

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONU KONUMLARININ
BARTIN ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ DAĞITIM ŞEBEKESİ
ÜZERİNDEN İNCELENMESİ**

BEYTULLAH ZOROĞLU

KOCAELİ 2021

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONU KONUMLARININ
BARTIN ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ DAĞITIM ŞEBEKESİ
ÜZERİNDEN İNCELENMESİ

BEYTULLAH ZOROĞLU

Dr. Öğr. Üyesi Gül KURT
Danışman, Kocaeli Üniversitesi

Doç. Dr. Nuran YÖRÜKEREN
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Gürsu TEKDEMİR
Jüri Üyesi, Bursa Teknik Üniversitesi

Tezin Savunulduğu Tarih: 11.06.2021

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Dağıtım şebekesinin mevcut durumu analizi ile şarj istasyonu yerlerinin belirlenmesi ilk kurulum maliyetlerinin düşük olması açısından önem taşımaktadır. Halka açık şarj istasyonlarının kurulması bataryalı elektrikli araçlar için güvenilirliği olumlu yönde etkileyecek ve kullanımının artması için teşvik oluşturacaktır. Bu tez çalışmasında yüksek hızlı DC şarj istasyonlarının gerçek bir şebeke üzerinde hat ve trafo kapasiteleri baz alınarak konumlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Tez çalışmamın her aşamasında tüm desteğini sağlayan çok değerli tez danışmanım Sayın Dr. Öğretim Üyesi Gül KURT'a saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Tez verileri konusunda destek olan Bartın Organize Sanayi Bölgesi Elektrik Mühendisi Sayın Arif TEKE'ye teşekkür ederim. Tez çalışmam süresince benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşlarım Sayın Ayşe Tuğba YAPICI ve Sayın Büşra ÖZEN'e teşekkür ederim. Ayrıca maddi manevi tüm desteklerinden ötürü beni bugünlere getiren çok değerli aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Haziran-2021

Beytullah ZOROĞLU

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLolar DİZİNİ	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ÖZET.....	vii
ABSTRACT	viii
GİRİŞ	1
1. GENEL BİLGİLER	3
1.1. Tezin Kapsamı.....	3
1.2. Tezin Taslağı	3
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	5
3. ELEKTRİKLİ ARAÇLAR	8
3.1. Elektrikli Araçların Sınıflandırılması.....	8
3.1.1. Bataryalı elektrikli araç	9
3.1.2. Plug-in hibrit elektrikli araç	10
3.1.3. Hibrit elektrikli araç	11
3.2. Türkiye'deki Bataryalı Elektrikli Araçlar ve Özellikleri	12
3.2.1. TOGG milli elektrikli otomobil	12
3.2.2. Tesla model s elektrikli otomobil.....	13
3.2.3. Jaguar I-Pace elektrikli otomobil	14
3.2.4. Renault zoe elektrikli otomobil.....	15
3.2.5. Mini cooper SE elektrikli otomobil	16
3.2.6. BMW i3 elektrikli otomobil.....	17
3.3. Elektrikli Araç Şarj İstasyonları	18
3.3.1. Şarj cihazlarının donanımsal yapısı	19
3.3.1.1. Güç işleme ünitesi.....	19
3.3.1.2. Batarya enerji yönetim sistemi.....	20
3.3.2. Şarj istasyonu standartları	20
3.3.2.1. SAE j1772 standardı	20
3.3.2.2. IEC 61851 standardı	21
3.3.2.3. Chademo standardı	21
3.3.3. Şarj istasyonu seviyeleri	22
3.3.4. Şarj yöntemleri	23
3.3.4.1. Kablolu şarj yöntemi	23
3.3.4.2. Kablosuz şarj yöntemi	24
3.4. Batarya(Pil) Şarj Kontrol Yöntemleri	25
3.4.1. Sabit akımla şarj etme yöntemi	25
3.4.2. Sabit gerilimle şarj etme yöntemi	25
3.4.3. Sabit akım-sabit gerilimde şarj etme yöntemi	26
3.4.4. Darbeli şarj etme yöntemi	26
3.5. Li-ion Piller ve Şarj Karakteristikleri	26

4. DAĞITIM ŞEBEKESİNİN MODELLENMESİ VE SİMÜLASYON ÇALIŞMASI	28
4.1. DİgSILENT PowerFactory Simülasyon Programı	29
4.2. Bartın Organize Sanayi Bölgesi Elektrik Dağıtım Şebekesi Özellikleri.....	32
4.2.1. OSB dağıtım merkezleri	33
4.2.2. OSB dağıtım trafoları özellikleri.....	34
4.2.3. OSB dağıtım hatlarının özellikleri	35
4.3. Bartın Organize Sanayi Bölgesi Dağıtım Sistemi Tek Hat Modellemesi	46
4.4. Mevcut Dağıtım Şebekesi Yük Akış Analizi ve Yük Durumu	47
4.5. Senaryo 1 Trafoların %75 Yükleme Durumu için Şarj İstasyonu Kurulabilecek Yerler	56
4.6. Senaryo 2 Trafoların %100 Yükleme Durumu için Şarj İstasyonu Kurulabilecek Yerler	59
4.7. Senaryo 3 Trafo ve Hat Tahsis Edilerek Şarj İstasyonu Kurulabilecek Yerler.....	62
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	69
KAYNAKLAR	72
EKLER	77
KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER	91
ÖZGEÇMİŞ	92

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. BEA basit gösterimi.....	10
Şekil 3.2. PHEA basit gösterimi	11
Şekil 3.3. HEV basit gösterimi.....	12
Şekil 3.4. TOGG elektrikli otomobil	13
Şekil 3.5. Tesla model s elektrikli otomobil	14
Şekil 3.6. Jaguar I-Pace elektrikli otomobil.....	15
Şekil 3.7. Renault Zoe elektrikli otomobil.....	16
Şekil 3.8. Mini Cooper SE elektrikli otomobil	17
Şekil 3.9. BMW i3 elektrikli otomobil	18
Şekil 3.10. Elektrikli araç şarj yöntemleri.....	23
Şekil 3.11. Tipik Li-ion şarj özellikleri.....	26
Şekil 4.1. Bartın organize sanayi bölgesi yerleşim planı	32
Şekil 4.2. DM-1 dağıtım merkezi.....	33
Şekil 4.3. DM-7 dağıtım merkezi.....	34
Şekil 4.4. Bartın OSB tek hat ve mevcut yük durumu	46
Şekil 4.5. TEİAŞ çıkışı ve DM-7 çıkışı hatların yük akışı	47
Şekil 4.6. DM-6 çıkışı hatların ve trafoların yük akışı.....	48
Şekil 4.7. DM-5 çıkışı hatların ve trafoların yük akışı.....	49
Şekil 4.8. DM-4 çıkışı hatların ve trafoların yük akışı.....	50
Şekil 4.9. DM-3 çıkışı hatların ve trafoların yük akışı.....	51
Şekil 4.10. DM-2 çıkışı hatların ve trafoların yük akışı.....	52
Şekil 4.11. DM-1 çıkışı hatların ve trafoların yük akışı.....	53
Şekil 4.12. A Fabrikası trafolarının yük akışı	54
Şekil 4.13. Senaryo 1 DIgSILENT yük akış çıktısı	56
Şekil 4.14. Ana dağıtım hatları yük durumu	58
Şekil 4.15. DM-3 tek hattı üzerinde şarj istasyonu yüklerinin gösterimi.....	58
Şekil 4.16. Senaryo 2 DIgSILENT yük akış çıktısı	59
Şekil 4.17. Ana dağıtım hatları yük durumu	61
Şekil 4.18. DM-6 tek hattı üzerinde şarj istasyonu yüklerinin gösterimi.....	61
Şekil 4.19. Senaryo 3 DM şarj istasyonları tek hat şeması	62
Şekil 4.20. Senaryo 3 DIgSILENT yük akış çıktısı	64
Şekil 4.21. Ana dağıtım hatları yük durumu	68

TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1. SAE J1772 elektriksel büyüklükler	21
Tablo 3.2. IEC 61851 elektriksel büyüklükler	21
Tablo 3.3. CHAdeMO elektriksel büyüklükler	22
Tablo 4.1. 33/0.4kV trafo güç ve adet bilgileri	35
Tablo 4.2. OSB trafoları teknik özellikleri.....	35
Tablo 4.3. DM-7 giriş hatları teknik özellikleri	36
Tablo 4.4. DM-7 çıkış hatları teknik özellikleri.....	37
Tablo 4.5. DM-6 hatları teknik özellikleri	38
Tablo 4.6. DM-5 hatları teknik özellikleri	40
Tablo 4.7. DM-4 hatları teknik özellikleri	41
Tablo 4.8. DM-3 hatları teknik özellikleri	42
Tablo 4.9. DM-2 hatları teknik özellikleri	44
Tablo 4.10. DM-1 hatları teknik özellikleri	45
Tablo 4.11. TEİAŞ çıkışı ve DM-7 çıkışı hatların yük ve yüklenme durumu	47
Tablo 4.12. DM-6 çıkışı hatların ve trafoların yük ve yüklenme durumu	48
Tablo 4.13. DM-5 çıkışı hatların ve trafoların yük ve yüklenme durumu	49
Tablo 4.14. DM-4 çıkışı hatların ve trafoların yük ve yüklenme durumu	50
Tablo 4.15. DM-3 çıkışı hatların ve trafoların yük ve yüklenme durumu	51
Tablo 4.16. DM-2 çıkışı hatların ve trafoların yük ve yüklenme durumu	52
Tablo 4.17. DM-1 çıkışı hatların ve trafoların yük ve yüklenme durumu	53
Tablo 4.18. A Fabrikası trafolarının yük ve yüklenme durumu.....	54
Tablo 4.18. (Devam) A Fabrikası trafolarının yük ve yüklenme durumu	55
Tablo 4.19. Senaryo 1 şarj istasyonu kurulabilecek yerler ve şarj istasyonu sayısı.....	57
Tablo 4.20. Senaryo 2 şarj istasyonu kurulabilecek yerler ve şarj istasyonu sayısı.....	60
Tablo 4.21. Senaryo 3 şarj istasyonu kurulacak yerler ve şarj istasyonu sayısı.....	67

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Ah	: Amper saat
hp	: Beygir gücü
I_s	: Sabit akım,(A)
kW	: Kilowatt
km/h	: Kilometre/saat
Nm	: Newton metre
Pcu	: Bakır kayıpları
P	: Güç
Uk	: Kısa devre gerilimi
V	: Volt
V_n	: Sabit gerilim,(V)
τ_v, τ_i	: Zaman sabitleri
cosØ	: Güç faktörü

Kısaltmalar

AC	: Alternating Current (Alternatif Akım)
AR-GE	: Araştırma ve Geliştirme
BEA	: Bataryalı Elektrikli Araç
BEYS	: Batarya Enerji Yönetim Sistemi
CO2	: Karbondioksit
CHAdEMO	: Charge de Move
DC	: Direct Current(Doğru Akım)
DM	: Dağıtım Merkezi
EA	: Elektrikli Araç
GIÜ	: Güç İşleme Ünitesi
HEA	: Hibrit Elektrikli Araç
IEC	: International Electrotechnical Commission (Uluslararası Elektro Teknik Komisyonu)
Li-ion	: Lithium-ion(Lityum-iyon)
Mt	: Million tonnes(Milyon ton)
NEDC	: New European Driving Cycle(Yeni Avrupa Sürüş Döngüsü)
OG	: Orta Gerilim
OSB	: Organize Sanayi Bölgesi
PHEA	: Plug-in Hibrit Elektrikli Araç
R&D	: Research And Development(Araştırma ve Geliştirme)
SAE	: Society of Automotive Engineers(Otomotiv Mühendisleri Birliği)
SoC	: State of Charge(Şarj Durumu)
TEPCO	: Tokyo Electric Power Company(Tokyo Elektrik Enerji Şirketi)
THD	: Total Harmonic Distortion (TolamHarmonikDistorsiyon)
TOGG	: Türkiye'nin Otomobili Girişim Grubu
XLPE	: Cross-Linked Poly Ethylene (Orta Gerilim Kablosu)

ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONU KONUMLARININ BARTIN ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ DAĞITIM ŞEBEKESİ ÜZERİNDEN İNCELENMESİ

ÖZET

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de elektrikli araçlar geleceğin teknolojisi olarak görülmekte ve sayıları her geçen gün artmaktadır. Elektrikli araç sayısının arttığı ülkemizde buna bağlı olarak şarj istasyonu firmalarının da şarj istasyonu kurma çalışmaları devam etmektedir. Dağıtım şebekesinin mevcut durumu analizi ile şarj istasyonu yerlerinin belirlenmesi ilk kurulum maliyetlerinin düşük olması açısından önem taşımaktadır. Gelişen teknoloji ile beraber bataryalı elektrikli araçların menziline arttırmaya yönelik yapılan AR-GE çalışmaları sonrası 300-500km menzile sahip elektrikli araçlar üretilmiş ve Türkiye pazarına da girmiştir. Fakat yüksek menzil batarya gücünün artırılması ile sağlandığı için aynı zamanda başka bir dezavantajı da beraberinde getirerek mevcut şarj cihazları ile şarj süresinin uzamasına neden olmuştur. Buna çözüm olarak yüksek hızlı DC şarj istasyonlarının şebekeye entegre edilerek bu problemin ortadan kaldırılması hedeflenmiştir. Yüksek hızlı DC şarj istasyonları incelendiğinde 400kW güce sahip şarj istasyonları bulunmakta ve daha yüksek güce sahip istasyonların yapılması için çalışmaların olduğu bilinmektedir. Yüksek güce sahip şarj istasyonlarının şebekeye bağlanması yüksek akım taşıma kapasitesine sahip dağıtım şebekesi zorunluluğunu da beraberinde getirmektedir. Bu tez çalışmasında Bartın Organize Sanayi Bölgesi dağıtım şebekesi DİG SILENT Powerfactory programı üzerinden modellenmiş, şebeke kapasite değerleri doğrultusunda yüksek hızlı DC şarj istasyonu konumları ve bağlantı durumları 3 farklı senaryo üzerinden incelenmiştir. Senaryo 1’de mevcut trafoların %75, senaryo 2’de mevcut trafoların %100 yüklenme durumu için 100kW yüksek hızlı DC şarj istasyonu bağlantı durumu analiz edilmiştir. Senaryo 3’te ise yeni hat ve trafo tahsisi ile 200kW yüksek hızlı DC şarj istasyonlarının bağlantı durumu analiz edilmiştir. Bu çalışma ile önümüzdeki yıllarda sayıları artacak olan şarj istasyonlarının şebekeye bağlanması durumunda karşılaşılabilecek problemlerin ön görülmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bataryalı Elektrikli Araçlar, DC Şarj İstasyonları, Şarj İstasyonu Konumlarının Belirlenmesi.

INVESTIGATION OF ELECTRIC VEHICLE CHARGING STATION LOCATIONS ON BARTIN ORGANIZED INDUSTRIAL ZONE DISTRIBUTION NETWORK

ABSTRACT

Electric vehicles are seen as the technology of the future in our country as well as all over the world and their number is increasing day by day. In our country, where the number of electric vehicles is increasing, charging station companies are also continuing to establish charging stations. Analysis of the current state of the distribution network and determination of the charging station locations are important in terms of low initial installation costs. With the developing technology, after R&D studies to increase the range of battery-powered electric vehicles, electric vehicles with a range of 300-500 km were produced and entered the Turkish market. However, since the high range is provided by increasing the battery power, it also brings another disadvantage, causing the charging time to be prolonged with the existing chargers. As a solution to this, it is aimed to eliminate this problem by integrating high speed DC charging stations into the network. When high-speed DC charging stations are examined, there are charging stations with 400kW power and it is known that there are studies to build stations with higher power. The connection of charging stations with high power to the network brings the necessity of a distribution network with high current carrying capacity. In this thesis, Bartın Organized Industrial Zone distribution network was modeled over DIgSILENT Powerfactory program, and high-speed DC charging station locations and connection states in line with the network capacity values were examined over 3 different scenarios. 100kW high speed DC charging station connection status was analyzed for 75% of the existing transformers in Scenario 1 and 100% of the existing transformers in Scenario 2. In Scenario 3, the new line and transformer allocation and the connection status of 200kW high speed DC charging stations are analyzed. With this study, it is aimed to predict the problems that may be encountered in case of connecting the charging stations to the network, which will increase in number in the coming years.

Keywords: Battery Electric Vehicles, DC Charging Stations, Determining Charging Station Locations.

GİRİŞ

Küresel ısınma etkileri, yükselen petrol fiyatları ve doğal kaynakların tükenmesiyle birlikte, alternatif enerji kaynakları konusundaki yatırımlar önem kazanmakta ve enerji ihtiyacı dünya nüfusunun artmasıyla büyümektedir. Güneş ve rüzgar enerjisi gibi sürdürülebilir teknolojilere geçerek, enerji bağımsızlığına ulaşmak ve insan kaynaklı iklim değişikliğini stabilize etmek mümkündür. Küresel ısınmanın başlıca sorunu olan karbondioksit (CO₂) emisyonlarını azaltmaya yönelik çabalara başlamak için en iyi nokta, ulaşım verimliliğini artırmaktır[1].

Ulaştırma sektöründe emisyon tahminleri aşağıda listelenen alt kategorilerde yapılmaktadır:

- İç Havacılık (1.A.3.a)
- Karayolu Taşımacılığı (1.A.3.b)
- Demiryolları (1.A.3.c)
- Evsel Atık Kaynaklı Dönüşüm (1.A.3.d)
- Boru hattı (diğer ulaşım) (1.A.3.e.i)

Bu kategorideki emisyonlar 2018'de 1990'dakinden % 213,3 daha fazla yükselmiştir ve ortalama olarak emisyonlar yıllık % 7,4'ten daha fazla artmıştır. 2018 yılında ulaşım sektörü emisyonu 84,5 Mt CO₂ eşd. emisyon ölçülmüştür. Taşımacılık sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonlarının (CO₂ eşdeğeri olarak) toplam yakıt yakma içindeki payı 1990'da % 20 iken 2018'de % 23,1 olmuştur. Karayolu taşımacılığı, 2018'de ulaşım emisyonlarının % 93,4'üne katkıda bulunan başlıca CO₂ kaynağıdır. 2018'de yurt içi havacılığın katkısı % 4,4, evsel atık kaynaklı dönüşüm % 1,1, demiryolları % 0,5 ve boru hattı taşımacılığı % 0,6'dır [2].

Bu durumda, ulaşım elektrifikasyonu için kapsamlı bir Elektrikli Araç (EA) kullanımı ve elektrik üretimi için yenilenebilir enerji kaynaklarının benimsenmesi söz konusudur. Daha az karbon salınımı ve enerji tüketimi ile daha temiz bir ulaşım

yöntemi olan elektrikli araç, petrol yakıtlı araçların değiştirilmesi için uygun bir seçenek olarak görülmektedir. Güç elektroniği ve batarya teknolojisinin gelişmesiyle birlikte, ulaşımda milyonlarca EA kullanılması ve elektrik sistemine entegre edilmesi beklenmektedir. Bununla birlikte, yeterli şarj istasyonu altyapısının olmaması EA'ların başarılı bir şekilde konuşlandırılmasının önündeki kritik bir engeldir. Bunun yanı sıra EA'ların yoğun kullanımı, dağıtım ağında çeşitli zorluklar ortaya çıkaracaktır. Bu nedenle, bugün elektrikli araç şarjı için uygun şekilde planlanmış bir altyapı oluşturma ve aktif dağıtım ağı için yeni planlama yöntemleri geliştirme ihtiyacı giderek artmaktadır [3].

Şarj istasyonu altyapısı bir ülkenin EA kullanım oranını etkileyen hayati bir faktördür. EA'ların piyasaya sürülmesi, altyapı yatırımlarıyla olumlu bir şekilde ilişkilidir. EA'ların benimsenmesini olumsuz etkileyen en büyük endişelerden biri de, menzil kaygısıdır. Özellikle EA için, tek güç kaynaklarının elektrik olması ve belli bir menzil sınırına sahip olması nedeniyle şarj istasyonu altyapısı çok önemlidir. Bu nedenle, halka açık şarj istasyonlarına yatırım yapmak çok önemlidir [4].

1. GENEL BİLGİLER

Tezin giriş kısmında çalışmanın önemi ile ilgili kısaca bilgi verilmiştir. Bu kısımda tezin amacı ve diğer bölümler hakkında verilecek bilgilerden bahsedilecektir.

1.1. Tezin Amacı

Bu çalışmanın amacı; Türkiye’de yerli ve milli elektrikli aracımızın Türkiye'nin Otomobili Girişim Grubu(TOGG) 2022 yılında piyasaya çıkmasıyla ve elektrikli araç sayısının artmasıyla birlikte daha da çok önem kazanacak olan yüksek hızlı DC şarj istasyonlarının şebekeye entegrasyonunun gerçek bir şebeke üzerinden analiz edilmesidir. Mevcut dağıtım şebeke ağı ile bütün olarak düşünüldüğünde öncelikle şehirler arası otoyollarda ve şebekenin güçlü olduğu şehir içi hatlar üzerinde kurulacak olan yüksek hızlı DC şarj istasyonu noktalarının tespitine örnek olması açısından, Bartın Organize Sanayi Bölgesi dağıtım şebekesi modellenerek dağıtım şebekesi ve fabrikalarda bulunan güç trafolarının mevcut yük durumlarına bağlı olarak trafoların %75 ve %100 yüklenme durumlarında 100kW yüksek hızlı DC şarj istasyonlarının, yeni hat ve trafo tahsisi ile 200kW yüksek hızlı DC şarj istasyonlarının şebeke üzerinde konuşlandırılabilceği noktalar DIGSILENT PowerFactory programı ile modellenip analiz edilecektir.

1.2. Tezin Taslağı

EA şarj istasyonlarına ilişkin literatür incelemesi Bölüm 2’de anlatılmıştır.

EA'ların genel geçmişine ilişkin bilgiler Bölüm 3'de açıklanmıştır. Tarihsel geçmiş, teknik yönler, EA'ların sınıfları, Türkiye’de bulunan elektrikli araçların teknik özellikleri, EA batarya şarj kontrol yöntemleri, şarj seviyeleri, şarj istasyonu tipleri, şarj istasyonu standartları, lityum iyon batarya şarj karakteristiğinden bahsedilmiştir.

Bölüm 4, analiz için kullanılan programın tanıtılması ve sistem modelinin ve analizlerin tanımına odaklanmaktadır. OG dağıtım ağlarını, fabrika trafo yüklerini, EA şarj istasyonu ve diğer şebeke elemanlarını modelleyip yapılacak olan senaryolar, bu bölümde ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

Yük akışı simülasyonlarının metodolojisi, Bölüm 4'te elde edilen sonuçların sunumu ile açıklanmıştır. Newton Raphson tabanlı yük akışı simülasyonlarının detayları, raporlama metodolojisi , trafo ve hat aşırı yüklenmeleri ile ilgili pilot dağıtım ağı için tüm simülasyon sonuçları bu bölümde sunulmuştur.

Bölüm 5, elde edilen sonuçları, EA şarj istasyonlarının geleceği ve dağıtım şirketleri açısından önümüzdeki yıllardaki yaşanması muhtemel problemler üzerinden önerileri değerlendirmektedir.



2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Konvansiyonel yakıtların dünya rezervlerinin azalmaları, yakıt fiyatlarının artması sonucu ve gelişen teknoloji ile beraber elektrikli araçlar(EA) yeniden günümüzde üretilmeye başlanmış, enerjinin daha verimli depolanıp kullanılmasını sağlayan lityum iyon(li-ion) pillerle yüksek menzilli EA'lar ortaya çıkmıştır. EA'ların yüksek menzile sahip olması yüksek batarya kapasitesini de beraberinde getirmiştir. Bununla birlikte bataryanın kısa sürede şarj edilmesi için yüksek hızlı DC şarj istasyonlarının şebekeye entegre edilmesi ve şarj istasyonu merkezlerinin kurulması gerekmektedir. Konu ile ilgili olarak yayınlanan bilimsel çalışmalar ile ilgili incelenen araştırmalardan aşağıda bahsedilmiştir.

Likitha ve arkadaşları güç sistemine değişen sayıda elektrikli araç bağlandığında güç faktörü ve Toplam Harmonik Distorsiyonu (THD) dalgalanmalarını sabit güçlü santral, üç fazlı trafo, yük ve şarj istasyonlarından oluşan güç sistemi modeli Simulink'te (MATLAB) modellenmiş ve simüle edilmiştir. Burada temel yük ve pik yük koşulları altında güç sağlayan sabit elektrik santrali 200MVA, 13,8kV ve 50Hz'lik bir elektrik şebekesinde 5MVA ve 70MVA şarj istasyonu bağlantısı durumundaki bozunumlar analiz edilmiştir [5].

Geske ve arkadaşları Otto-von-Guericke Üniversitesi dağıtım şebekesi modellemesi ile 10kV orta gerilim hattı üzerine çok sayıda şarj istasyonu yerleştirerek okul otoparkında park edecek 20kW batarya gücüne sahip elektrikli araçların şarj sırasında çekilen güce bağlı olarak hat üzerinde oluşturacağı gerilim düşümü ve kayıplar simülasyon üzerinden analiz edilmiştir [6].

Shaarbaf ve Ghayeni 'nin yapmış olduğu çalışmada yüksek hızlı şarj istasyonu merkezinde en kısa bekleme süresi ve araç sahiplerinin ödediği düşük enerji bedelinin yanı sıra istasyon sahibine en yüksek kar sağlaması üzerine belirlenen hedefler doğrultusunda simülasyon yaparak analizlerde bulunmuşlardır[7].

Barzani ve arkadaşlarının yayınlamış oldukları makalede, elektrikli araç şarj istasyonunun en uygun şekilde yerleştirilmesi ve boyutlandırılması için bir yaklaşım sunulmaktadır. Önerilen yaklaşım, şehir içi yolları dikkate alır ve şarj istasyonu toplam maliyetini en aza indirmek için şarj istasyonlarının en uygun konumunu ve boyutunu bulur. Toplam maliyet, arazi, şarj tesisi ve elektrifikasyon maliyetinin yanı sıra elektrik şebekesi kaybı ve şarj nedeniyle ortaya çıkan kayıpları sunulan yaklaşımlarla analiz etmektedir [8].

Gallardo ve arkadaşları yayınladıkları makalede Kosta Rika'da hızlı şarj istasyonlarını dağıtım sistemi ölçeğinde konumlandırmak için metodoloji sunmaktadır. Metodoloji, hızlı şarj istasyonlarının metropol alanlarda tedarik edilmesini ve konumların teknik fizibilitesini gözden geçirirken uzak yerleri birbirine bağlayan rotalarda kullanılabilirliğini sağlamayı dikkate almaktadır [9].

Das ve arkadaşları yayınladıkları makalede elektrikli araç pazarının mevcut durumu, standartlar, şarj altyapısı ve elektrikli araç şarjının şebeke üzerindeki etkisinin kapsamlı bir incelemesi sunulmaktadır [10].

Shafad ve arkadaşları yayınladıkları bu makalede elektrikli araç şarj istasyonlarından kaynaklanan harmonik bozulmayı azaltmak için Simulink ile devreler tasarlayıp simüle ederek pasif filtre için uygun bir tasarım önermektedir [11].

Micari ve arkadaşları yayınladıkları makalede İtalyan karayolu ağı dikkate alınarak gerçek bir vaka çalışması üzerinde uygulama yapmışlardır. Bu makalede, elektrikli araçlar için gerekli sayıda şarj istasyonunu hesaplamak ve bir yol ağındaki konumlarını belirlemek için bir metodoloji önerilmektedir. Şehirlerdeki elektrikli araç sayısı ve buna bağlı oluşacak talep ile kara yolu üzerinde şarj istasyonlarının konumlandırılması üzerine çalışma yapmışlardır [12].

Lam ve arkadaşları yayınladıkları makalede, şarj istasyonu yerleşimi için teknolojik faktörlerden çok insan faktörlerine odaklanarak şehrin herhangi bir yerinde sürüş kapasitesi dahilinde bir şarj istasyonuna her zaman erişebilmesi amacıyla şarj istasyonu kapsama alanına ve sürücülerin rahatlığına dayalı bir optimizasyon modeli ile formülize etmişlerdir [13].

Lee ve Han yayınlamış oldukları makalede Texas otoyolu üzerinde şarj istasyonları için en uygun yerleri belirlemek adına yeni bir optimizasyon yaklaşımı üzerine çalışma yapmışlardır [14].

Amoli ve arkadaşları yayınlamış oldukları makalede, hızlı şarj istasyonlarının bir kamu hizmeti şirketindeki dört gerçek konumdaki etkisini belirlemek için güç akışı, kısa devre, koruma ve geçici çalışmaların sonuçlarını sunmaktadırlar [15].



3. ELEKTRİKLİ ARAÇLAR

Carl Benz'in 1886'da ilk gazla çalışan otomobil için patent başvurusunda bulunmasından yıllar önce, ilk Elektrikli Araç (EA) 1834'te geliştirilmiştir [16]. 20. yüzyılın başında bile, sonunda hangi teknolojilerin hakim olacağı henüz belli değildir [17]. Bununla birlikte, benzinli motorun hızlı gelişimi ve elektrikli otomobilin sınırlı pil kapasitesi nedeniyle 1930'da neredeyse tamamen piyasadan çıkarılmıştır. 1970'lerdeki petrol krizinin bir sonucu olarak, EA yeniden piyasaya çıkmış bulunmaktadır [18]. Sınırlı petrol kaynakları ve ulaşım sektöründen kaynaklanan emisyonların azaltılmasına yönelik artan ilgi nedeniyle, EA o zamandan beri önemini yeniden kazanmıştır. Bugün birçok politikacı EA teknolojisini geleceğin teknolojisi olarak görmektedir. Dünya motorlu araçlar üretiminde %30'luk pay ile lider konumda olan ve 2016'da 352 bin adetlik satış rakamıyla en önemli elektrikli araç pazarı haline gelen Çin, ülkede yıllık 30 bin adedin üzerinde üretim yapan tüm otomotiv üreticilerine 2019 yılından itibaren üretimlerinin en az %10'unu elektrikli araçlara ayırma zorunluluğu getirmiştir. Çin'in getirdiği bu yeni düzenlemenin sektörün büyük oyuncularını elektrikli araç segmentinde daha agresif bir şekilde tavr almaya zorlayacağı tahmin edilmektedir. Türkiye'nin de ana ihracat pazarı olan Avrupa'da ise, İngiltere ve Fransa 2040, Hollanda 2025 yılı itibarıyla tüm benzinli ve dizel araçların satışının yasaklanmasını onaylamış durumdadır. Ayrıca Avusturya, Danimarka, İrlanda ve Portekiz gibi birçok ülke elektrikli araçlara yönelik çeşitli ara hedefler belirlemişlerdir. Bu ülkelerde sıkı emisyon kontrolleri ve şehir merkezlerine girişlerin sınırlandırılması uygulamalarının yanı sıra, elektrikli araçlar için farklılaştırılmış vergi ve harç politikaları yürürlüğe konmuştur [19].

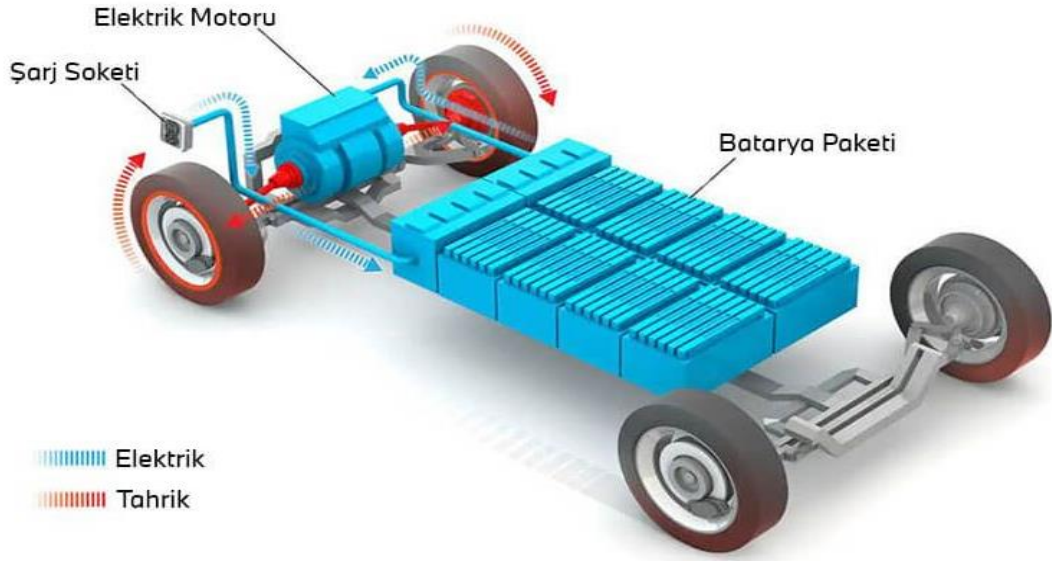
3.1. Elektrikli Araçların Sınıflandırılması

Bugünün elektrikli araçları için, üç tür araba arasında bir ayırım yapılması gerekmektedir.

3.1.1. Bataryalı elektrikli araç

Motorları sadece akülerinden elektrikle beslenen araçlara Bataryalı Elektrikli Araç (BEA) denir. BEA sürücüleri için, boş bir akü nedeniyle durmayı önlemek adına iyi geliştirilmiş bir şarj altyapısı çok önemlidir [20].

Bir elektrikli otomobil nasıl çalışır? Yanmalı motorun aksine elektrikli otomobil, motoru çalıştırmak için yakıtın yanmasına ihtiyaç duymak yerine bataryadan aldığı elektriği kullanır. Bataryanın kapasitesi, bu tip bir elektrikli otomobilin menziline, yani tek bir batarya şarjıyla gidebileceği mesafeyi belirler. Tamamen elektrikli (BEA) bir otomobil yalnızca elektrikle çalışmasıyla öne çıkar. Yanmalı motoru yoktur, dolayısıyla lokal olarak emisyon üretmez. Bu nedenle, elektrikli otomobiller tamamen çevre dostudur. Buradaki soruna gelirsek, karşımıza birçok sürücünün menzil konusunda endişelenmesi konusu çıkıyor ki bu aslında kullanım açısından bakıldığında pek dayanağı olmayan bir endişedir. Bugün çoğu BEA, 280km'den daha fazla menzile sahip ve sürücüler otomobillerini günde ortalama 100km'den daha az kullanıyor. Günde 100km'yi geçme endişesine sahip olan sürücüler menzil artırıcı kullanabilir. Şarjı bitmek üzere olduğunda bataryayı özel olarak elektrikle besleyen, benzinle çalışan jeneratörlere menzil artırıcı deniyor. Bir BEA'daysa bu jeneratörün, otomobile doğrudan güç sağlamasından söz edemeyiz çünkü sağlasaydı bu bir hibrit otomobil olurdu. BEA'lar bataryalarını evde veya işte şarj edebilenler için idealdir. Günümüzde, özellikle metro alanlarında ve otoyollarda giderek daha fazla sayıda ev-dışı şarj istasyonu açılıyor. Türkiye'de de şarj istasyonu sayısı son yıllarda oldukça arttı. Bu nedenle, gelecekte BEA'lar ile uzun mesafeli yolculuklar yapmanın daha kolay olacağı düşünülmektedir [40].



Şekil 3.1. BEA basit gösterimi [40]

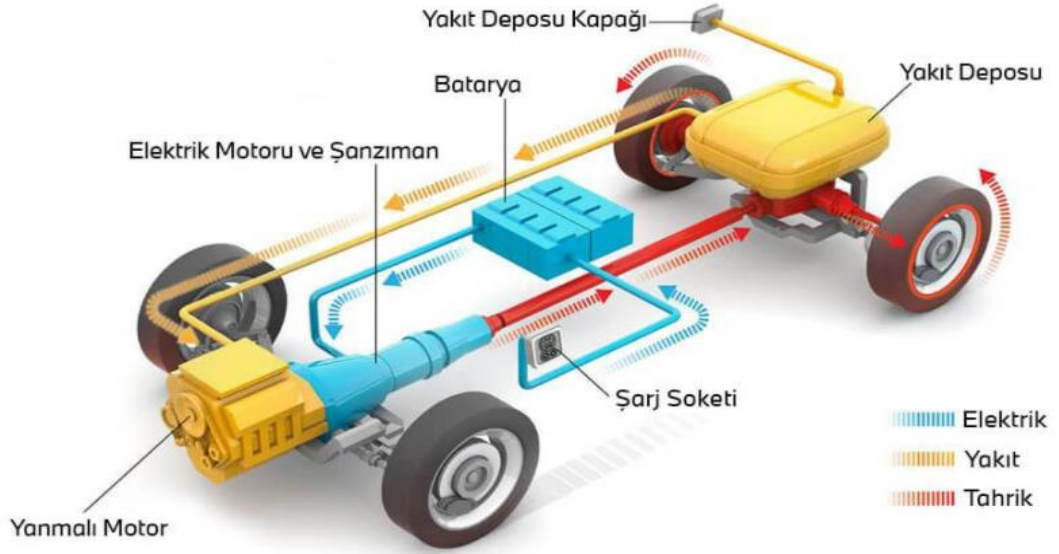
3.1.2. Plug-in hibrit elektrikli araç

Plug-in Hibrit Elektrikli Araç (PHEA) iki şekilde yakıt ikmali yapılabilen araçlardır. Elektrik motorunun yanı sıra araca geleneksel bir yanmalı motor da yerleştirilmiştir. Pilin SoC'si belirli bir limiti aşarsa, elektrik motoru hareket için kullanılır. Pil boşsa, ikinci kaynak olarak içten yanmalı motor kullanılabilir. Pillerin nispeten uzun şarj süreleri nedeniyle, PHEA özellikle uzun yolculuklar için avantajlı olabilir. Ancak elektrik motorundan yüksek fayda sağlamak için iyi gelişmiş bir şarj altyapısı büyük önem taşımaktadır.

Plug-in hibrit otomobil nedir? Fişli hibrit olarak da bilenen plug-in hibrit elektrikli otomobillerde (PHEA) hem yanmalı hem de elektrikli motor bulunur. Bu motorların her biri otomobili kendi başına çalıştırabilir. Bu otomobiller, enerji kaynağı olarak rejeneratif frenlemeyi kullandıkları gibi; bataryanın yeniden şarj edilmesi için bir prize de bağlanabilir.

Hatırlarsanız hafif hibrit otomobilin, elektrik enerjisini yalnızca sürüş sırasında yakaladığından bahsetmiştik. Bu, onun yalnızca sınırlı miktarda güç sağlayabilmesine neden olurken, plug-in hibrit otomobil (PHEA) bir şarj istasyonuna park edildiğinde de bataryasını yeniden şarj etme kapasitesine sahiptir. Bu özellik, tam olarak şarj edilmiş bir bataryayla tamamen elektrikli olarak 45 km yol katedebilen bir plug-in hibrit otomobilin elektrikli menzilin önemli ölçüde artırır.

Önümüzdeki birkaç yıl içinde, teknolojik gelişmelerin elektrikli motorların yanı sıra, tüm bataryalı otomobillerin menzilin önemli ölçüde artırmasını bekliyoruz. Birçok PHEA sahibi, hâlihazırda günlük yolculuklarının çoğunu elektrikli olarak gerçekleştiriyor. Sebebi, ev ile iş arasındaki yolculukların genellikle 30 milden daha kısa olması. Bu yüzden, söz konusu maliyet elektrik için ne kadar tutar ödediğimize bağlı olsa da, plug-in hibrit bir otomobille büyük miktarda tasarruf etmeniz muhtemel. Elektrik şarjının tükendiği bir durumda yanmalı motor devreye girer, böylelikle şarj istasyonu bulma konusunda endişelenmeniz gerekmez. Tüm bu özelliklerden yola çıkarak, PHEA'ların otomobillerini farklı formatlarda kullanmak isteyen sürücüler için ideal olduğunu söyleyebiliriz. Elektrikli motoru, ev ile iş arasındaki günlük yolculuklar için kullanabilir; daha uzun yolculuklara çıktığımızdaysa benzinli motorun sağladığı uzun menzil ve esneklik avantajından yararlanabilirsiniz [40].

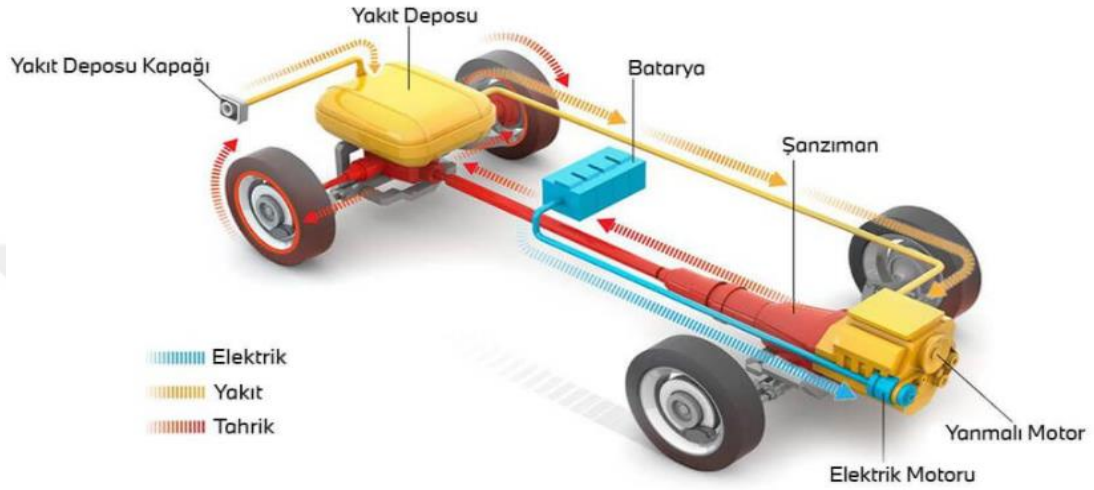


Şekil 3.2. PHEA basit gösterimi [40]

3.1.3. Hibrit elektrikli araç

Elektrikli araçların üçüncü varyantı Hibrit Elektrikli Aracı (HEA) temsil ediyor. BEA ve PHEA'in aksine, harici bir güç kaynağıyla şarj edilemezler, ancak sürüş sırasında aşırı enerjiyle (örneğin fren enerjisi) çalışırlar. Bu çalışmanın odak noktası elektrikli arabaların kablolu şarjı olduğu için HEA ayrıntılı olarak düşünülmemiştir. Elektrikli Araç (EA) terimleri bu nedenle BEA ve PHEA için eşanlamlı olarak kullanılmaktadır [20].

Hibrit otomobil nedir? Elektrikli otomobilin aksine, hibrit elektrikli otomobilde (HEA) hem yanmalı hem de elektrikli motor bulunur. Otomobile bağlı olarak, her iki motor da birbirinden bağımsız olabilir veya birlikte de çalışabilir. Hibrit otomobillerin elektrikli bir otomobil olarak işlev görme derecesi; elektrik performanslarına, elektrikli menzillerine ve şarj sistemlerinin menziline bağlıdır [40].



Şekil 3.3. HEV basit gösterimi [40]

3.2. Türkiye’deki Bataryalı Elektrikli Araçlar ve Özellikleri

3.2.1. TOGG milli elektrikli otomobil

Milli elektrikli otomobil, Türkiye'nin Otomobili Girişim Grubu(TOGG) Sanayi ve Ticaret A.Ş. tarafından Anadolu Grubu, BMC, Kök Grubu, Turkcell, Zorlu Holding ve Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği(TOBB) ortaklığında 28 Haziran 2018'de kurulan TOGG tarafından üretilecektir.

Araç, İtalyan tasarım bürosu Pininfarina tarafından tasarlanmıştır. Aracın bataryası platforma entegredir. Araç gücünü lityum-iyon(Li-ion) pillerden almaktadır. Tek şarj ile batarya kapasitesine göre 300km ve 500 km menzile sahip iki farklı güç paketi sunulacaktır. Aracın bataryalarının 30 dakikadan kısa sürede %80 şarj edilebilmesi planlanmaktadır. Araçta yer alacak rejeneratif fren sistemi ile yavaşlamalarda motorların dinamo gibi çalışması ve pili tekrar şarj ederek menzili %20'ye kadar uzatması planlanmaktadır. Aracın arkadan itişli 200hp ve dört tekerden çekişli 400hp olmak üzere iki farklı motor gücünde üretilmesi planlanmaktadır. Maksimum

hızı 180 km/h olacak aracın,400hp versiyonunda 0–100 km/h hızlanması 4.8 saniye, 200hp versiyonunda ise 7.6 saniyedir.300km modeli Li-ion 120Ah Hücre 85,2kW/h, 500km olan modeli Li-ion 150Ah Hücre 106,5kW/h 'dir [41].

Aracın 4G/5G internet bağlantısı ile fabrikadan güncellemeleri otomatik olarak alabilmesi, arıza durumunda araca uzaktan müdahale edilebilmesi planlanmaktadır. Aracın 3.seviye otonom sürüş özelliklerine sahip olacağı açıklanmıştır. Aracın üretileceği fabrikanın, 2020'de Bursa Gemlik'te bulunan Türk Silahlı Kuvvetleri'ne ait bir arazide inşasına başlanmıştır ve 2021'de tamamlanması planlanan bu fabrikada üretilecektir. İlk aracın 2022'de banttan çıkması ve satışa başlanması planlanmaktadır [41].



Şekil 3.4. TOGG elektrikli otomobil [42]

3.2.2. Tesla model s elektrikli otomobil

Tesla Model S, Tesla, Inc. tarafından 2012 yılından beri üretilen beş kişilik bataryalı elektrikli (BEA) lüks sedan otomobil modelidir. Tesla Model S'in pil boyutu, gücü ve donanımlarına göre çeşitli versiyonları bulunmaktadır. Bu zamana kadar 60, 60D, 70D, 85, 85D ve P85D olmak üzere 6 farklı Model S versiyonu üretilmiştir.

Tesla Model S'in performans modelinde 3 fazlı ve 4 kutuplu AC motor bulunmaktadır. Aracın performans modelinde arka arkaya monte edilmiş iki elektrik motoru toplamda 416hp (310kW) güç vermektedir. Aracın bazı versiyonlarında ise 362hp (270kW) güç sağlayan tek elektrik motoru bulunmaktadır. Tesla Motors'un ürettiği motorlarda enerji tüketimini azaltan ve fren ömrünü arttıran rejeneratif

frenleme sistemi bulunmaktadır. Aracın kendi kendine fren yapmasını sağlayan sistem tam dolu bataryada 60kW'dan fazla enerji tasarrufu sağlamaktadır.

Tesla Model S'te kullanılan batarya, toplam 540 kg ağırlığında 7104 adet Panasonic markalı yoğunlaştırılmış Li-ion pilden üretilmektedir. 5kWh kapasiteli bir batarya elde etmek için bu pillerin 74 tanesi birbirine paralel olarak bağlanıyor. Paralel olarak bağlanan bu piller 6 grup halinde birbirlerine bağlanıyor ve bir modül meydana geliyor. Tesla Model S'teki 85kWh kapasiteli batarya için bu modüllerden 16 adet gerekiyor [43].



Şekil 3.5. Tesla model s elektrikli otomobil [44]

3.2.3. Jaguar I-Pace elektrikli otomobil

Jaguar I-PACE, iki sabit mıknatıslı senkron elektrikli motor ile hareket eder. Formula E yarış otomobili Jaguar I-TYPE'ta bulunan teknolojiye benzer özellikteki bu motorlar, 400hp güç ve 696Nm tork üretir. Jaguar I-Pace 90kWh elektrikli aküye sahip olup aracın menzili 480km'ye4,8 saniyede 100km/h hıza erişir. Jaguar I-PACE'in 90kWh gücündeki bataryası yüksek enerji yoğunluklu Li-ion hücrelerinden meydana gelir. Tasarımı ve son teknoloji termal yönetim sistemi, uzun ömrü ve sürdürülebilir maksimum gücü destekler [45]. 50:50 ağırlık dağılım oranına sahip aracın aerodinamik yapısı üzerinde uzun süre çalışan Jaguar ekibi, aracı hareket halindeyken bile daha az tüketim üzerine geliştirmişler. Öyle ki elektronik kontrollü havalı süspansiyonlar sayesinde 105km hızdan sonra Jaguar I-Pace otomatik olarak 10 mm daha yere yakınlaşıyor ve böylece hava ile direnç

düşüyor. Bu da yakıt tüketimine yani elektrik bataryalarının daha uzun süre gitmesine katkıda bulunuyor [46].



Şekil 3.6. Jaguar I-Pace elektrikli otomobil [45]

3.2.4. Renault zoe elektrikli otomobil

Renault Zoe elektrikli otomobil Fransız üretici tarafından üretilmektedir. Renault başlangıçta Zoe adı altında bir dizi farklı konsept otomobili tanıtmıştır. İlk olarak 2005 yılında Zoe City Car olarak ve daha sonra Zoe ZE elektrikli konsept olarak, 2009 ve 2010 yıllarında Renault ZE adı altında iki farklı versiyonda gösterilmiştir. Zoe'nin üretime hazır bir versiyonu 2012 Cenevre Otomobil Fuarı'nda gösterilmiştir .

Perakende müşteri teslimatları, Aralık 2012'de Fransa'da başlamış ve bunu 2013'te birkaç Avrupa ülkesi izlemiştir. Zoe, 2013 yılından bu yana Fransız pazarında tüm zamanların en çok satan tamamen elektrikli otomobili olmuştur ve Haziran 2020'ye kadar 100.000'den fazla araç tescil ettirilmiştir. İlk üretim Zoe, Yeni Avrupa Sürüş Döngüsü (NEDC) altında 210km ile 240km arasında bir menzil sağlayan 22kWh Li-ion pil paketine sahiptir. Eylül 2016'da Renault, 41kWh Li-ion pilli yeni yüksek menzilli modelin piyasaya sürüldüğünü duyurmuş ve NEDC altında menzili 400km'ye yükseltmiştir. 2018 ortalarında 80kW artırılmış motor gücüne sahip yeni bir model, ZE 40 R110 olarak duyurulmuştur. 2019 ortasında, 55kWh pil paketi ve 100kW motor ve CCS şarjı ile ZE 50 R135

duyurulmuştur. Üretime hazır son model Frankfurt Otomobil Fuarı'nda gösterilmiş ve teslimatlar 2020 Ocak'ta başlamıştır [47].



Şekil 3.7. Renault Zoe elektrikli otomobil [48]

3.2.5. Mini cooper SE elektrikli otomobil

Güncel Mini Cooper 3 Kapı modeli üzerinde geliştirilen Mini Electric, 184hp güç ve 270Nm tork üreten motoru ile 0-60 km/h hızlanmasını 3.9 saniyede ve 0-100 km/h hızlanmasını ise 7.3saniyede tamamlıyor. Genlerindeki karakteristik Mini özelliklerini oluşturan keyifli sürüş, etkileyici tasarım ve premium kalite anlayışını koruyan Mini Electric, markanın ilk yüzde yüz elektrikli seri üretim modeli olma özelliğini taşıyor. Tamamen Mini tarafından geliştirilen sürüş dinamikleri sayesinde Mini Electric benzersiz bir kullanım keyfi vadediyor.

Mini Electric, iç mekanda sunduğu 6.5 inçlik renkli ekrana sahip gösterge paneli ile de diğer Mini modellerinden ayrılıyor. Standart olarak sunulan led farlar, led sis farları ve dokunmatik ekran, Mini Electric'in dikkat çeken donanımları arasında yerini alıyor. Sport, Mid, Green ve Green+ olmak üzere dört farklı sürüş modu bulunan Mini Electric'in, bu modlara göre değişen tema ve renklere bürünebilen renkli ekranından otomobille ilgili diğer sürüş bilgilerine de erişilebiliyor. Bataryaların da etkisiyle Mini Cooper S 3 kapıya göre sadece 145 kg daha ağır olan Mini Electric'in 211 litrelik bagajı, koltukların yatırılmasıyla birlikte 731 litreye kadar çıkıyor. Yüksek gerilimli batarya paketinin otomobilin zeminine yerleştirilmesi sayesinde Mini Electric'in bagaj kapasitesinde herhangi bir değişiklik bulunmuyor.

Şehir hayatında sunduğu konforlu sürüş deneyimiyle dikkatleri üzerine çeken Mini Electric, 50 kW'lık hızlı şarj sayesinde 32.6 kWh kapasiteli pillerinin yüzde 80'ini sadece 35 dakikada doldurabiliyor. Mini Electric, özel olarak geliştirilen Li-ion bataryaları ile tam şarjda 232 km'ye kadar menzil sunuyor [49]. Çevik sürüş karakterinin yanı sıra sunulan benzersiz özellikler arasında kapsamlı standart donanım yelpazesi, modele özgü ekran ve kumanda öğelerinin yanı sıra bir seçim düğmesiyle yapılandırılabilen iki aşamalı fren enerjisi geri kazanım özelliği yer alıyor [50].



Şekil 3.8. Mini Cooper SE elektrikli otomobil[51]

3.2.6. Bmw i3-i3s elektrikli otomobil

BMW i3, BMW tarafından üretilen mini sınıf elektrikli otomobil modelidir. Araç BMW i serisinin bir parçası olup şirketin ilk seri üretim elektrikli otomobilidir [52]. Sürüş özellikleri ve hafif bileşenlerin akıllı kombinasyonu, yürüyen aksamdan yolcu bölümüne kadar, yeni BMW i3'e benzersiz dinamikler kazandırır. Yeni BMW i3, tamamen elektrikli BMW eDrive hareketli aksam sayesinde, kesintisiz şekilde, 0'dan 100 km/h hıza 7,3 saniyede ulaşır. Yeni BMW i3'ün 170hp güç ve 250Nm torka sahip elektrikli motoru, Li-ion 37,9kWh (120Ah) batarya kapasitesiyle 300km'ye kadar emisjonsuz sürüş keyfi sunar. Yeni BMW i3s, 0'dan 100'km/h hıza yalnızca 6,9 saniyede ulaşır ve sadece ilk birkaç metrede tamamen açılır. Motorun azami 270Nm torku ve 184hp gücüyle azami 160km/h hıza kadar heyecan verici şekilde çevik ve güçlüdür. Bataryanın şarj seviyesi düşük olduğunda devreye giren opsiyonel menzil genişletici ile menzil yaklaşık 330km'ye yükselir. Life modülü

karbon fiber takviyeli plastikten üretilen modern yolcu bölümünü tanımlar. Sıklıkla karbon olarak da ifade edilen bu malzeme hafif olmanın yanı sıra çeliğe göre daha güçlü ve daha dayanıklıdır. Düşük ağırlığı ve alçak ağırlık merkezi, çevikliği ve menzili artırır.

Bu otomobil 0'dan 60km/h hıza etkileyici bir şekilde 3,7 saniyede ulaşabilme özelliği, tipik tek pedal hissi ve ilerici tasarımıyla bir spor otomobilin dinamiklerini sunmaktadır. Elektrik akımının sunduğu heyecan her metrede deneyimlenir. Yeni BMW i3, modern ulaşımın zorluklarıyla başa çıkabilmeniz ve bu zorlukları sessizce aşabilmeniz için ihtiyacınız olan her şeyi sunmaktadır. Yaklaşık 300 km'lik günlük kullanım menziline ulaşmak üzere, yüksek gerilimli bataryalarını hızlı şarj özellikli bir DC istasyonunda yalnızca 39 dakikada şarj eder. Akıllı enerji yönetimi, hem şehir trafiğinde hem de daha uzun mesafeli yolculuklarda esneklik ve verimlilik sağlamaktadır [53].



Şekil 3.9. BMW i3 elektrikli otomobil [54]

3.3. Elektrikli Araç Şarj İstasyonları

BEA ve PHEA olarak şarj edilebilen EA'lar, pillerini rejeneratif frenle ile şarj etmelerine rağmen tam kapasitede şarj edemezler. Bu nedenle, EA pillerini şarj etmek için harici kaynaktan elektrik enerjisine ihtiyaç vardır. EA şarj cihazı, şebeke enerjisini BEA veya PHEA 'in ihtiyaç duyduğu enerji formuna dönüştürerek güvenli pil uygulamasını sağlar. Bir batarya şarj cihazı, bataryanın tipine göre gerekli akım ve gerilim kontrolünü sağlayarak güvenli bir şekilde şarj işlemi yapan cihazdır. Batarya şarj cihazı EA'ların geliştirilmesinde çok önemli bir rol oynamaktadır [22].

Elektrikli araç şarj ekipmanının temelde üç ana fonksiyonu vardır. Bunlar; önceden tanımlanmış şarj hızına ve araç ile şarj istasyonu arasındaki fiziksel bağlantıya dayanan AC-DC doğrultma, gerilim-akım seviyesi düzenlemeleri, koruması ve kontrol için şarj sırasında araçla iletişim kurulmasıdır.

EA'ları güvenli ve hızlı bir şekilde şarj etmek amacıyla kurumlar, şarj üniteleri için enerji seviyeleri, güvenlik ve konnektör grubu standartları belirlemiştir [23].

3.3.1. Şarj cihazlarının donanımsal yapısı

Bir BEA ve PHEA batarya şarj cihazı iki ana bölümden oluşur [24].

- Güç İşleme Ünitesi
- Batarya Enerji Yönetim Sistemi

3.3.1.1. Güç işleme ünitesi

Güç İşleme Ünitesi (GİÜ), bataryanın bir elektrik enerji kaynağından şarj olabilmesi için gerekli olan DC akımın elde edildiği ve ayarlandığı ünedir. Bataryalar şarj olabilmek için genellikle 200-500V DC gerilime ihtiyaç duyarlar. Bu ünite mevcut elektrik enerjisi kaynaklarının AC olması sebebiyle genel olarak bir AC-DC dönüştürücüden oluşmaktadır. Ancak günümüzde bazı gelişmiş batarya şarj cihazları DC kaynaktan da şarj gücü sağlayabilecek şekilde tasarlanmıştır. Literatürde, güç elektroniği ve yarı iletken teknolojisinin gelişimine bağlı olarak farklı istekler doğrultusunda farklı GİÜ'leri görmek mümkündür. Bu ünite, kaliteli ve verimli bir elektrik enerjisi sağlamanın yanı sıra bataryanın şarj ihtiyaçlarına da en iyi cevap verecek şekilde tasarlanmalıdır. Maksimum verim için, GİÜ'de kullanılacak olan ara dönüştürücüler, elemanlar ve kontrol teknikleri dikkatle seçilmelidir. Bu ünite duruma göre araç üzerinde veya araç dışında olabilir [24].

3.3.1.2. Batarya enerji yönetim sistemi

Bir batarya şarj cihazı, bataryayı en iyi bir şekilde şarj edebilmek için bataryanın şarj durumu, sıcaklığı, gerilimi, akımı gibi bilgilere ihtiyaç duyar. Bir mikroişlemci ve sensörlerden oluşan Batarya Enerji Yönetim Sistemi(BEYS), araç üzerinde ve bataryanın yanında bulunur. Mikroişlemci bataryanın şarj algoritmasını içerir.

Sensörler ise bataryanın gerilimi, akımı ve sıcaklığı gibi büyüklükleri ölçerler. Mikroişlemci, sensörlerden aldığı bilgiler doğrultusunda istenen şarj akımını bataryaya sağlar. BEYS, şarj sırasında oluşabilecek batarya içi veya batarya dışı hatalara karşı da koruma sağlar. Bir hata oluştuğunda hatanın tipini belirler ve gerekirse şarjı durdurur. BEYS, aynı zamanda batarya şarj durumunu en iyi şekilde belirleyerek bataryanın aşırı şarj ve deşarj olmasını engeller [24].

3.3.2. Şarj istasyonu standartları

Elektrikli araç şarj istasyonu, BEA, PHEA gibi harici enerji kaynaklarından şarj olabilen EA'ların tekrar şarj edilmesini sağlayan bir altyapı unsurudur. Elektrikli araç şarj ekipmanı şarj esnasında kullanılan elektrikli araç prizlerini, bağlantı fişlerini ve kaynaktan elektrikli araca enerji transfer etmek için kullanılan tüm aparatları içerir. Şarj istasyonu standartları ise elektrikli araç şarj ekipmanı ile ilgili gereksinimleri tanımlar [25].

Otomotiv Mühendisleri Birliği (SAE) J1772 standardı, Uluslararası Elektro teknik Komisyonu (IEC) 61851 standardı ve Tokyo Elektrik Enerji Şirketi (TEPCO), Nissan, Mitsubishi, Subaru ve Toyota işbirliği ile oluşturulan CHAdeMO standardı bulunmaktadır. Ülkemizde şarj istasyonları ve konektörler için IEC komisyonu 61851 ve 62196 standartları uygulanmakta, SAE J1772 standardı ve CHAdeMO DC hızlı şarj standartları uygulanmaktadır [23].

3.3.2.1. SAE J1772 standardı

Kuzey Amerika otomotiv endüstrisinin EA şarjı için ana dokümanı SAE tarafından hazırlanmış olan J1772 standardıdır. SAE J1772 standardına göre şarj hızı belirli seviyelerle ifade edilmiştir. Seviye 1 ve Seviye 2 şarj yönteminde araç üstü AC-DC doğrultucuya alternatif akım sağlanır ve batarya şarjı için gerekli doğru akım bu doğrultucunun çıkışından elde edilir. DC ve AC şarjın ortalama zamanı; şarj cihazının tipine, seviyesine, bataryanın tipine, enerji kapasitesine ve aracın dâhili şarj cihazına göre değişkenlik göstermektedir. SAE J1772 standardında şarj yöntemlerine göre seviyelerin akım, gerilim ve güç değerleri Tablo 3.1.'de verilmiştir. AC çıkış gerilimleri tek fazlıdır [25].

Tablo 3.1. SAE J1772 elektriksel büyüklükler

	Şarj Yöntemi	Anma Gerilimi(V)	Maks.Akım(A)	Maks.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

3.3.2.2. IEC 61851 standardı

IEC tarafından yayınlanan 61851 standardı yoğunlukla Avrupa ve Çin'de kullanılmaktadır. IEC 61851 standardında yer alan şarj yöntemleri ve bu yöntemlerde belirtilen maksimum akım ve gerilim değerleri Tablo 3.2.'de verilmiştir.

Tablo 3.2. IEC 61851 elektriksel büyüklükler [26]

Şarj Yöntemi	Nominal Gerilim	Maksimum Akım
Mod 1	Tek faz ≤ 250 V Üç faz ≤ 480 V	≤ 16 A
Mod 2	Tek faz ≤ 250 V Üç faz ≤ 480 V	≤ 32 A
Mod 3	Tek faz ≤ 250 V Üç faz ≤ 480 V	≤ 250 A
Mod 4	≤ 1000 V DC	≤ 400 A

3.3.2.3. CHAdeMO standardı

CHAdeMO standardı; Tokyo Elektrik Enerjisi Şirketi (TEPCO), Nissan, Mitsubishi, Subaru ve Toyota işbirliğiyle Japonya'da oluşturulmuştur. Japonya'nın yanı sıra Avrupa ve Amerika'da da kullanılmakta olan CHAdeMO, EA'lara JARI konektörü

üzerinden güç aktarabilen hızlı şarj yönteminin ticari adıdır. Yöntemin elektriksel büyüklükleri Tablo 3.3.'te verilmiştir [25].

Tablo 3.3. CHAdeMO elektriksel büyüklükler[55]

Şarj Yöntemi	DC Çıkış Gerilimi (V DC)	Maksimum Akım (Amper-Sürekli)	Maksimum Güç (kW)
CHAdeMO	500	125	62,5
CHAdeMO	500	400	200
CHAdeMO	1000	400	400
CHAdeMO	1000	900	900

3.3.3. Şarj istasyonu seviyeleri

Şarj istasyonu seviyeleri seviye-1(yavaş),seviye-2(normal),seviye-3 ve seviye-4(hızlı) olmak üzere dörde ayrılır. Yavaş şarj istasyonları genellikle evlerde ve park süresinin uzun olduğu yerlerde kullanılır. Otoparklarda, alışveriş merkezlerinde ve park süresi kısa olan yerlerde normal şarj istasyonları kullanılmaktadır. Hızlı şarj istasyonları, trafiğin yoğun olduğu yerlerde ve acil enerji ihtiyacı olduğunda kullanılır [27]. Şarj seviyesi EA ve şarj istasyonu arasındaki güvenli iletişim protokolünü ve araçlar ile şarj istasyonları arasındaki iletişim seviyesini içermektedir [28].

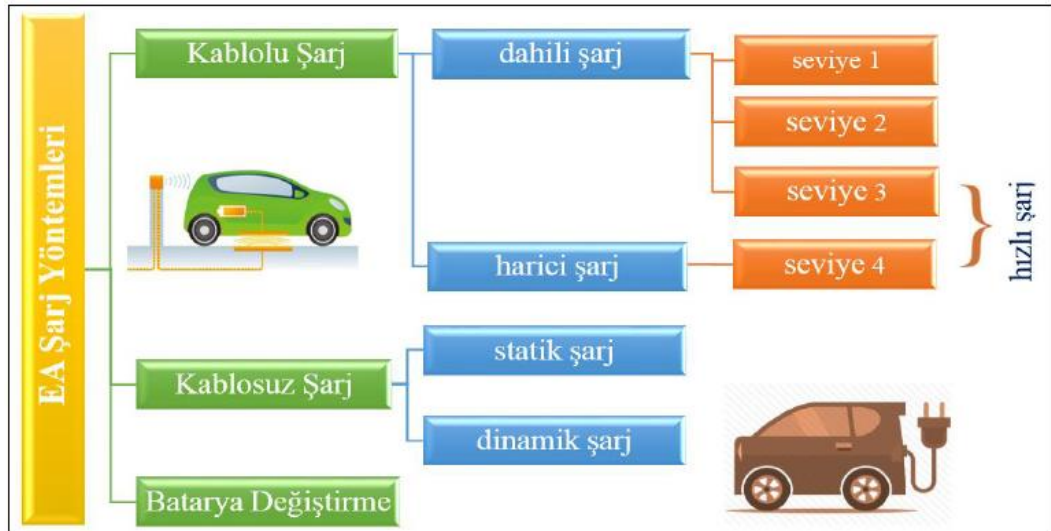
Seviye 1: Şarj işleminin herhangi bir güvenlik önlemi alınmadan basit bir uzatma kablosu ve standart bir priz ile gerçekleştirilmesidir. EA'ların bu yöntemde konutlarda veya iş yerlerinde park halindeyken uzun süre şarj edilme imkanları bulunmaktadır. Bu nedenle yavaş şarj yöntemi olarak da bilinmektedir. Bu şarj istasyonu yalnızca AC şarj istasyonudur ve bataryanın enerji kapasitesine bağlı olarak yaklaşık 8 ila 10 saat arasında şarj edebilmektedir [29]. Bu istasyonlar IEC 62196 standardına göre topraklama gerektirmektedir ve 16A, 250V (tek faz) ve 480V (üç faz) olarak sınırlandırılmıştır. Ayrıca, bu istasyonların kurulumu elektrik tesisatı güvenlik yönetmeliklerine uygun şekilde projelendirilmeli, aşırı yükten korumak için topraklama sistemi içermeli, devre kesiciler ve toprak kaçağının korunma önlemlerine sahip olmalıdır[30].

Seviye 2: Bu yöntemde araçlar ev prizleriyle ana güç şebekesine bağlanmaktadır [31]. Şarj işlemi tek fazlı, üç fazlı bir şebeke ve topraklama hattı ile gerçekleştirilmektedir. Kontrol kutusu EA'nın batarya sisteminden veya fişten 0,3m uzakta olacak şekilde yerleştirilmelidir. Bu yöntem şehirlerarası yollar ve otobanlar hariç havaalanlarından üniversitelere kadar kurulmasında sakınca olmayan bir modeldir. Bu yöntemdeki şarj süresi seviye 1 şarj etme süresinin yarısından daha azdır [29]. Bu istasyonlar IEC 62196 standardına göre 32A 250V (tek faz) ve 480V (üç faz) olarak sınırlandırılmıştır [56].

Seviye 3: Kablolu bir AC şarj istasyonudur ve seviye 2'den daha yüksek bir güç seviyesine sahiptir. Güvenlik protokolü ise seviye 2 ile aynıdır [30]. Bu yöntemde batarya sistemindeki cihazları kontrol etmek için özel bir batarya kontrol sistemi kullanılarak EA, AC güç kaynağına bağlanmaktadır.

3.3.4. Şarj yöntemleri

EA'lar için kablolu şarj, kablosuz (endüktif) şarj ve batarya değişimi olmak üzere üç farklı şarj yöntemi vardır [21]. Bu yöntemler Şekil 3.10.'da gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Elektrikli araç şarj yöntemleri [21]

3.3.4.1. Kablolu şarj yöntemi

Şarj cihazı, güç kaynağı ve araç arasında doğrudan temasın olduğu bir şarj sistemidir [32]. Bu şarj sistemi çeşitli güç faktörü düzeltmeli doğrultucu ve konnektörden oluşmaktadır. Dahili ve harici şarj yöntemleri olarak ikiye ayrılmaktadır. Şu anda

hem otomotiv endüstrisi hem de şarj istasyonu operatörleri çok daha ucuz ve daha verimli olduğu için kablolu şarjı tercih etmektedir. Yine de, kullanıcı konforunu artırmak için endüktif şarjın daha da iyileştirilmesine odaklanan araştırmalar devam etmektedir [27].

Dahili Şarj Yöntemi

Araç içinde doğrultucu ve batarya grubu içerirken şarj cihazını araç dışında bulunduran bir yöntemdir [29]. Bu yöntemdeki şarj seviyesi şarj çıkışının güç seviyesi olarak ifade edilmektedir [27]. Güç seviyesi şarj işleminin uzunluğunu belirleyen önemli bir parametredir. Seviye 1, seviye 2, seviye 3 olmak üzere üç şarj seviyesi vardır.

Harici Şarj Yöntemi

Seviye 4 olarak bilinen bu yöntemde EA'lar harici bir şarj cihazı ile ana güç şebekesine bağlanmaktadır [33]. Bu yöntem DC şarj yöntemidir ve şarj cihazı aracın dışındadır. Şarj cihazına bataryanın türü ve şarj durumu bilgilerini göndermek için iletişim bağlantısı vardır. Bataryaya 400A ve 500V DC'ya kadar yüksek gerilim sağlayabilmektedir. 20-30dk kadar kısa bir sürede şarj edebilen bu teknoloji SAE J1772 Combo standardı ve Japon CHAdeMO standardı tarafından yönetilmektedir. SAE J1772 Combo standardı maksimum gücü 400kW (500V DC'da 200A) olarak belirtirken, CHAdeMO standardı tarafından belirlenen maksimum şarj gücü de 400kW (1000V DC'da 400A)'dır [57,58]. Bu tarz hızlı şarj istasyonları çok yüksek güç ve elektronik cihazlar gerektirmektedir [29].

3.3.4.2. Kablosuz şarj yöntemi

Kablosuz şarj olarak da bilinen endüktif şarj EA bataryasına güç aktarmak için elektromanyetik dalgalar kullanılmaktadır [31]. Araç, zemine yerleştirilen şarj yuvasının üstüne park edildiğinde şarj işlemi kendiliğinden başlamaktadır[27]. Bu yöntemde gücü aktarmak için ana topraklama bobini (verici) ve ikincil bobin arasındaki hava boşluğunda değişken manyetik alan kullanılmaktadır [32]. Böylece şarj etme işlemi basitleştirilerek elektronik devrelerde oluşacak gürültü/ parazit vb. gibi olumsuz etkiler azaltılarak batarya ömrünün uzaması sağlanmaktadır[34].

Bataryaya gönderilen AC güç bataryayı şarj etmek ve manyetik rezonans sisteminin verimliliğini artırmak için kullanılmaktadır [35]. Bu sistemin frekansı 20-100kHz arasında değişmektedir ve sistemdeki dönüştürücü %90'a varan verimle çalışabilmektedir [32].

3.4. Batarya(Pil) Şarj Kontrol Yöntemleri

Akü şarj teknikleri arasında sabit akım, sabit gerilim, iki aşamalı sabit akım-sabit gerilim, darbeli şarj bulunur[36].

3.4.1. Sabit akımla şarj etme yöntemi

Bu yöntem bataryayı şarj edebilmek için kullanılan basit bir yöntemdir. Şarj akımı, seri bağlı olan tüm batarya hücrelerinde eşittir. Bataryalarda şarj durumu arttıkça beraberinde iç direncinde artış göstermesinden dolayı, sabit akımda şarja devam edebilmek için gerilim sürekli arttırılmalıdır. Ancak bu yöntemde seçilen şarj akımı çok önemlidir. Çünkü çok yüksek seçilen şarj akımı bataryanın kısa sürede şarj olmasına imkân sağlarken diğer yandan bataryanın aşırı şarja maruz kalması ve fazla ısınması nedeniyle ömrünün düşmesine neden olacaktır. Düşük akımda şarj ise şarj süresinin uzamasına neden olur [36].

3.4.2. Sabit gerilimle şarj etme yöntemi

Sabit gerilimde batarya şarjı, gerçekleştirilmesi ve kontrolü basit bir yöntemdir. Şarjın başlangıcında, düşük batarya iç direncine bağlı olarak kaynaktan yüksek bir akım çekilebilir, çekilebilecek bu yüksek akımın elemanlara zarar vermemesi için sınırlandırılması gerekir. Batarya elemanlarına, zarar görmeyecekleri gerilimler uygulanarak şarj başlatılır. Daha sonra batarya gerilimi istenen bir seviyeye geldiğinde, gerilim sabit tutularak şarja devam edilir. Şarj artışına bağlı olarak artan batarya iç direnci nedeniyle şarj akımı zamanla azalır. Bu da şarjın, sızıntı akımıyla tamamlanmasını ve böylece bataryanın aşırı şarj olma ihtimalinin, bir önceki yöntemle göre azalmasını sağlar. Ancak şarj akımında oluşan azalma nedeniyle bataryanın şarj olma süresi, bir önceki yöntemle göre daha uzundur [36].

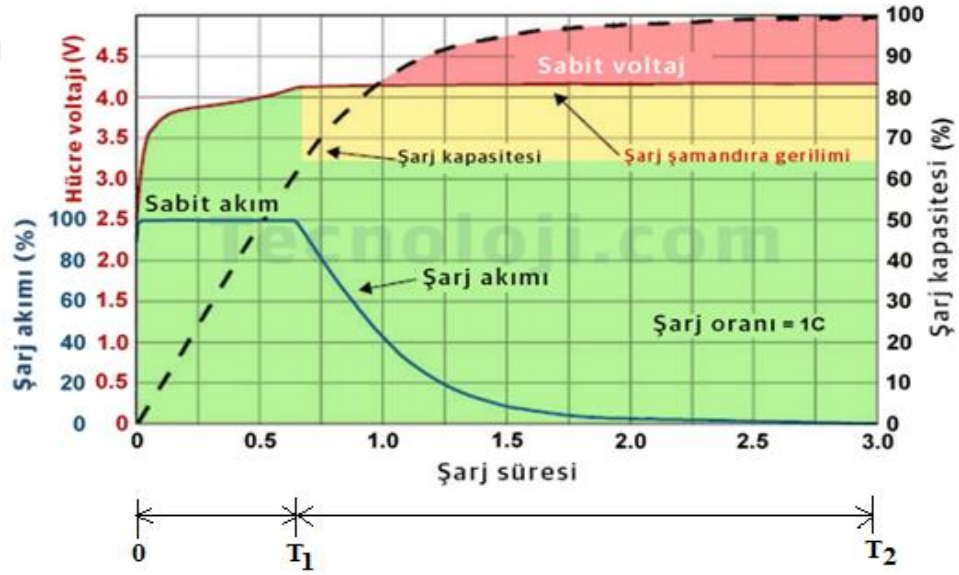
3.4.3. Sabit akım-sabit gerilimde şarj etme yöntemi

Bu yöntemde, bataryaya sabit akım ve sabit gerilim periyotları olmak üzere iki periyotta şarj uygulanır. Bataryaların aşırı şarja karşı çok hassas olmaları, şarjın başlangıcında sabit gerilim uygulandığında kaynaktan aşırı akımlar çekilmesi ve şarjın olabildiğince kısa olması istendiğinden dolayı şarj önceden ayarlanmış bir gerilim seviyesine ulaşana kadar sabit akımla şarj edilir. İkinci aşamada, batarya şarjı için sabit bir gerilim uygulanır ve şarj işlemi tamamlanır [36].

3.4.4. Darbeli şarj etme yöntemi

Bataryaya periyodik olarak darbe akımı uygulanır, bu da bataryaya şarj boyunca rahatlama süresi sağlar. Pil dahili elektrolitinin elektrokimyasal reaksiyonu ve nötralizasyonu, pilin yaşam döngüsünü iyileştirmeye yardımcı olur. Büyük darbeli akım kullanmak pilin şarj süresini kısaltacaktır [36].

3.5. Li-ion Piller ve Şarj Karakteristikleri



Şekil 3.11. Tipik li-ion şarj özellikleri [37]

Şekil 3.11.'daki tipik Li-ion pil şarj özelliklerine göre,

0 - T_1 aralığındaki yaklaşık pil şarj modelleri:

$$v(t) = V_n(1 - e^{-t/\tau_v}) \quad (3.1)$$

$$i(t)=I_n \quad (3.2)$$

T_1 - T_2 aralığında pil şarjının yaklaşık modelleri,

$$v(t)=V_n \quad (3.3)$$

$$i(t)=I_n e^{-t/\tau_i} \quad (3.4)$$

Sabit gerilim V_n , EA pilinin nominal gerilimidir. Zaman sabiti τ_v ve τ_i şarj gerilimi ve şarj akımı eğrisinden belirlenir. Sabit akım I_S , pil tam şarj durumuna ulaşana kadar üstel azalmayla değişir. Şarj işlemi sırasında EA pilinin anlık gücü,

$$P(t)=i(t)v(t)=\begin{cases} V_n I_n \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_v}}\right) & 0 \leq t \leq T_1 \\ V_n I_n e^{-\frac{t}{\tau_i}} & T_1 \leq t \leq T_2 \end{cases} \quad (3.5)$$

Aküye şarj işlemi ile verilen toplam enerji,

$$w = \int p(t) dt = \int_0^{T_1} V_n I_n \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_v}}\right) dt + \int_{T_1}^{T_2} V_n I_n e^{-\frac{t}{\tau_i}} dt = K I_n \quad (3.6)$$

EA'nın şarj akımının nominal değeri şu şekilde hesaplanabilir:

$$K I_n = \text{kWh} \times 10^3 \times 3600$$

$$I_n = \frac{3,6 \times 10^6 \times \text{kWh}}{K} \quad (3.7)$$

Sabit kWh cinsinden EA pil kapasitesidir [37].

4. DAĞITIM ŞEBEKESİNİN MODELLENMESİ VE SİMÜLASYON ÇALIŞMASI

Elektrik enerjisini üreten santraller genellikle tüketim merkezlerinin çok uzağında kurulur. Bir santralde üretilen elektrik enerjisi yüksek gerilimli iletim hatlarıyla yerleşim birimlerinin veya sanayi bölgelerinin yakınına kadar ulaştırılmakta ve ardından buradaki trafo merkezlerinde gerilimleri düşürülerek dağıtılmaktadır. Elektrik enerjisinin üretimi kadar, üretilen enerjinin mümkün olduğunca kayıpsız ve güvenli bir şekilde abonelere ve binlerce kullanıcıya iletimi ve dağıtımı da en önemli süreçlerden biridir. Bu nedenle iletim ve dağıtım sistemlerindeki hat kayıplarını en aza indirilmesi, elektrik enerjisi sistemlerinin verimli şekilde işletilmesi bütün Dünya’da olduğu gibi ülkemizde de gittikçe önem kazanmaktadır.

Genellikle birbirinden uzak mesafelerde olan, elektrik üretim santralleriyle tüketim merkezleri arasındaki iletim, enterkonnekte sistemlerle sağlanır. Enterkonnekte sistemler, elektrik enerji üretimini, yerleşme birimlerinin tüketim seviyesine getirilmesini sağlayan elektrik güç sistemleridir. Gerilim seviyesi arttığında enerji iletim tesisinde ciddi mali tasarruflar sağlanır: İletim hattı boyunca elektrik enerjisi kaybı gerilim seviyesiyle ters orantılı olup, gerilimin seviyesi arttıkça elektrik enerjisi kayıp gücünde o nispette azalmaktadır. Bununla beraber, gerilim seviyesi arttıkça iletim hattı sayısı azalacağından, üzerine iletim hatlarının tesisi yapılacağı toprak arazilerden de tasarruf elde edilir. Ayrıca ilave hatlar tesis edilmeyeceğinden bu hatlara yapılacak bakım masrafları da olmayacaktır. Elektrik enerjisi depolanamayan bir enerji türüdür. Bu nedenle üretildiği anda hemen kullanıcıya ulaştırılması gerekir. Santrallerde üretilen elektrik enerjisi, yüksek gerilim, orta gerilim ve alçak gerilim hatlarıyla iletilmekte ve dağıtılmaktadır. Yüksek gerilim hatları genellikle enterkonnekte şebeke ile yerleşim birimleri arasında iletim sağlarken, orta gerilim ve alçak gerilim hatları ise şehir içi elektrik enerjisi dağıtımında kullanılır.

Elektrik enerji iletim ve dağıtım hatlarının tesisinde iletim hattının geçiş yeri, arazinin coğrafik durumu, hattın minimum kayıplarla iletim maliyeti gibi etkenler ele

alınmaktadır. Uzun mesafeli elektrik enerjisi iletim hatları açık arazide havai hat olarak, yerleşim birimlerinde ise yer altı elektrik enerjisi iletim hatları olarak tesis edilirler. Yer altı elektrik enerjisi iletim hatları aşırı gerilim darbelerine karşın yüksek seviyede yalıtım malzemesi gerektirdiğinden, havai hatlara oranla pahalı olmasına karşın güvenlik ve estetik görünüm açısından tercih edilebilirler. Elektriksel açıdan incelendiğinde enerji iletim hatları, hat parametreleri ve hat uzunluklarıyla ele alınabilir. Elektrik enerjisinin kullanıcılara ulaştırılmasında kullanılan nakil hatlarının omik direnç, indüktif ve kapasitif reaktans gibi hat sabitleri bulunmaktadır. Elektrik enerji iletim ve dağıtım hatları genel olarak; standartlara uygun şekilde tesis edilen, üretilen elektrik enerjisinin uzak mesafelere iletilmesini sağlayan, farklı inşa yapılarına sahip direkler, iletkenler, topraklama elemanları, hırdavat takımları ve izolatör elemanları gibi iletken ve yalıtkan malzemelerden oluşur [38].

Bu bölümde; analiz yapılan simülasyon programı hakkında genel bilgi verilecek, dağıtım sisteminde kullanılan transformatörler ve hatların özellikleri hakkında bilgiler verilecek ve gerçek veriler ile senaryo 1, senaryo 2 ve senaryo 3 üzerinden Bartın Organize Sanayi Bölgesine konumlandırılabilir şarj istasyonu sayısı belirlenecektir.

4.1. DIgSILENT PowerFactory Simülasyon Programı

DIgSILENT programı, iletim, dağıtım ve endüstriyel elektrik sistemlerinin analizi için kullanılan ve elektrik güç sistemi planlanmasında ve işletilmesinde optimizasyon hedeflerine ulaşmak için geliştirilmiş bir interaktif yazılım programıdır. DIgSILENT, "DigitalSimulation of Electrical Networks" kelimelerinin kısaltılmış halidir. Bu program ile elde edilen sonuçların doğruluğu ve geçerliliği dünya çapında planlama ve güç sistemlerinin işletilmesi ile ilgili kuruluşlar tarafından onaylanmıştır. Bu program, kullanıcıların güç sistemi analizlerindeki gereksinimlerini karşılamak için entegre bir mühendislik aracı olarak tasarlanmıştır.

DIgSILENT programı;

1. Elektrik sisteminin modellenmesi, nümerik analizler, çıktı ve sonuçların raporlanması,

2. Verilerin işlenmesi ve tek hat diyagramında entegre edilmesi,
3. Güç sistemi elemanlarının ve temel veri tabanının oluşturulması,
4. Hesaplama fonksiyonlarının oluşturulması (örneğin, etiket bilgilerine göre jeneratör veya hat parametrelerinin hesaplanması),
5. Güç sistem planlamasının statik ve dinamik olarak yapılması, online SCADA erişimi,
6. Bilgisayar tabanlı haritalı sistemler için genel bir arabirim olması

gibi özelliklere sahiptir.

Bir güç sistemindeki tüm ekipmanları tanımlamak için tüm veriler bulunmaktadır. Bunlar:

- Hat Verisi,
- Generatör Verisi,
- Transformatör Verisi,
- Koruma ve Kontrol Verisi,
- Harmonik ve Flicker Verileri.

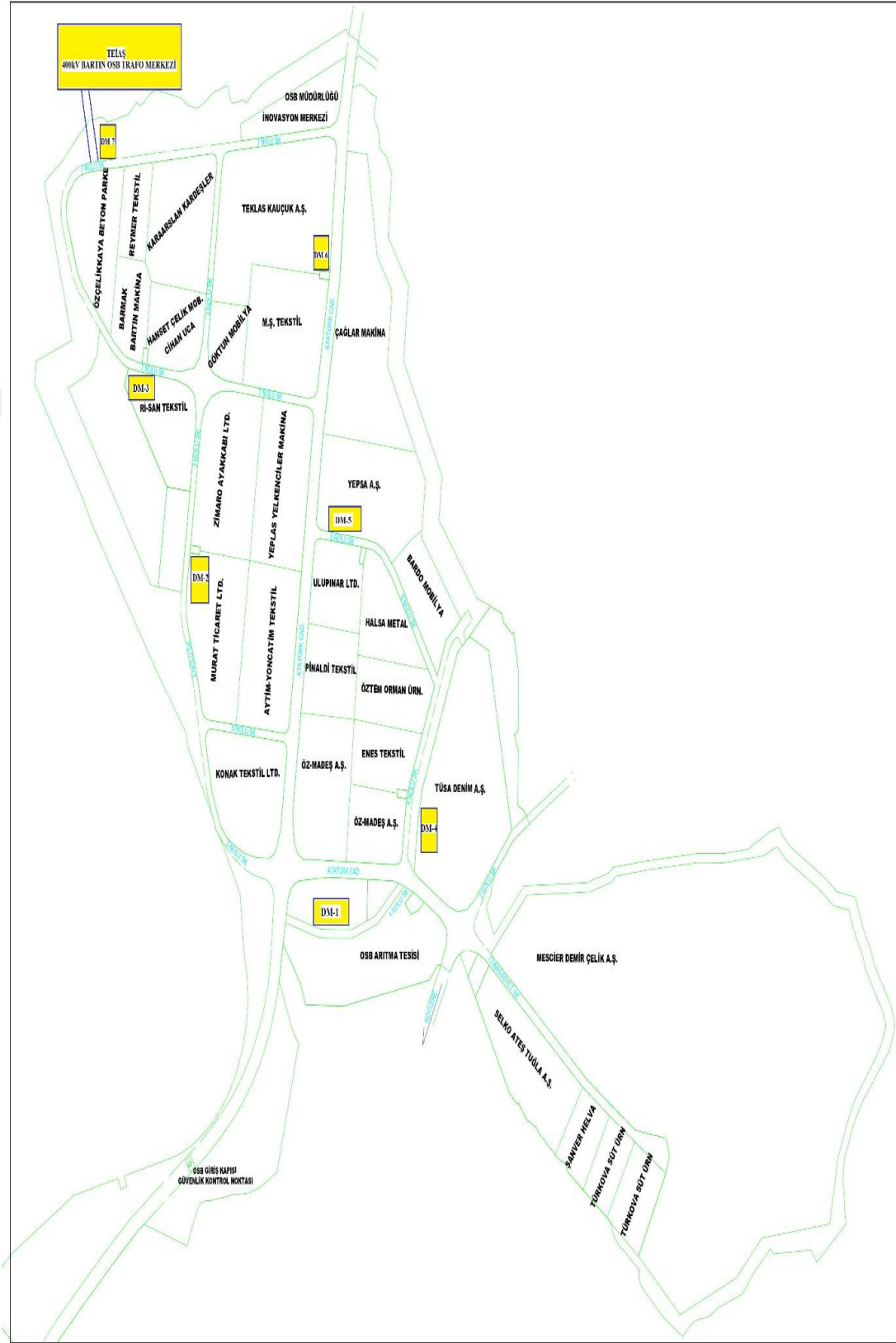
DIgSILENT sayesinde kolayca tek bir program ile tüm güç simülasyon fonksiyonlarının yürütülmesi mümkündür. Program ile yapılan çalışmalar;

- Güç Akış Analizi,
- Kısa Devre Analizi,
- N-1(Arıza Durum) Analizi,
- Güvenilirlik Analizi,
- Üretim Yeterliliği Analizi,

- Optimal Güç Akış Analizi,
- Alçak Gerilim Şebeke Analizi,
- Model Parametre Tanımlama,
- Güç Sistemlerinin Dinamik Simülasyonu,
- Harmonik Analizi,
- Flicker Analizi,
- Dağıtım Şebekesi Analizi,
- Stabilitate Hesaplama ve Koruma Koordinasyon,
- Rüzgar ve Güneş Santrallerinin Modellenmesi,

analizleri yapılabilmektedir [39]. Bu program öncelikli olarak bir grafik ortamında kullanılmak ve işletilmek üzere tasarlanmıştır. Yani veriler, çizim üzerinde istenilen bilgiler girilerek düzenlenir. Tez çalışmamızda yük akış analizi, dağıtım şebekesi analizi fonksiyonları ile analizler yapılmıştır.

4.2. Bartın Organize Sanayi Bölgesi Elektrik Dağıtım Şebekesi Özellikleri



Şekil 4.1. Bartın organize sanayi bölgesi yerleşim planı

Bartın Organize Sanayi Bölgesinde(OSB) bulunan Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi(TEİAŞ) trafo merkezinden alınan 33kV gerilim seviyesindeki enerji OSB'nin 7 adet dağıtım merkezi(DM) ile fabrikalara dağıtılmaktadır. OSB içerisinde kauçuk, tekstil, metal, demir-çelik, beton parke, mobilya, makine, ayakkabı ve orman ürünleri olmak üzere 30 adet fabrika aktif olarak üretime devam etmektedir. TEİAŞ trafo merkezi,DM-1,DM-2,DM-3,DM-4,DM-5,DM-6,DM-7'nin OSB yerleşim planındaki görünümü Şekil 4.1.'deki gibidir.

4.2.1. OSB dağıtım merkezleri

DM-1 'de trafo, giriş-çıkış, kublaj, ölçü ve yük ayırıcılı giriş-çıkış hücresi olmak üzere 14 adet hücre bulunmaktadır. 1 adet 0.4MVA dağıtım trafosu ile iç ihtiyaç ve arıtma tesisinin enerji ihtiyacı karşılanmaktadır. 4 fabrika DM-1 üzerinden enerji almaktadır.



Şekil 4.2.DM-1 dağıtım merkezi

DM-2'de giriş-çıkış hücresi olmak üzere 7 adet hücre bulunmaktadır. 5 fabrika DM-2 üzerinden enerji almaktadır.

DM-3'de trafo,giriş-çıkış hücresi olmak üzere 8 adet hücre bulunmaktadır. 1 adet 1MVA dağıtım trafosu ile iç ihtiyaç enerji ihtiyacı karşılanmaktadır.6 fabrika DM-3 üzerinden enerji almaktadır.

DM-4'de giriş-çıkış hücresi olmak üzere 6 adet hücre bulunmaktadır. 4 fabrika DM-4 üzerinden enerji almaktadır.

DM-5'de giriş-çıkış hücresi olmak üzere 9 adet hücre bulunmaktadır. 6 fabrika DM-5 üzerinden enerji almaktadır.

DM-6'da trafo,giriş-çıkış hücresi olmak üzere 8 adet hücre bulunmaktadır. 1 adet 0.4MVA dağıtım trafosu ile iç ihtiyaç enerji ihtiyacı karşılanmaktadır.4 fabrika DM-6 üzerinden enerji almaktadır.

DM-7 TEİAŞ'tan gelen enerjinin ilk giriş yaptığı ve diğer DM'lere dağıtıldığı ana merkezdir. DM-7'de kublaj, ölçü ve giriş-çıkış hücresi olmak üzere 21 adet hücre bulunmaktadır. A fabrikası DM-7 üzerinden direkt olarak enerji almaktadır.



Şekil 4.3. DM-7 dağıtım merkezi

4.2.2. OSB'deki dağıtım trafoları özellikleri

Bartın OSB 'de bulunan fabrikalardaki 33/0.4kV gerilime düşüren 10 farklı güçte trafo bulunmaktadır. Trafo gücü ve sayısı Tablo 4.1.'deki gibidir.

Tablo 4.1. 33/0.4kV trafo güç ve adet bilgileri

	TRAFO GÜCÜ(KVA)	ADET
1	100	2
2	250	5
3	400	12
4	630	1
5	800	1
6	1000	4
7	1250	1
8	1600	11
9	2000	8
10	2500	6
	TOPLAM	51

DIgSILENT PowerFactory programında trafo özellikleriyle ilgili olarak; trafoların primer/sekonder gerilimi, gücü, bağlantı grubu-vektör açısı, yüzde kısa devre gerilimi(Uk) ve bakır kayıpları(Pcu) verilerinin programa girilmesi gerekmektedir. Tablo 4.2.'de her bir trafo için girilmesi gereken veriler oluşturulmuştur.

Tablo 4.2. OSB trafoları teknik özellikleri

	TRAFO GÜCÜ (KVA)	NOMİNAL GERİLİM(kV)	BAĞLANTI GRUBU- VEKTÖR AÇISI	KISA DEVRE GERİLİMİ (% Uk)	BAKIR KAYIPLARI (kW)
1	100	33/0.4	Yzn11	4,5	1,375
2	250	33/0.4	Dyn11	4,5	2,585
3	400	33/0.4	Dyn11	4,5	3,375
4	630	33/0.4	Dyn11	4,5	5,06
5	800	33/0.4	Dyn11	6	6,6
6	1000	33/0.4	Dyn11	6	8,36
7	1250	33/0.4	Dyn11	6	10,45
8	1600	33/0.4	Dyn11	6	13,2
9	2000	33/0.4	Dyn11	6	16,5
10	2500	33/0.4	Dyn11	6	20,35

4.2.3. OSB'deki dağıtım hatları özellikleri

Bartın OSB'de 33kV seviyede kullanılan dağıtım hatları TEİAŞ'tan ilk olarak DM-7'ye giriş yapmaktadır. DIgSILENT PowerFactory programında hatların özellikleri ile ilgili olarak; hattın yeraltı veya havai hat olması, hattın uzunluğu, akım

taşıma kapasitesi ve 20 °C ‘deki iletken DC direnci verilerinin programa girilmesi gerekmektedir. Hatların özellikleri Tablo 4.3., 4.4., 4.5., 4.6., 4.7., 4.8., 4.9., 4.10.’da belirtilmiştir.

Tablo 4.3. DM-7 giriş hatları teknik özellikleri

HATTIN GELDİĞİ YER	HATTIN GİTTİĞİ YER	HAVAI HAT/ YER ALTI HAT	HATTIN UZUNLUĞU (m)	HATTIN KESİTİ	HATTIN AKIM TAŞIMA KAPASİTESİ (A)	20°C İLETKEN DC DİRENCİ (ohm/km)
TEİAŞ	DM-7	YER ALTI HAT	400	3x1x500+35mm ² ALU XLPE	634	0,0605
TEİAŞ	DM-7	YER ALTI HAT	400	3x1x500+35mm ² ALU XLPE	634	0,0605
TEİAŞ	DM-7	YER ALTI HAT	400	3x1x500+35mm ² ALU XLPE	634	0,0605
TEİAŞ	DM-7	YER ALTI HAT	400	3x1x500+35mm ² ALU XLPE	634	0,0605
TEİAŞ	DM-7 HAT-1	YER ALTI HAT	410	3x1x500+35mm ² ALU XLPE	634	0,0605
TEİAŞ	DM-7 HAT-2	YER ALTI HAT	410	3x1x500+35mm ² ALU XLPE	634	0,0605
TEİAŞ	DM-7 HAT-3	YER ALTI HAT	410	3x1x500+35mm ² ALU XLPE	634	0,0605

Tablodan görüleceği üzere 7 adet hat fideri TEİAŞ’tan DM-7’ye giriş yapmaktadır. 33kV gerilim seviyesinde iletken akım taşıma kapasitesine göre 500mm² alüminyum XLPE iletkenin taşıyabileceği maksimum güç denklem (4.1)’e göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \phi \quad (4.1)$$

$$P = \sqrt{3} \times 33 \times 634 \times 1 = 36195 \text{ kW}$$

$$P = 36,195 \text{ MW}$$

TEİAŞ tarafından maksimum yüklenme için aşırı akım 600A ‘e sınırlıdır. Dolayısıyla hattın çekilebilecek maksimum güç denklem (4.1)’e göre ;

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \phi$$

$$P = \sqrt{3} \times 33 \times 600 \times 1 = 34254 \text{ kW}$$

$$P = 34,254 \text{ MW}$$

olarak hesaplanmaktadır.

DM-7'den diğer fabrika ve DM'lere giden hatların özellikleri Tablo 4.4.'de belirtilmiştir.

Tablo 4.4. DM-7 çıkış hatları teknik özellikleri

HATTIN GELDİĞİ YER	HATTIN GİTTİĞİ YER	HAVAI HAT/YER ALTI HAT	HATTIN UZUNLUĞU (m)	HATTIN KESİTİ	HATTIN AKIM TAŞIMA KAPASİTESİ (A)	20°C İLETKEN DC DİRENCİ (ohm/km)
DM-7	A FABRİKA-1	HAVAI HAT	1755	3x477MCM	670	0,1194
DM-7	A FABRİKA-2	HAVAI HAT	1755	3x477MCM	670	0,1194
DM-7	A FABRİKA-3	HAVAI HAT	1755	3x477MCM	670	0,1194
DM-7	A FABRİKA-4	HAVAI HAT	1755	3x477MCM	670	0,1194
DM-7	A FABRİKA-5	YER ALTI HAT	2340	3x1x500+35 mm ² ALU XLPE	634	0,0605
DM-7	A FABRİKA-6	YER ALTI HAT	2340	3x1x500+35 mm ² ALU XLPE	634	0,0605
DM-7	DM-1	HAVAI HAT	1300	3x477MCM	670	0,1194
DM-7	DM-3	HAVAI HAT	450	3x3/0 PIGEON	300	0,3366
DM-7	DM-6	YER ALTI HAT	650	3x1x400+35 mm ² ALU XLPE	571	0,0788

Tablodan görüleceği üzere 9 adet hat fideri DM-7'den diğer DM ve fabrikalara gitmektedir. 33kV gerilim seviyesinde iletkin akım taşıma kapasitesine göre A fabrikası ve DM-1 için 477MCM iletkenin taşıyabileceği maksimum güç denklem (4.1)'e göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$P = \sqrt{3} U_x I_x \cos \phi$$

$$P = \sqrt{3} \times 33 \times 670 \times 1 = 38250 \text{ kW}$$

$$P = 38,250 \text{ MW}$$

DM-1 için 3/0 PIGEON iletken ile taşınabilecek maksimum güç denklem (4.1)'e göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$P = \sqrt{3} U_x I_x \cos \phi$$

$$P = \sqrt{3} \times 33 \times 300 \times 1 = 17127 \text{ kW}$$

$$P = 17,127 \text{ MW}$$

DM-6 için 400 mm² alüminyum XLPE iletken ile taşınabilecek maksimum güç denklem (4.1)'e göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$P = \sqrt{3} U_x I_x \cos \phi$$

$$P = \sqrt{3} \times 33 \times 571 \times 1 = 32598 \text{ kW}$$

$$P = 32,598 \text{ MW}$$

DM-6'dan diğer fabrika ve DM'lere giden hatların özellikleri Tablo 4.5.'de belirtilmiştir.

Tablo 4.5. DM-6 hatları teknik özellikleri

HATTIN GELDİĞİ YER	HATTIN GİTTİĞİ YER	HAVAI HAT/YER ALTI HAT	HATTIN UZUNLUĞU (m)	HATTIN KESİTİ	HATTIN AKIM TAŞIMA KAPASİTESİ (A)	20°C İLETKEN DC DİRENCİ (ohm/km)
DM-6	DM-5	HAVAI HAT	480	3x3/0 PIGEON	300	0,3366
DM-6	B FABRİKASI	YER ALTI HAT	60	3x1x150+25mm ² ALU XLPE	354	0,206
DM-6	C FABRİKASI	YER ALTI HAT	250	3x1x150+25mm ² ALU XLPE	354	0,206
DM-6	Ç FABRİKASI	HAVAI HAT	150	3x1x95+16mm ² CU XLPE	339	0,193
DM-6	D FABRİKASI	HAVAI HAT	50	3 AWG SWALLOW	160	1,0742
DM-6	E İÇ İHTİYAÇ TR-1	HAVAI HAT	150	3x1x240+25mm ² ALU XLPE	461	0,125

Tablodan görüleceği üzere 6 adet hat fideri DM-6'dan diğer DM ve fabrikalara gitmektedir. 33kV gerilim seviyesinde iletken akım taşıma kapasitesine göre DM-5 için 3/0 PIGEON iletkenin taşıyabileceği maksimum güç denklem (4.1)'e göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \phi$$

$$P = \sqrt{3} \times 33 \times 300 \times 1 = 17127 \text{ kW}$$

$$P = 17,127 \text{ MW}$$

B ve C fabrikası için 150mm² alüminyum XLPE iletken ile denklem (4.1)'e göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \phi$$

$$P = \sqrt{3} \times 33 \times 354 \times 1 = 20209 \text{ kW}$$

$$P = 20,209 \text{ MW}$$

Ç fabrikası için 95mm² bakır XLPE iletken ile denklem (4.1)'e göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \phi$$

$$P = \sqrt{3} \times 33 \times 339 \times 1 = 19353 \text{ kW}$$

$$P = 19,353 \text{ MW}$$

D fabrikası için 3 AWG SWALLOW iletken ile denklem (4.1)'e göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \phi$$

$$P = \sqrt{3} \times 33 \times 160 \times 1 = 9134 \text{ kW}$$

$$P = 9,134 \text{ MW}$$

E iç ihtiyaç TR-1 için 240mm² alüminyum XLPE iletken için denklem (4.1)'e göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \phi$$

$$P = \sqrt{3} \times 33 \times 461 \times 1 = 26318 \text{ kW}$$

$$P = 26,318 \text{ MW}$$

DM-5'den diğer fabrika ve DM'lere giden hatların özellikleri Tablo 4.6.'da belirtilmiştir.

Tablo 4.6. DM-5 hatları teknik özellikleri

HATTIN GELDİĞİ YER	HATTIN GİTTİĞİ YER	HAVAİ HAT/YER ALTI HAT	HATTIN UZUNLUĞU (m)	HATTIN KESİTİ	HATTIN AKIM TAŞIMA KAPASİTESİ (A)	20°C İLETKEN DC DİRENCİ (ohm/km)
DM-5	DM-4	HAVAİ HAT	300	3x3/0 PIGEON	300	0,3366
DM-5	F FABRİKASI	YER ALTI HAT	20	3x1x95+16mm ² CU XLPE	339	0,193
DM-5	G FABRİKASI	HAVAİ HAT	120	3 AWG SWALLOW	160	1,0742
DM-5	Ğ FABRİKASI	YER ALTI HAT	100	3x1x95+16mm ² CU XLPE	339	0,193
DM-5	H FABRİKASI	YER ALTI HAT	200	3x1x95+16mm ² CU XLPE	339	0,193
DM-5	İ FABRİKASI	HAVAİ HAT	80	3 AWG SWALLOW	160	1,0742
DM-5	I FABRİKASI	HAVAİ HAT	50	3 AWG SWALLOW	160	1,0742

Tablodan görüleceği üzere 7 adet hat fideri DM-5'den diğer DM ve fabrikalara gitmektedir. 33kV gerilim seviyesinde kablo akım taşıma kapasitesine göre DM-4 için 3/0 PIGEON iletkenin taşıyabileceği maksimum güç denklem (4.1)'e göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \phi$$

$$P = \sqrt{3} \times 33 \times 300 \times 1 = 17127 \text{ kW}$$

$$P = 17,127 \text{ MW}$$

F,Ğ,H fabrikası için 95mm² bakır XLPE iletken ile denklem (4.1)'e göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \phi$$

$$P = \sqrt{3} \times 33 \times 339 \times 1 = 19353 \text{ kW}$$

$$P = 19,353 \text{ MW}$$

G,İ,I fabrikası için 3 AWG SWALLOW iletken ile denklem (4.1)'e göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \phi$$

$$P = \sqrt{3} \times 33 \times 160 \times 1 = 9134 \text{ kW}$$

$$P = 9,134 \text{ MW}$$

DM-4'den diğer fabrika ve DM'lere giden hatların özellikleri Tablo 4.7.'de belirtilmiştir.

Tablo 4.7. DM-4 hatları teknik özellikleri

HATTIN GELDİĞİ YER	HATTIN GİTTİĞİ YER	HAVAİ HAT/YER ALTI HAT	HATTIN UZUNLUĞU (m)	HATTIN KESİTİ	HATTIN AKIM TAŞIMA KAPASİTESİ (A)	20°C İLETKEN DC DİRENCİ (ohm/km)
DM-4	DM-1	HAVAİ HAT	250	3x3/0 PIGEON	300	0,3366
DM-4	J FABRİKASI	HAVAİ HAT	90	3 AWG SWALLOW	160	1,0742
DM-4	K FABRİKASI	HAVAİ HAT	50	3 AWG SWALLOW	160	1,0742
DM-4	L FABRİKASI	HAVAİ HAT	50	3 AWG SWALLOW	160	1,0742
DM-4	M FABRİKASI	YER ALTI HAT	120	3x1x150+25mm ² ALU XLPE	354	0,206

Tablodan görüleceği üzere 5 adet hat fideri DM-4'den diğer DM ve fabrikalara gitmektedir. 33kV gerilim seviyesinde kablo akım taşıma kapasitesine göre DM-1 için 3/0 PIGEON iletkenin taşıyabileceği maksimum güç denklem (4.1)'e göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$P = \sqrt{3}U_x I_x \cos\phi$$

$$P = \sqrt{3} \times 33 \times 300 \times 1 = 17127 \text{ kW}$$

$$P = 17,127 \text{ MW}$$

J,K,L fabrikası için 3 AWG SWALLOW iletken ile denklem (4.1)'e göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$P = \sqrt{3}U_x I_x \cos\phi$$

$$P = \sqrt{3} \times 33 \times 160 \times 1 = 9134 \text{ kW}$$

$$P = 9,134 \text{ MW}$$

M fabrikası için 150mm² alüminyum XLPE iletken denklem (4.1)'e göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$P = \sqrt{3}U_x I_x \cos\phi$$

$$P = \sqrt{3} \times 33 \times 354 \times 1 = 20209 \text{ kW}$$

$$P = 20,209 \text{ MW}$$

DM-3'den diğer fabrika ve DM'lere giden hatların özellikleri Tablo 4.8.'de belirtilmiştir.

Tablo 4.8. DM-3 hatları teknik özellikleri

HATTIN GELDİĞİ YER	HATTIN GİTTİĞİ YER	HAVAI HAT/YER ALTI HAT	HATTIN UZUNLUĞU (m)	HATTIN KESİTİ	HATTIN AKIM TAŞIMA KAPASİTESİ (A)	20°C İLETKEN DC DİRENCİ (ohm/km)
DM-3	DM-2	HAVAI HAT	350	3x3/0 PIGEON	300	0,3366
DM-3	N FABRİKASI	YER ALTI HAT	120	3x1x95+16mm ² CU XLPE	339	0,193
DM-3	O FABRİKASI	YER ALTI HAT	30	3x1x95+16mm ² CU XLPE	339	0,193
DM-3	Ö FABRİKASI	HAVAI HAT	300	3 AWG SWALLOW	160	1,0742
DM-3	P FABRİKASI	YER ALTI HAT	60	3x1x50+16mm ² CU XLPE	232	0,387

Tablodan görüleceği üzere 5 adet hat fideri DM-3'den diğer DM ve fabrikalara gitmektedir.33kV gerilim seviyesinde kablo akım taşıma kapasitesine göre DM-2 için 3/0 PIGEON iletkenin taşıyabileceği maksimum güç denklem (4.1)'e göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$P= \sqrt{3}UxIxcos\phi$$

$$P=\sqrt{3}x33x300x1 = 17127kW$$

$$P = 17,127MW$$

N,O fabrikası için 95mm² bakır XLPE iletken ile denklem (4.1)'e göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$P= \sqrt{3}UxIxcos\phi$$

$$P=\sqrt{3}x33x339x1 = 19353kW$$

$$P = 19,353MW$$

Ö fabrikası için 3 AWG SWALLOW iletken ile denklem (4.1)'e göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$P= \sqrt{3}UxIxcos\phi$$

$$P=\sqrt{3}x33x160x1 = 9134kW$$

$$P = 9,134MW$$

P fabrikası için 50mm² bakır XLPE iletken ile denklem (4.1)'e göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$P= \sqrt{3}UxIxcos\phi$$

$$P=\sqrt{3}x33x232x1 = 13,244kW$$

$$P = 13,244MW$$

DM-2'den diğer fabrika ve DM'lere giden hatların özellikleri Tablo 4.9.'da belirtilmiştir.

Tablo 4.9. DM-2 hatları teknik özellikleri

HATTIN GELDİĞİ YER	HATTIN GİTTİĞİ YER	HAVAİ HAT/YER ALTI HAT	HATTIN UZUNLUĞU (m)	HATTIN KESİTİ	HATTIN AKIM TAŞIMA KAPASİTESİ (A)	20°C İLETKEN DC DİRENCİ (ohm/km)
DM-2	DM-1	HAVAİ HAT	680	3x3/0 PIGEON	300	0,3366
DM-2	S FABRİKASI	HAVAİ HAT	400	3 AWG SWALLOW	160	1,0742
DM-2	Ş FABRİKASI	HAVAİ HAT	80	3 AWG SWALLOW	160	1,0742
DM-2	T FABRİKASI	YER ALTI HAT	240	3x1x95+16mm ² CU XLPE	339	0,193
DM-2	U FABRİKASI	YER ALTI HAT	220	3x1x150+25mm ² ALU XLPE	354	0,206
DM-2	Ü FABRİKASI	HAVAİ HAT	120	3 AWG SWALLOW	160	1,0742

Tablodan görüleceği üzere 5 adet hat fideri DM-2'den diğer DM ve fabrikalara gitmektedir.33kV gerilim seviyesinde kablo akım taşıma kapasitesine göre DM-1 için 3/0 PIGEON iletkenin taşıyabileceği maksimum güç denklem (4.1)'e göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos\phi$$

$$P = \sqrt{3} \times 33 \times 300 \times 1 = 17127 \text{ kW}$$

$$P = 17,127 \text{ MW}$$

S,Ş,Ü fabrikası için 3 AWG SWALLOW iletken ile denklem (4.1)'e göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos\phi$$

$$P = \sqrt{3} \times 33 \times 160 \times 1 = 9134 \text{ kW}$$

$$P = 9,134 \text{ MW}$$

T fabrikası için 95mm² bakır XLPE iletken ile denklem (4.1)'e göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \phi$$

$$P = \sqrt{3} \times 33 \times 339 \times 1 = 19353 \text{ kW}$$

$$P = 19,353 \text{ MW}$$

U fabrikası için 150 mm² alüminyum XLPE iletken ile denklem (4.1)'e göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \phi$$

$$P = \sqrt{3} \times 33 \times 354 \times 1 = 20209 \text{ kW}$$

$$P = 20,209 \text{ MW}$$

DM-1'den diğer fabrika ve DM'lere giden hatların özellikleri Tablo 4.10.'de belirtilmiştir.

Tablo 4.10. DM-1 hatları teknik özellikleri

HATTIN GELDİĞİ YER	HATTIN GİTTİĞİ YER	HAVAİ HAT/YER ALTI HAT	HATTIN UZUNLUĞU (m)	HATTIN KESİTİ	HATTIN AKIM TAŞIMA KAPASİTESİ (A)	20°C İLETKEN DC DİRENCİ (ohm/km)
DM-1	A FABRİKASI-7	HAVAİ HAT	550	3x477MCM	670	0,1194
DM-1	V FABRİKASI	HAVAİ HAT	1440	3 AWG SWALLOW	160	1,0742
DM-1	Y-W-X FABRİKASI	HAVAİ HAT	940	3 AWG SWALLOW	160	1,0742

Tablodan görüleceği üzere 3 adet hat fideri DM-1'den fabrikalara gitmektedir.33kV gerilim seviyesinde kablo akım taşıma kapasitesine göre A fabrikası için 477MCM iletkenin taşıyabileceği maksimum güç denklem (4.1)'e göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \phi$$

$$P = \sqrt{3} \times 33 \times 670 \times 1 = 38250 \text{ kW}$$

$$P = 38,250 \text{ MW}$$

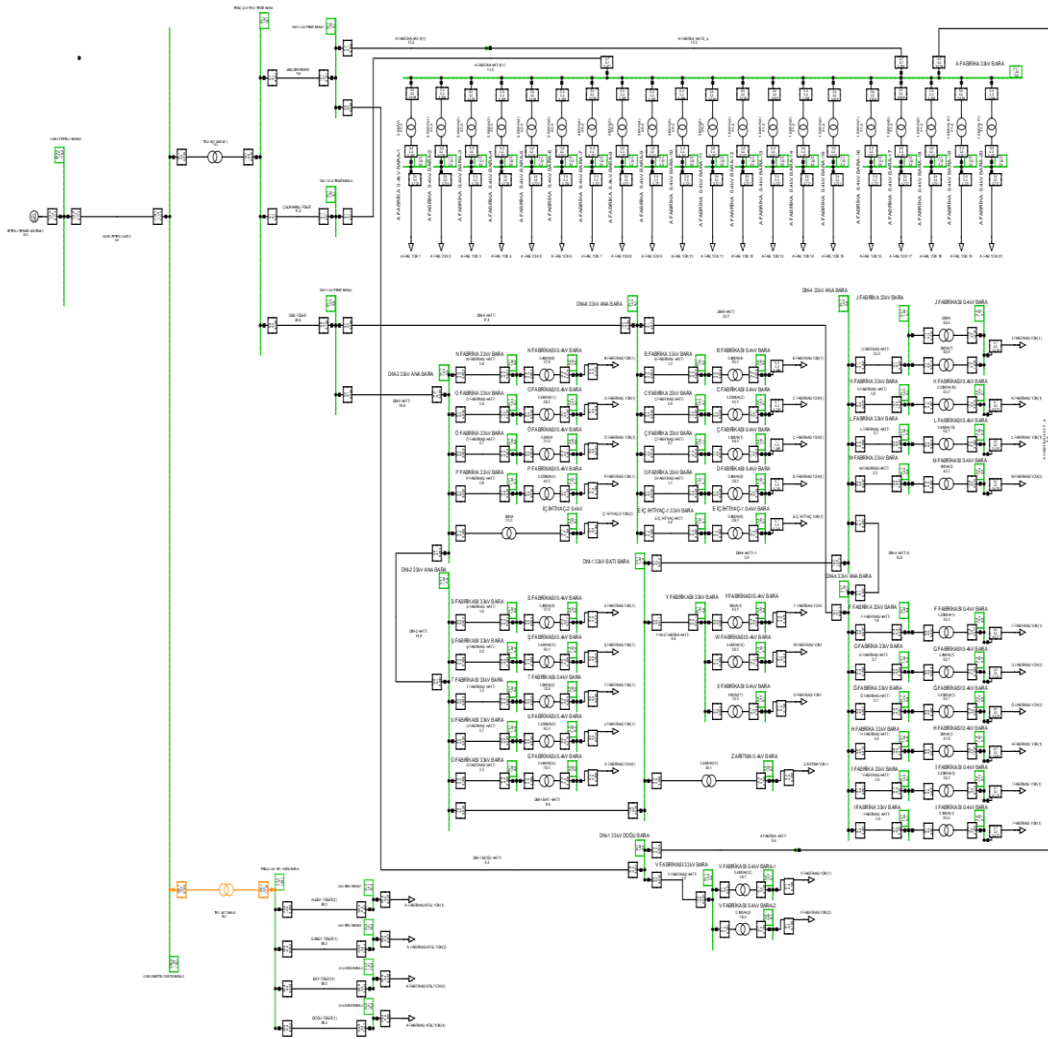
V,Y fabrikası için 3 AWG SWALLOW iletken ile denklem (4.1)'e göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \phi$$

$$P = \sqrt{3} \times 33 \times 160 \times 1 = 9134 \text{ kW}$$

$$P = 9,134 \text{ MW}$$

4.3. Bartın Organize Sanayi Bölgesi Dağıtım Sistemi Tek Hat Modellemesi

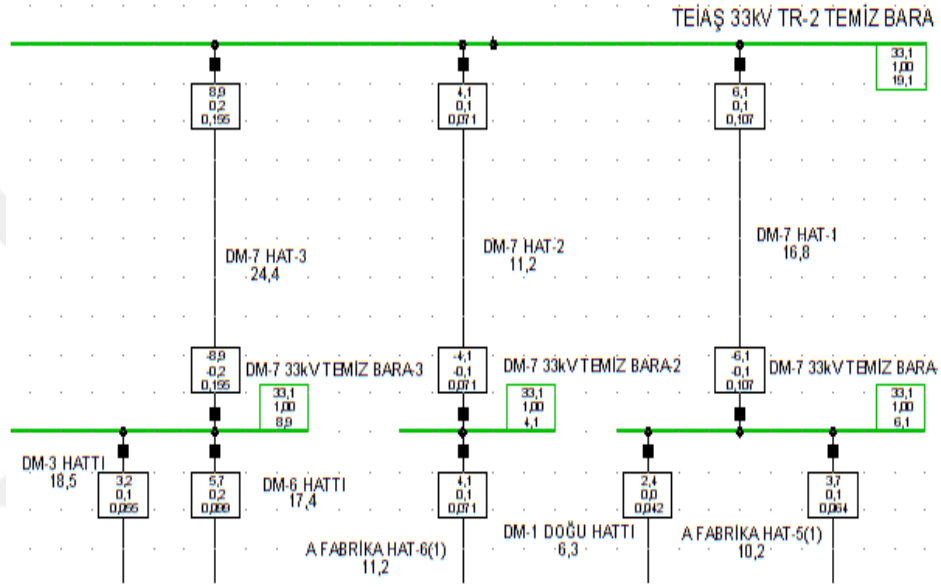


Şekil 4.4. Bartın OSB tek hat ve mevcut yük durumu

Bartın OSB 'nin mevcut yük durumu baz alınarak DIGSILENT PowerFactory programında orta gerilim(OG) tek hattının modellemesi yapılmıştır.

4.4. Mevcut Dağıtım Şebekesi Yük Akış Analizi ve Yük Durumu

Yüksek hızlı DC şarj istasyonu kurulacak noktaların belirlenmesi açısından öncelikle mevcut yük durumu analizi gerçekleştirilecektir. Programda tek hat modellemesi yapılmış ve teçhizatların verileri girilip yük akış analizi yapılmıştır. TEİAŞ'tan alınan enerjinin tamamı 3 hat üzerinden DM-7'ye taşınmaktadır. TEİAŞ'tan giden 3 hat üzerindeki ve DM-7'den diğer DM'lere giden hatların yük akışı Şekil 4.5.'de gösterilmiştir.



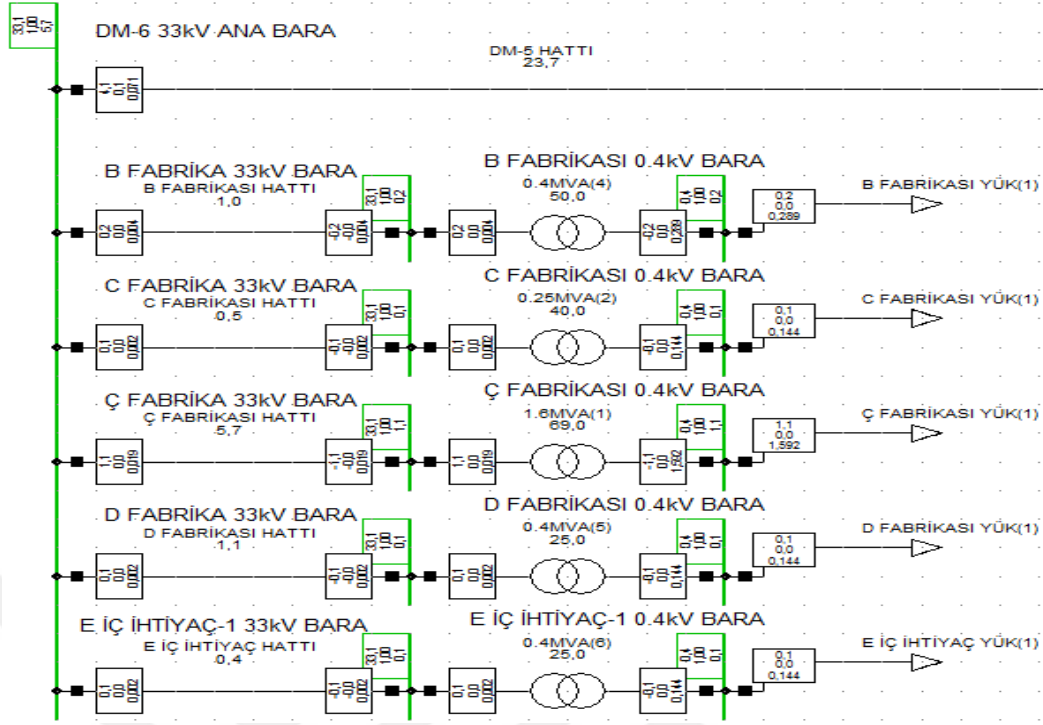
Şekil 4.5. TEİAŞ çıkışı ve DM-7 çıkışı hatların yük akışı

Şekil 4.5. incelendiğinde OG hatlar üzerindeki yük durumu ve hattın yüklenme yüzdesi Tablo 4.11.'de verilmiştir.

Tablo 4.11. TEİAŞ çıkışı ve DM-7 çıkışı hatların yük ve yüklenme durumu

HAT ADI	HATTIN KESİTİ	HATTIN YÜKLENME DURUMU (%)	HATTIN ÜZERİNDE BULUNAN YÜK (MW)
DM-7 HAT-1	3x1x500+35mm ² ALU XLPE	16,8	6,1
DM-7 HAT-2	3x1x500+35mm ² ALU XLPE	11,2	4,1
DM-7 HAT-3	3x1x500+35mm ² ALU XLPE	24,4	8,9
A FABRIKA HAT-5	3x1x500+35mm ² ALU XLPE	10,2	3,7
A FABRIKA HAT-6	3x1x500+35mm ² ALU XLPE	11,2	4,1
DM-1 DOĞU HATTI	3x477MCM	6,3	2,4
DM-3 HATTI	3x3/0 PIGEON	18,5	3,2
DM-6 HATTI	3x1x400+35mm ² ALU XLPE	17,4	5,7

DM-6 üzerinden beslenen diğer DM ve fabrikaların OG hatları ve trafoları üzerindeki yük akışı Şekil 4.6.'deki gibidir.



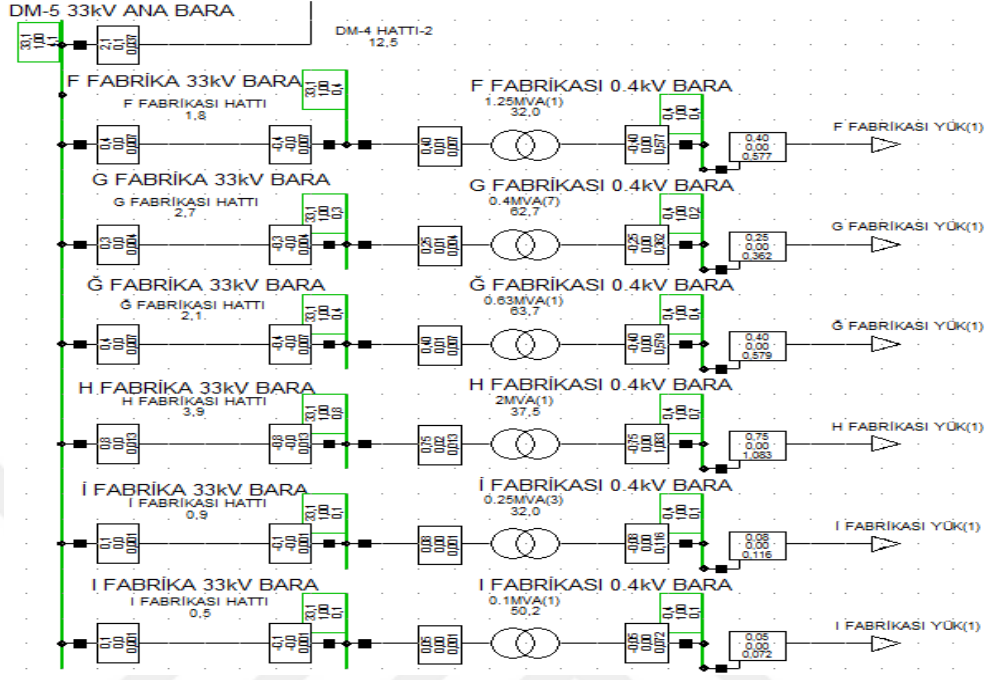
Şekil 4.6. DM-6 çıkışı hatların ve trafoların yük akışı

Şekil 4.6. incelendiğinde OG hatlar ve trafolar üzerindeki yük durumu ve hat ve trafoların yüklenme yüzdesi Tablo 4.12.'de verilmiştir.

Tablo 4.12. DM-6 çıkışı hatların ve trafoların yük ve yüklenme durumu

HAT ADI	HATTIN KESİTİ	HATTIN YÜKLENME DURUMU (%)	HATTIN ÜZERİNDE BULUNAN YÜK (MW)	TRAFO GÜCÜ (MVA)	TRAFO YÜKLENME DURUMU (%)
DM-5 HATTI	3x3/0 PIGEON	23,7	4,1	-	-
B FABRİKASI HATTI	3x1x150+25mm ² ALU XLPE	1	0,2	0,4	50
C FABRİKASI HATTI	3x1x150+25mm ² ALU XLPE	0,5	0,1	0,25	40
Ç FABRİKASI HATTI	3x1x95+16mm ² CU XLPE	5,7	1,1	1,6	69
D FABRİKASI HATTI	3 AWG SWALLOW	1,1	0,1	0,4	25
E İÇ İHTİYAÇ TR-1	3x1x240+25mm ² ALU XLPE	0,4	0,1	0,4	25

DM-5 üzerinden beslenen diğer DM ve fabrikaların OG hatları ve trafoları üzerindeki yük akışı Şekil 4.7.'deki gibidir.



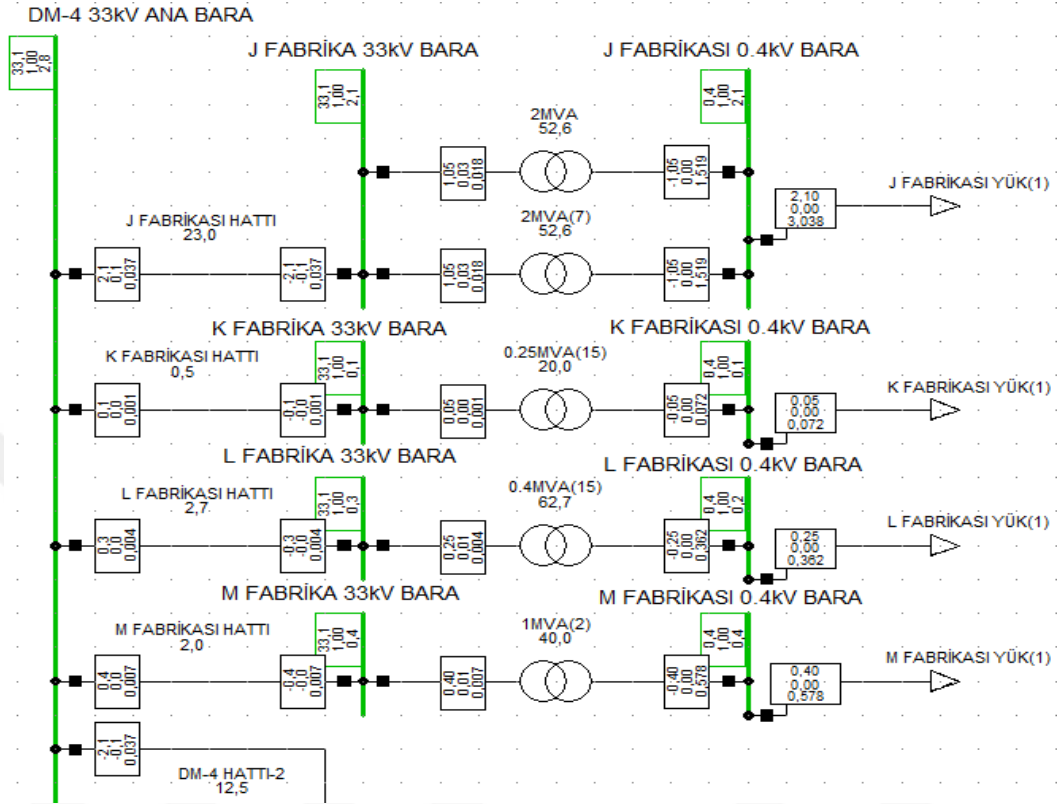
Şekil 4.7. DM-5 çıkışı hatların ve trafoların yük akışı

Şekil 4.7. incelendiğinde OG hatlar ve trafolar üzerindeki yük durumu ve hat ve trafoların yüklenme yüzdesi Tablo 4.13.'de verilmiştir.

Tablo 4.13. DM-5 çıkışı hatların ve trafoların yük ve yüklenme durumu

HAT ADI	HATTIN KESİTİ	HATTIN YÜKLENME DURUMU (%)	HATTIN ÜZERİNDE BULUNAN YÜK (MW)	TRAFO GÜCÜ (MVA)	TRAFO YÜKLENME DURUMU (%)
DM-4 HATTI-2	3x3/0 PIGEON	12,5	2,1	-	-
F FABRİKASI HATTI	3x1x95+16mm ² CU XLPE	1,8	0,4	1,25	32
G FABRİKASI HATTI	3 AWG SWALLOW	2,7	0,25	0,4	62,7
Ğ FABRİKASI HATTI	3x1x95+16mm ² CU XLPE	2,1	0,4	0,63	63,7
H FABRİKASI HATTI	3x1x95+16mm ² CU XLPE	3,9	0,75	2	37,5
İ FABRİKASI HATTI	3 AWG SWALLOW	0,9	0,08	0,25	32
I FABRİKASI HATTI	3 AWG SWALLOW	0,5	0,05	0,1	50,2

DM-4 üzerinden beslenen diğer DM ve fabrikaların OG hatları ve trafoları üzerindeki yük akışı Şekil 4.8.'deki gibidir.



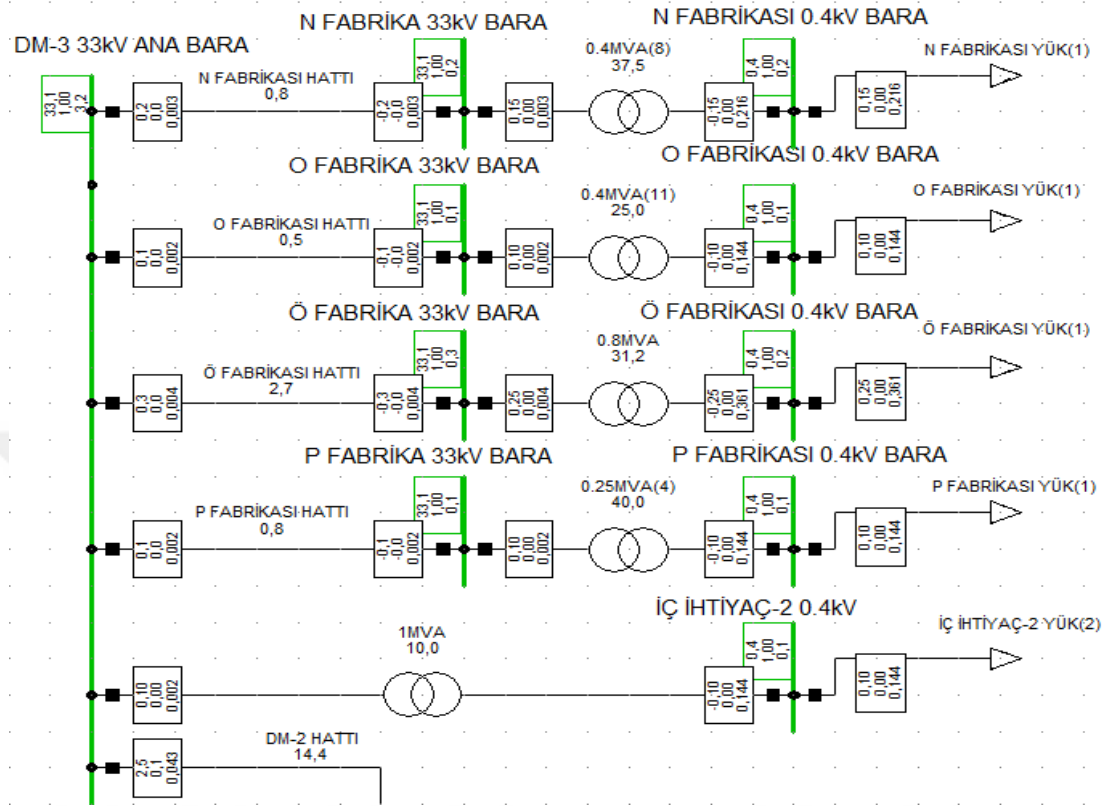
Şekil 4.8. DM-4 çıkışı hatların ve trafoların yük akışı

Şekil 4.8. incelendiğinde OG hatlar ve trafolar üzerindeki yük durumu ve hat ve trafoların yüklenme yüzdesi Tablo 4.14.'de verilmiştir.

Tablo 4.14. DM-4 çıkışı hatların ve trafoların yük ve yüklenme durumu

HAT ADI	HATTIN KESİTİ	HATTIN YÜKLENME DURUMU (%)	HATTIN ÜZERİNDE BULUNAN YÜK (MW)	TRAFO GÜCÜ (MVA)	TRAFO YÜKLENME DURUMU (%)
DM-4 HATTI-2	3x3/0 PIGEON	12,5	2,1	-	-
J FABRİKASI HATTI	3 AWG SWALLOW	23	2,1	2	52,6
K FABRİKASI HATTI	3 AWG SWALLOW	0,5	0,05	0,25	20
L FABRİKASI HATTI	3 AWG SWALLOW	2,7	0,25	0,4	62,7
M FABRİKASI HATTI	3x1x150+25mm ² ALU XLPE	2	0,4	1	40

DM-3 üzerinden beslenen diğer DM ve fabrikaların OG hatları ve trafoları üzerindeki yük akışı Şekil 4.9.'deki gibidir.



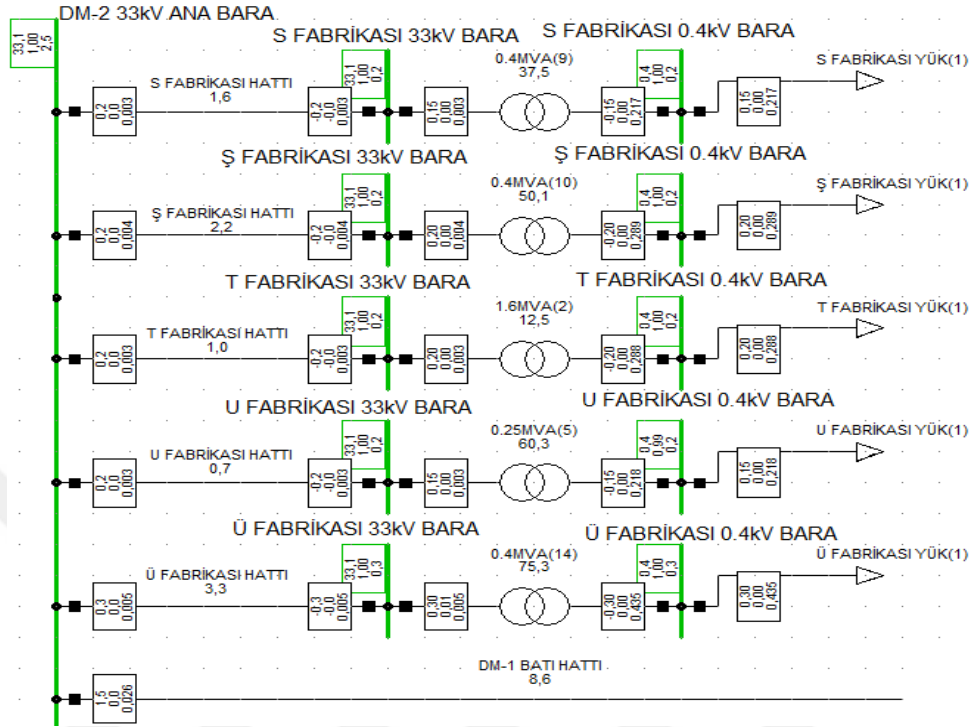
Şekil 4.9. DM-3 çıkışı hatların ve trafoların yük akışı

Şekil 4.9. incelendiğinde OG hatlar ve trafolar üzerindeki yük durumu ve hat ve trafoların yüklenme yüzdesi Tablo 4.15.'de verilmiştir.

Tablo 4.15. DM-3 çıkışı hatların ve trafoların yük ve yüklenme durumu

HAT ADI	HATTIN KESİTİ	HATTIN YÜKLENME DURUMU (%)	HATTIN ÜZERİNDE BULUNAN YÜK (MW)	TRAFÖ GÜCÜ (MVA)	TRAFÖ YÜKLENME DURUMU (%)
DM-2 HATTI	3x3/0 PIGEON	14,4	2,5	-	-
N FABRİKASI HATTI	3x1x95+16mm ² CU XLPE	0,8	0,15	0,4	37,5
O FABRİKASI HATTI	3x1x95+16mm ² CU XLPE	0,5	0,1	0,4	25
Ö FABRİKASI HATTI	3 AWG SWALLOW	2,7	0,25	0,8	31,2
P FABRİKASI HATTI	3x1x50+16mm ² CU XLPE	0,8	0,1	0,25	40
İÇ İHTİYAÇ TRAFOSU-2				1	10

DM-2 üzerinden beslenen diğer DM ve fabrikaların OG hatları ve trafoları üzerindeki yük akışı Şekil 4.10.'deki gibidir.



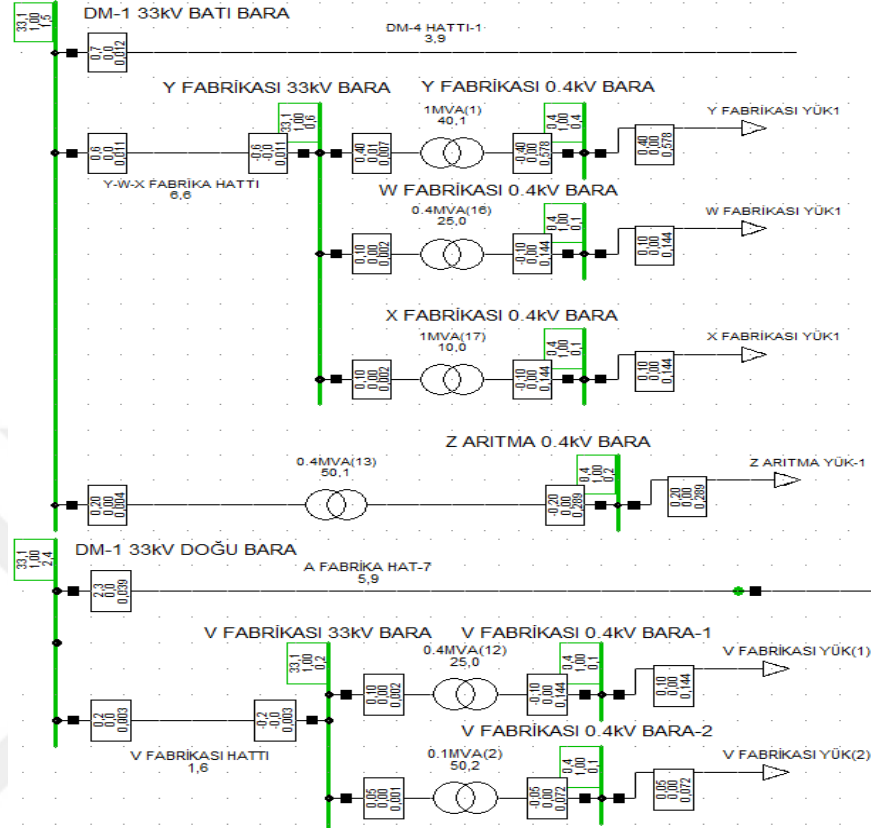
Şekil 4.10. DM-2 çıkışı hatların ve trafoların yük akışı

Şekil 4.10. incelendiğinde OG hatlar ve trafolar üzerindeki yük durumu ve hat ve trafoların yüklenme yüzdesi Tablo 4.16.'de verilmiştir.

Tablo 4.16. DM-2 çıkışı hatların ve trafoların yük ve yüklenme durumu

HAT ADI	HATTIN KESİTİ	HATTIN YÜKLENME DURUMU (%)	HATTIN ÜZERİNDE BULUNAN YÜK (MW)	TRAFÖ GÜCÜ (MVA)	TRAFÖ YÜKLENME DURUMU (%)
DM-1 BATI HATTI	3x3/0 PIGEON	8,6	1,5	-	-
S FABRİKASI	3 AWG SWALLOW	1,6	0,15	0,4	37,5
Ş FABRİKASI	3 AWG SWALLOW	2,2	0,2	0,4	50,1
T FABRİKASI	3x1x95+16mm ² CU XLPE	1	0,2	1,6	12,5
U FABRİKASI	3x1x150+25mm ² ALU XLPE	0,7	0,15	0,25	60,3
Ü FABRİKASI	3 AWG SWALLOW	3,3	0,3	0,4	75,3

DM-1 üzerinden beslenen diğer DM ve fabrikaların OG hatları ve trafoları üzerindeki yük akışı Şekil 4.11.'deki gibidir.



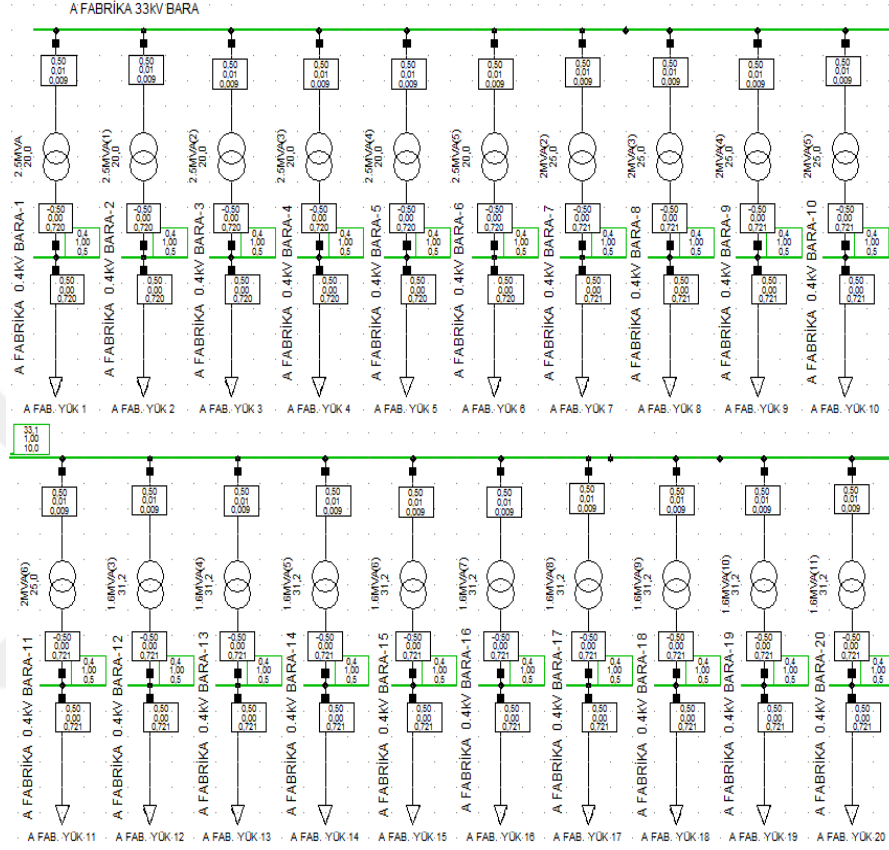
Şekil 4.11. DM-1 çıkışı hatların ve trafoların yük akışı

Şekil 4.11. incelendiğinde OG hatlar ve trafolar üzerindeki yük durumu, hat ve trafoların yüklenme yüzdesi Tablo 4.17.'de verilmiştir.

Tablo 4.17. DM-1 çıkışı hatların ve trafoların yük ve yüklenme durumu

HAT ADI	HATTIN KESİTİ	HATTIN YÜKLENME DURUMU (%)	HATTIN ÜZERİNDE BULUNAN YÜK (MW)	TRAFO GÜCÜ (MVA)	TRAFO YÜKLENME DURUMU (%)
DM-4 HATTI-1	3x3/0 PIGEON	3,9	0,7	-	-
A FABRİKASI HAT-7	3x477MCM	5,9	2,3	-	-
V FABRİKASI HATTI	3 AWG SWALLOW	1,6	0,15	0,4	25
				0,1	50,2
Y-W-X FABRİKASI HATTI	3 AWG SWALLOW	6,6	0,6	1	40,1
				0,4	25
				1	10
Z ARITMA TRAFOSU				0,4	50,1

A-FABRİKASI en büyük kurulu güce sahip ve dolayısıyla en fazla trafonun bulunduğu fabrika olup DM-1 üzerinden A FABRİKASI HAT-7, DM-7 üzerinden A FABRİKASI HAT-5 ve HAT-6'dan enerji çekmektedir. A fabrikasının trafoları üzerindeki yük akışı Şekil 4.12.'deki gibidir.



Şekil 4.12. A Fabrikası trafolarının yük akışı

Şekil 4.12. incelendiğinde trafoların gücü, çekilen yük durumu ve trafoların yüklenme yüzdesi Tablo 4.18.'de verilmiştir.

Tablo 4.18. A Fabrikası trafolarının yük ve yüklenme durumu

FABRİKA ADI	TRAFO GÜCÜ (MVA)	ÇEKİLEN YÜK (MW)	TRAFO YÜKLENME DURUMU (%)
A FABRİKASI YÜK-1	2,5	0,5	20
A FABRİKASI YÜK-2	2,5	0,5	20
A FABRİKASI YÜK-3	2,5	0,5	20
A FABRİKASI YÜK-4	2,5	0,5	20
A FABRİKASI YÜK-5	2,5	0,5	20

Tablo 4.18. (Devam) A Fabrikası trafolarının yük ve yüklenme durumu

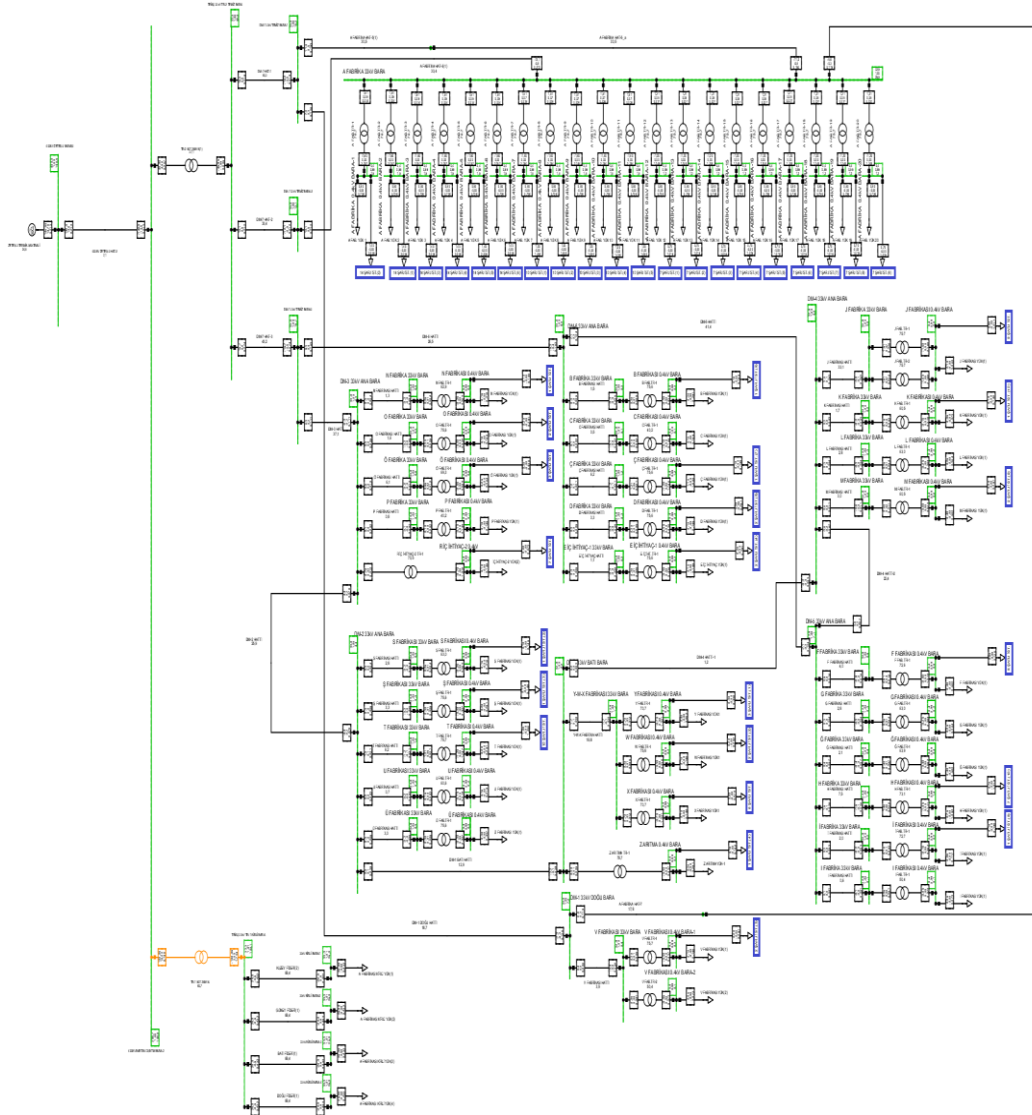
FABRİKA ADI	TRAFO GÜCÜ (MVA)	ÇEKİLEN YÜK (MW)	TRAFO YÜKLENME DURUMU (%)
A FABRİKASI YÜK-6	2,5	0,5	20
A FABRİKASI YÜK-7	2	0,5	25
A FABRİKASI YÜK-8	2	0,5	25
A FABRİKASI YÜK-9	2	0,5	25
A FABRİKASI YÜK-10	2	0,5	25
A FABRİKASI YÜK-11	2	0,5	25
A FABRİKASI YÜK-12	1,6	0,5	31,2
A FABRİKASI YÜK-13	1,6	0,5	31,2
A FABRİKASI YÜK-14	1,6	0,5	31,2
A FABRİKASI YÜK-15	1,6	0,5	31,2
A FABRİKASI YÜK-16	1,6	0,5	31,2
A FABRİKASI YÜK-17	1,6	0,5	31,2
A FABRİKASI YÜK-18	1,6	0,5	31,2
A FABRİKASI YÜK-19	1,6	0,5	31,2

Yük akış analizi sonucu tüm fabrika trafoları incelendiğinde I ve V fabrikasında bulunan 100kVA 'lık trafoların %50 yüklü olduğu görünmektedir. Yapılacak olan analizlerde 100kW 'lık yüksek hızlı DC şarj istasyonu kullanılacağı için I ve V fabrikalarının trafo güçleri yetersiz olduğu için senaryo-1 ve senaryo-2 'de bu noktalara şarj istasyonu bağlantısı yapılamayacaktır. Genel olarak hat yüklenme kapasiteleri ile ilgili durum incelendiğinde trafonun maksimum yüklenme durumundaki akım kapasitesinden daha çok yüklenme kapasitesine sahip oldukları için ilave trafo tahsisi ile birçok noktaya yeni şarj istasyonu kurmak mümkündür. Bu durum ile ilgili analiz 200kW'lık yüksek hızlı DC şarj istasyonları ile senaryo-3'te yapılacaktır.

4.5. Senaryo 1 Trafoların %75 Yükleme Durumu İçin Şarj İstasyonu Kurulabilecek Yerler

Bu senaryoda 100kW'lık yüksek hızlı DC şarj istasyonlarının fabrikalarda bulunan trafoların kendi yükleriyle beraber %75 yüklendiği durumda ne kadar şarj istasyonu kurulabileceği ve hatlardaki yüklenme durumu analiz edilecektir.

Mevcut trafoların şarj istasyonu bağlanmadan önceki yüklenme durumu şebeke ilk durum yük akış analizinden tespit edilmiştir. Bu yük durumu üzerinden 100kW'lık şarj istasyonlarının hangi trafolarla bağlanacağına karar verilmiş ve şarj istasyonları bağlantısı yapılmıştır. Şekil 4.13'de Senaryo 1 için kurulabilecek şarj istasyonları mavi kutu ile işaretlenerek belirtilmiş ve DIGSILENT yük akış çıktısı gösterilmiştir.



Şekil 4.13. Senaryo 1 DIGSILENT yük akış çıktısı

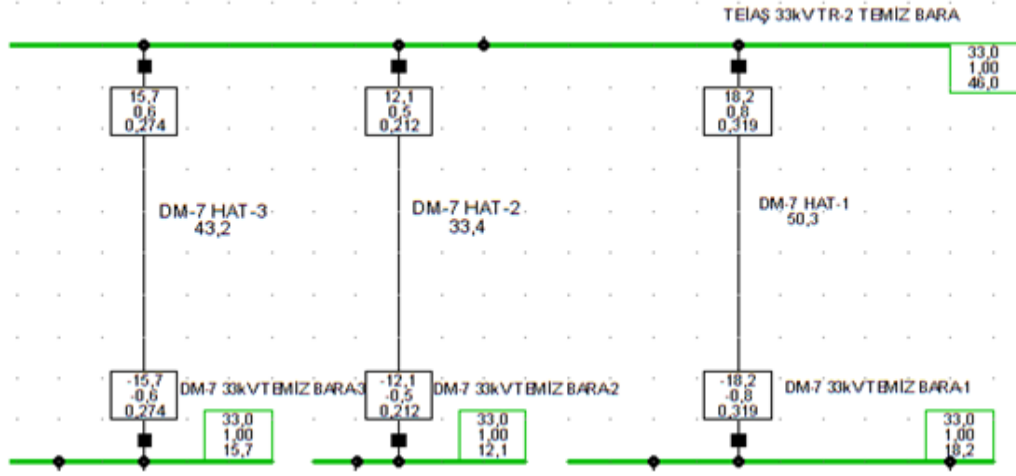
Senaryo 1 modellemesinde planlanan trafoların %75 yüklenme durumu için 100kW'lık yüksek hızlı DC şarj istasyonlarının kurulmasıdır. C,G,Ğ,L,P,U,Ü fabrika trafolarının yüklerinin ilk yük akış analizi yapıldığı durumda %75 yüklenme seviyelerinde olması veya şarj istasyonu bağlantısı yapıldığında %75 yüklenmenin çok üzerinde yüklenmesi nedeniyle bu senaryoda analize dahil edilmemiştir. Senaryo 1 sonucunda şarj istasyonu kurulabilecek yerler ve şarj istasyonu sayısı Tablo 4.19'da gösterilmiştir.

Tablo 4.19.Senaryo 1 şarj istasyonu kurulabilecek yerler ve şarj istasyonu sayısı

ŞARJ İSTASYONU KURULACAK YER	ŞARJ İSTASYONU SAYISI	TRAFO YÜKLENME DURUMU (%)
A FABRİKASI	206	75,7
B FABRİKASI	1	75,6
Ç FABRİKASI	1	75,6
D FABRİKASI	2	75,6
E FABRİKASI	2	75,6
F FABRİKASI	5	72,6
H FABRİKASI	7	73,1
İ FABRİKASI	1	72,7
J FABRİKASI	9	75,7
K FABRİKASI	1	60,5
M FABRİKASI	2	60,5
N FABRİKASI	1	62,9
O FABRİKASI	2	75,6
Ö FABRİKASI	3	69,3
R İÇ İHTİYAÇ-2	6	70,5
S FABRİKASI	1	63
Ş FABRİKASI	1	75,6
T FABRİKASI	10	75,7
V FABRİKASI	2	75,7
Y FABRİKASI	3	70,7
W FABRİKASI	2	75,8
X FABRİKASI	6	70,7
Z ARITMA TESİSİ	1	75,7
TOPLAM	275	

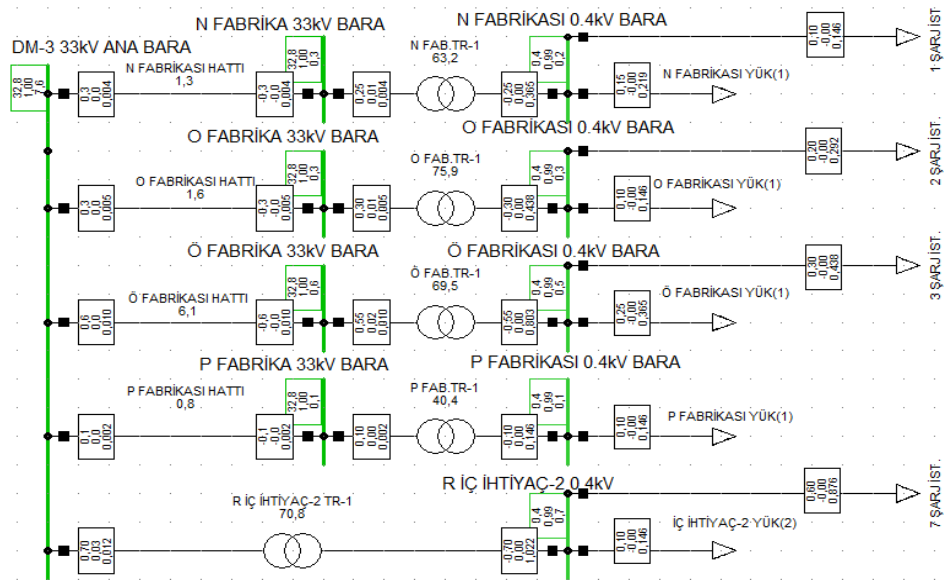
Tablo 4.19'dan görüleceği üzere toplamda 275 adet 100kW'lık yüksek hızlı DC şarj istasyonu kurulabileceği bulunmuştur. Sistem yük durumu göz önüne alındığında şarj istasyonu bağlanmadan önceki güç ihtiyacı 19MW iken 275 adet istasyonun 27,5MW'lık ilave güç ihtiyacı ortaya çıkmaktadır.

TEİAŞ'tan enerjinin alındığı 3 ana dağıtım hattı üzerindeki yüklenme durumu Şekil.4.14'de verilmiştir.



Şekil.4.14. Ana dağıtım hatları yük durumu

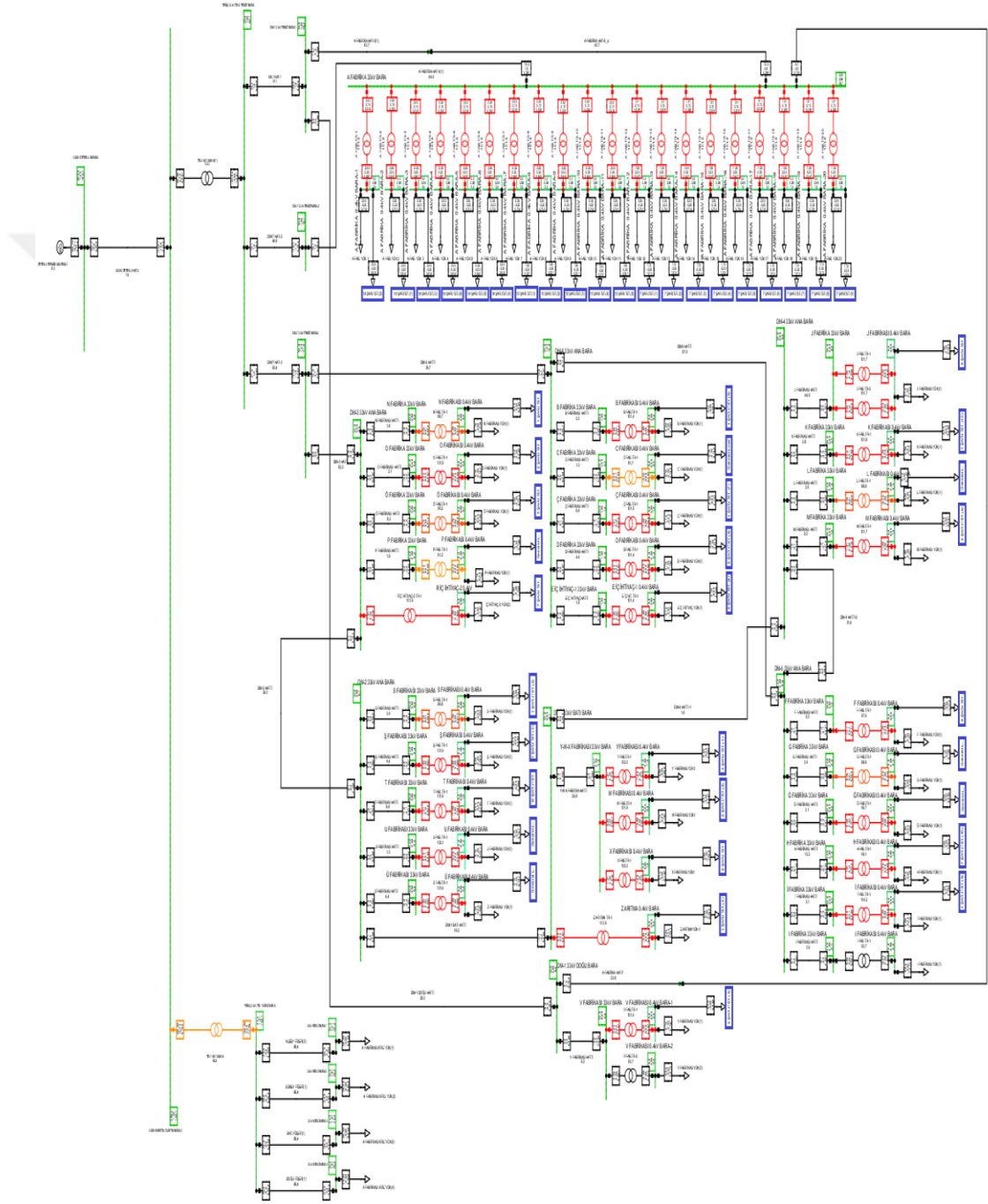
Ana beslemeler dışında diğer DM'ler arası dağıtım hatları da DIGSILENT üzerinden analiz edilmiş olup genel olarak yüklenme durumları %25-30 seviyelerinde olmakla birlikte DM-6'dan DM-5'giden DM-5 hattının yüklenme durumu % 41,4'tür. DM'lerden fabrikaları besleyen özel hatların kapasitesi kendi trafolarının maksimum yüklenme durumu için dahi çok yüksek kapasiteli seçildiği için yüklenme durumları %10 seviyelerinin altındadır. Şekil 4.15.'de DM-3 üzerinden enerjili olan trafoların %75 yüklenme durumu için şarj istasyonu yüklerinin DIGSILENT program çıktısı örnek olarak verilmiştir.



Şekil 4.15. DM-3 tek hattı üzerinde şarj istasyonu yüklerinin gösterimi

4.6. Senaryo 2 Trafoların %100 Yükleme Durumu için Şarj İstasyonu Kurulabilecek Yerler

Senaryo 2’de trafoların %100’üne kadar yüklenmesi durumu için şarj istasyonu bağlantısı yapılmıştır. Şekil 4.16’da Senaryo 2’de kurulan şarj istasyonları mavi kutu ile işaretlenerek belirtilmiş ve DIGSILENT yük akış çıktısı gösterilmiştir.



Şekil 4.16. Senaryo 2 DIGSILENT yük akış çıktısı

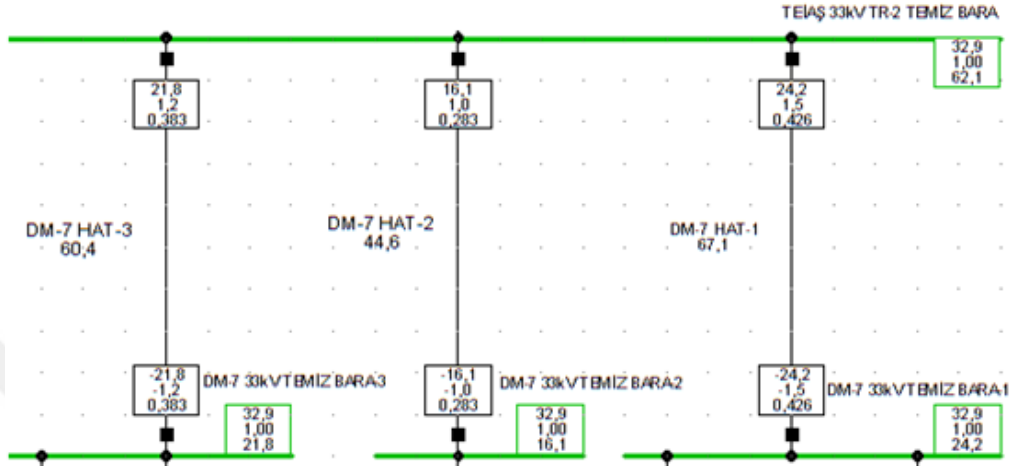
Senaryo 2 modellemesinde planlanan trafoların %100 yüklenme durumu için 100kW'lık yüksek hızlı DC şarj istasyonlarının kurulması analiz edilmiştir. Senaryo 2 sonucunda şarj istasyonu kurulabilecek yerler ve şarj istasyonu sayısı Tablo 4.20'de gösterilmiştir.

Tablo 4.20. Senaryo 2 şarj istasyonu kurulabilecek yerler ve şarj istasyonu sayısı

ŞARJ İSTASYONU KURULACAK YER	ŞARJ İSTASYONU SAYISI	TRAFO YÜKLENME DURUMU (%)
A FABRİKASI	294	101,6
B FABRİKASI	2	101,4
C FABRİKASI	1	81,1
Ç FABRİKASI	5	101,5
D FABRİKASI	3	101,4
E FABRİKASI	3	101,4
F FABRİKASI	8	97,6
G FABRİKASI	1	88,8
Ğ FABRİKASI	2	96,7
H FABRİKASI	12	99,1
İ FABRİKASI	2	114,2
J FABRİKASI	19	101,7
K FABRİKASI	2	101,8
L FABRİKASI	1	88,8
M FABRİKASI	6	101,7
N FABRİKASI	2	88,7
O FABRİKASI	3	101,5
Ö FABRİKASI	5	95,2
P FABRİKASI	1	81,2
R İÇ İHTİYAÇ-2	7	101,6
S FABRİKASI	2	88,8
Ş FABRİKASI	2	101,6
T FABRİKASI	14	101,6
U FABRİKASI	1	102,1
Ü FABRİKASI	1	101,6
V FABRİKASI	3	101,6
Y FABRİKASI	6	102
W FABRİKASI	3	101,9
X FABRİKASI	9	102
Z ARITMA TESİSİ	2	101,6
TOPLAM	422	

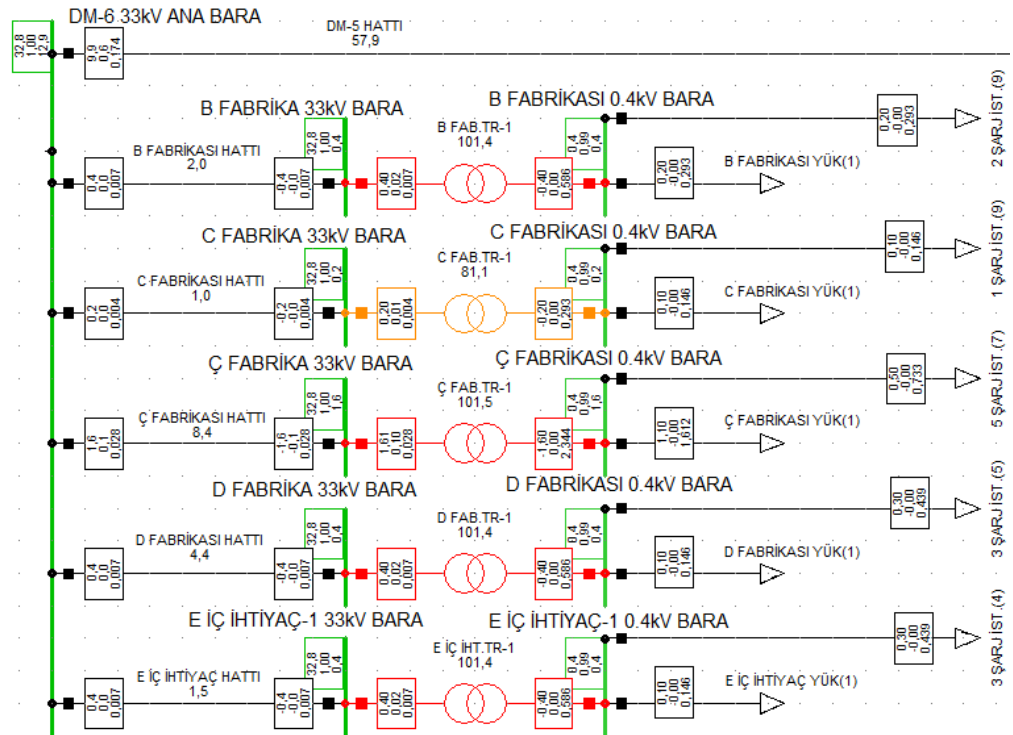
Senaryo 2 analizi sonucu Tablo 4.20'den görüleceği üzere toplamda 422 adet 100kW'lık yüksek hızlı DC şarj istasyonu kurulabileceği görülmektedir. Sistem yük

durumu göz önüne alındığında şarj istasyonu bağlanmadan önceki güç ihtiyacı 19MW iken 422 adet istasyonun 42,2MW'lık bir ilave güç ihtiyacı gerektirdiği anlaşılmaktadır. Senaryo 2 sonucunda TEİAŞ'tan enerjinin alındığı 3 ana dağıtım hattı üzerindeki yüklenme durumu Şekil.4.17'de verilmiştir.



Şekil 4.17. Ana dağıtım hatları yük durumu

Şekil 4.18.'de DM-6 üzerinden enerjili olan trafoların %100 yüklenme durumu için şarj istasyonu yüklerinin DiGSILENT program çıktısı örnek olarak verilmiştir.



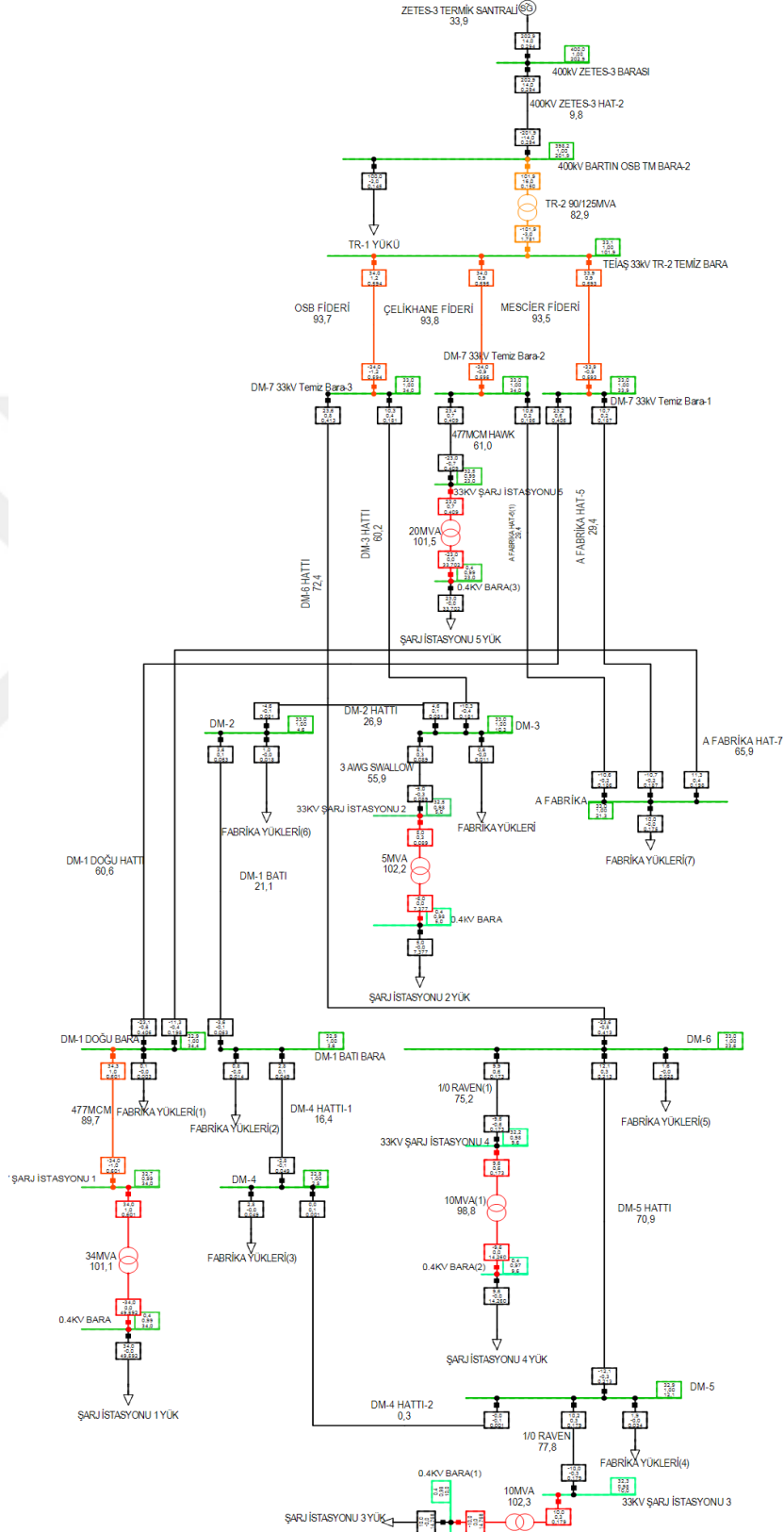
Şekil 4.18. DM-6 tek hattı üzerinde şarj istasyonu yüklerinin gösterimi

Senaryo 3'te diğer senaryolardan farklı olarak fabrikalarda bulunan mevcut trafolar kullanılmamıştır. DM'lerin yedek fider bulunan çıkış fiderlerinden yeni bir hat fideri ve trafo tahsis edilerek, TEİAŞ'tan DM-7'ye enerjinin taşındığı ana hatların 600A eşik değerine kadar yüklenmesi durumu için 200kW yüksek hızlı DC şarj istasyonundan kaç adet bağlanabileceği durumu analiz edilmiştir. Bu kapsamda DM'lerdeki yedek fider durumu incelendiğinde DM-1'de 2 adet, DM-3'te 1 adet, DM-5'te 1 adet, DM-6'da 1 adet, DM-7'de 1 adet yedek çıkış fideri bulunmaktadır. Bu senaryoda DM-1, DM-3, DM-5, DM-6 ve DM-7'ye şarj istasyonu kurulması durumu analiz edilmiştir. Şekil 4.19'da DM'lerin yedek çıkış fiderleri üzerinden enerji alınarak kurulan şarj istasyonları mavi kutu ile işaretlenerek belirtilmiştir.

Senaryo 3 modellemesinde planlanan DM'lerde bulunan yedek fiderler üzerinden yeni hat ve trafo tahsis edilerek 200kW yüksek hızlı DC şarj istasyonu kurulmasıdır. Bu kapsamda;

- 1- DM-1'deki çıkış fiderinden enerji alınarak dağıtım merkezinin verebileceği maksimum güç doğrultusunda 2km mesafede bir noktaya 33kV gerilim seviyesinden hat çekilmesi sonucunda 200kW kaç adet şarj istasyonu bağlanabilir?
- 2- DM-3'deki çıkış fiderinden enerji alınarak dağıtım merkezinin verebileceği maksimum güç doğrultusunda 3km mesafede bir noktaya 33kV gerilim seviyesinden hat çekilmesi sonucunda 200kW kaç adet şarj istasyonu bağlanabilir?
- 3- DM-5'deki çıkış fiderinden enerji alınarak dağıtım merkezinin verebileceği maksimum güç doğrultusunda 4km mesafede bir noktaya 33kV gerilim seviyesinden hat çekilmesi sonucunda 200kW kaç adet şarj istasyonu bağlanabilir?
- 4- DM-6'daki çıkış fiderinden enerji alınarak dağıtım merkezinin verebileceği maksimum güç doğrultusunda 5km mesafede bir noktaya 33kV gerilim seviyesinden hat çekilmesi sonucunda 200kW kaç adet şarj istasyonu bağlanabilir?
- 5- DM-7'deki çıkış fiderinden enerji alınarak dağıtım merkezinin verebileceği maksimum güç doğrultusunda 6km mesafede bir noktaya 33kV gerilim seviyesinden hat çekilmesi sonucunda 200kW kaç adet şarj istasyonu bağlanabilir?

Senaryo 3 için DIGSILENT ile yapılan yük akış analizi sonucunda bu soruların cevaplarına ulaşılmaktadır. Şekil 4.20.'de senaryo 3 yük akışı verilmiştir.



Şekil 4.20. Senaryo 3 DIGSILENT yük akış çıktısı

Şekil 4.20. incelendiğinde DM'lerden şarj istasyonu bağlantısı için alınabilecek maksimum yük değerleri analiz edilmiş ve bu bağlamda belirlenen yükü taşıyabilecek hattın kapasitesi için akım hesapları yapılmıştır. Bu hesaplar doğrultusunda DIGSILENT'a çelik özlü alüminyum iletken özellikleri tablosundan hatların bilgileri girilmiş ve yük akış analizi gerçekleştirilmiştir.

Yük akış analizi sonucunda DM-1'in 34MW'lık yük kapasitesi olduğu görülmüştür. 170 adet 200kW yüksek DC hızlı şarj istasyonu kurulabilmektedir. Bu yükün taşınması için DM-1'de bulunan yedek fiderden şarj istasyonuna çekilmesi gereken çelik özlü alüminyum iletkenin ne kadar akım taşıma kapasitesine sahip olması gerektiğini hesaplamak için denklem (4.1)'de bilinenler yerine yazılarak akım değeri aşağıdaki gibi bulunmaktadır.

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos\phi$$

$$34000 = \sqrt{3} \times 33 \times I \times 1$$

$$I = 595,5A$$

Çelik özlü alüminyum iletken özellikleri kataloğundan akım taşıma kapasitesi cetveline göre 670A akım taşıma kapasitesine sahip olan 477MCM iletkenin çekilmesi gerekmektedir. 34MW güç için dağıtım trafosu olarak 12 adet 2,5MVA ve 2 adet 2MVA 33/0.4kV trafoya ihtiyaç bulunmaktadır.

Yük akış analizi sonucunda DM-3'ün 5MW'lık yük kapasitesi olduğu görülmüştür. 25 adet 200kW yüksek DC hızlı şarj istasyonu kurulabilmektedir. Bu yükün taşınması için DM-3'te bulunan yedek fiderden şarj istasyonuna çekilmesi gereken çelik özlü alüminyum iletkenin ne kadar akım taşıma kapasitesine sahip olması gerektiğini hesaplamak için denklem (4.1)'de bilinenler yerine yazılarak akım değeri aşağıdaki gibi bulunmaktadır.

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos\phi$$

$$5000 = \sqrt{3} \times 33 \times I \times 1$$

$$I = 87,58A$$

Çelik özlü alüminyum iletken özellikleri kataloğundan akım taşıma kapasitesi cetveline göre en düşük havai iletken akım taşıma kapasitesine sahip 160A 3 AWG SWALLOW iletkenin çekilmesi gerekmektedir. 5MW güç için dağıtım trafosu olarak 2 adet 2,5MVA 33/0.4kV trafoya ihtiyaç vardır.

Yük akış analizi sonucunda DM-5'in 10MW'lık yük kapasitesi olduğu görülmüştür. 50 adet 200kW yüksek DC hızlı şarj istasyonu kurulabilmektedir. Bu yükün taşınması için DM-5'te bulunan yedek fiderden şarj istasyonuna çekilmesi gereken çelik özlü alüminyum iletkenin ne kadar akım taşıma kapasitesine sahip olması gerektiğini hesaplamak için denklem (4.1)'de bilinenler yerine yazılarak akım değeri aşağıdaki gibi bulunmaktadır.

$$P= \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \phi$$

$$10000 = \sqrt{3} \times 33 \times I \times 1$$

$$I = 175,16A$$

Çelik özlü alüminyum iletken özellikleri kataloğundan akım taşıma kapasitesi cetveline göre 230A akım taşıma kapasitesine sahip olan 1/0 RAWEN iletkenin çekilmesi gerekmektedir. 10MW güç için dağıtım trafosu olarak 4 adet 2,5MVA 33/0.4kV trafoya ihtiyaç vardır.

Yük akış analizi sonucunda DM-6'nın 9,6MW'lık yük kapasitesi olduğu görülmüştür. 48 adet 200kW yüksek DC hızlı şarj istasyonu kurulabilmektedir. Bu yükün taşınması için DM-6'da bulunan yedek fiderden şarj istasyonuna çekilmesi gereken çelik özlü alüminyum iletkenin ne kadar akım taşıma kapasitesine sahip olması gerektiğini hesaplamak için denklem (4.1)'de bilinenler yerine yazılarak akım değeri aşağıdaki gibi bulunmaktadır.

$$P= \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \phi$$

$$9600 = \sqrt{3} \times 33 \times I \times 1$$

$$I = 168,15A$$

Çelik özlü alüminyum iletken özellikleri kataloğundan akım taşıma kapasitesi cetveline göre 230A akım taşıma kapasitesine sahip olan 1/0 RAWEN iletkenin çekilmesi gerekmektedir. 9,6MW güç için dağıtım trafosu olarak 4 adet 2,5MVA 33/0.4kV trafoya ihtiyaç vardır.

Yük akış analizi sonucunda DM-7'nin 23MW'lık yük kapasitesi olduğu görülmüştür. 115 adet 200kW yüksek DC hızlı şarj istasyonu kurulabilmektedir. Bu yükün taşınması için DM-7'de bulunan yedek fiderden şarj istasyonuna çekilmesi gereken çelik özlü alüminyum iletkenin ne kadar akım taşıma kapasitesine sahip olması gerektiğini hesaplamak için denklem (4.1)'de bilinenler yerine yazılarak akım değeri aşağıdaki gibi bulunmaktadır.

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \phi$$

$$20000 = \sqrt{3} \times 33 \times I \times 1$$

$$I = 350,32A$$

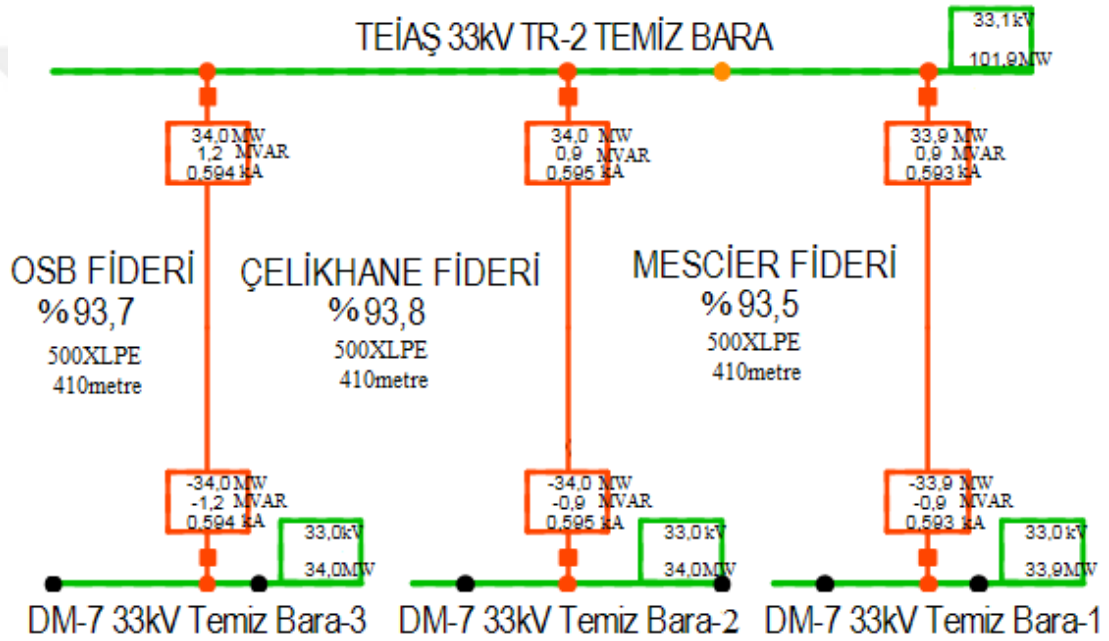
Çelik özlü alüminyum iletken özellikleri kataloğundan akım taşıma kapasitesi cetveline göre 670A akım taşıma kapasitesine sahip olan 477MCM iletkenin çekilmesi gerekmektedir. 20MW güç için dağıtım trafosu olarak 8 adet 2,5MVA 33/0.4kV trafoya ihtiyaç vardır.

Yük akış analizi ile birlikte şarj istasyonu kurulan yerler, kullanılan hat özellikleri ve DM bağlantı noktası ile şarj istasyonu arasındaki hat uzunluğu kaynaklı gerilim düşümü Tablo 4.21.'de verilmiştir.

Tablo 4.21. Senaryo 3 şarj istasyonu kurulan yerler ve şarj istasyonu sayısı

DM	TOPLAM GÜÇ (MW)	KURULABİLECEK ŞARJ İSTASYONU SAYISI	ÇEKİLMESİ GEREKEN HAT	HAT UZUNLUĞU (km)	HAT BAŞI GERİLİMİ (kV)	HAT SONU GERİLİMİ (kV)	GERİLİM DÜŞÜMÜ %
DM-1	34	170	477MCM	2	32,9	32,7	0,6
DM-3	5	25	3 AWG SWALLOW	3	33	32,5	1,5
DM-5	10	50	1/0 RAVEN	4	32,9	32,3	1,8
DM-6	9,6	48	1/0 RAVEN	5	33	32,2	2,4
DM-7	23	115	477MCM	6	33	32,5	1,5

Orta gerilim şebekeleri için müsaade edilen gerilim düşümü yönetmelik gereği %10 olarak sınırlandırılmıştır. Tablo 4.21. incelendiğinde 5 dağıtım merkezinden çekilen hattın gerilim düşümlerinin bu sınırın çok altında olduğu görülmektedir. TEİAŞ'tan enerjinin taşındığı ana hatların maksimum yüklenme durumu için toplamda 408 adet 200kW'lık yüksek hızlı DC şarj istasyonu kurulabileceği görülmektedir. Sistem yük durumu göz önüne alındığında şarj istasyonu bağlanmadan önceki güç ihtiyacı 19MW iken 408 adet istasyonun 81,6MW'lık ilave güç ihtiyacı gerektirdiği hesaplanmaktadır. TEİAŞ bu gücü karşılayabilir durumdadır. TEİAŞ'tan enerjinin alındığı 3 ana dağıtım hattı üzerindeki yüklenme durumu Şekil 4.21.'de verilmiştir.



Şekil 4.21. Ana dağıtım hatları yük durumu

Şekil 4.21.'den Osb, Çelikhane, Mescier fiderleri üzerindeki yüklenme durumu yüzde olarak görünmektedir. 500 mm² XLPE kablunun akım taşıma kapasitesi 634A'dır. Yapılan analiz için programa bu değer girilmiş fakat maksimum yüklenme için TEİAŞ'tan 600A 'e aşırı akım sınırı olduğu için Senaryo 3'te bu durum dikkate alınarak şarj istasyonu bağlantısı yapılmış olup 3 fiderinde 600A değerini aşmadığı görülmüştür.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İçten yanmalı motora sahip araçların sebep olduğu çevre kirliliğini azaltmak için tüm dünyada gelişen teknoloji ile beraber elektrikli araçların sayılarındaki artış devam etmektedir. Elektrikli araçların bu artışı enerji ihtiyacının da artmasına neden olacaktır. Bununla birlikte yeni tesis edilen dağıtım hatlarının yüksek kapasiteli enerjinin taşınmasını karşılayabilir olması ve dağıtım şebekesi alt yapısının güçlendirilmesi gerekmektedir. Zira dağıtım sistemi şehir merkezleri dışındaki alanlarda yüksek kapasiteli hatlardan oluşmaması ve enerjinin radyal olarak taşınması nedeniyle aşırı yüklenme kaynaklı açma arızaları meydana gelmekte ve birçok yer enerjisiz kalmaktadır. Elektrikli araçların sayısının artması ile araçların şarj edilmesi esnasında çok büyük enerji ihtiyacı ortaya çıkacaktır. Özellikle yüksek hızlı şarj istasyonlarının elektrikli araçlarda 30 dakika gibi kısa sürede %80 doluluk oranında şarj işlemini gerçekleştirebilmesi için yüksek güçlere sahip olması gerekmektedir. Bununla birlikte aynı anda yüzlerce aracın şarj edilmesi sırasında çok büyük enerji ihtiyacının doğmasının yanında enerjinin taşınmasını sağlayan dağıtım hatları ve trafoların güçleri de önemli faktörlerdendir.

Tez çalışmasında şarj istasyonları konumlarının belirlenmesinde örnek olması için gerçek bir şebeke üzerinden analiz yapılması hedeflenmiş ve Bartın Organize Sanayi Bölgesi dağıtım şebekesi modellenerek yüksek hızlı DC şarj istasyonlarının şebekeye entegre edilmesi ve bağlanabilecek noktaların belirlenmesi için DIGSILENT Powerfactory programı ile 3 senaryo analizi gerçekleştirilmiştir. Senaryo 1'de 100kW yüksek hızlı DC şarj istasyonlarının mevcut trafoların %75 yüklenme durumu için bağlanabilirliği analiz edilmiştir. Analiz sonucunda toplam 275 adet şarj istasyonunun bağlanabileceği görülmüş ve 27,5MW ilave güç ihtiyacının olduğu yük profilinden analiz edilmiştir. Senaryo 2'de 100kW yüksek hızlı DC şarj istasyonlarının mevcut trafoların %100 yüklenme durumu için bağlanabilirliği analiz edilmiştir. Analiz sonucunda toplam 422 adet şarj istasyonunun bağlanabileceği görülmüş ve 42,2MW ilave güç ihtiyacının olduğu yük profilinden analiz edilmiştir. Senaryo 3'te ise senaryo 1 ve senaryo 2'den farklı olarak dağıtım merkezlerinde bulunan yedek çıkış fiderlerinden hat çekilerek ve trafo tahsis edilerek 200kW

yüksek hızlı DC şarj istasyonu kurulmak istendiğindeki durumlar analiz edilmiştir. Bu bağlamda DM-1,DM-3,DM-5 ve DM-7 'de bulunan yedek çıkış fiderlerine TEİAŞ'tan enerjinin alındığı ana hatların mevcut yük profili ve maksimum yüklenme durumu göz önünde tutularak DM-1' e 170 adet, DM-3'e 25 adet, DM-5'e 50 adet, DM-6'ya 48 adet ve DM-7'ye 115 adet şarj istasyonu kurulabileceği program üzerinden analiz edilmiştir. Sonuç olarak toplam 408 adet 200kW yüksek hızlı DC şarj istasyonunun kurulabileceği ve 81,6MW ilave güç ihtiyacının olduğu ve bu gücün taşınması için kullanılan hatlardaki gerilim düşümünün müsaade edilebilir sınırlarda olduğu yük profilinden analiz edilmiştir.

Türkiye'nin genel olarak dağıtım şebeke hatları açısından yapılan araştırmalar sonucunda dağıtım şebekesi çoğunlukla radyal hatlardan oluşmaktadır. Hat kapasitelerinin düşük olması nedeniyle aşırı yüklenme kaynaklı hat arızalarının çokça olduğu bilinmektedir. Bu sebeple, yüksek hızlı DC şarj istasyonlarının dağıtım şebekesine entegre edilmesi durumunda mevcut şebeke ve trafo kapasiteleri genel olarak yetersiz olacaktır. Senaryo 1 ve senaryo 2'de analizi yapılan durumun uygulanabilirliği kurulabilecek şarj istasyonu sayısı açısından çok sayıda aracı aynı anda şarj etmesi mümkün olmayacağı için uygun bir yöntem olarak görülmemektedir. Ancak; DM'lerden alınacak bağlantı noktaları üzerinden hat tahsisi ile şarj istasyonu kurulacak yere enerjinin taşınması sonucunda senaryo 3'teki gibi yüksek hızlı DC şarj istasyonlarının kurulabilmesi gerçekleşme açısından önümüzdeki yıllarda uygulanması daha muhtemel durum olarak görünmektedir. Çünkü bu şekilde tesis edilecek şarj istasyonlarının kendine ait trafo ve şebekeden beslenmesi müşterek kullanılan sistemlere göre arıza oluşma durumunu düşüreceği için arz güvenliğini de sağlayacaktır. Bununla birlikte, şehirler arası yollarda öncelikle kurulacak olan bu şarj istasyonlarının aynı anda çok fazla aracı şarj edebilmesi, şarj istasyonu noktasının da tercih edilmesini arttıracak ve müşteri memnuniyetini sağlama konusunda düşük sayıda şarj istasyonlarına göre avantaj oluşturacaktır.

Dağıtım şirketlerinin şarj istasyonu bağlantı noktalarının yüksek güç kapasitesine sahip olması için önümüzdeki yıllarda dağıtım merkezleri ana hatlarını daha güçlü hale getirmeleri bağlantı noktası kurulu gücünü arttıracaktır. Mevcut durum için yüksek hızlı DC şarj istasyonlarının konumlarının seçilmesine öneri olarak; tüm

şehirlerin mevcut şebeke verileri doğrultusunda tek hat şemasının yük akış analizi yapılabilecek bir programla modellenip analiz edilmedi. Bunun sonucunda, yük profillerine bağlı olarak şarj istasyonu kurulu güç değerleri ortaya çıkarılarak şarj istasyonu konumlandırma planı oluşturulmalıdır. Bu sayede şarj istasyonlarının bağlantısı için yeni hat tahsisine gerek olmadan, sadece trafo tahsisi yapılarak dağıtım şirketlerinin elinde konumlandırma için yatırım yapacak olan şirketleri yönlendirme fırsatı doğacaktır. Bununla birlikte, yük akışı ve yüklenme durumları dağıtım şirketlerinin planları doğrultusunda doğru bir şekilde dağıtılarak sistem güvenilirliği sağlanmış ve mevcut şebekeden en iyi şekilde istifade edilmiş olacaktır.

2030-2040 yılı projeksiyonları açısından durum değerlendirmesi yapmak gerekirse elektrikli araçlar şebekede çok büyük enerji taşınması durumunu da beraberinde getirecektir. Bu sebeple, elektrik dağıtım planlamasında hat ve trafo kapasitelerinin seçiminde ileriye dönük planlamaların yapılması yatırım olarak yüksek maliyetler ortaya çıkaracak olsa da, ileriki dönemde yeni yatırım maliyeti açısından çok büyük avantajlar oluşturacaktır. Dağıtım trafolarının işletme ömürleri 20-30yıl, hatların ise 30-40yıl arasında değişmektedir. Bu kapsamda önümüzdeki yıllar içerisinde yapılan iyileştirme yatırımları 2040-2060 yıllarını kapsayacaktır. Ayrıca yeni yapılacak olan trafo merkezlerinin kurulu gücünün de elektrikli araçların şarjı sırasında oluşacak yeni enerji talebini karşılaması için daha yüksek planlanması 2040-2060 yılları için önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Nicolaij A., A Data-Driven Approach to Plug-in Electric Vehicles Charging Behaviour, Master Thesis, Erasmus Universiteit Rotterdam, Rotterdam School of Management, Rotterdam, 2017.
- [2] TÜİK, Turkish Greenhouse Gas Inventory Report 1990–2018, *Türkiye İstatistik Kurumu*, 33624, 110-111, 2020.
- [3] Wang Y., Optimization and Integration of Electric Vehicle Charging System in Coupled Transportation and Distribution Networks, Doctoral Thesis, Sydney University, School of Electrical and Information Engineering Faculty, Sydney, 2019.
- [4] Neubauer J., Wood E., The Impact of Range Anxiety and Home, Workplace, and Public Charging Infrastructure on Simulated Battery Electric Vehicle Lifetime Utility, *Journal of Power Sources*, 2014, **257**, 12-20.
- [5] Nikitha L., Anil L., Tripathi A., Nagesh S., Effect of Electrical Vehicle Charging on Power Quality, *2017 International Conference on Energy, Communication, Data Analytics and Soft Computing (ICECDS)*, Chennai, India, 1-2 Ağustos 2017.
- [6] Geske M., Komarnicki P., Stötzer M., Styczynski Z. A., Modeling and Simulation of Electric Car Penetration in the Distribution Power System — Case Study, *2010 Modern Electric Power Systems*, Wroclaw, Poland, 20-22 Eylül 2010.
- [7] Shaarba M. R., Ghayeni M., Identification of The Best Charging Time of Electric Vehicles in Fast Charging Stations Connected to Smart Grid Based on Q-Learning, *2018 Electrical Power Distribution Conference (EPDC)*, Tehran, Iran, 9-10 Mayıs 2018.
- [8] Barzani P. S., Ghahnavieh A. R., Karegar H. K., Optimal Fast Charging Station Placing and Sizing, *Applied Energy*, 2014, **25**, 288-299.
- [9] Gallardo L. V., Paniagua J. A., Viachica R. B., Soto D. F., Strategic Location of EV Fast Charging Stations: The Real Case of Costa Rica, *2019 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference - Latin America (ISGT Latin America)*, Gramado, Brazil, 15-18 Eylül 2019.
- [10] Das H. S., Rahman M. M., Li S., Tan C. W., Electric Vehicles Standards, Charging Infrastructure, and Impact on Grid Integration: A Technological Review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, DOI:10.1016/j.rser.2019.109618.

- [11] Shafad K. H., Jamian J. J., Nasir S. A. S., Harmonic Distortion Mitigation for Multiple Modes Charging Station Via Optimum Passive Filter Design," *2016 IEEE Conference on Systems, Process and Control (ICSPC)*, Melaka, Malaysia, 16-18 Aralık 2016.
- [12] Micari S., Polimeni A., Napoli G., Andaloro L., Antonucci V., Electric Vehicle Charging Infrastructure Planning in a Road Network, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017, **80**, 98-108.
- [13] Lam A. Y. S., Leung Y.-W., Chu X., Electric Vehicle Charging Station Placement: Formulation, Complexity, and Solutions, *IEEE Transactions on Smart Grid*, 2014, **5**(6), 2846-2856.
- [14] Lee C., Han J., Benders-and-Price Approach for Electric Vehicle Charging Station Location Problem Under Probabilistic Travel Range, *Transportation Research Part B: Methodological*, 2017, **106**, 130-152.
- [15] Amoli M. E., Choma K., Stefani J., Rapid-Charge Electric-Vehicle Stations, in *IEEE Transactions on Power Delivery*, 2010, **25**(3), 1883-1887.
- [16] Cowan R., Hulten S., Escaping lock-in: The case of the electric vehicle, *Technological Forecasting and Social Change*, 1996, **53**(1), 61-79.
- [17] Rautiainen A., Repo S., Markkula J., Kulmala A., Jarventauta P., Vuorilehto K., Plug-in Vehicle Ancillary Services for a Distribution Network, *2013 Eighth International Conference and Exhibition on Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER)*, Monaco, France, 27-30 Mart 2013.
- [18] Chan C., The State of The Art of Electric, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles, *Proceedings of the IEEE*, 2007, **95**(4), 704-718.
- [19] TSKB, Enerji görünümü 2020, *Türkiye Sınai Kalkınma Bankası*, 83-87, 2020.
- [20] Fenner P., Efficient Use of the Existing Real Estate Infrastructure for Electric Vehicle Charging, Master Thesis, Technical University of Dortmund, Enerji Sistemleri Enstitüsü, Dortmund, 2019.
- [21] Kerem A., Gürbak H., Fast Charging Station Technologies for Electric Vehicles, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C*, 2020, **8**(3),644-661.
- [22] Özbacı Ü., Kılıç E., Elektrikli Bir Aracın Batarya Sisteminin Modellenmesi, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2019, **22**(Özel sayı), 64-69.
- [23] Şen Y.R., The Model of The Distribution Network of Electric Vehicle Charging Stations, Master Thesis, İstanbul Okan University, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2019.
- [24] Satılmış O., Meşe E., Elektrikli ve Hibrit Elektrikli Araçlar İçin Batarya Şarj Cihazları, *Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu 2011*, Elazığ, Türkiye, 05-07 Ekim 2011.

- [25] Polat Ö., Yumak K., Sezgin M.S., Yumurtacı G., Gül Ö., Elektrikli Araç ve Şarj İstasyonlarının Türkiye'deki Güncel Durumu, *6. Enerji Verimliliği, Kalitesi Sempozyumu ve Fuarı*, Kocaeli, Türkiye, 4-6 Haziran 2015.
- [26] Rata M., Rata G., Filote C., Raboaca M. S., Graur A., Afanasov C., Felseghi A.-R., The Electrical Vehicle Simulator for Charging Station in Mode 3 of IEC 61851-1 Standard, *Energies*, DOI:10.3390/en13010176.
- [27] Dericioglu, C., Yirik E., Unal E., Cuma M.U., Onur B., Tumay M., A Review of Charging Technologies For Commercial Electric Vehicles, *International Journal of Advances on Automotive and Technology Promech Corp. Press*, 2018, **2**(1), 61-70.
- [28] Paschero M., Anniballi L., Vescovo G.D., Fabbri G., Mascioli, F.M.F., Design and Implementation of a Fast Recharge Station for Electric Vehicles, *2013 IEEE International Symposium on Industrial Electronics*, Taipei, Taiwan, 28-31 Mayıs 2013.
- [29] Angelov G., Andreev M., Hinov N., Modelling of Electric Vehicle Charging Station for DC Fast Charging, *2018 41st International Spring Seminar on Electronics Technology (ISSE)*, Zlatibor, Serbia, 16-20 Haziran 2018.
- [30] Yilmaz M., Krein P. T., Review of Battery Charger Topologies, Charging Power Levels, and in Frastructure for Plug-in Electric and Hybrid Vehicles, *IEEE transactions on Power Electronics*, 2012, **28**(5), 2151-2169.
- [31] Sutopo W., Nizam M., Rahmawatie B., Fahma F., A Review of Electric Vehicles Charging Standard Development: Study Case in Indonesia, *2018 5th International Conference on Electric Vehicular Technology (ICEVT)*, Surakarta, Indonesia, 30-31 Ekim 2018.
- [32] Ahmad A., Alam M.S., Chaban R.C., Efficiency Enhancement of Wireless Charging for Electric Vehicle Sthrough Reduction of Coil Misalignment, *2017 IEEE Transportation Electrification Conference and Expo (ITEC)*, Chicago, USA, 22-24 Haziran 2017.
- [33] Ricaud C., Vollet P., Connection method for charging systems—a key element for electric vehicles, Schneider Electric, 2010.
- [34] Lukic S., Pantic Z., Cutting the Cord: Static and Dynamic Inductive Wireless Charging of Electric Vehicles, *IEEE Electrification Magazine*, 2013, **1**(1), 57-64.
- [35] Karakitsios I., Karfopoulos E. L., Hatziargyriou N., Static and Dynamic Fast Inductive Charging: The Fast in Charge Project Concept, *Med Power 2014*, Athens, Greece, 2-5 Kasım 2014.
- [36] Hua C.-C., Lin M.-Y., A Study of Charging Control of Lead-acid Battery for Electric Vehicles, *ISIE'2000 Proceedings of the 2000 IEEE International Symposium on Industrial Electronics (Cat. No.00TH8543)*, Cholula, Puebla, Mexico, 4-8 Aralık 2000.

- [37] Boribun B., PaolaorP., Kulworawanichpong T., Impact of Electric Bus Charging in Power Distribution Systems, *The 2013 World Congress on Advances in Nano, Biomechanics, Robotics and Energy Research (ANBRE13)*, Seoul, Korea, 25-28 Ağustos 2013.
- [38] Uyaroğlu Y., Elektrik Enerjisi İletim ve Dağıtım Şebekeleri, Editör: Demir S., Elektrik Enerjisi İletimi ve Dağıtımı, 1.Baskı, Anadolu Üniversitesi Web-Ofset Tesisi, Eskişehir, 35-54, 2013.
- [39] Samancıoğlu G., Rüzgar Havza Planlaması ve Rüzgar Santrallerinin Şebekeye Olan Etkilerinin Digsilent Programı ile Modellemesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2014, 372867.
- [40] URL-1:<https://www.bmw.com.tr/tr/topics/fascination-bmw/bmw-i-ve-e-mobilite/elektrikli-otomobil-turleri.html>, (Ziyaret tarihi: 04 Nisan 2021).
- [41] URL-2:https://tr.wikipedia.org/wiki/TOGG_Yerli_Otomobil, (Ziyaret tarihi: 13 Mart 2021).
- [42] URL-3:<https://www.togg.com.tr/content/otomobil>, (Ziyaret tarihi: 14 Mart 2021).
- [43] URL-4:https://tr.wikipedia.org/wiki/Tesla_Model_S, (Ziyaret tarihi: 13 Mart 2021).
- [44] URL-5: <https://www.tesla.com/models>, (Ziyaret tarihi: 16 Mart 2021).
- [45] URL-6: <https://www.jaguar-turkiye.com/jaguar-range-i-pace>, (Ziyaret tarihi: 16 Mart 2021).
- [46] URL-7: <https://www.otokokpit.com/2019-yeni-jaguar-i-pace-fiyati-ve-teknik-ozellikleri-aciklandi/>, (Ziyaret tarihi: 14 Mart 2021).
- [47] URL-8: https://en.wikipedia.org/wiki/Renault_Zoe, (Ziyaret tarihi: 16 Mart 2021).
- [48] URL-9: <https://www.renault.com.tr/elektrikli-araclar/yeni-zoe/teknikbilgiler.html>, (Ziyaret tarihi: 16 Mart 2021).
- [49] URL-10: <http://tehad.org/2020/12/11/mini-cooper-se-yilin-en-cevreci-sehirli-otomobili-secildi/>, (Ziyaret tarihi: 17 Mart 2021).
- [50] URL-11: https://www.mini.com.tr/tr_TR/home/news/yeni-mini-cooper-se.html, (Ziyaret tarihi: 17 Mart 2021).
- [51] URL-12: https://de.wikipedia.org/wiki/Mini_Electric#/media/Datei:Mini_Electric_IMG_0860.jpg, (Ziyaret tarihi: 17 Mart 2021).
- [52] URL-13:https://tr.wikipedia.org/wiki/BMW_i3, (Ziyaret tarihi: 17 Mart 2021).

- [53] URL-14:<https://www.kosifleroto.com.tr/bmw/iserisi/i3>, (Ziyaret tarihi: 17 Mart 2021).
- [54] URL-15:<https://www.bmw.de/de/neufahrzeuge/bmw-i.html>, (Ziyaret tarihi: 17 Mart 2021).
- [55] URL 16: https://www.chademo.com/wp2016/wp-content/uploads/2019/05/2019%20CHAdEMO_Brochure_web.pdf, (Ziyaret tarihi: 28 Mart 2021).
- [56] URL 17: <https://esarj.com/sarj-modlari>, (Ziyaret tarihi: 01 Nisan 2021).
- [57] URL 18: https://en.wikipedia.org/wiki/SAE_J1772, (Ziyaret tarihi: 01 Nisan 2021).
- [58] URL 19: <https://en.wikipedia.org/wiki/CHAdEMO>, (Ziyaret tarihi: 01 Nisan 2021).





EKLER

Ek-A

		DigSILENT PowerFactory 15.1.7		Project:						
				Date: 4/24/2021						
Load Flow Calculation			Complete System Report: Substations, Voltage Profiles, Grid Interchange							
AC Load Flow, balanced, positive sequence Automatic Tap Adjust 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: Bartın OSB OG Şebeke System Stage: Bartın OSB OG Ş			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		
B FABRIKASI 0.4kV BARA										
0,40	1,00	0,40	57,43							
Cub_2 /Lod	B FABRIKASI YÜK(1)		0,20	0,00	1,00	0,29		F10: 0,20 MW	Q10: 0,00 Mvar	Max: 0
Cub_1 /Tr2	B FAB.TR-1		-0,20	0,00	-1,00	0,29	50,04	Tap: 0,00	Min: 0	
C FABRIKASI 0.4kV BARA										
0,40	1,00	0,40	57,70							
Cub_2 /Lod	C FABRIKASI YÜK(1)		0,10	0,00	1,00	0,14		F10: 0,10 MW	Q10: 0,00 Mvar	Max: 0
Cub_1 /Tr2	C FAB.TR-1		-0,10	0,00	-1,00	0,14	40,03	Tap: 0,00	Min: 0	
Ç FABRIKASI 0.4kV BARA										
0,40	1,00	0,40	56,36							
Cub_2 /Lod	Ç FABRIKASI YÜK(1)		1,10	0,00	1,00	1,59		F10: 1,10 MW	Q10: 0,00 Mvar	Max: 0
Cub_1 /Tr2	Ç FAB.TR-1		-1,10	0,00	-1,00	1,59	68,95	Tap: 0,00	Min: 0	
D FABRIKASI 0.4kV BARA										
0,40	1,00	0,40	58,07							
Cub_2 /Lod	D FABRIKASI YÜK(1)		0,10	0,00	1,00	0,14		F10: 0,10 MW	Q10: 0,00 Mvar	Max: 0
Cub_1 /Tr2	D FAB.TR-1		-0,10	0,00	-1,00	0,14	24,96	Tap: 0,00	Min: 0	
E İÇ İHTİYAC-1 33kV BARA										
33,00	1,00	33,12	28,70							
Cub_1 /Line	E İÇ İHTİYAC HATTI		-0,10	-0,00	-1,00	0,00	0,38	Fv: 0,00 kW	cLod: -0,00 Mvar	L: 0,15 km
Cub_2 /Tr2	E İÇ İHT.TR-1		0,10	0,00	1,00	0,00	24,96	Tap: 0,00	Min: 0	Max: 0
E İÇ İHTİYAC-1 0.4kV BARA										
0,40	1,00	0,40	58,07							
Cub_2 /Lod	E İÇ İHTİYAC YÜK(1)		0,10	0,00	1,00	0,14		F10: 0,10 MW	Q10: 0,00 Mvar	Max: 0
Cub_1 /Tr2	E İÇ İHT.TR-1		-0,10	0,00	-1,00	0,14	24,96	Tap: 0,00	Min: 0	
Grid: Bartın OSB OG Şebeke System Stage: Bartın OSB OG Ş										
			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		
A FABRIKA 0.4kV BARA-2										
0,40	1,00	0,40	58,02							
Cub_2 /Lod	A FAB. YÜK 2		0,50	0,00	1,00	0,72		F10: 0,50 MW	Q10: 0,00 Mvar	Max: 0
Cub_1 /Tr2	A FAB.TR-2		-0,50	0,00	-1,00	0,72	19,96	Tap: 0,00	Min: 0	
A FABRIKA 0.4kV BARA-3										
0,40	1,00	0,40	58,02							
Cub_2 /Lod	A FAB. YÜK 3		0,50	0,00	1,00	0,72		F10: 0,50 MW	Q10: 0,00 Mvar	Max: 0
Cub_1 /Tr2	A FAB.TR-3		-0,50	0,00	-1,00	0,72	19,96	Tap: 0,00	Min: 0	
A FABRIKA 0.4kV BARA-4										
0,40	1,00	0,40	58,02							
Cub_2 /Lod	A FAB. YÜK 4		0,50	0,00	1,00	0,72		F10: 0,50 MW	Q10: 0,00 Mvar	Max: 0
Cub_1 /Tr2	A FAB.TR-4		-0,50	0,00	-1,00	0,72	19,96	Tap: 0,00	Min: 0	
A FABRIKA 0.4kV BARA-5										
0,40	1,00	0,40	58,02							
Cub_2 /Lod	A FAB. YÜK 5		0,50	0,00	1,00	0,72		F10: 0,50 MW	Q10: 0,00 Mvar	Max: 0
Cub_1 /Tr2	A FAB.TR-5		-0,50	0,00	-1,00	0,72	19,96	Tap: 0,00	Min: 0	
A FABRIKA 0.4kV BARA-6										
0,40	1,00	0,40	58,02							
Cub_2 /Lod	A FAB. YÜK 6		0,50	0,00	1,00	0,72		F10: 0,50 MW	Q10: 0,00 Mvar	Max: 0
Cub_1 /Tr2	A FAB.TR-6		-0,50	0,00	-1,00	0,72	19,96	Tap: 0,00	Min: 0	
A FABRIKA 0.4kV BARA-7										
0,40	1,00	0,40	57,85							
Cub_2 /Lod	A FAB. YÜK 7		0,50	0,00	1,00	0,72		F10: 0,50 MW	Q10: 0,00 Mvar	Max: 0
Cub_1 /Tr2	A FAB.TR-7		-0,50	0,00	-1,00	0,72	24,97	Tap: 0,00	Min: 0	
A FABRIKA 0.4kV BARA-8										
0,40	1,00	0,40	57,85							
Cub_2 /Lod	A FAB. YÜK 8		0,50	0,00	1,00	0,72		F10: 0,50 MW	Q10: 0,00 Mvar	Max: 0
Cub_1 /Tr2	A FAB.TR-8		-0,50	0,00	-1,00	0,72	24,97	Tap: 0,00	Min: 0	
A FABRIKA 0.4kV BARA-9										
0,40	1,00	0,40	57,85							
Cub_2 /Lod	A FAB. YÜK 9		0,50	0,00	1,00	0,72		F10: 0,50 MW	Q10: 0,00 Mvar	Max: 0
Cub_1 /Tr2	A FAB.TR-9		-0,50	0,00	-1,00	0,72	24,97	Tap: 0,00	Min: 0	

Şekil A.1. İlk Durum DIGSILENT Powerfactory Program Çıktıları

Grid: Bartın OSB OG Şebeke System Stage: Bartın OSB OG Ş										Study Case: Study Case			Annex: / 3						
	rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.]	Bus-voltage [kV]	[deg]	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current [kA]	Loading [%]	Additional Data									
A FABRİKA	0.4kV	1,00	0,40	57,85															
Cub_2 /Lod	A FAB. YÜK 10				0,50	0,00	1,00	0,72											
Cub_1 /Tr2	A FAB.TR-10				-0,50	0,00	-1,00	0,72	24,97		P10: 0,50 MW	Q10: 0,00 Mvar	Min: 0	Max: 0					
A FABRİKA	0.4kV	1,00	0,40	57,85															
Cub_2 /Lod	A FAB. YÜK 11				0,50	0,00	1,00	0,72											
Cub_1 /Tr2	A FAB.TR-11				-0,50	0,00	-1,00	0,72	24,97		P10: 0,50 MW	Q10: 0,00 Mvar	Min: 0	Max: 0					
A FABRİKA	0.4kV	1,00	0,40	57,64															
Cub_2 /Lod	A FAB. YÜK 12				0,50	0,00	1,00	0,72											
Cub_1 /Tr2	A FAB.TR-12				-0,50	0,00	-1,00	0,72	31,23		P10: 0,50 MW	Q10: 0,00 Mvar	Min: 0	Max: 0					
A FABRİKA	0.4kV	1,00	0,40	57,64															
Cub_2 /Lod	A FAB. YÜK 13				0,50	0,00	1,00	0,72											
Cub_1 /Tr2	A FAB.TR-13				-0,50	0,00	-1,00	0,72	31,23		P10: 0,50 MW	Q10: 0,00 Mvar	Min: 0	Max: 0					
A FABRİKA	0.4kV	1,00	0,40	57,64															
Cub_2 /Lod	A FAB. YÜK 14				0,50	0,00	1,00	0,72											
Cub_1 /Tr2	A FAB.TR-14				-0,50	0,00	-1,00	0,72	31,23		P10: 0,50 MW	Q10: 0,00 Mvar	Min: 0	Max: 0					
A FABRİKA	0.4kV	1,00	0,40	57,64															
Cub_2 /Lod	A FAB. YÜK 15				0,50	0,00	1,00	0,72											
Cub_1 /Tr2	A FAB.TR-15				-0,50	0,00	-1,00	0,72	31,23		P10: 0,50 MW	Q10: 0,00 Mvar	Min: 0	Max: 0					
A FABRİKA	0.4kV	1,00	0,40	57,64															
Cub_2 /Lod	A FAB. YÜK 16				0,50	0,00	1,00	0,72											
Cub_1 /Tr2	A FAB.TR-16				-0,50	0,00	-1,00	0,72	31,23		P10: 0,50 MW	Q10: 0,00 Mvar	Min: 0	Max: 0					
A FABRİKA	0.4kV	1,00	0,40	57,64															
Cub_2 /Lod	A FAB. YÜK 17				0,50	0,00	1,00	0,72											
Cub_1 /Tr2	A FAB.TR-17				-0,50	0,00	-1,00	0,72	31,23		P10: 0,50 MW	Q10: 0,00 Mvar	Min: 0	Max: 0					

Grid: Bartın OSB OG Şebeke System Stage: Bartın OSB OG Ş										Study Case: Study Case			Annex: / 4						
	rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.]	Bus-voltage [kV]	[deg]	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current [kA]	Loading [%]	Additional Data									
A FABRİKA	0.4kV	1,00	0,40	57,64															
Cub_2 /Lod	A FAB. YÜK 18				0,50	0,00	1,00	0,72											
Cub_1 /Tr2	A FAB.TR-18				-0,50	0,00	-1,00	0,72	31,23		P10: 0,50 MW	Q10: 0,00 Mvar	Min: 0	Max: 0					
A FABRİKA	0.4kV	1,00	0,40	57,64															
Cub_2 /Lod	A FAB. YÜK 19				0,50	0,00	1,00	0,72											
Cub_1 /Tr2	A FAB.TR-19				-0,50	0,00	-1,00	0,72	31,23		P10: 0,50 MW	Q10: 0,00 Mvar	Min: 0	Max: 0					
A FABRİKA	0.4kV	1,00	0,40	57,64															
Cub_2 /Lod	A FAB. YÜK 20				0,50	0,00	1,00	0,72											
Cub_1 /Tr2	A FAB.TR-20				-0,50	0,00	-1,00	0,72	31,23		P10: 0,50 MW	Q10: 0,00 Mvar	Min: 0	Max: 0					
TEİAŞ	33kV	1,00	33,14	28,70															
Cub_1 /Tr2	TR-2 90/125MVA(1)				-19,05	-0,39	-1,00	0,33	15,30		Tap: 0,00	Min: 0	Max: 0						
Cub_2 /Lne	DM-7 HAT-1				6,12	0,10	1,00	0,11	16,81		Fv: 0,85 kW	cLod: -0,00 Mvar	L: 0,41 km						
Cub_3 /Lne	DM-7 HAT-2				4,06	0,06	1,00	0,07	11,16		Fv: 0,37 kW	cLod: -0,00 Mvar	L: 0,41 km						
Cub_4 /Lne	DM-7 HAT-3				8,88	0,23	1,00	0,15	24,40		Fv: 1,78 kW	cLod: -0,00 Mvar	L: 0,41 km						
DM-7	33kV	1,00	33,13	28,70															
Cub_1 /Lne	DM-7 HAT-2				-4,06	-0,06	-1,00	0,07	11,16		Fv: 0,37 kW	cLod: -0,00 Mvar	L: 0,41 km						
Cub_2 /Lne	A FABRİKA HAT-6(1)				4,06	0,06	1,00	0,07	11,16		Fv: 2,13 kW	cLod: -0,00 Mvar	L: 2,34 km						
DM-7	33kV	1,00	33,13	28,70															
Cub_1 /Lne	DM-7 HAT-1				-6,12	-0,10	-1,00	0,11	16,81		Fv: 0,85 kW	cLod: -0,00 Mvar	L: 0,41 km						
Cub_2 /Lne	DM-1 DOĞU HATTI				2,42	0,04	1,00	0,04	6,29		Fv: 0,83 kW	cLod: -0,00 Mvar	L: 1,30 km						
Cub_3 /Lne	A FABRİKA HAT-5(1)				3,70	0,06	1,00	0,06	10,17		Fv: 0,44 kW	cLod: -0,00 Mvar	L: 0,58 km						
400KV	ZETES-3	400,00	400,00	0,00															
Cub_2 /Sym	ZETES-3 TERMİK SAN				119,44	11,03	1,00	0,17	19,99		Typ: FQ								
Cub_3 /Lne	400KV ZETES-3 HAT-				119,44	11,03	1,00	0,17	5,77		Fv: 327,54 kW	cLod: -0,00 Mvar	L: 73,00 km						
DM-7	33kV	1,00	33,13	28,70															
Cub_1 /Lne	DM-7 HAT-3				-8,87	-0,23	-1,00	0,15	24,40		Fv: 1,78 kW	cLod: -0,00 Mvar	L: 0,41 km						
Cub_2 /Lne	DM-6 HATTI				5,69	0,16	1,00	0,10	17,38		Fv: 1,51 kW	cLod: -0,00 Mvar	L: 0,65 km						
Cub_3 /Lne	DM-3 HATTI				3,18	0,07	1,00	0,06	18,49		Fv: 1,40 kW	cLod: -0,00 Mvar	L: 0,45 km						

Grid: Bartın OSB OG Şebeke System Stage: Bartın OSB OG Ş										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									
DM-1	33kV	1,00	33,12	28,70															
Cub_2 /Lne	A FABRİKA HAT-7				2,26	0,04	1,00	0,04	5,89		Fv: 0,15 kW	cLod: -0,00 Mvar	L: 0,28 km						
Cub_3 /Lne	V FABRİKASI HATTI				0,15	0,00	1,00	0,00	1,64		Fv: 0,03 kW	cLod: -0,00 Mvar	L: 1,44 km						
Cub_4 /Lne	DM-1 DOĞU HATTI				-2,42	-0,04	-1,00	0,04	6,29		Fv: 0,83 kW	cLod: -0,00 Mvar	L: 1,30 km						
V FABRİKASI	33kV	1,00	33,11	28,70															
Cub_1 /Lne	V FABRİKASI HATTI				-0,15	-0,00	-1,00	0,00	1,64		Fv: 0,03 kW	cLod: -0,00 Mvar	L: 1,44 km						
Cub_2 /Tr2	V FAB.TR-1				0,10	0,00	1,00	0,00	24,97		Tap: 0,00	Min: 0	Max: 0						
Cub_3 /Tr2	V FAB.TR-2				0,05	0,00	1,00	0,00	50,19		Tap: 0,00	Min: 0	Max: 0						
V FABRİKASI	0.4kV	1,00	0,40	57,47															
Cub_2 /Lod	V FABRİKASI YÜK(2)				0,05	0,00	1,00	0,07			P10: 0,05 MW	Q10: 0,00 Mvar	Min: 0	Max: 0					
Cub_1 /Tr2	V FAB.TR-2				-0,05	0,00	-1,00	0,07	50,19		Tap: 0,00	Min: 0	Max: 0						
V FABRİKASI	0.4kV	1,00	0,40	58,07															
Cub_2 /Lod	V FABRİKASI YÜK(1)				0,10	0,00	1,00	0,14			P10: 0,10 MW	Q10: 0,00 Mvar	Min: 0	Max: 0					
Cub_1 /Tr2	V FAB.TR-1				-0,10	0,00	-1,00	0,14	24,97		Tap: 0,00	Min: 0	Max: 0						

Şekil A.1. (Devam) İlk Durum DİGSILENT Powerfactory Program Çıktıları

Grid: Bartın OSB OG Şebeke System Stage: Bartın OSB OG Ş										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						
A FABRİKA 33kV BARA															
Cub_2 /Tr2	33,00	1,00	33,11	28,70	0,50	0,01	1,00	0,01	31,23	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
Cub_4 /Tr2			A FAB.TR-14		0,50	0,01	1,00	0,01	31,23	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
Cub_5 /Tr2			A FAB.TR-13		0,50	0,01	1,00	0,01	31,23	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
Cub_6 /Tr2			A FAB.TR-12		0,50	0,01	1,00	0,01	31,23	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
Cub_7 /Tr2			A FAB.TR-11		0,50	0,01	1,00	0,01	24,97	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
Cub_8 /Tr2			A FAB.TR-10		0,50	0,01	1,00	0,01	24,97	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
Cub_9 /Tr2			A FAB.TR-9		0,50	0,01	1,00	0,01	24,97	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
Cub_10 /Tr2			A FAB.TR-8		0,50	0,01	1,00	0,01	24,97	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
Cub_11 /Tr2			A FAB.TR-7		0,50	0,01	1,00	0,01	24,97	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
Cub_12 /Tr2			A FAB.TR-6		0,50	0,01	1,00	0,01	19,96	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
Cub_13 /Tr2			A FAB.TR-5		0,50	0,01	1,00	0,01	19,96	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
Cub_14 /Tr2			A FAB.TR-4		0,50	0,01	1,00	0,01	19,96	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
Cub_15 /Tr2			A FAB.TR-3		0,50	0,01	1,00	0,01	19,96	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
Cub_16 /Tr2			A FAB.TR-2		0,50	0,01	1,00	0,01	19,96	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
Cub_17 /Tr2			A FAB.TR-1		0,50	0,01	1,00	0,01	19,96	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
Cub_18 /Tr2			A FAB.TR-20		0,50	0,01	1,00	0,01	31,23	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
Cub_19 /Tr2			A FAB.TR-19		0,50	0,01	1,00	0,01	31,23	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
Cub_20 /Tr2			A FAB.TR-18		0,50	0,01	1,00	0,01	31,23	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
Cub_21 /Tr2			A FAB.TR-17		0,50	0,01	1,00	0,01	31,23	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
Cub_22 /Tr2			A FAB.TR-16		0,50	0,01	1,00	0,01	31,23	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
Cub_23 /Lne			A FABRİKA HAT-5_a		-3,70	-0,06	-1,00	0,06	10,17	Pv:	1,32 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	1,75 km
Cub_24 /Lne			A FABRİKA HAT-6(1)		-4,06	-0,06	-1,00	0,07	11,16	Pv:	2,13 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	2,34 km
Cub_25 /Lne			A FABRİKA HAT-7_a		-2,26	-0,04	-1,00	0,04	5,89	Pv:	0,15 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,28 km
A FABRİKA 0.4kV BARA-1															
Cub_2 /Lod	0,40	1,00	0,40	58,02	0,50	0,00	1,00	0,72	19,96	P10:	0,50 MW	Q10:	0,00 Mvar	Max:	0
Cub_1 /Tr2			A FAB. YÜK 1		-0,50	0,00	-1,00	0,72	19,96	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
B FABRİKA 33kV BARA															
Cub_1 /Lne	33,00	1,00	33,12	28,70	-0,20	-0,00	-1,00	0,00	0,99	Pv:	0,00 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,06 km
Cub_2 /Tr2			B FABRİKASI HATTI		0,20	0,00	1,00	0,00	50,04	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
C FABRİKA 33kV BARA															
Cub_1 /Lne	33,00	1,00	33,12	28,70	-0,10	-0,00	-1,00	0,00	0,49	Pv:	0,00 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,25 km
Cub_2 /Tr2			C FABRİKASI HATTI		0,10	0,00	1,00	0,00	40,03	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
Ç FABRİKA 33kV BARA															
Cub_1 /Lne	33,00	1,00	33,12	28,70	-1,11	-0,05	-1,00	0,02	5,69	Pv:	0,03 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,15 km
Cub_2 /Tr2			Ç FABRİKASI HATTI		1,11	0,05	1,00	0,02	68,95	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
D FABRİKA 33kV BARA															
Cub_1 /Lne	33,00	1,00	33,12	28,70	-0,10	-0,00	-1,00	0,00	1,09	Pv:	0,00 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,05 km
Cub_2 /Tr2			D FABRİKASI HATTI		0,10	0,00	1,00	0,00	24,96	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
DM-1 33kV BATI BARA															
Cub_2 /Lne	33,00	1,00	33,10	28,70	0,60	0,01	1,00	0,01	6,56	Pv:	0,33 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,94 km
Cub_6 /Tr2			Y-W-X FABRİKA HATT		0,20	0,00	1,00	0,00	50,08	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
Cub_7 /Lne			Z ARITMA TR-1		-1,47	-0,04	-1,00	0,03	8,57	Pv:	0,45 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,68 km
Cub_8 /Lne			DM-1 BATI HATTI		0,67	0,03	1,00	0,01	3,90	Pv:	0,03 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,25 km
Y FABRİKASI 33kV BARA															
Cub_1 /Lne	33,00	1,00	33,08	28,70	-0,60	-0,01	-1,00	0,01	6,56	Pv:	0,33 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,94 km
Cub_2 /Tr2			Y-W-X FABRİKA HATT		0,40	0,01	1,00	0,01	40,05	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
Cub_3 /Tr2			Y FAB.TR-1		0,10	0,00	1,00	0,00	25,00	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
Cub_4 /Tr2			W FAB.TR-1		0,10	0,00	1,00	0,00	9,99	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
W FABRİKASI 0.4kV BARA															
Cub_2 /Lod	0,40	1,00	0,40	58,07	0,10	0,00	1,00	0,14	25,00	P10:	0,10 MW	Q10:	0,00 Mvar	Max:	0
Cub_1 /Tr2			W FABRİKASI YÜK1		-0,10	0,00	-1,00	0,14	25,00	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
Y FABRİKASI 0.4kV BARA															
Cub_2 /Lod	0,40	1,00	0,40	57,34	0,40	0,00	1,00	0,58	40,05	P10:	0,40 MW	Q10:	0,00 Mvar	Max:	0
Cub_1 /Tr2			Y FABRİKASI YÜK1		-0,40	0,00	-1,00	0,58	40,05	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
DM-3 33kV ANA BARA															
Cub_1 /Lne	33,00	1,00	33,11	28,70	-3,18	-0,07	-1,00	0,06	18,49	Pv:	1,40 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,45 km
Cub_2 /Lne			DM-3 HATTI		0,15	0,00	1,00	0,00	0,77	Pv:	0,00 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,12 km
Cub_3 /Lne			N FABRİKASI HATTI		0,10	0,00	1,00	0,00	0,52	Pv:	0,00 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,03 km
Cub_4 /Lne			O FABRİKASI HATTI		0,25	0,00	1,00	0,00	2,73	Pv:	0,02 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,30 km
Cub_5 /Lne			P FABRİKASI HATTI		0,10	0,00	1,00	0,00	0,75	Pv:	0,00 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,06 km
Cub_6 /Tr2			İÇ İHTİYAÇ-2 TR-1		0,10	0,00	1,00	0,00	9,97	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
Cub_7 /Lne			DM-2 HATTI		2,48	0,06	1,00	0,04	14,41	Pv:	0,66 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,35 km

Şekil A.1. (Devam) İlk Durum DİGSILENT Powerfactory Program Çıktıları

Grid: Bartın OSB OG Şebeke System Stage: Bartın OSB OG Ş										Study Case: Study Case		Annex: / 8		
rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.]	Bus-voltage [kV]	[deg]	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current [kA]	Loading [%]	Additional Data					
DM-6 33kV ANA BARA														
33,00	1,00	33,12	28,70											
Cub_1 /Lne	DM-6 HATTI			-5,69	-0,16	-1,00	0,10	17,38	Pv:	1,51 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,65 km
Cub_2 /Lne	DM-5 HATTI			4,08	0,10	1,00	0,07	23,73	Pv:	2,46 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,48 km
Cub_3 /Lne	B FABRİKASI HATTI			0,20	0,00	1,00	0,00	0,99	Pv:	0,00 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,06 km
Cub_4 /Lne	C FABRİKASI HATTI			0,10	0,00	1,00	0,00	0,49	Pv:	0,00 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,25 km
Cub_5 /Lne	Ç FABRİKASI HATTI			1,11	0,05	1,00	0,02	5,69	Pv:	0,03 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,15 km
Cub_6 /Lne	D FABRİKASI HATTI			0,10	0,00	1,00	0,00	1,09	Pv:	0,00 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,05 km
Cub_7 /Lne	E İÇ İHTİYAÇ HATTI			0,10	0,00	1,00	0,00	0,38	Pv:	0,00 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,15 km
DM-5 33kV ANA BARA														
33,00	1,00	33,10	28,70											
Cub_1 /Lne	DM-5 HATTI			-4,08	-0,10	-1,00	0,07	23,73	Pv:	2,46 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,48 km
Cub_8 /Lne	DM-4 HATTI-2			2,14	0,06	1,00	0,04	12,46	Pv:	0,42 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,30 km
Cub_9 /Lne	F FABRİKASI HATTI			0,40	0,01	1,00	0,01	1,75	Pv:	0,00 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,02 km
Cub_10 /Lne	G FABRİKASI HATTI			0,25	0,01	1,00	0,00	2,74	Pv:	0,01 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,12 km
Cub_11 /Lne	Ğ FABRİKASI HATTI			0,40	0,01	1,00	0,01	2,07	Pv:	0,00 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,10 km
Cub_12 /Lne	H FABRİKASI HATTI			0,75	0,02	1,00	0,01	3,87	Pv:	0,02 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,20 km
Cub_13 /Lne	İ FABRİKASI HATTI			0,08	0,00	1,00	0,00	0,88	Pv:	0,00 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,08 km
Cub_14 /Lne	I FABRİKASI HATTI			0,05	0,00	1,00	0,00	0,55	Pv:	0,00 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,05 km
F FABRİKA 33kV BARA														
33,00	1,00	33,10	28,70											
Cub_1 /Tr2	F FAB.TR-1			0,40	0,01	1,00	0,01	31,99	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
Cub_2 /Lne	F FABRİKASI HATTI			-0,40	-0,01	-1,00	0,01	1,75	Pv:	0,00 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,02 km
G FABRİKA 33kV BARA														
33,00	1,00	33,10	28,70											
Cub_1 /Tr2	G FAB.TR-1			0,25	0,01	1,00	0,00	62,67	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
Cub_2 /Lne	G FABRİKASI HATTI			-0,25	-0,01	-1,00	0,00	2,74	Pv:	0,01 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,12 km
Ğ FABRİKA 33kV BARA														
33,00	1,00	33,10	28,70											
Cub_1 /Tr2	Ğ FAB.TR-1			0,40	0,01	1,00	0,01	63,65	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
Cub_2 /Lne	Ğ FABRİKASI HATTI			-0,40	-0,01	-1,00	0,01	2,07	Pv:	0,00 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,10 km
H FABRİKA 33kV BARA														
33,00	1,00	33,10	28,70											
Cub_1 /Tr2	H FAB.TR-1			0,75	0,02	1,00	0,01	37,51	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
Cub_2 /Lne	H FABRİKASI HATTI			-0,75	-0,02	-1,00	0,01	3,87	Pv:	0,02 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,20 km

Grid: Bartın OSB OG Şebeke System Stage: Bartın OSB OG Ş										Study Case: Study Case		Annex: / 9		
rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.]	Bus-voltage [kV]	[deg]	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current [kA]	Loading [%]	Additional Data					
İ FABRİKA 33kV BARA														
33,00	1,00	33,10	28,70											
Cub_1 /Tr2	İ FAB.TR-1			0,08	0,00	1,00	0,00	32,01	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
Cub_2 /Lne	İ FABRİKASI HATTI			-0,08	-0,00	-1,00	0,00	0,88	Pv:	0,00 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,08 km
I FABRİKA 33kV BARA														
33,00	1,00	33,10	28,70											
Cub_1 /Tr2	I FAB.TR-1			0,05	0,00	1,00	0,00	50,21	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
Cub_2 /Lne	I FABRİKASI HATTI			-0,05	-0,00	-1,00	0,00	0,55	Pv:	0,00 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,05 km
F FABRİKASI 0.4kV BARA														
0,40	1,00	0,40	57,61											
Cub_2 /Lod	F FABRİKASI YÜK(1)			0,40	0,00	1,00	0,58		P10:	0,40 MW	Q10:	0,00 Mvar	Max:	0
Cub_1 /Tr2	F FAB.TR-1			-0,40	0,00	-1,00	0,58	31,99	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
G FABRİKASI 0.4kV BARA														
0,40	1,00	0,40	57,12											
Cub_2 /Lod	G FABRİKASI YÜK(1)			0,25	0,00	1,00	0,36		P10:	0,25 MW	Q10:	0,00 Mvar	Max:	0
Cub_1 /Tr2	G FAB.TR-1			-0,25	0,00	-1,00	0,36	62,67	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
Ğ FABRİKASI 0.4kV BARA														
0,40	1,00	0,40	57,09											
Cub_2 /Lod	Ğ FABRİKASI YÜK(1)			0,40	0,00	1,00	0,58		P10:	0,40 MW	Q10:	0,00 Mvar	Max:	0
Cub_1 /Tr2	Ğ FAB.TR-1			-0,40	0,00	-1,00	0,58	63,65	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
H FABRİKASI 0.4kV BARA														
0,40	1,00	0,40	57,42											
Cub_2 /Lod	H FABRİKASI YÜK(1)			0,75	0,00	1,00	1,08		P10:	0,75 MW	Q10:	0,00 Mvar	Max:	0
Cub_1 /Tr2	H FAB.TR-1			-0,75	0,00	-1,00	1,08	37,51	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
İ FABRİKASI 0.4kV BARA														
0,40	1,00	0,40	57,90											
Cub_2 /Lod	İ FABRİKASI YÜK(1)			0,08	0,00	1,00	0,12		P10:	0,08 MW	Q10:	0,00 Mvar	Max:	0
Cub_1 /Tr2	İ FAB.TR-1			-0,08	0,00	-1,00	0,12	32,01	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0
I FABRİKASI 0.4kV BARA														
0,40	1,00	0,40	57,47											
Cub_2 /Lod	I FABRİKASI YÜK(1)			0,05	0,00	1,00	0,07		P10:	0,05 MW	Q10:	0,00 Mvar	Max:	0
Cub_1 /Tr2	I FAB.TR-1			-0,05	0,00	-1,00	0,07	50,21	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0

Şekil A.1. (Devam) İlk Durum DİGSILENT Powerfactory Program Çıktıları

Grid: Bartın OSB OG Şebeke System Stage: Bartın OSB OG Ş										Study Case: Study Case		Annex: / 10				
rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.]	Bus-voltage [kV]	deg	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current [kA]	Loading [%]	Additional Data							
DM-4 33kV ANA BARA																
Cub_1 /Lne	1,00	33,09	28,70	-2,14	-0,06	-1,00	0,04	12,46	Pv:	0,42 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,30 km		
Cub_2 /Lne				-0,67	-0,03	-1,00	0,01	3,90	Pv:	0,03 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,25 km		
Cub_3 /Lne				0,25	0,01	1,00	0,00	2,74	Pv:	0,00 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,05 km		
Cub_4 /Lne				2,11	0,07	1,00	0,04	23,01	Pv:	0,39 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,09 km		
Cub_5 /Lne				0,05	0,00	1,00	0,00	0,55	Pv:	0,00 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,05 km		
Cub_6 /Lne				0,40	0,01	1,00	0,01	1,98	Pv:	0,00 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,12 km		
J FABRIKA 33kV BARA																
Cub_1 /Tr2	1,00	33,09	28,70	1,05	0,03	1,00	0,02	52,61	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0		
Cub_2 /Lne				-2,11	-0,07	-1,00	0,04	23,01	Pv:	0,39 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,09 km		
Cub_4 /Tr2				1,05	0,03	1,00	0,02	52,61	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0		
K FABRIKA 33kV BARA																
Cub_1 /Tr2	1,00	33,09	28,70	0,05	0,00	1,00	0,00	19,99	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0		
Cub_2 /Lne				-0,05	-0,00	-1,00	0,00	0,55	Pv:	0,00 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,05 km		
L FABRIKA 33kV BARA																
Cub_1 /Tr2	1,00	33,09	28,70	0,25	0,01	1,00	0,00	62,68	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0		
Cub_2 /Lne				-0,25	-0,01	-1,00	0,00	2,74	Pv:	0,00 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,05 km		
M FABRIKA 33kV BARA																
Cub_1 /Tr2	1,00	33,09	28,70	0,40	0,01	1,00	0,01	40,03	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0		
Cub_2 /Lne				-0,40	-0,01	-1,00	0,01	1,98	Pv:	0,00 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,12 km		
J FABRIKASI 0.4kV BARA																
Cub_2 /Lod	1,00	0,40	56,91	2,10	0,00	1,00	3,04		F10:	2,10 MW	Q10:	0,00 Mvar				
Cub_1 /Tr2				-1,05	0,00	-1,00	1,52	52,61	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0		
Cub_4 /Tr2				-1,05	0,00	-1,00	1,52	52,61	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0		
K FABRIKASI 0.4kV BARA																
Cub_2 /Lod	1,00	0,40	58,20	0,05	0,00	1,00	0,07		F10:	0,05 MW	Q10:	0,00 Mvar				
Cub_1 /Tr2				-0,05	0,00	-1,00	0,07	19,99	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0		

Grid: Bartın OSB OG Şebeke System Stage: Bartın OSB OG Ş										Study Case: Study Case		Annex: / 11				
rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.]	Bus-voltage [kV]	deg	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current [kA]	Loading [%]	Additional Data							
L FABRIKASI 0.4kV BARA																
Cub_2 /Lod	1,00	0,40	57,11	0,25	0,00	1,00	0,36		F10:	0,25 MW	Q10:	0,00 Mvar				
Cub_1 /Tr2				-0,25	0,00	-1,00	0,36	62,68	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0		
M FABRIKASI 0.4kV BARA																
Cub_2 /Lod	1,00	0,40	57,34	0,40	0,00	1,00	0,58		F10:	0,40 MW	Q10:	0,00 Mvar				
Cub_1 /Tr2				-0,40	0,00	-1,00	0,58	40,03	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0		
N FABRIKA 33kV BARA																
Cub_1 /Lne	1,00	33,11	28,70	-0,15	-0,00	-1,00	0,00	0,77	Pv:	0,00 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,12 km		
Cub_2 /Tr2				0,15	0,00	1,00	0,00	37,49	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0		
O FABRIKA 33kV BARA																
Cub_1 /Lne	1,00	33,11	28,70	-0,10	-0,00	-1,00	0,00	0,52	Pv:	0,00 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,03 km		
Cub_2 /Tr2				0,10	0,00	1,00	0,00	24,97	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0		
Ö FABRIKA 33kV BARA																
Cub_1 /Lne	1,00	33,11	28,70	-0,25	-0,00	-1,00	0,00	2,73	Pv:	0,02 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,30 km		
Cub_2 /Tr2				0,25	0,00	1,00	0,00	31,23	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0		
P FABRIKA 33kV BARA																
Cub_1 /Lne	1,00	33,11	28,70	-0,10	-0,00	-1,00	0,00	0,75	Pv:	0,00 kW	cLod:	-0,00 Mvar	L:	0,06 km		
Cub_2 /Tr2				0,10	0,00	1,00	0,00	40,03	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0		
N FABRIKASI 0.4kV BARA																
Cub_2 /Lod	1,00	0,40	57,75	0,15	0,00	1,00	0,22		F10:	0,15 MW	Q10:	0,00 Mvar				
Cub_1 /Tr2				-0,15	0,00	-1,00	0,22	37,49	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0		
O FABRIKASI 0.4kV BARA																
Cub_2 /Lod	1,00	0,40	58,07	0,10	0,00	1,00	0,14		F10:	0,10 MW	Q10:	0,00 Mvar				
Cub_1 /Tr2				-0,10	0,00	-1,00	0,14	24,97	Tap:	0,00	Min:	0	Max:	0		

Şekil A.1. (Devam) İlk Durum DİGSILENT Powerfactory Program Çıktıları

Grid: Bartın OSB OG Şebeke System Stage: Bartın OSB OG Ş								Study Case: Study Case		Annex: / 12		
rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.]	Bus-voltage [kV]	[deg]	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current [kA]	Loading [%]	Additional Data			
Ö FABRİKASI 0.4kV BARA												
Cub_2 /Lod	1,00	0,40	57,64	0,25	0,00	1,00	0,36		P10:	0,25 MW	Q10:	0,00 Mvar
Cub_1 /Tr2	0			-0,25	0,00	-1,00	0,36	31,23	Tap:	0,00	Min:	0
P FABRİKASI 0.4kV BARA												
Cub_2 /Lod	1,00	0,40	57,70	0,10	0,00	1,00	0,14		P10:	0,10 MW	Q10:	0,00 Mvar
Cub_1 /Tr2	0			-0,10	0,00	-1,00	0,14	40,03	Tap:	0,00	Min:	0
İÇ İHTİYAC-2 0.4kV												
Cub_2 /Lod	1,00	0,40	58,36	0,10	0,00	1,00	0,14		P10:	0,10 MW	Q10:	0,00 Mvar
Cub_3 /Tr2	0			-0,10	0,00	-1,00	0,14	9,97	Tap:	0,00	Min:	0
DM-2 33kV ANA BARA												
Cub_2 /Lne	1,00	33,11	28,70	0,15	0,00	1,00	0,00	1,64	Pv:	0,01 kW	cLod:	-0,00 Mvar
Cub_3 /Lne	0,20			0,20	0,00	1,00	0,00	2,19	Pv:	0,00 kW	cLod:	-0,00 Mvar
Cub_4 /Lne	0,20			0,20	0,00	1,00	0,00	1,03	Pv:	0,00 kW	cLod:	-0,00 Mvar
Cub_5 /Lne	0,15			0,15	0,00	1,00	0,00	0,75	Pv:	0,00 kW	cLod:	-0,00 Mvar
Cub_7 /Lne	-2,48			-2,48	-0,06	-1,00	0,04	14,41	Pv:	0,66 kW	cLod:	-0,00 Mvar
Cub_8 /Lne	1,47			1,47	0,04	1,00	0,03	8,57	Pv:	0,45 kW	cLod:	-0,00 Mvar
Cub_9 /Lne	0,30			0,30	0,01	1,00	0,01	3,29	Pv:	0,01 kW	cLod:	-0,00 Mvar
S FABRİKASI 33kV BARA												
Cub_1 /Lne	1,00	33,10	28,70	-0,15	-0,00	-1,00	0,00	1,64	Pv:	0,01 kW	cLod:	-0,00 Mvar
Cub_2 /Tr2	0,15			0,15	0,00	1,00	0,00	37,51	Tap:	0,00	Min:	0
Ş FABRİKASI 33kV BARA												
Cub_1 /Lne	1,00	33,10	28,70	-0,20	-0,00	-1,00	0,00	2,19	Pv:	0,00 kW	cLod:	-0,00 Mvar
Cub_2 /Tr2	0,20			0,20	0,00	1,00	0,00	50,06	Tap:	0,00	Min:	0
T FABRİKASI 33kV BARA												
Cub_1 /Lne	1,00	33,10	28,70	-0,20	-0,00	-1,00	0,00	1,03	Pv:	0,00 kW	cLod:	-0,00 Mvar
Cub_2 /Tr2	0,20			0,20	0,00	1,00	0,00	12,47	Tap:	0,00	Min:	0

Grid: Bartın OSB OG Şebeke System Stage: Bartın OSB OG Ş								Study Case: Study Case		Annex: / 13		
rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.]	Bus-voltage [kV]	[deg]	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current [kA]	Loading [%]	Additional Data			
U FABRİKASI 33kV BARA												
Cub_1 /Lne	1,00	33,11	28,70	-0,15	-0,00	-1,00	0,00	0,75	Pv:	0,00 kW	cLod:	-0,00 Mvar
Cub_2 /Tr2	0,15			0,15	0,00	1,00	0,00	60,32	Tap:	0,00	Min:	0
Ü FABRİKASI 33kV BARA												
Cub_1 /Lne	1,00	33,10	28,70	-0,30	-0,01	-1,00	0,01	3,29	Pv:	0,01 kW	cLod:	-0,00 Mvar
Cub_2 /Tr2	0,30			0,30	0,01	1,00	0,01	75,28	Tap:	0,00	Min:	0
S FABRİKASI 0.4kV BARA												
Cub_2 /Lod	1,00	0,40	57,75	0,15	0,00	1,00	0,22		P10:	0,15 MW	Q10:	0,00 Mvar
Cub_1 /Tr2	0			-0,15	0,00	-1,00	0,22	37,51	Tap:	0,00	Min:	0
Ş FABRİKASI 0.4kV BARA												
Cub_2 /Lod	1,00	0,40	57,43	0,20	0,00	1,00	0,29		P10:	0,20 MW	Q10:	0,00 Mvar
Cub_1 /Tr2	0			-0,20	0,00	-1,00	0,29	50,06	Tap:	0,00	Min:	0
T FABRİKASI 0.4kV BARA												
Cub_2 /Lod	1,00	0,40	58,27	0,20	0,00	1,00	0,29		P10:	0,20 MW	Q10:	0,00 Mvar
Cub_1 /Tr2	0			-0,20	0,00	-1,00	0,29	12,47	Tap:	0,00	Min:	0
U FABRİKASI 0.4kV BARA												
Cub_2 /Lod	0,99	0,40	57,22	0,15	0,00	1,00	0,22		P10:	0,15 MW	Q10:	0,00 Mvar
Cub_1 /Tr2	0			-0,15	0,00	-1,00	0,22	60,32	Tap:	0,00	Min:	0
Ü FABRİKASI 0.4kV BARA												
Cub_2 /Lod	1,00	0,40	56,80	0,30	0,00	1,00	0,43		P10:	0,30 MW	Q10:	0,00 Mvar
Cub_1 /Tr2	0			-0,30	0,00	-1,00	0,43	75,28	Tap:	0,00	Min:	0
TEİAŞ 33kV TR-1 KİRLİ BARA												
Cub_1 /Tr2	1,01	33,34	23,05	-100,05	2,00	-1,00	1,73	80,68	Tap:	0,00	Min:	0
Cub_7 /Lne				25,01	-0,50	1,00	0,43	68,33	Pv:	13,63 kW	cLod:	-0,00 Mvar
Cub_8 /Lne				25,01	-0,50	1,00	0,43	68,33	Pv:	13,63 kW	cLod:	-0,00 Mvar
Cub_9 /Lne				25,01	-0,50	1,00	0,43	68,33	Pv:	13,63 kW	cLod:	-0,00 Mvar
Cub_10 /Lne				25,01	-0,50	1,00	0,43	68,33	Pv:	13,63 kW	cLod:	-0,00 Mvar

Şekil A.1. (Devam) İlk Durum DIgSILENT Powerfactory Program Çıktıları

Grid: Bartın OSB OG Şebeke System Stage: Bartın OSB OG Ş				Study Case: Study Case				Annex: / 14											
rated Voltage [kV]	Bus-voltage [p.u.]	Bus-voltage [kV]	[deg]	Active Power [MW]	Reactive Power [Mvar]	Power Factor [-]	Current [kA]	Loading [%]	Additional Data										
33kV KIRLI BARA-1	33,00	1,01	33,32	23,05															
Cub_2 /Lod		A FABRIKASI KIRLI		25,00	-0,50	1,00	0,43			P10: 25,00 MW	Q10: -0,50 Mvar								
Cub_1 /Lne		KUZUY FIDERI(2)		-25,00	0,50	-1,00	0,43	68,33		Pv: 13,63 kW	cLod: -0,00 Mvar	L: 0,40 km							
33kV KIRLI BARA-2	33,00	1,01	33,32	23,05															
Cub_2 /Lod		A FABRIKASI KIRLI		25,00	-0,50	1,00	0,43			P10: 25,00 MW	Q10: -0,50 Mvar								
Cub_1 /Lne		GUNEY FIDERI(1)		-25,00	0,50	-1,00	0,43	68,33		Pv: 13,63 kW	cLod: -0,00 Mvar	L: 0,40 km							
33kV KIRLI BARA-3	33,00	1,01	33,32	23,05															
Cub_2 /Lod		A FABRIKASI KIRLI		25,00	-0,50	1,00	0,43			P10: 25,00 MW	Q10: -0,50 Mvar								
Cub_1 /Lne		BATI FIDERI(1)		-25,00	0,50	-1,00	0,43	68,33		Pv: 13,63 kW	cLod: -0,00 Mvar	L: 0,40 km							
33kV KIRLI BARA-4	33,00	1,01	33,32	23,05															
Cub_2 /Lod		A FABRIKASI KIRLI		25,00	-0,50	1,00	0,43			P10: 25,00 MW	Q10: -0,50 Mvar								
Cub_1 /Lne		DOGU FIDERI(1)		-25,00	0,50	-1,00	0,43	68,33		Pv: 13,63 kW	cLod: -0,00 Mvar	L: 0,40 km							
400KV BARTIN OSB TM BARA-2	400,00	1,00	398,91	0,01															
Cub_1 /Tr2		TR-2 90/125MVA(1)		19,05	0,83	1,00	0,03	15,30		Tap: 0,00	Min: 0	Max: 0							
Cub_2 /Tr2		TR-1 90/125MVA		100,05	10,20	0,99	0,15	80,68		Tap: 0,00	Min: 0	Max: 0							
Cub_4 /Lne		400KV ZETES-3 HAT-		-119,11	-11,03	-1,00	0,17	5,77		Pv: 327,54 kW	cLod: -0,00 Mvar	L: 73,00 km							
X FABRIKASI 0.4kV BARA	0,40	1,00	0,40	58,36															
Cub_2 /Lod		X FABRIKASI YUKI		0,10	0,00	1,00	0,14			P10: 0,10 MW	Q10: 0,00 Mvar								
Cub_1 /Tr2		X FAB.TR-1		-0,10	0,00	-1,00	0,14	9,99		Tap: 0,00	Min: 0	Max: 0							
Z ARITMA 0.4kV BARA	0,40	1,00	0,40	57,43															
Cub_2 /Lod		Z ARITMA YUK-1		0,20	0,00	1,00	0,29			P10: 0,20 MW	Q10: 0,00 Mvar								
Cub_3 /Tr2		Z ARITMA TR-1		-0,20	0,00	-1,00	0,29	50,08		Tap: 0,00	Min: 0	Max: 0							

		DIGSILENT PowerFactory 15.1.7	Project: / Date: 4/24/2021
--	--	-------------------------------	----------------------------

Load Flow Calculation	Complete System Report: Substations, Voltage Profiles, Grid Interchange		
AÇ Load Flow, balanced, positive sequence		Automatic Model Adaptation for Convergence	No
Automatic Tap Adjust of Transformers	No	Max. Acceptable Load Flow Error for	1,00 kVA
Consider Reactive Power Limits	No	Nodes Model Equations	0,10 %

Grid: Bartın OSB OG Şebeke System Stage: Bartın OSB OG Ş				Study Case: Study Case				Annex: / 15			
rtd.V [kV]	Bus - voltage [p.u.]	Bus - voltage [kV]	[deg]	-10	-5	Voltage - Deviation [%]	0	+5	+10		
B FABRIKASI 0.4kV BARA	0,40	0,999	0,40	57,43							
C FABRIKASI 0.4kV BARA	0,40	0,999	0,40	57,70							
Ç FABRIKASI 0.4kV BARA	0,40	0,997	0,40	56,36							
D FABRIKASI 0.4kV BARA	0,40	1,001	0,40	58,07							
E İÇ İHTİYAÇ-1 33kV BARA	33,00	1,004	33,12	28,70							
E İÇ İHTİYAÇ-1 0.4kV BARA	0,40	1,001	0,40	58,07							
A FABRIKA 0.4kV BARA-2	0,40	1,002	0,40	58,02							
A FABRIKA 0.4kV BARA-3	0,40	1,002	0,40	58,02							
A FABRIKA 0.4kV BARA-4	0,40	1,002	0,40	58,02							
A FABRIKA 0.4kV BARA-5	0,40	1,002	0,40	58,02							
A FABRIKA 0.4kV BARA-6	0,40	1,002	0,40	58,02							
A FABRIKA 0.4kV BARA-7	0,40	1,001	0,40	57,85							
A FABRIKA 0.4kV BARA-8	0,40	1,001	0,40	57,85							
A FABRIKA 0.4kV BARA-9	0,40	1,001	0,40	57,85							
A FABRIKA 0.4kV BARA-10	0,40	1,001	0,40	57,85							
A FABRIKA 0.4kV BARA-11	0,40	1,001	0,40	57,85							

Şekil A.1. (Devam) İlk Durum DIGSILENT Powerfactory Program Çıktıları

Grid: Bartın OSB OG Şebeke System Stage: Bartın OSB OG Ş				Study Case: Study Case		Annex: / 16		
	rtd.V [kV]	Bus - voltage [p.u.]	voltage [kV] [deg]	-10	-5	Voltage - 0	Deviation [%] +5	+10
A FABRİKA	0.4kV	BARA-12	0,40	1,001	0,40	57,64		
A FABRİKA	0.4kV	BARA-13	0,40	1,001	0,40	57,64		
A FABRİKA	0.4kV	BARA-14	0,40	1,001	0,40	57,64		
A FABRİKA	0.4kV	BARA-15	0,40	1,001	0,40	57,64		
A FABRİKA	0.4kV	BARA-16	0,40	1,001	0,40	57,64		
A FABRİKA	0.4kV	BARA-17	0,40	1,001	0,40	57,64		
A FABRİKA	0.4kV	BARA-18	0,40	1,001	0,40	57,64		
A FABRİKA	0.4kV	BARA-19	0,40	1,001	0,40	57,64		
A FABRİKA	0.4kV	BARA-20	0,40	1,001	0,40	57,64		
TEİAŞ	33kV	TR-2 TEMİZ BARA	33,00	1,004	33,14	28,70	■	
DM-7	33kV	TEMİZ BARA-2	33,00	1,004	33,13	28,70	■	
DM-7	33kV	TEMİZ BARA-1	33,00	1,004	33,13	28,70	■	
400KV	ZETES-3	BARASI	400,00	1,000	400,00	0,00		
DM-7	33kV	TEMİZ BARA-3	33,00	1,004	33,13	28,70	■	
DM-1	33kV	DOĞU BARA	33,00	1,004	33,12	28,70	■	
V FABRİKASI	33kV	BARA	33,00	1,003	33,11	28,70	■	
V FABRİKASI	0.4kV	BARA-2	0,40	0,996	0,40	57,47	■	
V FABRİKASI	0.4kV	BARA-1	0,40	1,001	0,40	58,07		
A FABRİKA	33kV	BARA	33,00	1,003	33,11	28,70	■	
A FABRİKA	0.4kV	BARA-1	0,40	1,002	0,40	58,02	■	
B FABRİKA	33kV	BARA	33,00	1,004	33,12	28,70	■	
C FABRİKA	33kV	BARA	33,00	1,004	33,12	28,70	■	
Ç FABRİKA	33kV	BARA	33,00	1,004	33,12	28,70	■	

Grid: Bartın OSB OG Şebeke System Stage: Bartın OSB OG Ş				Study Case: Study Case		Annex: / 17		
	rtd.V [kV]	Bus - voltage [p.u.]	voltage [kV] [deg]	-10	-5	Voltage - 0	Deviation [%] +5	+10
D FABRİKA	33kV	BARA	33,00	1,004	33,12	28,70	■	
DM-1	33kV	BATI BARA	33,00	1,004	33,12	28,70	■	
Y FABRİKASI	33kV	BARA	33,00	1,003	33,10	28,70	■	
W FABRİKASI	0.4kV	BARA	0,40	1,002	33,08	28,70		
Y FABRİKASI	0.4kV	BARA	0,40	1,000	0,40	58,07		
DM-3	33kV	ANA BARA	0,40	0,999	0,40	57,34		
DM-6	33kV	ANA BARA	33,00	1,003	33,11	28,70	■	
DM-5	33kV	ANA BARA	33,00	1,004	33,12	28,70	■	
F FABRİKA	33kV	BARA	33,00	1,003	33,10	28,70	■	
G FABRİKA	33kV	BARA	33,00	1,003	33,10	28,70	■	
Ğ FABRİKA	33kV	BARA	33,00	1,003	33,10	28,70	■	
H FABRİKA	33kV	BARA	33,00	1,003	33,10	28,70	■	
İ FABRİKA	33kV	BARA	33,00	1,003	33,10	28,70	■	
I FABRİKA	33kV	BARA	33,00	1,003	33,10	28,70	■	
F FABRİKASI	0.4kV	BARA	0,40	1,003	33,10	28,70	■	
G FABRİKASI	0.4kV	BARA	0,40	1,000	0,40	57,61		
Ğ FABRİKASI	0.4kV	BARA	0,40	0,997	0,40	57,12	■	
H FABRİKASI	0.4kV	BARA	0,40	0,998	0,40	57,09	■	
İ FABRİKASI	0.4kV	BARA	0,40	1,000	0,40	57,42		
I FABRİKASI	0.4kV	BARA	0,40	1,000	0,40	57,90		
DM-4	33kV	ANA BARA	0,40	0,996	0,40	57,47	■	
J FABRİKA	33kV	BARA	33,00	1,003	33,09	28,70	■	
J FABRİKA	33kV	BARA	33,00	1,003	33,09	28,70	■	

Şekil A.1. (Devam) İlk Durum DIgSILENT Powerfactory Program Çıktıları

Grid: Bartın OSB OG Şebeke System Stage: Bartın OSB OG Ş					Study Case: Study Case		Annex: / 18		
rtd.V [kV]	Bus - voltage		Voltage - Deviation [%]		-10	-5	0	+5	+10
	[p.u.]	[kV]	[deg]						
K FABRIKA 33kV BARA	33,00	1,003	33,09	28,70					
L FABRIKA 33kV BARA	33,00	1,003	33,09	28,70					
M FABRIKA 33kV BARA	33,00	1,003	33,09	28,70					
J FABRIKASI 0.4kV BARA	0,40	0,998	0,40	56,91					
K FABRIKASI 0.4kV BARA	0,40	1,001	0,40	58,20					
L FABRIKASI 0.4kV BARA	0,40	0,997	0,40	57,11					
M FABRIKASI 0.4kV BARA	0,40	0,999	0,40	57,34					
N FABRIKA 33kV BARA	33,00	1,003	33,11	28,70					
O FABRIKA 33kV BARA	33,00	1,003	33,11	28,70					
Ö FABRIKA 33kV BARA	33,00	1,003	33,11	28,70					
P FABRIKA 33kV BARA	33,00	1,003	33,11	28,70					
N FABRIKASI 0.4kV BARA	0,40	1,000	0,40	57,75					
O FABRIKASI 0.4kV BARA	0,40	1,001	0,40	58,07					
Ö FABRIKASI 0.4kV BARA	0,40	1,001	0,40	57,64					
P FABRIKASI 0.4kV BARA	0,40	0,999	0,40	57,70					
İÇ İHTİYAÇ-2 0.4kV	0,40	1,003	0,40	58,36					
DM-2 33kV ANA BARA	33,00	1,003	33,11	28,70					
S FABRIKASI 33kV BARA	33,00	1,003	33,10	28,70					
Ş FABRIKASI 33kV BARA	33,00	1,003	33,10	28,70					
T FABRIKASI 33kV BARA	33,00	1,003	33,10	28,70					
U FABRIKASI 33kV BARA	33,00	1,003	33,11	28,70					
Ü FABRIKASI 33kV BARA	33,00	1,003	33,10	28,70					
S FABRIKASI 0.4kV BARA	0,40	0,998	0,40	57,43					
T FABRIKASI 0.4kV BARA	0,40	1,002	0,40	58,27					
U FABRIKASI 0.4kV BARA	0,40	0,995	0,40	57,22					
Ü FABRIKASI 0.4kV BARA	0,40	0,996	0,40	56,80					
TEİAŞ 33kV TR-1 KİRLİ BARA	33,00	1,010	33,34	23,05					
33kV KİRLİ BARA-1	33,00	1,010	33,32	23,05					
33kV KİRLİ BARA-2	33,00	1,010	33,32	23,05					
33kV KİRLİ BARA-3	33,00	1,010	33,32	23,05					
33kV KİRLİ BARA-4	33,00	1,010	33,32	23,05					
400KV BARTIN OSB TM BARA-2	400,00	0,997	398,91	0,01					
X FABRIKASI 0.4kV BARA	0,40	1,001	0,40	58,36					
Z ARITMA 0.4kV BARA	0,40	0,998	0,40	57,43					

Grid: Bartın OSB OG Şebeke System Stage: Bartın OSB OG Ş					Study Case: Study Case		Annex: / 19		
rtd.V [kV]	Bus - voltage		Voltage - Deviation [%]		-10	-5	0	+5	+10
	[p.u.]	[kV]	[deg]						
Ş FABRIKASI 0.4kV BARA	0,40	1,000	0,40	57,75					
T FABRIKASI 0.4kV BARA	0,40	0,999	0,40	57,43					
U FABRIKASI 0.4kV BARA	0,40	0,995	0,40	57,22					
Ü FABRIKASI 0.4kV BARA	0,40	0,996	0,40	56,80					
TEİAŞ 33kV TR-1 KİRLİ BARA	33,00	1,010	33,34	23,05					
33kV KİRLİ BARA-1	33,00	1,010	33,32	23,05					
33kV KİRLİ BARA-2	33,00	1,010	33,32	23,05					
33kV KİRLİ BARA-3	33,00	1,010	33,32	23,05					
33kV KİRLİ BARA-4	33,00	1,010	33,32	23,05					
400KV BARTIN OSB TM BARA-2	400,00	0,997	398,91	0,01					
X FABRIKASI 0.4kV BARA	0,40	1,001	0,40	58,36					
Z ARITMA 0.4kV BARA	0,40	0,998	0,40	57,43					

		DigSILENT PowerFactory 15.1.7	Project: Date: 4/24/2021
--	--	-------------------------------------	-----------------------------

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 Adjust of Transformers	No	Max. Acceptable Load Flow Error for	1,00 kVA				
Consider Reactive Power Limits	No	Nodes	0,10 %				
		Model Equations					

Grid: Bartın OSB OG Şebeke System Stage: Bartın OSB OG Ş					Study Case: Study Case		Annex: / 20			
Volt. Level [kV]	Generation	Motor Load	Load	Compen-sation	External Infeed	Interchange to	Power Interchange	Total Losses	Load Losses	Noload Losses
	[MW]/[Mvar]	[MW]/[Mvar]	[MW]/[Mvar]	[MW]/[Mvar]	[MW]/[Mvar]					
0,40	0,00 0,00	0,00 0,00	18,98 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	33,00 kV	-18,98 0,00	0,00 0,06 0,39	0,00 0,06 0,39	0,00 0,00 0,00
33,00	0,00 0,00	0,00 0,00	100,00 -2,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,40 kV 400,00 kV	19,04 0,39 -119,11 1,61	-0,00 0,06 0,39 12,64	-0,00 0,06 0,39 12,64	0,00 0,00 0,00 0,00
400,00	119,44 11,03	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	33,00 kV	119,11 11,03	0,33 0,00 12,64	0,33 0,00 12,64	0,00 0,00 0,00
Total:	119,44 11,03	0,00 0,00	118,98 -2,00	0,00 0,00	0,00 0,00		0,00 0,00	0,46 13,03	0,46 13,03	0,00 0,00

Şekil A.1. (Devam) İlk Durum DIgSILENT Powerfactory Program Çıktıları

		DigSILENT PowerFactory 15.1.1.7		Project: Date: 4/24/2021				
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 Adjust 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: / 21			
Generation	Motor Load	Load	Compen- sation	External Infeed	Inter Area Flow	Total Losses	Load Losses	Noload Losses
[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]	[MW]/ [Mvar]
\zoroglu.beytullah\Bartın OSB OG Şebeke Analiz\Network Model\Network Data\Bartın OSB OG Şebeke Analiz								
119,44	0,00	118,98	0,00	0,00	0,00	0,46	0,46	0,00
11,03	0,00	-2,00	0,00	0,00	0,00	13,03	13,03	0,00
Total:								
119,44	0,00	118,98	0,00	0,00		0,46	0,46	0,00
11,03	0,00	-2,00	0,00	0,00		13,03	13,03	0,00

Şekil A.1. (Devam) İlk Durum DigSILENT Powerfactory Program Çıktıları



Ek-B

		DIGSILENT PowerFactory 15.1.7		Project: Date: 6/15/2021	
Load Flow Calculation				Grid Summary	
AC Load Flow, balanced, positive sequence		Automatic Model Adaptation for Convergence		No	
Automatic Tap Adjust of Transformers		Max. Acceptable Load Flow Error for		1,00 kVA	
Consider Reactive Power Limits		Nodes		0,10 %	
Model Equations					
Grid: senaryo-3		System Stage: senaryo-3		Study Case: Study Case	
Annex:				/ 1	
Grid: senaryo-3		Summary			
No. of Substations	0	No. of Busbars	24	No. of Terminals	0
No. of 2-w Trfs.	6	No. of 3-w Trfs.	0	No. of syn. Machines	1
No. of Loads	14	No. of Shunts	0	No. of SVS	0
No. of Lines	20	No. of asyn.Machines	0		
Generation	= 202,88 MW	14,00 Mvar	203,36 MVA		
External Infeed	= 0,00 MW	0,00 Mvar	0,00 MVA		
Inter Grid Flow	= 0,00 MW	0,00 Mvar	0,00 MVA		
Load P(U)	= 200,48 MW	-2,00 Mvar	200,49 MVA		
Load P(Un)	= 200,48 MW	-2,00 Mvar	200,49 MVA		
Load P(Un-U)	= 0,00 MW	0,00 Mvar			
Motor Load	= 0,00 MW	0,00 Mvar	0,00 MVA		
Grid Losses	= 2,40 MW	16,00 Mvar			
Line Charging	= 0,00 MW	0,00 Mvar			
Compensation ind.	= 0,00 MW	0,00 Mvar			
Compensation cap.	= 0,00 MW	0,00 Mvar			
Installed Capacity	= 600,00 MW				
Spinning Reserve	= 397,12 MW				
Total Power Factor:					
Generation	= 1,00 [-]				
Load/Motor	= 1,00 / 0,00 [-]				

		DIGSILENT PowerFactory 15.1.7		Project: Date: 6/15/2021	
Load Flow Calculation				Total System Summary	
AC Load Flow, balanced, positive sequence		Automatic Model Adaptation for Convergence		No	
Automatic Tap Adjust 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: / 1	
No. of Substations	0	No. of Busbars	24	No. of Terminals	0
No. of 2-w Trfs.	6	No. of 3-w Trfs.	0	No. of syn. Machines	1
No. of Loads	14	No. of Shunts	0	No. of SVS	0
No. of Lines	20	No. of asyn.Machines	0		
Generation	= 202,88 MW	14,00 Mvar	203,36 MVA		
External Infeed	= 0,00 MW	0,00 Mvar	0,00 MVA		
Load P(U)	= 200,48 MW	-2,00 Mvar	200,49 MVA		
Load P(Un)	= 200,48 MW	-2,00 Mvar	200,49 MVA		
Load P(Un-U)	= 0,00 MW	0,00 Mvar			
Motor Load	= 0,00 MW	0,00 Mvar	0,00 MVA		
Grid Losses	= 2,40 MW	16,00 Mvar			
Line Charging	= 0,00 MW	0,00 Mvar			
Compensation ind.	= 0,00 MW	0,00 Mvar			
Compensation cap.	= 0,00 MW	0,00 Mvar			
Installed Capacity	= 600,00 MW				
Spinning Reserve	= 397,12 MW				
Total Power Factor:					
Generation	= 1,00 [-]				
Load/Motor	= 1,00 / 0,00 [-]				

Şekil B.1. Senaryo 3 DIGSILENT Powerfactory Program Çıktıları

		DigSILENT PowerFactory 15.1.7		Project:						
				Date: 6/15/2021						
Load Flow Calculation Complete System Report: Substations, Voltage Profiles, Grid Interchange										
AC Load Flow, balanced, positive sequence Automatic Tap Adjust 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: senaryo-3		System Stage: senaryo-3		Study Case: Study Case						
				Annex: / 1						
	rtd. V [kV]	Bus-voltage [p.u.]	[kV]	[deg]	Generation [MW]	Motor Load [MW]	Load [MW]	[Mvar]	Ext. Infeed [MW]	Compensation [Mvar]
DM-3	33,00	1,00	19,04	22,77	0,00	0,00	0,00	0,60	-0,00	0,00
DM-6	33,00	1,00	19,05	22,77	0,00	0,00	0,00	1,60	-0,00	0,00
DM-2	33,00	1,00	19,03	22,77	0,00	0,00	0,00	1,00	-0,00	0,00
TEİAŞ 33kV TR-2 TEMİZ BARA	33,00	1,00	19,08	22,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
400kV BARTIN OSB TM BARA-2	400,00	1,00	229,87	0,02	0,00	0,00	0,00	100,00	-2,00	0,00
400kV ZETES-3 BARASI	400,00	1,00	230,94	0,00	202,88	14,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A FABRİKASI	33,00	1,00	19,04	22,77	0,00	0,00	0,00	10,00	-0,00	0,00
DM-1 BATI BARA	33,00	1,00	19,02	22,77	0,00	0,00	0,00	0,80	-0,00	0,00
DM-1 DOĞU BARA	33,00	1,00	19,01	22,77	0,00	0,00	0,00	0,15	-0,00	0,00
DM-7 33kV Temiz Bara-1	33,00	1,00	19,07	22,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DM-7 33kV Temiz Bara-2	33,00	1,00	19,07	22,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DM-7 33kV Temiz Bara-3	33,00	1,00	19,07	22,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DM-4	33,00	1,00	19,07	22,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DM-5	33,00	1,00	19,01	22,77	0,00	0,00	0,00	2,80	-0,00	0,00
0.4kV BARA	0,40	0,98	0,23	49,26	0,00	0,00	0,00	1,93	-0,00	0,00
33kV ŞARJ İSTASYONU 2	33,00	0,98	18,75	22,82	0,00	0,00	0,00	5,00	-0,00	0,00
								0,00	0,00	0,00
Grid: senaryo-3		System Stage: senaryo-3		Study Case: Study Case						
				Annex: / 2						
	rtd. V [kV]	Bus-voltage [p.u.]	[kV]	[deg]	Generation [MW]	Motor Load [MW]	Load [MW]	[Mvar]	Ext. Infeed [MW]	Compensation [Mvar]
0.4kV BARA	0,40	0,99	0,23	51,03	0,00	0,00	0,00	34,00	-0,00	0,00
33kV ŞARJ İSTASYONU 1	33,00	0,99	18,86	22,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0.4kV BARA(1)	0,40	0,98	0,23	51,01	0,00	0,00	0,00	10,00	-0,00	0,00
33kV ŞARJ İSTASYONU 3	33,00	0,98	18,63	22,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0.4kV BARA(2)	0,40	0,97	0,22	49,37	0,00	0,00	0,00	9,60	-0,00	0,00
33kV ŞARJ İSTASYONU 4	33,00	0,98	18,59	22,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
33kV ŞARJ İSTASYONU 5	33,00	0,99	18,78	22,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0.4kV BARA(3)	0,40	0,99	0,23	51,02	0,00	0,00	0,00	23,00	-0,00	0,00
		DigSILENT PowerFactory 15.1.7		Project:						
				Date: 6/15/2021						
Load Flow Calculation Complete System Report: Substations, Voltage Profiles, Grid Interchange										
AC Load Flow, balanced, positive sequence Automatic Tap Adjust 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: senaryo-3		System Stage: senaryo-3		Study Case: Study Case						
				Annex: / 3						
	rtd. V [kV]	Bus - voltage [p.u.]	[kV]	[deg]	-10	-5	Voltage - Deviation [%]	0	+5	+10
DM-3	33,00	0,999	32,98	22,77						
DM-6	33,00	1,000	32,99	22,77						
DM-2	33,00	0,999	32,97	22,77						
TEİAŞ 33kV TR-2 TEMİZ BARA	33,00	1,002	33,05	22,77						
400kV BARTIN OSB TM BARA-2	400,00	0,995	398,15	0,02						
400kV ZETES-3 BARASI	400,00	1,000	400,00	0,00						
A FABRİKASI	33,00	0,999	32,98	22,77						
DM-1 BATI BARA	33,00	0,998	32,94	22,77						
DM-1 DOĞU BARA	33,00	0,998	32,92	22,77						
DM-7 33kV Temiz Bara-1	33,00	1,001	33,03	22,77						
DM-7 33kV Temiz Bara-2	33,00	1,001	33,03	22,77						
DM-7 33kV Temiz Bara-3	33,00	1,001	33,03	22,77						
DM-4	33,00	0,998	32,93	22,77						
DM-5	33,00	0,998	32,93	22,77						
0.4kV BARA	0,40	0,978	0,39	49,26						
33kV ŞARJ İSTASYONU 2	33,00	0,984	32,48	22,82						

Şekil B.1. (Devam) Senaryo 3 DigSILENT Powerfactory Program Çıktıları

Grid: senaryo-3		System Stage: senaryo-3			Study Case: Study Case			Annex: / 4		
		Bus - voltage			Voltage - Deviation [%]					
rtd.V [kV]		[p.u.]		[kV]	[deg]	-10	-5	0	+5	+10
0.4KV BARA	0,40	0,990	0,40	51,03						
33KV ŞARJ İSTASYONU 1	33,00	0,990	32,67	22,78						
0.4KV BARA(1)	0,40	0,977	0,39	51,01						
33KV ŞARJ İSTASYONU 3	33,00	0,978	32,27	22,81						
0.4KV BARA(2)	0,40	0,972	0,39	49,37						
33KV ŞARJ İSTASYONU 4	33,00	0,975	32,19	22,85						
33KV ŞARJ İSTASYONU 5	33,00	0,986	32,52	22,79						
0.4KV BARA(3)	0,40	0,985	0,39	51,02						

		DIGSILENT PowerFactory 18.1.7	Project: Date: 6/15/2021
--	--	-------------------------------	--------------------------

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 Adjust of Transformers	No	Max. Acceptable Load Flow Error for Nodes	1,00 kVA	
Consider Reactive Power Limits	No	Model Equations	0,10 %	

Grid: senaryo-3		System Stage: senaryo-3			Study Case: Study Case			Annex: / 5		
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]	NoLoad Losses [MW]/[Mvar]
0,40	0,00	0,00	81,60	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00
			-0,00	0,00	0,00	33,00 kV	-81,60	0,04	0,04	0,00
							0,00	2,96	2,96	0,00
33,00	0,00	0,00	18,88	0,00	0,00	0,40 kV	81,64	0,04	-0,00	0,00
			-0,00	0,00	0,00	400,00 kV	2,96	2,96	0,04	0,00
							-101,94	-0,00	-0,00	0,00
							-2,96	13,03	13,03	0,00
400,00	202,88	0,00	100,00	0,00	0,00	33,00 kV	0,94	0,94	0,00	0,00
	14,00	0,00	-2,00	0,00	0,00		-0,00	-0,00	-0,00	0,00
							101,94	-0,00	-0,00	0,00
							16,00	13,03	13,03	0,00
Total:	202,88	0,00	200,48	0,00	0,00		0,00	2,40	2,40	0,00
	14,00	0,00	-2,00	0,00	0,00		0,00	16,00	16,00	0,00

		DIGSILENT PowerFactory 18.1.7	Project: Date: 6/15/2021
--	--	-------------------------------	--------------------------

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 Adjust of Transformers	No	Max. Acceptable Load Flow Error for Nodes	1,00 kVA	
Consider Reactive Power Limits	No	Model Equations	0,10 %	

Total System Summary		Study Case: Study Case			Annex: / 6			
Generation [MW]/[Mvar]	Motor Load [MW]/[Mvar]	Load [MW]/[Mvar]	Compen-sation [MW]/[Mvar]	External Infeed [MW]/[Mvar]	Inter Area Flow [MW]/[Mvar]	Total Losses [MW]/[Mvar]	Load Losses [MW]/[Mvar]	NoLoad Losses [MW]/[Mvar]
\zoronglu.beytullah\senaryo-3\Network Model\Network Data\senaryo-3								
202,88	0,00	200,48	0,00	0,00	0,00	2,40	2,40	0,00
14,00	0,00	-2,00	0,00	0,00	0,00	16,00	16,00	0,00
Total:	202,88	0,00	200,48	0,00	0,00	2,40	2,40	0,00
	14,00	0,00	-2,00	0,00	0,00	16,00	16,00	0,00

Şekil B.1. (Devam) Senaryo 3 DIGSILENT Powerfactory Program Çıktıları

KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER

Zoroğlu B., Yapıcı A.T., Kurt G., Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Standartları ve Türkiye'deki Elektrikli Araç Durumu, *International Marmara Sciences Congress*, Kocaeli, Türkiye, 04-05 Aralık 2020.



ÖZGEÇMİŞ

İlk ve orta öğrenimini Bartın'da tamamladı. 2005 yılında girdiği Bartın Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi Elektrik-Elektronik Bölümü'nden 2009 yılında mezun oldu. 2009 yılında girdiği Dumlupınar Üniversitesi Elektrik Bölümü'nden 2011 yılında mezun oldu. Sonrasında 2012 yılında girdiği Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nden 2015 yılında dereceli(bölüm birincisi) olarak mezun oldu. 2017 yılında çalışmaya başladığı TEİAŞ'ta 2017-2019 yılları arası İzmit Hat Bakım Grup İşletme Sorumlu Mühendisi olarak görev yaptı. 2019 yılından itibaren TEİAŞ 420kV Bartın OSB Trafo Merkezi Grup İşletme Sorumlu Mühendisi olarak görevine devam etmektedir. 2019 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Mühendisliği Bölümü'nde Yüksek Lisans öğrenimine devam etmektedir.