo Tipi
ÖSEM	Bina Tipi
Fen-Edebiyat Fakültesi	Bina Tipi
Büyük Hastane	Köşk Tipi
Kadın Doğum Hastanesi	Köşk Tipi
Eski Meslek Yüksek Okulu	Köşk Tipi
Yabancı Diller Fakültesi	Köşk Tipi
Mühendislik Fakültesi	Köşk Tipi
Çocuklar Evi Kreş	Köşk Tipi



Şekil 3.5. ÇOMÜ trafo bilgileri tek hat şeması

Çömü Terzioğlu kampüsü içerisinde bulunan 8 trafo bölgesi üzerinden üniversite içerisindeki binalar ve bunlara bağlı ayrı birimler beslenmektedir. Üniversite içerisinde bulunmasına rağmen Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu ortak şebekeye dahil edilmemiştir ve UEDAŞ firması tarafından ayrı hat üzerinden beslenmektedir.



- 1 - Ana Giriş
- 2 - Çanakkale Teknik ve Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulları , İlahiyat Fakültesi
- 3 - Tıp Fakültesi
- 4 - Çocuklar Evi (Kreş)
- 5 - Besyo & Kapalı Spor Salonu
- 6 - Yamaç Kafe
- 7 - Rektörlük - Daire Başkanlıkları
- 8 - Kütüphane
- 9 - Öğrenci Sosyal Etkinlik Merkezi (ÖSEM)
- 10 - Fen Bilimleri Enstitüsü, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- 11 - Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi
- 12 - Ziraat Fakültesi
- 13 - ATM Alanı
- 14 - Fen Edebiyat Fakültesi
- 15 - Troia Kültür Merkezi
- 16 - Açık Anfi
- 17 - Mühendislik Fakültesi
- 18- Yabancı Diller Yüksekokulu, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Sağlık YO
- 19 - Güzel Sanatlar Fakültesi
- 20 - Öğrenci Yurdu
- 21 - Mediko

Şekil 3.6. Çomü Terzioğlu Yerleşkesi planı [92]

3.4.1.1. Büyük Hastane Trafo Bölgesi (1. Bölge)

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi içerisindeki ilk alçak gerilim şebekesi olarak büyük hastane trafosuna bağlı olan ağ değerlendirilmiştir. Bu bölge içerisinde ÇOMÜ üniversitesi tıp fakültesi hastanesi yer almaktadır. Binaların yeni olması sebebiyle elektrik şebekesi yeni yüksek kapasiteye sahiptir.

Bu bölgede 4 adet 1600 kVA gücünde trafo mevcuttur. Bulunan trafolar ÇOMÜ kök dağıtım merkezi üzerinden beslenmekte olup üniversite hastanesi yakınında yer almaktadır. Trafo seçimi esnasında üniversite hastanesinin yeni olması ve ileride kullanım ihtiyacının artabilecek olması sebebiyle yüksek kapasiteli seçilmiştir.

Kullanılmakta olan büyük hastane trafolarının 4x1600 kVA gücü kapasitesinin %40 - %50 lik kısmı kullanılmaktadır. Ağırlıklı olarak kullanıldığı zaman dilimi ise sabah 8:00 ile 17:00 poliklinik saatleridir. Bunun yanında yataklı hasta servisleri ve acil servisi 7 gün 24 saat aktif hizmet vermektedir.

Tablo 3.7. 1600 kVA hermetik trafo değerleri [93]

GÜÇ (kVA)	KAYIPLAR (W)		Boşta Akım (%)	Bağlı K.D.Ger (%Uk)	Cos φ =1	
	Boşta (Demir)	Yükte (Bakır) (75 °C)			Verim (%)	G.Düş. (%)
1600	2250	16500	1,3	6	98,83	1,2

Üniversite tıp fakültesi hastanesine ait olan 4 adet 1600kVA gücündeki trafolar ÇOMÜ kök üzerinden orta gerilim (34,5 kV) kabloları ile beslenmektedir. Bu trafo bölgesi içerisinde hastane binasından başka bina bulunmamaktadır. Bu sebepten orta gerilim kabloları sadece büyük hastane trafosuna bağlantı yapmaktadırlar. Trafo bağlantılarının yapılmasında 3 faz 1 nötr kablosu kullanılmaktadır, bu kabloların ebatları ise 70 mm2 XLPE kablolardır.

Tablo 3.8. 70 mm2 orta gerilim kablosu teknik özellikleri [94]

BOYUT VE AĞIRLIKLAR			ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLER									
Normal Kesit	Dış Çap	Net Ağırlık	Sevk Uzunluğu	iletken DC 20 °C Max	iletken DC 90 °C Max	Çalışma indüktansı		İşletme Kapasitesi	Akım Taşıma Kapasitesi (A)			
mm ²	mm	kg/km	m	ohm/km	ohm/km	*** mH/km	** mH/km	µF/km	Toprakta 20 °C		Havada 30 °C	
									***	**	***	**
1x70/16	45.8	2550	1000	0.268	0.3430	0.601	0.332	0.140	306	276	348	299

ÇÖMÜ kök orta gerilim dağıtım ünitesin ile büyük hastane trafosu arasında orta gerilim kablolarının serildiği mesafe yaklaşık olarak 50 metre olarak bilinmektedir.

Tablo 3.9. Büyük hastane bölgesi kablo bilgileri

Kablo Adı	Kablo Kalınlığı Mm2	Kablo Adedi adet	Kablo Uzunluğu m
Büyük Hastane Trafo Besleme Hattı	70 mm2	3 Faz	50 m
Büyük Hastane Bina Besleme Hattı	240 mm2	20 X 3 faz	20 m

3.4.1.2. Kadın Doğum Hastanesi Trafo Bölgesi (2. Bölge)

ÇOMÜ içerisinde bulunan ikinci alçak gerilim trafo bölgesi tıp fakültesi hastanesinin kadın doğum servislerinin bulunduğu ikinci hastane binasıdır. Bu trafo bölgesinde kapasitesi büyük olması sebebiyle sadece kadın doğum hastanesi binası yer almaktadır, başka bağlı bulunan birim ya da bina yoktur. Kadın doğum hastanesi bulundurduğu çok sayıda oda, tıbbi ekipman ve hizmet verme süresi itibari ile büyük yük kapasitesi bulunan bina sınıfına girmektedir.

ÇÖMÜ kadın doğum hastanesi binası enerjisinin karşılanabilmesi için hastane binasına tahsis edilmiş olan 2500 kVA gücünde bir adet köşk tipi trafo bulunmaktadır.

Tablo 3.10. 2500 kVA hermetik trafo teknik bilgileri [95]

GÜÇ (kVA)	KAYIPLAR (W)		Boşta Akım (%)	Bağıl K.D.Ger (% Uk)	Cos φ =1	
	Boşta (Demir)	Yükte (Bakır)			Verim (%)	G.Düş. (%)
2500	3800	24000	1,1	6	98,90	1,135

Kadın doğum hastanesi ağırlıklı olarak gündüz mesai saatleri olan 08:00 ile 17:00 arasında çalışmaktadır. Yük olduğu saatler olarak mesai saatleri arası kabul edilmektedir. Bunun yanında doğum servisleri, yataklı hastaların tedavilerinin devam ettiği yataklı hasta birimleri ve çocuk acil servisi 7 gün 24 saat hizmet vermektedir. 2500 kVA gücündeki trafo gün için yoğunluk durumuna göre %40-%50 arası kapasitede yüklenmektedirler.

Kadın doğum hastanesinde bulunan 2500 kVA lık trafo 34,5 kV orta gerilim şebekesinden beslenmektedir. Trafonun beslenmesi için 70 mm² XLPE 3 faz 1 nötr kablolarla kullanılmaktadır.

Tablo 3.11. 70 mm² orta gerilim kablosu teknik özellikleri [94]

BOYUT VE AĞIRLIKLAR			ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLER									
Normal Kesit	Dış Çap	Net Ağırlık	Sevk Uzunluğu	iletken DC 20 °C Max	iletken DC 90 °C Max	Çalışma İndüktansı		İşletme Kapasitesi	Akım Taşıma Kapasitesi (A)			
mm ²	mm	kg/km	m	ohm/km	ohm/km	*** mH/km	** mH/km	µF/km	Toprakta 20 °C		Havada 30 °C	
									***	**	***	**
1x70/16	45.8	2550	1000	0.268	0.3430	0.601	0.332	0.140	306	276	348	299

ÇÖMÜ kadın doğum hastanesi trafosu ile ÇÖMÜ kök orta gerilim dağıtım istasyonu arasında kabloların serildiği mesafe yaklaşık olarak 300 metredir.

Tablo 3.12. Kadın doğum hastanesi bölgesi kablo bilgileri

Kablo Adı	Kablo Kalınlığı Mm2	Kablo Adedi adet	Kablo Uzunluğu
Kadın Doğum Hastanesi Trafo Besleme Hattı	70 mm ²	3 Faz	300 m
Kadın Doğum Hastanesi Bina Besleme Hattı	240 mm ²	10 X 3 faz	50 m

3.4.1.3. Meslek Yüksek Okulu Bölgesi (3. Bölge)

ÇÖMÜ alçak gerilim şebeke bölgelerinin üçüncüsü eski meslek yüksek okulu trafo bölgesidir. Bu bölgede bulunan trafo üzerinden sadece meslek yüksek okulu binası beslenmektedir. Ağırlıklı olarak derslik ve atölyelerden oluşan bu yapı 800 kVA gücündeki trafo ile beslenmektedir. Ağırlıklı olarak gündüz ders saatleri olan 09:00 ile akşam 17:00 arasında kullanılmakta olan bina ikinci öğretim dersleri esnasında da aktif olarak kullanılmaktadır.

3. trafo bölgesinde sadece meslek yüksek okulu binası bulunması sebebiyle trafonun yüklenme kapasitesi %10-%15 arası olarak değerlendirilmektedir.

Tablo 3.13. 800 kVA trafo teknik dataları [93]

GÜÇ (kVA)	KAYIPLAR (W)		Boşta Akım (%)	Bağıl K.D.Ger (%Uk)	Cos φ =1	
	Boşta (Demir)	Yükte (Bakır) (75 °C)			Verim (%)	G.Düş. (%)
800	1520	9700	1,5	6	98,61	1,38

Meslek yüksek okulu bölgesi içerisinde sadece meslek yüksek okulu binasına enerji taşınmaktadır. Meslek yüksek okulu trafosu şebekeden 70 mm² XLPE orta gerilim taşıyan kablo ile beslenmektedir, trafodan okul binası arasında ise 150 mm² alçak gerilim taşıma kabloları serilmiştir.

Tablo 3.14. Meslek yüksek okulu bölgesi kablo bilgileri

Kablo Adı	Kablo Kalınlığı Mm ²	Kablo Adedi adet	Kablo Uzunluğu
Meslek Yüksek Okulu Trafo Besleme Hattı	70 mm ²	3 Faz	20 m
Meslek Yüksek Okulu Bina Besleme Hattı	150 mm ²	3 faz	30 m

3.4.1.4. ÖSEM Trafo Bölgesi (4. Bölge)

ÇOMÜ Terzioğlu Yerleşkesi içerisinde bulunan 4. trafo bölgesi ÖSEM (Öğrenci Sosyal Etkinlik Merkezidir). Bu bölge kampüsün tam ortasında yer almaktadır. Öğrenciler tarafından aktif olarak kullanılmakta olan yemekhanenin, kafelerin, market ve satış alanlarının da içinde bulunduğu etkinlik binası bu bölgedeki trafo üzerinden beslenmektedir. Bunun yanında cami, bilgi işlem(turizm) binası, deniz bilimleri binası ve kütüphane binaları bu bölge içerisinde yer alan diğer binalardır.

Tablo 3.15. ÖSEM trafosundan beslenen binalar

Sırası	Bina Adı
1	ÖSEM Binası
2	Bilgi İşlem (Turizm) Binası
3	Kütüphane Ana Bina
4	Kütüphane Ek Bina
5	Deniz Bilimleri Binası
6	Cami

ÖSEM bölgesi trafosu 800 kVA gücünde ve günün her saatinden yoğun olarak kullanımdadır. Bu trafonun günlük yük yoğunluğu öğlen yemeği saatleri olan 12:00 ile 13:00 arasındadır ve trafo %80 yüklenme seviyesine kadar çıkabilmektedir.

Tablo 3.16. ÖSEM trafosu teknik özellikleri [93]

GÜÇ (kVA)	KAYIPLAR (W)		Boşta Akım (%)	Bağlı K.D.Ger (%Uk)	Cos ϕ =1	
	Boşta (Demir)	Yükte (Bakır) (75 °C)			Verim (%)	G.Düş. (%)
800	1520	9700	1,5	6	98,61	1,38

ÖSEM trafosunun beslenmesi için gerekli olan enerji orta gerilim kabloları üzerinden ÇÖMÜ kök orta gerilim dağıtım istasyonu üzerinden yapılmaktadır. Bu amaçla ÖSEM ile ÇÖMÜ Kök dağıtım istasyonu arasına 70 mm² XLPE kablodan yaklaşık olarak 750 metre serilmiş durumdadır. ÖSEM trafosunda orta gerilim seviyesinden alçak gerilim seviyesine indirilen gerilim daha sonra alçak gerilim dağıtım hatları ile binalara dağıtılmaktadır.

Tablo 3.17. ÖSEM trafosu bölgesi kablo bilgileri

Kablo Adı	Kablo Kalınlığı Mm2	Kablo Adedi Adet	Kablo Uzunluğu Metre
ÖSEM Trafo Besleme Hattı	70 mm2	3 faz	750 metre
ÖSEM Binası Besleme Hattı	185 mm2	3 faz	20 metre
Deniz Bilimleri Binası Besleme Hattı	150 mm2	3 faz	70 metre
Bilgi İşlem Binası Besleme Hattı	150 mm2	3 faz	250 metre
Kütüphane Ana Bina Besleme Hattı	150 mm2	3 faz	150 metre
Kütüphane Ek Bina Besleme Hattı	150 mm2	3 faz	150 metre
Cami Binası	150 mm2	3 faz	60 metre

3.4.1.5. Fen Edebiyat Trafo Bölgesi (5. Bölge)

ÇOMÜ Terzioğlu Yerleşkesinin 5. trafo bölgesi fen edebiyat fakültesini de içerisinde bulundurması sebebiyle onun adını alan fen edebiyat trafo bölgesidir. Bu trafo bölgesinde üniversitenin yönetim birimleri yer almaktadır, bunun yanında üniversitenin en fazla öğrenciye sahip olan fen edebiyat fakültesi yer almaktadır. Kampüs içerisinde en fazla dersliğe sahip olan fen edebiyat fakültesi yanında rektörlük 1. bina, rektörlük 2. bina, siyasal bilimler fakültesi, ziraat fakültesi, merkez laboratuvar binası ve troya kültür merkezi de bu trafo bölgesinde bulunmaktadır.

Tablo 3.18. ÖSEM trafosundan beslenen binalar

Sırası	Bina Adı
1	Fen Edebiyat Fakültesi
2	Rektörlük 1. Bina
3	Rektörlük 2. Bina
4	Ziraat Fakültesi
5	Merkez Laboratuvar Binası
6	Troya Kültür Merkezi
7	Siyasal Bilimler Fakültesi

Fen edebiyat trafo bölgesi içerisinde bulunan binalar yüksek kurulu güç değerlerine sahip olmaları ve yoğun kullanım oranları olması sebebiyle bu bölgede daha önce kurulu bulunan 800 kVA gücündeki trafo kaldırılıp yerine günümüzde de kullanımda olan 1250 kVA gücündeki trafo kurulmuştur. Kullanımda olan bu trafonun kullanım oranı ise %75 civarındadır. Bu bölgede bulunan binaların yoğun olarak kullanım zamanı mesai saatleri olan 08:00 ile 17:00 arasındadır.

Tablo 3.19. Fen edebiyat fakültesi trafo bilgileri [93]

GÜÇ (kVA)	KAYIPLAR (W)		Boşta Akım (%)	Bağlı K.D.Ger (%Uk)	Cos φ =1	
	Boşta (Demir)	Yükte (Bakır) (75 °C)			Verim (%)	G.Düş. (%)
1250	1950	14000	1,4	6	98,74	1,29

Fen Edebiyat bölgesi trafosunun beslenmesi için gerekli olan enerji ÖSEM trafosu üzerinde bulunan orta gerilim barası üzerinden yapılmaktadır. Bu baranın beslenmesi için ÇÖMÜ kök orta gerilim dağıtım istasyonudur. Bara ile Fen- Edebiyat bölgesi trafosu arasında 200 metre uzunluğunda 50 mm² XLPE kablo serilidir.

Tablo 3.20. Fen edebiyat fakültesi trafo bölgesi kablo bilgileri

Kablo Adı	Kablo Kalınlığı Mm2	Kablo Adedi Adet	Kablo Uzunluğu Metre
Fen-Edebiyat Trafo Besleme Hattı	50 mm2	3 faz	750 metre
Fen-Edebiyat Fakültesi Binası Besleme Hattı	2x150 mm2	2 X 3 faz	70 metre
Rektörlük 1. Bina Besleme Hattı	150 mm2	3 faz	240 metre
Rektörlük 2. Bina Besleme Hattı	150 mm2	3 faz	230 metre
Siyasal Bilimler Fakültesi Binası Besleme Hattı	150 mm2	3 faz	100 metre
Ziraat Fakültesi Besleme Hattı	150 mm2	3 faz	50 metre
Merkez Laboratuvarlar Binası Besleme Hattı	150 mm2	3 faz	160 metre
Troya Kültür Merkezi Binası Besleme Hattı	150 mm2	3 faz	200 metre

3.4.1.6. Çocuklar Evi Trafo Bölgesi (6. Bölge)

Kampüs içerisindeki 6. trafo bölgesi çocuklar evi bölgesidir. Bu bölgede çocuklar evi (kreş) binasından başka bina bulunmamaktadır. Sadece kreş binasının beslenmesi trafonun yüklenmemesine sebep olmaktadır. Bölgede bulunan 630 kVA trafo kış aylarında %15-%20 aralığında yüklenirken yazın soğutma ünitelerinin devreye girmesi ile %60 seviyesine kadar yüklenebilmektedir.

Tablo 3.21. Çocuklar evi trafo bilgileri [93]

GÜÇ (kVA)	KAYIPLAR (W)		Boşta Akım (%)	Bağlı K.D.Ger (%Uk)	Cos ϕ =1	
	Boşta (Demir)	Yükte (Bakır) (75 °C)			Verim (%)	G.Düş. (%)
630	1350	8000	1,6	4,5	98,53	1,36

Çocuklar evi bölgesi trafosu Fen-Edebiyat bölgesi trafosu üzerinde bulunan ve kaynağı ÇÖMÜ kök orta gerilim dağıtım istasyonu olan bara üzerinden beslenmektedir. Fen-Edebiyat fakültesi trafosu ile Çocuklar evi trafosu arasında orta gerilim dağıtım hattı bağlantısı 200 metre uzunlukta 50 mm² XLPE kablo ile yapılmaktadır. Çocuklar evi trafosu ile kreş binası arasında ise 20 metre uzunlukta 2 x 3 faz+1 nötr 150 mm² XLPE kablolar serilmiştir.

3.4.1.7. Mühendislik Trafo Bölgesi (7. Bölge)

Kampüs içerisindeki 7. trafo bölgesi Mühendislik fakültesi binalarının içerisinde bulunduğu bölgedir. Mühendislik fakültesine ait olan 2 adet bina ve mühendislik fakültesi ve diş hekimliği fakültesi tarafından ortak kullanılmakta olan 1 adet bina mühendislik bölgesi trafosu üzerinden beslenmektedir. Bölgede 800 kVA gücünde bir adet trafo bulunmaktadır. Bu trafo genel kullanım koşullarında %50-%60 yüklenme seviyesinde çalışmaktadır. Ağırlıklı olarak kullanıldığı zaman dilimi ise ders saatlerini kapsayan 09:00 ile 18:00 saatleri arasındadır.

Tablo 3.22. Mühendislik fakültesi trafo bilgileri [93]

GÜÇ (kVA)	KAYIPLAR (W)		Boşta Akım (%)	Bağıl K.D.Ger (%Uk)	Cos ϕ =1	
	Boşta (Demir)	Yükte (Bakır) (75 °C)			Verim (%)	G.Düş. (%)
800	1520	9700	1,5	6	98,61	1,38

Mühendislik fakültesi trafosu Fen-Edebiyat Fakültesi trafosu üzerinde bulunan ve enerji kaynağını ÇÖMÜ kök orta gerilim dağıtım istasyonundan alan bara üzerinden beslenmektedir. Fen-Edebiyat Fakültesi trafosu ile Mühendislik Fakültesi trafosu arasında 300 metre uzunluğunda 50 mm² kalınlığında XLPE özelliğinde kablo serilidir. Mühendislik trafosu ile binalar arasında ise sıra ile 50 metre, 80 metre ve 150 metre mesafede 3 faz+1 nötr 150 mm² kalınlığında alçak gerilim besleme kabloları serilidir.

Tablo 3.23. Mühendislik fakültesi trafo bölgesi kablo bilgileri

Kablo Adı	Kablo Kalınlığı Mm ²	Kablo Adedi Adet	Kablo Uzunluğu Metre
Mühendislik Fakültesi Trafo Besleme Hattı	50 mm ²	3 faz	300 metre
Mühendislik Dekanlık Binası Besleme Hattı	150 mm ²	3 faz	50 metre
Mühendislik Derslik Binası Besleme Hattı	150 mm ²	3 faz	100 metre
Mühendislik-Dış Hekimliği Binası Besleme Hattı	150 mm ²	3 faz	150 metre

3.4.1.8. Yabancı Diller Trafo Bölgesi (8. Bölge)

Kampüs içerisindeki 8. trafo bölgesi Yabancı Diller trafo bölgesidir. Bu bölge içerisinde yabancı diller fakültesi, beden eğitimi fakültesi, sağlık meslek fakültesi, güzel sanatlar fakültesi, mimarlık ve tasarım fakültesi ve iletişim fakültesi bulunmaktadır. Bu bölümlerden güzel sanatlar fakültesi, mimarlık ve tasarım fakültesi ile iletişim fakültesi aynı bina içerisinde yer almaktadır. Benzer şekilde sağlık meslek fakültesi ile yabancı diller fakültesi aynı bina içerisinde yer almaktadır. 8. Bölgenin beslenmesi için 800 kVA gücünde bir adet trafo kullanılmaktadır. Bölgedeki binaların kullandıkları gücün karşılanması neticesinde trafo %50-%60 seviyesine kadar yüklenmektedir. Ağırlıklı olarak trafonun kullanıldığı zaman aralığı ders saatlerini kapsayan 09:00 ile 18:00 saatleri arasındadır.

Tablo 3.24. Yabancı diller fakültesi trafo bilgileri [93]

GÜÇ (kVA)	KAYIPLAR (W)		Boşta Akım (%)	Bağıl K.D.Ger (%Uk)	Cos φ =1	
	Boşta (Demir)	Yükte (Bakır) (75 °C)			Verim (%)	G.Düş. (%)
800	1520	9700	1,5	6	98,61	1,38

Yabancı diller trafo bölgesi ihtiyacı olan orta gerilim bağlantısını mühendislik fakültesi üzerinden almaktadır. Bu trafo içerisinde bulunan ve ÇÖMÜ kök orta gerilim dağıtım istasyonuna bağlı olan baradan enerji akışı sağlanmaktadır. Orta gerilim enerji nakledilmesi için mühendislik trafosu ile yabancı diller trafosu arasında 150 metre uzunluğunda 50 mm² kalınlığında 3 faz+1 nötr XLPE kablolar serilmiştir. Trafonun alçak gerilim tarafındaki beden eğitimi binası, yabancı diller meslek yüksek okulu binası, sağlık meslek yüksek okulu ve güzel sanatlar fakülteleri için 3 faz+1 nötr 150 mm² kalınlığında kablolar serilmiş durumdadır.

Tablo 3.25. Yabancı diller fakültesi trafo bölgesi kablo bilgileri

Kablo Adı	Kablo Kalınlığı Mm ²	Kablo Adedi Adet	Kablo Uzunluğu Metre
Yabancı Diller Trafo Besleme Hattı	50 mm ²	3 faz	150 metre
Yabancı Diller Fakültesi Binası Besleme Hattı	150 mm ²	2 X 3 faz	50 metre
Beden Eğitimi Binası Besleme Hattı	150 mm ²	3 faz	200 metre
Güzel Sanatlar Fakültesi Binası Besleme Hattı	150 mm ²	2 X 3 faz	20 metre

3.5. Terzioğlu Kampüsü Şebekesine Genel Bakış

ÇOMÜ kampüsü içerisinde fakülte binaları, rektörlük binaları, idari birim binaları, sosyal tesisler ve özel teşebbüs binaları olmak üzere farklı profillere sahip birçok bina mevcuttur. Bu binalardan özel teşebbüs binaları hariç diğer tüm binalar üniversite elektrik şebekesi üzerinden beslenmektedir. Tez çalışması kapsamında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Kampüsü model olarak kullanılmaktadır.

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Kampüsü altyapısı mevcut durumda elektrikli araçların şarj edilmesi için herhangi bir şarj istasyonuna sahip değildir. Bu

sebeple elektrikli araç kullanımına uygun değildir. Üniversite personeli arasında şarj edilemeyen hibrit elektrikli araç kullanımı ne kadar yaygın olsa da elektrikli araç kullanan personel göze çarpmamaktadır. Elektrikli araç kullanımının henüz ÇOMÜ personeli arasında yaygınlaşmamış olması sebebiyle elektrikli araç şarj istasyonları henüz önem kazanmamıştır.

ÇOMÜ verileri göz önüne alındığında Onsekiz Mart Üniversitesi hızla büyümekte ve gelişmekte olan bir üniversitedir. Özellikle çalışmaya konu olan Terzioğlu Kampüsü öğrenci, personel ve öğretim personeli olarak kalabalık ve yoğun bir yerleşkedir. Mevcut durumda üniversitenin 49169 öğrencisi ve 1617 adet akademik personeli bulunmaktadır [96]. Belirtilen sayılar göz önüne alındığında önümüzdeki yıllarda elektrikli araçlar için şarj istasyonlarının kullanımına ihtiyaç duyulacağı görülmektedir.

2016 yılı serbest piyasadan elektrik alımı için düzenlenmiş olan teknik verilere göre Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesine bağlı 21 adet abonelik bulunmaktadır. Bunlardan 15 adeti orta gerilim 6 adedi ise alçak gerilim düzeyindedir. 12 aylık periyot içerisinde elektrik tüketimi 14.000.000 kWh'tir.

Tablo 3.26. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi yerleşkeleri elektrik işletme kodları (2016) [97]

	MÜŞTERİ ADI	İŞLETME KODU	MÜŞTERİ NO	Bulunduğu Yer
1	Rektörlük Kabin Hüseyin Akif Terzioğlu Kampüsü	17.1.0.0.0	10000095600	Merkez/Çanakkale
2	Dardanos Yerleşkesi	17.1.0.0.0	10000047300	Merkez/Çanakkale
3	Kemal Paşa Mah.Yalı Cad. (Eski Rektörlük)	17.1.0.0.0	10000374440	Merkez/Çanakkale
4	TETAM Tesisleri Sarıcaeli Köyü	17.1.0.0.0	10000043250	Merkez/Çanakkale
5	ÇOMÜ Spor Salonu	17.1.0.0.0	10000107130	Merkez/Çanakkale
6	ÇOMÜ Astrofizik Gözlemevi	17.1.0.0.0	10000109570	Merkez/Çanakkale
7	ÇOMÜ Eğitim Fak.	17.1.0.0.0	10000135450	Merkez/Çanakkale
8	Fevzipaşa Mah. Eski Kilise K.V.K.K.B. Müdürlüğü	17.1.0.0.0	00000152650	Merkez/Çanakkale
9	Ayvacık MYO (Yeni Bina)	17.1.1.0.0	00000021440	Ayvacık/Çanakkale
10	Ayvacık MYO (Eski Bina)	17.1.1.0.0	00000014050	Ayvacık/Çanakkale
11	Bayramiç MYO	17.1.2.0.0	10000106740	Bayramiç/Çanakkale
12	İktisadi ve İdari Bilimler Fak. BİGA	17.1.3.0.0	10000101300	Biga/Çanakkale
13	Biga MYO Şirintepe-Biga	17.1.3.0.0	10000117510	Biga/Çanakkale
14	Çan MYO	17.1.5.0.0	10000104910	Çan/Çanakkale
15	Ezine MYO	17.1.7.0.0	10000109180	Ezine/Çanakkale
16	Gelibolu MYO	17.1.8.0.0	10000116130	Gelibolu/Çanakkale
17	Gökçeada Uygulamalı Bilimler YO.	17.1.9.0.0	00000045440	Gökçeada/Çanakkale
18	Gökçeada MYO	17.1.9.0.0	10000043450	Gökçeada/Çanakkale
19	Lapseki MYO	17.1.10.0.0	10000107520	Lapseki/Çanakkale
20	Yenice MYO	17.1.11.0.0	10000098120	Yenice/Çanakkale
21	Şekerpınar Yerleşkesi	17.1.0.0.0	10000114990	Merkez/Çanakkale
22				

Terzioğlu kampüsü içerisinde bulunan binaların elektrik tüketim verileri her ay ayrı ayrı faturalandırılmaması sebebiyle kesin olarak elektrik tüketim verileri elde edilememektedir. Binaların ilk yapım esnalarında talep edilen elektrik yükleri farklılık göstermektedir. Üniversite içerisindeki binaların üniversitenin kuruluş tarihi olan 1992'den bu yana yenilenmesi ilave binalar yapılması ve binalarda değişiklik yapılması sebebiyle elektrik kullanım miktarları değişiklik göstermektedir.

Tez çalışmasında binaların modellenebilmesi adına daha önceki zaman periyotlarında bina sayaçları üzerinden göz ile okunmuş olan elektrik tüketim değerleri ve yapım işletme birimi personeli ile yapılan görüşmelerde aktarılan bilgiler kullanılmaktadır. Bu bilgilerin doğruluğu konusunda ise il elektrik tedarikçisi firma personeli ile görüşölmek üzere teyit edilmesi sağlanmıştır. Stratejik önem taşıyan bilgiler olması sebebiyle kesin yazılı kaynak üzerinden bilgilerin alınması için elektrik tedarikçisi firma ile görüşölmüş fakat önem arz eden bilgiler olması sebebiyle kurum dışı kişiler ile paylaşılammıştır. Bu yüzden ÇÖMÜ binalarının modellenmesi için yazılı teyit edilememiş gerçeğe yakın değerler kullanılmıştır.

Tablo 3.27. ÇOMÜ Terzioğlu Yerleşkesi trafo güç ve kayıp bilgileri

Trafo Adı	Trafo Gücü kVA	Verim %	Boşta Demir Kayıpları W	Yükte Bakır Kayıpları W
Büyük Hastane	4 x 1600	98,83	2250	16500
Kadın Doğum Hastanesi	2500	98,90	3800	24000
Eski Meslek Yüksek Okulu	800	98,61	1520	9700
ÖSEM (Öğrenci Sosyal Etkinlik Merkezi)	800	98,61	1520	9700
Fen-Edebiyat Faköltesi	1250	98,74	1950	14000
Mühendislik Faköltesi	800	98,61	1520	9700
Yabancı Diller Faköltesi	800	98,61	1520	9700
Çocuklar Evi	630	98,53	1350	8000

Üniversite içerisindeki trafolar özelinde bakıldığında trafo güç değerlerinin kampüs içerisindeki binaları kolaylıkla besleyebileceği şekilde tasarlanmışlardır. Trafolar üzerinden beslenen kampüs binalarının maksimum yüklenme değerlerinde bile kaldırabilmesi mümkündür.

Tablo 3.28. ÇOMÜ Terzioğlu Kampüsü trafoları yüklenme oranları ve bina bilgileri

Trafo Bölgesi Adı	Trafo Yüklenme Oranı %	Bina Adı	Şebeke Yükü kVA
Büyük Hastane	56,2	Büyük Hastane	3500
Kadın Doğum Hastanesi	58	Kadın Doğum Hastanesi	2500
Meslek Yüksek Okulu	13,7	Meslek Yüksek Okulu	100
Çocuklar Evi	33,1	Çocuklar Evi	200
ÖSEM	81,7	ÖSEM	150
		Bilgi İşlem (Turizm) Binası	100
		Deniz Bilimleri Binası	80
		Kütüphane Ana Bina	150
		Kütüphane Ek Bina	141
		Cami	25
Fen-Edebiyat Fakültesi	82,9	Fen-Edebiyat Fakültesi	400
		Rektörlük 1. Bina	100
		Rektörlük 2. Bina	125
		Ziraat Fakültesi	150
		Merkez Laboratuvarlar	75
		Troya Kültür Merkezi	50
		Siyasal Bilimler Fakültesi	100
Mühendislik Fakültesi	62,2	Mühendislik Fakülte Binası	200
		Mühendislik Derslik Binası	150
		Mühendislik-Dış Hekimliği Binası	130
Yabancı Diller Fakültesi	62,2	Yabancı Diller Fakültesi	100
		Sağlık Bilimleri	90
		Güzel Sanatlar	90
		İletişim Fakültesi	50
		Mimarlık ve Tasarım Fakültesi	50

Kampüs içerisindeki binaların talep yükleri göz önüne alındığında en çok hizmet veren ve en çok öğrenci-personel kapasiteli konumlar ön plana çıkmaktadır. Bu bölgelerden Öğrenci Sosyal Etkinlik Merkezi trafosu bağlı olduğu binaların kullanım ve merkezi olması sebebiyle, Fen-Edebiyat Trafosu ise bağlı olan binaların çok fazla öğrenciye hizmet vermesi sebebiyle yüksek kapasitede çalışmaktadırlar.

Diğer trafo bölgelerinden Büyük Hastane trafo bölgesi ve Kadın Doğum Hastane bölgesi trafoları yeni yapılmaları ve gelecekte beklenen kapasite artışları sebebiyle yüksek kapasitede hesaplanmış olan sistemlerdir. Bu sebeple mevcut kullanımda aşırı yüklenme veya kapasite kısıtlaması gibi herhangi bir olumsuz durumla karşı karşıya kalmamaktadırlar.

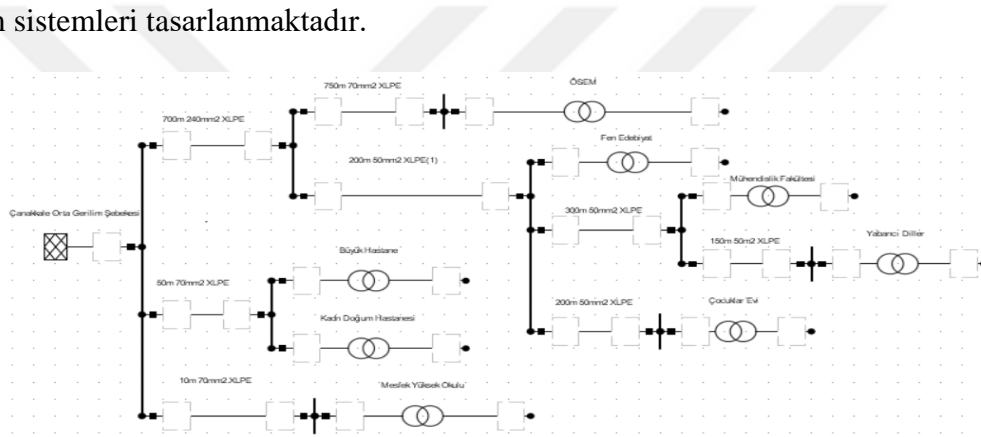
Eski Meslek Yüksek Okulu, Yabancı Diller Fakültesi, Mühendislik Fakültesi ve Çocuklar Evi trafo bölgeleri ise besledikleri binaların kullanım oranların çok yüksek olmamaları sebebiyle düşük kapasite değerlerinde çalışmaktadırlar.

Tablo 3.29. ÇOMÜ Terzioğlu Kampüsü binaları kablo bilgileri

Bina Adı	Kablo Uzunluğu m	Kablo Kalınlığı Mm2	Kablo Adedi	Kablo Cinsi
Büyük Hastane	20	240	20	XLPE
Kadın Doğum Hastanesi	300	240	10	XLPE
Meslek Yüksek Okulu	30	150	1	XLPE
Çocuklar Evi	20	150	2	XLPE
ÖSEM	20	185	1	XLPE
Bilgi İşlem (Turizm) Binası	250	150	1	XLPE
Deniz Bilimleri Binası	70	150	1	XLPE
Kütüphane Ana Bina	150	150	1	XLPE
Kütüphane Ek Bina	150	150	1	XLPE
Cami	60	150	1	XLPE
Fen-Edebiyat Fakültesi	70	150	2	XLPE
Rektörlük 1. Bina	240	150	1	XLPE
Rektörlük 2. Bina	230	150	1	XLPE
Ziraat Fakültesi	50	150	1	XLPE
Merkez Laboratuvarlar	160	150	1	XLPE
Troya Kültür Merkezi	200	150	1	XLPE
Siyasal Bilimler Fakültesi	100	150	1	XLPE
Mühendislik Fakülte Binası	50	150	1	XLPE
Mühendislik Derslik Binası	100	150	1	XLPE
Mühendislik-Diş Hekimliği Binası	150	150	1	XLPE
Yabancı Diller Fakültesi	50	150	2	XLPE
Sağlık Bilimleri	50	150	1	XLPE
Güzel Sanatlar	150	150	2	XLPE
İletişim Fakültesi	150	150	1	XLPE
Mimarlık ve Tasarım Fakültesi	150	150	1	XLPE

Kampüs binalarının orta gerilim trafo çıkışlarından itibaren alçak gerilim ile beslenmeleri için ağırlıklı olarak elektrik dağıtım firmalarının kullandıkları kablo sistemleri kullanılmaktadır. Binaların tasarımları yapıldıkları dönemlerdeki ihtiyaçları göz ve gelecek kapasite artışları da göz önüne alınarak ihtiyaç duyulan elektrik dağıtım sistemleri tasarlanmıştır. Bu amaçla binaların beslenmesi için kullanılan kablolarda gereken taşıma kapasitesine göre yeter seviyededir.

Kampüs binaların beslenmesinde ağırlıklı olarak 150 mm² kalınlığında XLPE kablolardan faydalanılmaktadır. Bunun yanında talep edilen enerjinin yoğunluğu ile doğru orantılı olarak 180 mm² ve 240 mm² kablolar da kullanılmaktadır. Bu kablolama sistemlerinin de yeterli olmadığı durumlarda birden çok kablo demeti yapılmak sureti ile iletim sistemleri tasarlanmaktadır.



Şekil 3.7. ÇOMÜ Terzioğlu Kampüsü tek hat şeması

ÇOMÜ Terzioğlu Kampüsü kurulduğu yıl olan 1992 yılından bu yana gelişmekte ve yeni birimleri bünyesine katmaktadır. Gelişim süreciyle birlikte yeni binalar eklenmekte ve olan binaların geliştirilmesi yoluna gidilmektedir. Bu sebeplerden ilk kurulduğunda planlanmış olan elektrik şebekesi üzerinde revizyonlar yapılmaktadır. Örneğin daha önce 800 kVA gücünde olan Fen Edebiyat Fakültesi trafosu yeni eklenen binaların da elektrik gereksiniminin karşılanabilmesi amacıyla 1250 kVA gücünde yeni bir trafo ile değiştirilmiştir.

Mevcut durumda kurulu olan trafolar güvenli seviyelerde yüklenmekte ve sorunsuz olarak çalıştırılmaktadır. Kampüs içerisinde yer alan binaların trafolar yaklaşık olarak ortalama yüklenme değerleri çalışmada kullanılmıştır. Üniversite binalarının trafolar üzerinden talep ettikleri yaklaşık değerler Terzioğlu Kampüsü elektrik şebekesinin modellenmesinde kullanılmıştır.

Tablo 3.30. Terzioğlu Kampüs binaları güç talepleri

Trafo Adı	Bina Adı	Fakülte-Birim Adı	Güç (kVA)
ÖSEM	ÖSEM	ÖSEM Binası	150
	Bilgi İşlem-Turizm	Bilgi İşlem – Turizm	100
	Deniz Bilimleri Fakültesi	Deniz Bilimleri Fakültesi	80
	Kütüphane	Kütüphane Ana	150
	Kütüphane	Kütüphane Ek	125
	Cami	Cami	25
Fen- Edebiyat	Rektörlük	Rektörlük 1. Bina	100
	Rektörlük	Rektörlük 2. Bina	125
	Ziraat Fakültesi	Ziraat Fakültesi	150
	Siyasal Bilgiler Fakültesi	Siyasal Bilgiler Fakültesi	100
	Fen – Edebiyat Fak.	Fen – Edebiyat Fak.	300
	Troya Kültür Merkezi	Troya Kültür Merkezi	50
	Laboratuvarlar Binası	Laboratuvarlar Binası	75
Meslek Yüksek Okulu	Meslek Yüksek Okulu	100	
Yabancı Diller	Yabancı Diller	Yabancı Diller Fakültesi	100
	Yabancı Diller	Sağlık Bilimleri Fakültesi	90
	Beden Eğitimi	Beden Eğitimi Fakültesi	100
	Güzel Sanatlar	Güzel Sanatlar Fakültesi	90
	Güzel Sanatlar	Mimarlık ve Tasarım Fakültesi	50
	Güzel Sanatlar	İletişim Merkezi	50
Mühendislik	Mühendislik Fakültesi	Mühendislik Dekanlık	200
	Mühendislik Fakültesi	Mühendislik Derslikler	150
	Mühendislik Fakültesi	Diş Hekimliği Derslikler	130
Çocuklar Evi	Çocuklar Evi	200	

3.6. Terzioğlu Kampüsü Elektrikli Araç Şarj Altyapısının Modellenmesi

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi 1992 yılında kurulmuş bir üniversitedir ve o günden bugüne hizmet vermektedir. Üniversite bünyesinde bulunan fakülteler, idari binalar ve sosyal etkinlik binaları zamanla değişen ve gelişen şartlara uyumlandırılmaktadır. Bu amaçla yeni binalar yapılmakta veya mevcut binalara eklemeler yapılmaktadır. Örneğin önceki yıllarda Terzioğlu yerleşkesi içerisinde kapalı spor salonu tesisi mevcut değilken sonraki yıllarda kapalı spor eklenmiştir. Buna benzer şekilde geçtiğimiz yıl inşaatına başlanan üniversite camii de buna örnektir.

Günümüz gelişen toplumunda ulaşımın önemi çok büyüktür. Özellikle üniversiteler gibi öğrenci kitlelerinin toplu olarak yaşadıkları, öğrenim gördükleri ve barındıkları kampüs sahaları için ulaşım elzemdir. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Kampüsü de bulunduğu konum gereği araç kullanılarak gelinebilecek bir konumdadır. Her gün üniversite personeli ve öğrenciler toplu taşıma veya hususi otomobilleri ile üniversiteye ulaşmaktadır.

Modern toplumda fosil yakıt kullanımı çevreye olan olumsuz etkileri ve ekonomik etkileri sebebiyle yavaş yavaş terk edilmektedir. Özellikle ülkemiz gibi petrol rezervi yeterli olmayan ülkelerde artan fosil yakıt fiyatları toplumları alternatif enerji kaynaklarına yöneltmektedir. Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de elektrikli araçlar her geçen gün daha cazip hale gelmektedir.

Elektrikli araçların kullanım olanaklarının geliştirilmesi ve gerekli olan altyapının kurulması toplumların elektrikli araçlara geçişini hızlandıracak olan etkenler olarak görülmektedir. Ülkemizde pek çok yapı projesi artık elektrikli araçların şarj istasyonlarının konumlandırılabilceği şekilde tasarlanmaktadır. Uygun olmayan altyapılar ise desteklenerek elektrikli araç şarj istasyonlarının bağlanabileceği şebekeler haline getirilmektedir.

Tez çalışması kapsamında incelenen Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu kampüsü altyapısı incelendiğinde elektrikli araç şarj istasyonların konumlandırılması ve şebekeden beslenebilmesi için pek çok uygun kısım olduğu görülmektedir.

Çomü Terzioğlu Kampüsü simülasyonunda binaların elektrik beslemelerinde kullanılan hesaplanmış ve kurgulanmış olan hatlar incelendiğinde hatların yüklenme oranlarının düşük olduğu ve risk oluşturmadıkları görülmektedir. Fakat mevcut durumda şebeke üzerinde herhangi bir elektrikli araç şarj istasyonu bulunmamaktadır. Bu istasyonların eklenmesi durumunda şebeke üzerinden çekilecek olan güç daha yüksek olacağından şebekede mevcut kabloların yüklenme oranı artacaktır.

Kampüs içerisine elektrikli araç şarj istasyonlarının eklenmesi simülasyonunda istasyonların elektrik beslemelerinin bina hatları üzerinden yapılması öngörülmüştür. Fakülte ve idari binaların etrafında bulunan otopark alanlarının istasyonların yerleştirilmesi için uygun olması ve bina şebekelerine yakınlığı sebebiyle bu yol izlenmiştir. Fakat hastaneler bölgesinde bina yakın alanlar otopark olarak kullanılmamaktadır ve araç trafiğine kapatılmıştır. Bu sebepten hastane binaları kendilerine ait olan otopark sahalarına sahiptirler. Kampüs modelinde bu binalar kurgulanırken binaların şebekeleri elektrikli araç şarj istasyonlarının beslenmesi için kullanılmamış olup otopark sahaları için trafolar üzerinden ayrı hat çekilmesi planlanmıştır.



Şekil 3.10. ÇOMÜ hastane otoparkları [98,99]

Tablo 3.31. ÇOMÜ Terzioğlu Kampüsü modellemesi kablo yüklenme oranları

Kablo Adı	Kablo Yüklenme Yüzdesi (%)	Kablo Akım Değeri (kA)
Meslek Yüksek Okulu Bina Hattı	36,66	0,15
Kadın Doğum Hastanesi Bina Hattı	39,55	2,06
Kadın Doğum Hastanesi Otopark Hattı	0	0
Büyük Hastane Bina Hattı	49,06	5,11
Büyük Hastane Otopark Hattı	0	0
Deniz Bilimleri Bina Hattı	29,75	0,12
Kütüphane Ana Bina Hattı	56,94	0,23
Kütüphane Ek Bina Hattı	47,23	0,19
ÖSEM Bina Hattı	49,01	0,22
Bilgi İşlem-Turizm Bina Hattı	38,08	0,15
Cami Bina Hattı	10,41	0,04
Çocuklar Evi bina Hattı	36,8	0,29
Fen Edebiyat Bina Hattı	75,17	0,60
Rektörlük 1. Bina Hattı	38,05	0,15
Rektörlük 2. Bina Hattı	47,86	0,19
Ziraat Fakültesi Bina Hattı	55,94	0,22
Siyasal Bilimler Bina Hattı	37,40	0,15
Troya Kültür Merkezi Bina Hattı	18,70	0,07
Merkez Laboratuvarlar Bina Hattı	28,12	0,11
Yabancı Diller Bina Hattı	35,20	0,28
Beden Eğitimi Bina Hattı	37,74	0,15
Güzel Sanatlar Bina Hattı	35,6	0,28
Mühendislik Dekanlık Bina Hattı	68,98	0,30
Mühendislik Derslik Bina Hattı	52,05	0,22
Diş Hekimliği Bina Hattı	45,36	0,19

Tablo 3.32. Mevcut model şebeke kayıpları

Kayıp Cinsi	Güç Değeri (MW)	Güç Değeri (Mvar)
Yüksüz Kayıplar	0,01	0,41
Yük Kayıpları	0,12	0,14
Toplam Kayıp	0,13	0,56

3.6.1. Senaryo 1

Elektrikli araçların dünya genelinde fosil yakıtlı araçların yerini almakta ve yaygınlaşmaktadır. Türkiye’de de elektrikli araçların kullanımını günden güne artmaktadır. Genel olarak satış adetleri incelendiğinde sadece elektrik motorlu araçlar ve şarj edilebilir hibrit araçların kullanımının önümüzdeki yıllarda artış göstereceği görülmektedir.

ÇOMÜ kampüsü içerisinde yapılan gözlemler sonucunda şarj edilebilir elektrikli araçların ve sadece elektrik motorlu araçların henüz kullanılmaya başlanmadığı görülmektedir. Bunun yerine şarj edilemeyen hibrit elektrikli araçların tercih edildiği görülmektedir. Şarj ihtiyacı duyan araçların kullanılmaya başlanması akabinde şarj istasyonlarının da varlığına ihtiyaç duyulacaktır.

ÇOMÜ kampüsü elektrik şebekesi incelendiğinde mevcut sistemin elektrikli araç şarj istasyonlarının yerleştirilmesi için uygun olduğu görülebilmektedir. Fakat elektrikli araçların hızla yaygınlaşması durumu göz önüne alınır ise kısa süre sonra mevcut şebekedeki trafoların talebi karşılayamayacağı ve revizyona ihtiyaç duyacağı görülmektedir. Bu durumun simülasyon ortamına aktarılması için ilk olarak trafoların tam kapasite olan %100 seviyesine kadar yüklenmesi durumu üzerinde durulmuştur. Şebekede bulunan bina yüklerinde değişme olmadığı varsayılarak trafo kapasitelerinin sadece elektrikli araç şarj istasyonları eklenerek %100 seviyesine kadar yüklenmesi simülasyonu yapılmıştır.

Bu çalışma kapsamında şebekeye yerleştirilen elektrikli araç şarj istasyonları iki aracı aynı anda şarj edebilen 22 kVA güç kapasitesine sahip hızlı modellerden seçilmiştir.

3.6.2. Senaryo 2

Birinci senaryodaki çalışmaya benzer olarak ÇOMÜ Terzioğlu şebekesindeki trafoların yüklenme kapasiteleri %120 seviyesine çıktığında kaç adet elektrikli araç şarj istasyonunun bağlanabileceği simülasyonu yapılmıştır. Mevcut sistemdeki binaların yük değerleri değiştirilmeden sadece mevcut şebekenin üzerine elektrikli araç şarj istasyonlarının eklenmesi işlemi yapılmıştır. Gelecek yıllarda elektrikli araçları adetlerinin artması neticesinde elektrik talebinin karşılanması açısından hesaplamalar yapılmıştır.

Şebekenin 120% seviyesine kadar yüklenmesi işleminde 22 kVA güç kapasitesine sahip, iki aracı aynı anda şarj edebilen hızlı elektrikli araç şarj istasyonları kullanılmıştır.



3.6.3. Senaryo 3

Simülasyon çalışması kapsamında tasarlanan üçüncü senaryoda birinci ve ikinci senaryoya benzer şekilde trafoların yüklenme değerlerinin yükseltilmesi durumu incelenmiştir. Üçüncü senaryoda sistemdeki mevcut trafoların %150 seviyesine kadar yüklenebildiği varsayılarak şebekeye 22 kVA güç kapasitesine sahip, aynı anda iki araç şarj edebilen hızlı şarj istasyonlarından eklenmiştir. Bu senaryonun uygulanması esnasında da sistemdeki mevcut binaların yük değerleri arttırılmada sadece elektrikli araç şarj istasyonları şebekeye entegre edilerek trafoların %150 seviyesine kadar yüklenmesi sağlanmıştır. Bu şart teoride çok istenmese de uygulamada karşılaşılan bir durumdur. Bu çalışmada kısa süreli izin verilmesi durumunda trafo için uygulanabileceği kabul edilmiştir.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Senaryo Bulguları

Bu çalışmada elektrikli araçların şebekeye entegre edilmesi ÇOMÜ Terzioğlu Kampüsü şebekesi modellenerek yapılmıştır. Simülasyonda tasarlanan üç farklı senaryo neticesinde elde edilen bulgular bu kısımda belirtilmiştir.

4.1.1. Senaryo 1 Bulguları

Yapılan hesaplamalarda kampüs içerisinde en yüksek güç değerine sahip olan trafolar hastane bölgesinde bulunmaktadır. Hastaneler bölgesi trafoları yeni kapasite artışları da göze alınarak tasarlanmış ekipmanlar olması sebebiyle elektrikli araç şarj istasyonlarının en verimli olarak yerleştirilebileceği kısım olarak göze çarpmaktadır.

Kampüs içerisinde üniversitenin ilk kuruluş yılından bu yana var olan fen edebiyat fakültesi ve ÖSEM trafo bölgeleri ise güç değerleri göz önüne alındığında en yoğun bölgeler olarak görülmektedir. Bu sebepten trafoların kullanım ve yüklenme oranları yüksek olarak hesaplanmıştır. Elektrikli araç şarj istasyonların en az ve en kısıtlı olarak dağıtılabileceği yerler de bu bölgelerdir.

Simülasyon programı üzerinde modellenen şebeke üzerinde hangi trafo bölgelerine kaç adet elektrikli şarj istasyonu yerleştirilebileceği hesaplanmış ve Tablo 4.1’de sunulmuştur.

Tablo 4.1. Mevcut kapasitede eklenebilen EV şarj istasyon sayısı

Trafo Adı	Trafoya Bağlı EV İstasyonu Adedi	Fakülte-Birim Adı	EV Şarj İstasyonu Adedi
ÖSEM	5	ÖSEM Binası	1
		Bilgi İşlem – Turizm	1
		Deniz Bilimleri Fakültesi	1
		Kütüphane Ana	1
		Kütüphane Ek	-
		Cami	1
Fen-Edebiyat	9	Rektörlük 1. Bina	1
		Rektörlük 2. Bina	1
		Ziraat Fakültesi	1
		Siyasal Bilgiler Fakültesi	1
		Fen – Edebiyat Fakültesi	3
		Troya Kültür Merkezi	1
		Laboratuvarlar Binası	1
Meslek Yüksek Okulu	30	Meslek Yüksek Okulu	30
Yabancı Diller	13	Yabancı Diller Fakültesi	4
		Sağlık Bilimleri Fakültesi	-
		Beden Eğitimi Fakültesi	4
		Güzel Sanatlar Fakültesi	5
		Mimarlık Tasarım Fakültesi	-
		İletişim Fakültesi	-
Mühendislik	13	Mühendislik Dekanlık Binası	5
		Mühendislik Derslikler	4
		Diş Hekimliği Derslikler	4
Çocuklar Evi	19	Çocuklar Evi	19
Büyük Hastane	123	Büyük Hastane Binası	123
Kadın Doğum Hastanesi	46	Kadın Doğum Hastane Binası	46

Kampüs şebekesine elektrikli araç şarj istasyonlarının yerleştirilmesi işleminde binaların konumları, trafolarla göre konumları ve bina popülasyonları göz önüne alınmıştır. Kampüs merkezi ve merkez çevresinde olan binalar için ağırlıklı olarak binalara çekilmiş olan hat üzerinden elektrikli araç şarj ekipmanlarının beslemeleri yapılmıştır. Özellikle hastane binaları gibi büyük yapılar yoğun popülasyona sahip oldukları için kendi otoparkları bulunmaktadır. Bu otopark kısımları ise binalara yakın fakat ayrı lokasyonlara yerleştirilmişler. Bu sebepten büyük hastane ve kadın doğum hastanelerimin otoparkları için direkt olarak trafolar üzerinden besleme hatları tasarlanmıştır.

Senaryo 1 model üzerine uygulandığında şebekenin canlı hatları üzerinden binalar ve elektrikli araç şarj istasyonları beslenmiştir. Bu hatlarda oluşan yüklenme değerleri göz önüne alındığında aşağıdaki tablo ortaya çıkmaktadır.

Senaryo 1 için yapılmış olan elektrikli araç şarj istasyonu konumlaması sonucunda kampüs binalarına kaç adet istasyon yerleştirilebileceği tabloda ifade edilmişti. Benzer şekilde senaryo 1 de kurgulanmış olan istasyonların şebekeden beslenmesi sağlandığında mevcut modeldeki kabloların yeterli olmadıkları görülmüştür. Bu kablolar senaryoda uygun olan kablolar ile değiştirilmiş veya ilave kablolar ile desteklenmiştir. Hastane bölgesinde bulunan hastanelerin modellenmesinde ise elektrikli araç şarj istasyonlarının otopark sahalarına konulması sebebiyle otopark bölgelerine trafolar üzerinden ayrı hatlar çekilmiştir.

Mevcut simülasyonda kullanılan modelde yeterli olup senaryo 1 gereği trafoların %100 seviyesine kadar yüklenmesi sonucunda yeterli olmayan ve değişmesi gereken kablolar tabloda belirtilen binalara ait olan kablolardır. Bu kablolar ek yapılması veya değiştirilmesi gerekli olan yeni tercihlerde ifade olarak tabloya eklenmiştir.

Tablo 4.2. Senaryo 1 modelinde değişim veya ekleme yapılan kablolar

Değişmesi Gereken Kablo İsimleri	Mevcut Modelde Kullanılan Kablolar	Senaryo 1 Modelinde Kullanılan Kablolar
Meslek Yüksek Okulu Bina Hattı	1x150 mm ²	4x150 mm ²
Kadın Doğum Hastanesi Otopark Hattı	-	4x240 mm ²
Büyük Hastane Otopark Hattı	-	10x240 mm ²
Çocuklar Evi Bina Hattı	2x150 mm ²	3x150 mm ²
Yabancı Diller Bina Hattı	1x150 mm ²	2x150 mm ²
Güzel Sanatlar Bina Hattı	1x150 mm ²	2x150 mm ²
Kütüphane Ana Bina Hattı	1x150 mm ²	2x150 mm ²
Fen Edebiyat Fakültesi Bina Hattı	2x150 mm ²	3x150 mm ²
Mühendislik Dekanlık Hattı	1x150 mm ²	2x150 mm ²
Mühendislik Derslik Hattı	2x150 mm ²	3x150 mm ²

Tablo 4.3. Senaryo 1 şebeke kayıpları

Kayıp Cinsi	Güç Değeri (MW)	Güç Değeri (Mvar)
Yüksüz Kayıplar	0,01	0,41
Yük Kayıpları	0,39	0,41
Toplam Kayıp	0,41	0,82

4.1.2. Senaryo 2 Bulguları

Çalışma kapsamında tasarlanan ikinci senaryo mevcut durumda kullanılmakta olan trafo değerlerinin aşılması ve % 120 değerine kadar çıkartılmasıdır. Kullanılmakta olan trafolar bağlı olan birimlerin talep ettikleri gücün aynı zamana aralığına çakışma ihtimali sebebiyle %100 seviyeyi aşmayacak şekilde hesaplanır fakat aşırı yüklenme seviyeleri göz önüne alındığından trafo yüklenme değerleri % 120 seviyelerine çıkabilmektedir.

Bu durum altından trafoların % 120 yüklenme değerleri göz önüne alındığında hangi trafo bölgesine kaç adet elektrikli araç şarj istasyonu bağlanabileceği hesaplanmıştır.

Tablo 4.4. 120% Trafo kapasitesi şarj istasyonu adedi tablosu

Trafo Adı	Trafoya Bağlı EV İstasyonu Adedi	Fakülte-Birim Adı	EV Şarj İstasyonu Adedi
ÖSEM	13	ÖSEM Binası	3
		Bilgi İşlem – Turizm	2
		Deniz Bilimleri Fakültesi	2
		Kütüphane Ana	2
		Kütüphane Ek	2
		Cami	2
Fen-Edebiyat	20	Rektörlük 1. Bina	3
		Rektörlük 2. Bina	3
		Ziraat Fakültesi	3
		Siyasal Bilgiler Fakültesi	2
		Fen – Edebiyat Fakültesi	4
		Troya Kültür Merkezi	3
		Laboratuvarlar Binası	2
Meslek Yüksek Okulu	38	Meslek Yüksek Okulu	38
Yabancı Diller	16	Yabancı Diller Fakültesi	6
		Sağlık Bilimleri Fakültesi	-
		Beden Eğitimi Fakültesi	5
		Güzel Sanatlar Fakültesi	5
		Mimarlık Tasarım Fakültesi	-
		İletişim Fakültesi	-
Mühendislik	20	Mühendislik Dekanlık Binası	8
		Mühendislik Derslikler	6
		Diş Hekimliği Derslikler	6
Çocuklar Evi	25	Çocuklar Evi	25
Büyük Hastane	172	Büyük Hastane Binası	172
Kadın Doğum Hastanesi	66	Kadın Doğum Hastane Binası	66

Senaryo 2 kapsamında kampüs içerisine yerleştirilmiş olan elektrikli araç şarj istasyonlarının modelde belirtilen şebekeden besleme hatları çekilmiştir. İlk simülasyon modelinden farklı olarak şebekedeki elektrikli araç şarj istasyonlarının beslenmeleri için alçak gerilim hatlarında değişikliğe gidilmesi gerekli görülmüştür. Mevcut simülasyon modelinden senaryo 2 de belirtilmiş olan %120'lik yüklenme değerine ulaşılması için eklenen veya değişiklik yapılan kablolar tabloda belirtilmiştir.

Senaryo 2'de senaryo 1'e benzer olarak hastane bölgesindeki elektrikli araç şarj istasyonların konumu otopark bölgeleri olarak seçilmiştir. Bina besleme hatları üzerinden ilave hatlar çekilmesi yerine otopark alanlarına trafo bölgeleri üzerinden hat çekilmesi ile model oluşturulmuştur.

Tablo 4.5. Senaryo 2 modelinde değişim veya ekleme yapılan kablolar

Değişmesi Gereken Kablo İsimleri	Mevcut Modelde Kullanılan Kablolar	Senaryo 1 Modelinde Kullanılan Kablolar
Meslek Yüksek Okulu Bina Hattı	1x150 mm ²	5x150 mm ²
Kadın Doğum Hastanesi Otopark Hattı	-	6x240 mm ²
Büyük Hastane Otopark Hattı	-	14x240 mm ²
Çocuklar Evi Bina Hattı	2x150 mm ²	4x150 mm ²
Yabancı Diller Bina Hattı	1x150 mm ²	2x150 mm ²
Güzel Sanatlar Bina Hattı	1x150 mm ²	2x150 mm ²
Kütüphane Ana Bina Hattı	1x150 mm ²	2x150 mm ²
Fen Edebiyat Fakültesi Bina Hattı	2x150 mm ²	3x150 mm ²
Ziraat Fakültesi Bina Hattı	1x150 mm ²	2x150 mm ²
Beden Eğitimi Bina Hattı	1x150 mm ²	2x150 mm ²
Diş Hekimliği Derslik Bina Hattı	1x150 mm ²	2x150 mm ²

Tablo 4.6. Senaryo 2 şebeke kayıpları

Kayıp Cinsi	Güç Değeri (MW)	Güç Değeri (Mvar)
Yüksüz Kayıplar	0,01	0,41
Yük Kayıpları	0,53	0,58
Toplam Kayıp	0,55	0,99

4.1.3. Senaryo 3 Bulguları

Tasarlanmış olan üçüncü senaryoda ikinci senaryoya benzer şekilde trafoların %150 seviyesine kadar yüklenebilmesi durumu göz önüne alınmıştır. Trafo bölgelerindeki binalara kaç adet elektrikli araç şarj istasyonu yerleştirilebileceği hesaplanmıştır.

Tablo 4.7. 150% Trafo kapasitesi için trafo adedi tablosu

Trafo Adı	Trafoya Bağlı EV İstasyonu Adedi	Fakülte-Birim Adı	EV Şarj İstasyonu Adedi
ÖSEM	22	ÖSEM Binası	4
		Bilgi İşlem – Turizm	4
		Deniz Bilimleri Fakültesi	4
		Kütüphane Ana	4
		Kütüphane Ek	4
		Cami	2
Fen-Edebiyat	35	Rektörlük 1. Bina	6
		Rektörlük 2. Bina	6
		Ziraat Fakültesi	5
		Siyasal Bilgiler Fakültesi	4
		Fen – Edebiyat Fakültesi	6
		Troya Kültür Merkezi	4
		Laboratuvarlar Binası	4
Meslek Yüksek Okulu	48	Meslek Yüksek Okulu	48
Yabancı Diller	30	Yabancı Diller Fakültesi	10
		Sağlık Bilimleri Fakültesi	-
		Beden Eğitimi Fakültesi	10
		Güzel Sanatlar Fakültesi	10
		Mimarlık ve Tasarım Fakültesi	-
		İletişim Fakültesi	-
Mühendislik	30	Mühendislik Dekanlık Binası	10
		Mühendislik Derslikler	10
		Diş Hekimliği Derslikler	10
Çocuklar Evi	33	Çocuklar Evi	33
Büyük Hastane	250	Büyük Hastane Binası	250
Kadın Doğum Hastanesi	97	Kadın Doğum Hastane Binası	97

Senaryo 3 kapsamında kampüs içerisindeki trafoların %150 değerine kadar yüklenebilmesi durumu göz önüne alınarak mevcut binaların yükleri sabit tutulmuş ve kalan kapasite elektrikli araç şarj istasyonları eklenmesi ile tamamlanmıştır. Bu senaryoda da bundan önceki senaryolar olan senaryo1 ve senaryo 2'ye benzer olarak uygun olan binalara model üzerinde binalardan elektrik besleme hatları çekilmiştir. Hastane bölgesinde bulunan binaların otopark sahalarının elektrikli araç şarj istasyonları için uygun olması ve otopark sahalarının binalardan uzak olması sebeplerinden dolayı bu binalar için tasarlanmış olan istasyonlar doğrudan trafolar üzerinden hat çekilerek beslenmiştir.

Mevcut simülasyon modelinden senaryo 3 modellenen %150'lik yüklenme değerlerine kadar elektrikli araç şarj istasyonu eklenmesi durumuna geçişte binalarda değişmesi ya da binalara ilave edilmesi hesaplanan kablolar tabloda belirtilmiştir.

Tablo 4.8. Senaryo 3 modelinde değişim veya ekleme yapılan kablolar

Değişmesi Gereken Kablo İsimleri	Mevcut Modelde Kullanılan Kablolar	Senaryo Modelinde Kullanılan Kablolar
Meslek Yüksek Okulu Bina Hattı	1x150 mm ²	6x150 mm ²
Kadın Doğum Hastanesi Otopark Hattı	-	8x240 mm ²
Büyük Hastane Otopark Hattı	-	21x240 mm ²
Çocuklar Evi Bina Hattı	2x150 mm ²	5x150 mm ²
Yabancı Diller Bina Hattı	1x150 mm ²	2x150 mm ²
Güzel Sanatlar Bina Hattı	1x150 mm ²	2x150 mm ²
Kütüphane Ana Bina Hattı	1x150 mm ²	2x150 mm ²
Fen Edebiyat Fakültesi Bina Hattı	2x150 mm ²	3x150 mm ²
Ziraat Fakültesi Bina Hattı	1x150 mm ²	2x150 mm ²
Beden Eğitimi Fakültesi Bina Hattı	1x150 mm ²	2x150 mm ²
Kütüphane Ek Bina Hattı	1x150 mm ²	2x150 mm ²
Rektörlük 1. Bina	1x150 mm ²	2x150 mm ²
Rektörlük 2. Bina	1x150 mm ²	2x150 mm ²
ÖSEM Bina	1x150 mm ²	2x150 mm ²

Senaryo 3 kampüs şebekesi modeline uygulandığında trafolar üzerine 150% yüklenme değeri uygulanmıştır. Bu sebeple şebeke üzerinde değişiklikler yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Şebeke üzerinde bulunan ve eklenmesi simülasyon ile gerçekleştirilen elektrikli araç şarj istasyonları göz önüne alındığında şebeke üzerinde kayıplar meydana gelmektedir. Başlıca kayıplar trafolar üzerinde meydana gelse de orta ve alçak gerilimin iletilmesinde kullanılan kablolar üzerinde de enerji kayıpları yüksek miktarlarda hesaplanmıştır ve tabloda belirtilmiştir.

Tablo 4.9. Senaryo 3 şebeke kayıpları

Kayıp Cinsi	Güç Değeri (MW)	Güç Değeri (Mvar)
Yüksüz Kayıplar	0,01	0,41
Yük Kayıpları	0,78	0,89
Toplam Kayıp	0,79	1,30

4.2. Tartışma

Dünya genelinde elektrikli araç satışlarının hızlanmaya başladığı 2013 yılında 500 bin aracın altıyken 2017 yılına gelindiğinde küresel elektrikli araç stoğu 3 milyon eşiğini geçmiştir. 2016-2017 yılları arasında ise elektrikli araç stoğu %56'lık bir artış göstermiştir [23]. Dünyanın farklı ülkelerinde elektrikli araçların teşvik edilmesi için politikalar göz önüne alındığında elektrikli araç stoğunun 2030 yılına gelindiğinde 120 milyonun üzerinde olacağı tahmin edilmektedir [23]. Benzer şekilde ülkemizde de elektrikli araç stoğunun artışı söz konusudur. Elektrikli araçların yaygın olarak kullanılmaya başlanması ile elektrikli araçların şebeke üzerinden beslenmesi konusu önemli konu haline gelmiştir. Elektrik şebekelerinin şarj istasyonlarının bindireceği yüklere ve oluşturabileceği harmonikler gibi olumsuz etkilere karşı hazırlıklı olması gerekmektedir.

Araçların şebekeden beslenmeleri için kullanılmakta olan farklı ekipmanlar ve şarj istasyonları mevcuttur. Bazı firmalar ise kendi markalarına özel araç şarj istasyonu tasarımları yapmaktadırlar. Ülkemizde otomotiv firmalarının kendi markaları için ürettikleri şarj istasyonlarından henüz mevcut değildir. Bunun yerine IEC standartlarına uygun olarak tasarlanmış şarj istasyonları bulunmaktadır.

Araç şarj istasyonlarının şebekeye entegre edilmelerinde ve kullanılmalarında şebekeye olan etkileri göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Araçların şarj edilmeleri esnasında şebekeye harmonik bozucular etki edebilmektedir. Nuno Melo ve arkadaşları tarafından Portekiz’de Nissan Leaf marka-model araç kullanılarak çalışma yapılmıştır. Çalışma kapsamında araç 16A şarj istasyonu ile şarj edilmiş ve IEC6000-4-30 yönetmeliği çerçevesinde Class A metodu ile analiz sonuçları elde edilmiştir. Test için kullanılmış olan aracın şebeke üzerine bindirdiği harmonik etkilerin yasal olarak izin verilen sınırlar içinde kaldığı görülmüştür [75]. Benzer şekilde elektrikli araçların şebekeye entegrasyonları konusunda J.R. Gomez ve arkadaşları tarafından Ekvator ülkesinin Cuenca eyaletinde araçlar üzerinde teste dayanan çalışma yapılmıştır. Test için KIA Soul EV marka-model 27 kWh batarya sistemine sahip araç ve 30 A şarj sistemi kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda ise aracın şebekeye olumsuz harmonik etki bindirmediği görülmüştür [77]. IEEE Power&Energy Society (PES) tarafından dört farklı elektrikli araç şebekeye bağlanması konusundaki çalışma yapılmıştır. Elde edilen harmonik değerlerinin Avrupa ülkelerinde elektrikli araçların uyması gereken IEC61000-3-2 yönetmeliğinde belirtilen 3.derece:2,3 A; 5.derece:1.14 A; 7.derece:0.77 A; 9.derece:0.40 A; 11.derece:0.33 A değerlerin altında olduğu görülmüştür [76].

ÇOMÜ Terzioğlu kampüsüne elektrikli araç şarj istasyonlarının entegre edilmesi çalışmasında şarj istasyonlarının oluşturdukları harmonik bozucu etkiler incelenmiştir. Şebekeye simülasyonda eklenen araç şarj istasyonlarının GÇ : %99 güç çarpanına sahip olması ve yerleşik binaların kompanzasyon panolarına sahip olması sebepleriyle şebekede harmonik değerlerinin oldukça küçük olduğu görülmüştür. Sonuç olarak kayda değer büyüklüklerde harmonik etki elde edilememiştir.

ÇOMÜ şebekesine araç şarj istasyonlarının eklenmesi çalışmasında trafo kapasiteleri ve güç aktarım kabloları kısıtlayıcı faktörler olarak görülmüştür. Yaklaşık değerler kullanılarak yapılmış mevcut durum simülasyonuna araç şarj istasyonlarının eklendiğinde trafoların ve enerji iletim hatlarının kısıtlı sayıda istasyona hizmet verebileceği görülmüştür. Yeni yapılmış olan hastane bölgesindeki trafoların büyük kapasiteli olması sebebiyle en uygun binalar bu bölgede bulunmaktadır. %100, %120 ve %150 trafo yüklenme seviyesi baz alındığında trafo bölgelerine yerleştirilebilecek şarj istasyonu adetleri tabloda belirtildiği gibidir.

Tablo 4.10. Senaryolara Eklenebilen EV Şarj İstasyonu Adetleri

Trafo Bölgesi	100% Yükleme	120% Yükleme	150% Yükleme
Büyük Hastane Trafo	123	172	250
Kadın Doğum Hastanesi Trafo	46	66	97
ÖSEM Trafo	5	13	22
Fen Edebiyat Trafo	9	20	35
Yabancı Diller Trafo	13	20	30
Mühendislik Trafo	13	20	30
Eski Meslek Yüksek Trafo	30	38	48
Çocuklar Evi Trafo	19	25	33

Veriler göz önüne alındığında gelecek yıllarda ÇOMÜ Terzioğlu Kampüsünde elektrikli araçların sağlıklı ve verimli kullanılabilmesi için mevcut şebeke olarak kurgulanmış yapının revize edilmesi gerekmektedir. Hastane binaları olarak kurgulanmış olan yapıların yeni olması ve trafo kapasitelerinin yüksek olması sebebiyle gelecek yıllarda elektrikli araçlara kolayca hizmet verebileceği görülmektedir. Çocuklar evi ve eski meslek yüksek okulu bölgelerinde ise sadece tek bina olması ve popülasyonlarının çok yüksek olmaması sebebiyle önümüzdeki yıllarda EV şarj altyapısı bakımından sıkıntı yaşamayacağı görülmektedir. Fakat diğer bölgelere bakıldığında trafo bölgelerinde birden çok yüksek popülasyonlu bina barındırdığı görülmektedir. Gelecek yıllarda EV kullanan popülasyona hizmet verilebilmesi için trafo kapasitelerinin büyütülmesi ve alçak gerilim nakil hatlarında revizyona gidilmesi gerekmektedir.

5. SONUÇ

Günümüz gelişen dünyasında araç teknolojileri de büyük gelişim trendi yakalamıştır. Otomobillerin ilk icat edildiği günden bu yana araçlar üzerinde kullanılmakta olan fosil yakıtlı motorlar yerini daha verimli, daha çevreci ve daha gelişmiş elektrikli motorlara bırakmıştır. Elektrikli motorların araçlarda kullanılmaya başlanması diğer teknolojik gelişmelere fırsat yaratmış ve destek sağlamıştır. Bunların başında batarya teknolojilerinin gelişimi gelmektedir. Araçlar üzerinde bulunan geleneksel kurşun asit bataryalar yerini yeni nesil lityum iyon ve lityum iyon polimer bataryalara bırakmışlardır. Elektrikli araçlar hibrit ve sadece elektrikli olan modeller olmak üzere iki farklı grupta toplanmıştır. Bu gruplardan hibrit elektrikli araçlarda hem fosil yakıtlı motor hem de elektrik motoru mevcuttur. Farklı stratejiler ile elektrik ve fosil yakıtlı motor kombinasyonları kullanılarak bu araçlar sürülmektedir ki bu da verimlilik artışına yol açmaktadır.

Bu çalışmada elektrikli araçlar ve elektrikli araçların şebekeye entegre edilmeleri konuları üzerinde durulmuştur. İlk olarak teze konu olan elektrikli araçların çeşitleri, araç mimari yapıları, araç bileşenleri konuları ayrıntılı olarak incelenmiştir. İkinci kısımda ise elektrikli araçların şebeke üzerinden beslenmeleri ve şebekeye entegre edilmeleri konusu incelenmiştir.

Elektrikli araçlar üzerlerinde gelişmiş batarya sistemleri bulundurmaları ve ilerlemek için gerekli olan enerjilerini buradan sağlamaları sebebiyle sürekli olarak bataryalarının sürekli olarak dolu olmasına ihtiyaç duyarlar. Elektrikli araçların şebekeye entegre edilmesi konusu bu noktada büyük önem arz etmektedir. Araçların şebekeden beslenmesi için kullanılan elektrikli araç şarj istasyonları AC ve DC olmak üzere iki farklı grupta incelenmiş olup alt grupları olan seviye 1, seviye 2 ve seviye 3 şarj istasyonları konu olarak işlenmiştir.

Elektrikli araçların Türkiye'deki kullanım adetleri incelendiğinde hem hibrit araç kullanımının hem de elektrikli araç kullanımının 2012 yılından bu yana artış trendi içerisinde olduğu görülmektedir. Özellikle elektrikli araç satış verileri göz önüne alındığında 2014-2015 yılları arasında elektrikli araçların satışında büyük artış mevcuttur. Fakat elektrikli araçların şarj edilmesi için kullanılan istasyonlara bakıldığında ise elektrikli araç artışı yanında daha kısıtlı olduğu aşıkardır. Özellikle büyük şehirlerde

yoğunlaşmış olan elektrikli araç şarj istasyonlarının araçların desteklenmesinde kısıtlı kaldıkları anlaşılmaktadır. Özellikle küçük şehirlerde elektrikli araç kullanımının desteklenmesi adına elektrikli araç şarj istasyonlarının artırılması gerekliliği ön görülmektedir.

Çalışmaya konu olan araçların şebekeye bağlanmalarıyla ilgili olarak araçların şebekeye olan etkileri de incelenmiştir. Bu etkilerin başında araçların sahip oldukları bataryaların şarj edilmesi esnasında meydana gelen harmonik bozucu etkiler göz önüne alınmıştır. İncelenen makalelerdeki test edilmiş araç harmonik dataları veri olarak tez kapsamında kullanılmış olup genel olarak araçların ürettikleri harmonik seviyelerinin IEEE ve IEC tarafında yayınlanmış standartlarda belirtilen sınırlar içerisinde oldukları görülmüştür. Çalışmalarda yapılan simülasyon ve analizlerde bazı araçların şebekeye sınırların üzerinde olan %5-%12 THD değerlerinde şebekeye harmonik bindirebildikleri hesaplanmıştır. Araç şarj istasyonlarının 32A ve 16A olarak çalıştırılabilen versiyonları üzerinde de buna benzer çalışmalarda araçların sınırları aşan harmonik değerleri üretebildikleri görülmüş olsa da araçların uygun ekipmanlar kullanılarak araca uygun seviyede şarj tipi kullanıldığında harmonik açıdan sorunsuz olarak kullanılabilirliği ifade edilmiştir.

Tez çalışmasında model olarak alınan Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Kampüsü şebekesine elektrikli araç şarj istasyonlarının eklenmesi DIGSILENT programı kullanılarak analizi yapılmıştır. Yaklaşık veriler kullanılması ile kampüs elektrik şebekesi programda oluşturularak şebeke durumu incelenmiştir. Kampüs içerisinde çalışan personelin ve eğitimlerine devam eden öğrencilerin muhtemel elektrikli araç kullanma ihtimalleri göz önüne alınarak elektrikli araç şarj istasyonlarının kampüste uygun konumlara yerleştirilmesi işlemi yapılmıştır. Elektrikli araç kullanımının Çanakkale genelinde yaygınlaşmamış olması sebebiyle az sayıda şarj istasyonunun şebekeye eklenmesinin yeterli olacağı öngörülmüştür. Bu az sayıdaki şarj istasyonlarının ise şebekeye olumsuz etkiler bindirmeyeceği ve kurgulanan şebekenin talebi karşılayabileceği DIGSILENT simülasyonun çıktılarında görülmüştür. Fakat önümüzdeki yıllarda elektrikli araçların yaygınlaşması ile birlikte daha fazla araç şarj istasyonuna ihtiyaç duyulacağı aşikardır. Bu görüşle şebekedeki trafoların %100, %120

ve %150 yükleninceye kadar eklenebilecek olan elektrikli araç şarj istasyonu sayıları ve konumlar analiz edilmiştir.

Güç aktarım kabloları şebekeye yüksek adetlerde elektrikli araç şarj istasyonu bağlanmasını kısıtlayıcı olarak görülmüş olup, şebekede %100, %120 ve %150 yüklenme seviyelerine çıkıldığında değişmesi veya eklenmesi gereken güç aktarım kabloları simülasyon sonucunda bulunmuştur. Bu süreçte diğer yüklerin de devreye girmesi hesaplanan şarj istasyonu sayısını düşürecektir. Dolayısıyla elektrikli araç şarj istasyonları dağıtım trafo merkezlerinin gücünü belirlemede önemli bir parametre olarak öne çıkmaktadır.

Elektrikli araçlardan olan hibrit araçların fosil yakıt kullanımını azaltmaları, elektrikli araçların ise hiç fosil yakıt kullanmamaları sebebiyle bu taşıtlar çevre dostu olarak sınıflandırılmaktadır. Gelişmiş ülkeler bu araçların yaygınlaşması amacıyla teşvikler yaratmakta fosil yakıtlı araç kullanımının ise önüne geçilmesi için kısıtlamalar getirmektedir. Benzer şekilde Türkiye’de elektrikli araç kullanımının yaygınlaşması için vergi teşvikleri konusunda çalışmalar yapmaktadır. Ülkemiz gibi petrol kaynağı kısıtlı olan ve dış ülkelere petrol konusunda bağımlı olan ülkelerde elektrikli araçlar büyük avantaj olarak görülmektedir. Bu çalışmada örnek olarak seçilen Ford Focus modelinin elektrikli ve benzinli modeli karşılaştırmasında elektrikli araçların ekonomik olarak olumlu etkileri görülebilmektedir.

Araçların sağlıklı olarak işletilebilmesi için ülkemizde ve dünyada araç şarj istasyonlarının yaygınlaştırılması ve daha verimli hale getirilmesi gerekmektedir. Özellikle araçların şarj edilmesi esnasında meydana gelebilecek olan harmonikler gibi olumsuz etkilerin mevcut durumdan daha düşük seviyelere indirilmesi, güç kayıplarının önüne geçilmesinde daha da etkili olacaktır ve verimliliği arttıracak. Ayrıca günümüz şartlarında bölgeler için dağıtım trafo merkezi gücü belirlenirken elektrikli araç kullanan tüketici potansiyeli de göz önüne alınması gerekmektedir.



KAYNAKLAR/REFERENCES

- [1] BP Energy Outlook, 2017, 20-75-97
- [2] IEA World Energy Outlook, 2010, 45
- [3] Yu, Z. (2017) Large Scale Charging of Electric Vehicles: Technology and Economy. PhD Thesis, Cornell University, New York, ABD, 1-2.
- [4] Thomas Edison'un Tasarladığı Elektrikli Araç, <https://www.treehugger.com/cars/quote-of-the-day-the-more-things-change-1916-book-on-electric-cars.html> , 12.12.2018.
- [5] Thomas Parker'ın Tasarladığı Elektrikli Araç, <https://historycollection.co/thomas-parker-invented-first-electric-car-1884/> , 15.12.2018
- [6] Shrestha, S. (2016) Spatial-Temporal Stochasticity of Electric Vehicles in Integrated Traffic and Power System. Master of Science Thesis, South Dakota State University, ABD, 1-5.
- [7] Tesla Roadster Elektrikli Araç, https://www.tesla.com/de_DE/roadster?redirect=no, 02.01.2019
- [8] Barton, R.(2015) Automotive Trends 2015 Changing Lanes, 5-6, <https://futurethinking.com/wp-content/uploads/2015/03/Automotive-Trends-2015.pdf> , 10.01.2019
- [9] Temiz, A. (2015) Assessment of Impacts of Electric Vehicles on Low Voltage Distribution Network in Turkey. Master of Science Thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey, 8-9
- [10] Garcia-Valle, R. (2013) Electric Vehicle Integration into Modern Power Networks, 1. Edition , Springer, New York, ABD.
- [11] Tesla Model S, <https://www.tesla.com/models> , 05.01.2019
- [12] Tesla Model X, <https://www.tesla.com/modelx>, 05.01.2019
- [13] Tesla Model3, <https://www.tesla.com/model3>, 05.01.2019

- [14] BMW i3, <https://www.bmw.com.tr/tr/all-models/bmw-i/i3/2017/range-charging-efficiency.html>, 05.01.2019
- [15] Nissan Leaf, <https://www.nissan.co.uk/vehicles/new-vehicles/leaf/range-charging.html> , 05.01.2019
- [16] Ford Focus EV, <https://www.ford.com/cars/focus/models/focus-electric/> , 05.01.2019
- [17] Delobel,B. (2017) ZOE Battery Durability , Field Experience and Future Vision, http://cii-resource.com/cet/AABE-03-17/Presentations/BMGT/Delobel_Bruno.pdf , 20.01.2019
- [18] Chevrolet Bolt EV, <https://www.chevrolet.com/electric/bolt-ev-electric-car> , 05.01.2019
- [19] Volkswagen e-Golf, http://www.vw.com/content/dam/vwcom/brochures/2017/VW_MY17_eGolf_Digital.pdf , 05.01.2019
- [20] Kia Soul EV, <https://www.kia.com/us/en/vehicle/soul-ev/2018/charge>, 05.01.2019
- [21] Fiat 500e, <https://www.fiatusa.com/500e.html> , 05.01.2019
- [22] Smart ED, <https://www.smart.com/en/en/index/smart-fortwo-electric-drive-453/technical-data.html> , 05.01.2019
- [23] Global EV Outlook 2018 Towards Cross-Modal Electrification (2018), 19
- [24] EV30@30 Campaign, Clean Energy Ministerial, Electric Vehicle Initiative, – Birmingham, United Kingdom, 11 September 2018, <https://www.iea.org/media/topics/transport/3030CampaignDocumentFinal.pdf>
- [25] EV30@30 Campaign, Clean Energy Ministerial, Electric Vehicle Initiative, – Birmingham, United Kingdom, 11 September 2018, <https://www.cleanenergyministerial.org/sites/default/files/2018-07/EV30%4030%20fact%20sheet%20%28May%202018%29.pdf>
- [26] Toyota C-HR Hibrit Elektrikli Araç, <https://www.toyota.com.tr> , 02.02.2019

- [27] Renault Fluence ZE Elektrikli Araç, <https://paultan.org/2015/09/28/dongfeng-badged-ev-based-on-fluence-ze-in-2017/> , 05.02.2019
- [28] BD Firması Tarafından Elektrikli Araca Dönüştürülen Ticari Araçlar, <http://www.bdoto.com/documents/3ntAG0QV.pdf> , 05.02.2019
- [29] Türkiye’de Üretilen DMA Marka Otomobil, <http://www.dmaoto.com/tr/araclar> , 05.02.2019
- [30] European Alternative Fuels Observatory, Türkiye’deki Şarj Edilebilir Elektrikli Araçların 2012-2019 Yılları Arasındaki Adetleri, <https://www.eafo.eu/vehicles-and-fleet/m1> , 10.02.2019
- [31] European Alternative Fuels Observatory, Türkiye’de 2019 Yılı Şarj Edilebilir Araç Modelleri Adet Dağılımı, <https://www.eafo.eu/vehicles-and-fleet/m1> , 10.02.2019
- [32] Insideevs, Tesla Model S Charging Inlet In Europe, <https://insideevs.com/news/318705/tesla-model-s-charging-inlet-in-europe/>, 10.02.2019
- [33] Elektrikli Araç Şarj Soketleri, <https://www.sundaev.com/charging-pile/ac-ev-charger/7kw-wall-mount-ac-charger-pile.html> , 10.05.2019
- [34] Texas Instrument, On-Board (OBC) & Wireless Charger, http://www.ti.com/solution/hevvev_onboard_obc_wireless_charger?jktype=recommendedresults , 10.03.2019
- [35] Mitsubishi Electric, On-Board Charger, https://www.mitsubishielectric.co.jp/automotive/tms2017/english/system/pdf/onboard_charger.pdf , 10.03.2019
- [36] Wang, Y. (2017), Vehicle-to-Grid Integration to Power Grids, PhD Thesis, University of California, Los Angeles, ABD, 3-4-10-11
- [37] Nafiz, S., İnci Akü Resmi Blog’u, <http://blog.inciaku.com/akulerin-hizmet-omrunu-arttiran-sarj-dengeleme-teknolojileri/> , 07.01.2019

- [38] Bell,R.A. (2017), A New Approach to Battery Management System Control Design for Increasing Battery Longevity, Master Thesis, Clemson University, ABD, 30-31-32-33-34-35
- [39] Elektrikli Araç İvertörü, <http://www.editiontruth.com/electric-vehicle-power-inverter/> , 05.01.2019
- [40] AC Motor Yapısı, <https://www.muhendisbeyinler.net/asenkron-motorlar-nedir-asenkron-motorlarin-yapisi/> , 06.01.2019
- [41] Woodford,C. (2019), Induction Motors, <https://www.explainthatstuff.com/induction-motors.html> , 10.02.2019
- [42] Monsted,J. (2017), Permanent Magnet Motors, SKS Group, [https://www.sks.fi/www/images/PM-motors-Teknologia-17.pdf/\\$FILE/PM-motors-Teknologia-17.pdf](https://www.sks.fi/www/images/PM-motors-Teknologia-17.pdf/$FILE/PM-motors-Teknologia-17.pdf) , 01.02.2019
- [43] Bodur, A. (2010), Elektrik Motorları AC Motorlar ve Sürücüleri, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, e-kitap, Emo Yayın No:EK/2010/2 , 226-236
- [44] Sincap Kafesli İndüksiyon Motoru, Squirrel-Cage Induction Motor, Rotation Principle of Indüction Motor, <https://www.nidec.com/en-NA/technology/motor/basic/00026/> , 06.02.2019
- [45] Sargılı İndüksiyon Motorlar (2010), <http://emadrlc.blogspot.com/2010/01/wound-rotor-induction-motor.html> , 01.01.2019
- [46] Yadav,S. (2019), What is sychronous motor?, <https://www.quora.com/What-is-a-synchronous-motor-7> , 06.03.2019
- [47] Sargılı İndüksiyon Motorlar, <https://www.motioncontroltips.com/what-is-a-wound-rotor-motor/> , 01.01.2019
- [48] Fırçalı DC Motor, <https://electrical-engineering-portal.com/4-types-of-dc-motors-and-their-characteristics> , 02.01.2019
- [49] Fırçalı DC Motor, <https://www.electronicdesign.com/electromechanical/what-s-difference-between-brush-dc-and-brushless-dc-motors> , 03.01.2019

- [50] Fırçasız DC Motor, <https://www.nidec.com/en-EU/technology/motor/basic/00005/> , 04.01.2019
- [51] Fırçasız DC Motor, <https://www.orientalmotor.com/brushless-dc-motors-gear-motors/technology/brushless-dc-motors-servo-motors-inverter.html> , 06.01.2019
- [52] Sabit Mıknatıslı Motorlar, https://en.wikipedia.org/wiki/DC_motor , 09.01.2019
- [53] Üniversal Motorlar, <https://circuitglobe.com/universalmotor.html> [%20https://en.wikipedia.org/wiki/Universal_motor] , 04.01.2019
- [54] Üniversal Motorlar, https://en.wikipedia.org/wiki/Universal_motor , 04.01.2019
- [55] Üniversal Motorlar, <https://slideplayer.com/slide/5323444/> , 04.01.2019
- [56] Guðnadóttir,P.B., Electric Vehicles Research Paper, https://mafiadoc.com/electric-vehicles_599ef14d1723dd11409074ef.html , 02.02.2019
- [57] Tesla Model S 3 Faz 4 Kutuplu İndüksiyon Motoru, <http://teslaturk.com/model-s/> , 04.01.2019
- [58] Widmer,J.D. (2015), Electric Vehicle Traction Motors Without Rare Earth Magnets, Centre for Advanced Electrical Drives, School of Electrical and Electronic Engineering, Newcastle University, Newcastle-upon-Tyne, UK, Sustainable Materials and Technologies 3 (2015), 7-13
- [59] Ugle,R. (2017), Performance Optimization on Onboard Lithium Ion Batteries for Electric Vehicles, PhD Thesis, The University of Wisconsin – Milwaukee, ABD, 23-26
- [60] Manzetti,S. (2015), Electric Vehicle Battery Technologies: From Present State to Future Systems, Renewable and Sustainable Energy Reviews 51 (2015) 1004–1012, ISN 1364-0321
- [61] Lokesh,B.T. (2017),A Framework for Electric Vehicle (EV) Charging in Singapore, World Engineers Summit – Applied Energy Symposium & Forum: Low Carbon Cities & Urban Energy Joint Conference, WES-CUE 2017, 19–21 July 2017, Singapore, ScienceDirect, Energy Procedia 143 (2017) 15–20

- [62] Belfiore,M. (2009) Batarya Değişim Sistemi Uygulaması, How Better Place's Robotic Battery Swap Stations Work?,
<https://www.popularmechanics.com/cars/hybridelectric/a4820/4336350/>, 05.02.2019
- [63] Parashar,D. (2014), Seminar on Regeneratif Braking,
https://www.slideshare.net/divyanshu2k/regenerative-braking-system-32602945?from_action=save , 05.01.2019
- [64] Maia,R. (2015),Electrical Vehicle Modeling: A Fuzzy Logic Model for Regenerative Braking, Expert Systems With Applications 42 (2015) 8504–8519 , ISSN: 0957-4174
- [65] Habib,S. (2014), Impact Analysis of Vehicle-to-Grid Technology and Charging Strategies of Electric Vehicles on Distribution Networks - A review, Journal of Power Sources 277 (2015) 205-214
- [66] Carter,R. (2012), Impacts of Harmonic Distortion from Charging Electric Vehicles on Low Voltage Networks, EVS26 Los Angeles, California, 2012
- [67] Dubey,A. (2015), Electric Vehicle Charging on Residential Distribution Systems: Impacts and Mitigations, Digital Object Identifier 10.1109/ACCESS.2015.2476996
- [68] SAE's Involvement in the Smart Grid,
<https://www.sae.org/standards/development/sae-involvement-smart-grid> , 10.03.2019
- [69] Pokrzywa,J. (2011), SAE International Standards Work, Including Communication Protocols and Connectors, Fast Charge, Batteries,
<https://share.ansi.org/shared%20documents/Meetings%20and%20Events/EDV%20Workshop/Presentations/Pokrzywa-ANSI-EDV-0411.pdf> , 18.02.2019
- [70] Polat, Ö., Elektrikli Araç ve Şarj İstasyonlarının Türkiye'deki Güncel Durumu,
http://www.emo.org.tr/ekler/e4bd872ffdbfb6c_ek.pdf, 27.02.2019
- [71] International Electrotechnical Commission, Motor vehicles,
https://www.iec.ch/perspectives/government/sectors/motor_vehicles.htm , 28.01.2019
- [72] Türkiye'deki Elektrikli Araç Şarj İstasyon Konumları,
<https://www.google.com/maps/d/embed?mid=1E56YNomGC4ToShQZeErFvH4JxV0&ll=39.58836655110897%2C34.61035330868606&z=6> , 25.01.2019

- [73] İspark Hem Park Et Hem Şarj Et, <http://ispark.istanbul/hem-park-et-hem-sarj-et/> , 12.12.2018
- [74] Lucas,A. (2015), Grid Harmonic Impact of Multiple Electric Vehicle Fast Charging, *Electric Power Systems Research* 127 (2015) 13–21 , ISSN 0378-7796
- [75] Melo,N. (2011), Integration of PEV in Portuguese Distribution Grid, Analysis of harmonic current emissions in charging points, 11th International Conference on Electrical Power Quality and Utilisation, Lisbon, Portugal, INSPEC Accession Number: 12476848, DOI: 10.1109/EPQU.2011.6128893
- [76] Kütt,L. (2012), Harmonic Effects in Electrical Distribution Networks due to EV Charging, <https://www.ieee-pes.org/presentations/gm2014/PESGM2014P-002765.pdf>,14PESGM2765, 25.12.2018
- [77] Gómez, J.R. (2017), Impact of Electric Vehicle Charging on the Distribution System in Cuenca, Ecuador, 2017 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference- Latin America (ISGT Latin America). Quito, Ecuador, IEEE DOI: 10.1109/ISGT-LA.2017.8126756, INSPEC Accession Number: 17413744
- [78] Niitsoo, J. (2013), Harmonic levels of domestic and electrical vehicle loads in residential distribution networks, AFRICON 2013 Conference, DOI: 10.1109/AFRCON.2013.6757800, IEEE INSPEC Accession Number: 14147331
- [79] Fan,Y. (2013), Impact Analysis of Off-board Charger to Power Quality, Energy and Power Engineering 05(04):1337-1343, DOI: 10.4236/epe.2013.54B253
- [80] Gautam,D.S. (2012), An Automotive Onboard 3.3-kW Battery Charger for PHEV Application, 2011 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, DOI: 10.1109/VPPC.2011.6043192, INSPEC Accession Number: 12339413, ISSN: 1938-8756
- [81] Erhan,K. (2013), Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Güç Kalitesi Üzerine Etkileri - Impact of Charging Stations for Electric Vehicles on Power Quality, Akıllı Şebekeler ve Türkiye Elektrik Şebekesinin Geleceği Sempozyumu, At Ankara / Türkiye, Researchgate Publication:266966627

- [82] Avcı,B. (2015), Electric Vehicles with a Battery Switching Station: Adoption and Environmental Impact, Researchgate DOI: 10.2139/ssrn.2005092
- [83] Buekers, J. (2014), Health and Environmental Benefits Related to Electric Vehicle Introduction in EU Countries, Transportation Research Part D: Transport and Environment, ISSN:1361-9209, Transportation Research Part D 33 (2014) 26–38
- [84] Apostolaki-Iosifidou,E. (2017), Measurement of Power Loss During Electric Vehicle Charging and Discharging, ISSN: 0360-5442, Energy 127 (2017) 730-742
- [85] Ford Focus Benzinli ve Elektrikli Teknik Bilgileri, <https://www.ford.com> , 10.02.2019
- [86] 2018 Yılı Araç Satış Rakamları, European Alternative Fuels Observatory, <https://www.eafo.eu/vehicles-and-fleet/m1#> , 26.01.2019
- [87] Renault ZOE Araç Özellikleri, <https://www.renault.co.uk/vehicles/new-vehicles/zoe/motor.html#Motor>, 23.01.2019
- [88] 2017 Renault ZOE Batarya Özellikleri, <https://insideevs.com/news/331773/new-2017-renault-zoe-ze-40-400-km-range-41-kwh-battery/>, 20.02.2018
- [89] Eşarj Araç Şarj Cihazları Teknik Bilgileri, <https://esarj.com/urunler> , 17.02.2019
- [90] Brusa Araç Üzeri Şarj Sistemi, https://www.brusa.biz/files/drive/05_Sales/Datasheets/BRUSA_DB_EN_NLG513.pdf, 16.02.2019
- [91] Efacec Elektrikli Araç Hızlı Şarj Ünitesi, http://electricmobility.efacec.com/wp-content/uploads/2017/03/CS168I1311F1_QC20.pdf, 16.02.2019
- [92] Çomü Yerleşke Planı, <https://www.comu.edu.tr/yerleskeler>, 01.01.2019
- [93] EMO Hermetik Trafo Kataloğu, http://www.emo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=48544&sube=0&harf=T , 24.01.2019
- [94] Hes Kablo Kataloğu, http://www.hes.com.tr/images/user_uploaded_files/katalog-35MB.pdf , 01.02.2019

[95] Maksan Trafo Kataloğu, <https://www.maksan.com.tr/transformatorlerin-ana-olculeri-ve-teknik-degerler/> , 24.01.2019

[96] çomü Personel Bilgileri, <https://www.comu.edu.tr/> , 01.01.2019

[97] çomü Elektrik İşletme Kodları (2016), <https://cdn.comu.edu.tr/cms/imid/files/2-teknik-sartname.doc>, 01.01.2019

[98] çomü Hastane Bölgesi Otoparkları, <https://canakkalegundem.net>, 05.02.2019

[99] çomü Hastane Bölgesi Otoparkları, <https://www.habercicanakkale.com>, 05.02.2019





EKLER

Ek-1 : Mevcut Senaryo DigSilent Powerfactory Program Çıktıları

	DigSILENT PowerFactory 2019 SP1	Project: Date: 25.05.2019
--	---------------------------------------	------------------------------

Load Flow Calculation	Complete System Report: Substations, Voltage Profiles, Grid Interchange		
AC Load Flow, balanced, positive sequence Automatic tap adjustment of transformers Consider reactive power limits	No No	Automatic Model Adaptation for Convergence Max. Acceptable Load Flow Error for Nodes Model Equations	No 1,00 kVA 0,10 %

Grid: Comu Grid	System Stage: Comu Grid	Study Case: Study Case	Annex: / 1							
rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.] [kV] [deg]	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current [kA]	Loading [%]	Additional Data			
Besyo busbar	0,40 0,97 0,39 -0,57									
Cub_2 /Lodlv	Besyo Ev sarj ist	0,10	0,02	0,97	0,15		Fv:	2,49 kW	cLod: 0,00 Mvar	L: 0,20 km
Cub_3 /Lodlv	Besyo Binasi									
Cub_1 /Lne	Besyo hattı	-0,10	-0,02	-0,97	0,15	37,74				
Buyuk Hastane Bina Busbar	0,40 0,99 0,40 -0,77									
Cub_2 /Lodlv	Buyuk Hastane Bina	3,39	0,85	0,97	5,11		Fv:	8,87 kW	cLod: 0,00 Mvar	L: 0,02 km
Cub_1 /Lne	Buyuk hastane bina	-3,39	-0,85	-0,97	5,11	49,06				
Buyuk Hastane Busbar	0,40 0,99 0,40 -0,81									
Cub_1 /Tr2	Buyuk Hastane Traf	-3,40	-0,85	-0,97	5,11	56,24	Tap:	0,00	Min: 0	Max: 0
Cub_2 /Lne	Buyuk Hastane Otop	0,00	-0,00	1,00	0,00	0,00	Fv:	0,00 kW	cLod: 0,00 Mvar	L: 0,20 km
Cub_3 /Lne	Buyuk hastane bina	3,40	0,85	0,97	5,11	49,06	Fv:	8,87 kW	cLod: 0,00 Mvar	L: 0,02 km
Buyuk Hastane Otopark Busbar	0,40 0,99 0,40 -0,81									
Cub_2 /Lodlv	Buyuk Hastane EV Ş						Fv:	0,00 kW	cLod: 0,00 Mvar	L: 0,20 km
Cub_1 /Lne	Buyuk Hastane Otop	-0,00	0,00	-1,00	0,00	0,00				
Buyuk Hastane Trafo	Giris Busbar	36,00	1,00	35,98	0,01					
Cub_1 /Lne	Buyuk hastane hatt	-3,43	-1,10	-0,95	0,06	20,91	Fv:	0,21 kW	cLod: -0,00 Mvar	L: 0,05 km
Cub_2 /Tr2	Buyuk Hastane Traf	3,43	1,10	0,95	0,06	56,24	Tap:	0,00	Min: 0	Max: 0

Grid: Comu Grid	System Stage: Comu Grid	Study Case: Study Case	Annex: / 2							
rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.] [kV] [deg]	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current [kA]	Loading [%]	Additional Data			
Cocuklar evi bina busbar	0,40 0,99 0,40 -0,43									
Cub_2 /Lodlv	Cocuklar evi ev sa						Fv:	0,47 kW	cLod: 0,00 Mvar	L: 0,02 km
Cub_3 /Lodlv	Cocuklar evi ev bi	0,19	0,05	0,97	0,29					
Cub_1 /Lne	Cocuklar Evi Bina	-0,19	-0,05	-0,97	0,29	36,76				
Cocuklar evi busbar	0,40 0,99 0,40 -0,47									
Cub_1 /Tr2	Cocuklar Evi Trafo	-0,19	-0,05	-0,97	0,29	32,98	Tap:	0,00	Min: 0	Max: 0
Cub_2 /Lne	Cocuklar Evi Bina	0,19	0,05	0,97	0,29	36,76	Fv:	0,47 kW	cLod: 0,00 Mvar	L: 0,02 km
Comu Kok Busbar	36,00 1,00 36,00 0,00									
Cub_1 /Xnet	Canakkale Orta Ger	7,68	2,45	0,95	0,13		Sk*:	10000,00 MVA		
Cub_2 /Lne	Eski Meslek Yuksek	0,10	0,05	0,90	0,00	0,64	Fv:	0,00 kW	cLod: -0,00 Mvar	L: 0,01 km
Cub_3 /Lne	Hastane Bolgesi Ha	4,81	1,54	0,95	0,08	29,34	Fv:	2,37 kW	cLod: -0,00 Mvar	L: 0,30 km
Cub_4 /Lne	OSEM Dagitim Hatti	2,78	0,87	0,95	0,05	16,90	Fv:	1,97 kW	cLod: -0,00 Mvar	L: 0,75 km
Deniz bilimlari busbar	0,40 0,98 0,39 -1,10									
Cub_2 /Lodlv	Deniz bilimlari ev						Fv:	0,54 kW	cLod: 0,00 Mvar	L: 0,07 km
Cub_3 /Lodlv	Deniz bilimlari bi	0,08	0,02	0,97	0,12					
Cub_1 /Lne	Deniz bilimlari ha	-0,08	-0,02	-0,97	0,12	29,75				
Fen Edebiyat Busbar	0,40 0,99 0,39 -1,22									
Cub_1 /Tr2	Fen Edebiyat Trafo	-0,99	-0,24	-0,97	1,49	83,49	Tap:	0,00	Min: 0	Max: 0
Cub_2 /Lne	Fen Edebiyat Fak.	0,39	0,10	0,97	0,60	75,17	Fv:	6,92 kW	cLod: 0,00 Mvar	L: 0,07 km
Cub_3 /Lne	Rektörlük 1. Bina	0,10	0,02	0,97	0,15	38,05	Fv:	3,04 kW	cLod: 0,00 Mvar	L: 0,24 km
Cub_4 /Lne	Rektörlük 2. Bina	0,13	0,03	0,97	0,19	47,86	Fv:	4,61 kW	cLod: 0,00 Mvar	L: 0,23 km
Cub_5 /Lne	Ziraat Fakültesi B	0,15	0,04	0,97	0,22	55,94	Fv:	1,37 kW	cLod: 0,00 Mvar	L: 0,05 km
Cub_6 /Lne	Merkez Lab Bina Ha	0,07	0,02	0,97	0,11	28,12	Fv:	1,11 kW	cLod: 0,00 Mvar	L: 0,16 km
Cub_7 /Lne	Troya Kül. Mer. Bi	0,05	0,01	0,97	0,07	18,70	Fv:	0,61 kW	cLod: 0,00 Mvar	L: 0,20 km
Cub_8 /Lne	Siyasal Bilimler F	0,10	0,02	0,97	0,15	37,40	Fv:	1,22 kW	cLod: 0,00 Mvar	L: 0,10 km
Fen Edebiyat Dagitim Busbar	36,00 1,00 35,97 0,01									
Cub_1 /Lne	OSEM-Fen Edebiyat	-2,15	-0,67	-0,95	0,04	15,97	Fv:	0,58 kW	cLod: -0,00 Mvar	L: 0,20 km
Cub_2 /Lne	Cocuklar Evi Hatti	0,20	0,07	0,94	0,00	0,49	Fv:	0,00 kW	cLod: -0,00 Mvar	L: 0,10 km
Cub_3 /Tr2	Fen Edebiyat Trafo	1,00	0,30	0,96	0,02	83,49	Tap:	0,00	Min: 0	Max: 0
Cub_4 /Lne	Mühendislik hattı	0,95	0,30	0,95	0,02	2,36	Fv:	0,04 kW	cLod: -0,00 Mvar	L: 0,30 km

Grid: Comu Grid		System Stage: Comu Grid				Study Case: Study Case				Annex: / 3		
rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.] [kV] [deg]	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current [kA]	Loading [%]	Additional Data					
Fen Edebiyat Fak. Busbar												
0,40	0,97 0,39 -0,98											
Cub_2 /Lodlv	Fen edebiyat ev sa											
Cub_3 /Lodlv	Fen Edebiyat Fak.	0,39	0,10	0,97	0,60							
Cub_1 /Lne	Fen Edebiyat Fak.	-0,39	-0,10	-0,97	0,60	75,17	Fv:	6,92 kW	cLod:	0,00 Mvar L:	0,07 km	
Hastane Bolgesi Busbar												
36,00	1,00 35,98 0,01											
Cub_1 /Lne	Hastane Bolgesi Ha	-4,81	-1,54	-0,95	0,08	29,34	Fv:	2,37 kW	cLod:	-0,00 Mvar L:	0,30 km	
Cub_2 /Lne	Kadin dogum Hastan	1,38	0,44	0,95	0,02	8,42	Fv:	0,20 kW	cLod:	-0,00 Mvar L:	0,30 km	
Cub_3 /Lne	Buyuk hastane hatt	3,43	1,10	0,95	0,06	20,91	Fv:	0,21 kW	cLod:	-0,00 Mvar L:	0,05 km	
Kadin Dogum Hastanesi Busbar												
0,40	0,99 0,40 -0,84											
Cub_1 /Tr2	Kadin Dogum Hastan	-1,37	-0,34	-0,97	2,06	58,00	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
Cub_2 /Lne	Kadin Dogum Hastan	0,00	-0,00	1,00	0,00	0,00	Fv:	0,00 kW	cLod:	0,00 Mvar L:	0,20 km	
Cub_3 /Lne	Kadin Dogum Hastan	1,37	0,34	0,97	2,06	39,55	Fv:	14,41 kW	cLod:	0,00 Mvar L:	0,10 km	
Kadin Dogum Bina Busbar												
0,40	0,98 0,39 -0,69											
Cub_2 /Lodlv	Kadin Dogum Hastan	1,36	0,34	0,97	2,06							
Cub_1 /Lne	Kadin Dogum Hastan	-1,36	-0,34	-0,97	2,06	39,55	Fv:	14,41 kW	cLod:	0,00 Mvar L:	0,10 km	
Kadin Dogum Hastane Otopark Busbar												
0,40	0,99 0,40 -0,84											
Cub_2 /Lodlv	Kadin Dogum Hastan											
Cub_1 /Lne	Kadin Dogum Hastan	-0,00	0,00	-1,00	0,00	0,00	Fv:	0,00 kW	cLod:	0,00 Mvar L:	0,20 km	
Kadin Dogum Trafo Giris Busbar												
36,00	1,00 35,98 0,01											
Cub_1 /Lne	Kadin dogum Hastan	-1,38	-0,44	-0,95	0,02	8,42	Fv:	0,20 kW	cLod:	-0,00 Mvar L:	0,30 km	
Cub_2 /Tr2	Kadin Dogum Hastan	1,38	0,44	0,95	0,02	58,00	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
Merkez Lab. Binasi busbar												
0,40	0,97 0,39 -1,01											
Cub_2 /Lodlv	Merkez Lab. EV Sar											
Cub_3 /Lodlv	Merkez Lab. Binasi	0,07	0,02	0,97	0,11							
Cub_1 /Lne	Merkez Lab Bina Ha	-0,07	-0,02	-0,97	0,11	28,12	Fv:	1,11 kW	cLod:	0,00 Mvar L:	0,16 km	

Grid: Comu Grid		System Stage: Comu Grid				Study Case: Study Case				Annex: / 4		
rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.] [kV] [deg]	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current [kA]	Loading [%]	Additional Data					
Meslek Yuksek Okulu Bina Busbar												
0,40	0,99 0,40 -0,13											
Cub_2 /Lodlv	Meslek Yuksek Okul											
Cub_3 /Lodlv	Meslek Yuksek Okul	0,10	0,02	0,97	0,15							
Cub_1 /Lne	Meslek Yuksek Okul	-0,10	-0,02	-0,97	0,15	36,66	Fv:	0,35 kW	cLod:	0,00 Mvar L:	0,03 km	
Meslek Yuksek Okulu Busbar												
0,40	1,00 0,40 -0,18											
Cub_1 /Tr2	Eski Meslek Yuksek	-0,10	-0,02	-0,97	0,15	13,70	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
Cub_2 /Lne	Meslek Yuksek Okul	0,10	0,02	0,97	0,15	36,66	Fv:	0,35 kW	cLod:	0,00 Mvar L:	0,03 km	
Meslek Yuksek Okulu Trafo Giris Busbar												
36,00	1,00 36,00 -0,00											
Cub_1 /Tr2	Eski Meslek Yuksek	0,10	0,05	0,90	0,00	13,70	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
Cub_2 /Lne	Eski Meslek Yuksek	-0,10	-0,05	-0,90	0,00	0,64	Fv:	0,00 kW	cLod:	-0,00 Mvar L:	0,01 km	
Muhendislik busbar												
0,40	0,99 0,40 -0,91											
Cub_1 /Tr2	Muhendislik Trafo	-0,47	-0,12	-0,97	0,71	62,57	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
Cub_2 /Lne	Muhendislik dekanl	0,20	0,05	0,97	0,30	68,98	Fv:	2,43 kW	cLod:	0,00 Mvar L:	0,05 km	
Cub_3 /Lne	Muhendislik dersli	0,15	0,04	0,97	0,22	52,05	Fv:	2,77 kW	cLod:	0,00 Mvar L:	0,10 km	
Cub_4 /Lne	Dis hekimligi hatt	0,13	0,03	0,97	0,19	45,36	Fv:	3,15 kW	cLod:	0,00 Mvar L:	0,15 km	
Muhendislik dekanlik busbar												
0,40	0,98 0,39 -0,74											
Cub_2 /Lodlv	Muhendislik dekanl											
Cub_3 /Lodlv	Muhendislik Dekanl	0,19	0,05	0,97	0,30							
Cub_1 /Lne	Muhendislik dekanl	-0,19	-0,05	-0,97	0,30	68,98	Fv:	2,43 kW	cLod:	0,00 Mvar L:	0,05 km	
Muhendislik dagitim busbar												
36,00	1,00 35,96 0,01											
Cub_1 /Lne	Muhendislik hattı	-0,95	-0,30	-0,95	0,02	2,36	Fv:	0,04 kW	cLod:	-0,00 Mvar L:	0,30 km	
Cub_2 /Lne	Yabancı diller tra	0,48	0,15	0,95	0,01	3,54	Fv:	0,01 kW	cLod:	-0,00 Mvar L:	0,10 km	
Cub_3 /Tr2	Muhendislik Trafo	0,48	0,15	0,95	0,01	62,57	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0

Grid: Comu Grid	System Stage: Comu Grid				Study Case: Study Case				Annex:	/ 5				
rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.]	Bus-voltage [kV]	[deg]	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current [kA]	Loading [%]	Additional Data					
OSEM Busbar														
0,40	0,99	0,39	-1,19											
Cub_1 /Tr2	OSEM Trafosu			-0,62	-0,15	-0,97	0,94	82,10	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
Cub_2 /Line	Deniz bilimleri ha			0,08	0,02	0,97	0,12	29,75	Fv:	0,54 kW	cLod:	0,00 Mvar	L:	0,07 km
Cub_3 /Line	Kutuphane Ana Bina			0,15	0,04	0,97	0,23	56,94	Fv:	4,26 kW	cLod:	0,00 Mvar	L:	0,15 km
Cub_4 /Line	Kutuphane ek bina			0,12	0,03	0,97	0,19	47,23	Fv:	2,93 kW	cLod:	0,00 Mvar	L:	0,15 km
Cub_5 /Line	OSEM bina hattı			0,15	0,04	0,97	0,22	49,01	Fv:	0,43 kW	cLod:	0,00 Mvar	L:	0,02 km
Cub_6 /Line	Bilgi işlem-turizm			0,10	0,02	0,97	0,15	38,08	Fv:	3,17 kW	cLod:	0,00 Mvar	L:	0,25 km
Cub_7 /Line	Cami hattı			0,02	0,01	0,97	0,04	10,41	Fv:	0,06 kW	cLod:	0,00 Mvar	L:	0,06 km
OSEM Dağıtım Busbar														
36,00	1,00	35,98	0,01											
Cub_1 /Line	OSEM Dağıtım Hattı			-2,77	-0,87	-0,95	0,05	16,90	Fv:	1,97 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,75 km
Cub_2 /Tr2	OSEM Trafosu			0,63	0,19	0,96	0,01	82,10	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
Cub_3 /Line	OSEM-Fen Edebiyat			2,15	0,67	0,95	0,04	15,97	Fv:	0,58 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,20 km
OSEM busbar														
0,40	0,98	0,39	-1,16											
Cub_2 /Lodlv	OSEM ev sarj ist.			0,15	0,04	0,97	0,22							
Cub_3 /Lodlv	OSEM Binası			0,15	0,04	0,97	0,22	49,01	Fv:	0,43 kW	cLod:	0,00 Mvar	L:	0,02 km
Cub_1 /Line	OSEM bina hattı			-0,15	-0,04	-0,97	0,22							
Rektörlük 1. Bina busbar														
0,40	0,96	0,38	-0,81											
Cub_2 /Lodlv	Rektörlük 1. Bina			0,10	0,02	0,97	0,15							
Cub_3 /Lodlv	Rektörlük 1. Bina			0,10	0,02	0,97	0,15	38,05	Fv:	3,04 kW	cLod:	0,00 Mvar	L:	0,24 km
Cub_1 /Line	Rektörlük 1. Bina			-0,10	-0,02	-0,97	0,15							
Rektörlük 2. Bina busbar														
0,40	0,95	0,38	-0,72											
Cub_2 /Lodlv	Rektörlük 2. Bina			0,12	0,03	0,97	0,19							
Cub_3 /Lodlv	Rektörlük 2. Bina			0,12	0,03	0,97	0,19	47,86	Fv:	4,61 kW	cLod:	0,00 Mvar	L:	0,23 km
Cub_1 /Line	Rektörlük 2. Bina			-0,12	-0,03	-0,97	0,19							
Sağlık-yabancı diller busbar														
0,40	0,98	0,39	-0,83											
Cub_2 /Lodlv	Sağlık-yabancı dil			0,09	0,02	0,97	0,13							
Cub_3 /Lodlv	Sağlık bilimleri f			0,10	0,02	0,97	0,15							
Cub_4 /Lodlv	Yabancı diller fak			-0,18	-0,05	-0,97	0,28	35,20	Fv:	1,08 kW	cLod:	0,00 Mvar	L:	0,05 km
Cub_1 /Line	Sağlık-yabancı dil													
Total														
Load:				0,18	0,05									

Grid: Comu Grid	System Stage: Comu Grid				Study Case: Study Case				Annex:	/ 6				
rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.]	Bus-voltage [kV]	[deg]	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current [kA]	Loading [%]	Additional Data					
Siyasal Bilimler Fak. Binası busbar														
0,40	0,97	0,39	-1,05											
Cub_2 /Lodlv	Siyasal Bilimler E			0,10	0,02	0,97	0,15	37,40	Fv:	1,22 kW	cLod:	0,00 Mvar	L:	0,10 km
Cub_3 /Lodlv	Siyasal Bilimler F			-0,10	-0,02	-0,97	0,15							
Cub_1 /Line	Siyasal Bilimler F													
Troya Kül. Mer. Bina busbar														
0,40	0,97	0,39	-1,05											
Cub_2 /Lodlv	Troya Kül. Mer. Bi			0,05	0,01	0,97	0,07							
Cub_3 /Lodlv	Troya Kül. Mer. Bi			-0,05	-0,01	-0,97	0,07	18,70	Fv:	0,61 kW	cLod:	0,00 Mvar	L:	0,20 km
Cub_1 /Line	Troya Kül. Mer. Bi													
Yabancı Diller Busbar														
0,40	0,99	0,40	-0,91											
Cub_1 /Tr2	Yabancı Diller Tra			-0,47	-0,12	-0,97	0,71	62,39	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
Cub_2 /Line	Sağlık-yabancı dil			0,19	0,05	0,97	0,28	35,20	Fv:	1,08 kW	cLod:	0,00 Mvar	L:	0,05 km
Cub_3 /Line	Besyo hattı			0,10	0,02	0,97	0,15	37,74	Fv:	2,49 kW	cLod:	0,00 Mvar	L:	0,20 km
Cub_4 /Line	guzel sanatlar-mim			0,19	0,05	0,97	0,28	35,60	Fv:	3,33 kW	cLod:	0,00 Mvar	L:	0,15 km
Ziraat Fakültesi Binası busbar														
0,40	0,98	0,39	-1,09											
Cub_2 /Lodlv	Ziraat Fak. EV Sar			0,15	0,04	0,97	0,22							
Cub_3 /Lodlv	Ziraat Fakültesi B			-0,15	-0,04	-0,97	0,22	55,94	Fv:	1,37 kW	cLod:	0,00 Mvar	L:	0,05 km
Cub_1 /Line	Ziraat Fakültesi B													
bilgi işlem busbar														
0,40	0,96	0,38	-0,77											
Cub_2 /Lodlv	Bilgi işlem-turizm			0,10	0,02	0,97	0,15							
Cub_3 /Lodlv	Bilgi işlem-turizm			0,10	0,02	0,97	0,15	38,08	Fv:	3,17 kW	cLod:	0,00 Mvar	L:	0,25 km
Cub_1 /Line	Bilgi işlem-turizm			-0,10	-0,02	-0,97	0,15							
cami busbar														
0,40	0,98	0,39	-1,16											
Cub_2 /Lodlv	Cami ev sarj ist			0,02	0,01	0,97	0,04							
Cub_3 /Lodlv	Cami binası			-0,02	-0,01	-0,97	0,04	10,41	Fv:	0,06 kW	cLod:	0,00 Mvar	L:	0,06 km
Cub_1 /Line	Cami hattı													
dis hekimligi busbar														
0,40	0,97	0,39	-0,58											
Cub_2 /Lodlv	Dis Hekimligi EV S			0,13	0,03	0,97	0,19							
Cub_3 /Lodlv	Dis Hekimligi Ders			-0,13	-0,03	-0,97	0,19	45,36	Fv:	3,15 kW	cLod:	0,00 Mvar	L:	0,15 km
Cub_1 /Line	Dis hekimligi hatt													

Grid: Comu Grid		System Stage: Comu Grid		Study Case: Study Case				Annex: / 7	
rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.] [kV]	deg	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current [kA]	Loading [%]	Additional Data	
kutuphane ana bina busbar									
0,40	0,96	0,38	-0,81						
Cub_2 /Lodlv	Kutuphane ana bina								
Cub_3 /Lodlv	Kutuphane ana bina		0,15	0,04	0,97	0,23			
Cub_1 /Lne	Kutuphane Ana Bina		-0,15	-0,04	-0,97	0,23	56,94	Fv: 4,26 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,15 km
kutuphane ek bina busbar									
0,40	0,96	0,39	-0,88						
Cub_2 /Lodlv	Kutuphane ek bina								
Cub_3 /Lodlv	Kutuphane ek bina		0,12	0,03	0,97	0,19			
Cub_1 /Lne	Kutuphane ek bina		-0,12	-0,03	-0,97	0,19	47,23	Fv: 2,93 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,15 km
mimarlik-guzelsanatlar-iletisim busbar									
0,40	0,97	0,39	-0,67						
Cub_2 /Lodlv	guzel sanatlar-mim								
Cub_3 /Lodlv	guzel sanatlar fak		0,09	0,02	0,97	0,13			
Cub_4 /Lodlv	iletisim fakultesi		0,05	0,01	0,97	0,07			
Cub_5 /Lodlv	mimarlik tasarim f		0,05	0,01	0,97	0,07			
Cub_1 /Lne	guzel sanatlar-mim		-0,18	-0,05	-0,97	0,28	35,60	Fv: 3,33 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,15 km
		Total							
		Load:	0,18	0,05					
muhendislik derslik busbar									
0,40	0,97	0,39	-0,66						
Cub_2 /Lodlv	Muhendislik Dersli								
Cub_3 /Lodlv	Muhendislik Dersli		0,15	0,04	0,97	0,22			
Cub_1 /Lne	Muhendislik dersli		-0,15	-0,04	-0,97	0,22	52,05	Fv: 2,77 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,10 km

		DigSILENT PowerFactory 2019 SP1	Project: Date: 25.05.2019
--	--	---------------------------------------	------------------------------

Load Flow Calculation		Complete System Report: Substations, Voltage Profiles, Grid Interchange	
AC Load Flow, balanced, positive sequence		Automatic Model Adaptation for Convergence	No
Automatic tap adjustment of transformers	No	Max. Acceptable Load Flow Error for	1,00 kVA
Consider reactive power limits	No	Nodes	0,10 %
		Model Equations	

Grid: Comu Grid		System Stage: Comu Grid		Study Case: Study Case				Annex: / 8	
rtd.V [kV]	Bus - voltage [p.u.] [kV]	deg		-10	-5	Voltage - Deviation [%]	0	+5	+10
Besyo busbar									
0,40	0,966	0,39	-0,57						
Buyuk Hastane Bina Busbar									
0,40	0,988	0,40	-0,77						
Buyuk Hastane Busbar									
0,40	0,991	0,40	-0,81						
Buyuk Hastane Otopark Busbar									
0,40	0,991	0,40	-0,81						
Buyuk Hastane Trafo Giris Busbar									
36,00	0,999	35,98	0,01						
Cocuklar evi bina busbar									
0,40	0,992	0,40	-0,43						
Cocuklar evi busbar									
0,40	0,994	0,40	-0,47						
Comu Kok Busbar									
36,00	1,000	36,00	0,00						
Deniz bilimlari busbar									
0,40	0,980	0,39	-1,10						
Fen Edebiyat Busbar									
0,40	0,986	0,39	-1,22						
Fen Edebiyat Dagitim Busbar									
36,00	0,999	35,97	0,01						
Fen Edebiyat Fak. Busbar									
0,40	0,970	0,39	-0,98						
Hastane Bolgesi Busbar									
36,00	1,000	35,98	0,01						
Kadin Dogum Hastanesi Busbar									
0,40	0,990	0,40	-0,84						
Kadin Dogum Bina Busbar									
0,40	0,981	0,39	-0,69						
Kadin Dogum Hastane Otopark Busbar									
0,40	0,990	0,40	-0,84						

Grid: Comu Grid	System Stage: Comu Grid				Study Case: Study Case		Annex: / 9		
rtd.V [kV]	Bus - voltage		Voltage - Deviation [%]		-10	-5	0	+5	+10
	[p.u.]	[kV]	[deg]						
Kadin Dogum Trafo Giriş Busbar	36,00	0,999	35,98	0,01					
Merkez Lab. Binasi busbar	0,40	0,972	0,39	-1,01					
Meslek Yuksek Okulu Bina Busbar	0,40	0,994	0,40	-0,13					
Meslek Yuksek Okulu Busbar	0,40	0,998	0,40	-0,18					
Meslek Yuksek Okulu Trafo Giriş Busbar	36,00	1,000	36,00	-0,00					
Muhendislik busbar	0,40	0,989	0,40	-0,91					
Muhendislik dekanlik busbar	0,40	0,978	0,39	-0,74					
Muhendislik dagıtım busbar	36,00	0,999	35,96	0,01					
OSEM Busbar	0,40	0,987	0,39	-1,19					
OSEM Dagıtım Busbar	36,00	0,999	35,98	0,01					
OSEM busbar	0,40	0,984	0,39	-1,16					
Rektörlük 1. Bina busbar	0,40	0,958	0,38	-0,81					
Rektörlük 2. Bina busbar	0,40	0,952	0,38	-0,72					
Saglık-yabancı diller busbar	0,40	0,984	0,39	-0,83					
Siyasal Bilimler Fak. Binasi busbar	0,40	0,974	0,39	-1,05					
Troya Kül. Mer. Bina busbar	0,40	0,974	0,39	-1,05					
Yabancı Diller Busbar	0,40	0,989	0,40	-0,91					
Ziraat Fakültesi Binasi busbar	0,40	0,977	0,39	-1,09					
bilgi işlem busbar	0,40	0,957	0,38	-0,77					
camı busbar	0,40	0,984	0,39	-1,16					
dis hekimligi busbar	0,40	0,966	0,39	-0,58					
kutuphane ana bina busbar	0,40	0,960	0,38	-0,81					
kutuphane ek bina busbar									

Grid: Comu Grid	System Stage: Comu Grid				Study Case: Study Case		Annex: / 10		
rtd.V [kV]	Bus - voltage		Voltage - Deviation [%]		-10	-5	0	+5	+10
	[p.u.]	[kV]	[deg]						
0,40	0,965	0,39	-0,88						
mimarlik-guzelsanatlar-iletisim busbar	0,40	0,973	0,39	-0,67					
muhendislik derslik busbar	0,40	0,972	0,39	-0,66					

		DigSILENT PowerFactory 2019 SP1	Project: Date: 25.05.2019
--	--	---------------------------------------	------------------------------

Load Flow Calculation		Complete System Report: Substations, Voltage Profiles, Grid Interchange	
AC Load Flow, balanced, positive sequence	No	Automatic Model Adaptation for Convergence	No
Automatic tap adjustment of transformers	No	Max. Acceptable Load Flow Error for	1,00 kVA
Consider reactive power limits	No	Nodes	0,10 %
		Model Equations	

Grid: Comu Grid	System Stage: Comu Grid				Study Case: Study Case		Annex: / 11			
Volt. Level	Generation	Motor Load	Load	Compen-sation	External Infeed	Interchange to	Power Interchange	Total Losses	Load Losses	No load Losses
[kV]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]		[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]
0,40	0,00 0,00	0,00 0,00	7,56 1,89	0,00 0,00	0,00 0,00	36,00 kV	-7,63 -1,89	0,07 0,00 0,05 0,56	0,07 0,00 0,04 0,14	0,00 0,00 0,01 0,41
36,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	7,68 2,45	0,40 kV	7,68 2,45	0,01 0,00 0,05 0,56	0,01 0,00 0,04 0,14	0,00 0,00 0,01 0,41
Total:	0,00 0,00	0,00 0,00	7,56 1,89	0,00 0,00	7,68 2,45		0,00 0,00	0,13 0,56	0,12 0,14	0,01 0,41

		DigSILENT PowerFactory 2019 SP1		Project:				
				Date: 25.05.2019				
Load Flow Calculation			Complete System Report: Substations, Voltage Profiles, Grid Interchange					
AC Load Flow, balanced, positive sequence		Automatic Model Adaptation for Convergence		No				
Automatic tap adjustment of transformers		Max. Acceptable Load Flow Error for		1,00 kVA				
Consider reactive power limits		Nodes		0,10 %				
Model Equations								
Total System Summary			Study Case: Study Case		Annex: / 12			
Generation	Motor Load	Load	Compen- sation	External Infeed	Inter Area Flow	Total Losses	Load Losses	No load Losses
[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]
\lenovo\Comu Sebeke Vi\Network Model\Network Data\Comu Grid								
0,00	0,00	7,56	0,00	7,68	0,00	0,13	0,12	0,01
0,00	0,00	1,89	0,00	2,45	0,00	0,56	0,14	0,41
Total:								
0,00	0,00	7,56	0,00	7,68		0,13	0,12	0,01
0,00	0,00	1,89	0,00	2,45		0,56	0,14	0,41

Ek-2 : Senaryo 1 (100% Yükleme) DigSilent Powerfactory Program Çıktıları

		DigSILENT PowerFactory 2019 SP1		Project:			
				Date: 22.05.2019			
Load Flow Calculation			Complete System Report: Substations, Voltage Profiles, Grid Interchange				
AC Load Flow, balanced, positive sequence		Automatic Model Adaptation for Convergence		No			
Automatic tap adjustment of transformers		Max. Acceptable Load Flow Error for		1,00 kVA			
Consider reactive power limits		Nodes		0,10 %			
Model Equations							
Grid: 100% yükleme			System Stage: 100% yükleme		Study Case: Study Case		
					Annex: / 1		
rated Voltage	Bus-voltage	Active Power	Reactive Power	Power Factor	Current Loading	Additional Data	
[kV]	[p.u.] [kV] [deg]	[MW]	[Mvar]	[-]	[kA] [%]		
Besyo busbar							
0,40	0,94 0,38 -0,98						
Cub_2 /Lodlv	Besyo Ev sarj ist	0,09	0,01	0,99	0,14		
Cub_3 /Lodlv	Besyo Binasi	0,10	0,02	0,97	0,15		
Cub_1 /Line	Besyo hattı	-0,18	-0,04	-0,98	0,29	72,92	Fv: 9,31 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,20 km
Total Load:		0,18	0,04				
Buyuk Hastane Bina Busbar							
0,40	0,98 0,39 -1,48						
Cub_2 /Lodlv	Büyük Hastane Bina	3,40	0,85	0,97	5,14		
Cub_1 /Line	Buyuk hastane bina	-3,40	-0,85	-0,97	5,14	49,37	Fv: 8,98 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,02 km
Buyuk Hastane Busbar							
0,40	0,98 0,39 -1,52						
Cub_1 /Tr2	Büyük Hastane Traf	-6,20	-1,23	-0,98	9,26	101,04	Tap: 0,00 Min: 0 Max: 0
Cub_2 /Line	Buyuk Hastane Otop	2,79	0,38	0,99	4,13	79,36	Fv: 116,01 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,20 km
Cub_3 /Line	Buyuk hastane bina	3,40	0,85	0,97	5,14	49,37	Fv: 8,98 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,02 km
Buyuk Hastane Otopark Busbar							
0,40	0,94 0,38 -1,18						
Cub_2 /Lodlv	Büyük Hastane EV Ş	2,68	0,38	0,99	4,14		
Cub_1 /Line	Buyuk Hastane Otop	-2,68	-0,38	-0,99	4,13	79,36	Fv: 116,01 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,20 km
Buyuk Hastane Trafo Giriş Busbar							
38,00	1,00 38,97 0,01						
Cub_1 /Line	Buyuk Hastane hatt	-6,26	-1,61	-0,97	0,10	37,58	Fv: 0,68 kW cLod: -0,00 Mvar L: 0,05 km
Cub_2 /Tr2	Büyük Hastane Traf	6,26	1,61	0,97	0,10	101,04	Tap: 0,00 Min: 0 Max: 0

Grid: 100% yukleme		System Stage: 100% yukleme		Study Case: Study Case		Annex: / 2	
rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.] [kV] [deg]	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current [kA]	Loading [%]	Additional Data
Cocuklar evi bina busbar							
0,40	0,98 0,39 -1,49						
Cub_2 /Lodlv	Cocuklar evi ev sa	0,41	0,06	0,99	0,62		
Cub_3 /Lodlv	Cocuklar evi ev bi	0,19	0,05	0,97	0,29		
Cub_1 /Lne	Cocuklar Evi Bina	-0,61	-0,11	-0,98	0,91	76,52	Fv: 3,07 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,02 km
	Total Load:	0,61	0,11				
Cocuklar evi busbar							
0,40	0,98 0,39 -1,54						
Cub_1 /Tr2	Cocuklar Evi Trafo	-0,61	-0,11	-0,98	0,91	100,67	Tap: 0,00 Min: 0 Max: 0
Cub_2 /Lne	Cocuklar Evi Bina	0,61	0,11	0,98	0,91	76,52	Fv: 3,07 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,02 km
Comu Kok Busbar							
36,00	1,00 36,00 0,00						
Cub_1 /Nne	Canakkale Orta Ger	13,60	3,51	0,97	0,23		Sk*: 10000,00 MVA
Cub_2 /Lne	Eski Meslek Yuksek	0,76	0,16	0,98	0,01	4,53	Fv: 0,00 kW cLod: -0,00 Mvar L: 0,01 km
Cub_3 /Lne	Hastane Bolgesi Ha	8,70	2,24	0,97	0,14	52,22	Fv: 7,51 kW cLod: -0,00 Mvar L: 0,30 km
Cub_4 /Lne	OSEM Dagıtım Hatti	4,14	1,11	0,97	0,07	24,90	Fv: 4,27 kW cLod: -0,00 Mvar L: 0,75 km
Deniz bilimlari busbar							
0,40	0,98 0,39 -1,36						
Cub_2 /Lodlv	Deniz bilimlari ev	0,02	0,00	0,99	0,03		
Cub_3 /Lodlv	Deniz bilimlari bi	0,08	0,02	0,97	0,12		
Cub_1 /Lne	Deniz bilimlari ha	-0,10	-0,02	-0,98	0,15	38,07	Fv: 0,89 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,07 km
	Total Load:	0,10	0,02				
Fen Edebiyat Busbar							
0,40	0,98 0,39 -1,48						
Cub_1 /Tr2	Fen Edebiyat Trafo	-1,19	-0,27	-0,98	1,79	100,12	Tap: 0,00 Min: 0 Max: 0
Cub_2 /Lne	Fen Edebiyat Fak.	0,46	0,11	0,97	0,69	58,29	Fv: 6,24 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,07 km
Cub_3 /Lne	Rektörlük 1. Bina	0,12	0,03	0,98	0,19	46,84	Fv: 4,61 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,24 km
Cub_4 /Lne	Rektörlük 2. Bina	0,15	0,03	0,98	0,22	56,78	Fv: 6,49 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,23 km
Cub_5 /Lne	Ziraat Fakültesi B	0,17	0,04	0,97	0,25	64,37	Fv: 1,81 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,05 km
Cub_6 /Lne	Merkez Lab Bina Ha	0,10	0,02	0,98	0,14	36,60	Fv: 1,87 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,16 km
Cub_7 /Lne	Troya Kul. Mer. Bi	0,07	0,02	0,98	0,11	27,12	Fv: 1,29 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,20 km
Cub_8 /Lne	Siyasal Bilimler F	0,12	0,03	0,98	0,18	45,85	Fv: 1,84 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,10 km

Grid: 100% yukleme		System Stage: 100% yukleme		Study Case: Study Case		Annex: / 3	
rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.] [kV] [deg]	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current [kA]	Loading [%]	Additional Data
Fen Edebiyat Dagıtım Busbar							
36,00	1,00 35,95 0,01						
Cub_1 /Lne	OSEM-Fen Edebiyat	-3,37	-0,90	-0,97	0,06	24,75	Fv: 1,39 kW cLod: -0,00 Mvar L: 0,20 km
Cub_2 /Lne	Cocuklar Evi Hatti	0,62	0,14	0,97	0,01	1,50	Fv: 0,01 kW cLod: -0,00 Mvar L: 0,10 km
Cub_3 /Tr2	Fen Edebiyat Trafo	1,20	0,34	0,96	0,02	100,12	Tap: 0,00 Min: 0 Max: 0
Cub_4 /Lne	Mühendislik hattı	1,55	0,41	0,97	0,03	3,79	Fv: 0,11 kW cLod: -0,00 Mvar L: 0,30 km
Fen Edebiyat Fak. Busbar							
0,40	0,97 0,39 -1,31						
Cub_2 /Lodlv	Fen edebiyat ev sa	0,07	0,01	0,99	0,10		
Cub_3 /Lodlv	Fen Edebiyat Fak.	0,39	0,10	0,97	0,59		
Cub_1 /Lne	Fen Edebiyat Fak.	-0,45	-0,11	-0,97	0,69	58,29	Fv: 6,24 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,07 km
	Total Load:	0,45	0,11				
Hastane Bolgesi Busbar							
36,00	1,00 35,97 0,01						
Cub_1 /Lne	Hastane Bolgesi Ha	-8,70	-2,24	-0,97	0,14	52,22	Fv: 7,51 kW cLod: -0,00 Mvar L: 0,30 km
Cub_2 /Lne	Kadin dogum Hastan	2,44	0,63	0,97	0,04	14,64	Fv: 0,59 kW cLod: -0,00 Mvar L: 0,30 km
Cub_3 /Lne	Buyuk hastane hatt	6,26	1,61	0,97	0,10	37,58	Fv: 0,68 kW cLod: -0,00 Mvar L: 0,05 km
Kadin Dogum Hastanesi Busbar							
0,40	0,98 0,39 -1,51						
Cub_1 /Tr2	Kadin Dogum Hastan	-2,41	-0,48	-0,98	3,61	100,79	Tap: 0,00 Min: 0 Max: 0
Cub_2 /Lne	Kadin Dogum Hastan	1,04	0,14	0,99	1,54	73,99	Fv: 40,34 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,20 km
Cub_3 /Lne	Kadin Dogum Hastan	1,37	0,34	0,97	2,07	39,79	Fv: 14,58 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,10 km
Kadin Dogum Bina Busbar							
0,40	0,97 0,39 -1,37						
Cub_2 /Lodlv	Kadin Dogum Hastan	1,36	0,34	0,97	2,07		
Cub_1 /Lne	Kadin Dogum Hastan	-1,36	-0,34	-0,97	2,07	39,79	Fv: 14,58 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,10 km
Kadin Dogum Hastane Otopark Busbar							
0,40	0,95 0,38 -1,20						
Cub_2 /Lodlv	Kadin Dogum Hastan	1,00	0,14	0,99	1,54		
Cub_1 /Lne	Kadin Dogum Hastan	-1,00	-0,14	-0,99	1,54	73,99	Fv: 40,34 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,20 km
Kadin Dogum Trafo Giriş Busbar							
36,00	1,00 35,96 0,02						
Cub_1 /Lne	Kadin dogum Hastan	-2,44	-0,63	-0,97	0,04	14,64	Fv: 0,59 kW cLod: -0,00 Mvar L: 0,30 km
Cub_2 /Tr2	Kadin Dogum Hastan	2,44	0,63	0,97	0,04	100,79	Tap: 0,00 Min: 0 Max: 0

Grid: 100% yukleme		System Stage: 100% yukleme		Study Case: Study Case				Annex: / 4	
rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.] [kV] [deg]	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current [kA]	Loading [%]	Additional Data		
Merkez Lab. Binasi busbar									
0,40	0,97 0,39 -1,24								
Cub_2 /Lodlv	Merkez Lab. EV Sar	0,02	0,00	0,99	0,03				
Cub_3 /Lodlv	Merkez Lab. Binasi	0,07	0,02	0,97	0,11				
Cub_1 /Lne	Merkez Lab Bina Ha	-0,09	-0,02	-0,98	0,14	36,60	Fv:	1,87 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,16 km
	Total Load:	0,09	0,02						
Meslek Yuksek Okulu Bina Busbar									
0,40	0,98 0,39 -1,44								
Cub_2 /Lodlv	Meslek Yuksek Okul	0,65	0,09	0,99	0,97				
Cub_3 /Lodlv	Meslek Yuksek Okul	0,10	0,02	0,97	0,15				
Cub_1 /Lne	Meslek Yuksek Okul	-0,75	-0,12	-0,99	1,12	70,60	Fv:	5,23 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,03 km
	Total Load:	0,75	0,12						
Meslek Yuksek Okulu Busbar									
0,40	0,99 0,39 -1,51								
Cub_1 /Tr2	Eski Meslek Yuksek	-0,76	-0,12	-0,99	1,12	97,47	Tap:	0,00	Min: 0 Max: 0
Cub_2 /Lne	Meslek Yuksek Okul	0,76	0,12	0,99	1,12	70,60	Fv:	5,23 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,03 km
Meslek Yuksek Okulu Trafo Giriş Busbar									
36,00	1,00 36,00 -0,00								
Cub_1 /Tr2	Eski Meslek Yuksek	0,76	0,16	0,98	0,01	97,47	Tap:	0,00	Min: 0 Max: 0
Cub_2 /Lne	Eski Meslek Yuksek	-0,76	-0,16	-0,98	0,01	4,53	Fv:	0,00 kW	cLod: -0,00 Mvar L: 0,01 km
Muhendislik busbar									
0,40	0,98 0,39 -1,50								
Cub_1 /Tr2	Muhendislik Trafo	-0,76	-0,16	-0,98	1,14	99,90	Tap:	0,00	Min: 0 Max: 0
Cub_2 /Lne	Muhendislik dekanl	0,31	0,06	0,98	0,46	53,55	Fv:	2,93 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,05 km
Cub_3 /Lne	Muhendislik dersli	0,24	0,05	0,98	0,35	41,32	Fv:	3,49 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,10 km
Cub_4 /Lne	Dis hekimligi hatt	0,22	0,04	0,98	0,33	77,72	Fv:	9,26 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,15 km
Muhendislik dekanlik busbar									
0,40	0,97 0,39 -1,39								
Cub_2 /Lodlv	Muhendislik dekanl	0,11	0,02	0,99	0,16				
Cub_3 /Lodlv	Muhendislik Dekanl	0,19	0,05	0,97	0,30				
Cub_1 /Lne	Muhendislik dekanl	-0,30	-0,06	-0,98	0,46	53,55	Fv:	2,93 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,05 km
	Total Load:	0,30	0,06						

Grid: 100% yukleme		System Stage: 100% yukleme		Study Case: Study Case				Annex: / 5	
rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.] [kV] [deg]	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current [kA]	Loading [%]	Additional Data		
Muhendislik dagıtım busbar									
36,00	1,00 35,95 0,01								
Cub_1 /Lne	Muhendislik hattı	-1,55	-0,41	-0,97	0,03	3,79	Fv:	0,11 kW	cLod: -0,00 Mvar L: 0,30 km
Cub_2 /Lne	Yabancı diller tra	0,78	0,20	0,97	0,01	5,70	Fv:	0,04 kW	cLod: -0,00 Mvar L: 0,10 km
Cub_3 /Tr2	Muhendislik Trafo	0,77	0,20	0,97	0,01	99,90	Tap:	0,00	Min: 0 Max: 0
OSEM Busbar									
0,40	0,98 0,39 -1,47								
Cub_1 /Tr2	OSEM Trafosu	-0,76	-0,17	-0,98	1,14	99,55	Tap:	0,00	Min: 0 Max: 0
Cub_2 /Lne	Deniz bilimleri ha	0,10	0,02	0,98	0,15	38,07	Fv:	0,89 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,07 km
Cub_3 /Lne	Kutuphane Ana Bina	0,17	0,04	0,97	0,26	65,71	Fv:	5,67 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,15 km
Cub_4 /Lne	Kutuphane ek bina	0,15	0,03	0,98	0,22	55,89	Fv:	4,10 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,15 km
Cub_5 /Lne	OSEM bina hattı	0,17	0,04	0,97	0,25	56,34	Fv:	0,57 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,02 km
Cub_6 /Lne	Bilgi islem-turizm	0,12	0,03	0,98	0,19	46,88	Fv:	4,81 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,25 km
Cub_7 /Lne	Cami hattı	0,05	0,01	0,98	0,07	19,64	Fv:	0,20 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,06 km
OSEM Dagıtım Busbar									
36,00	1,00 35,97 0,01								
Cub_1 /Lne	OSEM Dagıtım Hattı	-4,13	-1,11	-0,97	0,07	24,90	Fv:	4,27 kW	cLod: -0,00 Mvar L: 0,75 km
Cub_2 /Tr2	OSEM Trafosu	0,77	0,22	0,96	0,01	99,55	Tap:	0,00	Min: 0 Max: 0
Cub_3 /Lne	OSEM-Fen Edebiyat	3,37	0,90	0,97	0,06	24,75	Fv:	1,39 kW	cLod: -0,00 Mvar L: 0,20 km
OSEM busbar									
0,40	0,98 0,39 -1,43								
Cub_2 /Lodlv	OSEM ev sarj ist.	0,02	0,00	0,99	0,03				
Cub_3 /Lodlv	OSEM Binasi	0,15	0,04	0,97	0,22				
Cub_1 /Lne	OSEM bina hattı	-0,17	-0,04	-0,97	0,25	56,34	Fv:	0,57 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,02 km
	Total Load:	0,17	0,04						
Rektörlük 1. Bina busbar									
0,40	0,95 0,38 -1,01								
Cub_2 /Lodlv	Rektörlük 1. Bina	0,02	0,00	0,99	0,03				
Cub_3 /Lodlv	Rektörlük 1. Bina	0,10	0,02	0,97	0,15				
Cub_1 /Lne	Rektörlük 1. Bina	-0,12	-0,03	-0,97	0,19	46,84	Fv:	4,61 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,24 km
	Total Load:	0,12	0,03						

Grid: 100% yukleme		System Stage: 100% yukleme		Study Case: Study Case				Annex: / 6	
rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.] [kV] [deg]	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current [kA]	Loading [%]	Additional Data		
Rektörlük 2. Bina busbar									
0,40	0,94 0,38 -0,93								
Cub_2 /Lodlv	Rektörlük 2. Bina	0,02	0,00	0,99	0,03				
Cub_3 /Lodlv	Rektörlük 2. Bina	0,12	0,03	0,97	0,19				
Cub_1 /Lne	Rektörlük 2. Bina	-0,14	-0,03	-0,97	0,22	56,78	Pv:	6,49 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,23 km
	Total Load:	0,14	0,03						
Sağlık-yabancı diller busbar									
0,40	0,98 0,39 -1,41								
Cub_2 /Lodlv	Sağlık-yabancı dil	0,09	0,01	0,99	0,13				
Cub_3 /Lodlv	Sağlık bilimleri f	0,09	0,02	0,97	0,13				
Cub_4 /Lodlv	Yabancı diller fak	0,10	0,02	0,97	0,15				
Cub_1 /Lne	Sağlık-yabancı dil	-0,27	-0,06	-0,98	0,41	51,86	Pv:	2,35 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,05 km
	Total Load:	0,27	0,06						
Siyasal Bilimler Fak. Binasi busbar									
0,40	0,97 0,39 -1,29								
Cub_2 /Lodlv	Siyasal Bilimler E	0,02	0,00	0,99	0,03				
Cub_3 /Lodlv	Siyasal Bilimler F	0,10	0,02	0,97	0,15				
Cub_1 /Lne	Siyasal Bilimler F	-0,12	-0,03	-0,97	0,18	45,85	Pv:	1,84 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,10 km
	Total Load:	0,12	0,03						
Troya Kül. Mer. Bina busbar									
0,40	0,97 0,39 -1,27								
Cub_2 /Lodlv	Troya Kültür EV Sa	0,02	0,00	0,99	0,03				
Cub_3 /Lodlv	Troya Kül. Mer. Bi	0,05	0,01	0,97	0,07				
Cub_1 /Lne	Troya Kül. Mer. Bi	-0,07	-0,02	-0,98	0,11	27,12	Pv:	1,29 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,20 km
	Total Load:	0,07	0,02						
Yabancı Diller Busbar									
0,40	0,98 0,39 -1,51								
Cub_1 /Tr2	Yabancı Diller Tra	-0,77	-0,16	-0,98	1,15	100,47	Tap:	0,00	Min: 0 Max: 0
Cub_2 /Lne	Sağlık-yabancı dil	0,27	0,06	0,98	0,41	51,86	Pv:	2,35 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,05 km
Cub_3 /Lne	Besyo hattı	0,19	0,04	0,98	0,29	72,92	Pv:	9,31 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,20 km
Cub_4 /Lne	guzel sanatlar-mim	0,30	0,06	0,98	0,45	57,04	Pv:	8,54 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,15 km

Grid: 100% yukleme		System Stage: 100% yukleme		Study Case: Study Case				Annex: / 7	
rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.] [kV] [deg]	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current [kA]	Loading [%]	Additional Data		
Ziraat Fakültesi Binasi busbar									
0,40	0,97 0,39 -1,34								
Cub_2 /Lodlv	Ziraat Fak. EV Sar	0,02	0,00	0,99	0,03				
Cub_3 /Lodlv	Ziraat Fakültesi B	0,15	0,04	0,97	0,22				
Cub_1 /Lne	Ziraat Fakültesi B	-0,17	-0,04	-0,97	0,25	64,37	Pv:	1,81 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,05 km
	Total Load:	0,17	0,04						
bilgi islem busbar									
0,40	0,95 0,38 -0,98								
Cub_2 /Lodlv	Bilgi islem-turizm	0,02	0,00	0,99	0,03				
Cub_3 /Lodlv	Bilgi islem-turizm	0,10	0,02	0,97	0,15				
Cub_1 /Lne	Bilgi islem-turizm	-0,12	-0,03	-0,97	0,19	46,88	Pv:	4,81 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,25 km
	Total Load:	0,12	0,03						
cami busbar									
0,40	0,98 0,39 -1,42								
Cub_2 /Lodlv	Cami ev sarj ist	0,02	0,00	0,99	0,03				
Cub_3 /Lodlv	Cami binasi	0,02	0,01	0,97	0,04				
Cub_1 /Lne	Cami hattı	-0,05	-0,01	-0,98	0,07	19,64	Pv:	0,20 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,06 km
	Total Load:	0,05	0,01						
dis hekimligi busbar									
0,40	0,94 0,38 -1,03								
Cub_2 /Lodlv	Dis Hekimligi EV S	0,09	0,01	0,99	0,13				
Cub_3 /Lodlv	Dis Hekimligi Ders	0,13	0,03	0,97	0,20				
Cub_1 /Lne	Dis hekimligi hatt	-0,21	-0,04	-0,98	0,33	77,72	Pv:	9,26 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,15 km
	Total Load:	0,21	0,04						
kutuphane ana bina busbar									
0,40	0,95 0,38 -1,05								
Cub_2 /Lodlv	Kutuphane ana bina	0,02	0,00	0,99	0,03				
Cub_3 /Lodlv	Kutuphane ana bina	0,15	0,04	0,97	0,23				
Cub_1 /Lne	Kutuphane Ana Bina	-0,17	-0,04	-0,97	0,26	65,71	Pv:	5,67 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,15 km
	Total Load:	0,17	0,04						

Grid: 100% yukleme		System Stage: 100% yukleme		Study Case: Study Case		Annex: / 8	
rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.] [kV] [deg]	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current [kA]	Loading [%]	Additional Data
kutuphane ek bina busbar							
0,40	0,96 0,38 -1,11						
Cub_2 /Lodlv	Kutuphane ek bina	0,02	0,00	0,99	0,03		
Cub_3 /Lodlv	Kutuphane ek bina	0,12	0,03	0,97	0,19		
Cub_1 /Line	Kutuphane ek bina	-0,14	-0,03	-0,97	0,22	55,89	Pv: 4,10 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,15 km
	Total Load:	0,14	0,03				
mimarlik-guzelsanatlar-iletisim busbar							
0,40	0,96 0,38 -1,18						
Cub_2 /Lodlv	guzel sanatlar-mim	0,11	0,02	0,99	0,17		
Cub_3 /Lodlv	guzel sanatlar fak	0,09	0,02	0,97	0,14		
Cub_4 /Lodlv	iletisim fakultesi	0,05	0,01	0,97	0,08		
Cub_5 /Lodlv	mimarlik tasarim f	0,05	0,01	0,97	0,08		
Cub_1 /Line	guzel sanatlar-mim	-0,29	-0,06	-0,98	0,45	57,04	Pv: 8,54 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,15 km
	Total Load:	0,29	0,06				
muhendislik derslik busbar							
0,40	0,97 0,39 -1,33						
Cub_2 /Lodlv	Muhendislik Dersli	0,09	0,01	0,99	0,13		
Cub_3 /Lodlv	Muhendislik Dersli	0,15	0,04	0,97	0,22		
Cub_1 /Line	Muhendislik dersli	-0,23	-0,05	-0,98	0,35	41,32	Pv: 3,49 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,10 km
	Total Load:	0,23	0,05				

		Digsilent PowerFactory 2019 SP1	Project: Date: 22.05.2019
--	--	---------------------------------	------------------------------

Load Flow Calculation		Complete System Report: Substations, Voltage Profiles, Grid Interchange	
AC Load Flow, balanced, positive sequence	No	Automatic Model Adaptation for Convergence	No
Automatic tap adjustment of transformers	No	Max. Acceptable Load Flow Error for Nodes	1,00 kVA
Consider reactive power limits	No	Model Equations	0,10 %

Grid: 100% yukleme		System Stage: 100% yukleme		Study Case: Study Case		Annex: / 9	
rtd.V [kV]	Bus - voltage [p.u.] [kV] [deg]	-10	-5	Voltage - Deviation [%]		0	+10
Besyo busbar	0,40 0,938 0,38 -0,98						
Buyuk Hastane Bina Busbar	0,40 0,982 0,39 -1,48						
Buyuk Hastane Busbar	0,40 0,985 0,39 -1,52						
Buyuk Hastane Otopark Busbar	0,40 0,944 0,38 -1,18						
Buyuk Hastane Trafo Giris Busbar	36,00 0,999 35,97 0,01						
Cocuklar evi bina busbar	0,40 0,980 0,39 -1,49						
Cocuklar evi busbar	0,40 0,985 0,39 -1,54						
Comu Kok Busbar	36,00 1,000 36,00 0,00						
Deniz bilimlari busbar	0,40 0,976 0,39 -1,36						
Fen Edebiyat Busbar	0,40 0,983 0,39 -1,48						
Fen Edebiyat Dagitim Busbar	36,00 0,999 35,95 0,01						
Fen Edebiyat Fak. Busbar	0,40 0,971 0,39 -1,31						
Hastane Bolgesi Busbar	36,00 0,999 35,97 0,01						
Kadin Dogum Hastanesi Busbar	0,40 0,985 0,39 -1,51						
Kadin Dogum Bina Busbar	0,40 0,975 0,39 -1,37						
Kadin Dogum Hastane Otopark Busbar	0,40 0,947 0,38 -1,20						

Grid: 100% yukleme		System Stage: 100% yukleme		Study Case: Study Case		Annex: / 10		
rtd.V [kV]	Bus - voltage [p.u.]	[kV]	[deg]	-10	-5	Voltage - Deviation [%]	+5	+10
Kadin Dogum Trafo Giriş Busbar	36,00	0,999	35,96	0,02				
Merkez Lab. Binasi busbar	0,40	0,965	0,39	-1,24				
Meslek Yuksek Okulu Bina Busbar	0,40	0,980	0,39	-1,44				
Meslek Yuksek Okulu Busbar	0,40	0,987	0,39	-1,51				
Meslek Yuksek Okulu Trafo Giriş Busbar	36,00	1,000	36,00	-0,00				
Muhendislik busbar	0,40	0,984	0,39	-1,50				
Muhendislik dekanlik busbar	0,40	0,975	0,39	-1,39				
Muhendislik dagıtım busbar	36,00	0,999	35,95	0,01				
OSEM Busbar	0,40	0,984	0,39	-1,47				
OSEM Dagıtım Busbar	36,00	0,999	35,97	0,01				
OSEM busbar	0,40	0,981	0,39	-1,43				
Rektörlük 1. Bina busbar	0,40	0,948	0,38	-1,01				
Rektörlük 2. Bina busbar	0,40	0,943	0,38	-0,93				
Saglık-yabancı diller busbar	0,40	0,976	0,39	-1,41				
Siyasal Bilimler Fak. Binasi busbar	0,40	0,969	0,39	-1,29				
Troya Kül. Mer. Bina busbar	0,40	0,966	0,39	-1,27				
Yabancı Diller Busbar	0,40	0,984	0,39	-1,51				
Ziraat Fakültesi Binasi busbar	0,40	0,973	0,39	-1,34				
bilgi islem busbar	0,40	0,948	0,38	-0,98				
camı busbar	0,40	0,980	0,39	-1,42				
dis hekimligi busbar	0,40	0,945	0,38	-1,03				
kutuphane ana bina busbar	0,40	0,953	0,38	-1,05				
kutuphane ek bina busbar								

Grid: 100% yukleme		System Stage: 100% yukleme		Study Case: Study Case		Annex: / 11		
rtd.V [kV]	Bus - voltage [p.u.]	[kV]	[deg]	-10	-5	Voltage - Deviation [%]	+5	+10
mimarlik-guzelsanatlar-iletisim busbar	0,40	0,958	0,38	-1,11				
muhendislik derslik busbar	0,40	0,957	0,38	-1,18				
	0,40	0,970	0,39	-1,33				

		DigSILENT PowerFactory 2019 SP1	Project: Date: 22.05.2019
--	--	---------------------------------------	------------------------------

Load Flow Calculation		Complete System Report: Substations, Voltage Profiles, Grid Interchange	
AC Load Flow, balanced, positive sequence	No	Automatic Model Adaptation for Convergence	No
Automatic tap adjustment of transformers	No	Max. Acceptable Load Flow Error for Nodes	1,00 kVA
Consider reactive power limits	No	Model Equations	0,10 %

Grid: 100% yukleme		System Stage: 100% yukleme		Study Case: Study Case		Annex: / 12				
Volt. Level [kV]	Generation [MW]/[Mvar]	Motor Load [MW]/[Mvar]	Load [MW]/[Mvar]	Compen-sation [MW]/[Mvar]	External Infeed [MW]/[Mvar]	Interchange to	Power Interchange [MW]/[Mvar]	Total Losses [MW]/[Mvar]	Load Losses [MW]/[Mvar]	No load Losses [MW]/[Mvar]
0,40	0,00 0,00	0,00 0,00	13,20 2,70	0,00 0,00	0,00 0,00	36,00 kV	-13,46 -2,70	0,26 -0,00 0,13 0,82	0,26 -0,00 0,12 0,40	0,00 0,00 0,01 0,41
36,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	13,60 3,51	0,40 kV	13,59 3,51	0,01 0,00 0,13 0,82	0,01 0,00 0,12 0,40	0,00 0,00 0,01 0,41
Total:	0,00 0,00	0,00 0,00	13,20 2,70	0,00 0,00	13,60 3,51		0,00 0,00	0,41 0,82	0,39 0,41	0,01 0,41

		DigSILENT PowerFactory 2019 SP1		Project:				
				Date: 22.05.2019				
Load Flow Calculation			Complete System Report: Substations, Voltage Profiles, Grid Interchange					
AC Load Flow, balanced, positive sequence		Automatic Model Adaptation for Convergence		No				
Automatic tap adjustment of transformers		Max. Acceptable Load Flow Error for		1,00 kVA				
Consider reactive power limits		Nodes		0,10 %				
Model Equations								
Total System Summary			Study Case: Study Case		Annex: / 13			
Generation	Motor Load	Load	Compen- sation	External Infeed	Inter Area Flow	Total Losses	Load Losses	No load Losses
[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]
\lenovo\100yukleme\Network Model\Network Data\100yukleme								
0,00	0,00	13,20	0,00	13,60	0,00	0,41	0,39	0,01
0,00	0,00	2,70	0,00	3,51	0,00	0,82	0,41	0,41
Total:								
0,00	0,00	13,20	0,00	13,60		0,41	0,39	0,01
0,00	0,00	2,70	0,00	3,51		0,82	0,41	0,41

Ek-3 : Senaryo 2 (120% Yükleme) DigSilent Powerfactory Program Çıktıları

		DigSILENT PowerFactory 2019 SP1		Project:							
				Date: 25.05.2019							
Load Flow Calculation			Complete System Report: Substations, Voltage Profiles, Grid Interchange								
AC Load Flow, balanced, positive sequence		Automatic Model Adaptation for Convergence		No							
Automatic tap adjustment of transformers		Max. Acceptable Load Flow Error for		1,00 kVA							
Consider reactive power limits		Nodes		0,10 %							
Model Equations											
Grid: 120% yukleme			System Stage: 120% yukleme		Study Case: Study Case						
					Annex: / 1						
rated Voltage	Bus-voltage	Active Power		Reactive Power	Power Factor	Current	Loading	Additional Data			
[kV]	[p.u.]	[kV]	[deg]	[MW]	[Mvar]	[-]	[kA]	[%]			
Besyo busbar											
0,40	0,95	0,38	-1,52								
Cub_2 /Lodlv	Besyo Ev sarj ist	0,13	0,02	0,99	0,20						
Cub_3 /Lodlv	Besyo Binasi	0,10	0,02	0,97	0,15						
Cub_1 /Line	Besyo hattı	-0,23	-0,04	-0,98	0,35	44,29		Pv:	6,87 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,20 km	
Total Load:		0,23	0,04								
Buyuk Hastane Bina Busbar											
0,40	0,98	0,39	-1,76								
Cub_2 /Lodlv	Büyük Hastane Bina	3,40	0,85	0,97	5,16						
Cub_1 /Line	Buyuk hastane bina	-3,40	-0,85	-0,97	5,16	49,49		Pv:	9,02 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,02 km	
Buyuk Hastane Busbar											
0,40	0,98	0,39	-1,80								
Cub_1 /Tr2	Büyük Hastane Traf	-7,31	-1,38	-0,98	10,94	119,13		Tap:	0,00	Min: 0 Max: 0	
Cub_2 /Line	Buyuk Hastane Otop	3,91	0,53	0,99	5,80	79,48		Pv:	162,91 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,20 km	
Cub_3 /Line	Buyuk hastane bina	3,40	0,85	0,97	5,16	49,49		Pv:	9,02 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,02 km	
Buyuk Hastane Otopark Busbar											
0,40	0,94	0,38	-1,47								
Cub_2 /Lodlv	Büyük Hastane EV Ş	3,75	0,53	0,99	5,80						
Cub_1 /Line	Buyuk Hastane Otop	-3,75	-0,53	-0,99	5,80	79,48		Pv:	162,91 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,20 km	
Buyuk Hastane Trafo											
36,00	1,00	35,96	0,02								
Cub_1 /Line	Buyuk hastane hattı	-7,39	-1,83	-0,97	0,12	44,30		Pv:	0,94 kW	cLod: -0,00 Mvar L: 0,05 km	
Cub_2 /Tr2	Büyük Hastane Traf	7,39	1,83	0,97	0,12	119,13		Tap:	0,00	Min: 0 Max: 0	

Grid: 120% yukleme		System Stage: 120% yukleme		Study Case: Study Case		Annex: / 2	
rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.] [kV] [deg]	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current [kA]	Loading [%]	Additional Data
Cocuklar evi bina busbar							
0,40	0,98 0,39 -1,84						
Cub_2 /Lodlv	Cocuklar evi ev sa	0,54	0,08	0,99	0,81		
Cub_3 /Lodlv	Cocuklar evi ev bi	0,19	0,05	0,97	0,30		
Cub_1 /Line	Cocuklar Evi Bina	-0,74	-0,13	-0,99	1,11	69,85	Pv: 3,42 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,02 km
	Total Load:	0,74	0,13				
Cocuklar evi busbar							
0,40	0,98 0,39 -1,88						
Cub_1 /Tr2	Cocuklar Evi Trafo	-0,74	-0,13	-0,99	1,11	122,36	Tap: 0,00 Min: 0 Max: 0
Cub_2 /Line	Cocuklar Evi Bina	0,74	0,13	0,99	1,11	69,85	Pv: 3,42 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,02 km
Comu Kok Busbar							
36,00	1,00 36,00 0,00						
Cub_1 /Line	Sanakkale Orta Ger	16,25	4,04	0,97	0,27		Sk*: 10000,00 MVA
Cub_2 /Line	Eski Meslek Yuksek	0,94	0,20	0,98	0,02	5,59	Pv: 0,00 kW cLod: -0,00 Mvar L: 0,01 km
Cub_3 /Line	Hastane Bolgesi Ha	10,30	2,55	0,97	0,17	61,67	Pv: 10,48 kW cLod: -0,00 Mvar L: 0,30 km
Cub_4 /Line	OSEM Dagıtım Hatti	5,00	1,29	0,97	0,08	30,03	Pv: 6,21 kW cLod: -0,00 Mvar L: 0,75 km
Deniz bilimlari busbar							
0,40	0,97 0,39 -1,67						
Cub_2 /Lodlv	Deniz bilimlari ev	0,04	0,01	0,99	0,07		
Cub_3 /Lodlv	Deniz bilimlari bi	0,08	0,02	0,97	0,12		
Cub_1 /Line	Deniz bilimlari ha	-0,12	-0,03	-0,98	0,18	46,49	Pv: 1,32 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,07 km
	Total Load:	0,12	0,03				
Fen Edebiyat Busbar							
0,40	0,98 0,39 -1,81						
Cub_1 /Tr2	Fen Edebiyat Trafo	-1,44	-0,31	-0,98	2,17	121,12	Tap: 0,00 Min: 0 Max: 0
Cub_2 /Line	Fen Edebiyat Fak.	0,48	0,11	0,98	0,73	61,26	Pv: 6,90 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,07 km
Cub_3 /Line	Rektörlük 1. Bina	0,17	0,03	0,98	0,26	64,83	Pv: 8,83 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,24 km
Cub_4 /Line	Rektörlük 2. Bina	0,20	0,04	0,98	0,30	75,02	Pv: 11,33 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,23 km
Cub_5 /Line	Ziraat Fakültesi B	0,21	0,05	0,98	0,32	40,37	Pv: 1,43 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,05 km
Cub_6 /Line	Merkez Lab Bina Ha	0,12	0,02	0,98	0,18	45,23	Pv: 2,86 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,16 km
Cub_7 /Line	Troya Kul. Mer. Bi	0,12	0,02	0,98	0,18	44,32	Pv: 3,44 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,20 km
Cub_8 /Line	Siyasal Bilimler F	0,14	0,03	0,98	0,22	54,42	Pv: 2,59 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,10 km

Grid: 120% yukleme		System Stage: 120% yukleme		Study Case: Study Case		Annex: / 3	
rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.] [kV] [deg]	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current [kA]	Loading [%]	Additional Data
Fen Edebiyat Dagıtım Busbar							
36,00	1,00 35,94 0,01						
Cub_1 /Line	OSEM-Fen Edebiyat	-4,07	-1,04	-0,97	0,07	29,85	Pv: 2,03 kW cLod: -0,00 Mvar L: 0,20 km
Cub_2 /Line	Cocuklar Evi Hatti	0,75	0,17	0,97	0,01	1,82	Pv: 0,01 kW cLod: -0,00 Mvar L: 0,10 km
Cub_3 /Tr2	Fen Edebiyat Trafo	1,46	0,39	0,97	0,02	121,12	Tap: 0,00 Min: 0 Max: 0
Cub_4 /Line	Mühendislik hatti	1,86	0,47	0,97	0,03	4,55	Pv: 0,17 kW cLod: -0,00 Mvar L: 0,30 km
Fen Edebiyat Fak. Busbar							
0,40	0,97 0,39 -1,63						
Cub_2 /Lodlv	Fen edebiyat ev sa	0,09	0,01	0,99	0,13		
Cub_3 /Lodlv	Fen Edebiyat Fak.	0,39	0,10	0,97	0,60		
Cub_1 /Line	Fen Edebiyat Fak.	-0,48	-0,11	-0,97	0,73	61,26	Pv: 6,90 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,07 km
	Total Load:	0,48	0,11				
Hastane Bolgesi Busbar							
36,00	1,00 35,97 0,01						
Cub_1 /Line	Hastane Bolgesi Ha	-10,29	-2,55	-0,97	0,17	61,67	Pv: 10,48 kW cLod: -0,00 Mvar L: 0,30 km
Cub_2 /Line	Kadin dogum Hastan	2,90	0,72	0,97	0,05	17,36	Pv: 0,83 kW cLod: -0,00 Mvar L: 0,30 km
Cub_3 /Line	Buyuk hastane hatt	7,39	1,83	0,97	0,12	44,30	Pv: 0,94 kW cLod: -0,00 Mvar L: 0,05 km
Kadin Dogum Hastanesi Busbar							
0,40	0,98 0,39 -1,81						
Cub_1 /Tr2	Kadin Dogum Hastan	-2,87	-0,54	-0,98	4,29	119,53	Tap: 0,00 Min: 0 Max: 0
Cub_2 /Line	Kadin Dogum Hastan	1,49	0,20	0,99	2,21	70,85	Pv: 55,47 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,20 km
Cub_3 /Line	Kadin Dogum Hastan	1,37	0,34	0,97	2,08	39,90	Pv: 14,66 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,10 km
Kadin Dogum Bina Busbar							
0,40	0,97 0,39 -1,66						
Cub_2 /Lodlv	Kadin Dogum Hastan	1,36	0,34	0,97	2,08		
Cub_1 /Line	Kadin Dogum Hastan	-1,36	-0,34	-0,97	2,08	39,90	Pv: 14,66 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,10 km
Kadin Dogum Hastane Otopark Busbar							
0,40	0,95 0,38 -1,51						
Cub_2 /Lodlv	Kadin Dogum Hastan	1,44	0,20	0,99	2,22		
Cub_1 /Line	Kadin Dogum Hastan	-1,44	-0,20	-0,99	2,21	70,85	Pv: 55,47 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,20 km
Kadin Dogum Trafo Giris Busbar							
36,00	1,00 35,96 0,02						
Cub_1 /Line	Kadin dogum Hastan	-2,90	-0,72	-0,97	0,05	17,36	Pv: 0,83 kW cLod: -0,00 Mvar L: 0,30 km
Cub_2 /Tr2	Kadin Dogum Hastan	2,90	0,72	0,97	0,05	119,53	Tap: 0,00 Min: 0 Max: 0

Grid: 120% yukleme		System Stage: 120% yukleme		Study Case: Study Case		Annex: / 4	
rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.] [kV] [deg]	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current [kA]	Loading [%]	Additional Data
Merkez Lab. Binasi busbar							
0,40	0,96 0,38 -1,54						
Cub_2 /Lodlv	Merkez Lab. EV Sar	0,04	0,01	0,99	0,07		
Cub_3 /Lodlv	Merkez Lab. Binasi	0,07	0,02	0,97	0,11		
Cub_1 /Lne	Merkez Lab Bina Ha	-0,12	-0,02	-0,98	0,18	45,23	Pv: 2,86 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,16 km
Total							
Load:		0,12	0,02				
Meslek Yuksek Okulu Bina Busbar							
0,40	0,98 0,39 -1,80						
Cub_2 /Lodlv	Meslek Yuksek Okul	0,83	0,12	0,99	1,23		
Cub_3 /Lodlv	Meslek Yuksek Okul	0,10	0,02	0,97	0,15		
Cub_1 /Lne	Meslek Yuksek Okul	-0,92	-0,14	-0,99	1,38	69,77	Pv: 6,39 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,03 km
Total							
Load:		0,92	0,14				
Meslek Yuksek Okulu Busbar							
0,40	0,98 0,39 -1,86						
Cub_1 /Tr2	Eski Meslek Yuksek	-0,93	-0,14	-0,99	1,38	120,26	Tap: 0,00 Min: 0 Max: 0
Cub_2 /Lne	Meslek Yuksek Okul	0,93	0,14	0,99	1,38	69,77	Pv: 6,39 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,03 km
Meslek Yuksek Okulu Trafo Giriş Busbar							
36,00	1,00 36,00 -0,00						
Cub_1 /Tr2	Eski Meslek Yuksek	0,94	0,20	0,98	0,02	120,26	Tap: 0,00 Min: 0 Max: 0
Cub_2 /Lne	Eski Meslek Yuksek	-0,94	-0,20	-0,98	0,02	5,59	Pv: 0,00 kW cLod: -0,00 Mvar L: 0,01 km
Muhendislik busbar							
0,40	0,98 0,39 -1,82						
Cub_1 /Tr2	Muhendislik Trafo	-0,92	-0,18	-0,98	1,37	119,77	Tap: 0,00 Min: 0 Max: 0
Cub_2 /Lne	Muhendislik dekanl	0,37	0,07	0,98	0,56	65,27	Pv: 4,35 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,05 km
Cub_3 /Lne	Muhendislik dersli	0,28	0,06	0,98	0,42	49,24	Pv: 4,96 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,10 km
Cub_4 /Lne	Dis hekimligi hatt	0,26	0,05	0,98	0,39	46,06	Pv: 6,51 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,15 km
Muhendislik dekanlik busbar							
0,40	0,97 0,39 -1,69						
Cub_2 /Lodlv	Muhendislik dekanl	0,17	0,02	0,99	0,26		
Cub_3 /Lodlv	Muhendislik Dekanl	0,19	0,05	0,97	0,30		
Cub_1 /Lne	Muhendislik dekanl	-0,37	-0,07	-0,98	0,56	65,27	Pv: 4,35 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,05 km
Total							
Load:		0,37	0,07				

Grid: 120% yukleme		System Stage: 120% yukleme		Study Case: Study Case		Annex: / 5	
rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.] [kV] [deg]	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current [kA]	Loading [%]	Additional Data
Muhendislik dagıtım busbar							
36,00	1,00 35,94 0,01						
Cub_1 /Lne	Muhendislik hattı	-1,86	-0,47	-0,97	0,03	4,55	Pv: 0,17 kW cLod: -0,00 Mvar L: 0,30 km
Cub_2 /Lne	Yabancı diller tra	0,93	0,24	0,97	0,02	6,84	Pv: 0,05 kW cLod: -0,00 Mvar L: 0,10 km
Cub_3 /Tr2	Muhendislik Trafo	0,93	0,24	0,97	0,02	119,77	Tap: 0,00 Min: 0 Max: 0
OSEM Busbar							
0,40	0,98 0,39 -1,79						
Cub_1 /Tr2	OSEM Trafosu	-0,92	-0,19	-0,98	1,38	120,11	Tap: 0,00 Min: 0 Max: 0
Cub_2 /Lne	Deniz bilimlari ha	0,12	0,03	0,98	0,18	46,49	Pv: 1,32 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,07 km
Cub_3 /Lne	Kutuphane Ana Bina	0,20	0,04	0,98	0,30	74,64	Pv: 7,31 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,15 km
Cub_4 /Lne	Kutuphane ek bina	0,17	0,04	0,98	0,26	64,70	Pv: 5,49 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,15 km
Cub_5 /Lne	OSEM bina hattı	0,21	0,05	0,98	0,32	70,98	Pv: 0,90 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,02 km
Cub_6 /Lne	Bilgi islem-turizm	0,15	0,03	0,98	0,22	55,90	Pv: 6,84 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,25 km
Cub_7 /Lne	Cami hattı	0,07	0,01	0,98	0,10	28,98	Pv: 0,43 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,06 km
OSEM Dagıtım Busbar							
36,00	1,00 35,96 0,02						
Cub_1 /Lne	OSEM Dagıtım Hattı	-5,00	-1,29	-0,97	0,08	30,03	Pv: 6,21 kW cLod: -0,00 Mvar L: 0,75 km
Cub_2 /Tr2	OSEM Trafosu	0,93	0,25	0,97	0,02	120,11	Tap: 0,00 Min: 0 Max: 0
Cub_3 /Lne	OSEM-Fen Edebiyat	4,07	1,04	0,97	0,07	29,85	Pv: 2,03 kW cLod: -0,00 Mvar L: 0,20 km
OSEM busbar							
0,40	0,98 0,39 -1,74						
Cub_2 /Lodlv	OSEM ev sarj ist.	0,07	0,01	0,99	0,10		
Cub_3 /Lodlv	OSEM Binasi	0,15	0,04	0,97	0,22		
Cub_1 /Lne	OSEM bina hattı	-0,21	-0,05	-0,98	0,32	70,98	Pv: 0,90 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,02 km
Total							
Load:		0,21	0,05				
Rektörlük 1. Bina busbar							
0,40	0,93 0,37 -1,23						
Cub_2 /Lodlv	Rektörlük 1. Bina	0,07	0,01	0,99	0,10		
Cub_3 /Lodlv	Rektörlük 1. Bina	0,10	0,02	0,97	0,15		
Cub_1 /Lne	Rektörlük 1. Bina	-0,16	-0,03	-0,98	0,26	64,83	Pv: 8,83 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,24 km
Total							
Load:		0,16	0,03				

Grid: 120% yukleme		System Stage: 120% yukleme		Study Case: Study Case				Annex: / 6	
rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.] [kV] [deg]	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current [kA]	Loading [%]	Additional Data		
Rektörlük 2. Bina busbar									
0,40	0,93	0,37	-1,14						
Cub_2 /Lodlv	Rektörlük 2. Bina	0,07	0,01	0,99	0,10				
Cub_3 /Lodlv	Rektörlük 2. Bina	0,12	0,03	0,97	0,19				
Cub_1 /Lne	Rektörlük 2. Bina	-0,19	-0,04	-0,98	0,30	75,02	Pv:	11,33 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,23 km
	Total Load:	0,19	0,04						
Sağlık-yabancı diller busbar									
0,40	0,97	0,39	-1,71						
Cub_2 /Lodlv	Sağlık-yabancı dil	0,15	0,02	0,99	0,23				
Cub_3 /Lodlv	Sağlık bilimleri f	0,09	0,02	0,97	0,13				
Cub_4 /Lodlv	Yabancı diller fak	0,10	0,02	0,97	0,15				
Cub_1 /Lne	Sağlık-yabancı dil	-0,34	-0,07	-0,98	0,51	64,49	Pv:	3,64 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,05 km
	Total Load:	0,34	0,07						
Siyasal Bilimler Fak. Binasi busbar									
0,40	0,96	0,39	-1,60						
Cub_2 /Lodlv	Siyasal Bilimler E	0,04	0,01	0,99	0,07				
Cub_3 /Lodlv	Siyasal Bilimler F	0,10	0,02	0,97	0,15				
Cub_1 /Lne	Siyasal Bilimler F	-0,14	-0,03	-0,98	0,22	54,42	Pv:	2,59 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,10 km
	Total Load:	0,14	0,03						
Troya Kül. Mer. Bina busbar									
0,40	0,95	0,38	-1,51						
Cub_2 /Lodlv	Troya Kültür EV Sa	0,07	0,01	0,99	0,10				
Cub_3 /Lodlv	Troya Kül. Mer. Bi	0,05	0,01	0,97	0,08				
Cub_1 /Lne	Troya Kül. Mer. Bi	-0,11	-0,02	-0,98	0,18	44,32	Pv:	3,44 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,20 km
	Total Load:	0,11	0,02						
Yabancı Diller Busbar									
0,40	0,98	0,39	-1,83						
Cub_1 /Tr2	Yabancı Diller Tra	-0,92	-0,18	-0,98	1,38	120,54	Tap:	0,00	Min: 0 Max: 0
Cub_2 /Lne	Sağlık-yabancı dil	0,34	0,07	0,98	0,51	64,49	Pv:	3,64 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,05 km
Cub_3 /Lne	Besyo hattı	0,23	0,04	0,98	0,35	44,29	Pv:	6,87 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,20 km
Cub_4 /Lne	guzel sanatlar-mim	0,35	0,07	0,98	0,52	65,89	Pv:	11,40 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,15 km

Grid: 120% yukleme		System Stage: 120% yukleme		Study Case: Study Case				Annex: / 7	
rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.] [kV] [deg]	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current [kA]	Loading [%]	Additional Data		
Ziraat Fakültesi Binasi busbar									
0,40	0,97	0,39	-1,73						
Cub_2 /Lodlv	Ziraat Fak. EV Sar	0,07	0,01	0,99	0,10				
Cub_3 /Lodlv	Ziraat Fakültesi B	0,15	0,04	0,97	0,22				
Cub_1 /Lne	Ziraat Fakültesi B	-0,21	-0,05	-0,98	0,32	40,37	Pv:	1,43 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,05 km
	Total Load:	0,21	0,05						
bilgi islem busbar									
0,40	0,94	0,38	-1,24						
Cub_2 /Lodlv	Bilgi islem-turizm	0,04	0,01	0,99	0,07				
Cub_3 /Lodlv	Bilgi islem-turizm	0,10	0,02	0,97	0,15				
Cub_1 /Lne	Bilgi islem-turizm	-0,14	-0,03	-0,98	0,22	55,90	Pv:	6,84 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,25 km
	Total Load:	0,14	0,03						
cami busbar									
0,40	0,98	0,39	-1,73						
Cub_2 /Lodlv	Cami ev sarj ist	0,04	0,01	0,99	0,07				
Cub_3 /Lodlv	Cami binasi	0,02	0,01	0,97	0,04				
Cub_1 /Lne	Cami hattı	-0,07	-0,01	-0,98	0,10	28,98	Pv:	0,43 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,06 km
	Total Load:	0,07	0,01						
dis hekimligi busbar									
0,40	0,96	0,38	-1,55						
Cub_2 /Lodlv	Dis Hekimligi EV S	0,13	0,02	0,99	0,20				
Cub_3 /Lodlv	Dis Hekimligi Ders	0,13	0,03	0,97	0,20				
Cub_1 /Lne	Dis hekimligi hatt	-0,26	-0,05	-0,98	0,39	46,06	Pv:	6,51 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,15 km
	Total Load:	0,26	0,05						
kutuphane ana bina busbar									
0,40	0,95	0,38	-1,33						
Cub_2 /Lodlv	Kutuphane ana bina	0,04	0,01	0,99	0,07				
Cub_3 /Lodlv	Kutuphane ana bina	0,15	0,04	0,97	0,23				
Cub_1 /Lne	Kutuphane Ana Bina	-0,19	-0,04	-0,98	0,30	74,64	Pv:	7,31 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,15 km
	Total Load:	0,19	0,04						

Grid: 120% yukleme		System Stage: 120% yukleme		Study Case: Study Case		Annex: / 8	
rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.] [kV] [deg]	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current Loading [kA]	Additional Data	
kutuphane ek bina busbar							
0,40	0,95 0,38 -1,40						
Cub_2 /Lodlv	Kutuphane ek bina	0,04	0,01	0,99	0,07		
Cub_3 /Lodlv	Kutuphane ek bina	0,12	0,03	0,97	0,19		
Cub_1 /Line	Kutuphane ek bina	-0,16	-0,04	-0,98	0,26	64,70	Fv: 5,49 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,15 km
	Total Load:	0,16	0,04				
mimarlik-guzelsanatlar-iletisim busbar							
0,40	0,95 0,38 -1,47						
Cub_2 /Lodlv	guzel sanatlar-mim	0,15	0,02	0,99	0,23		
Cub_3 /Lodlv	guzel sanatlar fak	0,09	0,02	0,97	0,14		
Cub_4 /Lodlv	iletisim fakultesi	0,05	0,01	0,97	0,08		
Cub_5 /Lodlv	mimarlik tasarim f	0,05	0,01	0,97	0,08		
Cub_1 /Line	guzel sanatlar-mim	-0,34	-0,07	-0,98	0,52	65,89	Fv: 11,40 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,15 km
	Total Load:	0,34	0,07				
muhendislik derslik busbar							
0,40	0,96 0,39 -1,62						
Cub_2 /Lodlv	Muhendislik Dersli	0,13	0,02	0,99	0,20		
Cub_3 /Lodlv	Muhendislik Dersli	0,15	0,04	0,97	0,22		
Cub_1 /Line	Muhendislik dersli	-0,28	-0,06	-0,98	0,42	49,24	Fv: 4,96 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,10 km
	Total Load:	0,28	0,06				

		DigSILENT PowerFactory 2019 SP1	Project:
			Date: 25.05.2019

Load Flow Calculation		Complete System Report: Substations, Voltage Profiles, Grid Interchange	
AC Load Flow, balanced, positive sequence	No	Automatic Model Adaptation for Convergence	No
Automatic tap adjustment of transformers	No	Max. Acceptable Load Flow Error for Nodes	1,00 kVA
Consider reactive power limits	No	Model Equations	0,10 %

Grid: 120% yukleme		System Stage: 120% yukleme		Study Case: Study Case		Annex: / 9	
rtd.V [kV]	Bus - voltage [p.u.] [kV] [deg]	-10	-5	Voltage - Deviation [%]			
				0	+5	+10	
Besyo busbar	0,40 0,953 0,38 -1,52						
Buyuk Hastane Bina Busbar	0,40 0,980 0,39 -1,76						
Buyuk Hastane Busbar	0,40 0,982 0,39 -1,80						
Buyuk Hastane Otopark Busbar	0,40 0,942 0,38 -1,47						
Buyuk Hastane Trafo Giris Busbar	36,00 0,999 35,96 0,02						
Cocuklar evi bina busbar	0,40 0,977 0,39 -1,84						
Cocuklar evi busbar	0,40 0,982 0,39 -1,88						
Comu Kok Busbar	36,00 1,000 36,00 0,00						
Deniz bilimleri busbar	0,40 0,971 0,39 -1,67						
Fen Edebiyat Busbar	0,40 0,980 0,39 -1,81						
Fen Edebiyat Dagitim Busbar	36,00 0,998 35,94 0,01						
Fen Edebiyat Fak. Busbar	0,40 0,967 0,39 -1,63						
Hastane Bolgesi Busbar	36,00 0,999 35,97 0,01						
Kadin Dogum Hastanesi Busbar	0,40 0,982 0,39 -1,81						
Kadin Dogum Bina Busbar	0,40 0,972 0,39 -1,66						
Kadin Dogum Hastane Otopark Busbar	0,40 0,946 0,38 -1,51						

Grid: 120% yukleme	System Stage: 120% yukleme				Study Case: Study Case			Annex: / 10	
rtd.V [kV]	Bus - voltage [p.u.]	[kV]	[deg]	-10	-5	Voltage - Deviation [%]			
						0	+5	+10	
Kadin Dogum Trafo Giriş Busbar	36,00	0,999	35,96	0,02					
Merkez Lab. Binasi busbar	0,40	0,958	0,38	-1,54					
Meslek Yuksek Okulu Bina Busbar	0,40	0,977	0,39	-1,80					
Meslek Yuksek Okulu Busbar	0,40	0,984	0,39	-1,86					
Meslek Yuksek Okulu Trafo Giriş Busbar	36,00	1,000	36,00	-0,00					
Muhendislik busbar	0,40	0,981	0,39	-1,82					
Muhendislik dekanlik busbar	0,40	0,970	0,39	-1,69					
Muhendislik dagıtım busbar	36,00	0,998	35,94	0,01					
OSEM Busbar	0,40	0,981	0,39	-1,79					
OSEM Dagıtım Busbar	36,00	0,999	35,96	0,02					
OSEM busbar	0,40	0,977	0,39	-1,74					
Rektörlük 1. Bina busbar	0,40	0,932	0,37	-1,23					
Rektörlük 2. Bina busbar	0,40	0,926	0,37	-1,14					
Saglık-yabancı diller busbar	0,40	0,971	0,39	-1,71					
Siyasal Bilimler Fak. Binasi busbar	0,40	0,963	0,39	-1,60					
Troya Kül. Mer. Bina busbar	0,40	0,953	0,38	-1,51					
Yabancı Diller Busbar	0,40	0,981	0,39	-1,83					
Ziraat Fakültesi Binasi busbar	0,40	0,974	0,39	-1,73					
bilgi islem busbar	0,40	0,938	0,38	-1,24					
camii busbar	0,40	0,975	0,39	-1,73					
dis hekimligi busbar	0,40	0,958	0,38	-1,55					
kutuphane ana bina busbar	0,40	0,946	0,38	-1,33					
kutuphane ek bina busbar									

Grid: 120% yukleme	System Stage: 120% yukleme				Study Case: Study Case			Annex: / 11	
rtd.V [kV]	Bus - voltage [p.u.]	[kV]	[deg]	-10	-5	Voltage - Deviation [%]			
						0	+5	+10	
	0,40	0,951	0,38	-1,40					
mimarlik-guzelsanatlar-iletisim busbar	0,40	0,950	0,38	-1,47					
muhendislik derslik busbar	0,40	0,964	0,39	-1,62					

		DigSILENT PowerFactory 2019 SP1	Project: Date: 25.05.2019
--	--	---------------------------------------	------------------------------

Load Flow Calculation				Complete System Report: Substations, Voltage Profiles, Grid Interchange			
AC Load Flow, balanced, positive sequence				Automatic Model Adaptation for Convergence			No
Automatic tap adjustment of transformers	No			Max. Acceptable Load Flow Error for			1,00 kVA
Consider reactive power limits	No			Nodes			0,10 %
				Model Equations			

Grid: 120% yukleme	System Stage: 120% yukleme					Study Case: Study Case			Annex: / 12	
Volt. Level [kV]	Generation [MW]/[Mvar]	Motor Load [MW]/[Mvar]	Load [MW]/[Mvar]	Compen-sation [MW]/[Mvar]	External Infeed [MW]/[Mvar]	Interchange to	Power Interchange [MW]/[Mvar]	Total Losses [MW]/[Mvar]	Load Losses [MW]/[Mvar]	No load Losses [MW]/[Mvar]
0,40	0,00 0,00	0,00 0,00	15,70 3,05	0,00 0,00	0,00 0,00	36,00 kV	-16,05 -3,05	0,35 -0,00 0,18 0,99	0,35 -0,00 0,16 0,58	0,00 0,00 0,01 0,41
36,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	16,25 4,04	0,40 kV	16,23 4,04	0,02 0,00 0,18 0,99	0,02 0,00 0,16 0,58	0,00 0,00 0,01 0,41
Total:	0,00 0,00	0,00 0,00	15,70 3,05	0,00 0,00	16,25 4,04		0,00 0,00	0,55 0,99	0,53 0,58	0,01 0,41

		DigSILENT PowerFactory 2019 SP1		Project: Date: 25.05.2019				
Load Flow Calculation				Complete System Report: Substations, Voltage Profiles, Grid Interchange				
AC Load Flow, balanced, positive sequence		Automatic Model Adaptation for Convergence		No				
Automatic tap adjustment of transformers		Max. Acceptable Load Flow Error for		1,00 kVA				
Consider reactive power limits		Nodes		0,10 %				
Model Equations								
Total System Summary			Study Case: Study Case		Annex: / 13			
Generation	Motor Load	Load	Compen- sation	External Infeed	Inter Area Flow	Total Losses	Load Losses	No load Losses
[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]
0,00	0,00	15,70	0,00	16,25	0,00	0,55	0,53	0,01
0,00	0,00	3,05	0,00	4,04	0,00	0,99	0,58	0,41
Total:								
0,00	0,00	15,70	0,00	16,25		0,55	0,53	0,01
0,00	0,00	3,05	0,00	4,04		0,99	0,58	0,41

Ek-4 : Senaryo 3 (150% Yükleme) DigSilent Powerfactory Program Çıktıları

		DigSILENT PowerFactory 2019 SP1		Project: Date: 25.05.2019		
Load Flow Calculation				Complete System Report: Substations, Voltage Profiles, Grid Interchange		
AC Load Flow, balanced, positive sequence		Automatic Model Adaptation for Convergence		No		
Automatic tap adjustment of transformers		Max. Acceptable Load Flow Error for		1,00 kVA		
Consider reactive power limits		Nodes		0,10 %		
Model Equations						
Grid: 150% yükleme			System Stage: 150% yükleme		Study Case: Study Case	
Annex: / 1						
rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.]	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current Loading [%]	Additional Data
0,40	0,94	0,37	-1,91			
Cub_2 /Lodlv	Besyo Ev sarj ist	0,22	0,03	0,99	0,34	
Cub_3 /Lodlv	Besyo Binasi	0,10	0,02	0,97	0,15	
Cub_1 /Lne	Besyo hattı	-0,31	-0,06	-0,98	0,49	Pv: 13,51 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,20 km
Total Load:		0,31	0,06			
Buyuk Hastane Bina Busbar						
0,40	0,98	0,39	-2,22			
Cub_2 /Lodlv	Büyük Hastane Bina	3,40	0,85	0,97	5,18	
Cub_1 /Lne	Büyük hastane bina	-3,40	-0,85	-0,97	5,18	Pv: 9,10 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,02 km
Buyuk Hastane Otopark Busbar						
0,40	0,98	0,39	-2,25			
Cub_1 /Tr2	Büyük Hastane Traf	-9,08	-1,63	-0,98	13,61	Tap: 0,00 Min: 0 Max: 0
Cub_2 /Lne	Büyük Hastane Otop	5,68	0,78	0,99	8,46	Pv: 231,01 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,20 km
Cub_3 /Lne	Büyük hastane bina	3,40	0,85	0,97	5,18	Pv: 9,10 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,02 km
Buyuk Hastane Otopark Busbar						
0,40	0,94	0,38	-1,93			
Cub_2 /Lodlv	Büyük Hastane EV Ş	5,45	0,78	0,99	8,46	
Cub_1 /Lne	Büyük Hastane Otop	-5,45	-0,78	-0,99	8,46	Pv: 231,01 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,20 km
Buyuk Hastane Trafo						
36,00	1,00	35,95	0,02			
Cub_1 /Lne	Büyük hastane hattı	-9,20	-2,22	-0,97	0,15	Pv: 1,46 kW cLod: -0,00 Mvar L: 0,05 km
Cub_2 /Tr2	Büyük Hastane Traf	9,20	2,22	0,97	0,15	Tap: 0,00 Min: 0 Max: 0

Grid: 150% yukleme		System Stage: 150% yukleme		Study Case: Study Case				Annex: / 2	
rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.] [kV] [deg]	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current [kA]	Loading [%]	Additional Data		
Cocuklar evi bina busbar									
0,40	0,97	0,39	-2,30						
Cub_2 /Lodlv	Cocuklar evi ev sa	0,72	0,10	0,99	1,08				
Cub_3 /Lodlv	Cocuklar evi ev bi	0,19	0,05	0,97	0,30				
Cub_1 /Lne	Cocuklar Evi Bina	-0,91	-0,15	-0,99	1,37	69,30	Pv:	4,20 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,02 km
	Total Load:	0,91	0,15						
Cocuklar evi busbar									
0,40	0,98	0,39	-2,34						
Cub_1 /Tr2	Cocuklar Evi Trafo	-0,92	-0,15	-0,99	1,37	151,57	Tap:	0,00	Min: 0 Max: 0
Cub_2 /Lne	Cocuklar Evi Bina	0,92	0,15	0,99	1,37	69,30	Pv:	4,20 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,02 km
Comu Kok Busbar									
36,00	1,00	36,00	0,00						
Cub_1 /Nhec	Canakkale Orta Ger	20,24	4,99	0,97	0,33		Sk*:	10000,00 MVA	
Cub_2 /Lne	Eski Meslek Yuksek	1,17	0,25	0,98	0,02	6,93	Pv:	0,00 kW	cLod: -0,00 Mvar L: 0,01 km
Cub_3 /Lne	Hastane Bolgesi Ha	12,84	3,09	0,97	0,21	76,76	Pv:	16,24 kW	cLod: -0,00 Mvar L: 0,30 km
Cub_4 /Lne	OSEM Dagitim Hatti	6,23	1,55	0,97	0,10	37,29	Pv:	9,58 kW	cLod: -0,00 Mvar L: 0,75 km
Deniz bilimleri busbar									
0,40	0,96	0,39	-2,09						
Cub_2 /Lodlv	Deniz bilimleri ev	0,09	0,01	0,99	0,13				
Cub_3 /Lodlv	Deniz bilimleri bi	0,08	0,02	0,97	0,12				
Cub_1 /Lne	Deniz bilimleri ha	-0,16	-0,03	-0,98	0,25	63,49	Pv:	2,47 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,07 km
	Total Load:	0,16	0,03						
Fen Edebiyat Busbar									
0,40	0,98	0,39	-2,26						
Cub_1 /Tr2	Fen Edebiyat Trafo	-1,78	-0,35	-0,98	2,68	149,12	Tap:	0,00	Min: 0 Max: 0
Cub_2 /Lne	Fen Edebiyat Fak.	0,53	0,12	0,98	0,80	67,15	Pv:	8,29 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,07 km
Cub_3 /Lne	Rektörlük 1. Bina	0,24	0,04	0,98	0,35	44,80	Pv:	8,43 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,24 km
Cub_4 /Lne	Rektörlük 2. Bina	0,26	0,05	0,98	0,39	49,74	Pv:	9,96 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,23 km
Cub_5 /Lne	Ziraat Fakültesi B	0,26	0,05	0,98	0,39	48,86	Pv:	2,09 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,05 km
Cub_6 /Lne	Merkez Lab Bina Ha	0,17	0,03	0,98	0,25	62,80	Pv:	5,52 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,16 km
Cub_7 /Lne	Troya Kül. Mer. Bi	0,14	0,02	0,99	0,21	53,29	Pv:	4,97 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,20 km
Cub_8 /Lne	Siyasal Bilimler F	0,19	0,04	0,98	0,28	71,75	Pv:	4,50 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,10 km

Grid: 150% yukleme		System Stage: 150% yukleme		Study Case: Study Case				Annex: / 3	
rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.] [kV] [deg]	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current [kA]	Loading [%]	Additional Data		
Fen Edebiyat Dagitim Busbar									
36,00	1,00	35,92	0,01						
Cub_1 /Lne	OSEM-Fen Edebiyat	-5,06	-1,25	-0,97	0,08	37,07	Pv:	3,12 kW	cLod: -0,00 Mvar L: 0,20 km
Cub_2 /Lne	Cocuklar Evi Hatti	0,93	0,21	0,98	0,02	2,26	Pv:	0,01 kW	cLod: -0,00 Mvar L: 0,10 km
Cub_3 /Tr2	Fen Edebiyat Trafo	1,80	0,47	0,97	0,03	149,12	Tap:	0,00	Min: 0 Max: 0
Cub_4 /Lne	Mühendislik hatti	2,33	0,57	0,97	0,04	5,69	Pv:	0,26 kW	cLod: -0,00 Mvar L: 0,30 km
Fen Edebiyat Fak. Busbar									
0,40	0,96	0,38	-2,06						
Cub_2 /Lodlv	Fen edebiyat ev sa	0,13	0,02	0,99	0,20				
Cub_3 /Lodlv	Fen Edebiyat Fak.	0,39	0,10	0,97	0,60				
Cub_1 /Lne	Fen Edebiyat Fak.	-0,52	-0,12	-0,98	0,80	67,15	Pv:	8,29 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,07 km
	Total Load:	0,52	0,12						
Hastane Bolgesi Busbar									
36,00	1,00	35,96	0,02						
Cub_1 /Lne	Hastane Bolgesi Ha	-12,63	-3,09	-0,97	0,21	76,76	Pv:	16,24 kW	cLod: -0,00 Mvar L: 0,30 km
Cub_2 /Lne	Kadin dogum Hastan	3,63	0,87	0,97	0,06	21,70	Pv:	1,30 kW	cLod: -0,00 Mvar L: 0,30 km
Cub_3 /Lne	Buyuk hastane hatt	9,20	2,22	0,97	0,15	55,07	Pv:	1,46 kW	cLod: -0,00 Mvar L: 0,05 km
Kadin Dogum Hastanesi Busbar									
0,40	0,98	0,39	-2,28						
Cub_1 /Tr2	Kadin Dogum Hastan	-3,58	-0,64	-0,98	5,36	149,36	Tap:	0,00	Min: 0 Max: 0
Cub_2 /Lne	Kadin Dogum Hastan	2,20	0,30	0,99	3,28	78,79	Pv:	91,48 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,20 km
Cub_3 /Lne	Kadin Dogum Hastan	1,37	0,34	0,97	2,09	40,08	Pv:	14,79 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,10 km
Kadin Dogum Bina Busbar									
0,40	0,97	0,39	-2,13						
Cub_2 /Lodlv	Kadin Dogum Hastan	1,36	0,34	0,97	2,09				
Cub_1 /Lne	Kadin Dogum Hastan	-1,36	-0,34	-0,97	2,09	40,08	Pv:	14,79 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,10 km
Kadin Dogum Hastane Otopark Busbar									
0,40	0,94	0,38	-1,94						
Cub_2 /Lodlv	Kadin Dogum Hastan	2,11	0,30	0,99	3,28	78,79	Pv:	91,48 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,20 km
Cub_1 /Lne	Kadin Dogum Hastan	-2,11	-0,30	-0,99	3,28	78,79	Pv:	91,48 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,20 km
Kadin Dogum Trafo Giriş Busbar									
36,00	1,00	35,94	0,02						
Cub_1 /Lne	Kadin dogum Hastan	-3,62	-0,87	-0,97	0,06	21,70	Pv:	1,30 kW	cLod: -0,00 Mvar L: 0,30 km
Cub_2 /Tr2	Kadin Dogum Hastan	3,62	0,87	0,97	0,06	149,36	Tap:	0,00	Min: 0 Max: 0

Grid: 150% yukleme		System Stage: 150% yukleme		Study Case: Study Case		Annex: / 4	
rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.] [kV] [deg]	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current [kA]	Loading [%]	Additional Data
Merkez Lab. Binasi busbar							
0,40	0,94	0,38	-1,90				
Cub_2 /Lodlv	Merkez Lab. EV Sar	0,09	0,01	0,99	0,13		
Cub_3 /Lodlv	Merkez Lab. Binasi	0,07	0,02	0,97	0,11		
Cub_1 /Lne	Merkez Lab Bina Ha	-0,16	-0,03	-0,98	0,25	62,80	Fv: 5,52 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,16 km
Total							
Load:		0,16	0,03				
Meslek Yuksek Okulu Bina Busbar							
0,40	0,97	0,39	-2,25				
Cub_2 /Lodlv	Meslek Yuksek Okul	1,05	0,15	0,99	1,57		
Cub_3 /Lodlv	Meslek Yuksek Okul	0,10	0,02	0,97	0,15		
Cub_1 /Lne	Meslek Yuksek Okul	-1,14	-0,17	-0,99	1,71	72,11	Fv: 8,19 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,03 km
Total							
Load:		1,14	0,17				
Meslek Yuksek Okulu Busbar							
0,40	0,98	0,39	-2,32				
Cub_1 /Tr2	Eski Meslek Yuksek	-1,15	-0,17	-0,99	1,71	149,00	Tap: 0,00 Min: 0 Max: 0
Cub_2 /Lne	Meslek Yuksek Okul	1,15	0,17	0,99	1,71	72,11	Fv: 8,19 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,03 km
Meslek Yuksek Okulu Trafo Giriş Busbar							
36,00	1,00	36,00	-0,00				
Cub_1 /Tr2	Eski Meslek Yuksek	1,17	0,25	0,98	0,02	149,00	Tap: 0,00 Min: 0 Max: 0
Cub_2 /Lne	Eski Meslek Yuksek	-1,17	-0,25	-0,98	0,02	6,93	Fv: 0,00 kW cLod: -0,00 Mvar L: 0,01 km
Muhendislik busbar							
0,40	0,98	0,39	-2,29				
Cub_1 /Tr2	Muhendislik Trafo	-1,15	-0,21	-0,98	1,72	149,71	Tap: 0,00 Min: 0 Max: 0
Cub_2 /Lne	Muhendislik dekanl	0,42	0,08	0,98	0,63	73,34	Fv: 5,50 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,05 km
Cub_3 /Lne	Muhendislik dersli	0,37	0,07	0,98	0,56	65,27	Fv: 8,71 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,10 km
Cub_4 /Lne	Dis hekimligi hatt	0,36	0,06	0,98	0,53	62,38	Fv: 11,93 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,15 km
Muhendislik dekanlik busbar							
0,40	0,96	0,39	-2,15				
Cub_2 /Lodlv	Muhendislik dekanl	0,22	0,03	0,99	0,33		
Cub_3 /Lodlv	Muhendislik Dekanl	0,19	0,05	0,97	0,30		
Cub_1 /Lne	Muhendislik dekanl	-0,41	-0,08	-0,98	0,63	73,34	Fv: 5,50 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,05 km
Total							
Load:		0,41	0,08				

Grid: 150% yukleme		System Stage: 150% yukleme		Study Case: Study Case		Annex: / 5	
rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.] [kV] [deg]	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current [kA]	Loading [%]	Additional Data
Muhendislik dagıtım busbar							
36,00	1,00	35,92	0,01				
Cub_1 /Lne	Muhendislik hattı	-2,33	-0,57	-0,97	0,04	5,69	Fv: 0,26 kW cLod: -0,00 Mvar L: 0,30 km
Cub_2 /Lne	Yabancı diller tra	1,17	0,29	0,97	0,02	8,57	Fv: 0,08 kW cLod: -0,00 Mvar L: 0,10 km
Cub_3 /Tr2	Muhendislik Trafo	1,16	0,28	0,97	0,02	149,71	Tap: 0,00 Min: 0 Max: 0
OSEM Busbar							
0,40	0,98	0,39	-2,25				
Cub_1 /Tr2	OSEM Trafosu	-1,14	-0,22	-0,98	1,71	149,17	Tap: 0,00 Min: 0 Max: 0
Cub_2 /Lne	Deniz bilimleri ha	0,17	0,03	0,98	0,25	63,49	Fv: 2,47 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,07 km
Cub_3 /Lne	Kutuphane Ana Bina	0,24	0,05	0,98	0,36	45,32	Fv: 5,39 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,15 km
Cub_4 /Lne	Kutuphane ek bina	0,21	0,04	0,98	0,32	40,46	Fv: 4,30 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,15 km
Cub_5 /Lne	OSEM bina hattı	0,23	0,05	0,98	0,35	78,56	Fv: 1,10 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,02 km
Cub_6 /Lne	Bilgi islem-turizm	0,20	0,04	0,98	0,29	74,49	Fv: 12,14 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,25 km
Cub_7 /Lne	Cami hattı	0,09	0,02	0,99	0,14	38,46	Fv: 0,76 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,06 km
OSEM Dagıtım Busbar							
36,00	1,00	35,95	0,02				
Cub_1 /Lne	OSEM Dagıtım Hattı	-6,22	-1,55	-0,97	0,10	37,29	Fv: 9,58 kW cLod: -0,00 Mvar L: 0,75 km
Cub_2 /Tr2	OSEM Trafosu	1,15	0,30	0,97	0,02	149,17	Tap: 0,00 Min: 0 Max: 0
Cub_3 /Lne	OSEM-Fen Edebiyat	5,06	1,25	0,97	0,08	37,07	Fv: 3,12 kW cLod: -0,00 Mvar L: 0,20 km
OSEM busbar							
0,40	0,97	0,39	-2,19				
Cub_2 /Lodlv	OSEM ev sarj ist.	0,09	0,01	0,99	0,13		
Cub_3 /Lodlv	OSEM Binasi	0,15	0,04	0,97	0,22		
Cub_1 /Lne	OSEM bina hattı	-0,23	-0,05	-0,98	0,35	78,56	Fv: 1,10 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,02 km
Total							
Load:		0,23	0,05				
Rektörlük 1. Bina busbar							
0,40	0,94	0,38	-1,88				
Cub_2 /Lodlv	Rektörlük 1. Bina	0,13	0,02	0,99	0,20		
Cub_3 /Lodlv	Rektörlük 1. Bina	0,10	0,02	0,97	0,15		
Cub_1 /Lne	Rektörlük 1. Bina	-0,23	-0,04	-0,98	0,35	44,80	Fv: 8,43 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,24 km
Total							
Load:		0,23	0,04				

Grid: 150% yukleme		System Stage: 150% yukleme		Study Case: Study Case				Annex: / 6	
rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.] [kV] [deg]	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current [kA]	Loading [%]	Additional Data		
Rektörlük 2. Bina busbar									
0,40	0,94 0,38 -1,85								
Cub_2 /Lodlv	Rektörlük 2. Bina	0,13	0,02	0,99	0,20				
Cub_3 /Lodlv	Rektörlük 2. Bina	0,12	0,03	0,97	0,19				
Cub_1 /Line	Rektörlük 2. Bina	-0,25	-0,05	-0,98	0,39	49,74	Pv:	9,96 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,23 km
	Total Load:	0,25	0,05						
Sağlık-yabancı diller busbar									
0,40	0,96 0,39 -2,17								
Cub_2 /Lodlv	Sağlık-yabancı dil	0,22	0,03	0,99	0,33				
Cub_3 /Lodlv	Sağlık bilimleri f	0,09	0,02	0,97	0,13				
Cub_4 /Lodlv	Yabancı diller fak	0,10	0,02	0,97	0,15				
Cub_1 /Line	Sağlık-yabancı dil	-0,40	-0,08	-0,98	0,61	77,38	Pv:	5,24 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,05 km
	Total Load:	0,40	0,08						
Siyasal Bilimler Fak. Binası busbar									
0,40	0,95 0,38 -1,99								
Cub_2 /Lodlv	Siyasal Bilimler E	0,09	0,01	0,99	0,13				
Cub_3 /Lodlv	Siyasal Bilimler F	0,10	0,02	0,97	0,15				
Cub_1 /Line	Siyasal Bilimler F	-0,18	-0,04	-0,98	0,28	71,75	Pv:	4,50 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,10 km
	Total Load:	0,16	0,04						
Troya Kül. Mer. Bina busbar									
0,40	0,94 0,38 -1,90								
Cub_2 /Lodlv	Troya Kültür EV Sa	0,09	0,01	0,99	0,13				
Cub_3 /Lodlv	Troya Kül. Mer. Bi	0,05	0,01	0,97	0,08				
Cub_1 /Line	Troya Kül. Mer. Bi	-0,14	-0,02	-0,98	0,21	53,29	Pv:	4,97 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,20 km
	Total Load:	0,14	0,02						
Yabancı Diller Busbar									
0,40	0,98 0,39 -2,31								
Cub_1 /Tr2	Yabancı Diller Tra	-1,15	-0,21	-0,98	1,73	150,89	Tap:	0,00	Min: 0 Max: 0
Cub_2 /Line	Sağlık-yabancı dil	0,41	0,08	0,98	0,61	77,38	Pv:	5,24 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,05 km
Cub_3 /Line	Besyo hattı	0,33	0,06	0,99	0,49	62,14	Pv:	13,51 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,20 km
Cub_4 /Line	guzel sanatlar-mim	0,42	0,08	0,98	0,63	79,45	Pv:	16,57 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,15 km

Grid: 150% yukleme		System Stage: 150% yukleme		Study Case: Study Case				Annex: / 7	
rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.] [kV] [deg]	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current [kA]	Loading [%]	Additional Data		
Ziraat Fakültesi Binası busbar									
0,40	0,97 0,39 -2,16								
Cub_2 /Lodlv	Ziraat Fak. EV Sar	0,11	0,02	0,99	0,16				
Cub_3 /Lodlv	Ziraat Fakültesi B	0,15	0,04	0,97	0,22				
Cub_1 /Line	Ziraat Fakültesi B	-0,25	-0,05	-0,98	0,39	48,86	Pv:	2,09 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,05 km
	Total Load:	0,25	0,05						
bilgi işlem busbar									
0,40	0,92 0,37 -1,57								
Cub_2 /Lodlv	Bilgi işlem-turizm	0,09	0,01	0,99	0,14				
Cub_3 /Lodlv	Bilgi işlem-turizm	0,10	0,02	0,97	0,16				
Cub_1 /Line	Bilgi işlem-turizm	-0,18	-0,04	-0,98	0,29	74,49	Pv:	12,14 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,25 km
	Total Load:	0,18	0,04						
cami busbar									
0,40	0,97 0,39 -2,17								
Cub_2 /Lodlv	Cami ev sarj ist	0,07	0,01	0,99	0,10				
Cub_3 /Lodlv	Cami binası	0,02	0,01	0,97	0,04				
Cub_1 /Line	Cami hattı	-0,09	-0,02	-0,99	0,14	38,46	Pv:	0,76 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,06 km
	Total Load:	0,09	0,02						
dis hekimligi busbar									
0,40	0,94 0,38 -1,95								
Cub_2 /Lodlv	Dis Hekimligi EV S	0,22	0,03	0,99	0,34				
Cub_3 /Lodlv	Dis Hekimligi Ders	0,13	0,03	0,97	0,20				
Cub_1 /Line	Dis hekimligi hatt	-0,34	-0,06	-0,98	0,53	62,38	Pv:	11,93 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,15 km
	Total Load:	0,34	0,06						
kutuphane ana bina busbar									
0,40	0,96 0,38 -1,99								
Cub_2 /Lodlv	Kutuphane ana bina	0,09	0,01	0,99	0,13				
Cub_3 /Lodlv	Kutuphane ana bina	0,15	0,04	0,97	0,23				
Cub_1 /Line	Kutuphane Ana Bina	-0,23	-0,05	-0,98	0,36	45,32	Pv:	5,39 kW	cLod: 0,00 Mvar L: 0,15 km
	Total Load:	0,23	0,05						

Grid: 150% yukleme		System Stage: 150% yukleme		Study Case: Study Case		Annex: / 8	
rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.] [kV] [deg]	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current [kA]	Loading [%]	Additional Data
kutuphane ek bina busbar							
0,40	0,96	0,38	-2,02				
Cub_2 /Lodlv	Kutuphane ek bina	0,09	0,01	0,99	0,13		
Cub_3 /Lodlv	Kutuphane ek bina	0,12	0,03	0,97	0,19		
Cub_1 /Line	Kutuphane ek bina	-0,21	-0,04	-0,98	0,32	40,46	Fv: 4,30 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,15 km
	Total Load:	0,21	0,04				
mimarlik-guzelsanatlar-iletisim busbar							
0,40	0,94	0,38	-1,89				
Cub_2 /Lodlv	guzel sanatlar-mim	0,22	0,03	0,99	0,34		
Cub_3 /Lodlv	guzel sanatlar fak	0,09	0,02	0,97	0,14		
Cub_4 /Lodlv	iletisim fakultesi	0,05	0,01	0,97	0,08		
Cub_5 /Lodlv	mimarlik tasarim f	0,05	0,01	0,97	0,08		
Cub_1 /Line	guzel sanatlar-mim	-0,40	-0,08	-0,98	0,63	79,45	Fv: 16,57 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,15 km
	Total Load:	0,40	0,08				
muhendislik derslik busbar							
0,40	0,95	0,38	-2,05				
Cub_2 /Lodlv	Muhendislik Dersli	0,22	0,03	0,99	0,33		
Cub_3 /Lodlv	Muhendislik Dersli	0,15	0,04	0,97	0,23		
Cub_1 /Line	Muhendislik dersli	-0,36	-0,07	-0,98	0,56	65,27	Fv: 8,71 kW cLod: 0,00 Mvar L: 0,10 km
	Total Load:	0,36	0,07				

		DigSILENT PowerFactory 2019 SP1	Project: Date: 25.05.2019
--	--	---------------------------------	------------------------------

Load Flow Calculation		Complete System Report: Substations, Voltage Profiles, Grid Interchange	
AC Load Flow, balanced, positive sequence	No	Automatic Model Adaptation for Convergence	No
Automatic tap adjustment of transformers	No	Max. Acceptable Load Flow Error for Nodes	1,00 kVA
Consider reactive power limits	No	Model Equations	0,10 %

Grid: 150% yukleme		System Stage: 150% yukleme		Study Case: Study Case		Annex: / 9	
rtd.V [kV]	Bus - voltage [p.u.] [kV] [deg]	-10	-5	Voltage - Deviation [%]		0	+10
Besyo busbar							
0,40	0,937	0,37	-1,91				
Buyuk Hastane Bina Busbar							
0,40	0,976	0,39	-2,22				
Buyuk Hastane Busbar							
0,40	0,978	0,39	-2,25				
Buyuk Hastane Otopark Busbar							
0,40	0,939	0,38	-1,93				
Buyuk Hastane Trafo Giris Busbar							
36,00	0,999	35,95	0,02				
Cocuklar evi bina busbar							
0,40	0,973	0,39	-2,30				
Cocuklar evi busbar							
0,40	0,978	0,39	-2,34				
Comu Kok Busbar							
36,00	1,000	36,00	0,00				
Deniz bilimleri busbar							
0,40	0,963	0,39	-2,09				
Fen Edebiyat Busbar							
0,40	0,976	0,39	-2,26				
Fen Edebiyat Dagitim Busbar							
36,00	0,998	35,92	0,01				
Fen Edebiyat Fak. Busbar							
0,40	0,962	0,38	-2,06				
Hastane Bolgesi Busbar							
36,00	0,999	35,96	0,02				
Kadin Dogum Hastanesi Busbar							
0,40	0,978	0,39	-2,28				
Kadin Dogum Bina Busbar							
0,40	0,968	0,39	-2,13				
Kadin Dogum Hastane Otopark Busbar							
0,40	0,938	0,38	-1,94				

Grid: 150% yukleme		System Stage: 150% yukleme		Study Case: Study Case		Annex:		/ 10	
rtd.V [kV]	Bus - voltage		Voltage - Deviation [%]		-10	-5	0	+5	+10
	[p.u.]	[kV] [deg]							
Kadin Dogum Trafo Giriş Busbar	36,00	0,998	35,94	0,02					
Merkez Lab. Binasi busbar	0,40	0,945	0,38	-1,90					
Meslek Yuksek Okulu Bina Busbar	0,40	0,973	0,39	-2,25					
Meslek Yuksek Okulu Busbar	0,40	0,980	0,39	-2,32					
Meslek Yuksek Okulu Trafo Giriş Busbar	36,00	1,000	36,00	-0,00					
Muhendislik busbar	0,40	0,977	0,39	-2,29					
Muhendislik dekanlik busbar	0,40	0,964	0,39	-2,15					
Muhendislik dagıtım busbar	36,00	0,998	35,92	0,01					
OSEM Busbar	0,40	0,977	0,39	-2,25					
OSEM Dagıtım Busbar	36,00	0,999	35,95	0,02					
OSEM busbar	0,40	0,973	0,39	-2,19					
Rektörlük 1. Bina busbar	0,40	0,942	0,38	-1,88					
Rektörlük 2. Bina busbar	0,40	0,940	0,38	-1,85					
Saglik-yabancı diller busbar	0,40	0,964	0,39	-2,17					
Siyasal Bilimler Fak. Binasi busbar	0,40	0,954	0,38	-1,99					
Troya KUL. Mer. Bina busbar	0,40	0,943	0,38	-1,90					
Yabancı Diller Busbar	0,40	0,977	0,39	-2,31					
Ziraat Fakültesi Binasi busbar	0,40	0,969	0,39	-2,16					
bilgi islem busbar	0,40	0,919	0,37	-1,57					
camii busbar	0,40	0,969	0,39	-2,17					
dis hekimligi busbar	0,40	0,945	0,38	-1,95					
kutuphane ana bina busbar	0,40	0,956	0,38	-1,99					
kutuphane ek bina busbar									

Grid: 150% yukleme		System Stage: 150% yukleme		Study Case: Study Case		Annex:		/ 11	
rtd.V [kV]	Bus - voltage		Voltage - Deviation [%]		-10	-5	0	+5	+10
	[p.u.]	[kV] [deg]							
	0,40	0,958	0,38	-2,02					
mimarlik-guzelsanatlar-iletisim busbar	0,40	0,939	0,38	-1,89					
muhendislik derslik busbar	0,40	0,955	0,38	-2,05					

		DigSILENT PowerFactory 2019 SP1	Project: Date: 25.05.2019
--	--	---------------------------------------	------------------------------

Load Flow Calculation		Complete System Report: Substations, Voltage Profiles, Grid Interchange	
AC Load Flow, balanced, positive sequence	No	Automatic Model Adaptation for Convergence	No
Automatic tap adjustment of transformers	No	Max. Acceptable Load Flow Error for Nodes	1,00 kVA
Consider reactive power limits	No	Model Equations	0,10 %

Grid: 150% yukleme		System Stage: 150% yukleme		Study Case: Study Case		Annex:		/ 12		
Volt. Level	Generation	Motor Load	Load	Compen-sation	External Infeed	Interchange to	Power Interchange	Total Losses	Load Losses	No load Losses
[kV]	[MW]/[Mvar]	[MW]/[Mvar]	[MW]/[Mvar]	[MW]/[Mvar]	[MW]/[Mvar]		[MW]/[Mvar]	[MW]/[Mvar]	[MW]/[Mvar]	[MW]/[Mvar]
0,40	0,00 0,00	0,00 0,00	19,45 3,59	0,00 0,00	0,00 0,00	36,00 kV	-19,94 -3,59	0,49 0,27 1,30	0,49 0,25 0,89	0,00 0,00 0,01 0,41
36,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	20,24 4,89	0,40 kV	20,20 4,89	0,03 0,00 1,30	0,03 0,00 0,89	0,00 0,00 0,01 0,41
Total:	0,00 0,00	0,00 0,00	19,45 3,59	0,00 0,00	20,24 4,89		0,00 0,00	0,79 1,30	0,78 0,89	0,01 0,41

		DigSILENT PowerFactory 2019 SP1	Project: Date: 25.05.2019
--	--	---------------------------------------	------------------------------

Load Flow Calculation Complete System Report: Substations, Voltage Profiles, Grid Interchange

AC Load Flow, balanced, positive sequence	No	Automatic Model Adaptation for Convergence	No
Automatic tap adjustment of transformers	No	Max. Acceptable Load Flow Error for	1,00 kVA
Consider reactive power limits	No	Nodes	0,10 %
		Model Equations	

Total System Summary					Study Case: Study Case	Annex:	/ 13	
Generation	Motor Load	Load	Compen- sation	External Infeed	Inter Area Flow	Total Losses	Load Losses	No load Losses
[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]
\lenovo\150yukleme\Network Model\Network Data\150yukleme								
0,00	0,00	19,45	0,00	20,24	0,00	0,79	0,78	0,01
0,00	0,00	3,59	0,00	4,89	0,00	1,30	0,89	0,41
Total:								
0,00	0,00	19,45	0,00	20,24		0,79	0,78	0,01
0,00	0,00	3,59	0,00	4,89		1,30	0,89	0,41



ÖZGEÇMİŞ



Memduh Emrah ÖZCAN

Doğum Tarihi: 26.08.1989

Doğum Yeri : Çanakkale

Medeni Hali : Evli

Uyruğu : T.C.

Eğitim Bilgileri:

2017-Devam Ediyor	Yüksek Lisans / Marmara Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği
2009-2014	Lisans / Anadolu Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği
2004-2007	Lise / Çanakkale İbrahim Bodur Lisesi Sayısal-Fen Bilimleri
1996-2004	İlk-Orta Okul / Çanakkale Merkez İlkokulu

İş Tecrübeleri:

FORD-OTOSAN AR-GE (10.2014 – 11.2016)

- 2016 Model Yılı Ford-Cargo Projesi – Elektrik Tesisatları Mühendisi
- 2016 Model Yılı Ford-Cargo Projesi – Elektrik Sistemleri Mühendisi
- 2018 Model Yılı Ford-Transit Projesi – Elektrik Sistemleri Mühendisi

TÜBİTAK MARMARA ARAŞTIRMA MERKEZİ (11.2016 – 04.2018)

- Türkiye Yerli Elektrikli Araç Projesi – Elektrik Tesisatları Mühendisi
- Türkiye Yerli Elektrikli Araç Projesi – Elektrik-Elektronik Sistemleri Mühendisi
- Türkiye Milli Tren Projesi – Elektrik Tesisatları Mühendisi

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ (04.2018 – Devam Ediyor)

- Uzun Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü – Araştırma Görevlisi
- Astrofizik Araştırma Merkezi – Teknik ve Elektrik Sorumlusu

Yayınlar ve Bildiriler:

- Bildiri Yayını ve Sunumu – “Elektrikli araç mimarileri ve batarya teknolojilerinin değerlendirilmesi”, International Eurasian Conference on Science, Engineering and Technology (EurasianSciEnTech 2018), 22-23 Kasım, 2018 Ankara, TÜRKİYE
- Bildiri Yayını ve Sunumu – “Elektrikli araçların elektrik dağıtım şebekesi üzerine etkilerinin incelenmesi”, International Eurasian Conference on Science, Engineering and Technology (EurasianSciEnTech 2018), 22-23 Kasım, 2018 Ankara, TÜRKİYE