

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORCID : - - -

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :
ORCID : - - -

Trabzon

ÖNSÖZ

Elektrikli araçların, pazar payındaki oranı her geçen gün artmaktadır. Araçların enerji ihtiyacının petrol ürünleri yerine elektrik enerjisi ile karşılanması, ülke ve şehirler için birçok altyapı problemini ortaya çıkaracaktır. Bu kapsamda elektrikli araç enerji arz ve talep dengesinin optimal olarak belirlenebilmesi ve dağıtım sistemine etkilerinin irdelenebilmesi amacıyla Trabzon ilinin modellenmesi oluşturulmuştur. Şehrin kısa ve orta vadede ihtiyaç duyacağı şarj lokasyonu ve şarj ünitesi sayısı belirlenmiştir. Belirlenen sayılar modelleme uygulaması üzerinde şehrin ihtiyaç duyulabilecek bölgelerinde konumlandırılmış ve elektrik dağıtım şebekesi üzerinde etkileri incelenmiştir. Tüm bu çalışmalar dahilinde belge, bilgi ve birikim paylaşımlarının gerçekleştirilmesi amacı ile Karadeniz Teknik Üniversitesi ve Trabzon Büyükşehir Belediyesi öncülüğünde iş birliği protokolü imzalanmıştır. Şehrin gelişimine ait öngörüler bu protokol çerçevesinde oluşturulmuştur.

Bu tez çalışma sürecinin başlangıcından itibaren danışmanlığı, düşünce ve yönlendirmeleri ile tam desteğini hissettiğim sayın Dr. Öğr. Üyesi Fatih M. NUROĞLU hocama teşekkürlerimi borç bilirim.

Çalışmanın gerçekleştirilmesi için birlikte çalışma imkânı bulduğum protokol paydaşlarından Trabzon Büyükşehir Belediyesi, Çoruh Elektrik Dağıtım A.Ş. çalışanlarına, üniversite imkânlarını tarafıma sunan Karadeniz Teknik Üniversitesine, modellenmenin gerçekleştirilmesi için Power Factory programı erişimine ücretsiz imkân veren DIGSILENT ve EPRA ailelerine teşekkür ederim.

Eğitim hayatımın en büyük destekleyicisi aileme ve hayallerimi benimle paylaşan sevgili eşime şükranlarımı sunarım.

Oğuzhan TAN

Trabzon 2023

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “**ARAÇ ŞARJ İSTASYONLARININ TRABZON ŞEBEKESİNE ETKİLERİ**” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Fatih M. NUROĞLU’nun sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 21 / 03 / 2023

Oğuzhan TAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	iii
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ÖZET.....	vii
SUMMARY.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
TABLolar DİZİNİ.....	xi
SEMBOLLER DİZİNİ.....	xii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Literatür Araştırması.....	2
1.3. Standartlarda ve Mevzuatlarda Araç Şarj İstasyonları.....	5
1.3.1. Standartlar.....	5
1.3.2. Mevzuatlar.....	7
1.4. Araç Şarj Üniteleri ve Özellikleri.....	8
1.4.1. Şarj Yöntemleri.....	9
1.4.2. Kombine Şarj Sistemi (Combined Charging System, CCS).....	11
1.4.3. Otomotiv Mühendisliği Derneği (Society of Automotive Engineering, SAE).....	12
1.4.4. CHAdeMO, GB/T ve ChaoJi.....	13
1.5. Dünyada Elektrikli Araçlar ve Şarj Altyapısı.....	15
1.6. Türkiye’de Elektrikli Araçlar ve Şarj Altyapısı.....	18
1.7. Çalışmada İzlenecek Yol Algoritması ve Sistemin Modellenmesi.....	21
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR, BULGULAR VE İRDELEME.....	24
2.1. Baz Yıl (2022) Elektrik Dağıtım Sisteminin Modellenmesi.....	25
2.1.1. İletken ve Trasformatör Parametrelerinin Girilmesi.....	26
2.1.2. Kabinlerin Modellenmesi ve Bara Parametrelerinin Girilmesi.....	27
2.1.3. Yük Değerlerinin Girilmesi.....	29
2.2. TM ve DM’lerin Tek Hat Şemaları.....	30
2.2.1. Trabzon TM Tek Hat Şeması.....	30
2.2.2. Akyazı TM Tek Hat Şeması.....	32
2.2.3. DM-1 Tek Hat Şeması.....	33

2.2.4.	DM-2 Tek Hat Şeması.....	34
2.2.5.	DM-3 Tek Hat Şeması.....	35
2.2.6.	DM-4 Tek Hat Şeması.....	36
2.2.7.	DM-5 Tek Hat Şeması.....	37
2.2.8.	DM-6 Tek Hat Şeması.....	38
2.2.9.	DM-7 Tek Hat Şeması.....	39
2.2.10.	DM-8 Tek Hat Şeması.....	40
2.2.11.	DM-9 Tek Hat Şeması.....	41
2.2.12.	DM-10 Tek Hat Şeması.....	42
2.2.13.	DM-13 Tek Hat Şeması.....	43
2.3.	Baz Yıla (2022) Göre Dağıtım Sisteminin Uygulanması ve Sonuçlar.....	44
2.4.	2025 Projeksiyon Yıl Dağıtım Sisteminin Modellenmesi.....	46
2.5.	2030 Projeksiyon Yıl Dağıtım Sisteminin Modellenmesi.....	50
2.6.	2030-2040 Arası Yıllar İçin Dağıtım Sisteminin Modellenmesi	54
2.7.	2030-2040 Arası Yıllarda Dağıtım Sistemi Gereksinimlerinin Belirlenmesi	60
3.	SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	67
4.	ÖNERİLER	69
5.	KAYNAKLAR.....	71
6.	EKLER	74
ÖZGEÇMİŞ		

Yüksel Lisans Tezi

ÖZET

ARAÇ ŞARJ İSTASYONLARININ TRABZON ŞEBEKESİNE ETKİLERİ

Oğuzhan TAN

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Fatih Mehmet NUROĞLU
2023, 73 Sayfa, 8 Ek Sayfa

Elektrik şebekelerinde enerji talebinde meydana gelen değişimler sistem işletmecileri için öngörülebilir makul düzeylerde gerçekleşmektedir. Elektrikli araçların ulaşımında önemli park sayısı oranlarına gelmesi ile birlikte sistem işletmecileri öngörülerini değiştirmek, planlanmış yatırımları revize etmek durumundadırlar. Ülke hedef ve politikalarına uygun olarak bölgelere ait elektrik araç sayılarının yıllara bağlı olarak belirlenebilmesi, sistem gereksinimlerinin erkenden tespit edilerek asgari seviyelere indirilmesi için Trabzon ilinde modellenmiş elektrikli araç şarj istasyonları ile entegre edilmiş bir dağıtım sistemi ele alınmıştır.

Çalışmada Trabzon ilinin %40 nüfus oranına sahip bölgesinde modelleme gerçekleştirilmiştir. Dağıtım sistemi için baz yıl belirlenmiş ve elektrikli araç sayısından bağımsız olarak yük artış öngörülerini yıllara bağlı olarak sisteme dahil edilmiştir. Sonrasında yıllar içerisinde şehirde meydana gelecek elektrikli araç park sayısı gelişimi ülke hedef ve politikalarına uygun olarak matematiksel ifadeler ile belirlenmiştir. Elektrikli araç sayısına bağlı olarak standartlara uygun biçimde şarj üniteleri kaynaklı enerji talepleri dağıtım sistemi üzerine entegre edilmiştir. Modelleme çalışmaları ve hesaplamalar Digsilent Power Factory programı yardımı ile gerçekleştirilmiştir. Elektrikli araç gelişiminin ve buna bağlı olarak şarj istasyonlarının dağıtım sistemine gerilim düşümü, hat yüklenmesi dikkate alınarak yük akışı yönünden nasıl etki ettiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektrikli Araçlar, Elektrik Şebekesi, Şarj Üniteleri, Yük Akış Analizi

Master Thesis

SUMMARY

IMPACT OF ELECTRIC VEHICLE CHARGING STATIONS ON TRABZON'S GRID

Oğuzhan TAN

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural And Applied Sciences
Electrical and Electronics Engineering Graduate Program
Supervisor: Assist. Prof. Dr. Fatih Mehmet NUROĞLU
2023, 73 Pages, 8 Appendix Pages

Changes in energy demand in the power grid occur at predictable reasonable levels for system operators. With electric vehicles reaching significant number of parks in transportation, System operators must change their predictions and revise planned investments. A distribution system integrated with electric car charging stations was modeled in Trabzon to determine the number of electrical vehicles for the region according to the country's goals and policies, and to detect and minimize system requirements early.

In the study, the distribution system, which serves the 40% population of Trabzon, was modeled. The base year for the distribution system was set and the load increase forecasts were included in the system for years, regardless of the number of electric vehicles. The development of the number of park of electric vehicles in the city was determined by mathematical expressions in accordance with the country's goals and policies. Depending on the number of electric vehicles, energy demands from charging units were integrated into the distribution system in accordance with the standards. Modeling and calculations were carried out in Digsilent Power Factory. How effect to load flow in distribution system was determined examining voltage losses and line loading because of electric vehicles development and charging stations.

Key Words: Electric Vehicles, Electric Grid, Chargers, Load Flow Analysis

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Şarj yöntemlerini belirleyen unsurlar	6
Şekil 1.2. (a) sabit akım/sabit gerilim ve (b) darbe akımı hızlı şarj yöntemleri	10
Şekil 1.3. CCS Combo 2 şarj soketi	11
Şekil 1.4. CCS yüksek güçlü şarj için belirlenmiş akım ve gerilim aralıkları.....	12
Şekil 1.5. SAE J1772 ile uyumlu CCS1 şarj soketi.....	13
Şekil 1.6. CHAdeMO, GB/T ve ChaoJi şarj soketleri.....	14
Şekil 1.7. ChaoJi İçin belirlenmiş akım gerilim aralıkları	15
Şekil 1.8. Küresel EA stok sayısının gelişimi	16
Şekil 1.9. Şarj soketi sayıları ve EA sayısı / soket sayısı oranları.....	17
Şekil 1.10. Türkiye ve Trabzon'un yıllara göre seçili motorlu araç ve nüfus oranları .	20
Şekil 1.11. Nüfus ve EA tahmin. göre 2025 ve 2030 yılları Trabzon ili EA verileri...	21
Şekil 1.12. Dağıtım şebekesinin modellenmesinde izlenecek yöntem.....	22
Şekil 2.1. Baz yıl dağıtım sitemi genel görünümü	26
Şekil 2.2. Parametrelerin girildiği fider özel penceresi	27
Şekil 2.3. Modellenmiş örnek kabin	28
Şekil 2.4. Parametrelerin girildiği yük özel penceresi	29
Şekil 2.5. Trabzon TM tek hat şeması	31
Şekil 2.6. Akyazı TM tek hat şeması	32
Şekil 2.7. DM-1 tek hat şeması	33
Şekil 2.8. DM-2 tek hat şeması	34
Şekil 2.9. DM-3 tek hat şeması	35
Şekil 2.10. DM-4 tek hat şeması	36
Şekil 2.11. DM-5 tek hat şeması	37
Şekil 2.12. DM-6 tek hat şeması	38
Şekil 2.13. DM-7 tek hat şeması	39
Şekil 2.14. DM-8 tek hat şeması	40
Şekil 2.15. DM-9 tek hat şeması	41
Şekil 2.16. DM-10 tek hat şeması	42
Şekil 2.17. DM-13 tek hat şeması	43

Şekil 2.18. 2025 projeksiyon yıl dağıtım sistemi genel görünümü	47
Şekil 2.19. 2030 projeksiyon yıl dağıtım sistemi genel görünümü	51
Şekil 2.20. 2040 projeksiyon yıl dağıtım sistemi genel görünümü	57
Şekil 2.21. 2040 projeksiyon yıl için kurg. dağıtım sistemi genel görünümü	61
Şekil 2.22. Modellemelere göre değişim oranları üzerinden gerilim profilleri (%)....	65
Şekil 2.23. Modellemelere göre hat yüklenmesi oranları (%).....	66



TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. Standartlarda tanımlanmış şarj güç seviyeleri ve soket yapıları	9
Tablo 1.2. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı EA ve şarj soketi hedefleri	18
Tablo 2.1. TM’lerde gözlemlenen azami değerler	44
Tablo 2.2. DM ve bağlı kabinlerinde gözlemlenen azami değerler	45
Tablo 2.3. 2025 projeksiyon yıl TM’lerde gözlemlenen azami değerler	48
Tablo 2.4. 2025 projeksiyon yıl DM ve bağlı kabinlerinde gözlemlenen azami değerler	49
Tablo 2.5. 2030 projeksiyon yıl TM’lerde gözlemlenen azami değerler	52
Tablo 2.6. 2030 projeksiyon yıl DM ve bağlı kabinlerinde gözlemlenen azami değerler	53
Tablo 2.7. Türkiye’de 2030-2040 yılları arasında meydana gelebilecek EA satış sayıları	55
Tablo 2.8. 2040 projeksiyon yıl TM’lerde gözlemlenen azami değerler	58
Tablo 2.9. 2040 projeksiyon yıl DM ve bağlı kabinlerinde gözlemlenen azami değerler	59
Tablo 2.10. 2040 projeksiyon yıl kur. yeni yapıya göre TM’lerde gözlem. azami değerler	63
Tablo 2.11. 2040 projeksiyon yıl kurgulanan yeni yapıya göre DM ve bağlı kabinlerinde gözlemlenen azami değerler	64

SEMBOLLER DİZİNİ

$A_{\ddot{u}}$	İlgili Yıldaki Ülke Baz Alınan Araç Sayısı
$A_{\S}$	İlgili Yıldaki Şehir Baz Alınan Araç Sayısı
A_y	İlgili Yıldaki Araç Sayıları Oranı ($A_{\ddot{u}}/A_{\S}$)
$N_{\ddot{u}}$	İlgili Yıldaki Ülke Nüfusu
$N_{\S}$	İlgili Yıldaki Şehir Nüfusu
N_y	İlgili Yıldaki Nüfusu Oranı ($N_{\ddot{u}}/N_{\S}$)
k_y	İlgili Yıldaki Nüfus Ve Motorlu Araç Oranı Oranları
a	Belirlenmiş Yıllardaki k_y Katsayısının Yıllık Ortalama Değişimi
N_{EA}	İlgili Yıldaki EA Satış Sayısı
x	EA Satış Sayısı Yıllık Değişim Katsayısı

KISALTMALAR DİZİNİ

EA	Elektrikli Araç
İYMA	İçten Yanmalı Motorlu Araç
EABD	Elektrikli Araç Besleme Donanımı
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
DA	Doğru Akım
AA	Alternatif Akım
IEC	International Electrotechnical Commission
SAE	Society of Automotive Engineering
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
TM	Trafo Merkezi
DM	Dağıtım Merkezi
AG	Alçak Gerilim
YG	Yüksek Gerilim
$\cos \varphi$	Güç faktörü
P	Aktif Güç
kV	Kilovolt
MVA	Megavolt Amper
kVA	Kilovolt Amper
MW	Megavat
kW	Kilovat
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim A.Ş.
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Enerji seçiminde en önemli etkenlerden biri maliyettir. Gerçekleştirilecek her birim iş için harcanacak birim enerji, elde edilmek istenen çıktının maliyetini doğrudan etkilemektedir. Ulaşım sektöründe her ne kadar kat edilen birim yolda harcanan birim enerji EA'larda (elektrikli araç) daha az olsa da[1] , son dönemlere kadar İYMA'ların (içten yanmalı motorlu araç) satış maliyetlerinin EA'lara göre daha düşük olması ve batarya maliyetlerinin yüksek olması dönüşümün gerçekleşmesini ertelemiş [2], İYMA'ların pazar payındaki konumunu korumasını sağlamıştır. Günümüzde ise Petrol ürünlerindeki belirsizlik, EA ve İYMA'ların birim üretim maliyetlerinin birbirlerine yaklaşması, ülkelerin net-sıfır emisyon hedefleri doğrultusunda teşvikleri, araç pazar payında EA lehine önemli değişiklikler meydana getirmiştir[3].

Net-sıfır emisyon hedefleri incelendiğinde, 2030'lu yıllarda İYMA'ların satışını sonlandırılmasını ve 2050'li yıllarda ise İYMA'ların piyasadan kaldırılmasını kapsadığı görülmektedir [4]. Aynı zamanda birim batarya maliyetlerinin ve EA'ların maliyetlerinin de azalması bir bütün olarak ele alındığında, ülkelerin araç şarj ve elektrik dağıtım altyapısını kısa sürede ele alması gerektiğini net olarak göstermektedir.

Tamamlanan bu çalışmada, dünyanın ve Türkiye'nin EA için mevcut vaziyeti, kısa ve orta vade hedefleri incelenmiştir. İncelemeler neticesinde Türkiye'nin belirlemiş olduğu hedefler doğrultusunda Trabzon ilinin, potansiyel EA sayısı üzerinden ihtiyaç duyduğu şarj soket sayısı tespit edilmiştir. Sayısı tespit edilen araç şarj soketleri Power Factory uygulaması üzerinde mevzuat ve standartlara bağlı kalınarak tesis edilmiştir.

Simüle edilmiş çalışma senaryolarında muhtelif yerlerde tesis edilmiş şarj istasyonları ile birlikte yıllara göre artabilecek güç talebi de değerlendirmeye dahil edilmiştir. Aynı dağıtım hattından beslenen tüm şarj istasyonlarının talep güç faktörü, aynı anda oluşabilecek pik talepler dikkate alınarak simülasyon esnasında standartlara da uygun olarak 1 alınmıştır.

Simülasyonlar neticesinde hat yüklenmeleri ve gerilim düşümleri üzerinden dağıtım sistemi değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda sistem gereksinimleri projeksiyon yıllar için belirlenmiştir.

1.2. Literatür Araştırması

Şarj istasyonlarının hizmet ettiği EA'ların günümüzde olduğu kadar tarihsel hareketlerinde de batarya sistemleri oldukça önemli yer almaktadır. İlk EA'ların 1830'lu yıllardan itibaren elektrik motorunun ve birincil pillerin icadı ile birlikte tarihte yerini aldığı görülmektedir[5]. Ancak birincil pillerin şarj edilebilir olmaması ve elektrik motorlarının verimliliklerinin ve güçlerinin yüksek olmaması, icatların piyasada kendine yer bulmasını engellemiştir. 1880'li yıllardan itibaren şarj edilebilir ilk bataryaların (ikincil piller) keşfinin domino etkisi ile, Fransa ve Amerika başta olmak üzere EA'lara ilgi artmıştır. Amerika'da 1912 yılında kayıtlı 33842 adet EA bulunduğu belirtilmektedir. EA'ların, İYMA'lara göre en önemli avantajlarından biri olan sessiz ve kolay çalışma özelliğini, İYMA'larda krank milinin manuel olarak döndürülmesinin artık gerekmemesi sebebiyle kaybetmesi ve Ford Model T ile başlayan seri üretilmiş İYMA maliyetlerinin bir anda düşmesi, EA sayısının duraklamasına ve EA'ların piyasadaki çekilmelerine sebebiyet vermiştir[6].

EA'ların ilk icat edildikleri tarihlerde batarya teknolojisinin önem arz ettiği anlaşılmaktadır. 19. yüzyılda ikincil pillerin icadı ile kendisine fuarlar ve sonrasında piyasalarda yer bulan EA'lar için diğer önemli gelişme şüphesiz Lityum İyon vb. yüksek enerji yoğunluğuna ve performansına sahip bataryaların geliştirilmesidir. İlk olarak 20. yüzyıl başlarında geliştirilmiş olmasına rağmen, gerek güvenlik sebepleri gerek ise şarj edilebilirliğinin geliştirilmesi sonrası Lityum İyon piller 1990'lı yıllarda piyasada yerini almıştır[7].

EA'ların tarihsel gelişimi sonrasında günümüzdeki durumu incelendiğinde, EA park sayısının her geçen gün arttığı ve araç şarj istasyonu soket sayısı artışının da benzerlik gösterdiği söylenebilir. Günümüzdeki EA park sayılarında meydana gelen artışlarda dikkat çeken en önemli konuların başında, pandemi döneminde gerçekleşen araç sayısı satış

rakamları gelmektedir. Bu dönemde İYMA satış oranlarında azalma meydana gelmesine rağmen EA satış oranlarında artış eğilimi devam etmektedir[8].

EA sayısında meydana gelen artışlarda önemli etkenler arasında ülkelerin bir takım taahhütlerde bulunduğu net-sıfır karbon emisyon hedefleri gösterilebilir[3]. Ülkelerin taahhütte bulunduğu emisyon hedeflerine ulaşabilmeleri amacıyla ulaşımda EA park sayısının artırılması için sunduğu teşvikler satış oranlarında etkin rol oynamaktadır[9,10].

Günümüzde gerek EA maliyetlerinin İYMA maliyetlerini yakalaması, gerek ise ülkeler tarafından gerçekleştirilen teşvikler EA sayısını her geçen gün artırmaktadır. Bu artış EA'ların kullanıldığı her bölgede araç şarj istasyonu ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. 2021 yılı verileri incelendiğinde ülkelerin ve EA bulunan bölgelerin yapısına bağlı olarak özel mülkiyet veya kamuya açık olma oranı değişmekle birlikte dünyada her 9,6 EA başına bir kamuya açık şarj istasyonu (ya da her 0,1 kamuya açık şarj istasyonu başına bir EA) bulunmaktadır. Avrupa Birliği için her 10 EA başına bir kamuya açık şarj istasyonu hedefi bulunmaktadır. Güney Kore, yaklaşık her 2,6 EA başına bir kamuya açık şarj istasyonu ile dikkat çekmektedir. Dünyada toplamda 1 milyon 800bin kamuya açık şarj istasyonu(şarj soketi) varken bunların yaklaşık olarak 570 bini hızlı şarj istasyonudur[11].

Türkiye, mevcut EA parkı sayısında Avrupa ve Dünya ortalamasının gerisindedir. 2021 yılı verilerine bakıldığında Türkiye’de yaklaşık 6 bin EA bulunduğu belirtilmektedir. Şarj ünitesi sayısı, yaklaşık her 2,5 EA başına bir kamuya açık şarj soket sayısı ile oldukça yüksektir. Ancak bu durum EA parkının az olması sebebiyledir. Türkiye’nin 2030 yılında 2 milyon 500 bin EA parkı hedefi bulunmaktadır. Avrupa hedefleri doğrultusunda (her 10 EA başına bir kamuya açık şarj istasyonu hedefi) Türkiye’nin yaklaşık 250 bin şarj soketi ihtiyacı ortaya çıkmaktadır[12].

EA park sayısındaki artışların dikkat çekici noktalara gelmesi ile birlikte elektrik şebekesine etkileri de oldukça artacaktır. Özellikle konut vb. özel şarj istasyonlarının etkin olduğu bölgelerde puant güç talepleri şehir dağıtım şebekeleri için önem arz edecek noktalara gelecektir. Elektrik enerjisinin daha uygun maliyetlerle karşılanabilmesi için, gece saatlerinde şarj senaryoları değerlendirildiğinde de puant güç talebinin gece saatlerine kaydığı görülmektedir[13].

Şarj istasyonlarının güç aralıkları da bulundukları bölgelere göre seçilmelidir. Otoyol vb. alanlarda yüksek hızlı şarj istasyonları tercih edilmesi gerekirken, toplanma alanları, park

alanları vb. bölgelerde normal hızlarda şarj istasyonları seçilebilir. Seçimi yapılacak şarj istasyonlarının şebekeye doğrudan etkisi olacaktır. Elektrik dağıtım şebekesinde doğru planlama ve altyapı kurulmaz ise oluşabilecek puant güç taleplerinde elektrik şebekesi gerekli arzı sağlayamayabilir. Böyle durumlarda şarj istasyonlarının birbirleri ile haberleşmesi gerekebilir ve bu sebeplerle araç şarj istasyonlarında şarj süreleri uzayabilir[14].

Özel şarj istasyonlarında, elektrik zaman tarifelerine göre şarj zaman aralığı değişmektedir. Zamana göre tarife farklılıkları olan bölgelerde puant talep 01:00 saatlerinde olurken, tarife farklılıkları olmayan bölgelerde puant talep 20:00 saatlerinde gerçekleşmektedir[15].

Kamuya açık şarj istasyonlarında, şarj zaman aralığında puant talepler öğle saatlerinde gerçekleşmektedir. 10:00 ile 20:00 saatleri arasında yüksek talep aralığına sahip kullanıcı davranışı gözlemlemek mümkündür[16,17].

Özel şarj istasyonları talep karakteristikleri üzerinden EA sayısının Suudi Arabistan dağıtım sistemine etkileri incelendiğinde, toplam araç sayısı içerisinde her %1'lik EA sayısı artışının günlük talebi %0.1, puant talebi ve güç kaybını %0.2 artırdığını göstermektedir[18].

Net-sıfır karbon emisyon hedefleri noktasında iddialı yerleşim bölgelerinden California eyaletinde yapılan çalışmada hedeflerin gerçekleştirilebilmesi için dağıtım sisteminde (yaklaşık %20'sinde) yatırım gerektiği belirtilmektedir. Ayrıca, yaklaşık 3800 EA sayısı ile özel şarj istasyonları talep karakteristikleri üzerinden bir dağıtım şebekesine etkileri incelendiğinde bir yılın 3 ayında hat kapasitesinin üzerinde bir talep olduğu görülmektedir[19].

Avustralya'da taşra ve şehir merkezlerinde bulunan 6 adet dağıtım sistemi için hanelerin düşük hızdaki şarj ünitelerine (özel şarj ünitelerine) sahip olma oranları üzerinden yapılan şebeke analizlerinde gerilim düşümleri, transformatör kapasiteleri ve iletkenlerin taşıma kapasiteleri üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır. Hanelerin %20 ile %160 arasındaki sahiplik oranlarında etkileri incelenmiştir. Gerçekleştirilen incelemelerde şarj ünitelerinin düşük güç taleplerine sahip olmasına rağmen, sahiplik oranının %20 olduğu durumda 2 adet dağıtım sisteminde yetersizlikler görülmeye başlanmıştır. %60 sahiplik oranı değerlendirildiğinde sadece 1 adet dağıtım sisteminin yeterli kalabildiği, %100 sahiplik oranına gelindiğinde ise hiçbir dağıtım sisteminin yeterli olamadığı anlaşılmaktadır[20].

Türkiye’de de ulusal ve uluslararası gelişmeler ele alınarak pilot bölgeler seçilmek sureti ile şebeke analizleri gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen çalışmada, seçilen pilot bölgelerin araç şarj istasyonları olmaksızın şebeke sözleşme gücü gelişimleri, ülkede gelişecek araç stok sayısı, bölgelerin gelişmişlik düzeyleri vb. parametreler de dikkate alınarak bir metodoloji oluşturulmuştur. Şebeke analizi sonucunda, kamuya açık şarj istasyonların yoğun olduğu bölgelerde, dağıtım trafolarının yıllık ortalama yüklenme kapasite faktörlerinin düşük olması sebebiyle yüksek büyüme senaryolarında aşırı yüklenme, gerilim düşümü durumlarıyla karşılaşılabildiği, karşılaşılan durumların sınırlı sayıda olduğu belirtilmektedir[21]. Seçilen pilot bölgelerde elde edilen olumlu sonuçların, yüksek hızlı şarj istasyonu güçlerinin artmasıyla (350 kW vb.) değişebileceği, kendi karakteristiğine sahip farklı bölgelerde mevcut istasyon güçleriyle dahi daha olumsuz sonuçların elde edilebileceği unutulmamalıdır. Bu sebeple her bir bölgenin kendi karakteristiklerine uygun olarak ve ülke projeksiyonları dikkate alınarak analizlerini gerçekleştirmeleri gerekmektedir.

1.3. Standartlarda ve Mevzuatlarda Araç Şarj İstasyonları

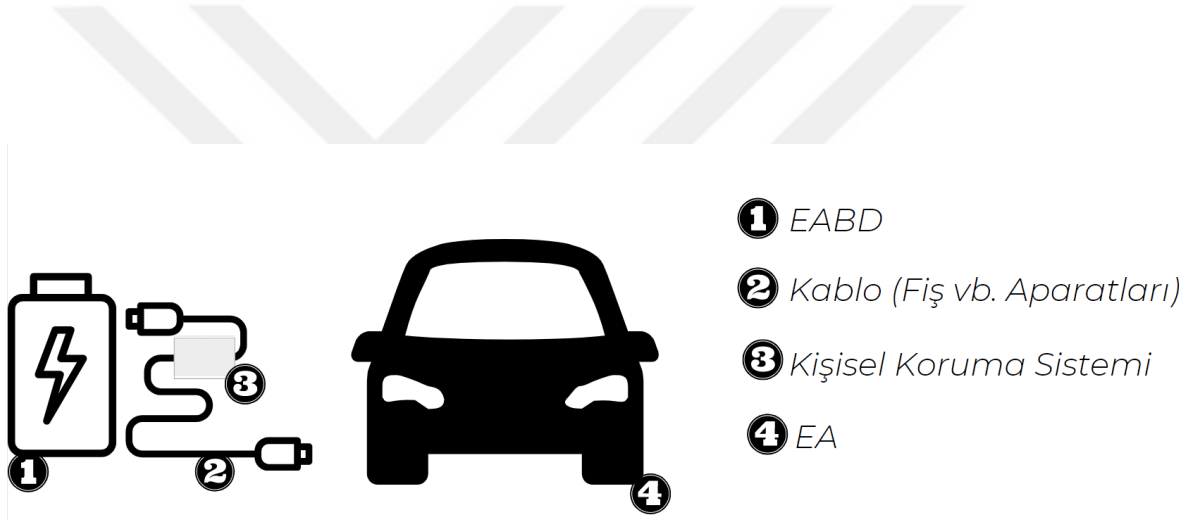
1.3.1. Standartlar

EA’ların piyasada kendisine yer bulması, pazar payında ve stok sayısında yüksek büyüme başarıları göstermesi sebebi ile sektör içerisinde bilgi ve uygulama karmaşalarına da son vermek amacıyla standartlara ihtiyaç duyulmaktadır. Türkiye’de de EA ve şarj sistemlerine ilişkin standartlar oluşturulmaya başlanmıştır. Öncelikli olarak terim ve tanım karmaşasına engel olmak amacı ile TS 13909 "Elektrikli Araçlar ve Elektrikli Şarj Sistemleri - Temel Terimler ve Tanımlar" yayımlanmıştır. Konu ile ilgili geliştirilebilecek yeni standartlarda ve gerçekleştirilecek diğer çalışmalarda kullanılmak üzere bir terim sözlüğü oluşturmak amaçlanmıştır. Yürütülen bu akademik çalışmada da TS 13909’da belirtilen tanımlara riayet edilmeye özen gösterilecektir.

EA stok sayısının artması ile birlikte pek tabi şarj istasyonu kurulum gereklilikleri de ortaya çıkmıştır. Bu sebeple tüm tüzel ve gerçek kişilikler için kurulum ve güvenlik

gerekliliklerinin tanımlanması amacı ile TS 13912 "Elektrikli Araç Şarj Üniteleri ve İstasyonları - Kurulum ve Güvenlik Gereklileri" yayımlanmıştır. Yürütülen bu akademik çalışmada gerçekleştirilecek analizlerde de TS 13912'de belirtilen gerekliliklere riayet edilmeye özen gösterilecektir.

TS 13909 "Elektrikli Araçlar ve Elektrikli Şarj Sistemleri - Temel Terimler ve Tanımlar" standardında EA'lara, bataryalara, şarj ve şarj donanımlarına, şarj istasyonu ve işletmeciliğine ve elektromanyetik uyumluluğa ait tanımlar belirtilmektedir. Ayrıca bu tanımlarda ihtiyaç duyulabilecek kısaltmalar da ifade edilmiştir[22]. Ayrıca, bu standartta uluslararası ifadelerde de belirtildiği şekilde şarj yöntemleri dörde ayrılmıştır. Şarj yöntemlerini belirleyen unsurlar Şekil 1.1.'de gösterilmektedir.



Şekil 1.1. Şarj yöntemlerini belirleyen unsurlar

TS 13912 "Elektrikli Araç Şarj Üniteleri ve İstasyonları - Kurulum ve Güvenlik Gereklileri" standardında genel kurallar, elektriksel gerekler, şarj yöntemleri, seçim ilkeleri, kurulum - montaj gerekleri ve işaretlemeler belirtilmektedir. Ayrıca bahse konu standartta bağlantı noktaları aynı anda kullanılabildiğinden bir yük kontrol devresi dahil edilmedikçe talep faktörünün 1'e eşit alınması tavsiye edilmektedir[23].

1.3.2. Mevzuatlar

Dünya genelinde gerçekleşen EA dönüşümün standartlar ile olduğu kadar mevzuatlar ile de belirli düzende geliştirilmesi önem arz etmektedir. Türkiye’de de bu amaçla çeşitli düzenlemeler yürürlüğe girmiştir. Bunların başında yeni tesis edilecek yaşam merkezlerinde şarj istasyonlarının kurulumu için detaylar verilen Otopark Yönetmeliği ve tüm EA kullanıcılarının erişimine açık şarj istasyonlarının faaliyet göstermesini düzenleyen Şarj Hizmeti Yönetmeliği gelmektedir.

Otopark Yönetmeliğinde 25.03.2021 tarihinde yapılan değişiklik ile birlikte yeni tesis edilecek olan zorunlu otopark alanı 20 ve üzeri araç kapasiteli yapıların park alanının %5’inin EA’lara uygun olarak düzenlenmesi ve şarj ünitesi kurulumunun gerçekleştirilmesi zorunluluğu bulunmaktadır. Yeni yapılacak bölge ve genel otoparklar ile alışveriş merkezlerinin otopark alanının %10’unun EA’lara uygun olarak düzenlenmesi ve şarj ünitesi kurulumunun gerçekleştirilmesi zorunluluğu bulunmaktadır. Ayrıca, belirli alanın üzerinde inşa edilen alışveriş merkezlerinde hızlı şarj istasyonu bulunma zorunluluğu da getirilmiştir[24].

Yürütmesi EPDK (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu) uhdesinde bulunan Şarj Hizmeti Yönetmeliğinin en önemli yeniliği şarj hizmeti sunacak tüzel kişilerin bir lisans sahibi olmaları ya da lisans sahibi tüzel kişilerce sertifikalandırılma zorunluluğunun getirilmesidir. Bir diğer önemli yenilik de EPDK tarafından hazırlanacak ve yönetilecek olan serbest erişim platformudur. Bu platformda EA kullanıcıları, tüm Türkiye’de faal durumda olan kamuya açık şarj üniteleri verilerini ve bilgilerini interaktif olarak gözlemleyebileceklerdir. Ayrıca tüm şarj hizmetlerinin bir denetim ve düzenleme mekanizması içerisinde bulunması rekabet, kalite ve işletme standartlarının oluşmasına imkân sağlayacaktır[25].

Şarj hizmetlerinin ruhsatlandırılması, İşyeri Açma Ve Çalışma Ruhsatlarına İlişkin Yönetmelik çerçevesinde tanımlanmaktadır. 09.06.2020 tarihli gerçekleştirilen değişiklik ile kamuya açık şarj ünitelerinin akaryakıt İstasyonları, birincil faaliyeti park hizmeti olan otoparklar, alışveriş merkezleri ve yetkili idarece uygun görülecek ve imar planında bu amaca ayrılmış olan yerlerde konumlandırılabilceğini belirtmektedir. Ayrıca Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığının 24.03.2022 tarihli yerel yönetimler ile

paylaşılan yazısında ruhsatlandırmaya ilişkin karmaşa oluşturan detaylar netleştirilmiştir. Şebeke etki analizi yapılacak bölgelerde şarj ünitesi konumlandırmalarının bu mevzuat hükümlerince gerçekleştirilmesi elzemdir[26].

Mevzuatlar ülkemizde geliştirilmeye devam etmektedir. Günümüzde teknik olarak zayıf olsa da EA sayısının artması ile birlikte gereksinimlerin ortaya çıkmasıyla gerek kapasite artışları gerek ise belirli sınırlandırmalar açısından teknik detayların mevzuatlar içerisinde sayısı artacaktır.

1.4. Araç Şarj Üniteleri ve Özellikleri

Şarj işlemi, gerek uluslararası gerek ise ulusal standartlarda belirli yöntemler(mode) ile tanımlanmaktadır. EABD'nin (Elektrikli Araç Besleme Donanımı) DA (Doğru Akım) ya da AA (Alternatif Akım) ile beslemesi, EA ile EABD arasında veri alışverişinin bulunması, şarj ünitesi üzerinden aktarılan azami güç miktarı bu yöntemleri tanımlayan ana etkenlerdir. IEC (International Electrotechnical Commission) 61851-1' e göre incelenecek olursa; EA ile EABD arasında her hangi bir haberleşmenin olmadığı AA EABD ile şarj yöntemi Mode 1, haberleşmenin olduğu 3,7 kW ile 22 kW arası AA EABD ile şarj yöntemi Mode 2, 22 kW ve üzeri AA EABD ile şarj yöntemi Mode 3 ve 22 kW ve üzeri DA EABD ile şarj yöntemi Mode 4 olarak tanımlanmaktadır. Kuzey Amerika için şarj yöntemleri farklılıklar göstermektedir. SAE'in (Society of Automotive Engineering) üzerinde çalışmış olduğu J1772 standardında şarj yöntemleri AA seviye 1, AA seviye 2 ve DA seviye 3 olarak tanımlanmaktadır. Kabul gören standartlara göre soket yapıları da değişkenlik göstermektedir. Avrupa ve Kuzey Amerika haricinde Japonya menşeli üreticiler de geliştirilen standartlar neticesinde CHAdeMO olarak isimlendirilen soket yapısını tercih etmektedir.[27]. Tüm standartlarda tanımlanmış şarj güç seviyeleri ve soket yapıları Tablo 1.1.'de gösterilmiştir[28,34].

Tablo 1.1. Standartlarda tanımlanmış şarj güç seviyeleri ve soket yapıları

Şarj Standardı	IEC		SAE		CHAdemo
AA/DA	AA	DA	AA	DA	DA
Güç Seviyeleri	4 - 7,5 kW 8 - 15 kW 60 - 120 kW	1000 - 2000 kW	1,4 - 1,9 kW 4 - 8 kW 50 kW	40 kW 90 kW 240 kW	150 kW
Kullanılabilen Soket Yapısı	Type 2	CCS Combo	Type (J1772)	CCS 1	CHAdemo
Soketten Aktarılabilen Güç Seviyeleri	3,7 kW 7 kW 22 kW	50 kW 150 kW 350 kW	3,7 kW 7 kW	150	150 kW

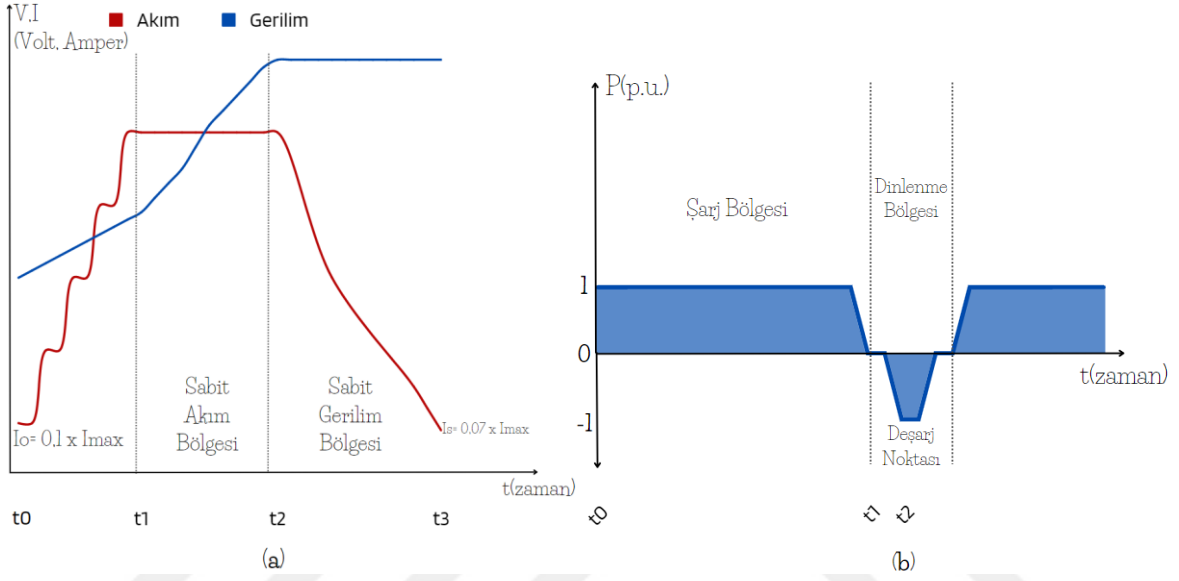
1.4.1. Şarj Yöntemleri

Şarj yöntemleri, genel itibariyle yavaş şarj ve hızlı şarj yapıları içerisinde gruplandırılabilir. Yavaş şarj içerisinde klasik yöntemler ile işlevsellik sağlansa da hızlı şarj yöntemleri her geçen gün geliştirilmeye devam etmektedir. Şüphesiz ki, bir EA'nın birim sürede gerçekleştireceği şarj işlemi ile azami mesafe kat etmesi en önemli hedeftir. Bu hedefe gidilen yolda tercih edilen Lityum İyon, Lityum Sülfür vb. yüksek enerji yoğunluğuna sahip bataryalar kadar şarj işleminin hızlandırılması da önemli kilometre taşlarının başında gelmektedir.

Hızlı ve kontrolsüz şarjın bataryalarda oluşturabileceği baskılardan kaçınmak için geleneksel yöntemler olan sabit gerilim, sabit akım, sabit güç gibi şarj yöntemlerinin avantajlı yönlerinin kullanılması ile hızlı şarj yöntemleri geliştirilmiştir. Ayrıca darbe akımı şarj yöntemleri gibi hızlı ve güvenilir şarj işlemleri de geliştirilmektedir. Sabit akım/sabit gerilim hızlı şarj yöntemi ve darbe akımı şarj yöntemi Şekil 1.2.'de gösterilmiştir[29].

Sabit akım şarj yönteminde, batarya gerilimi önceden belirlenmiş gerilim değerine ulaşmaya kadar şarj gerilim değeri değiştirilmek sureti ile sabit akım sağlanan şarj yöntemidir. Şarj süreci sabit gerilim şarj yöntemine göre hızlıdır. Sabit gerilim şarj yönteminde, bataryaya uygun olarak belirlenmiş maksimize edilen gerilim değeri sıfıra yaklaşan değişken akım değeri ile gerçekleşen şarj yöntemidir. Bu iki geleneksel yöntemin

birleşimi ile oluşturulan sabit akım/sabit gerilim hızlı şarj yöntemi, özellikle lityum iyon bataryaların hızlı şarj işlemleri için tercih edilmektedir. Bataryanın büyük bir bölümü sabit akımla şarj edilirken, bataryanın %100 şarj dolum noktasına yaklaştıkça sürecin daha kontrollü gerçekleştirilmesi amacıyla sabit gerilimle şarj işlemi gerçekleştirilir[30].



Şekil 1.2. (a) sabit akım/sabit gerilim ve (b) darbe akımı hızlı şarj yöntemleri

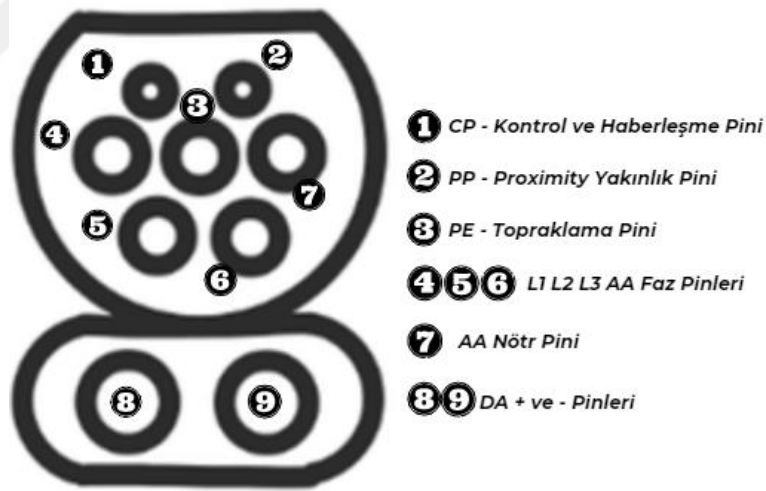
Şekil 1.2. a’da belirtilen t1-t2 zaman aralığı sabit akım, t2-t3 zaman aralığı sabit gerilim şarj yöntemini temsil eder. t0-t1 zaman aralığı pre-charging olarak ifade edilen ön şarj işlemini tanımlamaktadır. t1-t2 ile t2-t3, zaman aralığı yönünden birbirlerine oldukça yakın iken aktarılan enerji t1-t2 zaman aralığında oldukça fazladır. t2 noktası çoğunlukla %80 şarj doluluğunu ifade eder.

Darbe akımı hızlı şarj yöntemi (b), darbe genişliğinde değişimler meydana getirilerek şarj hızının belirlendiği bu yöntemde bataryanın ve elektrotların kimyasal yapısının korunması amacıyla şarj işlemi esnasında kısa dinlenme ve deşarj noktalarının bulunması olarak ifade edilebilir. Bu deşarj noktaları elektrotlarda oluşan gaz kabarcıklarının giderilmesinde yardımcı olur[31].

Ayrıca ülke ve bölgelere göre kullanılan fiş, priz ve soketlerin yapısını, EA ile EABD arasında iletişim protokollerini belirleyen şarj standartları ve trendleri oluşturulmuştur.

1.4.2. Kombine Şarj Sistemi (Combined Charging System, CCS)

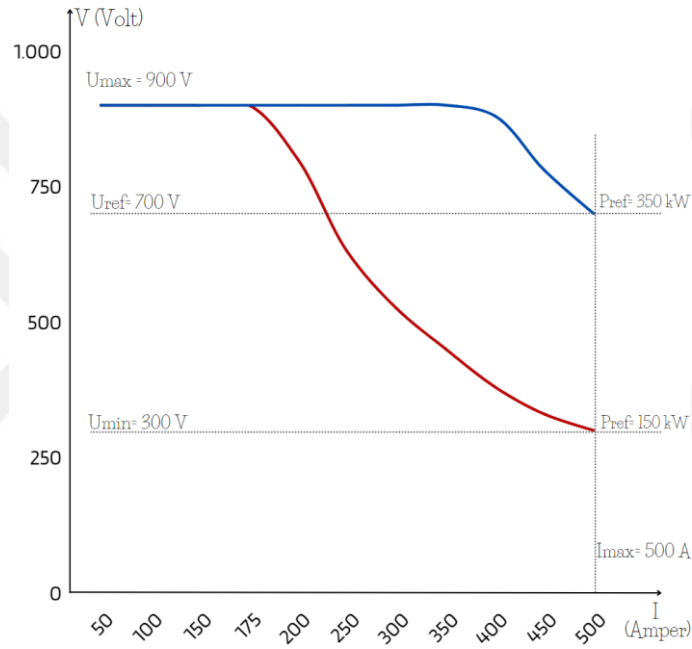
Avrupa standartlarına göre oluşturulmuş olan şarj soketi, kombine edilmiş veya birleştirilmiş şarj sistemi anlamını taşır. CCS ile birlikte oluşturulan şarj soketi sayesinde tüm şarj yöntemlerinin bir soket yardımıyla gerçekleştirilebilmesi mümkün hale gelmektedir. CCS Combo 2 soketi tüm IEC standartlarında belirtilen bağlantı yapılarını (AA ve DA) tek bir sokette barındırır. Yani tek bir soket yardımı ile üç fazlı AA şarj işlemi (Type 2) ve DA şarj işlemi gerçekleştirilebilir. CCS Combo 2 şarj soketi Şekil 1.3.'de gösterilmiştir.



Şekil 1.3. CCS Combo 2 şarj soketi

Şarj altyapısı, EA pazar payının gelişmesinde önemli yer oynamaktadır. Sürekli teknolojik gelişim gösteren şarj ünitelerinin mevcut altyapıya entegre edilmesini, CCS'nin desteklenmesini ve kurulumlarının gerçekleştirilmesini amaç edinen kuruluş CharIN, belirli

öngörüler sunmakta ve CCS şarj sisteminin mevcut durumunu ve gelecek projeksiyonunu arz etmektedir. CharIN; EA'ların önümüzdeki yıllarda daha yüksek batarya kapasitelerine sahip olacağını, daha fazla binek araçta 800V, ticari araçlarda 1500V'a kadar yüksek gerilim seviyelerini destekleyeceklerini, CCS'nin bu yapıyı destekleyebileceğini öngörmektedir. CCS'ye göre tanımlanan yüksek güçlü şarj (150, 350 kW) değerleri için belirlenmiş akım ve gerilim aralıkları Şekil 1.4.'de gösterilmiştir[32].

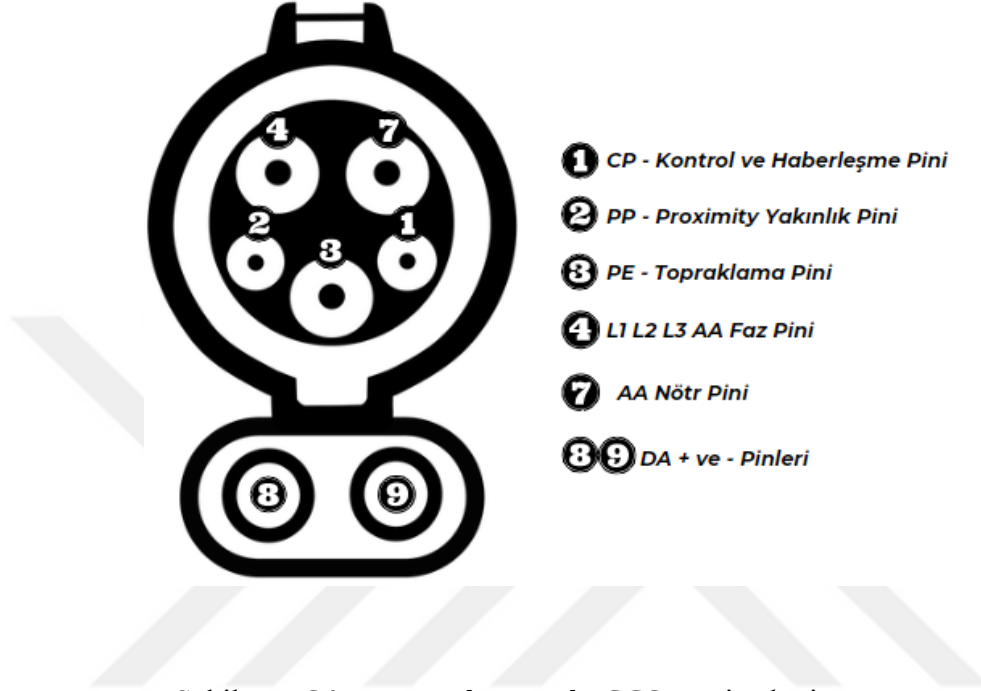


Şekil 1.4. CCS yüksek güçlü şarj için belirlenmiş akım ve gerilim aralıkları

1.4.3. Otomotiv Mühendisliği Derneği (Society of Automotive Engineering, SAE)

Kuzey Amerika ülkeleri için tanımlanmış bu standartta AA şarj soketleri J1772 standardında Type 1 ismiyle nitelendirilmektedir. 5 pinli Type 1 soketi seviye 1 ve seviye 2 şarj seviyelerini desteklemektedir. SAE J1772 şarj seviyeleri AA1, AA2, DA1, DA2 olmak üzere 4 ayrı seviyede tanımlanmaktadır. Standardın desteklediği azami DA güç değerleri 400 kW'ı bulabilmektedir. SAE J1772'ye uygun şarj işlemlerini, içerisinde Type 1 ve DA şarj

pinleri barındıran CCS1 ile gerçekleştirmek mümkündür. CCS 1 şarj soketi şekil 1.5.'te gösterilmiştir[33].

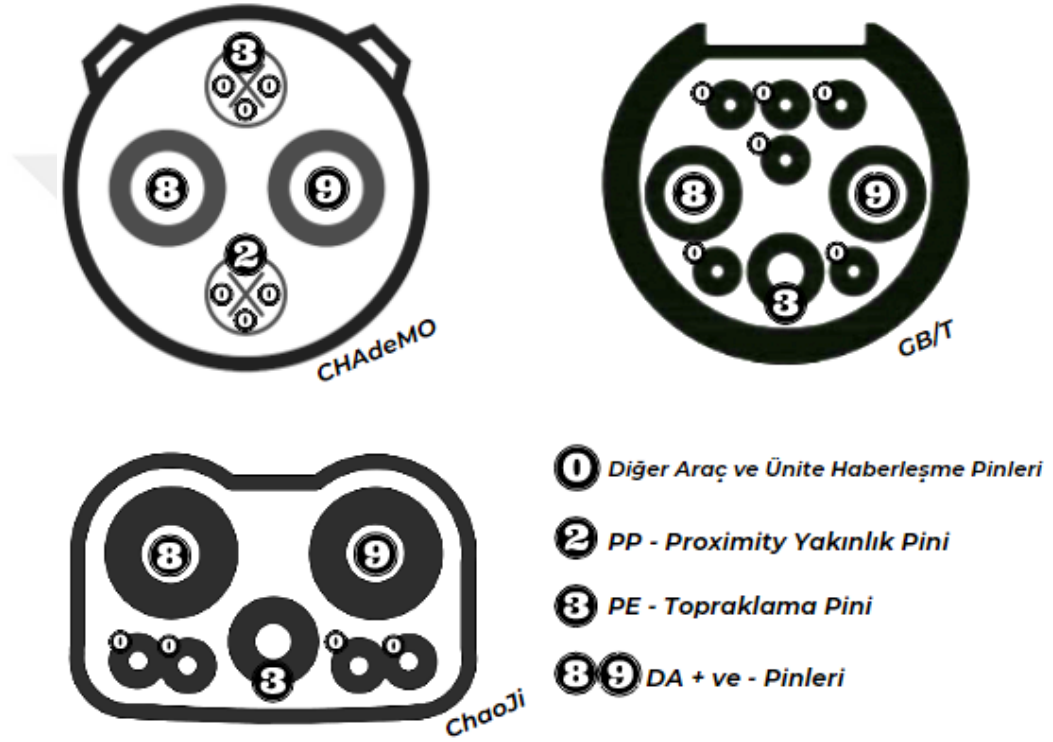


Şekil 1.5. SAE J1772 ile uyumlu CCS1 şarj soketi

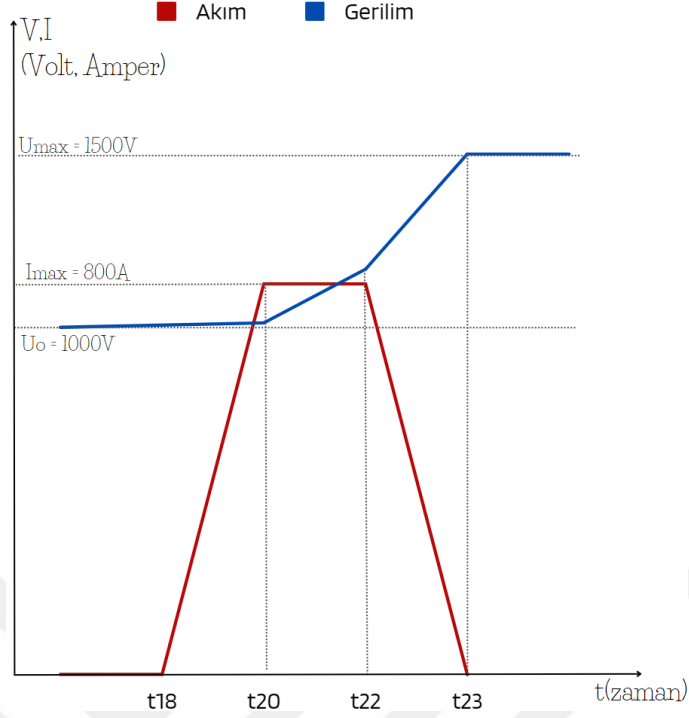
1.4.4. CHAdeMO, GB/T ve ChaoJi

Uzakdoğu menşeli araçlarda kullanılan soket yapılarında Japonya ve Çin Halk Cumhuriyetine ait IEC tarafından da kabul görmüş CHAdeMO ve GB/T standartları bulunmaktadır. Ayrıca iki ülke tarafından birlikte geliştirilen daha yüksek güçlerde enerji aktarımının mümkün olduğu ChaoJi standardı da ilan edilmiştir. CHAdeMO da soketten aktarılan azami güç 150 kW iken bu sayı GB/T’de 125 kW seviyesindedir. ChaoJi’de ise 900 kW gibi güç değeri sunulmaktadır. Ayrıca ChaoJi projeksiyonunda 2025-2030 yılları arasında tüm Uzakdoğu soket yapılarının ChaoJi soket yapısına dönüşümünün gerçekleştirileceği ve CCS ile uyumlu bir yapının sağlanacağı öngörülmektedir. Soket yapıları Şekil 1.6.’da gösterilmiştir[34,35].

Oldukça yüksek hızlarda şarj imkânı sunan Chaoji'nin kontrol işlemi şarj ünitesi, iletken, EA ve kullanıcılar için önem arz etmektedir. Çeşitli zaman aralıklarında tüm kontrol işlemleri gerçekleştirildikten sonra şarj işlemi 1.4.1. Şarj Yöntemleri başlığında belirtilen akım-gerilim değişimlerine benzer şekilde gerçekleştirilmektedir. Şarj esnasındaki akım-gerilim değişimleri Şekil 1.7.'de gösterilmiştir[35].



Şekil 1.6. CHAdeMO, GB/T ve ChaoJi şarj soketleri

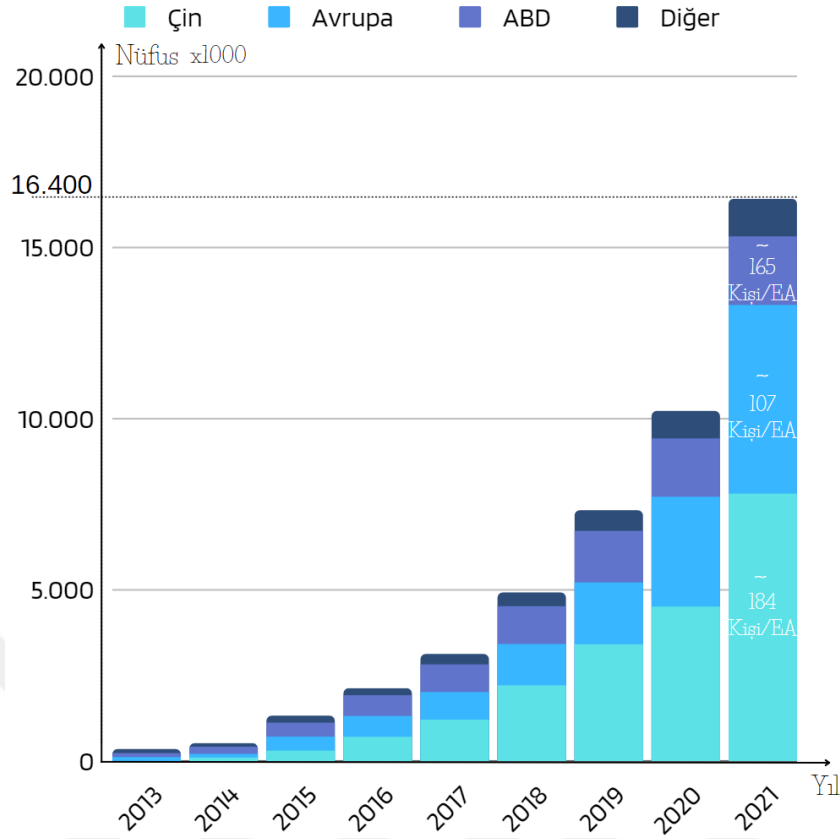


Şekil 1.7. ChaoJi İçin belirlenmiş akım gerilim aralıkları

1.5. Dünyada Elektrikli Araçlar ve Şarj Altyapısı

Şarj ve enerji depolama teknolojisindeki gelişimler kadar ülkelerin hedef ve politikaları da EA dönüşümünde oldukça etkilidir. Bu sebeple dünyada her bölgenin kendine özel sayısal verileri bulunmaktadır. Bölgesel bazda olduğu kadar ülke bazında da farklılıklar dikkat çekmektedir. Örneğin EA noktasında yüksek bir ivmeye sahip olan Avrupa'da bazı ülkeler oldukça yüksek oranda gelişim göstermekte iken, bazı ülkelerde de daha düşük oranlarda gelişim görülmektedir. Ancak, küresel çerçevede incelendiğinde dünya üzerinde EA sayısının her geçen yıl ciddi oranda artış gösterdiği net olarak söylenebilir.

2012 yılında 120 bin adet EA satışı gerçekleşmiş, 2013 yılında 300 bin adet EA stoku var iken, 2021 yılında küresel EA stoku 16 milyon sayısını geçmiştir. Küresel EA stok sayısının gelişimi Şekil 1.8.'de gösterilmiştir[11,36].

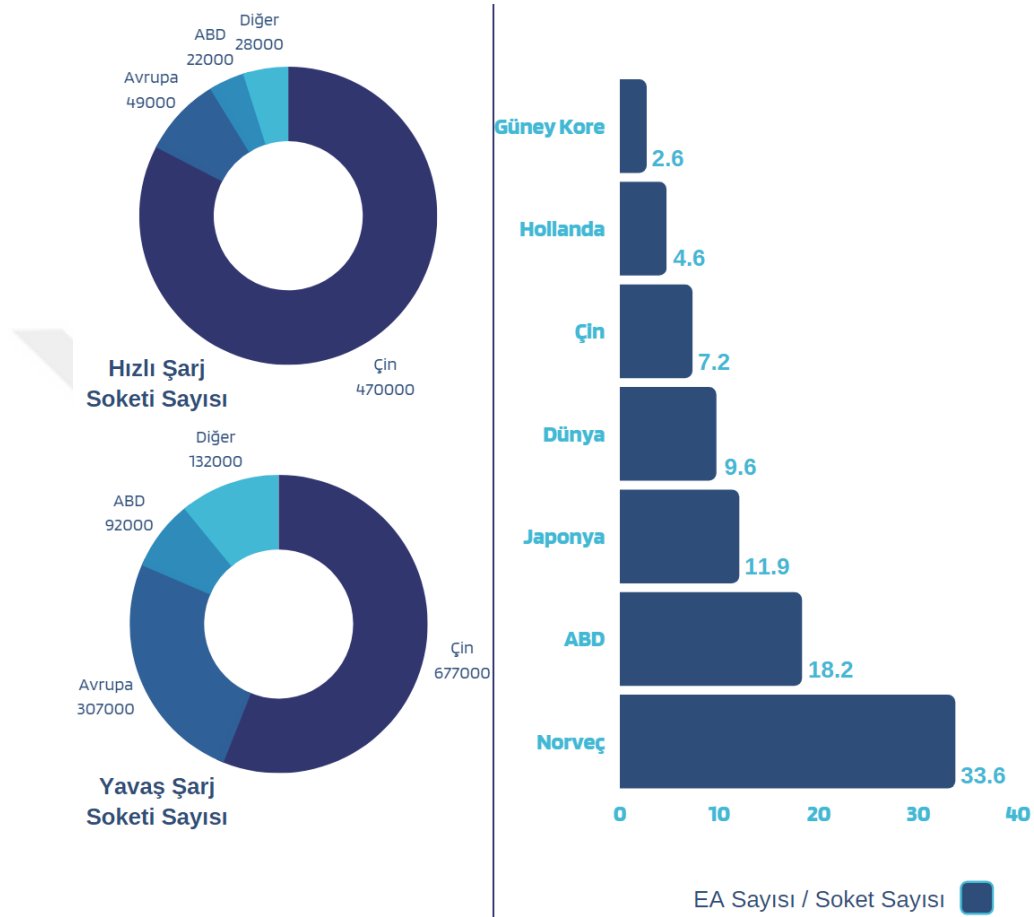


Şekil 1.8. Küresel EA stok sayısının gelişimi

2021 yılı itibari ile stok sayıları incelendiğinde 7 milyon 800 bin gibi EA sayısına sahip Çin, amiral gemisi konumundayken Avrupa, 5 milyon 500 bin gibi bir sayı ile Çin'e en yakın bölge konumundadır. Amerika Birleşik Devletleri (ABD) yavaş büyüme grafiği ile üçüncü sıradaki konumunu korumaktadır. Ancak EA başına düşen kişi sayısı incelendiğinde Avrupa'nın daha iyi konumda olduğu gözlemlenmektedir. Bunun sebepleri arasında Avrupa sınırları içerisinde EA'lara ilişkin hedef ve politikaların etkin şekilde bulunması gösterilebilir.

Ülkelerin EA başına düşen şarj soket sayıları da önemli bir EA dönüşüm kriterlerindendir. Avrupa'nın her 10 EA başına kamuya açık 1 şarj soketi hedefi bulunmaktadır. Ancak bu ölçüt yanıltıcı olabilir. Henüz EA dönüşümünün başında olunması sebebiyle bazı ülkeler EA sayısı çok az olabilirken şarj ünite sayısı görece daha yüksek olabilir.

Mevcutta bulunan şarj soketi sayıları, bunlar üzerinden seçilen ülkelerin şarj soketi başına düşen EA sayısı Şekil 1.9.'da gösterilmiştir[11,37].



Şekil 1.9. Şarj soketi sayıları ve EA sayısı / soket sayısı oranları

Şekil 1.9. incelendiğinde Çin'in soket sayılarında açık oranda önde olduğu, kamuya açık şarj soketi sayısı ile EA sayısı karşılaştırıldığında standartların üzerinde performans gösterdiği söylenebilir. EA teşvikleri ve araç satış oranlarında dikkat çeken ülkelerden olan Norveç'in kamuya açık şarj soketi sayısının EA sayısına oranı düşük olmasında hanelerin özel şarj soketi erişiminin yüksek olması sebep olarak gösterilebilir.

1.6. Türkiye’de Elektrikli Araçlar ve Şarj Altyapısı

Gerek araç parkı sayısı, gerek yıllık satış rakamları bakımından incelendiğinde Türkiye’nin EA dönüşümü(2021 yılsonu itibariyle yaklaşık 6000 EA) Avrupa, ABD ve Çin’e göre sayısal olarak daha yavaştır. Ancak satış rakamları, önceki yıllara göre incelendiğinde %100’ü aşan rakamlar görülmektedir. Ayrıca, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı’nın 2022 yılı içerisinde duyurduğu hızlı şarj istasyonları destek programında ifade edilen “Mobilite Araç ve Teknolojileri Yol Haritası” nda, yüksek, orta ve düşük senaryolarla Türkiye’nin 2025 ve 2030 EA sayıları öngörülmüştür. Aynı zamanda orta senaryo dikkate alınarak, Avrupa hedefleriyle uyumlu (10 EA/Soket) şarj ünitesi sayıları da belirtilmiştir. 2030 yılında şarj soketlerinin %30’unun hızlı olacağı da öngörülmüştür. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığının belirlediği haritaya göre EA ve Şarj Soketi sayıları Tablo 1.2.’de gösterilmiştir[38].

Tablo 1.2. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı EA ve şarj soketi hedefleri

Senaryolar	Yüksek Senaryo		Orta Senaryo		Düşük Senaryo	
Yıllar	2025	2030	2025	2030	2025	2030
EA Satış Sayısı	180bin	580bin	120bin	420bin	65bin	200bin
EA Park Sayısı	400bin	2,5milyon	270bin	1,6milyon	160bin	880bin
Soket Sayısı	40bin*	250bin*	30bin	160bin	16bin*	88bin*
Hızlı Soket Oranı	%30*	%30*	%27	31	%30*	%30*
* İşaretli veriler bakanlık hedef ve projeksiyonuna uygun olarak doldurulmuştur, Bakanlık’a ait veriler değildir.						

EA gelişimi için henüz yolun başında olursa da Türkiye’de 2035 yılında İYMA satışına son verileceğinin taahhüt edilmesi, EA satış rakamlarındaki artış oranları dönüşümünün kaçınılmaz olduğunu göstermektedir. İllere ait elektrik dağıtım şebekesinin şarj istasyonları yüküne göre analiz edilebilmesi için bahse konu ilde meydana gelecek EA

park sayısı değişiminin öngörülebilmesi önemlidir. Park sayısı değişimi, yolun başında olunması sebebiyle mevcut EA park sayıları üzerinden yapılmak yerine, mevcutta bulunan motorlu taşıtlar üzerinden orantılanarak yapılabilir. Nüfus ve motorlu taşıt verileri kullanılarak aşağıdaki denklemler ile bir ile ait EA park sayısı projeksiyonu oluşturulması mümkündür.

$$A_y = A_{\bar{u}}/A_{\bar{s}} \quad (1)$$

$$N_y = N_{\bar{u}}/N_{\bar{s}} \quad (2)$$

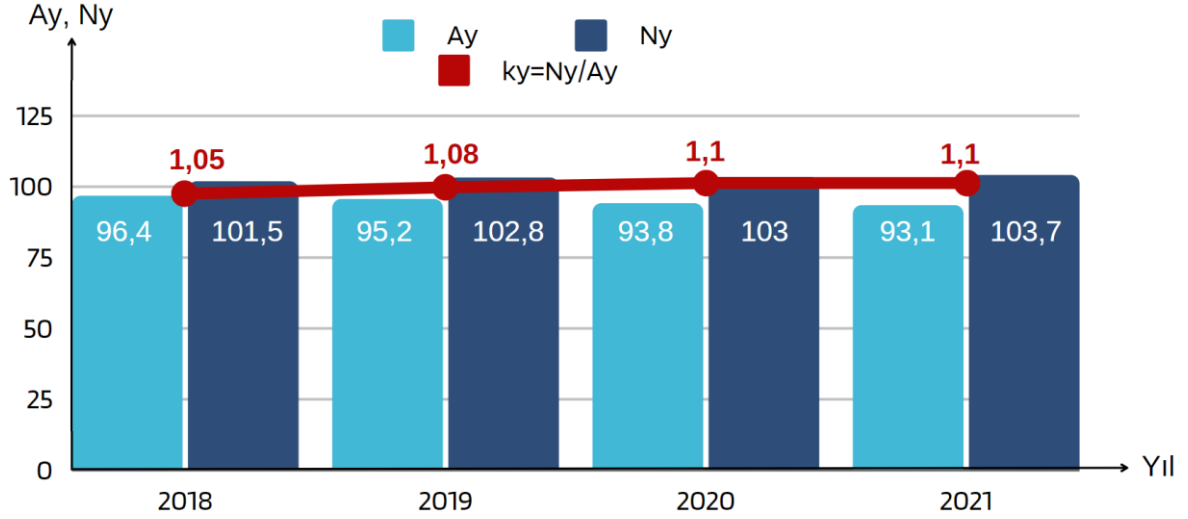
$$k_y = N_y/A_y \quad (3)$$

$$a = \frac{\sum_1^n (k_i - k_{i-1})}{n} \quad (4)$$

$$k_{y1} = k_{y2} + ((y1 - y2) \times a) \quad (5)$$

Yukarıda ifade edilen denklemlerde $A_{\bar{u}}$, ülke araç sayısını, $A_{\bar{s}}$, şehir araç sayısını A_y , araç sayıları oranını, $N_{\bar{u}}$, ülke nüfusunu, $N_{\bar{s}}$, şehir nüfusunu N_y , ülke ve şehir nüfus oranlarını, k_y , nüfus ve araç oranı oranlarını ifade etmektedir. a Değeri ise, belirlenmiş yıllardaki k_y katsayısının yıllık ortalama değişimini ifade etmektedir.

Yukarıda ifade edilmiş denklemlerde çözümler yapıldığında arzu edilen yıllardaki nüfus ve EA sayısı üzerinden Trabzon'da geçmiş yıllardaki parametreler elde edilerek projeksiyon yıllara ait EA sayısı öngörülebilir. Türkiye ve Trabzon ilinde seçili motorlu araçların (Otomobil, Minibüs ve Kamyonet) yıllara göre değişimi ve aralarındaki nüfus ile ilişkisi, sırası ile 1,2 ve 3 nolu denklemler vasıtası ile tespit edilerek Şekil 1.10.'da gösterilmiştir[39].

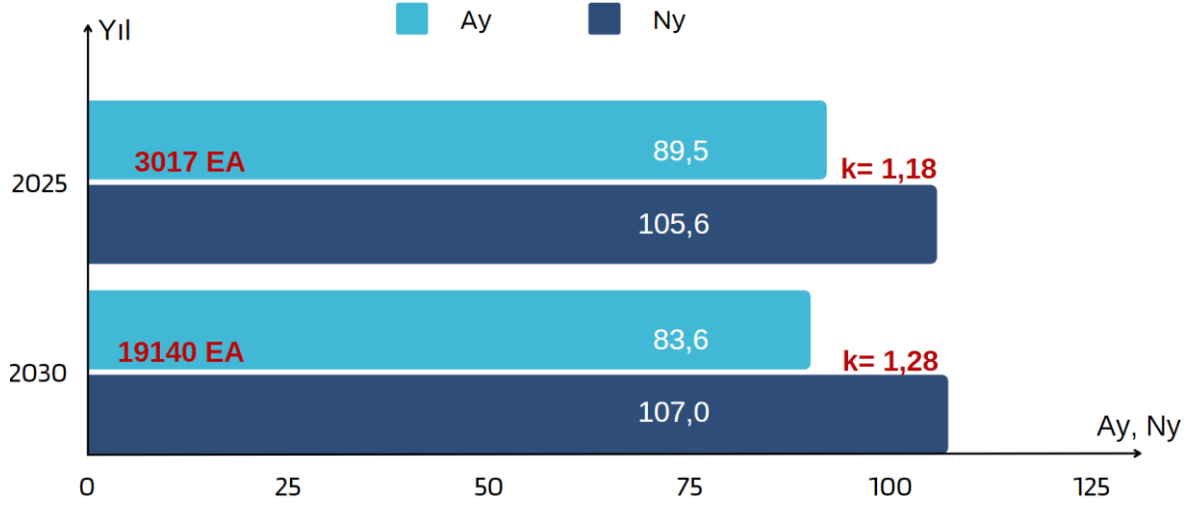


Şekil 1.10. Türkiye ve Trabzon'un yıllara göre seçili motorlu araç ve nüfus oranları

Şekil 1.10. incelendiğinde Trabzon ilinin yıllar içindeki değişimde araç sahipliği oranının ülkeye göre arttığı ve nüfus oranının ülkeye göre azaldığı söylenebilir. Bu sebeplerle k_y değerinin yıllara sair şeklinde büyüme eğilimini sürdüreceği öngörülebilir. 4 nolu denklem üzerinden bu eğilimin yıllık ortalama hangi değerde olacağı hesaplanabilir. Yapılan hesaplamalar sonucunda yıllık değişim değeri olan $\alpha = 0,2$ olarak hesaplanır.

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın orta senaryo EA araç tahminleri ve geçmiş yıllara ait değişimlerden 4 nolu denkleme göre elde edilen α değeri kullanıldığında sırası ile 5, 2, 3 ve 1 nolu denklemler marifetiyle tespit edilen 2025 ve 2030 yılları Trabzon ili verileri Şekil 1.11.'de gösterilmiştir[38,39].

Şekil 1.11.'de görüldüğü üzere, Şekil 1.10.'daki verilere bağlı kalınmak sureti ile Türkiye İstatistik Kurumu ve Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın 2025 ve 2030 tahminleri ele alınarak Trabzon ilinin 2025 yılında 3017, 2030 yılında 19140 adet EA parkına sahip olacağı öngörülebilir.



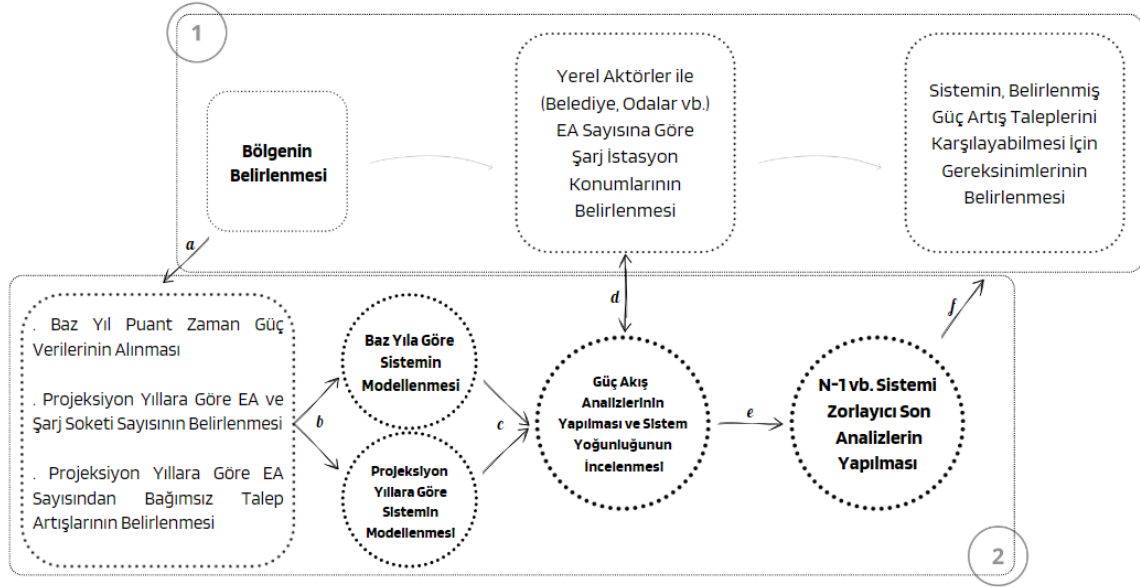
Şekil 1.11. Nüfus ve EA tahminlerine göre 2025 ve 2030 yılları Trabzon ili EA verileri

1.7. Çalışmada İzlenecek Yol Algoritması ve Sistemin Modellenmesi

Çalışmada izlenecek yol iki ayrı kapsamda değerlendirilmektedir. 1 nolu kapsam, içerisinde bölgenin, karar vericiler ile öneri konumlarının ve sistem gereksinimlerinin belirlenmesini barındırır. Karar vericiler için var ise büyükşehir belediyeleri, bölge dağıtım şirketleri ve üniversiteler en ideal paydaşlardır. Büyükşehir belediyeleri, ulaşım ana planları ve imar planları üzerinden şehrin gelişimine ait öngörüye sahip iken dağıtım şirketleri, mevcut elektrik altyapı bilgisine sahiptir. Üniversiteler ise gelecek projeksiyonun belirlenmesi, EA ve şarj ünitelerine ait teknolojik gelişimin tespiti ve gerekli literatür taramaları için önemli bir paydaştır.

1 nolu kapsam, 2 nolu kapsamdan bağımsız olarak düşünülmemelidir. 2 nolu kapsam, paydaşların birbirlerine veri paylaşımı gerçekleştirmelerini gerektirir. Paydaşlardan elde edilen veriler ışığında öncelikli olarak baz yılın modellenmesi oluşturulur. Baz yılın modellenmesi ile birlikte projeksiyon yıllara ait EA gelişimi ele alınarak şarj soket sayıları tespit edilir. Modellenen baz yıl dağıtım sistemi altyapısına uygun olarak, akaryakıt istasyonu, otopark vb. potansiyel şarj istasyon noktaları da dikkate alınarak ulaşım ana planını destekleyici ve imar gelişimine uygun şarj istasyon konumları belirlenir. Belirlenen şarj istasyon konumlarının EA potansiyel sayıları üzerinden ve şarj ünite gelişimine uygun

olarak donatılması sonrasında dağıtım sistemi analizleri gerçekleştirilir. Gerçekleştirilen analizler sonrasında sistem gereksinimleri tespit edilmiş olur. Çalışmaya ilişkin algoritma Şekil 1.12.'de gösterilmiştir.



Şekil 1.12. Dağıtım şebekesinin modellenmesinde izlenecek yöntem

Şekil 1.12.'de de gösterildiği üzere sistemin modellenmesi ve analizlerin sonuçlandırılması belirli aşamalardan oluşmaktadır. “a” adımı bölgenin belirlenmesi, mevcutta bulunan transformatör, iletken, bara vb. donatıların konumlandırılması sonrasında güç akışına esas olacak güç verilerinin elde edilmesini ifade etmektedir. Güç verileri elde edilirken belirlenmiş olan yıla ait, yıl içerisinde en yüksek güç akışının olduğu puant zaman verileri kullanılır. Sonrasında analiz yapılmak istenen yıllara ait güç artış oranları ve EA sayısına ve standartlara uygun olarak şarj ünite ve güçleri dikkate alınarak sistem modellenir. “b” adımı ile gösterilen sistem modellemeleri baz yıl ve projeksiyon yıl olarak tasarlanır. Şarj istasyon konumları, öncelikle baz yıl olarak modellenen sistem verileri de dikkate alınarak şehrin gelişiminde bilgi sahibi olan yerel aktörler yardımı ile belirlenir. Projeksiyon yıla göre modellenmiş olan dağıtım şebekesi, güç akış analizleri, N-1 vb. zorlayıcı analizler ile değerlendirilir ve ihtiyaçlar tespit edilir.

Bir dağıtım sisteminde güç akış analizi yapılırken her bir bağlantı noktası önem arz etmektedir. Her bir ölçüm noktası için parametreler belirlenmelidir. Güç akış analizleri yöntemlerinden olan Newton-Raphson Metodu matrissel bir denklem olarak ifade edilmekte, her bir bağlantı noktası için Jacobian matrisi temel elemanları hesaplanmaktadır. İterasyon aşamaları sonrasında istenilen bağlantı noktası için değerlere ulaşılabilmektedir[40].

Belirli bir bölgede modellenmesi istenen dağıtım sistemi çok sayıda bağlantı noktası, iletken vb. donatılar bulundurmaktadır. Bölgenin büyüklüğüne bağlı olarak yapılacak küçük değişimler dahi tüm parametrelerin yeniden belirlenmesini gerektirdiğinden işlem basamakları uzamakta, işlem esnasında hata olasılığı artmaktadır. Bu sebepler ile dağıtım sistemlerinde güç akış analizleri yapılabilmesi adına yazılımlar geliştirilmektedir.

Güç akış analizlerinin kısa sürede geliştirilmesine imkan veren yazılımlardan birisi olan Digsilent Power Factory isimli program, modellenen sistemi Newton-Raphson Metodu yardımı ile çözümleyebilmektedir. Ayrıca modellenen sistemin karmaşıklığını giderebilmek adına Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) altyapı imkanı da sunmaktadır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR, BULGULAR VE İRDELEME

Dağıtım sistemlerinde gelecek yıl projeksiyonları, geçmiş yıllara ait veriler üzerinden kolaylıkla tespit edilebilirken EA pazar payının oluşması, kullanıcı davranışlarının ve şehir potansiyellerinin belirsizliği, talep değişimlerini ve altyapı gereksinimlerini sistem işletmecileri için dahi belirsizleştirmektedir. Dünyada pandemi döneminde dahi ivmesi bulunan EA satış rakamları, Türkiye için de kısa ve orta vadede önemli değerlere ulaşabileceği otoriteler tarafından ifade edilmektedir.

Türkiye’de şehir bazlı EA park sayısı projeksiyonu henüz oluşturulmamıştır. Ancak, Türkiye’nin Doğu Karadeniz Bölgesi’nde bulunan Trabzon ili için önceki başlıklarda ifade edildiği gibi, ülke hedef ve politikaları doğrultusunda 2025 yılı için 3017, 2030 yılı için ise 19140 EA sayısı yapılan hesaplamalar sonucunda öngörülmüştür.

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından açıklanan EA ve şarj soket sayıları incelendiğinde Avrupa hedeflerine uygun olarak 10 EA başına 1 şarj soketi hedefinin Türkiye için de geçerli olduğu anlaşılmaktadır. Bu sayede il bazında tespit edilen EA sayıları üzerinde il şarj soketi sayıları da tespit edilebilir. Bu durumda Trabzon ili için 2025 yılında 302, 2030 yılı için ise 1914 kamuya açık şarj soketi ihtiyacı bulunduğu rahatlıkla ifade edilebilir. Sanayi Teknoloji Bakanlığı’nın açıklamış olduğu hedeflerde hızlı şarj soketleri oranının %30 olduğu gözlemlenmektedir. Bu noktada hızlı şarj soketlerinin teknolojik gelişimi oldukça önemlidir. CCS, Chaoji gibi önemli kuruluşların hedefleri doğrultusunda her projeksiyon yıl için dönemin gerekliliklerine uygun olarak hızlı şarj soketlerinin güçleri belirlenmelidir.

Tüm veriler ışığında öncelikli olarak baz yıl belirlenmiştir. 2022 olarak belirlenen baz yıl içerisinde puant zaman olan 23.08.2022 tarihinde saat 13:00 gerçek verileri, modellenen sistemin içerisinde yük olarak yerleştirilmiştir.

Öncelikle baz yıl mevcut hali ile modellenmiştir. Modelleme sonuçları ve zayıf noktalar gözlemlenmiştir. Her ne kadar karar vericiler tarafından kamuya açık şarj istasyonları sınırlandırılabilse de otopark, akaryakıt istasyonları için altyapı yetersiz olması durumunda dahi şarj ünitesi kurulum talebi kaçınılmazdır. Ayrıca özel şarj üniteleri noktasında da

genellikle hanelerin bulunduğu konumlar zorunlu bölgelerdir. Bu yapı doğrultusunda şehirde karar vericilerin katılımı ile şehrin imar planına, ulaşım ana planına ve otopark, akaryakıt istasyonları konumlarına göre lokasyon tercihleri 2022 yılı dağıtım sistemi performansı da dikkate alınarak yapılmıştır.

Modellenen sistemler üzerinde gerilim düşümleri, hat yüklenmeleri özenle incelenmiştir. Sistem incelemelerinde manevra kabiliyetinin korunabilmesi için yedek maksatlı konumlanan fiderler devre dışı tutulmuştur.

Elde edilen veriler üzerinden sistem gereksinimleri ve bölgelerde dağıtım sistemlerinin karşılaşacağı olumsuzlukların minimize edilebileceği düzenlemeler tespit edilmiş ve değerlendirilmiştir.

2.1. Baz Yıl (2022) Elektrik Dağıtım Sisteminin Modellenmesi

Şekil 1.12.'de de gösterildiği üzere öncelikli olarak seçilen bölge, dağıtım bölgesine ait mevcut parametre ve konum bilgilerine bağlı kalınarak Digsilent Power Factory'de modellenmiştir. Trabzon TM ve Akyazı TM olarak isimlendirilen trafo merkezlerinde puant zamana göre tüm güç çıkışları işlenmiş ve şebeke analizi yapılacak dağıtım merkezleri, CBS altyapısı kullanılarak konumlarına göre program üzerinde yerleştirilmiştir. Baz yıl olan 2022 yılı için oluşturulmuş modellemenin genel görünümü Şekil 2.1.'de gösterilmektedir.

Modellenmiş olan dağıtım sitemi 2 adet trafo merkezi (TM) , 11 adet dağıtım merkezi (DM), 645 adet transformatör ve çeşitli uzunluklarda 456 adet fider içermektedir. Görsel içerisinde bulunan kare/dikdörtgen işaretler direk tipi transformatör ve bağlantılarını, kabin tipi transformatörler için ise kabini ifade etmektedir. Yuvarlak olarak gösterilmiş işaretler ise dağıtım merkezleri ve trafo merkezlerini ifade etmektedirler.

Modellenmiş olan dağıtım siteminde kırmızı olarak işaretlenmiş ilçeleri, merkezlerini, mavi olarak işaretlenmiş halkalar ise dağıtım merkezlerini ifade etmektedir. Modellenen dağıtım sisteminin kuzey bölgesinde Karadeniz bulunmaktadır ve batısı diğer ilçe merkezleri sınırlarıdır. Güney bölgede şehrin gelişimi için planlanan yeni ilçelerin sınırlarıdır.

merkezleri ile enerjilendirilmektedir.

2.1.1. İletken ve Trasformatör Parametrelerinin Girilmesi

Her bir fider için mesafe, iletken kesiti, havai veya yeraltı döşenme bilgisi girilmelidir.

Girilen bilgilere göre fiderin toplam akım taşıma kapasitesi ve hesaplanan empedans değerleri özel pencere içerisinde görülmektedir. Transformatör parametrelerinin girilmesi de

iletkene benzer şekilde gerçekleştirilir. Güç bilgilerinin girilmesi transformatör karakteristiğinin belirlenmesi için oldukça önemlidir.

Name: DM-3/TRBATAPARK

Type: ...IEC\30kV\Cu\VPE\N2XS(F)2Y 1x95RM/16 18/30kV it

Terminal i: Trabzon/Ortahisar\DM3\11\2\Cub_2 **DM-3 MOLOZ DOĞ**

Terminal j: ...TRB BÜYÜKŞEHİR ANA HİZMET BİNASI\1\2\Cub_2 **TRBBÜYÜKŞEHİRAN**

Zone: Terminal i

Area: Terminal i

☐ Out of Service

Number of parallel Lines: 1

Parameters

Thermal Rating: [Dropdown]

Length of Line: 0,527 km

Derating Factor: 1,

Laying: Ground

Resulting Values

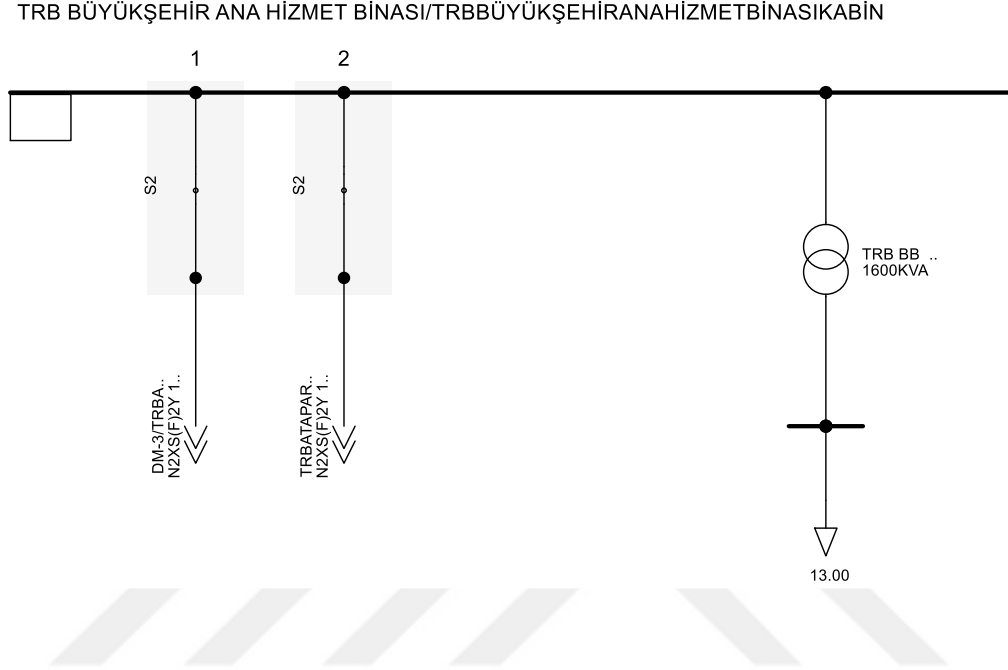
Nominal Current (act.)	0,327 kA
Pos. Seq. Impedance, Z1	0,1268962 Ohm
Pos. Seq. Impedance, Angle	35,67611 deg
Pos. Seq. Resistance, R1	0,1030812 Ohm
Pos. Seq. Reactance, X1	0,07400619 Ohm
Zero Seq. Resistance, R0	0,4123248 Ohm
Zero Seq. Reactance, X0	0,2960248 Ohm
Earth-Fault Current, Ice	1,494057 A
Earth Factor, Magnitude	1,
Earth Factor, Angle	0, deg

Şekil 2.2. Parametrelerin girildiği fider özel penceresi

2.1.2. Kabinlerin Modellenmesi ve Bara Parametrelerinin Girilmesi

Kabinlerin konumları CBS üzerinde doğru bir şekilde belirlendikten sonra iç ekipmanların eklenmesi süreci gerçekleştirilir. Öncelikli olarak baraların tasarımda eklenmesi gereklidir. Baralar için en önemli değer gerilimdir. Özellikle baralar arası konumlandırılan transformatör primer ve sekonder gerilim değerleri ile baraların gerilim değerleri aynı değildir. Aynı zamanda baralara bağlanacak olan iletkenlerin bir kesici yoluyla sağlanması önemlidir. İletkenin istenildiği durumda hızlı bir şekilde devre dışı

bırakılması analizlerin daha hızlı yapılmasını sağlayacaktır. Örnek bir kabin modellemesi Şekil 2.3.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Modellenmiş örnek kabin

Kabin içerisinde tüm sistemin bağlandığı merkezi bir bara bulunur. Dağıtım şebekesi modellendiğinden sisteme ait gerilim değeri olan 31,5 kV parametre değeri olarak girilmiştir. Faz-faz gerilimi olan gerilim değeri üzerinden sistem tarafından faz-nötr gerilim değeri de otomatik olarak atanır. Burada dikkat edilmesi gereken unsurların başında kesici noktalarının gerilim değerinin de merkezi bara değeri ile aynı ayarlanmış olmasıdır. Aksi takdirde modelleme hesaplamaları esnasında hata meydana gelecek ve çalışma tamamlanamayacaktır.

2.1.3. Yük Değerlerinin Girilmesi

Yük değerleri, güç akış analizinin yapılması için önemlidir. Yük eğer alçak gerilim (AG) noktasından bağlanmış ise Transformatör sekonder sargısındaki baraya bağlanır. Yüksek gerilim (YG) noktasından bağlanmış ise kesici noktası oluşturularak, kesici üzerinden merkezi baraya bağlanır. Baz yıl için yük değerleri, sistemin en zorlandığı zaman olan yıl içerisindeki en yüksek güç talebinin olduğu puant zaman üzerinden girilir. Şöyle ki; dağıtım şirketi tarafından en yüksek güç talebinin olduğu zaman verisi sağlanır. Baz yıl 2022 yılı için dağıtım şirketi tarafından 23.08.2022 tarihi bildirilmiştir. İlgili tarihteki puant zaman olan 13:00, ayrıca bazı transformatörlerde gün içerisinde meydana gelmiş olabilecek 11:00 ve 02:00 saatleri güç talep verileri alınır. Sistemde her bir transformatör tarafından ilgili saatlerde gerçekleşen güç talepleri modelleme içerisinde girilir. Fider yoğunlukları önemli olduğunun reaktif güç bilgilerine de ihtiyaç duyulmaktadır. Güç faktörü ($\cos \phi$) bilgisi de ayrıca istenir. Yük bilgilerinin girildiği özel pencere Şekil 2.4.'de gösterilmiştir.

Fixed Load		Actual Values	
Input Mode	P, cos(phi)		
Balanced/Unbalanced	Balanced		
Voltage, U(L-L)	0,4 kV	0,4 kV	
Active Power, P	177,9014 kW	177,9014 kW	0,98
Scaling Factor	1,	1,	
☐ Adjusted by Load Scaling			

Şekil 2.4. Parametrelerin girildiği yük özel penceresi

Giriş modu aktif güç (P) ve $\cos \phi$ seçilebileceği gibi, görünür güç (S), akım (I), gerilim (V) değerleri üzerinden de veri girişi sağlanabilir. Ayrıca yükün gerilim değeri bara gerilim değeri ile aynı olmak durumundadır.

2.2. TM ve DM'lerin Tek Hat Şemaları

Projeksiyon yıllarda güç akış analizlerinin yapılmasından önce baz yılın güç akışları incelenmeli ve sistemin en yoğun olduğu kısımları tespit edilmelidir. Bu sebepler dahilinde modelleme içerisindeki iletken, bara ve transformatörlerin oluşturduğu kabinlerin DM noktalarında ilişkilendirilmesi ve sonrasında DM noktalarının 154 kV TM noktalarından enerji arzının sağlanması gereklidir. Çalışmada daha önce de ifade edildiği gibi 2 adet TM, 11 adet DM noktası bulunmaktadır. Her bir TM ve DM noktası CBS üzerinde işaretlenmiş ve bağlantıları yapılmıştır.

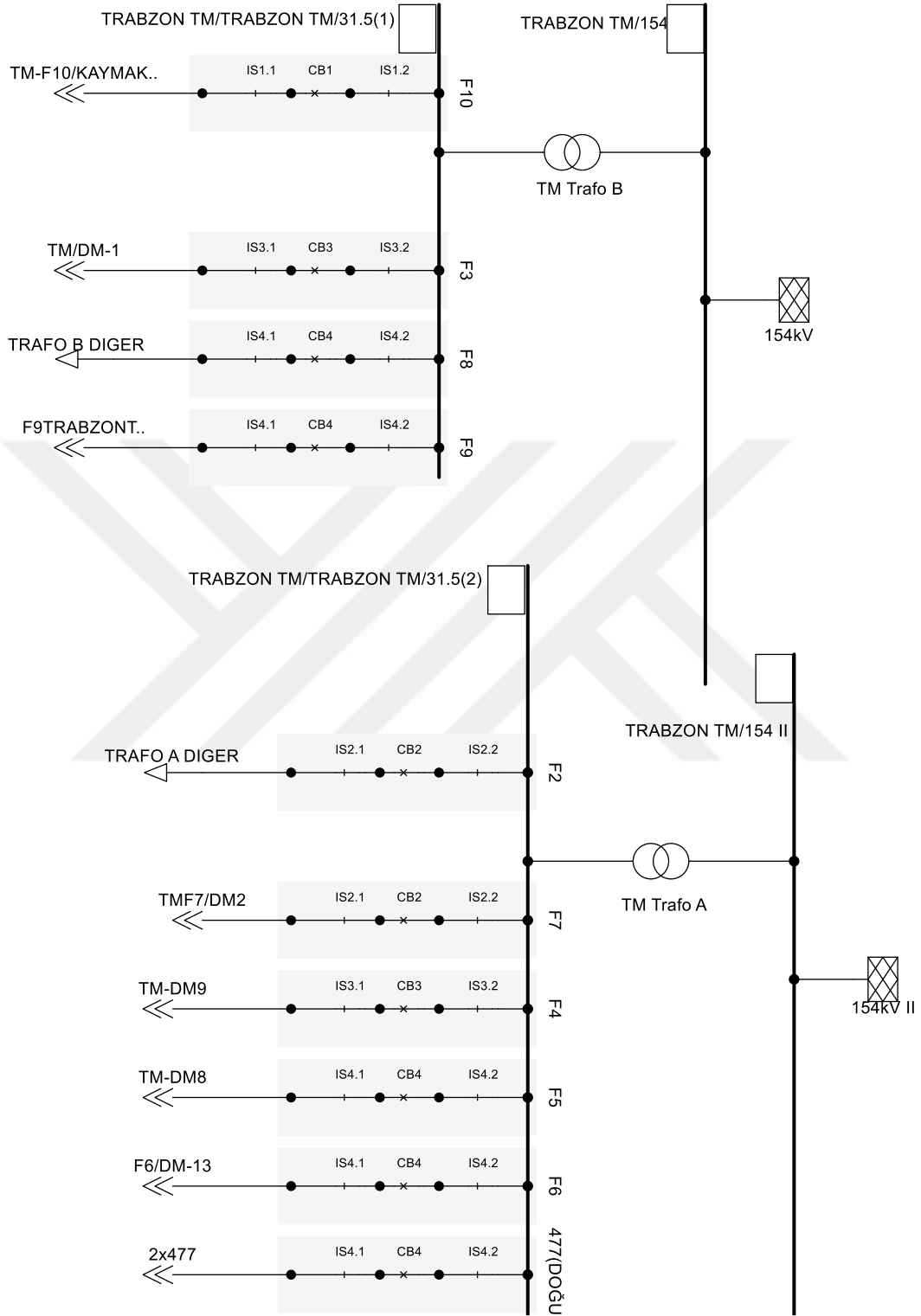
Gerilim, Trabzon TM ve Akyazı TM gibi trafo merkezlerinden elektrik iletim sistemi seviyesinden dağıtım sistemi seviyesine dönüştürülür. Çalışma yapılan bölge için gerilim seviyesi 31,5 kV 'dur. 31,5 kV bara üzerinden fiderler enerjiyi DM'lere taşır. Çalışma yapılan bölgede DM-1 Arıza Yanı, DM-2 Çömlekçi, DM-3 Moloz, DM-4 Toklu, DM-5 Bahçecik, DM-6 Soğuksu, DM-7 Beşirli, DM-8, DM-9 Üniversite, DM-10 Pelitli, DM-13 Çukurçayır isimli dağıtım merkezleri bulunmaktadır.

2.2.1. Trabzon TM Tek Hat Şeması

Trabzon dağıtım sisteminin enterkonnekte elektrik iletim sistemine bağlanan noktaların başında gelen Trabzon TM, 154/31,5 kV dönüşümünü 2 adet 100 MVA transformatör ile gerçekleştirmektedir. Trabzon TM, bulunduğu bölgenin doğu ve batı aksında bulunan DM'lere hizmet verdiği gibi aynı zamanda diğer ilçe merkezlerine de enerji arzı sağlamaktadır. Trabzon TM'ye ait tek hat şeması Şekil 2.5.'te gösterilmiştir.

Baz yıla ait modelleme esnasında sistem işletmecisi manevra tercihleri doğrultusunda Trabzon TM, DM-1 Arıza Yanı, DM-2 Çömlekçi, DM-3 Moloz, DM-5 Bahçecik, DM-8, DM-9 Üniversite, DM-10 Pelitli, DM-13 Çukurçayır isimli dağıtım merkezlerine enerji arzını sağlamaktadır.

Şekil 2.5. incelendiğinde Trabzon TM, kırsal ve diğer ilçeler ile bağlantıları dışında 8 adet fider üzerinden bölgeye ait dağıtım merkezlerini enerjilendirdiği görülmektedir.

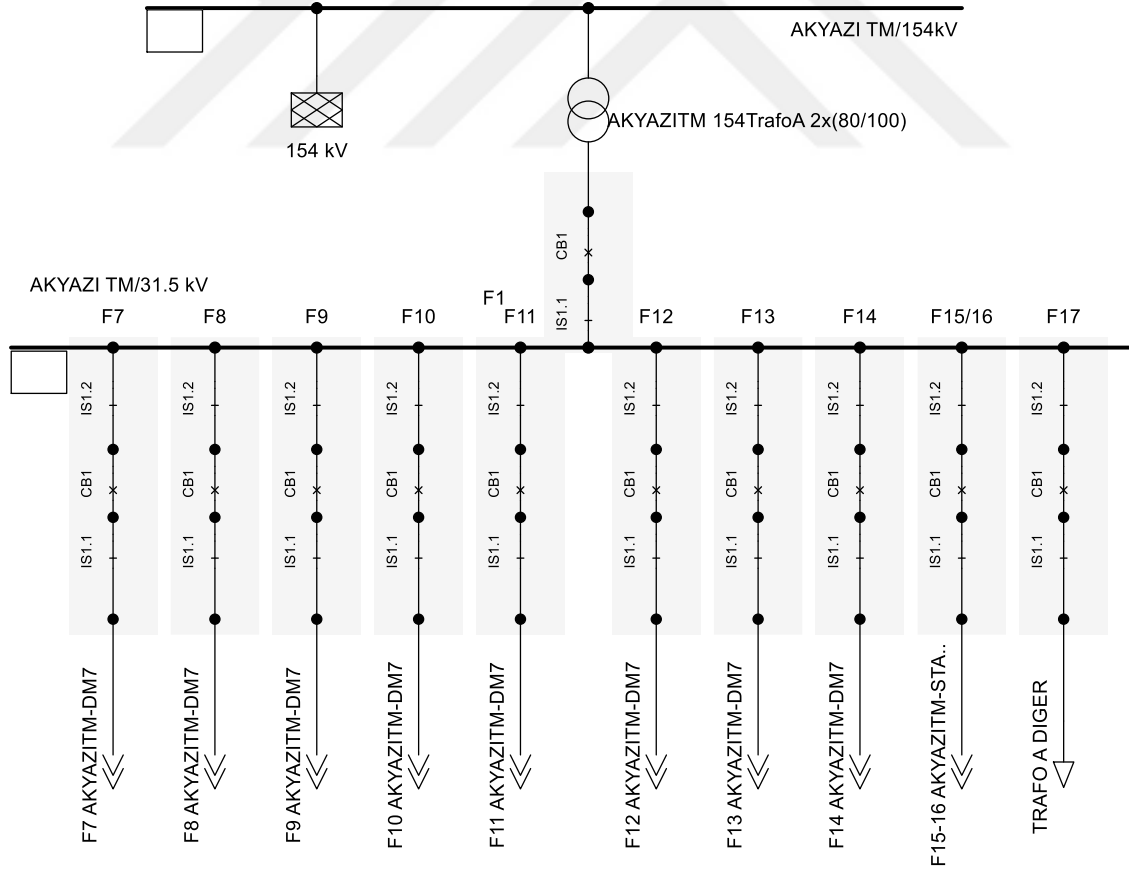


Şekil 2.5. Trabzon TM tek hat şeması

2.2.2. Akyazı TM Tek Hat Şeması

Akyazı TM, enerji arz hizmetlerinde artan güç talepleri doğrultusunda görülen lüzum üzerine tesis edilmiştir. Akyazı TM, Trabzon TM'nin batı kısmında Ortahisar ilçe sınırında konumlandırılmıştır. Bölge DM'lerine hizmet ettiği gibi aynı zamanda diğer ilçe merkezlerine de enerji arzı sağlamaktadır. Akyazı TM'ye ait tek hat şeması Şekil 2.6.'da gösterilmiştir.

Baz ıyla ait modelleme esnasında sistem işletmecisi manevra tercihleri doğrultusunda Akyazı TM, DM-4 Toklu, DM-6 Soğuksu, DM-7 Beşirli isimli dağıtım merkezlerine enerji arzını sağlamaktadır. Şekil 2.6. incelendiğinde Akyazı TM üzerinden bölgeye ait dağıtım merkezlerine enerji arzının DM-7 üzerinden sağlandığı görülmektedir.

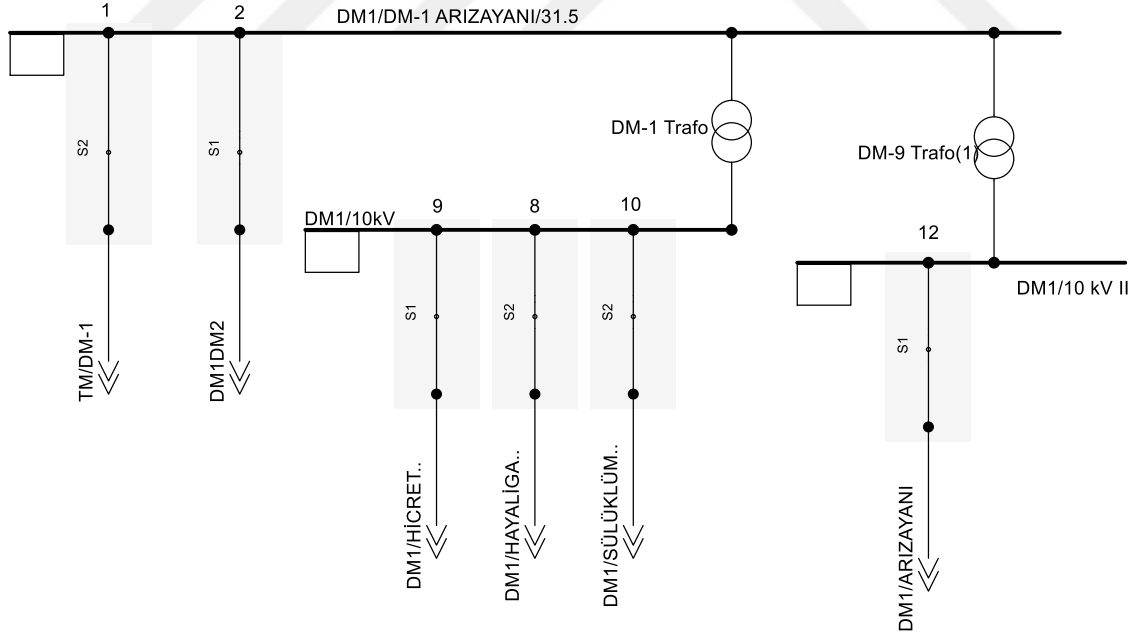


Şekil 2.6. Akyazı TM tek hat şeması

2.2.3. DM-1 Tek Hat Şeması

DM-1, Trabzon TM'ye en yakın noktada bulunan dağıtım merkezidir. DM-1'de 1 adet 31,5 kV ve 2 adet 10 kV olmak üzere toplam üç adet bara bulunmaktadır. Kabin içerisinde bulunan 5 MVA ve 10 MVA transformatörler ile gerilim 10 kV seviyesine indirgenerek bölgede bulunan 10 kV primer gerilim seviyesine sahip transformatörlere enerji arzı sağlanır. Ayrıca dağıtım merkezi 31,5 kV bara üzerinden de bir fider üzerinden çıkış sağlanmaktadır. DM-1'e ait tek hat şeması Şekil 2.7.'de gösterilmiştir.

Şekil 2.7.'de dağıtım merkezi incelendiğinde DM-1'in genel hatlarıyla 10 kV olarak hizmet verdiği, 31,5 kV bara üzerinden sadece DM-2 dağıtım merkezine çıkış sağladığı görülmektedir. DM-1, Trabzon TM ile oldukça yakın olmasına rağmen DM-2 ile irtibatlı olması sayesinde istenildiği durumda Akyazı TM ile dahi irtibatlanabilme imkanı bulunmaktadır.

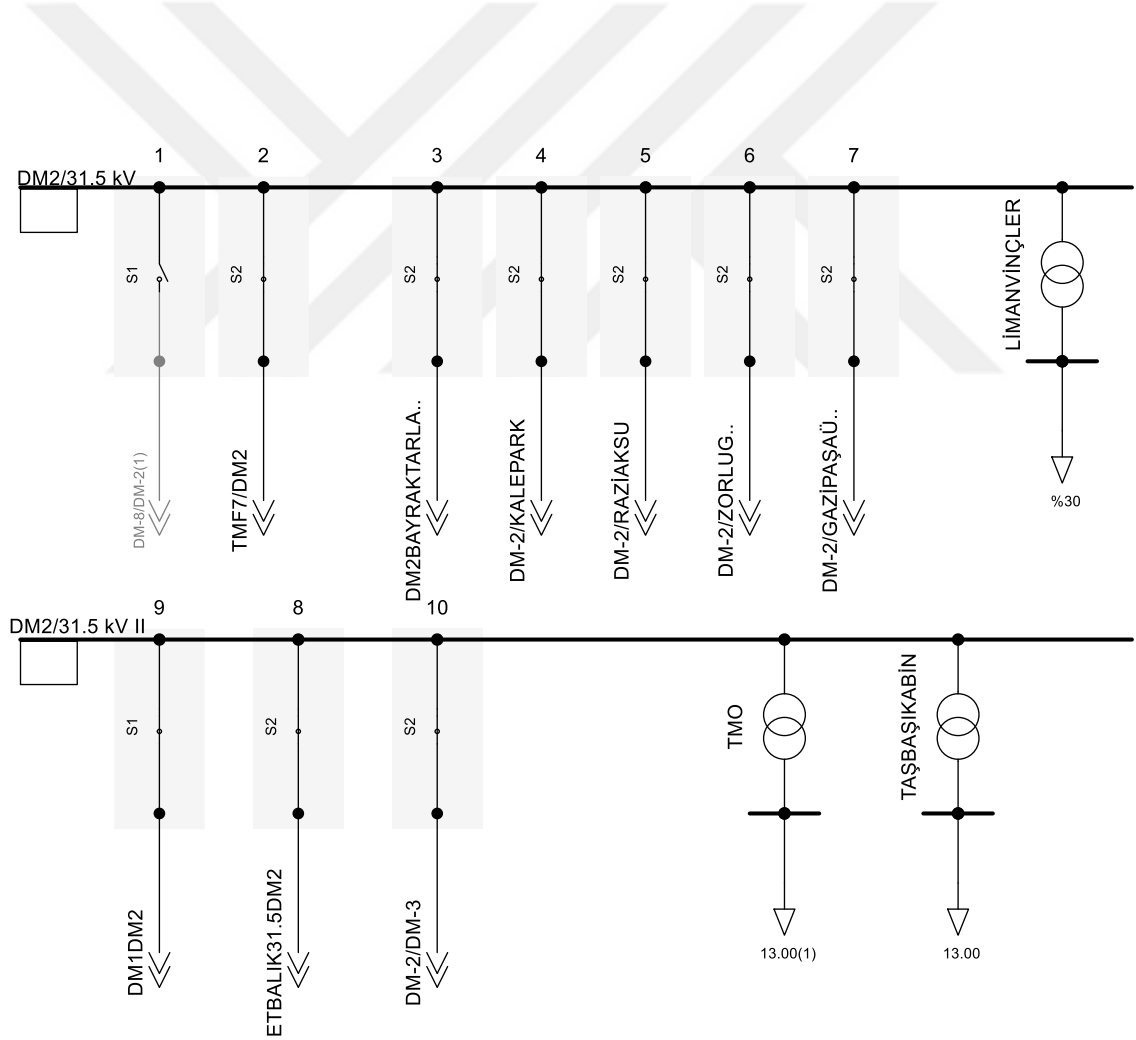


Şekil 2.7. DM-1 tek hat şeması

2.2.4. DM-2 Tek Hat Şeması

DM-2, Trabzon ili şehir meydanına doğrudan hizmet eden dağıtım merkezlerinden olması sebebiyle son derece önemlidir. Dağıtım merkezi içerisinde birbirinden bağımsız olan iki bara bulunmaktadır. Yapılacak manevralar ile bu baralar ayrı ayrı olarak Trabzon TM ve Akyazı TM üzerinden enerjilendirilebilir. DM-2'ye ait tek hat şeması Şekil 2.8.'de gösterilmiştir.

Şekil 2.8.'de dağıtım merkezi incelendiğinde her iki baranın da Trabzon TM marifeti ile enerjilendirildiği görülmektedir.

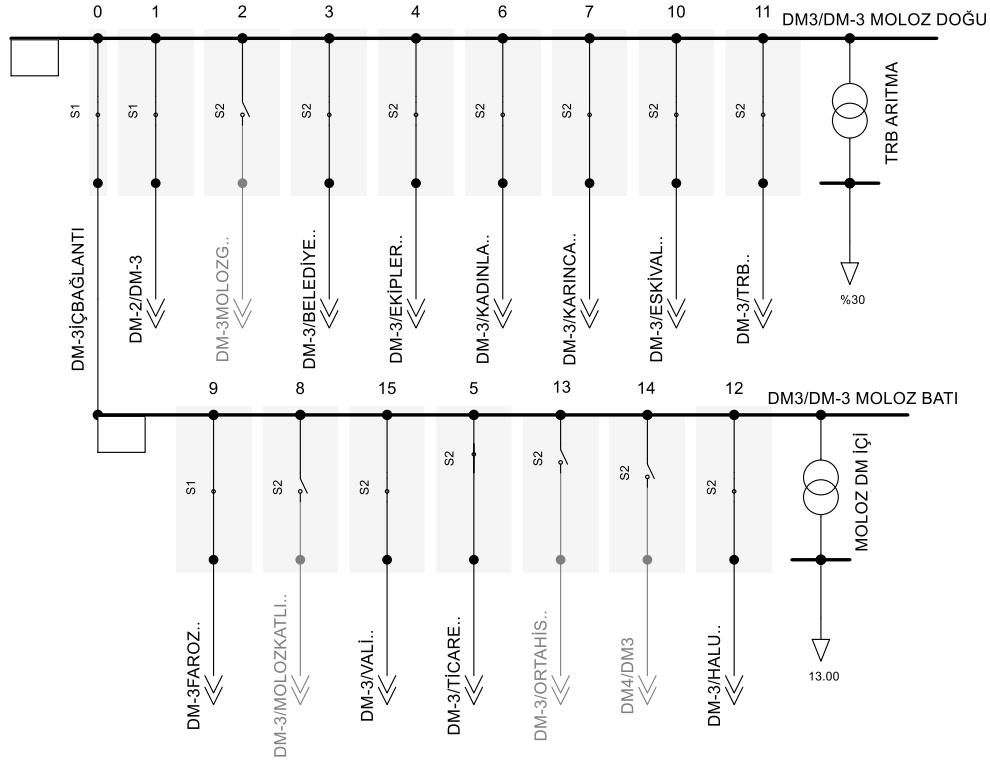


Şekil 2.8. DM-2 tek hat şeması

2.2.5. DM-3 Tek Hat Şeması

DM-3, Trabzon TM ve Akyazı TM'nin tam merkezi noktası olarak ifade edilebilir. Şehrin meydan bölgesini enerjilendiren dağıtım merkezlerinden bir diğeri olması yanı sıra, yeni cazibe merkezleri barındıran bölge olma özelliğini de taşımaktadır. İki adet 31,5 kV bara içeren DM-3, mevcut modellemede Trabzon TM üzerinden enerjilendirilmektedir. Yük yoğunluğuna göre Akyazı TM üzerinden enerjilendirilmek için de oldukça elverişlidir. DM-3'e ait tek hat şeması Şekil 2.9.'da gösterilmiştir.

Şekil 2.9.'da dağıtım merkezi incelendiğinde mevcut durumda DM-2 üzerinden Trabzon TM marifeti ile enerjilendirildiği anlaşılmaktadır. DM-3 kabin baraları da dikkate alındığında doğrudan DM-2, DM-4, DM-5 ve DM-6 ile bağlantı halinde olabilmektedir. Bu sebeple şehir manevralarında önemli bir yer tutmaktadır. Bölge cazibe merkezleri arasında bulunduğu yüksek güç akışları, yük yoğunlukları sebepleriyle DM-3'de oluşabilecek istenilmeyen durumlar tüm dağıtım şebekesini doğrudan etkileyecektir.

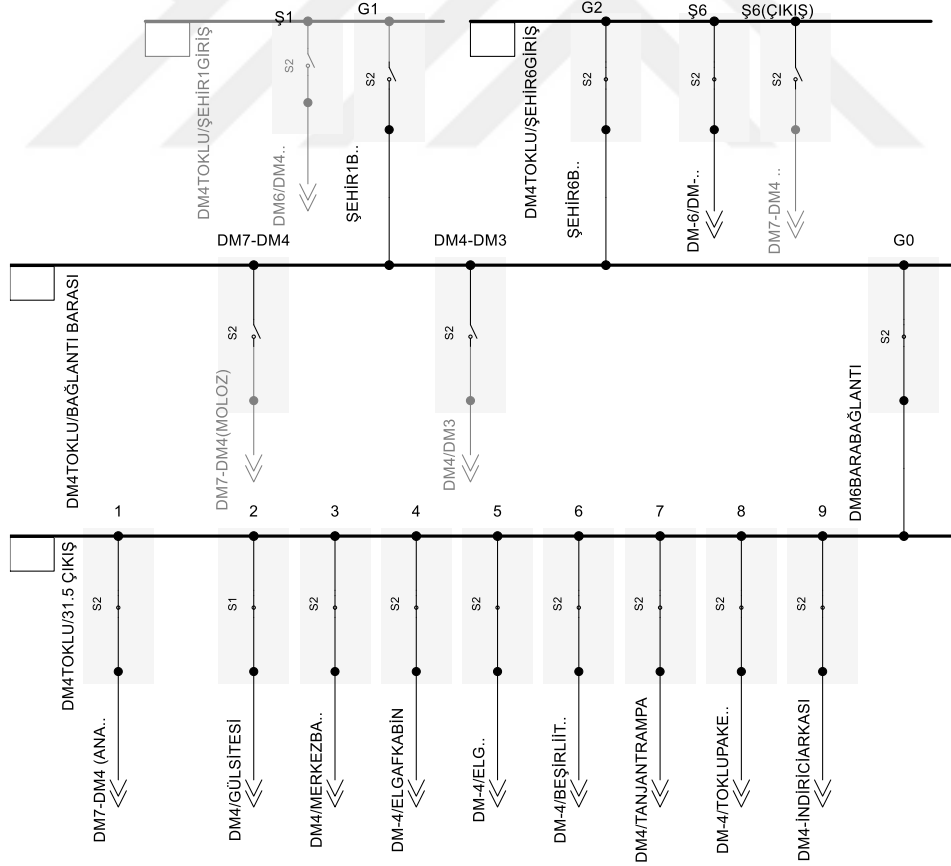


Şekil 2.9. DM-3 tek hat şeması

2.2.6. DM-4 Tek Hat Şeması

DM-4, oluşturulmuş yapısı sayesinde çevresinde bulunan diğer dağıtım merkezleri ile çeşitli varyasyonlar ile manevra yapılabilecek kabiliyete sahip bir dağıtım merkezidir. DM-7 ile doğrudan bağlantılı olan DM-4, mevcut güç akışında bu fideri kullanmaktadır. DM-3 de DM-4 üzerinden DM-7 ve Akyazı TM marifeti ile enerjilendirilmektedir. DM-4'e ait tek hat şeması Şekil 2.10.'da gösterilmiştir.

Şekil 2.10.'da dağıtım merkezi incelendiğinde Şehir-1 ve Şehir-2 olarak isimlendirilmiş fiderlerle DM-5, DM-6 ve dahi DM-13 ile birbirlerinden bağımsız olarak güç akışı sağlayabileceği anlaşılmaktadır. Olası güç artışları olasılıklarında dağıtım merkezi, manevra kabiliyeti sayesinde dağıtım şebekesi için önemli merkezlerden biri durumundadır.

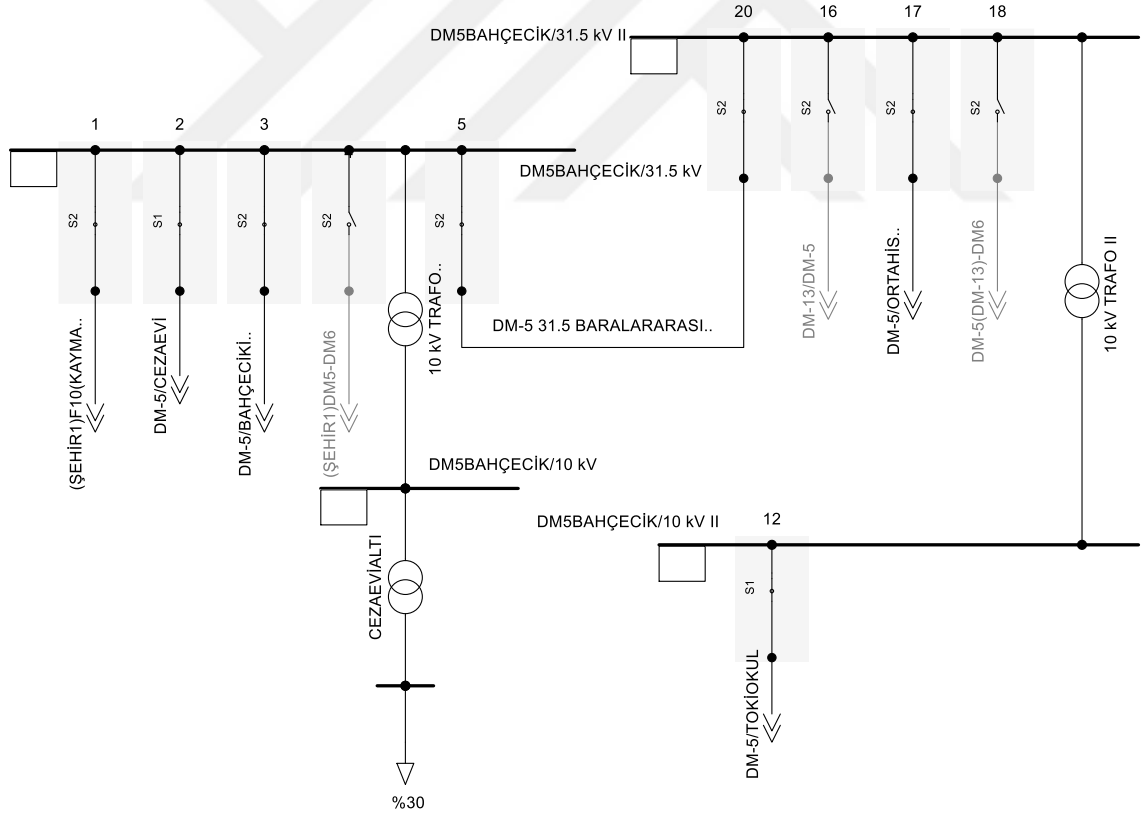


Şekil 2.10. DM-4 tek hat şeması

2.2.7. DM-5 Tek Hat Şeması

DM-5, dağıtım bölgesinin güney kısmında bulunan dağıtım merkezlerinden biridir. Dağıtım merkezi içerisinde 31,5 kV değerinde gerilim 10 kV'a dönüştürülmekte ve 10 kV baralardan 2 adet çıkış sağlanmaktadır. Şehir-1 olarak ifade edilen ve güney bölgesinden tesis edilmiş Trabzon TM'den enerjilenen fider, DM-5'in ana besleyicisi durumundadır. DM-5'e ait tek hat şeması Şekil 2.11'de gösterilmiştir.

Şekil 2.11'de de gösterildiği üzere DM-5'e ait 31,5 kV baralardan kuzey ve güney hat boyunca 4 adet çıkış bulunmaktadır. Mevcut çalışma düzeninde dağıtım merkezinde bulunan 2 adet 31,5 kV bara birbirleri ile ilişkilendirilmiştir.

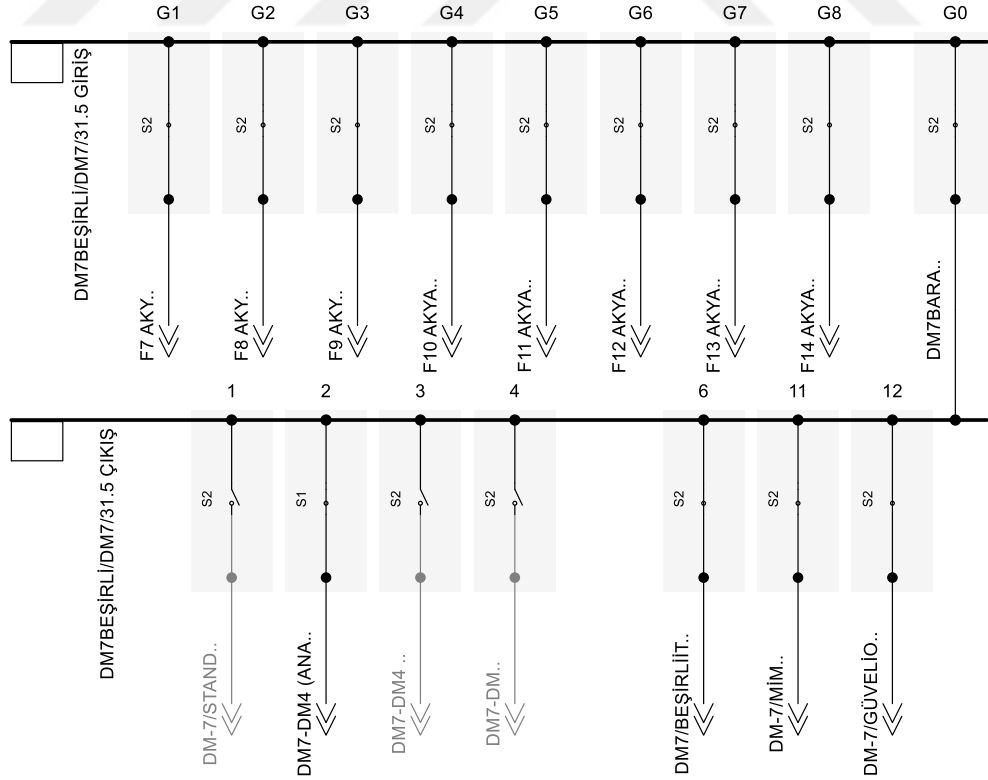


Şekil 2.11. DM-5 tek hat şeması

2.2.9. DM-7 Tek Hat Şeması

DM-7, Akyazı TM'nin dağıtım sistemine bağlantısının ana merkezlerinden biridir. Ana fiderlerinin tamamı Akyazı TM üzerinden bağlanmaktadır. Dağıtım sistemine DM-4 ve gerektiğinde DM-3 üzerinden bağlı olan DM-7, Akyazı TM'nin enerji arzı için son derece önemlidir. DM-7, DM-4 ve DM-3 bağlantılarını 6 ayrı fider ile gerçekleştirebiliyor olması DM-7 arz güvenliği için önemli bir durumdur. DM-7'ye ait tek hat şeması Şekil 2.13.'de gösterilmiştir.

Şekil 2.13'de de gösterildiği üzere DM-7, yapısal olarak Akyazı TM'ye yakın olması sebebiyle de ring yapısının kenar ve kısıtlı erişimli görünmesinin aksine DM-4 ve DM-3 ile güçlü bağlantı alt yapısı sayesinde alternatifli yapıya sahip bir dağıtım merkezidir. Dağıtım sistemindeki bu yapı, yoğun güç akışlarının olabileceği dönemlerde dahi çeşitli opsiyonların değerlendirilebilmesine imkan tanımaktadır.

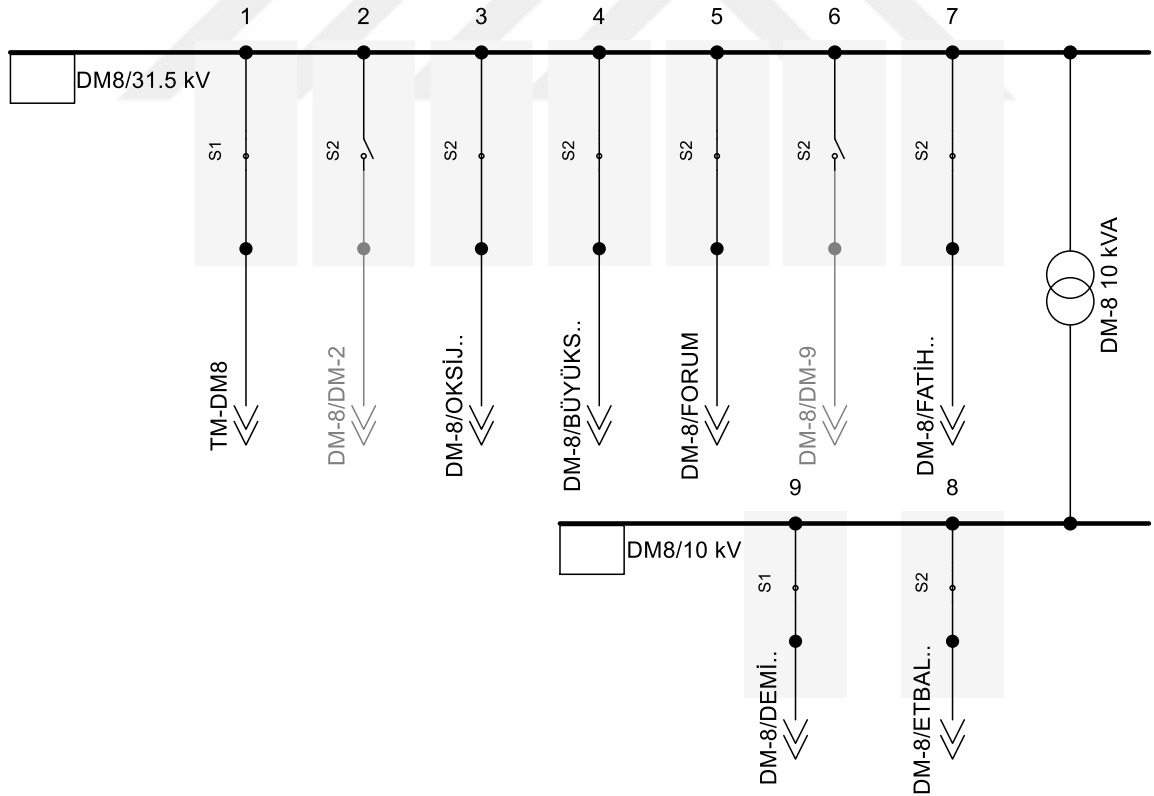


Şekil 2.13. DM-7 tek hat şeması

2.2.10. DM-8 Tek Hat Şeması

DM-8, Trabzon TM'nin doğusunda bulunan dağıtım merkezleri arasında yer almaktadır. Trabzon TM üzerinden ana fider ile beslenmektedir. Ayrıca doğu bölgesinde kalan diğer dağıtım merkezleri DM-9 ve DM-10 ile toplamda 2 ayrı fider üzerinden irtibatlandırılmıştır. DM-8'in istenildiği durumda Akyazı TM ile dolaylı olarak DM-2 üzerinden de 1 adet fider üzerinden manevra kabiliyeti bulunmaktadır. DM-8'e ait tek hat şeması Şekil 2.14.'de gösterilmiştir.

Şekil 2.14'de de gösterildiği üzere DM-8 ve diğer doğu bölgesi dağıtım merkezlerinin Akyazı TM ile tek irtibat imkanı sağlayan nokta DM-8 bölgesine DM-2 üzerinden gelen fiderdir. Bu durum 3 adet dağıtım merkezinin Trabzon TM'ye olan bağımlılığını son derece artırmaktadır.

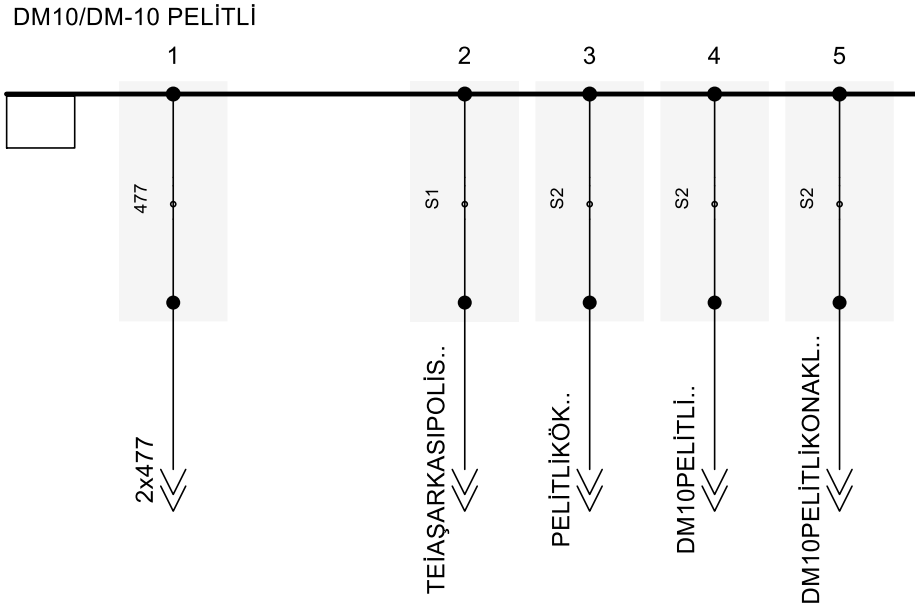


Şekil 2.14. DM-8 tek hat şeması

2.2.12. DM-10 Tek Hat Şeması

DM-10, dağıtım sisteminde en yakın zamanda tesis edilmiş dağıtım merkezlerinden biridir. Aynı zamanda incelenen dağıtım sisteminin en güney bölgesinde kalmaktadır. DM-10' a ait tek hat şeması Şekil 2.16'da gösterilmiştir.

Şekil 2.16'de de gösterildiği üzere DM-10, Trabzon TM'nin doğu aksı boyunca hizmet verdiği, 477 olarak isimlendirilen önemli ana fideri tarafından doğrudan enerjilendirilmektedir. Dolaylı olarak DM-9 ile de irtibatlanabilmektedir. DM-10 günümüzde diğer dağıtım merkezlerine göre daha düşük nüfus yoğunluğuna sahip bölgelerde hizmet etse de Trabzon ili gelişim potansiyeli yüksek olan alanın merkezine yakın konumlanması sebebiyle son derece önemlidir. DM-10, diğer dağıtım merkezlerine göre daha yakın zamanda tesis edilmiş olması ve daha güney bölgede konumlanmış olması sebebiyle gelişimi büyük oranda tamamlandığında Yalınca, Çimenli, Çilekli, 1 Nolu Bostancı ve Pelitli mahallerinin merkezinde yer almış olacaktır. Bu yoğun enerji talebi, dağıtım sisteminin mevcudunu koruması halinde DM-10 ve kısmen DM-9 üzerinden Trabzon TM marifeti ile karşılanmaya çalışılacaktır.

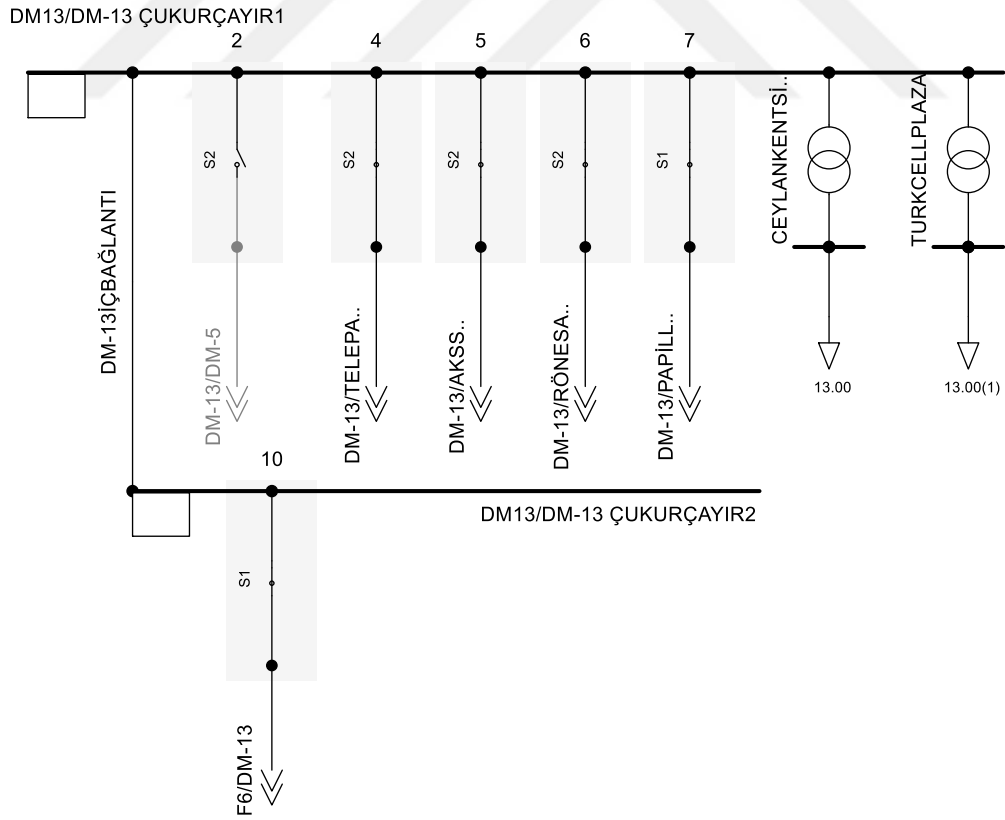


Şekil 2.16. DM-10 tek hat şeması

2.2.13. DM-13 Tek Hat Şeması

DM-13, dağıtım sisteminin mevcutta faaliyet gösteren son dağıtım merkezidir. Konum olarak Trabzon TM'ye yakın olmak ile birlikte Trabzon TM'nin güney batısında yer almaktadır. DM-13'e ait tek hat şeması Şekil 2.17.'de gösterilmiştir.

Şekil 2.17'de de gösterildiği üzere yoğun yerleşim yerinin güney sırtında bulunan DM-13, Trabzon TM'nin 2 ayrı 154/31,5 kV trafosundan enerjilenebilme kabiliyetine sahiptir. A transformatöründen doğrudan ana fider üzerinden enerjilendirilebilen DM-13, B transformatöründen DM-5 dağıtım merkezi üzerinden enerjilendirilebilmektedir. DM-5 bağlantısı veya çıkış fiderlerinin diğer kabinler ile irtibatı sayesinde Akyazı TM üzerinden enerjilendirilebilmesi mümkündür. DM-13'ün, mevcut durumda Trabzon TM A transformatörü üzerinden doğrudan enerjilendirildiği anlaşılmaktadır.



Şekil 2.17. DM-13 tek hat şeması

2.3. Baz Yıla (2022) Göre Dağıtım Sisteminin Uygulanması ve Sonuçlar

Dağıtım Sistemi 2.1. ve 2.2 başlıklarına göre modellendikten sonra Digsilent Power Factory programı üzerinden Newton-Raphson Yöntemi ile çalıştırılmıştır. Sistemin EA kaynaklı güç artışlarından önce baz yıl olarak belirlenen 2022 yılı veriler üzerinden dağıtım sisteminin analiz edilmesi amaçlanmıştır. Bu sayede sistemin yoğun güç akışı olan bölümleri belirlenmiştir. Hat yüklenmeleri, dağıtım merkezinde bulunan 10 kV transformatörler, trafo merkezlerinde bulunan 154/31,5 kV transformatörlerin göstereceği performanslar gelecek projeksiyonu için oldukça önemlidir. Trafo merkezlerinde gözlemlenen azami değerler Tablo 2.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 2.1. TM'lerde gözlemlenen azami değerler

TM	Güç Akışı MW/MVAr	% TM içi Her Bir Transformatör Azami Hat Yüklenmesi		% Gerilim Düşümü	% Transformatör Yüklenmeleri		%80 ve Üzeri Yüklenen Toplam Transformatör Sayısı*
Trabzon TM	109,6 / 15,9	37,8 (A)	54,3 (B)	0,3	68,5 (A)	42,6 (B)	8
Akyazı TM	46,6 / 6,0	10,2	-	0	23,5	-	2
*	Yalınca Su Deposu (%150,96), Forum Migros (%101,17), Ramada Otel (%100,05), Garanti Bankası Yanı (%94,95), Ulusoy Tır (%90,27), Hekimoğlu Döküm (%89,0), Numune Has. I (%86,08), Çimenli Mermerci Yanı (%85,05), Pelitli Yeşilköy Mezarlık (%82,57), 1001 Evler Tünel Çıkışı (%81,61)						

Trafo merkezlerinde genel durum incelendiğinde çalışma yapılan dağıtım sisteminde 156,2 MW güç akışı meydana geldiği görülmektedir. Reaktif güç akışının kabul gören seviyelerde olduğu da anlaşılmaktadır. Hat yoğunlukları, sanayi kuruluşuna hizmet veren fiderde meydana gelen %54,3 oranında hat yüklenmesi dışında hat yüklenmelerinin %40 seviyesinin altında olduğu görülmektedir. Azami %0,3 gerilim düşümü gözlemlenen trafo merkezlerinde 154/31,5 kV transformatör yüklenmelerinde %68,5 ile Trabzon TM A Transformatörü ilk sıradadır. Dağıtım sisteminin tamamında %80 ve üzeri yüklenen 10 adet transformatör gözlemlenmektedir. Yoğunlukla Trabzon TM bölgesinde gözlemlenen transformatör yüklenmeleri dağıtım sistemi için risk unsuru olarak belirtilebilir.

11 adet dağıtım merkezinde yapılan baz yıl incelemelerinde dağıtım merkezleri ana baralarında meydana gelen azami aktif ve reaktif güç akışları, dağıtım merkezi bağlantılı fiderlerde meydana gelen hat yüklenmeleri, dağıtım merkezlerine bağlı kabin ve transformatör hatlarında meydana gelen yüklenmeler, azami gerilim düşüm oranları %80 ve üzeri yüklenmiş 0,4 kV sekonder gerilimli transformatör sargıları bulunmaktadır. Bahsedilen tüm azami değerlere ilişkin inceleme sonuçları Tablo 2.2.'de gösterilmiştir.

Tablo 2.2. DM ve bağlı kabinlerinde gözlemlenen azami değerler

DM	Güç Akışı MW/MVAr	% DM içi Hat Yüklenmesi	% DM Bağlı Kabinlerde Hat Yüklenmesi	% Gerilim Düşümü
DM-1	20,1 / 3,1	37,8 (Arıza Yanı Çıkışı)	35,9 (Bağkur San. 2 Girişi)	1 (DM'ye Bağlı 10 kV Kabinler)
DM-2	27,9 / 4,6	36,1 (Bayraktarlar İM Çıkışı)	31,2 (Boynar Kabin)	0,6 (DM'ye Bağlı Kabinler)
DM-3	13,6 / 2,2	23,5 (DM2 Girişi)	18,2 (Varlıbaş Yanı Kabin)	0,6 (DM ve Bağlı Kabinleri)
DM-4	18,9 / 2,5	33,5 (DM7 Girişi)	13,7 (Merkez Bankası Kabin)	0,3 (DM ve Bağlı Kabinleri)
DM-5	2,5 / 0,3	20,1 (Toki Okul Çıkışı)	13,7 (Toki Sevgi Evleri)	1 (DM'ye Bağlı 10 kV Kabinler)
DM-6	9,3 / 1,5	16,1 (Şehir 6 Girişi)	17,2 (Belde 1 Kabin)	1 (DM'ye Bağlı 10 kV Kabinler)
DM-7	23,1 / 2,9	33,5 (DM4 Çıkışı)	7,5 (İtfaiye Yanı Kabin)	0,3 (DM'ye Bağlı Kabinler)
DM-8	14,2 / 1,2	29,9 (Forum Çıkışı)	11,8 (Fatih Sanayi Kabin)	1 (DM'ye Bağlı 10 kV Kabinler)
DM-9	9,4 / 1,8	37,7 (TM Girişi)	22,8 (Orman Tamirhanesi Kab.)	2 (DM'ye Bağlı 10 kV Kabinler)
DM-10	15,6 / 2,0	26,0 (Pelitli Kök Kabin Çık.)	47,5 (MTA Yanı Direk)	2 (Yalıncak Kırsal)
DM-13	8,0 / 0,9	17,3 (Telepark Sitesi Çıkışı)	13,4 (Telepark Sitesi Kabin)	0,3 (DM ve Bağlı Kabinleri)

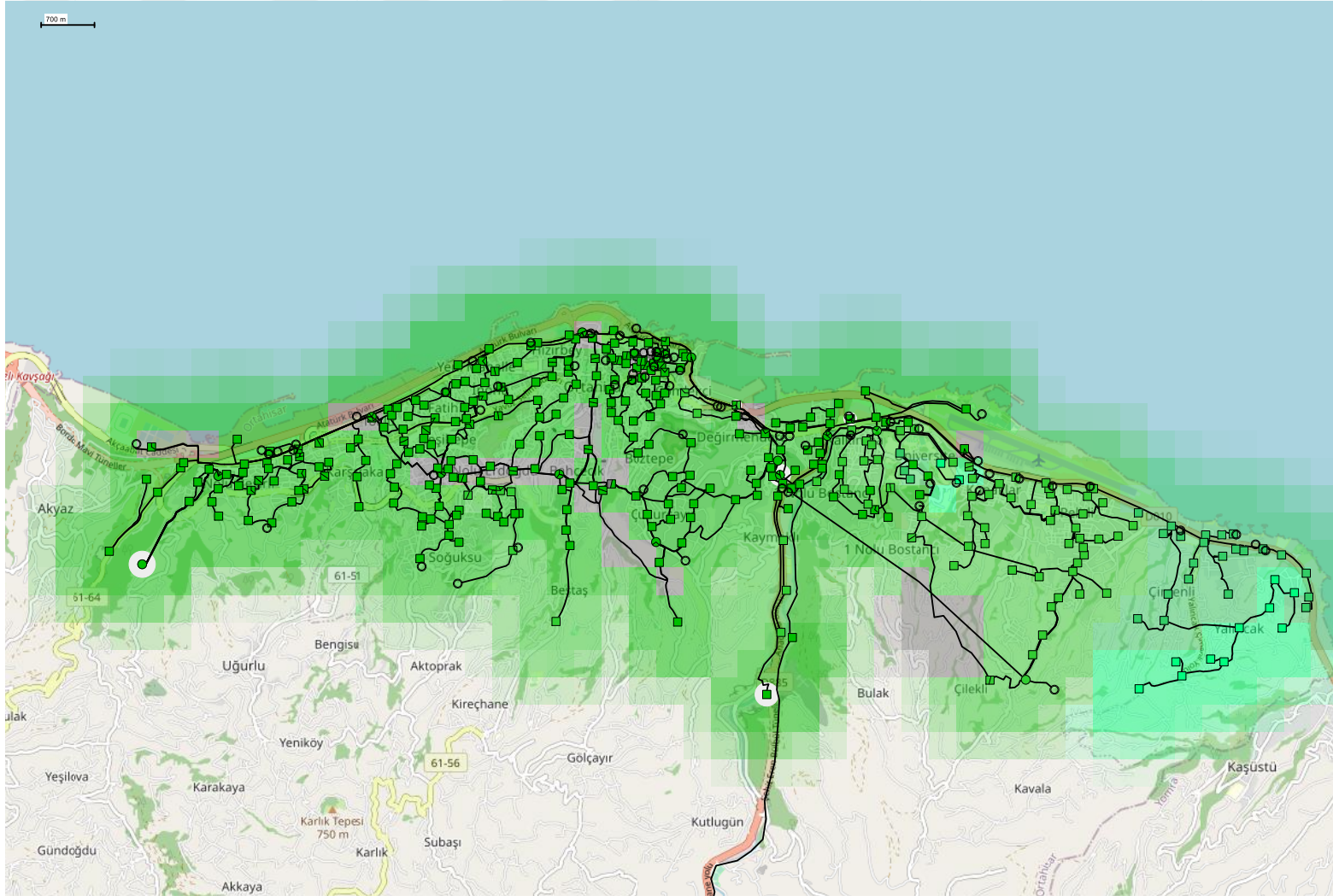
Dağıtım merkezlerinden elde edilen veriler incelendiğinde 20 MW ve üzeri güç akışına sahip 3 adet DM gözlemlenmektedir. En yüksek güç akış değerine sahip olan DM-2'nin DM-3'e Trabzon TM marifeti ile güç akışını sağlaması sebebiyle bu değerlere ulaştığı anlaşılmaktadır. DM-2'nin güç akışı sağladığı DM-3 dağıtım merkezi, tüm güç akışını kendisine bağlı kabinlere ve transformatörlere sağladığı görülmektedir. Dağıtım merkezlerinin birbirlerine doğrudan sağladığı güç akışları hesaplama dışında bırakılırsa en yüksek enerji arzı sağlayan dağıtım merkezinin DM-3 olduğu görülmektedir.

Diğer veriler incelendiğinde hat yüklenmelerinin azami değerler dışında çoğunlukla %20'nin altında kaldığı, gerilim düşümünün ise 10 kV gerilim değerinden kaynaklı hat sonlarında %1 gibi değerlerde gerçekleştiği gözlemlenmiştir. 31,5 kV seviyesinde sadece Yalıncaak bölgesinde bulunan hat sonlarında %2 oranlarında gözlemlenmektedir.

2.4. 2025 Projeksiyon Yıl Dağıtım Sisteminin Modellenmesi

Dağıtım Sisteminin projeksiyon yıl için gelişiminde iki önemli güç artış unsuru bulunmaktadır. Bunlardan bir tanesi EA sayısından bağımsız sistemin kendi talep artışı olurken bir diğeri ise EA kaynaklı talep artışıdır. Projeksiyon yıla ait EA sayısından bağımsız talep artışının belirlenmesinde dağıtım bölgesinde öngörülen talep artışı verileri baz alınabilir. Bu kapsamda dağıtım bölgesinde öngörülen talep artışı Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) raporlarından %10,01 olarak belirlenmiştir[41]. Elde edilen talep artışı ön görüşü sistemde modellenmiş tüm yüklere eşit olarak dağıtılmıştır.

Projeksiyon yıl için ön görülen EA sayısı ve EA sayısına bağlı olarak şarj soket sayısı Şekil 1.11.'de belirtildiği gibi 3017 EA üzerinden dahil edilmiştir. Şarj ünitelerine ve istasyonlarına ilişkin konumlar Şekil 1.12.'de gösterilen akışa uygun olarak yerel aktörler ile belirlenmiştir. Şehrin imar yapısı, ulaşım ana planı, dağıtım sistemi performansı, otopark, alışveriş merkezi ve akaryakıt istasyonları bölgeleri konumların belirlenmesinde ana belirleyici unsurlar olmuştur. Aynı zamanda özel şarj ünitelerinin etkilerinin göz ardı edilmemesi amacıyla dağıtım merkezlerinin hizmet ettiği nüfus sayısına bağlı olarak özel şarj üniteleri de talep olarak sisteme entegre edilmiştir. Projeksiyon yıla ait dağıtım sistemi genel görünümü Şekil 2.18.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.18. 2025 projeksiyon yıl dağıtım sistemi genel görünümü

Projeksiyon yıl için 62 adet şarj lokasyonu konumlandırılmış olup güç talebi olarak 4806 kW gibi bir değer belirlenmiştir. Belirlenmiş olan şarj lokasyonlarından 17 adeti yüksek güç talebi potansiyeli olan hızlı şarj ünitelerine sahiptir.

Trabzon TM ve Akyazı TM'nin 2022 puant zamanda gerçekleştirdiği talep gücün 158,6 MW olduğu düşünüldüğünde kamuya açık istasyonlarından kaynaklı güç artışının %3,03 gibi bir değere karşılık geldiği söylenebilir. Pek tabi özel şarj üniteleri ve EA sayısından bağımsız talep artışları da dikkate alındığında bu değer daha da yüksek olacağı anlaşılmaktadır.

Şekil 2.18.'e göre modellenmiş olan dağıtım sisteminde dairesel olarak gösterilen şekiller şarj lokasyonlarını ifade etmektedir. Tüm şarj lokasyonları dağıtım sisteminde önemli unsurlara bağlı kalınarak dağıtılmıştır. Şehir merkezi olarak kabul gören bölgede otoparkların da yoğunlukta bulunması sebebiyle şarj lokasyonları daha yoğun olarak yerleştirilmiştir. Tüm akaryakıt istasyonları da sisteme şarj lokasyonu olarak dahil edilmiştir. Bu modelleme ışığında trafo merkezlerinde meydana gelen değişim Tablo 2.3.'de gösterilmiştir.

Tablo 2.3. 2025 projeksiyon yıl TM'lerde gözlemlenen azami değerler

TM	Güç Akışı MW/MVAr	% TM içi Her Bir Transformatör Azami Hat Yüklenmesi		% Gerilim Düşümü	% Transformatör Yüklenmeleri		%80 ve Üzeri Yüklenen Toplam Transformatör Sayısı*
Trabzon TM	130,6 / 20,5	46,2 (A)	59,8 (B)	0,3	83,8 (A)	49,0 (B)	16
Akyazı TM	51,6 / 6,6	12,3	-	0	26,0	-	3
*	Trabzon TM Trafo A(%84), Yalınca Su Deposu (%168), Forum Migros (%112), Ramada Otel (%111), Garanti Bankası Yanı (%105), Ulusoy Tır (%91), Hekimoğlu Döküm (%98), Numune Has. I (%95), Çimenli Mermerci Yanı (%95), Pelitli Yeşilköy Mezarlık (%92), 1001 Evler Tünel Çıkışı (%90), DM-9 10 kV (%88), Bayraktarlar İş M. (%86), Yalınca Mimoza Ev. (%86), Toklu İndirici Ark. (%83), Pelitli Su Deposu (%82), Forum Koçtaş (%80), TEİAŞ (%80), Yavuz Sultan Selim Cami (%80)						

Trafo merkezlerinde genel durum incelendiğinde çalışma yapılan dağıtım sisteminde 182,2 MW güç akışı meydana geldiği görülmektedir. Hat yoğunlukları azami %59,8 olurken,

azami %0,3 gerilim düşümü gözlemlenen trafo merkezlerinde 154/31,5 kV transformatör yüklenmeleri Akyazı TM'de %30 oranının altındadır. Ancak Trabzon TM'de %85'e yaklaşan trafo doluluğu gözlemlenmektedir. Trafo merkezlerine bağlı toplam 19 adet transformatörde %80 üzeri yüklenme görülmektedir. Özel transformatörlerde dağıtım şirketine bildirilmeden sayıca ya da güç yönünden artış gerçekleştirilmiş olabilir. Bu durum dağıtım şirketince ayrıca incelenebilir. Dağıtım merkezlerinden güç akışı, hat yüklenmeleri ve gerilim düşümleri yönünden meydana gelen değişimler Tablo 2.4.'te gösterilmiştir.

Tablo 2.4. 2025 projeksiyon yıl DM ve bağlı kabinlerinde gözlemlenen azami değerler

DM	Güç Akışı MW/MVAr	% DM içi Hat Yüklenmesi	% DM Bağlı Kabinlerde Hat Yüklenmesi	% Gerilim Düşümü
DM-1	24,6 / 3,6	45,2 (Arıza Yanı Çıkışı)	43,1 (Bağkur San. 2 Girişi)	1 (DM'ye Bağlı 10 kV Kabinler)
DM-2	33,9 / 5,2	40,2 (Bayraktarlar İM Çıkışı)	34,7 (Boyner Kabin)	0,6 (DM ve Bağlı Kabinleri)
DM-3	16,9 / 2,5	29,2 (DM2 Girişi)	18,2 (Varlıbaş Yanı Kabin)	1 (DM'ye Bağlı Kabinler)
DM-4	22,3 / 3	39,5 (DM7 Girişi)	15,5 (Gül Sitesi Kabin)	0,6 (DM'ye Bağlı Kabinler)
DM-5	2,7 / 0,4	22,2 (Toki Okul Çıkışı)	15,1 (Toki Sevgi Evleri)	1 (DM'ye Bağlı 10 kV Kabinler)
DM-6	11,6 / 1,9	20,1 (Şehir 6 Girişi)	19,6 (Belde 1 Kabin)	1 (DM'ye Bağlı 10 kV Kabinler)
DM-7	27,9 / 3,5	39,5 (DM4 Çıkışı)	11,4 (Yeşilpark Sitesi 2 Kabin)	0,3 (DM'ye Bağlı Kabinler)
DM-8	15,3 / 1,3	30,8 (Forum Çıkış)	14,7 (Fatih Sanayi Kabin)	1 (DM'ye Bağlı 10 kV Kabinler)
DM-9	11,5 / 2,0	46,2 (TM Girişi)	35,0 (KTU Kız Yurdu Kab.)	2 (DM'ye Bağlı 10 kV Kabinler)
DM-10	20,9 / 2,8	33,2 (Pelitli Kök Kabin Çık.)	54,5 (MTA Yanı Direk)	2,2 (Yalıncağ Kırşal Hat sonu)
DM-13	9,9 / 1,1	19,6 (Telepark Sitesi Çıkışı)	19,6 (Telepark Sitesi Kabin)	0,6 (DM ve Bağlı Kabinleri)

Dağıtım merkezlerinde meydana gelen güç artışları yanı sıra hat yüklenmelerinde %20'yi aşan hat yüklenmelerinin arttığı söylenebilir. Dağıtım merkezlerinin bir kısmında makul seviyelerde gerilim düşüm artışları gözlemlenmiştir.

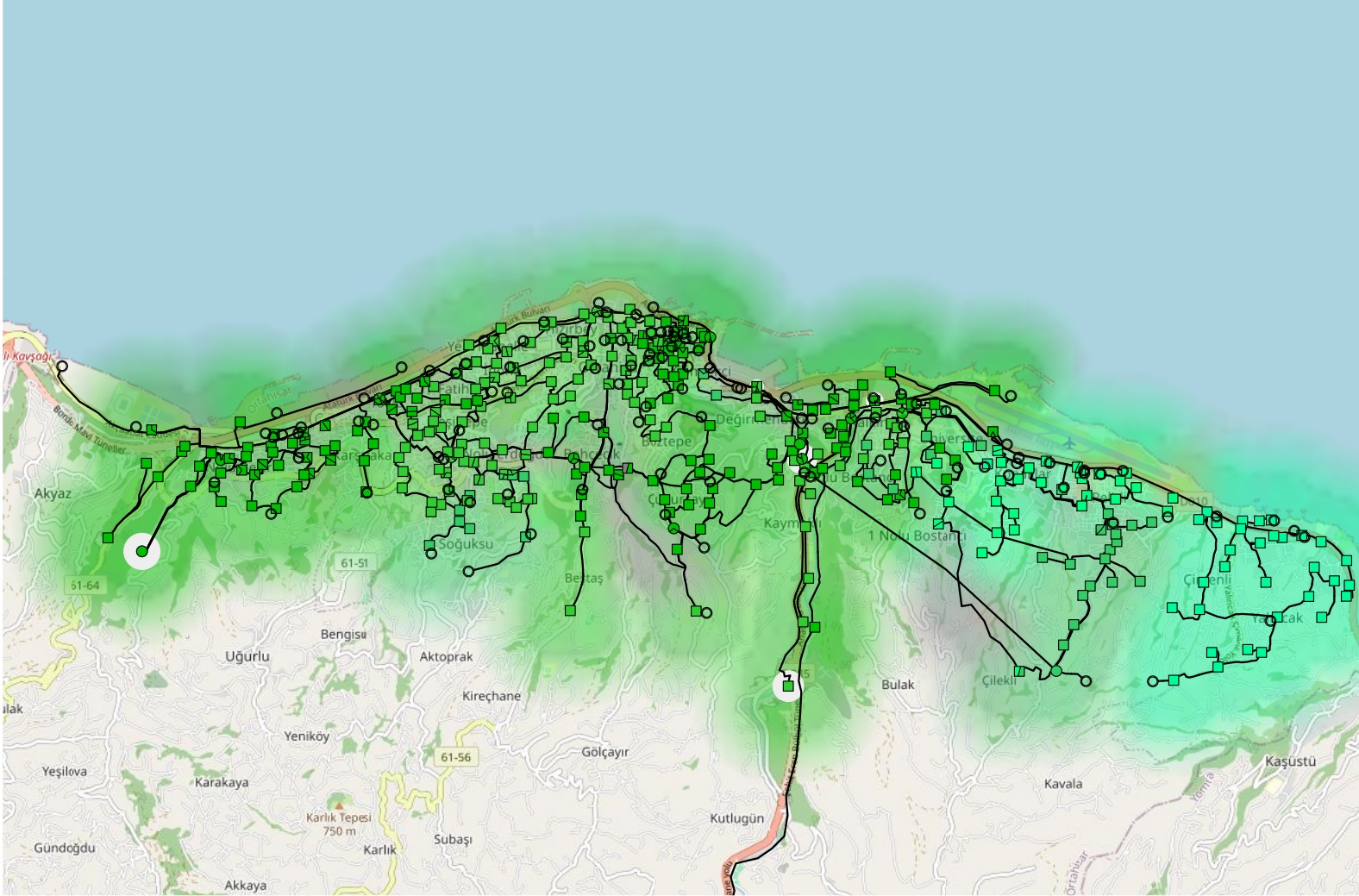
2.5. 2030 Projeksiyon Yıl Dağıtım Sisteminin Modellenmesi

Dağıtım Sisteminin 2030 projeksiyon yılı için gelişiminde 2025 projeksiyon yılı için gerçekleştirilen aşamalar tekrar edilmiştir. Projeksiyon yıla ait EA sayısından bağımsız talep artışı TEİAŞ raporunda %27,91 olarak belirlenmiştir[41]. Elde edilen talep artışı ön görüşü sistemde modellenmiş tüm yüklere eşit olarak dağıtılmıştır.

2030 Projeksiyon yıl için ön görülen EA sayısı ve EA sayısına bağlı olarak şarj soket sayısı Şekil 1.11.'de belirtildiği gibi 19140 EA üzerinden dahil edilmiştir. 2030 Projeksiyon yıl için 107 adet şarj lokasyonu konumlandırılmış olup, güç talebi olarak 37534 kW gibi bir değer belirlenmiştir. Belirlenmiş olan şarj lokasyonlarından 47 adeti yüksek güç talebi potansiyeline sahip hızlı şarj ünitelerine sahiptir. 2030 projeksiyon yıla ait dağıtım sistemi yapısının ve yerel aktörler ile belirlenen şarj istasyon konumlarının belirtildiği dağıtım sistemi genel görünümü Şekil 2.19.'de gösterilmiştir.

Şekil 2.19. incelendiğinde öncelikli olarak sistem üzerinde gerilim düşümü oranlarının arttığı gözlemlenebilmektedir. Ayrıca kısmi olarak %80 üzeri hat yüklenmelerinin de meydana geldiği görülmektedir. Aynı zamanda 154/31,5 kV Transformatör yüklenmeleri yönünden incelendiğinde de Trabzon TM ile Akyazı TM arasında kurgulanabilen manevra kabiliyetinin de azaldığı söylenebilir. 10 kV gerilim seviyesinde hizmet sunan dağıtım merkezlerinde bulunan 31,5/10 kV transformatörlerinde de %100'ün üzerinde yüklenmeler görülebilmektedir.

Genel itibari ile 2030 yılının EA gelişimi sonrasında dağıtım sisteminin dönüşümü ve geliştirilmesi açısından önemli bir yıl olacağı rahatlıkla ifade edilebilir.



Şekil 2.19. 2030 projeksiyon yıl dağıtım sistemi genel görünümü

2025 yılına göre özellikle güney kesimlerde şarj lokasyonlarının artış gösterdiği görülmektedir. Bu modelleme ışığında trafo merkezlerinde meydana gelen değişim Tablo 2.5.'de gösterilmiştir.

Tablo 2.5. 2030 projeksiyon yıl TM'lerde gözlemlenen azami değerler

TM	Güç Akışı MW/MVAr	% TM içi Her Bir Transformatör Azami Hat Yüklenmesi		% Gerilim Düşümü	% Transformatör Yüklenmeleri		%80 ve Üzeri Yüklenen Toplam Transformatör Sayısı*
Trabzon TM	190,4 / 26,7	55,3 (A)	69,8 (B)	0,6 (A)	127 (A)	66,3 (B)	22
Akyazı TM	84,9 / 9,2	24,0	-	0	42,8	-	4
*	Trabzon TM Trafo A(%127), DM-9 10 kV (%101), Yalınca Su Deposu (%199), Forum Migros (%130), Ramada Otel (%132), Garanti Bankası Yanı (%122), Ulusoy Tır (%118), Hekimoğlu Döküm (%115), Numune Has. I (%111), Çimenli Mermerci Yanı (%112), Pelitli Yeşilköy Mezarlık (%108), 1001 Evler Tünel Çıkışı (%105), Bayraktarlar İş M. (%100), Yalınca Mimoza Ev. (%101), Toklu İndirici Ark. (%97), Pelitli Su Deposu (%96), Forum Koçtaş (%94), TEİAŞ (%95), Yavuz Sultan Selim Cami (%94), Yalınca Kolej Yanı (%90), Kadınlar Pazar (%88), Demirgrand Otel (%88), Evkur (%88), Demirkırlar (%87), Bakırcılar (%85), Ahi Evren Has. (%85), MTA Arkası (%84),						

Trafo merkezlerinde genel durum incelendiğinde hat yoğunlukları azami %69,8 olurken 154/31,5 kV transformatör yüklenmelerinin sınır değerleri aşmaya başladığı görülmektedir. Toplam güç akışı trafo merkezlerinin toplam kapasitesinin altında olmasına rağmen, sistemin manevra kabiliyetinin oldukça azaldığı söylenebilir. Trabzon TM'nin puant zamanda enerji arzını, tek bir transformatör üzerinden sağlaması mümkün görünmemektedir. Akyazı TM'nin de benzer şekilde tek bir transformatör üzerinden enerji arzını sağlaması durumunda %80 üzerinde yüklenme ile karşı karşıya kalması muhtemeldir.

EA gelişimi sonrasında 2030'lu yılların başında puant zamanda olası bir transformatör ve/veya ana fider arızalarında sistemin önemli bir kısmının enerjisiz kalma durumuyla karşı karşıya kalabileceği görülmektedir.

Dağıtım merkezlerinden güç akışı, hat yüklenmeleri ve gerilim düşümleri yönünden meydana gelen değişimler Tablo 2.6.'te gösterilmiştir.

Tablo 2.6. 2030 projeksiyon yıl DM ve bağlı kabinlerinde gözlemlenen azami değerler

DM	Güç Akışı MW/MVAr	% DM içi Hat Yüklenmesi	% DM Bağlı Kabinlerde Hat Yüklenmesi	% Gerilim Düşümü
DM-1	37,1 / 4,6	72,0 (Arıza Yanı Çıkışı)	69,6 (Bağkur San. 2 Girişi)	1 (DM'ye Bağlı 10 kV Kabinler)
DM-2	50,2 / 6,5	51,9 (Bayraktarlar İM Çıkışı)	45,2 (Boyner Kabin)	1 (DM'ye Bağlı Kabinler)
DM-3	24,9 / 3,1	43 (DM2 Girişi)	21,6 (Varlıbaş Yanı Kabin)	1 (DM'ye Bağlı Kabinler)
DM-4	37,8 / 4,1	66,9 (DM7 Girişi)	37,0 (Gül Sitesi Kabin)	1 (DM'ye Bağlı Kabinler)
DM-5	3,5 / 0,5	27,2 (Toki Okul Çıkışı)	17,6 (Toki Sevgi Evleri)	1 (DM'ye Bağlı 10 kV Kabinler)
DM-6	22,4 / 2,3	38,6 (Şehir 6 Girişi)	25,1 (Belde 1 Kabin)	2 (DM'ye Bağlı 10 kV Kabinler)
DM-7	54,5 / 4,8	66,9 (DM4 Çıkışı)	60,6 (Çevre Şehircilik İl. Md.)	0,6 (DM'ye Bağlı Kabinler)
DM-8	20,2 / 1,8	37,3 (Forum Çıkışı)	26,9 (Fatih Sanayi Kabin)	1 (DM'ye Bağlı Kabinler)
DM-9	13,7 / 2,4	55,3 (TM Girişi)	38,9 (KTU Kız Yurdu Kab.)	3 (DM'ye Bağlı 10 kV Kabinler)
DM-10	36,7 / 3,5	46,6 (TM Girişi)	93,9 (TEİAŞ Arkası Kabin)	3,5 (Yalıncağ Kırşal Hat sonu)
DM-13	18,8 / 1,4	32,2 (TM Girişi)	21,8 (Evren Dede Direk)	1 (DM'ye Bağlı Kabinler)
%80 ve Üzeri Yüklenen Hatlar		Polis Okulu Çimenli Mermerci Yanı Arası (2362 mt.)		

Dağıtım merkezlerinde meydana gelen güç artışları yanı sıra hat yüklenmelerinde de önemli değişimlerin meydana geldiği söylenebilir. Dağıtım merkezi çıkış fiderleri üzerinde meydana gelen azami hat yüklenmelerinin ortalaması 2025 yılında %33,25 olarak öngörülmüş iken 2030 yılında ortalamanın %48,9'a yükseleceği öngörülmüştür. Dağıtım merkezine bağlı kabin çıkışlarında gözlemlenen azami hat yüklenmeleri oranının da 2025 yılında %25,58, 2030 yılında %41,65 olarak gerçekleşeceği öngörülmektedir. Akyazı TM'ye oldukça yakın olan DM-7 haricinde tüm dağıtım merkezlerinde asgari %1 gerilim

düşümü görülürken Yalınca Mahallesi bölgesinde %3,5'lara varan gerilim düşümlerinin meydana gelmesi muhtemeldir. Trabzon TM'de bulunan A transformatörü yanı sıra DM-9'da bulunan 31,5/10 kV transformatörde de %100'ün üzerinde yüklenme potansiyeli bulunmaktadır.

Yalınca Mahallesinin kısa ve orta vadede taşıdığı nüfus artışı potansiyeli modellemeye dahil edildiğinde Trabzon TM üzerinden enerji arzının sağlanabileceği tek enerji hattının risk unsuru oluşturabilecek seviyelerde yüklenmemelerle karşılaştığı görülmektedir.

2.6. 2030-2040 Arası Yıllar İçin Dağıtım Sisteminin Modellenmesi

Net sıfır emisyon hedefleri doğrultusunda ülkelerin EA dönüşümünde önemli dönüm noktaları bulunmaktadır. Çalışmada ifade edildiği gibi Türkiye'nin 2030'lu yılların ortalarında İYMA satışlarını sonlandıracağını ifade etmesi, EA park sayısını doğrudan etkileyecektir. 2030 yılı analizlerinde dağıtım sistemi için önemli değişimler meydana gelmiş iken, devam eden yıllarda sistemi zorlayıcı daha büyük gelişimler kaçınılmazdır.

MW güç aktarım seviyelerine yaklaşacak şarj üniteleri, şehirlerde artacak olan EA park sayıları ve EA'dan bağımsız talep artışındaki gelişimler dağıtım şebekesinin önündeki en büyük tehditlerdir.

2030 sonrası il talebinin planlanmasında 2022-2030 yılları arasındaki ilişki üzerinden planlama yapılmıştır. TEİAŞ tarafından 2022 yılı sonrası meydana gelen yıllık puant güç artışlarının ortalaması 3,125 olarak bulunmuştur. 2030 yılı sonrası her yıl için bu aritmetik ortalama doğrultusunda güç artışı yapıldığında baz yıla (2022) göre 2040 yılı için EA'dan bağımsız dağıtım sistemindeki talep artış miktarı olarak elde edilen %74 oranı her bir dağıtım merkezi için aynı oranda uygulanmıştır.

2030 yılı sonrası EA ülke ve dünya gelişimleri için otoritelerin hedef ve politikalarında öngörülerin net olmaması sebebiyle farklı bir yol izlenmiştir. 2030 sonrası EA sayısının belirlenmesinde park sayısı üzerinden değil yıllık satış sayısı üzerinden belirlemeler yapılmıştır. Tablo 1.2.' de gösterilen 2025 ve 2030 satış sayıları üzerinden Türkiye'ye ilişkin satış sayısı gelişimi eksponansiyel bir denklem üzerinden ifade edilmiştir.

$$N_{EAn} = N_{EAi} \cdot e^{x(n-i)} \quad (6)$$

Yukarıda ifade edilen denklem ile “n” yıl ile “i” yıl arasında meydana gelen EA satış sayısı sayısının değişiminin öngörülmesi hedeflenmektedir. Türkiye’de $N_{EA2030} = 420000$, $N_{EA2025} = 120000$ ve $(n - i) = 5$ olduğundan $x = 0,2506$ olarak bulunur. 2030 sonrası her yıl satış rakamı bu denklem üzerinden bulunabilir. Ancak, unutulmamalıdır ki Türkiye’nin yıllık azami bir satış kapasitesi bulunmaktadır. 2004 yılından itibaren trafiğe kaydı yapılan otomobil, minibüs ve kamyonet sayısına bakıldığında yıllık artış ortalamasının yaklaşık olarak %4,04 olduğu TÜİK verilerinden öğrenilmektedir[39]. Bu durumda yıllık EA satışının kümülatif artış oranıyla elde edilecek yıllık kayıt sayısının üzerinde gerçekleşmeyeceği öngörülebilir. Öngörü olarak birçok verinin denklemlerde yerini bulması sayısal çıktının doğruluğunu azaltmaktadır. Ancak, bu yaklaşım sayesinde 2030-2040 tarihleri arasında güç artışı ve EA sayısı olarak 2040 yılına sayısal olarak yaklaşılabilmesi mümkündür. Yıllık kayıt sayısı limitinin aşılması koşulu ile 2030-2040 yılları arasında meydana gelebilecek EA satış sayıları Tablo 2.9.’da gösterilmiştir.

Tablo 2.7. Türkiye’de 2030-2040 yılları arasında meydana gelebilecek EA satış sayıları

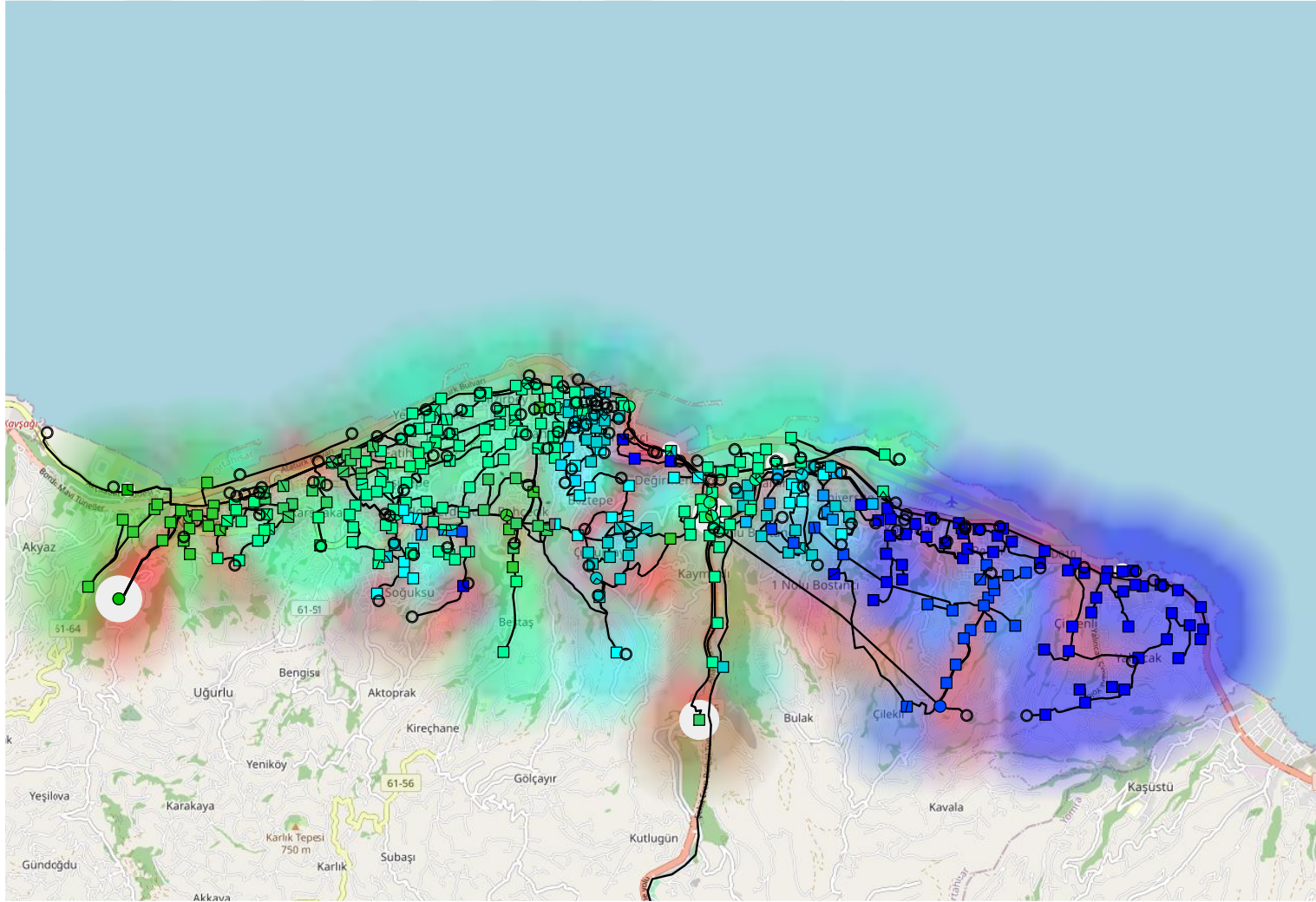
2031	539614	2036	1436293*
2032	693297	2037	1494319*
2033	890747	2038	1554689*
2034	1144428	2039	1617499*
2035	1380520*	2040	1682846*
TOPLAM		12434252	
* olarak işaretlenmiş yıllar limit kayıt sayısına ulaşıldığını ifade etmektedir.			

Her ne kadar Türkiye’ye ait nüfus verileri öngörülebilsen de Trabzon iline ait 2040 nüfus verilerine TÜİK üzerinde ulaşılamamıştır. Uzun vadeli olarak tahmini bir veri

belirlemek yerine 1 nolu denklemden bulunmuş olan 2030 yılına ait $A_{2030} = 83,593$ değeri kullanılabilir. Trabzon ilinin her yıl araç sahiplik oranının nüfusa göre arttığı düşünüldüğünde bu veri kullanıldığında Türkiye EA gelişimine göre asgari EA park sayısı belirlenmiş olur. Buna göre 1 nolu denklem üzerinden Trabzon iline ait $A_{ş2040} = 145272$ olarak bulunur.

Dağıtım sisteminde EA'dan bağımsız oluşan talepler, dağıtım merkezlerine eşit oranda dağıtılmıştır. Bu oran önceki projeksiyon yıl hedeflerinde kullanılan kaynak üzerinden gerçekleştirilmiştir. Kaynak içerisinde 2025 ve 2030 yılları için öngörü bulunsun da 2040 yılı için bulunmamaktadır. Bu durumda sunulmuş veriler içerisinde yıllık güç artışı ortalama %3,125 olarak belirlenerek kümülatif olarak hesaplandığında baz yıla göre güç artışı %74 olarak tespit edilmiştir.

2030 yılı için belirlenmiş olan şarj lokasyonlarının sayısı artırılmamıştır. Bu yapıya bağlı kalınarak 2040 yılı için şu şekilde değerlendirilmiştir. 2030 yılına kadar kurulumu gerçekleşen şarj ünitelerine ek olarak şarj üniteleri tüm lokasyonlara eşit şekilde dağıtılmıştır. Kamuya açık şarj ünitelerinin %70'i ülke hedef ve politikalarına uygun olarak 22 kW AA şarj üniteleri ile %30'u yüksek DA şarj üniteleri olacak şekilde belirlenmiştir. Tüm DA soketler her şarj ünitesi başına 2 soket olarak planlanmıştır. 2030 sonrası hızlı şarj ünitelerinin, %75'i 350 kW, %25'i 900 kW olarak tercih edilmiştir. 2030 sonrası hızlı şarj üniteleri yerleşimi şekli ile, şehirlerde kullanıcı davranışlarının 2030'lu yıllar için öngörülememesi sebebiyle oluşabilecek asgari talebi dağıtım şebekesinde analiz edebilmek amaçlanmaktadır. 2040 Projeksiyon yıl için ön görülen EA sayısı ve EA sayısına bağlı olarak şarj soket sayısı 145272 EA üzerinden dahil edilmiştir. Güç akışının gerçekleştirildiği Digsilent Power Factory program özelliklerinden olan "HeatMap" üzerinden sistemin genel görünümü Şekil 2.20.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.20. 2040 projeksiyon yıl dağıtım sistemi genel görünümü

Şekil 2.20.'de gösterildiği üzere 2030-2040 yılları içerisinde birçok bölgede gerilim düşümleri ve kapasitesinin üzerinde hat yüklenmeleri ile karşılaşılmasının muhtemel olduğu anlaşılmaktadır. Sistemin, işletim becerisini tamamen kaybettiği rahatlıkla söylenebilir.

2030 yılına göre dağıtım sisteminin hat yoğunlukları ve gerilim düşümlerinde ciddi oranlarda artış gösterdiği görülmektedir. Bu modelleme ışığında trafo merkezlerinde meydana gelen değişim Tablo 2.8.'de gösterilmiştir.

Tablo 2.8. 2040 projeksiyon yıl TM'lerde gözlemlenen azami değerler

TM	Güç Akışı MW/MVAr	% TM içi Her Bir Transformatör Azami Hat Yüklenmesi		% Gerilim Düşüm ü	% Transformatör Yüklenmeleri		%80 ve Üzeri Yüklenen Toplam Transformatör Sayısı*
Trabzon TM	693,8 / 79,4	225,8 (A)	258,1 (B)	3 (A)	511 (A)	204 (B)	71
Akyazı TM	307,4 / 23,5	113,3	-	0,3	154,8	-	11
*	Trabzon TM Trafo A(%511), Trabzon TM Trafo B(%204), Akyazı TM (%154), DM-9 10 kV I (%340), DM-9 10 kV II(%269), DM-6 10 kV (%242), DM-1 10 kV I (%343), DM-1 10 kV II (%159), DM-5 10 kV (%133), DM-8 10 kV (%82). %80 limitini aşan 31,5/0,4 kV ve 10/0,4 kV transformatör bilgileri Ek'te rapor olarak sunulmuştur.						

Trafo merkezlerinde genel durum incelendiğinde hat yoğunluklarının Trabzon TM'de %200'ün üzerine çıkabildiği, Akyazı TM ise %100'ün üzerine çıktığı görülmektedir. Ayrıca, dağıtım merkezlerinde bulunan 31,5/10 kV transformatörlerin tamamında sınır değerler ile karşılaşmaktadır. Trafo merkezleri çıkış fiderlerinden sadece DM-5'e hizmet veren fider çalışma sınırları içerisinde kalmıştır. Akyazı TM'de çalışma sınırlarının bir miktar üzerinde yoğunluk gözlemlenmektedir. Trabzon TM de çalışma sınırlarının oldukça üzerinde sorunlar ile karşı karşıyadır. Bu durum Trabzon TM'nin Akyazı TM'ye göre oldukça fazla dağıtım merkezine hizmet sunması ile ilişkilendirilebilir. Şehir merkezi, alışveriş merkezleri ve de önemli yaşam merkezlerine hizmet sunması sebebiyle Trabzon TM'nin EA gelişiminden oldukça fazla etkilenmiş olması durumu söz konusudur. Dağıtım merkezlerinde güç akışı, hat yüklenmeleri ve gerilim düşümleri yönünden meydana gelen değişimler Tablo 2.11.'te gösterilmiştir.

Tablo 2.9. 2040 projeksiyon yıl DM ve bağlı kabinlerinde gözlemlenen azami değerler

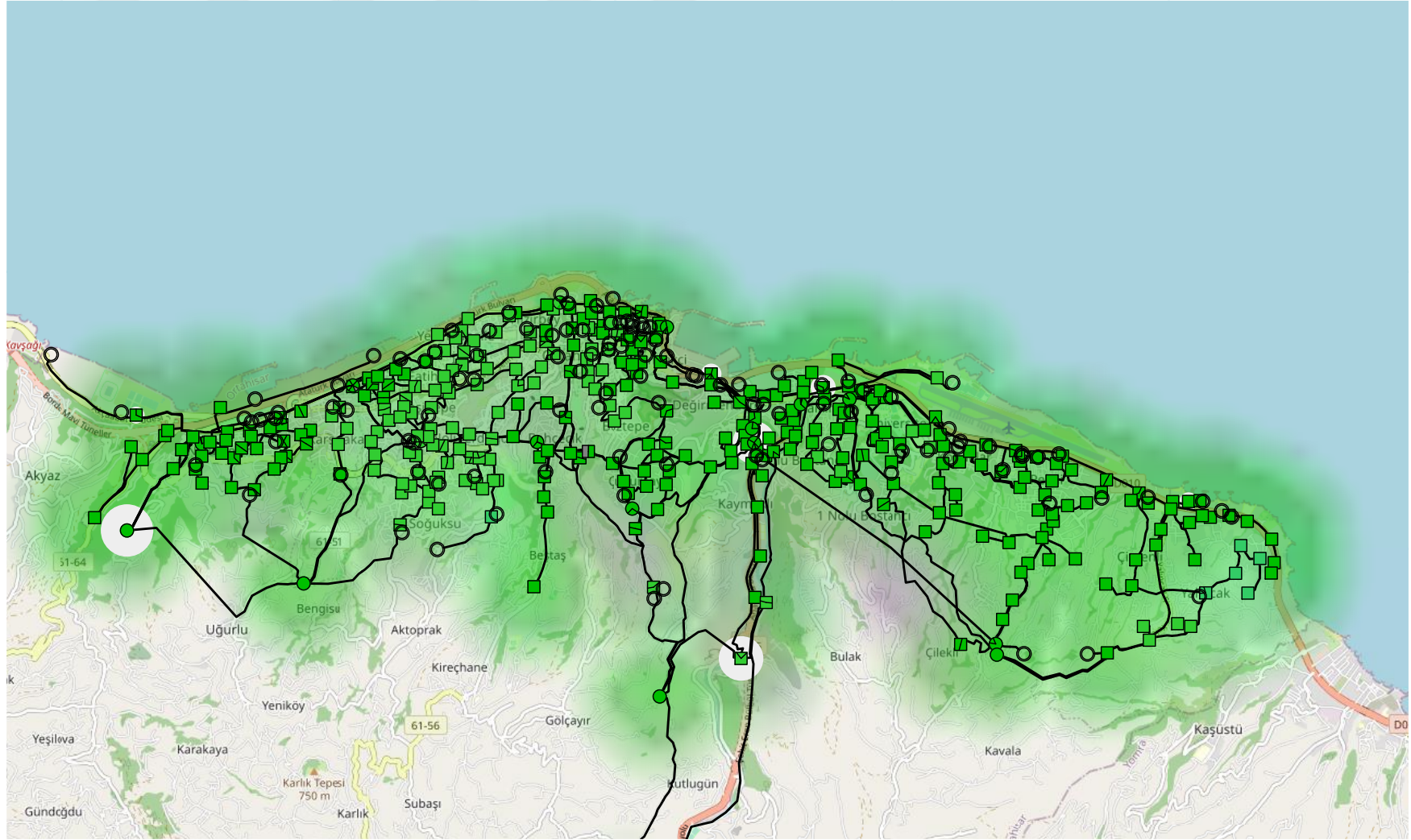
DM	Güç Akışı MW/MVAr	% DM içi Hat Yüklenmesi	% DM Bağlı Kabinlerde Hat Yüklenmesi	% Gerilim Düşümü
DM-1	149,2 / 15,9	372,6 (Hayali Garajı Kabin Çıkışı)	440 (Esentepe Sağlık Ocağı)	20 (DM'ye Bağlı 10 kV Kabinler)
DM-2	197,6 / 11,2	228,1 (Bayraktarlar İM Çıkışı)	194,0 (Boyner Kabin)	4,5 (DM'ye Bağlı Kabinler)
DM-3	96,7 / 5,0	169,8 (DM2 Girişi)	79,3 (Varlıbaş Yanı Kabin)	3,5 (DM'ye Bağlı Kabinler)
DM-4	182,5 / 11,8	329,5 (DM7 Girişi)	162,8 (Gül Sitesi Kabin)	4 (DM'ye Bağlı Kabinler)
DM-5	17,4 / 1,1	106,3 (Toki Okul Çıkışı)	87,6 (Mezarlık Yanı)	3 (DM'ye Bağlı 10 kV Kabinler)
DM-6	116,3 / 6,5	206,7 (Şehir 6 Girişi)	237,4 (Hanem Sitesi)	15 (DM'ye Bağlı 10 kV Kabinler)
DM-7	258,8 / 18,2	329,5 (DM4 Çıkışı)	212,6 (Çevre Şehircilik İl. Md.)	4,5 (DM'ye Bağlı Kabinler)
DM-8	72,7 / 3,9	128,2 (TM Girişi)	127,5 (Fatih Sanayi Kabin)	6 (DM'ye Bağlı Kabinler)
DM-9	54,5 / 6,5	225,8 (TM Girişi)	190,9 (KTU Kız Yurdu Kab.)	11 (DM'ye Bağlı 10 kV Kabinler)
DM-10	153,8 / 9,5	209,4 (TM Girişi)	382,1 (TEİAŞ Arkası Kabin)	18 (Yalıncağ Kırşal Hat sonu)
DM-13	93,4 / 2,6	165,5 (TM Girişi)	158,6 (Telepark Sitesi Kabin)	5,5 (DM'ye Bağlı Kabinler)
%80 ve Üzeri Yüklenen Hatlar		Trabzon TM DM1 Fideri (~250 mt.) Trabzon TM Hekimoğlu Fideri (~3150 mt.) Trabzon TM DM2 Fideri (~2300 mt.) Trabzon TM DM8 Fideri (~1150 mt.) Trabzon TM DM9 Fideri (~1900 mt.) Trabzon TM DM13 Fideri (~2650 mt.) Trabzon TM 2*477 (~4300 mt.) Akyazı TM DM7 Fiderleri (~1850 mt.) DM1-DM2 (~2200 mt.) DM2-DM3 (~1850 mt.) DM4-DM6 (~1500 mt.) DM7-DM4 (~2350 mt.) %80 limitini aşan 31,5/0,4 kV ve 10/0,4 kV transformatörler arası hatların bilgileri Ek'te rapor olarak sunulmuştur. Yukarıda ifade edilmiş fiderler haricindeki diğer aşırı yüklenen hatların yaklaşık uzunlukları 38500 mt.'dir.		

Dağıtım merkezlerinde artık meydana gelen yoğun güç artışları yanı sıra hat yüklenmelerinde %400'ü aşan hat yüklenmeleri de görülmektedir. Dağıtım merkezlerinin tamamında gerilim düşümü gözlenirken asgari gerilim düşümü %3'dür. Dağıtım merkezlerinde 10 kV bölgelerden dolayı %20 oranında gerilim düşümleri ile karşılaşılmaktadır. Dağıtım sisteminin hiçbir bölgesinin mevcut yapıda işletebilmesi mümkün görünmemektedir.

2.7. 2030-2040 Arası Yıllarda Dağıtım Sistemi Gereksinimlerinin Belirlenmesi

Şekil 2.20.'de gösterilen "HeatMap" incelendiğinde Akyazı TM ve Trabzon TM'ye bağlı bütün bölgelerde yoğun güç akışından kaynaklı gerilim düşümleri göze çarpmaktadır. Kırmızı olarak görünen yüksek hat yoğunlukları da benzer sebepten kaynaklanmaktadır. Gerilim düşümü olan bölgenin daha dengeli bir şekilde Trabzon TM ve Akyazı TM arasında enerjilendirilmesi için Trabzon TM'nin gelişim gösteren doğu kısımdan ayrıştırılması gerekmektedir. Şekilde de görüldüğü üzere en sağ kısımda yer alan Yalınca Mahallesi artacak nüfus potansiyeli sebebi ile Trabzon TM'ye yük oluşturmakta ayrıca hat yüklenmelerine bağlı yüksek gerilim düşümlerine sebebiyet vermektedir.

Dağıtım sistemi, mevcutta iki trafo merkezi ile faaliyet göstermektedir. 2040 yılı projeksiyonunda gelişim gösteren doğu bölgesinde de bir trafo merkezi kurgulanmıştır. Kurgulamada "Yalınca TM" olarak isimlendirilen trafo merkezi DM-10 dağıtım merkezi yakınında 154 kV iletim hattı üzerine yerleştirilmiştir. Yalınca TM kurulan altyapı ile DM-10 ve DM-9 ile doğrudan irtibatlandırılmıştır. Ayrıca tek hat üzerinden beslenebilen Yalınca Mahallesi'nin kuzey ve güney bölgelerinden ayrı ayrı enerjilendirilerek bölgenin güvenilirliğinin artırılması ve gerilim düşümüne çözüm sağlanması amaçlanmıştır. Ayrıca, Akyazı TM ve Trabzon TM'nin güney kısımlarında kalan bölgelerde özel şarj ünitelerinden ve EA'dan bağımsız meydana gelen güç artışlarından kaynaklanan hat yüklenmelerinin önüne geçmek amacıyla Bengisu Mahallesi ve Gölçayır Mahallesi'nde yeni dağıtım merkezleri konumlandırılmıştır. Yeni konumlandırılmış dağıtım merkezleri sonrasında yüklenme devam eden bölgesel iletkenler güçlendirilerek dağıtım sistemi son haline getirilmiştir. Kurgulanmış yeni yapıya göre dağıtım sisteminin genel görünümü Şekil 2.21.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.21. 2040 projeksiyon yıl için kurgulanan dağıtım sistemi genel görünümü

“HeatMap” üzerinden incelendiğinde kurgulanmış yeni yapının Şekil 2.20.’de görülen gerilim düşümlerini ve hat yoğunluklarını minimize ettiği görülmektedir. Sistem üzerinde hat yoğunluğu bulunan fiderler artık manevralar ile düzeltilebilecek seviyelere indirgenmiştir. Yüksek gerilim düşümü gözlemlenen bölgelerde gerilim düşümü oranları makul seviyelere indirilmiştir. Sistemin kurgulanmış haline getirilmesi için yapılan çalışmalar;

- 1- Akyazı TM ve Trabzon TM’nin 154/31,5 transformatörlerinin trafo merkezi başına 600 MVA güce yükseltilmesi, Trabzon TM üzerinde DM-2 çıkışının B Transformatörü, DM-5 çıkışının A transformatörü barasına konumlandırılması,
- 2- Dağıtım sisteminin doğusunda 400 MVA güçte yeni bir trafo merkezi konumlandırılması (Yalıncağ TM),
- 3- Yalıncağ TM üzerinden 4 adet çıkış ile DM-9, DM-10, Esentepe, Adli Tıp Yanı Kabinin enerjilendirilmesi,
- 4- Tüm 10 kV dağıtım sisteminin 31,5 kV’a dönüştürülmesi,
- 5- Uğurlu Bengisu bölgesine Akyazı TM üzerinden enerjilenen bir dağıtım merkezi konumlandırılması (Uğurlu Bengisu DM) ve DM-6’ ya bu dağıtım merkezi üzerinden çıkış verilmesi,
- 6- Beşirli ve Erdoğan Mahallelerinin günümüzde kırsal bölgelerinde kalan özel şarj istasyonlarına enerji sağlayacak hatların Uğurlu Bengisu DM üzerinden enerjilendirilmesi,
- 7- Karşıyaka Mahallesinin, Kanuni Bulvarına kadar çekilecek yeni hat ile Uğurlu Bengisu DM üzerinden enerjilendirilmesi,
- 8- Gölçayır bölgesine Trabzon TM üzerinden enerjilenen bir dağıtım merkezi konumlandırılması (Gölçayır DM) ve Hekimoğlu Fabrika Kabin bu dağıtım merkezi üzerinden çıkış verilmesi,
- 9- Çukurçayır Mahallesinin günümüzde kırsal bölgelerinde kalan özel şarj istasyonlarının, Gölçayır bölgesinde bulunan şarj istasyonunun doğrudan, mevcutta DM-8 üzerinden beslenen Değirmendere boyunca faaliyet gösteren sanayi tesislerinin Hekimoğlu Fabrika Kabin üzerinden Gölçayır DM marifeti ile enerjilendirilmesi,
- 10- Trabzon TM üzerinden DM-2 baralarına Sefer Özgür Caddesi üzerinden 2 ayrı hat çekilmesi,

- 11- Çömlekçi Mahallesi'ne enerji arzı sağlayan Sefer Özgür Caddesi üzerindeki fiderin DM-2'den itibaren güçlendirilmesi ve tüm hattın yeraltına alınması,
- 12- DM-2 DM-3 arası hattın güçlendirilmesi,
- 13- DM-2 üzerinden İnci Garajına, Fatih Parkına, Razi Aksu İş Hanına ve Gazipaşa Üstgeçit üzerinden İskenderpaşa Katlı Otoparka giden hatların güçlendirilmesi,
- 14- DM-3 üzerinden Belediye Park Yeri, Moloz Katlı Otoparka giden hatların güçlendirilmesi,
- 15- DM-3 üzerinden beslenen Ertosun Caddesinin ayrılarak DM-6'ya bağlanması şeklinde manevra yapılması,
- 16- Yeni Mahalle Sahil bölgesin DM-4'den alınarak DM-3'e aktarılması şeklinde manevra yapılması,
- 17- DM-4 üzerinden Ayasofya Bina Altı Kabin'e giden hattın güçlendirilmesi,
- 18- Beşirli mahallesinde bulunan kuzey kısımdaki akaryakıt ve şarj istasyonları için DM-7 üzerinden yeni bir çıkışın sağlanması,
- 19- DM-9 üzerinden Forum AVM'ye giden hattın güçlendirilmesi,
- 20- DM 10 üzerinden Kök Kabin'e, Polis Okuluna Giden hatların güçlendirilmesi,
- 21- DM-10 bölgesinde Polis Okulu Kabin ile Ayfer Karakullukçu Direk arasında kalan hattın, Teiaş Arkası Kabin ile MTA Yanı Kabin arasındaki hattın güçlendirilmesi,
- 22- DM-13 üzerinden Evren Dede Direk Transformatör bölgesine yeni hat çekilmesi, şeklinde özetlenebilir.

Kurgulanmış bu modelleme ışığında trafo merkezlerinde meydana gelen değişim Tablo 2.10.'da gösterilmiştir.

Tablo 2.10. 2040 projeksiyon yıl kurgulanan yeni yapıya göre TM'lerde gözlemlenen azami değerler

TM	Güç Akışı MW/MVAr	% TM içi Her Bir Transformatör Azami Hat Yüklenmesi		% Gerilim Düşümü	% Transformatör Yüklenmeleri	
Trabzon TM	437,3 / 22,7	69,3 (A)	74,4 (B)	0,3 (A)	68,3 (A)	77,9 (B)
Akyazı TM	303,6 / 12,4	63,4	-	0	50,7	-
Yalıncak TM	236,1 / 7,6	71,6	-	0	59,1	-

Trafo merkezlerinde genel durum incelendiğinde hat yoğunlukları azami %74,4 olurken 154/31,5 kV transformatör yüklenmelerinin %80'in altında olduğu görülmektedir. Yalnızca TM'nin tesis edilmesi halinde puant zamanda yapılabilecek bir manevra ile trafo merkezlerinde bulunan bir 154/31,5 kV transformatörün devre dışı kalması durumunda dahi sistemin devamlılığını sağlayabileceği anlaşılmaktadır.

Dağıtım merkezlerinden güç akışı, hat yüklenmeleri ve gerilim düşümleri yönünden meydana gelen değişimler ise Tablo 2.11.'de gösterilmiştir.

Tablo 2.11. 2040 projeksiyon yıl kurgulanan yeni yapıya göre DM ve bağlı kabinlerinde gözlemlenen azami değerler

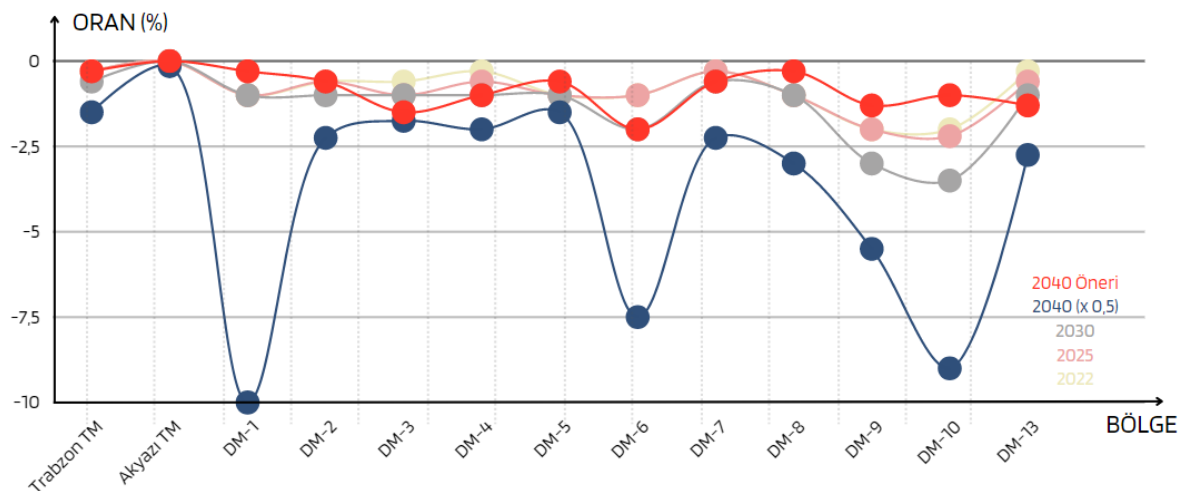
DM	Güç Akışı MW/MVAr	% DM içi Hat Yüklenmesi	% DM Bağlı Kabinlerde Hat Yüklenmesi	% Gerilim Düşümü
DM-1	37,4 / 0,4	63,6 (TM Girişi)	62,1 (Arıza Yanı Kabin)	0,3 (DM'ye Bağlı Kabinler)
DM-2	195,1 / 8,5	74,4 (TM Bara 2 Girişi)	49,1 (Boyner Kabin)	0,6 (DM'ye Bağlı Kabinler)
DM-3	94,9 / 3,8	54,3 (DM2 Girişi)	74,3 (Faroş Kayalık Kabin)	1,5 (DM'ye Bağlı Kabinler)
DM-4	42,0 / 2,3	74,0 (DM7 Girişi)	54,0 (Ayasofya Bina Altı Kabin)	1 (DM'ye Bağlı Kabinler)
DM-5	17,4 / 0,3	44,5 (TM Girişi)	27,3 (Mezarlık Yanı)	0,6 (DM'ye Bağlı Kabinler)
DM-6	86,0 / 3,8	58,6 (Uğurlu DM Girişi)	64,8 (Hanem Sitesi)	2 (DM'ye Bağlı Kabinler)
DM-7	89,6 / 3,1	74,0 (DM4 Çıkışı)	62,5 (Güvelioğlu Cadde Kabin)	0,6 (DM'ye Bağlı Kabinler)
DM-8	26,1 / 0,9	44,5 (TM Girişi)	36,1 (Fatih Sanayi Kabin)	0,3 (DM ve Bağlı Kabinleri)
DM-9	85,3 / 3,9	74,3 (KTU Konferans Kabin Çıkışı)	54,3 (KTU Kız Yurdu Kab.)	1,3 (DM'ye Bağlı Kabinler)
DM-10	106,2 / 1,6	71,6 (TM Girişi)	70,7 (TEİAŞ Arkası Kabin)	1 (DM'ye Bağlı Kabinler)
DM-13	40,5 / 2,2	69,3 (TM Girişi)	41,5 (Telepark Sitesi Kabin)	1,3 (DM'ye Bağlı Kabinler)

Tablo 2.11.'in devamı

Uğurlu DM	163,8 / 3,0	63,4 (TM Girişi)	57,6 (Karşıyaka Sitesi2 Kabin)	1,3 (DM'ye Bağlı Kabinler)
Gölçayır DM	94,1 / 6,6	67,0 (TM Girişi)	32,9 (Hekimoğlu Fabrika Kabin)	2 (DM'ye Bağlı Kabinler)
%80 ve Üzeri Yüklenen Hatlar	-			

Dağıtım Sisteminde meydana gelen değişimler incelendiğinde gerilim düşümleri ve hat yüklenmelerinde gözlemlenen değerlerin kabul gören seviyelerde olduğunun söylenmesi mümkündür. Azami %2 seviyelerine gerilediği gözlemlenen gerilim düşümlerinde 31,5/10 kV dönüşümünün iptal edilerek tüm yapının 31,5 kV seviyesinde hizmet sunmasının etkisi oldukça yüksektir. Hat yüklenmelerinde ise puant zamanda gözlemlenen azami değer ise %74,4'dür. Sistem işletmecisi tarafından dağıtım merkezlerinde bulunan bağlı kabinlerde yapılabilecek manevralar ile hat yüklenmesi kontrol altında tutulabilir. Sistem güvenilirliği açısından önemli dağıtım merkezlerine bağlı kabinlerde manevra kabiliyetini artıracak kesicilerin konumlandırılması önemlidir. Yapılan bu çalışmada azami yüklenme ve n-1 donanım kullanımı hedeflendiğinden sistemin en zorlayıcı koşulları dikkate alınmıştır.

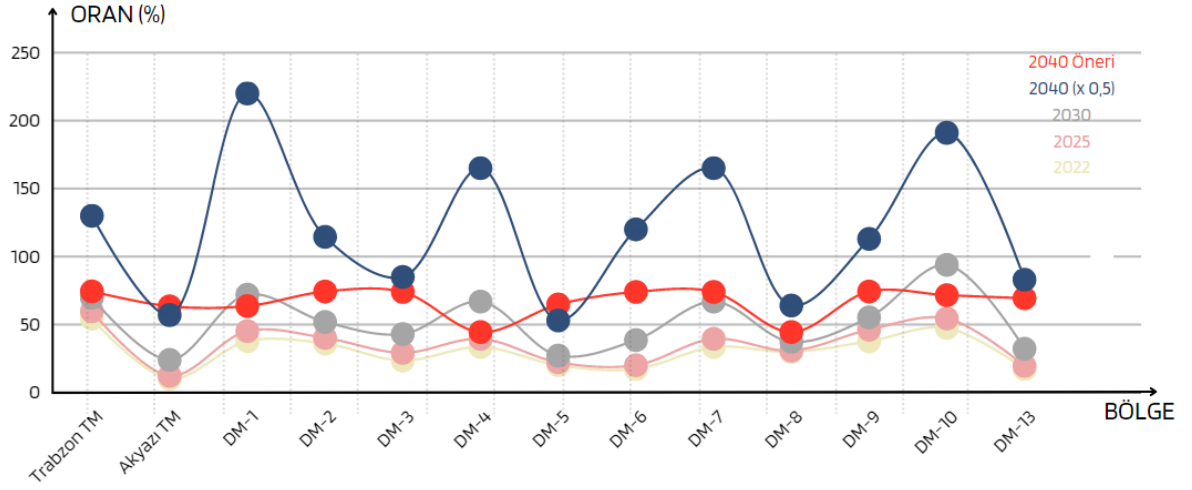
Baz yıldan itibaren modellenen bütün yıllara göre değişim oranları üzerinden gerilim profilleri Şekil 2.22.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.22. Modellemelere göre değişim oranları üzerinden gerilim profilleri (%)

Gerilim profilleri yönünden modellenen tüm yapılar incelendiğinde 2040 yılı için kurgulanmış son modellemenin, 2040 yılına göre daha iyi sonuçlar verdiği, 2022, 2025 ve 2030 yılları performansına yaklaştığı ve bazı dağıtım merkezlerinde daha iyi performans gösterdiği görülmektedir. Grafiğin daha iyi okunabilmesi amacıyla 2040 yılı değişim değerleri 0,5 katsayı ile çarpılarak işlenmiştir.

Baz yıldan itibaren modellenen bütün yıllara göre hat yüklenmesi değişimi Şekil 2.23.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.23. Modellemelere göre hat yüklenmesi oranları (%)

Azami hat yüklenmesi yönünden modellenen tüm yapılar incelendiğinde 2040 yılı için kurgulanmış son modellemenin, 2040 yılına göre daha iyi sonuçlar verdiği, 2022, 2025 ve 2030 yılları performansına yaklaştığı ve bazı dağıtım merkezlerinde daha iyi performans gösterdiği görülmektedir. Grafiğin daha iyi okunabilmesi amacıyla 2040 yılı hat yüklenmesi değerleri 0,5 katsayısı ile çarpılarak işlenmiştir. Yıllara göre güç akış miktarı arttığı için hat yoğunluklarının artması beklenen bir durumdur. Sistem işletmecisi tarafından elde edilecek deneyimler sonrasında dağıtım merkezlerinde yapılabilecek manevralar ile hat yüklenmesinin kontrol altında tutulması için, kurgulanmış modelin uygun bir yapıya sahip olduğu anlaşılmıştır.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

EA park sayısındaki gelişmeler dağıtım sistemleri üzerindeki baskıyı doğrudan etkilemektedir. Bu çalışmada, EA gelişimine bağlı elektrik talep artışının önceden öngörülebilmesi ve dağıtım sistemi üzerinde meydana gelebilecek problemlerin tespit edilebilmesi amacıyla dağıtım sistemi modellenmesi oluşturulmaya çalışılmıştır. Çalışmalarda temel alınan “baz yıl”, ve analiz yapılmak istenen “projeksiyon yıllar” için oluşturulan modeller Digsilent Power Factory ortamında gerçekleştirilmiştir.

Öncelikli olarak baz yıla ait veriler ve her bir transformatöre ait puant zaman güç akış bilgileri modellenmiştir. Baz yıl olarak belirlenmiş 2022 yılının puant zamanı 23.08.2022 tarihine aittir. Dağıtım sistemi güç akışında gerilim düşümü, hat yüklenmeleri en önemli çıktılardır. Baz yıl ve projeksiyon yıllar için modelleme sonunda güç akış miktarları, gerilim düşümleri ve hat yüklenmeleri incelenmiştir.

Matematiksel ifadeler ile öngörölmüş EA sayısı üzerinden 2025 projeksiyon yılı modellendiğinde dağıtım sisteminin çalışmasını olumsuz etkileyecek herhangi bir durumla karşılaşılmamıştır. İki dağıtım merkezi dışında tüm dağıtım merkezlerinde gerilim düşümü %1 veya %1’in altındadır. Tüm dağıtım sisteminde gözlemlenen azami hat yüklenmesi ise %59,8’dir.

2030 yılı için benzer çalışmalar yapıldığında ise dağıtım sistemi 154/31,5 kV transformatörlerinin yetersiz kaldığı, dağıtım sisteminin manevra kabiliyetini yitirmeye başladığı, dağıtım merkezlerinde %3,5 gibi gerilim düşümü değerleriyle karşılaşıldığı ve %93,9 oranlarında hat yüklenmelerinin meydana geldiği görülmektedir.

2040 yılı dağıtım sisteminde EA kaynaklı ve EA’dan bağımsız güç artışlarının belirlenmesinde baz yıl ile 2030 yılları arasındaki değişimlerden yararlanılarak matematiksel ifadeler geliştirilmiştir. Bu doğrultuda EA sayısından bağımsız güç artışları tüm yüklere eşit oranda dağıtılmıştır. Belirlenen EA sayısı üzerinden 2030 yılında bulunan mevcut şarj lokasyonlarında eşit oranda dağıtım yapılarak sistemin performansı ölçülmüştür. Şarj lokasyonlarında güç talebinin 5 MW değerlerinin üzerine çıktığı görülmüştür. %400’ü aşan

hat yüklenmelerinin görüldüğü projeksiyon yılda, dağıtım sistemi tüm yeterliliğini kaybetmiştir.

Son olarak 2040 yılı için kurgulanmış modelleme ile yeni bir trafo merkezi, mevcut trafo merkezlerinde yeni transformatörler, iki adet yeni dağıtım merkezi ve hat güçlendirmeleri tesis edilerek dağıtım sisteminin 2020'li yıllarda göstermiş olduğu performansa yaklaşım hedeflenmiştir. Kurgulanmış modelleme sonucunda gerek gerilim düşümü, gerek ise hat yüklenmeleri yönünden sistem arzu edilen parametrelere yaklaştırılmıştır. Görece arzu edilenden daha yüksek değer gösteren noktalar incelenmiş, dağıtım sisteminin yeniden kazandığı manevra kabiliyeti ile bu durumların üstesinden gelebileceğine kanaat getirilmiştir.

Sistemde 2030 yılına kadar mevcutta bulunan trafo merkezlerindeki transformatörlerin ihtiyacı karşılayacak seviyelere çıkarılması ve şehrin gelişim göstereceği bölgelerdeki hat çeşitliliğinin artırılması önemli noktalardır.

EA sayısının yüksek ivmeyle artması sebebiyle 2040 yılı projeksiyonunda tespit edilen sorunların çözümüne mümkün olduğu kadar erken başlanmalıdır. Bu kapsamda 10 kV hatların 31,5 kV seviyesine döndürülmesi, yeni trafo merkezi ve dağıtım merkezi seçeneklerinin geliştirilmesi/tesis edilmesi, şehrin yoğun ve orta bölgelerinde kalan dağıtım merkezleri fiderlerinin güçlendirilmesi 2040 projeksiyon yılına ilişkin sonucu doğrudan etkileyecek kilometre taşlarıdır.

4. ÖNERİLER

Mevcutta bulunan Akyazı TM ve Trabzon TM ilçe dağıtım merkezleri de dahil olmak üzere çok geniş alana enerji sağlamaktadır. İki trafo merkezinin arasında kalan bölge yüksek talep gerçekleştirmesi dağıtım sistemini zorlamaktadır. Trabzon TM'nin doğusunda bulunan dağıtım merkezlerini sürekli enerjilendirme zorunluluğunun bulunması ve Akyazı TM'nin doğusunda kalan bölgelerde enerji arzını DM-7 üzerinden gerçekleştirmesi puant zamanlarda sistem için tehlike oluşturmaktadır. Özellikle 2030 ve sonrası yıllarda sistemin manevra kabiliyetini kaybetmemesi oldukça önemlidir. Tüm ilçelerde EA gelişimi meydana geleceğinden Akyazı TM ve Trabzon TM üzerinden diğer bölgelere sağlanan güç akışının zorunlu haller dışında sonlandırılması ve benzer analizlerin diğer bölgelerde de yapılması gereklidir.

Trabzon TM ve Akyazı TM arasında gerek bakım onarım süreçlerinde gerek ise puant talep kaynaklı manevralar için mezkûr trafo merkezlerinde 154/31,5 kV transformatör güç artışlarının gerçekleştirilmesi ve Trabzon TM'nin doğu kısmında kalan ve her geçen gün enerji talebinin artacağı bölge için çeşitliliğin artırılması önemlidir. Ayrıca, yakın zamanda komşu ilçe konumunda bulunan Yomra ile birleşik nizamda yapılaşma artacağı için gerek bölgenin gerek ise Yomra ilçesinin enerji arzını sağlayabilecek bir trafo merkezi dağıtım sistemini oldukça rahatlatacaktır.

Dağıtım sisteminin manevra kabiliyetini koruyabilmesi için şarj lokasyonları kaynaklı güçlerin dağıtım merkezlerine oldukça dengeli dağıtılabilmesi, sistem güvenliği için önemli bir noktadır. Şarj lokasyonlarının şarj işletmeciliğine benzer şekilde lisanslandırılması sayesinde EPDK vb. kuruluşlarca denetlenmesi, şarj lokasyonları kaynaklı altyapı gelişim sürecinde bölge dağıtım şirketlerine kurallar getirilmesi dağıtım sistemi güvenilirliği artıracaktır.

Gerilim düşümlerinden kaçınmak ve hat yüklenmelerini azaltılması için dağıtım sisteminin tamamı 31,5 kV'a yükseltilmelidir. Özel şarj üniteleri sebebiyle oluşabilecek talep artışlarının orta ve uzun vadede karşılanabilmesi için dağıtım sisteminin güney kısımlarında yeni dağıtım merkezlerinin tesis edilmesi dağıtım şirketince değerlendirilmelidir. Ayrıca elektrik piyasası üzerinden özel şarj ünitelerinin puant zaman

etkisini azaltabilmesi için gece kullanımı teşvikleri değerlendirilmelidir. Çok zamanlı tarife dışında özel şarj ünitelerinin kullanımı olan bölgelerde lisanssız elektrik üretimi ihtimaline karşılık aylık mahsuplaşma sisteminin bulunması gece şarj tercihinin önemini kaybetmesine sebebiyet verebilir. Bu durumun önüne geçilmesi amacıyla yeni teşvik ve mevzuat değişimleri değerlendirilmelidir. . Sanayi gelişimi olduğu bölgeler şarj ünitesi noktasında da önemli merkezlerdir. Sanayi gelişim bölgesinde güçlü altyapıya sahip dağıtım merkezi, sistem güvenliği için olmazsa olmazlardandır.

Şarj lokasyonları için verilecek bağlantı görüşlerinde şarj lokasyonlarının yıllara bağlı güç artışı taleplerinin oluşacağı öngörüsü ile bağlantı hatlarında iletken kesit seçimi gelecek projeksiyonlara uygun olarak belirlenmelidir.

Her bir dağıtım sistemi için işletmeciler, ülkelerin EA hedef ve politikalarına uygun olarak yapısını benzer şekilde analiz etmeli ve gereksinimlerini belirlemedir. Ülkelerin hedef ve politikalarında meydana gelebilecek değişimlerde ve/veya örneğin 5 yıl gibi aralıklarda bu analizler güncellenmelidir.

Dağıtım sisteminde tespit edilen yüksek güç artışları doğrultusunda iletim seviyesinde de ilgili kuruluşlarca analiz yapılması önerilir.

İl EA gelişimi ve şarj konumlarının belirlenmesine ilişkin Karadeniz Teknik Üniversitesi ve Trabzon Büyükşehir Belediyesi arasında yapılan iş birliği protokolünün tüm illerde yerel paydaşlar arasında gerçekleştirilmesi önerilir.

Yüksek güç artışları sebebiyle dağıtım sistemi üzerinde oluşan baskıyı azaltmak adına şarj lokasyonlarının belirlenecek bölgelerde merkezi transformatörlerle tek bir bağlantı noktasından yönetilmesi, enerji depolama ve araçtan şebekeye (Vehicle to Grid, V2G) altyapısına sahip şarj lokasyonlarının hızlı tesis edilmesine imkan tanıyabilir. Özellikle ulaşımında pay sahibi olan yerel yönetimlerin toplu taşıma araçları için tesis edeceği şarj lokasyonlarından enerji depolama, yenilenebilir enerji ve V2G argümanlarını değerlendirmesi önerilir.

5. KAYNAKLAR

1. IEA, The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions, May 2021.
2. Durmuş, F. S. ve Kaymaz, H., Elektrikli Araç Şarj Yöntemleri, Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulama Dergisi, 3,2, (2020) 123-139.
3. IEA, Global EV Outlook 2021, April 2021.
4. IEA, Net Zero by 2050 A Roadmap for The Global Energy Sector, May 2021.
5. Larminie, J. ve Lowry, J., Electric Vehicle Technology Explained, Second Edition, 2-4, John Wiley & Sons, UK, 2012.
6. Morimoto, M., Which is The First Electric Vehicle?, Electrical Engineering in Japan, 192,2 (2015) 31-37.
7. Kul, B., Geçmişten Günümüze Piller, Takvim-i Vekayi, 8,1 (2020) 104-115.
8. VDA, The Economic Situation of the Automotive Industry in 2020, Berlin, April 2021.
9. ACEA, Electric Vehicles: Tax Benefits & Purchase Incentives in The European Union, July 2020.
10. Kohn, E., Huang, C., Kong, N. ve Hardman, S., Electric Vehicle Incentives in 15 Leading Electric Vehicle Markets, UC Davis: Plug-in Hybrid & Electric Vehicle Research Center, January 2022.
11. IEA, Global EV Outlook 2022, May 2022.
12. Güray, B., Ş. ve Meydan, E., Türkiye Elektrikli Araçlar Görünümü 2021, Fabrika Basım ve Tic. Ltd. Şti., İstanbul, 2021.
13. Powell, S., Cezar, G. V. ve Rajagopal, R., Scalable Probabilistic Estimates of Electric Vehicle Charging Given Observed Driver Behavior, Applied Energy, 309 (2022).
14. Liu, Q., Fang, H., Wang, J. ve Yan, S., The Impact of Electric Vehicle Charging Station on the Grid, International Conference on Applied Science and Engineering Innovation, 2015, 1459-1462.
15. Schey, S., Scofield, D. ve Smart, J., A First Look at The Impact of Electric Vehicle Charging on the Electric Grid in The EV Project, World Electric Vehicle Journal, 5 (2012) 667-678.

16. Hu, L., Dong, J. ve Lin, Z., Modeling charging behavior of battery electric vehicle drivers: A cumulative prospect theory based approach, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 102, (2019) 474-489.
17. Lin, H., Bian, C., Wang, Y., Li, H., Sun, Q. ve Wallin, F., Optimal Planning of intra-city Public Charging Stations, Energy, 238 (2022) 1-13.
18. Alquthami, T., Alsubaie, A., Alkhraijah, M., Alqahtani, K., Alshahrani, S. Ve Anwar, M., Investigating the Impact of Electric Vehicles Demand on the Distribution Network, Energies, 15 (2022) 1-18.
19. Jenn, A. ve Highleyman, J., Distribution Grid Impacts of Electric Vehicles: A California Casestudy, iScience, 25 (2022) 1-16.
20. Nacmanson, W. J., Zhu, J. ve Ochoa, L., EV Integration Project – Milestone 6: Network Modelling and EV Impact Assessmen, <https://www.energynetworks.com.au/miscellaneous/milestone-6-ev-integration-final/> , 29 Temmuz 2022.
21. Saygın, D., Tör, O., B., Teimourzadeh, S., Koç, M., Hildermeier, J. ve Kolokathis, C., Türkiye Ulaştırma Sektörünün Dönüşümü: Elektrikli Araçların Türkiye Dağıtım Şebekelerine Etkileri, <https://shura.org.tr/wp-content/uploads/2019/12/SHURA-2019-12-Turkiye-Ulastirma-Sektorunun-Donusumu-Elektrikli-Araclarin-Turkiye-Dagitim-Sebekesine-Etkileri.pdf>, 30 Temmuz 2022.
22. TS 13909, Elektrikli Araçlar ve Elektrikli Şarj Sistemleri - Temel Terimler ve Tanımlar, T.S.E., Ankara, Mayıs 2021.
23. TS 13912, "Elektrikli Araç Şarj Üniteleri ve İstasyonları - Kurulum ve Güvenlik Gereklere, T.S.E., Ankara, Eylül 2021.
24. T.C. Resmi Gazete, Otopark yönetmeliği. (30340), 22.10.2018, 5-9.
25. T.C. Resmi Gazete, Şarj hizmeti yönetmeliği. (31797), 21.04.2022, 1-13.
26. T.C. Resmi Gazete, İşyeri açma ve çalışma ruhsatlarına ilişkin yönetmelik. (25902), 10.05.2005, 59.
27. Falvo, M., C., Sbordon, D., Bayram, S., I. Ve Devetsikiotis, M., EV Charging Stations and Modes: International Standards, International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation an Motion, 2014, IEEE, 1134-1139.
28. Nivedita, N., Madhu, G., M. ve Vyjayanthi, C., Research on Electric Vehicle Charging System: Key Technologies, Communication Techniques, Control Strategies and Standards, 2021 IEEE 2nd International Conference on Electrical Power and Energy Systems (ICEPES), 2021, IEEE, 1-6.

29. Habib, S., Khan, M., M., Abbas, F., Sang, L., Shahid, M. U. ve Tang, H., A Comprehensive Study of Implemented International Standards, Technical Challenges, Impacts and Prospects for Electric Vehicles, IEEE Access, 6 (2018) 13866-13890.
30. Yong, J., Y., Ramachandaramurthy, V., K., Tan, M., K. ve Mithulananthan, N., A Review on The State-of-The-Art Technologies of Electric Vehicle, Its Impacts And Prospects, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 49 (2015) 365-385.
31. <http://www.mpoweruk.com/chargers.htm>, Electropaedia, Battery Chargers and Charging Methods, 21 Haziran 2022.
32. https://www.charin.global/media/pages/technology/knowledge-base/c6574dae0e-1639130326/charin_dc_ccs_power_classes.pdf, Position Paper of Charging Interface Initiative EV DC CCS Power Classes V7.2, 14 Ağustos 2022.
33. Bopp, K., Bennett, J. ve Lee, N., Electric Vehicle Supply Equipment: An Overview of Technical Standards to Support Lao PDR Electric Vehicle Market Development, <https://www.nrel.gov/docs/fy21osti/78085.pdf>, 18 Ağustos 2022.
34. Dong, L., Y. ve Yoshida, M., D., CHA de MO, ChaoJi Standard, https://www.chademo.com/wp2016/wp-content/uploads/ChaoJi202006/ChaoJi_Presenataion_EN.pdf, 26 Ağustos 2022.
35. <https://www.cec.org.cn/upload/1/editor/1594869131179.pdf>, White Paper of ChaoJi EV Charging Technology (Technical Part), 26 Ağustos 2022.
36. <https://www.milliyet.com.tr/dunya/dunya-nufusu-2022-dunyada-kac-insan-var-ulkelere-gore-dunya-nufus-siralamasi-6694352>, Milliyet Gazetesi, Dünya Nüfusu 2022: Dünyada Kaç İnsan Var? Ülkelere Göre Dünya Nüfus Sıralaması, 28 Ağustos 2022.
37. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>, The World Bank, Databank - World Development Indicators 2021, 29 Ağustos 2022.
38. <https://sarjdestek.sanayi.gov.tr/turkiye-icin-elektrikli-arac-sarj-altyapisi>, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, EA için Hızlı Şarj İstasyonları Hibe Programı, 29 Ağustos 2022.
39. <https://data.tuik.gov.tr/>, Türkiye İstatistik Kurumu, 1 Eylül 2022.
40. Vural, A., M. ve Tümay, M., Gelişmiş Güç Akış Denetleyicileri İle Donatılmış Güç Sistemlerinin Newton-Raphson Metodu İle Analizi, Elektrik -Elektronik - Bilgisayar Mühendisliği 10. Ulusal Kongresi, Eylül 2003, İstanbul, 63-66.
41. TEİAŞ, 10 Yıllık Talep Tahminleri Raporu (2022-2031), Aralık 2021.

6. EKLER

EK-1

2040 Yılı EA ve Güç Artışı Analizi



İŞ BİRLİĞİ PROTOKOLÜ
2040 GÜÇ ve EA ARTIŞ ANALİZLERİ

TEİAŞ YILLIK GÜÇ ARTIŞ ÖNGÖRÜLERİ (%)			2022-2040 GÜÇ	TÜİK KAYIT YAPILAN ARAÇ ARTIŞLARI				2030-2040 ARTIŞ ÖNGÖRÜSÜ (2030 x YIL)		
Yıl	Güç Artış Öngörüsü	Ortalama	2040/2022 Arası Artış	Yıl	Kayıt Yapılan Binek ve Hafif Ticari Sayısı	Yıllık Değişim Oranı	Ortalama	Yıl	Ülke Azami Araç Satışı	Ülke EA Satışı
2023	3,3	3,125	1,7399	2005	686231	0,2124223	0,0403992	2030	1132507	
2024	3,2			2006	675975	-0,0149454		2031	1178260	539614
2025	3,2			2007	607917	-0,1006812		2032	1225862	693297
2026	3,1			2008	598198	-0,0159874		2033	1275387	890747
2027	3,1			2009	600569	0,0039636		2034	1326912	1144428
2028	3,1			2010	799614	0,3314274		2035	1380520	1380520
2029	3			2011	981569	0,2275535		2036	1436293	1436293
2030	3			2012	851357	-0,132657		2037	1494319	1494319
2023	3,3			2013	1024577	0,2034634		2038	1554689	1554689
2024	3,2			2014	861891	-0,1587836		2039	1617499	1617499
2025	3,2			2015	1053029	0,2217659		2040	1682846	1682846
2026	3,1			2016	1049223	-0,0036143				
				2017	1051735	0,0023942				
				2018	740374	-0,2960451				
				2019	532121	-0,2812808				
				2020	788850	0,4824636				
				2021	823811	0,0443189				
				2022	824970	0,0014069				

EK-2

Yıllara Göre Güç Artışı İcmal Cetveli Örnek Görünümü



İŞ BİRLİĞİ PROTOKOLÜ
EA SAYISINDAN BAĞIMSIZ PUANT GÜÇ BİLGİLERİ

BAZ YIL	2022
BAZ TARİH	23.08.2022
BAZ PUANT SAAT	13:00

BAZ YIL PUANT GÜÇ (MW - MVAR-cosQ)	158	7,79	0,98
ORTALAMA TRAFİ DOLULUK ORANI (GERÇEK - YAKLAŞIK)	26,4	30	
PUANT AKTİF GÜÇ PROJEKSİYONU (2025-2030-2040) (%)	10	27,9	73,99

NO	TRANSFORMATÖR ADI	KURULU GÜCÜ (kVA)	2022		2025		2030		2040		AÇIKLAMA
			kW	cosQ	kW	cosQ	kW	cosQ	kW	cosQ	
1	SERHAN TONYALI	400	121,05	0,98	133,17	0,98	154,83	0,98	210,63	0,98	
2	SERANDER İNŞ	400	184,48	0,98	202,95	0,98	235,97	0,98	321,00	0,98	
3	İLLER BANKASI	630	105,70	0,98	116,28	0,98	135,20	0,98	183,92	0,98	
4	ATA PETROL ÜRÜNLERİ	400	43,55	0,98	47,91	0,98	55,71	0,98	75,78	0,98	
5	AYYILDIZLAR İNŞ	400	111,31	0,98	122,45	0,98	142,38	0,98	193,68	0,98	
6	ATA İNŞAAT	1000	232,75	0,98	256,05	0,98	297,72	0,98	404,99	0,98	
7	YALINCAK MİMOZA VİLLALARI	250	184,66	0,98	203,14	0,98	236,19	0,98	321,30	0,98	
8	YALINCAK PREMIUM PARK	250	50,83	0,98	55,91	0,98	65,01	0,98	88,44	0,98	
9	YALINCAK TWIN PARK	250	75,00	0,98	82,50	0,98	95,93	0,98	130,50	0,98	%30 YÜKLENME COSQ 0,98
10	YALINCAK MERKEZ	250	83,85	0,98	92,24	0,98	107,25	0,98	145,90	0,98	
11	YALINCAK CAMİİ YANI	125	55,41	0,98	60,96	0,98	70,88	0,98	96,42	0,98	
12	YALINCAK SU DEPOSU	100	144,39	0,98	158,84	0,98	184,69	0,98	251,24	0,98	
13	YALINCAK KOLEJ YANI	100	65,38	0,98	71,93	0,98	83,63	0,98	113,76	0,98	
14	SOSYAL BİLİMLER LİSESİ	250	4,11	0,99	4,52	0,99	5,26	0,99	7,15	0,99	
15	YALINCAK ESENTEPE	250	46,10	0,98	50,72	0,98	58,97	0,98	80,21	0,98	
16	DSİ BÖLGE	1000	304,17	0,98	330,00	0,98	389,07	0,98	529,26	0,98	0,3
17	YALINCAK ÖMER YILDIZ YEERLEŞKESİ	400	172,37	0,98	189,62	0,98	220,47	0,98	299,92	0,98	
18	YALINCAK AVRASYA ÜNİ	630	81,40	0,97	89,55	0,97	104,12	0,97	141,64	0,97	
19	DHM LOJMAN	100	5,00	0,98	5,50	0,98	6,39	0,98	8,69	0,98	
20	ÖZEL YALIN TARIM ÜRÜNLERİ	400	51,35	0,99	56,49	0,99	65,68	0,99	89,34	0,99	

EK-3

Yıllara Göre Şarj Lokasyon ve Güç Bilgileri



İŞ BİRLİĞİ PROTOKOLÜ
KAMUYA AÇIK / ÖZEL ŞARJ İSTASYONLARI ADET ve ŞARJ GÜÇLERİ

NO		İSTASYON ADI	2025										2030										2040									
			İLÇE EA SAYISI					1216					İLÇE EA SAYISI					7716					İLÇE EA SAYISI					58568				
			HEDEF	TOPLAM							TOPLAM	HEDEF	TOPLAM					TOPLAM	HEDEF	TOPLAM					TOPLAM	HEDEF	TOPLAM					TOPLAM
			122	124	82	19	2	0	4784	GÜÇ (kW)	772	772	502	107	21	7	97534	GÜÇ (kW)	5857	5830	4104	115	648	216	525288	GÜÇ (kW)						
			SOKET ADETI		AC	DC	350	800			SOKET ADETI		AC	DC	350	800			SOKET ADETI		AC	DC	350	800			SOKET ADETI		AC	DC	350	800
1		PETROLOFİS1	3.00	1	1	0	0	142	18.00	4	4	2	1	2168	62.00	38	4	6	2	5216			62.00	38	4	6	2	5216				
2		PETROLOFİS2	3.00	1	1	0	0	142	18.00	4	4	2	1	2168	62.00	38	4	6	2	5216			62.00	38	4	6	2	5216				
3		PETROLOFİS3	3.00	1	1	0	0	142	14.00	4	4	1	0	918	62.00	38	4	6	2	5216			62.00	38	4	6	2	5216				
4		PETROLOFİS4	1.00	1	0	0	0	22	8.00	4	2	0	0	328	58.00	38	2	6	2	4976			58.00	38	2	6	2	4976				
5		PETROLOFİS5	0.00	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0	54.00	38	0	6	2	4736			54.00	38	0	6	2	4736				
6		PETROLOFİS5 6	1.00	1	0	0	0	22	16.00	8	4	0	0	656	62.00	38	4	6	2	5216			62.00	38	4	6	2	5216				
7		PETROLOFİS7	1.00	1	0	0	0	22	8.00	4	2	0	0	328	58.00	38	2	6	2	4976			58.00	38	2	6	2	4976				
8		PETROLOFİS8	1.00	1	0	0	0	22	8.00	4	2	0	0	328	58.00	38	2	6	2	4976			58.00	38	2	6	2	4976				
9		PETROLOFİS9	1.00	1	0	0	0	22	8.00	4	2	0	0	328	58.00	38	2	6	2	4976			58.00	38	2	6	2	4976				
10		PETROLOFİS10	3.00	1	1	0	0	142	14.00	4	4	1	0	918	62.00	38	4	6	2	5216			62.00	38	4	6	2	5216				
11		PETROLOFİS11	3.00	1	1	0	0	142	14.00	4	4	1	0	918	62.00	38	4	6	2	5216			62.00	38	4	6	2	5216				
12		PETROLOFİS12	3.00	1	1	0	0	142	14.00	4	4	1	0	918	62.00	38	4	6	2	5216			62.00	38	4	6	2	5216				
13		PETROLOFİS13	3.00	1	1	0	0	142	18.00	4	4	2	1	2168	62.00	38	4	6	2	5216			62.00	38	4	6	2	5216				
14		PETROLOFİS14	3.00	1	1	0	0	142	18.00	4	4	2	1	2168	62.00	38	4	6	2	5216			62.00	38	4	6	2	5216				
15		PETROLOFİS15	1.00	1	0	0	0	22	8.00	4	2	0	0	328	58.00	38	2	6	2	4976			58.00	38	2	6	2	4976				
16		PETROLOFİS16	1.00	1	0	0	0	22	8.00	4	2	0	0	328	58.00	38	2	6	2	4976			58.00	38	2	6	2	4976				
17		PETROLOFİS17	3.00	1	1	0	0	142	14.00	4	4	1	0	918	62.00	38	4	6	2	5216			62.00	38	4	6	2	5216				
18		PETROLOFİS18	3.00	1	1	0	0	142	18.00	4	4	2	1	2168	62.00	38	4	6	2	5216			62.00	38	4	6	2	5216				
19		YALINCAK1	1.00	1	0	0	0	22	8.00	4	2	0	0	328	58.00	38	2	6	2	4976			58.00	38	2	6	2	4976				
20		YALINCAK2	0.00	0	0	0	0	0	4.00	4	0	0	0	88	54.00	38	0	6	2	4736			54.00	38	0	6	2	4736				
21		YALINCAK3	0.00	0	0	0	0	0	10.00	6	2	0	0	372	58.00	38	2	6	2	4976			58.00	38	2	6	2	4976				
22		PELİTLİ1	0.00	0	0	0	0	0	4.00	4	0	0	0	88	54.00	38	0	6	2	4736			54.00	38	0	6	2	4736				
23		PELİTLİ2	0.00	0	0	0	0	0	4.00	4	0	0	0	88	54.00	38	0	6	2	4736			54.00	38	0	6	2	4736				
24		PELİTLİ3	0.00	0	0	0	0	0	4.00	4	0	0	0	88	54.00	38	0	6	2	4736			54.00	38	0	6	2	4736				
25		PELİTLİ4	1.00	1	0	0	0	22	10.00	6	2	0	0	372	58.00	38	2	6	2	4976			58.00	38	2	6	2	4976				
26		PELİTLİ5	0.00	0	0	0	0	0	4.00	4	0	0	0	88	54.00	38	0	6	2	4736			54.00	38	0	6	2	4736				
27		PELİTLİ6	0.00	0	0	0	0	0	4.00	4	0	0	0	88	54.00	38	0	6	2	4736			54.00	38	0	6	2	4736				
28		KONAKLAR1	1.00	1	0	0	0	22	4.00	4	0	0	0	88	54.00	38	0	6	2	4736			54.00	38	0	6	2	4736				
29		KONAKLAR2	0.00	0	0	0	0	0	4.00	4	0	0	0	88	54.00	38	0	6	2	4736			54.00	38	0	6	2	4736				
30		ÜNİVERSİTE1	2.00	2	0	0	0	44	4.00	4	0	0	0	88	54.00	38	0	6	2	4736			54.00	38	0	6	2	4736				
31		ÜNİVERSİTE2	2.00	2	0	0	0	44	4.00	4	0	0	0	88	54.00	38	0	6	2	4736			54.00	38	0	6	2	4736				
32		ÜNİVERSİTE3	6.00	4	1	0	0	208	14.00	10	2	0	0	460	58.00	38	2	6	2	4976			58.00	38	2	6	2	4976				
33		ÜNİVERSİTE4	6.00	4	1	0	0	208	14.00	10	2	0	0	460	58.00	38	2	6	2	4976			58.00	38	2	6	2	4976				
34		ÜNİVERSİTE5	2.00	2	0	0	0	44	10.00	6	2	0	0	372	58.00	38	2	6	2	4976			58.00	38	2	6	2	4976				
35		KALKINMA2	11.00	5	2	1	0	700	25.00	15	4	1	0	1160	62.00	38	4	6	2	5216			62.00	38	4	6	2	5216				
36		KALKINMA3	0.00	0	0	0	0	0	4.00	4	0	0	0	88	54.00	38	0	6	2	4736			54.00	38	0	6	2	4736				
37		KALKINMA4	2.00	2	0	0	0	44	4.00	4	0	0	0	88	54.00	38	0	6	2	4736			54.00	38	0	6	2	4736				
38		KALKINMA5	0.00	0	0	0	0	0	4.00	4	0	0	0	88	54.00	38	0	6	2	4736			54.00	38	0	6	2	4736				
39		KALKINMA6	0.00	0	0	0	0	0	4.00	4	0	0	0	88	54.00	38	0	6	2	4736			54.00	38	0	6	2	4736				
40		KALKINMA7	0.00	0	0	0	0	0	10.00	6	2	0	0	372	58.00	38	2	6	2	4976			58.00	38	2	6	2	4976				
41		HAYAAKAN1	1.00	1	0	0	0	22	4.00	4	0	0	0	88	54.00	38	0	6	2	4736			54.00	38	0	6	2	4736				
42		HAYAAKAN2	1.00	1	0	0	0	22	14.00	10	2	0	0	460	58.00	38	2	6	2	4976			58.00	38	2	6	2	4976				
43		DEĞİRMENDER1	4.00	2	1	0	0	164	12.00	6	2	1	0	722	58.00	38	2	6	2	4976			58.00	38	2	6	2	4976				
44		DEĞİRMENDER2	0.00	0	0	0	0	0	10.00	6	2	0	0	372	58.00	38	2	6	2	4976			58.00	38	2	6	2	4976				
45		SANAYİ1	0.00	0	0	0	0	0	8.00	6	1	0	0	252	58.00	38	1	6	2	4856			58.00	38	1	6	2	4856				
46		SANAYİ2	1.00	1	0	0	0	22	4.00	4	0	0	0	88	54.00	38	0	6	2	4736			54.00	38	0	6	2	4736				
47		SANAYİ3	0.00	0	0	0	0	0	4.00	4	0	0	0	88	54.00	38	0	6	2	4736			54.00	38	0	6	2	4736				
48		BOZTEPE1	0.00	0	0	0	0	0	4.00	4	0	0	0	88	54.00	38	0	6	2	4736			54.00	38	0	6	2	4736				
49		BOZTEPE2	1.00	1	0	0	0	22	8.00	4	0	0	0	88	54.00	38	0	6	2	4736			54.00	38	0	6	2	4736				
50		BOZTEPE3	1.00	1	0	0	0	22	8.00	6	1	0	0	252	58.00	38	1	6	2	4856			58.00	38	1	6	2	4856				
51		BOZTEPE4	0.00	0	0	0	0	0	4.00	4	0	0	0	88	54.00	38	0	6	2	4736			54.00	38	0	6	2	4736				
52		BOZTEPE5	0.00	0	0	0	0	0	4.00	4	0	0	0	88	54.00	38	0	6	2	4736			547									

EK-3'ün devamı

90	FATİH4	1.00	1	0	0	0	22	7.00	5	1	0	0	230	56.00	38	1	6	2	4856
91	FATİH5	1.00	1	0	0	0	22	7.00	5	1	0	0	230	56.00	38	1	6	2	4856
92	FATİH7	0.00	0	0	0	0	0	4.00	4	0	0	0	88	54.00	38	0	6	2	4736
93	AYASOFYA1	1.00	1	0	0	0	22	7.00	5	1	0	0	230	56.00	38	1	6	2	4856
94	AYASOFYA2	0.00	0	0	0	0	0	4.00	4	0	0	0	88	54.00	38	0	6	2	4736
95	AYASOFYA4	0.00	0	0	0	0	0	4.00	4	0	0	0	88	54.00	38	0	6	2	4736
96	KARŞIYAKA1	0.00	0	0	0	0	0	4.00	4	0	0	0	88	54.00	38	0	6	2	4736
97	KARŞIYAKA2	0.00	0	0	0	0	0	4.00	4	0	0	0	88	54.00	38	0	6	2	4736
98	TOKLU1	1.00	1	0	0	0	22	4.00	4	0	0	0	88	54.00	38	0	6	2	4736
99	GÜLCEMAL1	0.00	0	0	0	0	0	9.00	5	2	0	0	350	58.00	38	2	6	2	4976
100	GÜLCEMAL2	0.00	0	0	0	0	0	9.00	5	2	0	0	350	58.00	38	2	6	2	4976
101	BEŞİRLİ1	0.00	0	0	0	0	0	4.00	4	0	0	0	88	54.00	38	0	6	2	4736
102	BEŞİRLİ2	2.00	2	0	0	0	44	10.00	6	2	0	0	372	56.00	38	2	6	2	4976
103	ANYAZI STADYUM	1.00	1	0	0	0	22	8.00	8	0	0	0	176	54.00	38	0	6	2	4736
104	ŞEHİR HASTAHESİ	0.00	0	0	0	0	0	8.00	8	0	0	0	176	54.00	38	0	6	2	4736
105	KANUNİ BULVARİ1	0.00	0	0	0	0	0	13.00	5	2	1	1	1600	58.00	38	2	6	2	4976
106	KANUNİ BULVARİ2	0.00	0	0	0	0	0	13.00	5	2	1	1	1600	58.00	38	2	6	2	4976
107	KANUNİ BULVARİ3	0.00	0	0	0	0	0	13.00	5	2	1	1	1600	58.00	38	2	6	2	4976
108	KANUNİ BULVARİ4	0.00	0	0	0	0	0	13.00	5	2	1	1	1600	58.00	38	2	6	2	4976
109	ÖZEL BEŞİRLİ	68 ADET 7.4 kW (%14)							432 ADET 7.4 kW (%14)							3280 ADET 7.4 kW (%14)			
110	ÖZELERDOĞDU	177 ADET 7.4 kW (%36)							648 ADET 7.4 kW (%21)							4920 ADET 7.4 kW (%21)			
111	ÖZEL ÇUKURÇAYIR	133 ADET 7.4 kW (%28)							833 ADET 7.4 kW (%27)							6325 ADET 7.4 kW (%27)			
112	ÖZEL AKOLUK	18 ADET 7.4 Kw (%4)							123 ADET 7.4 kW (%4)							937 ADET 7.4 kW (%4)			
113	ÖZEL KALKINMA PELİTLİ YALINCAK	91 ADET 7.4 Kw kW (%19)							586 ADET 7.4 kW (%19)							4451 ADET 7.4 kW (%19)			
114	AYDINLIKLEVR FATİH SAHİL	0							463 ADET 7.4 kW (%15)							3514 ADET 7.4 kW (%15)			
115	BELEDİYE OTOBÜSLERİ DOLU SAHAŞI	3 ADET 600 kW							9 ADET 600 kW							30 ADET 600 kW			



EK-4

2040 Projeksiyon Yılı Analiz Raporu

Load Flow Calculation		
AC Load Flow, unbalanced, 3-phase (ABC)		
Automatic tap adjustment of transformers	No	
Consider reactive power limits	No	Max. Loading of Edge Element 80,00 %
Automatic Model Adaptation for Convergence	No	Lower Limit of Allowed Voltage 0,95 p.u.
	Upper Limit of Allowed Voltage	1,05 p.u.
Name	Loading Type	[%]
2x477	Lne	209.41
ADLİTİPYANİAXİSOTEL	Lne	98.14
ADLİTİPYANİAXİSOTEL_a	Lne	98.15
ADLİTİPYANIPTT	Lne	81.66
AKCİTYİBOZTEPEEVRENDEDE	Lne	106.
ALUMİNYUMDRSUDEPOLARI	Lne	143.
ARIZAYANİBAĞKURSANAYI	Lne	201.
AVRASYAUNİÇİMENLİMERMERÇİ	Lne	289.15
AXİSRAMADAOTEL	Lne	93.02
AYFERKARAKULLUKÇUŞİRKENT	Lne	109.38
BAHÇECİKTOKİOKULMEZARLIKİYANİ	Lne	87.6
BAYRAKTARİŞMERKEZİBOYNERKABİN	Lne	193.97
BELDE1-2	Lne	210.76
BELDE2-SOĞUKSUSİTESİ	Lne	208.72
BEŞİRLİMİMOZAEVLERİYEŞİLPAKSİTESİ-1.	Lne	137.9
BEŞİRLİOKULÜSTÜALİDAYI	Lne	265.75
BEŞİRLİSERÇESİTESİÇEVREŞEHİRCİLİK	Lne	213.82
BEŞİRLİMKBSERÇESİTESİ	Lne	126.85
BEŞİRLİİTFAİYEYANİİMKB	Lne	177.08
BOYNERFATİHPARKI	Lne	90.52
BOYNERKABİNCANBAKKAL	Lne	98.74
CANBAKKALİNCİGARAJI	Lne	88.34
DEMİRKİRLARKARAKOLARKASİe	Lne	86.66
DM-13/TELEPARKSİTESİ	Lne	165.63
DM-2/DM-3	Lne	169.75
DM-2/GAZİPAŞAÜSTGEÇİTALTI	Lne	95.80
DM-2/RAZİİAKSU	Lne	87.27
DM-3/BELEDİYEPAKYERİ	Lne	156.55
DM-3/MOLOZKATLIOTOPARK	Lne	82.97
DM-4/TOKLUPAKETPOSTANE	Lne	93.43
DM-5/TOKİOKUL	Lne	106.26
DM-6/BELDE1	Lne	106.80
DM-6/DM-4(ŞEHİR6)	Lne	204.08
DM-6/ÇAMLİKALTİSİTESİ	Lne	258.01
DM-7/GÜVELİOĞLUCADDE	Lne	83.41
DM-7/MİMOZAEVLERİ	Lne	170.92
DM-8/DEMİRKİRLAR	Lne	114.09
DM-8/FATİHSANAYİİ	Lne	127.69
DM-8/FORUM	Lne	111.27
DM-9/KTUISITMA	Lne	100.49
DM-9/KTUKIZYURDU	Lne	145.64
DM-9/ORMANTAMİRHAİNE	Lne	208.86
DM1/ARIZAYANI	Lne	204.47
DM1/HAYALİGARAJI	Lne	372.58
DM1/SÜLÜKLÜMEZARLIKİYAN	Lne	110.29
DM1DM2	Lne	186.62
DM2BAYRAKTARLARİŞMERKEZİe	Lne	228.05
DM4/GÜLSİTESİ	Lne	163.55
DM6BARABAĞLANTI	Lne	136.08
DM7-DM4 (ANA BESLEME)	Lne	115.61
DM7-DM4 (ŞEHİR6)	Lne	209.51
DM7/BEŞİRLİİTFAİYEALTI	Lne	126.11
DM7BARABAĞLANTI	Lne	98.11
ESENTEPESAĞLIKOKAĞIÇİMLEKÇİLİMONLUSOKAKO	Lne	440.2
ESENTEPESEFERÖZGÜRSAGLIKOKAĞI	Lne	406.53
F10 AKYAZİTM-DM7	Lne	113.29
F11 AKYAZİTM-DM7	Lne	113.29
F12 AKYAZİTM-DM7	Lne	113.29
F13 AKYAZİTM-DM7	Lne	113.23
F6/DM-13	Lne	165.52
F7 AKYAZİTM-DM7	Lne	113.35

EK-4'ün devamı

Name	Loading Type	[%]
F8 AKYAZITM-DM7	Lne	113.35
F9 AKYAZITM-DM7	Lne	113.35
F9TRABZONTMHEKİMOĞLU	Lne	96.23
FATİHAYASOFYAYANIAHMETCANIM	Lne	105.53
FATİHKABİNİDEĞİRMENDEREBÖYUNCA1 87.48	Lne	87.5
FATİHSANAYİKABİNİ-2	Lne	127.53
FATİHYENİKABİNCAMİALTI	Lne	80.07
GAZİPAŞAKÖPRÜALTİİSKENDERPAŞAOTOPARK	Lne	100.2
GÖĞÜSHASTANESİÇAĞDAŞSİTESİ	Lne	198.90
GÜLSİTESİKABİNFATİHCAMİALTI	Lne	160.39
GÜZELCENORASİTELERİ	Lne	228.51
HANEMGÜZELCESİTESİ10KV	Lne	233.51
HANEMSOĞUKSUSİTESİ	Lne	195.67
HAYALİGARAJİSEFERÖZGÜR	Lne	409.61
HUZURSİTESİÇAMLİKALTİSİTESİ	Lne	254.17
KTUKIZYURDUMAKİNA	Lne	190.95
KTUMAKİNAORMAN	Lne	175.79
MAVİŞEHİRSİTESİAKCİTY1	Lne	108.12
MTAPELİTLİTOKİ	Lne	89.86
MTAYANİAVRASYAUNİ	Lne	289.32
NOREVLERPOLİTAKAHVEYAN	Lne	219.11
ORMANTAMİRALUMİNİYUMDR	Lne	164.45
PELİTLİKÖKYANİDM10	Lne	108.88
POLİSOKULUDM10NODDLE	Lne	198.54
SOĞUKSUÇAMLİKHUZURSİTESİ	Lne	222.23
TELEPARKSİTESİULUSOYSİTESİ	Lne	158.58
TEİAŞARKASİDM10NODDLE	Lne	196.62
TEİAŞARKASİMTAYANI	Lne	382.05
TEİAŞARKASİPOLİSOKULU	Lne	171.49
TEİAŞARKASİPOLİSOKULUDM10	Lne	196.31
TM-DM8	Lne	128.17
TM-DM9	Lne	225.83
TM/DM-1	Lne	258.10
TMF7/DM2	Lne	160.27
ULUSOYSİTESİMAVİŞEHİRSİTESİ	Lne	112.98
YEŞİLPARKBEŞİRLİÖKULÜSTÜe	Lne	266.45
YEŞİLPARKSİTESİ1-2	Lne	147.24
ÇAMLİKİSİTESİGÖĞÜSHASTANESİ	Lne	221.29
ÇAĞDAŞSİTESİKÖŞKÇATAĞI	Lne	196.69
ÇEVREŞEHİRİCİLİKKİLER	Lne	212.43
ÇİMENLİAYMARDEPOMERKEZİ	Lne	143.42
ÇİMENLİMERKEZYALINCAKMERKEZ	Lne	141.44
ÇİMENLİMERMERCIADNANOTOARKASI	Lne	82.35
ÇİMENLİMERMERCIİLAHİYAT	Lne	202.88
İLAHİYATADLİTİPYANI	Lne	169.61
ŞİRİNKENTPOLİSOKULU	Lne	110.77

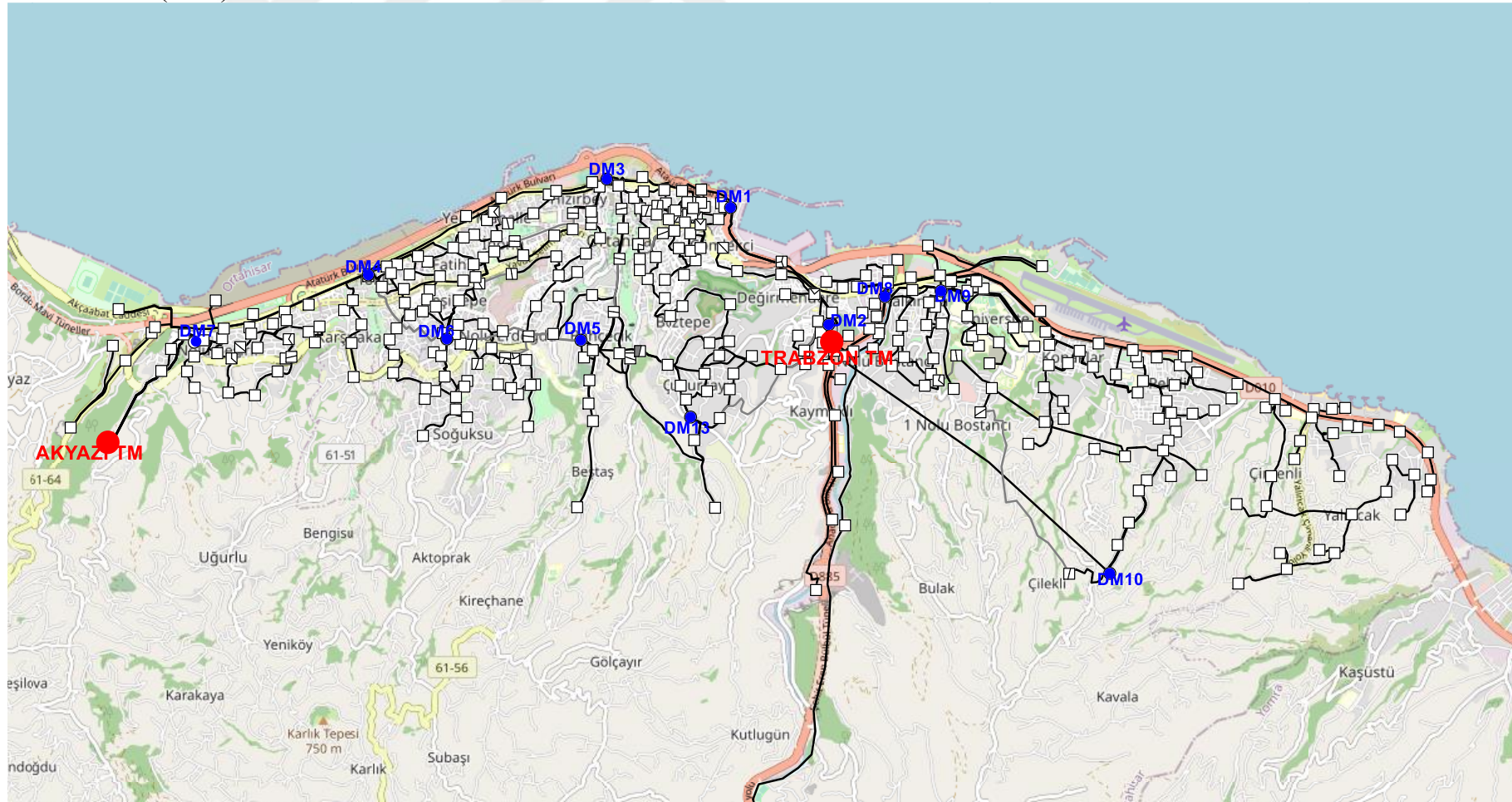
Name	Loading Type	[%]
1001EVLERTUNELÇIKIŞI	Tr2	150.65
AHİEVRENKALPDAMARHASTANESİ(1000+1600)	Tr2	120.9
AKYAZITM 154TrafoA 80/100	Tr2	154.84
ALUMİNİYUMDR	Tr2	95.14
ATİTEKNOLOJİ	Tr2	80.98
BAKIRCILAR	Tr2	118.01
BAYRAKTARLARİŞMERKEZİ(1)	Tr2	142.34
BEŞİRLİSERÇESİTESİ	Tr2	91.03
BOSTANCICAMİYANISUDEPOSU2	Tr2	91.95
BOYNER	Tr2	85.96
BULAKCAMİYANI	Tr2	103.71
DEMİTEVLERSİTESİ	Tr2	80.10
DEMİRGRANDOTELALTI	Tr2	123.02
DM-1 Trafo	Tr2	343.15
DM-5 Trafo(1)	Tr2	132.51
DM-6 10KVTrafo	Tr2	241.95
DM-8 Trafo	Tr2	81.67
DM-9 Trafo	Tr2	340.93
DM-9 Trafo(1)	Tr2	159.36
DM-9 Trafo(1)	Tr2	269.27
EVKUR	Tr2	122.35
FATİHDEVLETHASTANESİ	Tr2	91.83
FATİHPARKI	Tr2	90.28
FİRTİNASİTESİ	Tr2	101.83
GARANTİBANKASİYANI	Tr2	171.04
HAYALİGARAJI	Tr2	100.70

EK-4'ün devamı

Name	Loading Type	[%]
HEKİMOĞLU(2X5000+2X2500+4X1600+1250)	Tr2	157.9
KADINLARPAZARI	Tr2	122.82
KALEPARK	Tr2	81.48
KARINCAKUNDURA	Tr2	85.35
KARŞIYAKA24ŞUBATCAD	Tr2	82.79
KAVALACEMİLBİY	Tr2	92.00
KAVALAKAYALIK	Tr2	114.29
KOCTAS	Tr2	132.31
KONAKLARLALESİTESİ(1)	Tr2	97.85
KONAKLARÖĞRETMENEVİ(1)	Tr2	111.25
KREDİYURLARKURUMU1	Tr2	86.70
KÖSEOĞLUCADSUDEPOSU	Tr2	99.82
KÖSTERELİŞMERKEZİ	Tr2	90.70
KİLERMARKET	Tr2	105.85
MEHMETAKİFERSOYCAD	Tr2	81.58
MEYDANPARKI	Tr2	91.88
MIGROS	Tr2	183.95
MTAARKASITR(1)	Tr2	128.96
MUSTAFAALEMDAĞCAD	Tr2	94.56
NUMUNEHASTANESİ1	Tr2	154.78
OKSİJENKABİN	Tr2	103.28
PELİTLİSUDEPOSU	Tr2	144.41
PELİTLİSUDEPOSU2	Tr2	115.55
PELİTLİTEİAŞARKASI	Tr2	104.01
PELİTLİYEŞİLKÖYMEZARLIK	Tr2	163.28
PELİTLİŞANLİSİTESİKABİN	Tr2	82.10
RAMADAOTEL	Tr2	207.48
SANAYİDEMİRKİRLAR(1)	Tr2	124.74
SERANDERİNŞAAT	Tr2	98.19
SEZALUZAY	Tr2	96.71
SUDEPOSU2	Tr2	98.05
SUDEPOSU3	Tr2	111.22
TENİSKORTLARI	Tr2	102.03
TERMİNALARKASI	Tr2	82.26
TEİAŞ	Tr2	144.43
TM Trafo A	Tr2	511.45
TM Trafo B	Tr2	203.98
TOKLUİNDİRİCİARKASI	Tr2	133.60
TİCARETBORSASI	Tr2	82.56
ULUSOYTIR	Tr2	182.26
YALINCAKADLİTİPYANI	Tr2	92.87
YALINCAKCAMİLYANI	Tr2	98.71
YALINCAKGÜLYALI	Tr2	81.57
YALINCAKKOLEJİYANI	Tr2	147.08
YALINCAKMİMOZAVİLLALARI	Tr2	164.91
YALINCAKSUDEPOSU	Tr2	329.44
YALINCAKTRABZONBÜYÜKŞEHİRBİLD	Tr2	118.88
YALINCAKÖMERYILDIZKARŞISI	Tr2	91.67
YILDIZTAKSİ	Tr2	80.98
ÇULHASOKAK	Tr2	82.01
ÇİMENLİERDEMBEYÇEŞMEYANI	Tr2	86.24
ÇİMENLİMERMERÇİYANI	Tr2	174.29
İMPERİALHASTANESİ	Tr2	91.09
İNCİGARAJI	Tr2	87.91
İNÖNÜMAHYAVUZSULTANSELİMCAMİİALTI	Tr2	130.51

EK-4

Baz Yıl (2022) Genel Görünümü



ÖZGEÇMİŞ

Oğuzhan Tan, 2010 yılında Sürmene Hasan Sadri Yetmişbir Anadolu Lisesi'nden, 2016 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 2011 yılından itibaren Trabzon Büyükşehir Belediyesinde çalışmaktadır. 2017-2019 yılları arasında bakım onarım kısım sorumlusu olarak çalışma hayatına devam etmiştir. 2019 yılında Enerji İşleri Şube Müdür vekili olarak görevlendirilmiş olup, mevcut görevinin yanı sıra kurum enerji yöneticisi görevini de sürdürmektedir.

