



**T.C.**

**BATMAN ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**ENERJİ TEDARİK SÜREKLİLİĞİNİ  
SAĞLAMA YÖNTEMLERİ VE FAYDA  
MALİYET ANALİZİ**

**Rojin TEMİZ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**AĞUSTOS-2023  
BATMAN  
Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Rojin TEMİZ tarafından hazırlanan “Enerji Tedarik Sürekliliğini Sağlama Yöntemleri ve Fayda Maliyet Analizi” adlı tez çalışması 28/08/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Batman Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

#### Başkan

Prof. Dr. Ömer Faruk ERTUĞRUL

#### Danışman

Doç.Dr. Mehmet Rıda TÜR

#### Üye

Dr. Öğr. Üyesi Davut Özhan

### İmza

.....

.....

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Osman PAKMA  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## **DECLARATION PAGE**

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Rojin TEMİZ

Tarih:28.08.2023

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

## ENERJİ TEDARİK SÜREKLİLİĞİNİ SAĞLAMA YÖNTEMLERİ VE FAYDA MALİYET ANALİZİ

**Rojin TEMİZ**

**Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Doç. Dr. Mehmet Rıda TÜR**

**2023, 78 Sayfa**

**Jüri**

**Doç. Dr. Mehmet Rıda TÜR  
Prof. Dr. Ömer Faruk ERTUĞRUL  
Dr. Öğr. Üyesi Davut Özhan**

Bu tez çalışmasında, enerji tedarik sürekliliğinin kullanıcı ve elektrik dağıtım şirketleri açısından önemi vurgulanmıştır. Enerji tedarik sürekliliği kalite parametreleri incelenip, bu parametrelerin sağlanmadığı durumlar detaylandırılmıştır. Enerji tedariki sağlanmadığı durumlarda elektrik dağıtım şirketlerinin sorumlu olacağı tazminat ve diğer ödemeler ile ilgili formüllere yer verilmiştir. Elektrik dağıtım şebekelerinde enerji tedarik sürekliliğini etkileyen kesintilerin çeşitleri ve bu kesintilerin şebeke üzerindeki etkileri belirtilmiştir. Elektrik dağıtım şebekesinde oluşan kesintilerin, etkileme alanlarını azaltmak için alternatif enerji besleme kaynakları tesis edilmelidir. Alternatif enerji besleme kaynağı yatırımları ile şebeke iyileştirme hususlarına değinilmiştir. Yapılan yatırımların, enerji tedarik sürekliliği kalite parametreleri sağlanmadığı durumlarda oluşan tazminat bedelleri hesaplanıp karşılaştırılması gerekmektedir. Yöntem olarak belirlenen Dicle Elektrik Dağıtım AŞ. (DEDAŞ) sorumluluk bünyesinde bulunan Şırnak İli Cizre ilçesi dağıtım şebekesi ele alınmıştır. Cizre ilçesinde bulunan F13 Kuştepe ile F14 Cizre-1 Ring Şebekesinin enerji tedarikini nasıl sağladığı analiz edilmiştir. Tesis edilen bu ring şebekesinin maliyeti hesaplanmış ve şebekenin tesis edilmediği durumla karşılaştırılmıştır. Bu durumda dağıtım şirketinin karşılaşacağı ceza miktarları hesaplanmış ve yatırımın fayda maliyet analizi yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Elektrik tedarik sürekliliği, Alternatif elektrik kaynakları, Ring şebekesi, Elektrik dağıtım şebekesi, bara sistemleri

**ABSTRACT**

**MS THESIS**

**METHODS TO ENSURE CONTINUITY OF ENERGY SUPPLY  
METHODS OF ENSURING CONTINUITY OF ENERGY SUPPLY AND COST  
BENEFITS ANALYSIS**

**Rojin TEMİZ**

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF  
BATMAN UNIVERSITY  
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE  
IN ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERING**

**Advisor: Doç. Dr. Mehmet Rıda TÜR**

**2023, 78 Pages**

**Jury**

**Doç. Dr. Mehmet Rıda TÜR  
Prof. Dr. Ömer Faruk ERTUĞRUL  
Dr. Davut Özhan**

In this thesis, the importance of the continuity of energy supply and distribution of users and electricity providers has been emphasized. The continuity and quality of the energy supply were examined and the conditions under which these people were not provided were detailed. Formulas regarding compensation and other payments for which electricity generation will be responsible if energy supply is not provided are included. It is stated that the interruptions that ensure the continuity of the energy supply in the electricity network and the effects of these interruptions on the network. Alternative energy supply sources should be established in order to reduce the interruptions and deteriorations in the electricity network. Alternative energy supply resources investments and network operations are mentioned. It is necessary to calculate and decide on the investments made, the continuity of the energy supply, the quality of the failure, and the compensation costs incurred. Dicle Electricity Distribution Inc. determined as the method. The distribution network of Şırnak Province Cizre district, which is under the responsibility of (DEDAS), has been discussed. It has been analyzed how the F13 Kuştepe and F14 Cizre-1 Ring Networks in Cizre district provide energy supply. The cost of this installed ring network was calculated and compared with the situation when the

network was not installed. In this case, the penalty amounts that the distribution company will face were calculated and the cost-benefit analysis of the investment was made.

**Keywords:** Continuity of electricity supply, Alternative electricity sources, ring grid, electricity distribution network, busbar systems



## ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında yönlendirmeleriyle ve tecrübesiyle çalışmaların yapılması sürecine büyük katkısı olan, karşılaşılan problemlerin çözümüne yönelik bilgi ve deneyimlerini güler yüz ve samimiyeti ile aktarmaya çalışan çok değerli danışman hocam Doç. Dr. Mehmet Rıda TÜR'e, teknik bilgileriyle tez yazım aşamasında katkısını esirgemeyen Elektrik-Elektronik Mühendisi Abdurrahim BAVLI'ye şükranlarımı sunarım.

Rojin TEMİZ  
BATMAN-2023

# İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>v</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>vii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>viii</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR</b> .....	<b>iv</b>
<b>1.GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. GÜÇ SİSTEMLERİNDE GÜVENİRLİK ve TEDARİK SÜREKLİLİĞİ</b> .....	<b>5</b>
2.1. Giriş .....	6
2.2. Güç Sistemlerinde Güvenirlilik .....	7
2.3. Tedarik Sürekliliği Kalitesi .....	8
2.3.1. Tedarik sürekliliği kalitesinin kaydedilmesi .....	8
2.3.2. Kesintilerin kaynağı .....	9
2.3.3. Kesintilerden etkilenen müşterilerin sayısı .....	9
2.3.4. Tedarik sürekliliği kalitesi göstergeleri.....	10
2.3.5. Tedarik sürekliliği kalitesi göstergelerinin hesaplanması .....	11
2.4. Ticari Kalite.....	13
2.5. Teknik Kalite .....	14
2.6. Sistem gerilimleri.....	14
2.7. Teknik kalitenin şartları .....	15
<b>3. ENERJİ KESİNTİLERİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER</b> .....	<b>17</b>
3.1. Dâhili Faktörlerden Kaynaklı Yaşanan Kesintiler.....	18
3.1.1. Transformatörlerden Kaynaklı Yaşanan Kesintiler .....	19
3.1.2. Yeraltı elektrik dağıtım kablolarından Kaynaklı Yaşanan Kesintiler .....	20
3.1.3. Havai elektrik hatlarından Kaynaklı Yaşanan Kesintiler .....	22
3.1.4. Devre Kesicilerinden Kaynaklı Yaşanan Kesintiler .....	23
3.1.5. İzolatörlerden Kaynaklı Yaşanan Kesintiler.....	24
3.1.6. Parafudrlardan Kaynaklı Yaşanan Kesintiler .....	24
3.1.7. Saha dağıtım panolarından (SDK) Kaynaklı Yaşanan Kesintiler .....	26
3.2. Harici Faktörlerden Kaynaklı Yaşanan Kesintiler.....	27
3.2.1. Doğa olaylarından Kaynaklı Yaşanan Kesintiler.....	27
<b>4. ELEKTRİK DAĞITIM ŞEBEKESİ</b> .....	<b>35</b>
4.1. Dal-Budak Şebekeler .....	36
4.2. Ring Şebekeler.....	37
4.3. Ağ Gözlü Şebekeler .....	38
4.4. Enterkonekte Şebekeler.....	39

<b>5. BARA SİSTEMLERİ .....</b>	<b>42</b>
5.1. Tek Bara Sistemi.....	43
5.2. By-Pass Ayırıcılı Tek Bara Sistemi .....	44
5.3. Transfer Bara Sistemi .....	45
5.4. Çift Bara Sistemi .....	46
5.4.1. Çift Bara/Tek Kesici Sistemi .....	47
5.4.2. Ring Bara Sistemi .....	47
5.4.3. Breaker and a Half Bara Sistemi.....	48
<b>6. MATERYAL ve YÖNTEM.....</b>	<b>49</b>
6.1. Ring Modelde Oluşan Arızalar ve Kuplajsız Durum .....	50
6.2. Ring Modelde Oluşan Arızalar ve Kuplaj Desteği Durumu.....	51
6.3. Yıllık Kesinti Maliyetleri Karşılaştırmalı Durumlar .....	53
6.4. Kullanılan Yöntemde Maliyet Hesabı.....	57
<b>7. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA.....</b>	<b>60</b>
<b>8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>61</b>
8.1. Sonuçlar .....	61
8.2. Öneriler .....	62
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>64</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>67</b>

## SİMGELER VE KISALTMALAR

<b>EPDK</b>	:Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
<b>TEİAŞ</b>	:Türkiye Elektrik İletim AŞ.
<b>DEDAŞ</b>	:Dicle Elektrik Dağıtım AŞ.
<b>OG</b>	:Orta Gerilim
<b>AG</b>	:Alçak Gerilim
<b>YG</b>	:Yüksek Gerilim
<b>F-13</b>	:Fider-13
<b>F-14</b>	:Fider-14
<b>TM</b>	:Trafo Merkezi
<b>TR</b>	:Transformatör-Trafo
<b>V</b>	: Volt
<b>kV</b>	:Kilovolt
<b>dk</b>	:Dakika
<b>İSG</b>	:İş Sağlığı ve Güvenliği
<b>SCADA</b>	:Merkezi Denetleme Kontrol Ve Veri Toplama
<b>S</b>	:Görünür Güç
<b>TMŞ</b>	:Termik Manyetik Şalter
<b>OK<sub>SÜRE</sub></b>	:Her bir takvim yılı başında dağıtım şirketi tarafından yapılan ortalama kesinti süresi
<b>OK<sub>stk</sub></b>	:Her bir takvim yılı başında dağıtım şirketi tarafından yapılan ortalama kesinti süresi
<b><math>U_i</math></b>	:i'inci kesintiden etkilenen kullanıcı sayısını,
<b><math>U_{i,j}</math></b>	:i'nci kesintiden aynı sürede etkilenen j inci grupta yer alan kullanıcı sayısını,
<b><math>t_{i,j}: U_{i,j}</math></b>	:Kullanıcı grubu için kesintinin süresini,
<b><math>U_{top}</math></b>	:Her bir takvim yılı başında dağıtım şirketi tarafından hizmet verilen toplam kullanıcı sayısını
<b><math>TZM_f</math></b>	:“f” fideri için tutturulamayan hedefler nedeniyle kullanıcıya ödenecek tazminat miktarını,

**EKSÜRE<sub>f</sub>** :Bir önceki takvim yılı içinde “f” fideri için hesaplanan eşdeğer kesinti süresi endeksini,

**EKSİK<sub>f</sub>** :Bir önceki takvim yılı içinde “f” fideri için hesaplanan eşdeğer kesinti sıklığı endeksini,

**NMEKSÜRE<sub>f</sub>**:Eşdeğer kesinti süresi endeksi EKSÜRE<sub>f</sub> için kabul edilebilir sınır değerini,

**SEB** :Sunulamayan birim enerjinin bedelini

**AD<sub>f</sub>** :Bir önceki takvim yılı içinde “f” fiderindeki kW olarak ortalama talebi, ifade eder.

## 1.GİRİŞ

Elektrik enerjisi, çağdaş yaşam şartlarında vazgeçilmeyecek unsur olmakla birlikte bu enerji, her zaman her yerde ulaşılabilir olmalıdır. Elektrik enerjisi, ulusal çapta ekonomik gelişmenin önemli etkenlerinden birisi olması nedeniyle, enerji teminindeki performansın önemi artmaktadır.

Elektrik şebekesinin performansı genellikle iki temel boyutta değerlendirilmektedir: enerji tedarikinin sürekliliği ve gerilim kalitesi. Bu ayrım, genellikle keyfi bir şekilde yapılmaktadır ve diğer yaklaşımların da kullanılması veya bu iki boyutun farklı şekillerde birleştirilmesi mümkündür. Tedarik sürekliliği, elektrik şebekesinin talep olduğunda, yani herhangi bir kesinti olmadan enerji sağlama kabiliyeti ile ilgilidir. Kısa veya uzun süreli kesintiler, tedarik sürekliliği değerlendirmesine dahil edilir. Tedarik sürekliliğine ilişkin istatistikler kaydedilmekte ve birçok ülkede bu konuda düzenlemeler bulunmaktadır. Bu istatistikler ve düzenlemelere ilişkin genel bir bakış bazı çalışmalarda sunulmaktadır (Bollen, 2012).

Gerilim kalitesi (aynı zamanda "güç kalitesi" olarak da adlandırılır), ideal gerilim düzeyi ve dalga şeklinden sapmaları içeren konuları kapsar. Gerilim kalitesi, harmonikler, gerilim düzeyi dalgalanmaları, gerilim düşmeleri gibi geniş bir yelpazeyi içerir. Gerilim kalitesi ile ilgili düzenlemelere dair genel bir çalışma yapılmıştır (Verde, 2008). Elektrik güç sistemi tasarımı ve işletmesinin temel amacı, tüm ağ kullanıcılarına (tüketiciler, üreticiler ve her ikisi de olanlar) kabul edilebilir düzeyde enerji tedarik sürekliliği ve gerilim kalitesi sunmaktır. Bu bağlamda "kabul edilebilir" terimi, çeşitli yaklaşımlarla değerlendirilebilir. Geleneksel olarak, bu tür kararlar yerel enerji sağlayıcıları tarafından alınırdı ve müşteriler ise sonucu sorgusuz sualsiz kabul etmek durumundaydı. Ancak bu yaklaşım, uluslararası standartlar veya ulusal düzeyde belirlenen genel gereksinimlerle değiştirilmiştir. Örneğin, Avrupa'da gerilim düzeyi dalgalanmaları ve harmonikler gibi sürekli olaylar için belirlenen sınırlamalar, EN 50160 standardında yer almaktadır (Bolen, 2011; Etherden, 2011). Kesinti sayısı ve süresi gibi kesinti olaylarına dair sınırlamalar ise bazı ülkelerde düzenleyici kurumlar tarafından belirlenmektedir. Ancak, kabul edilebilir düzeyin ne olduğuna dair nihai karar her zaman müşterilere aittir ve bu bağlamda gereksinimler giderek daha sıkı hale gelmektedir. Bu durum özellikle uzun süreli kesintilerin, bazı durumlarda siyasi boyutlar kazandığı durumlar için geçerlidir. Aynı şekilde, endüstriyel müşterileri etkileyen önemli gerilim düşmeleri gibi konularda da benzer bir sıkılaştırma gözlenmektedir.

Günümüz koşullarda, birkaç dakikalık kesintilerin bile hayati önem taşıdığı, sosyal hayatın durma noktasına geldiği yani elektrik enerjisine bağımlılığın olduğu bir dünyada yaşanmaktadır. Bundan ötürü elektrik dağıtım şirketlerinin dikkat etmesi gereken, elektrik dağıtımında tüketicilere sunulacak hizmetin niteliği bir seri kalite parametreleriyle koşullandırılmıştır. Belirlenen kalite parametreleri içerisinde yer alan Enerji Tedarik Sürekliliği parametresi hem tüketiciler için hem de elektrik dağıtım şirketleri tarafından ön plana çıkmaktadır.

Enerji Tedarik Sürekliliği kalitesi, bir elektrik dağıtım şirketinin, tüketicisinin talep ettiği elektrik enerjisini, uygun maliyette, hayati faaliyetleri etkilemeyecek sıklıkta mümkün olduğu kadar minimum kesinti süresi ile sağlayabilmesidir. Bir elektrik dağıtım şebekesinin kullanıcısı için enerji tedarik sürekliliği kalitesinin ölçütü, elektrik kesintisinin az yaşanması ya da yaşanacak bir elektrik kesintisinin de kısa sürmesidir.

Elektrik dağıtım sistemlerinde, kullanıcılara sunulan elektrik hizmetinin sekteye uğraması, kaliteli enerjinin sağlanamaması ve enerji tedarik sürekliliğinin oluşturulamamasına sebep olan birçok faktör bulunmaktadır. Bundan dolayı elektrik dağıtım şirketlerinin hizmet kalitesini belirleyecek enerji tedarik sürekliliğini ve kalitesini sağlayacak, mümkün olduğu kadar uygun maliyetli ve performansı yüksek yatırımlarla tesis edecekleri şebekeler ile tüketicilerine sunulmalıdırlar. Yapılacak olan şebeke yatırımlarının enerji tedarik sürekliliğini sağlama hususuna dikkat etmenin yanı sıra kaliteli enerji sağlamanın da göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Tüketicinin kullanımına sunulacak enerjinin, tüketicinin yaşamsal faaliyetine yeterlilik göstermesi ve bu enerjinin sürekli olması amaçlanmalıdır.

Enerji Tedarik Sürekliliği, uluslararası ölçütte, belirli nitelik parametreleriyle tanımlanmaktadır. EPDK'nın(Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu) kontrolü ile elektrik dağıtım şirketlerinin, kullanıcılarına sunması gereken hizmet, 'Elektrik Piyasası Dağıtım Sisteminde Sunulan Elektrik Enerjisinin Tedarik Sürekliliği, Ticari ve Teknik Kalitesi Hakkında Yönetmelik' yönetmelik maddelerince belirlenmiştir. Bu yönetmelik gereğince elektrik dağıtım şebekesi sisteminde sunulan hizmet kalitesini;

- a)tedarik sürekliliği kalitesi
- b)ticari kalite,
- c)teknik kalite olmak üzere üç başlık altında detaylanmaktadır.

Yönetmelik'te enerji tedarik sürekliliğini sağlama, dağıtım şirketlerinin dikkat etmesi gereken bir husus olduğu belirlenmektedir. Bu enerji tedarik sürekliliğinin sağlanmama durumları sayısal hesaplarla öne çıkarılıp, ilgili elektrik dağıtım şirketinin

sorumlu tutulacağı tazminat cezaları belirtilmiştir. Hesaplamalarla enerji tedarik sürekliliği, elektrik kesintisi sıklığı ve süresi ile ilişkilendirilmiştir. Hesaplamaların ve eşik değerlerin belirlendiği hususlar, elektrik tüketicilerinin kaliteli, sağlıklı ve sürekli enerji hizmeti almalarını amaçlamaktadır.

Dağıtım şirketlerinin kullanıcılarına kaliteli ve sürekli enerji sağlayamamasının başında gelen nedenlerden en önemlisi, dağıtım şebekelerinde meydana gelen arızalardır. Dağıtım şebekesinin bulunduğu coğrafi koşullar, insan hataları, şebeke elemanı kalitesi gibi birçok neden elektrik kesintisi meydana getirebilmektedir. Bu tür kesintileri önüne geçmek ve ya azaltmak mümkündür. Elektrik dağıtım şirketlerinin şebeke yenileme ve ya iyileştirme çalışmalarına teşvik etmek ya da zorunda bırakmak sebebiyle belirli standartlar ve yönetmelikler belirlenmiştir. Bu yönetmeliklerle elektrik kullanıcılarının kaliteli ve sürekli enerji hizmeti almaları amaçlanmaktadır. Bu da elektrik dağıtım şirketlerine belirli standart ve yönetmelikler ile birlikte maddi sorumluluklar yüklenerek, dağıtım şirketlerinin enerji tedarik sürekliliği kalitesini artırmaya yönelik çalışmalar yapması ile sağlanmaktadır.

Elektrik dağıtım şirketleri, enerji sürekliliğini ve kalitesini artırmak adına, şebeke iyileştirme çalışmaları yapmaktadır. Sunulan bu çalışmaların tedarik sürekliliğini sağlaması koşulunun önemi vurgulanmaktadır. Mevcut şebekeyle oluşturabilecek işletmesel dokunuşlarla ya da ilave yatırımlarla kullanıcının enerji tedarik memnuniyeti sağlanmaya çalışılmaktadır. Bu tezde Dicle Elektrik Dağıtım Şirketi sorumluluk alanında bulunan Şırnak İli Cizre İlçesi dağıtım şebekesi incelenmektedir. Cizre TM'den çıkan F13 Kuştepe F14 Cizre-1 fiderlerinin giriş yapabileceği bir kök bina tesis edilmektedir. Bu kök binaya konulacak kuplaj hücresiyle alternatif besleme kaynağı sağlanmaktadır. F13/F14 Ring Şebekesi modeliyle, şehir şebekesinde enerji tedarik sürekliliğini iyileştirecek olan yöntemin fayda maliyet analizi yapılmaktadır. Elektrik dağıtım şebekesinde oluşacak uzun ve ya sıklığına göre eşik değer üzerindeki kesintiler için dağıtım şirketlerinin sorumlu tutulacağı tazminat cezaları hesaplanmaktadır. F13/F14 ring şebekesi olmadığı zamanlarda oluşan kesintileri dağıtım şirketine maliyet ve ring tesis edildikten sonra tazminat cezalarının durumu incelenmektedir. Bu hesaplar ile ring şebekesinin tesis maliyeti karşılaştırılıp, fayda maliyet analizi sağlanmaktadır. Bu tez çalışmasında önerilen ring şebeke modelinde, tedarik sürekliliği kalitesinin tahmin edilmesi, birbiriyle bağlantılı ve bağımsız tüm olası faktörleri (yalnızca güvenilirlik faktörleri değil) yatırım maliyetini de dikkate almayı mümkün kılar. Bu tez, güç tedarik

süreklilik kalitesini hesaplamak fayda maliyet analizi modellemesinin kullanılmasını öneren yeni bir yaklaşım sunmaktadır.



## 2. GÜÇ SİSTEMLERİNDE GÜVENİRLİK ve TEDARİK SÜREKLİLİĞİ

Ekonomik büyüme ve artan nüfus, daha fazla enerji talebi anlamına gelmektedir. Bu durum, tedarikin kalitesi ve güvenilirliğine ilişkin katı düzenlemelerle birleştiğinde, elektrik dağıtım şirketleri üzerinde şebekeyi mümkün olan en iyi durumda tutma konusunda artan bir baskı oluşturmaktadır. Şebekenin en iyi olma hali; elektrik enerjisinin mümkün olduğunca en az kesintide, frekans ve gerilimlerinin nominal seviyede ve gerilim dalga grafiğinin tam bir sinüs eğrisi olma halidir. Ancak günümüz şartlarda elektrik enerjisinin tedarikinin, şebeke şartları, dış müdahaleler, şebeke ömrü göz önünde bulundurularak kesintilerin fazla olduğu, gerilim ve frekans değerlerinin değişken ve gerilim dalga biçimi bozulmaktadır.

Elektrik enerjisinin hizmet kalitesi, tedarik sürekliliği, gerilim kalitesi ve ticari kalite olmak üzere üç temel bileşenden oluşur. Tedarik sürekliliği, elektriksel sistem güvenilirliğini değerlendirerek enerji tedarikinde meydana gelen kesintilerin sayı ve süresini analiz ederek tanımlar. Gerilim kalitesi, gerilim dalga formunun belirli özelliklerine odaklanır; bunlar arasında frekans, RMS değeri, dalgalanmalar, titreme, dengesizlik ve harmonik bozulma yer alır. Ticari kalite ise elektrik şirketleri ile müşterileri arasındaki ilişkiyi değerlendirir. Bu çalışmanın temel amacı, tedarik sürekliliği kavramını daha iyi anlamak için katkı sağlamaktır. Kesintiler doğası veya süresine göre sınıflandırılabilir. Doğasına göre kesintiler aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır (CEER, 2018):

- Planlı Kesintiler: Çoğu durumda, kesintiler sistem operatörünün bir bölümünü enerjisiz bırakmak için kasıtlı olarak devre kesiciyi açması sonucu meydana gelir ve bir veya daha fazla müşteriyi etkilemektedir. Müşterilere önceden bilgi verilir. Bu tür önlemler genellikle bakım işlemlerinin yürütülmesi veya şebekenin yeni kısımlarının inşa edilmesi için kullanılmaktadır. Genel olarak, bu tür kesintiler şebeke güvenilirliğinde bir iyileşmeye yol açmaktadır.
- Planlanmamış Kesintiler: Bu tür kesintiler öngörülemez olaylara bağlı olarak meydana gelir, örneğin bileşen arızaları, yıldırım çarpmaları, kazı faaliyetleri veya yanlış anahtarlama işlemleri olarak tanımlanmaktadır.
- Olağanüstü Olaylar: Doğal afetlerle ilişkilendirilen olaylardır.

Süresine göre kesintiler şu şekilde tanımlanmaktadır:

- Uzun Süreli Kesintiler: Üç dakikadan fazla sürer.

- Kısa Süreli Kesintiler: (Çoğu Avrupa ülkesinde) üç dakika veya daha kısa sürer.

## 2.1. Giriş

Bir elektrik dağıtım şebekesinde elektrik enerjisinin mevcut olmadığı duruma "kesinti" denilmektedir. Bir dağıtım sisteminin kullanıcısı, enerji talebini ne kadar az kesintiyle ve elektrik kesintisi yaşandığında ise kısa sürede zarfında etkilenirse, kullanıcı tarafından enerji tedarik sürekliliği kalitesinin yeterli seviyede olduğu anlamına gelmektedir. Yaşanacak elektrik kesintilerinin sıklığı ve süresinin tüketiciler için kabul görülür durumda olması ve memnuniyetinin sağlanması gerekmektedir. Bu konuda elektrik dağıtım şirketleri gerekli rolü üstlenmesi ile sağlanabilecektir. Elektrik dağıtım şirketlerine bu hususta düşen görev enerji tedarik sürekliliği performansını sağlarken bunu en uygun maliyetle karşılamaktır.

Gerçek şu ki elektrik kesintisinin kullanıcı türlerini (mesken, ticarethane, tarımsal, şantiye, resmi kurum) farklı şekillerde etkiliyor. Aynı zamanda enerjiye ihtiyacının olduğu döneme göre de durum farklılık göstermektedir. Örnek olarak sulama zamanında olan bir tarımsal abone için yapılan kesinti maddi yönden etkilerken, sulama olmadığı bir sürede yapılan kesintiden etkilenmeyebilmektedir. Ya da bir kesintinin ticarethaneye anlık maliyet zararı bindirirken mesken için yaşam konforunu etkilemiş olur. Dağıtım şirketlerinin bu hususlarda elektrik kesintisinin her kullanıcı bazında minimum zararlarla etkileneceği düzeyde önem göstermesi gerekmektedir.

Kullanıcılar, önceleri mevcut elektrik hizmetine razı edilmekte ve herhangi bir hak talep edememekteydi. Bu durumun denetlenememesi ve kontrol altında tutulamaması büyük bir sorundu. Fakat bu yaklaşım şuan değişmekte, elektrik dağıtım şirketlerinin sorumlu tutulduğu hususların belirtildiği ve kontrole açık yönetmelikler ile uluslararası düzeyde genel şartlar getirilmektedir.

12 Eylül 2006 tarihli resmi gazetede yayınlanan şirketlerin, kullanıcılarına sunması gereken hizmet, 'Elektrik Piyasası Dağıtım Sisteminde Sunulan Elektrik Enerjisinin Tedarik Sürekliliği, Ticari ve Teknik Kalitesi Hakkında Yönetmelik' yönetmelik maddelerince belirlenmektedir. Bu yönetmelik gereğince elektrik dağıtım şebekesi sisteminde sunulan hizmet kalitesini;

- a)tedarik sürekliliği kalitesi
- b)ticari kalite,

c) teknik kalite olmak üzere üç başlık altında detaylanmaktadır. Yönetmelik'te enerji tedarik sürekliliğini sağlama, dağıtım şirketlerinin dikkat etmesi gereken bir husus olduğu belirtilmektedir. Bu enerji tedarik sürekliliğinin sağlanmama durumları sayısal hesaplarla öne çıkarılıp, ilgili elektrik dağıtım şirketinin sorumlu tutulacağı tazminat cezaları belirtilmektedir. Hesaplamalarla enerji tedarik sürekliliği, elektrik kesintisi sıklığı ve süresi ile ilişkilendirilmektedir. Hesaplamaların ve eşik değerlerin belirlendiği hususlar, elektrik tüketicilerinin kaliteli, sağlıklı ve sürekli enerji hizmeti almalarını amaçlamaktadır.

## 2.2. Güç Sistemlerinde Güvenilirlik

Elektrik enerjisi sisteminin temel görevi, tüketicilere ekonomik, kaliteli, kabul edilebilir derecede güvenilir ve kesintisiz enerji sağlamaktır. Sistemin bu öz beklentiyi işletme dönemi boyunca yerine getirme yeteneğine güvenilirlik denir. Elektrik enerjisi sistemi güvenilirlik analizi üç seviyede gerçekleştirilir. Üretim bölgesini içeren seviyede yapılan güvenilirlik analizi, sistemin üretilen enerjinin toplam sistem yükünü karşılayıp karşılayamayacağını belirlemek için gerçekleştirilir (Tur, 2020). Elektrik dağıtım sistemlerinin güvenilirliğinin artırılması, şu anda artan bir ilgi ve önemin konusudur; çünkü herhangi bir hatadan kaynaklanan enerji kesintisi, hem enerji sağlayıcılarını hem de son kullanıcıları etkilemektedir. Kapalı ring işletme modu, arızaların süresini ve sıklığını azaltarak yüksek güvenilirlik sağlamaktadır (Wadi, 2018).

Bugüne kadar güç sistemlerinin tasarımında kullanılan güvenilirlik göstergeleri, güç tedarik sürekliliğini etkileyen tüm olası faktörleri göz önünde bulundurmadığı için sınırlamalar ortaya koymaktadır (Baggini, 2008; Billinton, 1996; Rosnski, 2013). Bu güvenilirlik göstergeleri genellikle yalnızca sistemdeki cihazların ve bileşenlerin güvenilirliğini hesaba katmaktadır (Pa's, 2013; Rosi'nski, 2015). Başka bir alternatif olarak, Dempster ve Shafer'in isimlerinden türetilen DS (Dempster-Shafer) matematiksel kanıt teorisi tabanlı yöntem, seri olarak bağlı sensörlerden gelen sinyalleri tahmin etmek için seri modellemeyi içerebilir (Dempster, 2001; Shafer, 2006; Pieczynski, 2000). Bağımlı ve bağımsız unsurları (seri ve paralel olanları) modellemek için kullanılacak diğer belirsizlik tahmin yöntemleri de mevcuttur. CF tabanlı yöntem, belirsizliği tahmin etmek için sistem kalitesini modellemek için bazen kullanılır. Bu yöntem, bilgi kalitesini tahmin etmek için (Weng, 2011; Olaisen, 2019; Zhu, 2014) ve yazarların yayınlarında da (Stawowy, 2021) başarıyla uygulanmıştır. Özetlemek gerekirse, bu tez çalışmasında

sunulan güç tedarikinde süreklilik kalitesini belirleme yöntemi, (Stawowy, 2015; Stawowy, 2017)'de açıklanan çok katmanlı tahmin yönteminin belirsizlik tahmininde farklı olarak fayda maliyet analizine dayalı bir yaklaşımı temsil eder.

Güncel bir elektrik dağıtım şebekesinde, enerji tedarikini kesintisiz sağlamak, teknik olarak da ekonomik olarak da mümkün değildir. Ancak, tüketicilerin elektrik enerjisine bağlılıkları artıkça, enerji tedarik sürekliliğinin gün geçtikçe daha iyi performansta sağlanması beklenmektedir (Bertoldi, 2009).

Elektrik kesintilerinin sonucu olarak hizmet programında ve tüketici tarafında meydana gelen maliyetleri veya kayıpları içeren ve ölçen bazı göstergeler bulunmaktadır ve bunlar planlama ve operasyonlarda dikkate alınmalıdır. Ağ güvenilirliği analizi, yük noktası ve sistem göstergeleri üretir. Bu göstergeler enerji göstergeleri ve frekans / beklenti göstergeleri olarak ikiye ayrılır. Bu tez çalışmasında Yük noktası göstergeleri (Tur, 2017);

- Sistem Ortalama Kesinti Süresi Göstergesi (SAIDI),
- Sistem Ortalama Kesinti Sıklığı Göstergesi (SAIFI),
- Ortalama Hizmet Kullanılabilirlik Göstergesi (ASAI),
- Müşteri Ortalama Kesinti Süresi Göstergesi (CAIDI),
- Müşteri Başına Kesinti Göstergesi (CIII),

Bu indisler Dağıtım Şirketinin bir ağı parçası için gibi değerlendirilmiştir. Tüm hizmet sağlayıcıların, tüm güvenilirlik göstergelerini hesaplamak için gereken verilere sahip olmaları gerekmektedir.

### **2.3. Tedarik Sürekliliği Kalitesi**

Enerji tedarik sürekliliği kalitesi, bir elektrik dağıtım şebekesi sistemindeki tüketicilerin alması gereken elektrik hizmetini kabul görülür maliyette ve yaşamsal faaliyetleri sekteye uğratmayarak, mümkün olduğunca minimum kesinti sıklığı ve süresiyle sağlayabilme kapasitesidir.

#### **2.3.1. Tedarik sürekliliği kalitesinin kaydedilmesi**

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından denetim amacıyla açık tutulması gereken ve daima şeffaf bir biçimde sunulması hedeflenen durum, elektrik

dağıtım şebekesi içerisinde meydana gelen kısa, geçici ve uzun elektrik kesintilerinin elektrik dağıtım şirketleri tarafından kaydedilmesini zorunlu kılar. Uzun süreli kesintilere dair kayıtların muhafaza edilmesi gereken veriler aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmaktadır:

- a) Kesintinin köken aldığı gerilim düzeyi ve konumu,
- b) Kesintinin tarihi ve başlama saati,
- c) Kesintinin kaynağı,
- ç) Altyapı durumuna bağlı olarak, kesintiden etkilenen dağıtım ve anahtar kullanıcıların sayısı,
- d) Altyapı durumuna bağlı olarak, dağıtım ve anahtar kullanıcıları için kesinti süresi,
- e) Altyapı durumuna bağlı olarak, kademeli olarak enerji tedariki sağlanan dağıtım ve anahtar kullanıcıları için ayrı ayrı kesinti süreleri ve buna bağlı müşteri sayıları,
- f) Kesintiden etkilenen tüm kullanıcılar için kesintinin sona erdiği zaman.

Yalnızca uzun süreli kesintiler, önceden bildirilen ve bildirilmeyen kesintiler olarak iki kategoriye ayrılır ve ikinci paragrafta bahsedilen kayıtlar, kısa ve geçici kesintiler için yalnızca dağıtım seviyesinde tutulmaktadır.

### **2.3.2. Kesintilerin kaynağı**

Bir dağıtım şebekesinde yaşanan kesintiler, elektrik dağıtım şirketi tarafından aşağıdaki sınıflandırmaya uygun olarak kaydeder:

- a) İletim sisteminde meydana gelen kesintiler, dağıtım sistemine enerji sağlayan iletim şebekesinde meydana gelen arızalardır. Bölgemizde TEİAŞ kaynaklı oluşan arızalar olarak açıklanabilmektedir.
- b) Dağıtım şebekesi sisteminde, Orta Gerilim (OG) gerilim seviyesinde, OG/OG ve OG/AG trafolarında (yalnızca OG tarafı) meydana gelen kesintiler,
- c) Alçak Gerilim (AG) hatlarında meydana gelen kesintiler, OG/AG trafolarında (yalnızca AG tarafı)

### **2.3.3. Kesintilerden etkilenen müşterilerin sayısı**

Bir dağıtım şirketi sisteminden enerji alan tüm abonelerin kayıtlarını tutmak zorundadır. Abonenin yani elektrik tüketicisinin bilgileri, abone numarası, enerji aldığı

trafo, fider, trafo merkezi gibi bilgileri istendiği takdirde sunabilmelidir. Elektrik dağıtım şebekesinde oluşan bildirimli, bildirimsiz, kısa, geçici ve uzun kesintilerde, kesintiden etkilene OG ve AG abonelerinin sayısı, imar durumuna göre kaydedilmektedir.

Kayıt bilgilerinin tutulması gereken abone sayısının bilinmemesi durumunda bu sayı;

a) OG aboneleri için dağıtım lisansı kapsamında tanımlanan bölge ve arazi şartlarına bağlı olarak, her takvim yılının başlangıcındaki uygulama dönemi boyunca toplam OG kullanıcı sayısının, aynı uygulama döneminin her takvim yılı başında bulunan toplam dağıtım merkezi sayısına bölünmesi işlemiyle elde edilen ortalama OG kullanıcı sayısı, her bir kesinti durumu için kaydedilen etkilenen dağıtım merkezi/indirici merkezi/ana anahtar merkezi sayısı ile çarpılarak hesaplanmaktadır.

b) AG aboneleri için; İletim sistemi ve OG şebekesi içerisinde bildirimli ve bildirimsiz uzun, kısa ve geçici kesinti durumlarında; dağıtım lisansında tanımlanan bölge ve arazi şartlarına bağlı olarak, her takvim yılının başlangıcındaki uygulama dönemi süresince toplam AG kullanıcı sayısının, aynı uygulama döneminin her takvim yılı başındaki toplam OG/AG trafosu sayısına bölünmesi işlemiyle bulunan ortalama trafo başına AG kullanıcı sayısı, her bir kesinti durumu için kaydedilen etkilenen OG/AG trafosu sayısı ile çarpılarak hesaplanmaktadır.

AG şebekesi içerisinde bildirimli ve bildirimsiz uzun kesinti durumlarında ise; dağıtım lisansında tanımlanan bölge ve arazi şartlarına bağlı olarak, her takvim yılının başlangıcındaki uygulama dönemi süresince toplam AG kullanıcı sayısının, aynı uygulama döneminin her takvim yılı başındaki ayrıntılı AG hattı sayısı bazında inebilme kapasitesi hesaba katılarak bulunan ortalama hattı başına AG kullanıcı sayısı, her bir kesinti durumu için kaydedilen etkilenen AG hattı sayısı ile çarpılarak hesaplanmaktadır (Daldal, M., Bizkevelci, E., ve Özay, N., 2009).

#### **2.3.4. Tedarik sürekliliği kalitesi göstergeleri**

Elektrik dağıtım şirketi, OG veya AG seviyeleri ve imar durumlarına göre her yıl için enerji tedarik sürekliliği kalite parametrelerini değerlendirmektedir:

- Bildirimli ve bildirimsiz uzun kesintiler için sistem genelinde ortalama kesinti süresi ve kesinti sıklığı endeksi,
- Kısa ve geçici kesintiler için sistem genelinde ortalama kesinti sıklığı endeksi,

- Bildirimli ve bildirimsiz uzun kesintiler için eşdeğer kesinti süresi ve kesinti sıklığı endeksi,
- OG seviyesinde, kullanıcı bazında, bildirimli ve bildirimsiz uzun kesintiler için eşdeğer kesinti süresi ve kesinti sıklığı endeksi hesaplamalarını gerçekleştirir.

### 2.3.5. Tedarik sürekliliği kalitesi göstergelerinin hesaplanması

Sistem Ortalama Kesinti Süresi Endeksi (OKSÜRE) terimi; bir takvim yılı boyunca meydana gelen toplam "n" kesintisinin ve bu kesintilere maruz kalan, ardından kademe kademe yeniden enerji temini sağlanan "m" kullanıcı grubunun her biri için aşağıdaki matematiksel ifade ile hesaplanmaktadır:

$$(OKSÜRE) = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (U_{i,j} * t_{i,j})}{U_{top}} \quad (2.1)$$

Bu formülde geçen;

$U_{i,j}$ : i'nci kesintiden aynı sürede etkilenen j inci grupta yer alan kullanıcı sayısını,

$t_{i,j}$ :  $U_{i,j}$ : kullanıcı grubu için kesintinin süresini,

$U_{top}$ : her bir takvim yılı başında dağıtım şirketi tarafından hizmet verilen toplam kullanıcı sayısını, ifade eder.

Sistem Ortalama Kesinti Sıklığı Endeksi (OKSIK)" terimi; bir takvim yılı içinde meydana gelen toplam "n" kesintisinin dahil edildiği aşağıdaki matematiksel denklem temel alınarak hesaplanmaktadır:

$$(OKSIK) = \frac{\sum_{i=1}^n U_i}{U_{top}} \quad (2.2)$$

Bu formülde geçen;

$U_i$ : i'nci kesintiden etkilenen kullanıcı sayısını,

$U_{top}$ : her bir takvim yılı başında bir dağıtım şirketi tarafından hizmet verilen toplam kullanıcı sayısını, ifade eder.

"Eşdeğer Kesinti Süresi Endeksi (EKSÜRE)" ifadesi; bir takvim yılı içerisinde meydana gelen toplam "n" kesintisinin içerildiği her bir fider için aşağıda belirtilen formül uyarınca hesaplanmaktadır:

$$(EKSÜRE) = \sum_{i=1}^n t_i \quad (2.3)$$

Bu formülde geçen  $t_i$ , i inci kesintiye maruz kalan her bir fider için i inci kesintinin süresini ifade etmektedir.

"Eşdeğer Kesinti Sıklığı Endeksi (EKSIK)" terimi; bir takvim yılı içerisinde gerçekleşen toplam "n" kesintisinin değerlendirilerek, her bir fider için ayrı olarak hesaplanan kesinti sayısını belirtmektedir.

Her bir fider için hesaplanan "Eşdeğer Kesinti Süresi Endeksi (EKSÜRE)" ile "Eşdeğer Kesinti Sıklığı Endeksi (EKSIK)", Tablo 2.1'de önerilen kabul edilebilir eşik değerlerini aşması durumunda, dağıtım şirketi, aşağıdaki belirlenen prensipler çerçevesinde kullanıcılara tazminat ödeme yükümlülüğüne tabi tutulmaktadır. Kurumun, bu değerleri gözden geçirme ve düzenleme yetkisi saklıdır.

**Tablo:2.1** Sınır Değerler

	Sınır Değerler
<b>EKSÜRE<sub>f</sub></b> İMAR ALANI İÇİ	72 saat
<b>EKSİK<sub>f</sub></b> İMAR ALANI İÇİ	56 kez
<b>EKSÜRE<sub>f</sub></b> İMAR ALANI DIŞI	96 saat
<b>EKSİK<sub>f</sub></b> İMAR ALANI DIŞI	72 kez

EKSÜRE açısından kullanıcıya ödenecek tazminat miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplanır:

$$TZM_f = [EKSÜRE_f - NMEKSÜRE_f] * SEB * AD_f \quad (2.4)$$

Bu formülde geçen;

$TZM_f$ : "f" fideri için tutturulamayan hedefler nedeniyle kullanıcıya ödenecek tazminat miktarını,

$EKSÜRE_f$ : Bir önceki takvim yılı içinde "f" fideri için hesaplanan eşdeğer kesinti süresi endeksini,

$NMEKSÜRE_f$ : Eşdeğer kesinti süresi endeksi  $EKSÜRE_f$  için kabul edilebilir sınır değerini,

$SEB$ : Sunulamayan birim enerjinin bedelini (Kurul tarafından belirlenen usul ve esaslar çerçevesinde dağıtım şirketlerinin teklifi üzerine Kurul tarafından onaylanır),

$AD_f$ : Bir önceki takvim yılı içinde "f" fiderindeki kW olarak ortalama talebi, ifade eder.

EKSIK açısından kullanıcıya ödenecek tazminat miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplanır:

$$TZM_f = [EKSIK_f - NMEKSIK_f] * \frac{EKSÜRE_f}{EKSIK_f} * SEB * AD_f \quad (2.5)$$

Bu formülde geçen;

$TZM_f$ : “F” fideri için tutturulamayan hedefler nedeniyle kullanıcıya ödenecek tazminat miktarını,

$EKSIK_f$ : Bir önceki takvim yılı içinde “F” fideri için hesaplanan eşdeğer kesinti sıklığı endeksini,

$NMEKSIK_f$ :Eşdeğer kesinti sıklığı endeksi ( $EKSIK_f$ ) için kabul edilebilir sınır değeri,

$EKSIK_f$ : Bir önceki takvim yılı içinde “F” fideri için hesaplanan eşdeğer kesinti süresi endeksini,

$SEB$ : Sunulamayan birim enerjinin bedelini (Kurul tarafından belirlenen usul ve esaslar çerçevesinde dağıtım şirketlerinin teklifi üzerine Kurul tarafından onaylanır),

$AD_f$ : Bir önceki takvim yılı “F” fiderinde kW olarak ortalama talebi, ifade eder.

Bir fider için, aynı takvim yılı içinde hem  $EKSÜRE_f$  hem de  $EKSIK_f$  endekslerinin sınır değerlerini aşması halinde, dağıtım firması tarafından kullanıcıya en yüksek tazminat miktarı ödenmektedir.

Fider düzeyinde ödenecek tazminat miktarları, ilgili fidele bağlı tüketicilerin bağlantı kapasiteleri oranında tahsis edilerek, bir sonraki yılın dağıtım hizmet ücretlerinden tek seferde veya eşit aralıklı taksitlerle mahsup edilmektedir. Tazminat ödemesi, bireysel başvuru gerekmeksizin gerçekleştirilmektedir.

Elektrik Piyasasında Dağıtım Sisteminde Sunulan Elektrik Enerjisinin Tedarik Sürekliliği, Ticari ve Teknik Kalitesi Hakkında Yönetmelik'e göre, Tüketicilere yapılacak tazminatlar, tüketicinin ihmali olmadığı durumda, kendi ekipmanlarındaki zararın talep edilme hakkını ortadan kaldırmaz.

#### **2.4. Ticari Kalite**

Ticari kalite; elektrik dağıtım şebekesine bağlanarak enerji talep eden veya hali hazırda enerji dağıtım şebekesine bağlı olan tüketiciler ile enerji bağlantı sözleşmesi yapılmaktadır. Perakende enerji satış anlaşması veya karşılıklı sözleşme kapsamında enerji tedarikçisi olarak dağıtıcı ile abone arasında elektrik enerjisi satış veya hizmetin takdim edilmesi hususunda söz konusu enerji dağıtım faaliyeti içerisinde olan tüm safhalarda oluşabilecek elektrik dağıtım kurumu tarafından belirlenen uygun standartlarda gerçekleşmektedir.

## 2.5. Teknik Kalite

Teknik kalite kavramı, elektrik dağıtım şebekesi abonelerinin talep edilen elektrik enerjisinin, gerilim kararlılığı, frekans kararlılığı, harmonikler ve sistemin dalga formu simetrik bakımından işletme sınır şartları kabul edilebilir düzeyde olması gerekmektedir. Bu sınır koşulları, kesintisiz ve kaliteli bir biçimde enerji ihtiyacı karşılayabilir kapasitede olmalıdır. Sanayi ve teknolojinin aktif ve sürdürülebilir faaliyetleri ile yerleşim yerlerinin artmasına bağlı olarak elektrik enerjisine olan ihtiyaç neticesinde dağıtım şebekesine farklı alıcılar eklenmektedir. Bu alıcıların sayısına bağlı olarak elektrik dağıtım şebekesinde mevcut olan teçhizatların, aşırı yüklenmelerden dolayı işletme sınır şartları aşıldığı için sistemde zararların oluşumuna neden olmaktadır. Bu durum dağıtım şebekesinde elektrik kesintilerinin sık meydana gelmesine sebebiyet vereceğinden kullanıcılar için enerji tedarik kapsamında sorun teşkil etmektedir. Ayrıca kalitesiz ve sürekli olmayan enerjiden dolayı sistemin verimli çalışmamasına neden olmaktadır.

Elektrik dağıtım şebekesinde kullanıcılara kaliteli bir biçimde enerji sağlanabilmesi için, sistem harmoniksiz tam sinüzoidal dalga formunda enerji dağıtımını sağlamalıdır. Terimsel olarak ifade edilen sinüzoidal dalga formu elektrik dağıtım şebekesinde güç iletim kalitesi; enerji tedarikinin sürekliliği, gerilim ve frekans kararlılığı, güç faktörü kalitesi 1 değerine yakın olması gerekir. Ayrıca sistem içerisindeki faz gerilimlerinin simetrik olması, akım ve gerilim arasındaki bozulmalar kabul edilebilir sınır değerleri aşılmaması gibi belli başlı kısıtlar göz önünde bulundurularak ele

Ağır sanayi işletmelerinde kullanılan ark fırınları gibi alıcıların lineer olmayan yükler ve yarı iletken malzemelerinin içerisinde barındıran güç elektronik devrelerinin etkisiyle, kararlı ve periyodik olmayan sistemler, sinüzoidal frekans, dalga ve sinyalin genliği farklı dalga formuna sahip harmoniklerin toplamına eşdeğer olabilmektedir. Farklı dalga formlarına sahip olan elektriksel sinyaller Fourier analizi sistemleri ile sinüzoidal sinyalin dalga formuna benzeyen farklı dalga formları ile farklı frekans değerine sahip sinüzoidal işaretin dalga formu toplamına eşdeğer olabilmektedir (Kürker, 2018).

## 2.6. Sistem gerilimleri

Elektrik enerjisinin üretimi, iletimi ve dağıtımına ait işletme koşulları (gerilim, frekans vb.) ülke çapında veya uluslararası anlaşmalar ile belli standartlar ile

belirlenmiştir. Bu standartları sağlamaya yönelik usul ve esaslara bağlı olarak belirlenen kurullar ve kurumlar, aldıkları kararlar neticesinde kurul onayına bağlı olarak uygulamaya koyulmaktadır. Bu şartların belirlenmesiyle elektrik dağıtım şebekesinin hangi şartlar altında işletileceği hususu, enerji sürekliliği ve kesintisiz enerji tedariki açısından önem arz etmektedir.

## 2.7. Teknik kalitenin şartları

Ülkemizde elektrik enerjisinin üretilmesi, iletilmesi ve dağıtılması bakımında usul ve esaslarının belirlenmesi hususundaki çalışmaları TEİAŞ tarafından belirtilen işletme sınır koşulları ile elektrik enerji sistemleri işletilmektedir.

Elektrik enerjisinin dağıtımı, dağıtım şirketi tarafından elektrik enerjisinin kaliteli bir biçimde, işletme koşullarına uygun olarak sağlaması gerekmektedir.

- Enerji dağıtım sisteminin işletmeciliği, kararlı hal ve geçici rejim koşulları altında gerilim değerinin etkin değerlerde kararlı bir biçimde TS EN 50160:2001 olarak belirtilen değerlere uygun olması gerekmektedir.
- Alçak gerilim seviyeleri için; periyodik olarak ölçümü alınan gerilimin etkin değerleri on'ar dakikalık ortamlar ile, en az % 95'i nominal etkin olan gerilimin değeri ise maksimum  $\pm$  % 10'u kadar, tamamı ise nominal gerilimin etkin değeri maksimum + % 10 - % 15 değer aralığı değişmelidir.
- Orta gerilim seviyesi için; periyodik olarak ölçümü alınan gerilimin etkin değerleri on'ar dakikalık ortamlar ile, en az % 95'i nominal etkin olan gerilimin değeri ise maksimum  $\pm$  % 10'u kadar değişim göstermelidir.
- Elektrik dağıtım şirketleri, alçak gerilim seviyesi için gerilim düzenlemesine yönelik iş kalitesini, enerji bağlantı noktasından ölçüm altyapısı mevcut ise; aksi halde kullanıcının bağlandığı transformatörün OG/AG kısmındaki AG sekonderinden, ölçüm yaparak belirler.
- Enerji dağıtım şebeke işletimi kapsamında, alçak gerilim seviyesinde gerilim kararlılığı durumları, gerilimdeki dengesizlikler için TS EN 50160:2001 standardında belirlenen değerlere uygun şekilde tanımlanmalıdır:
- Dağıtım sistemi işletmesi çerçevesinde, AG seviyesinde kararlı durumlarda gerilim dengesizlikleri TS EN 50160:2001 standardında belirtilen aşağıdaki kriterlere uygun olmalıdır: Ölçülen gerilimin on dakikalık ortalaması ile minimum %95'i nominal etkin gerilim değerine yakın olmalıdır ve değeri en fazla %2 kadar

sapmalıdır. Tek veya iki fazlı yüklerin beslendiği noktalarda bu sapma %3'e kadar çıkabilir.

- Elektrik dağıtım şirketinin gerilim dengesizliği performans analizi, alçak gerilim seviyesi için; ölçüm altyapısı mevcut ise enerji bağlantı noktasından, aksi takdirde kullanıcının bağlandığı transformatörün OG/AG kısmındaki AG sekonderinden ölçülerek gerçekleştirilir.
- Ölçümün periyodik olarak alınan her bir gerilim bozukluğu etkin değeri on'ar dakikalık ortalamalarını maksimum % 95 olabilir.
- Elektrik dağıtım şirketinin gerilimdeki bozulmalara ilişkin performansı; alçak gerilim seviyesi için ölçüm sistemine ait alt yapısının mevcut olması durumunda enerji bağlantı noktasından, şayet ölçüm alt yapısının mevcut olmaması durumunda ise kullanıcının bağlandığı transformatörünün OG/AG kısmındaki OG primerden ölçülür.
- Tüketicinin akım bozulmalarına ait performansı ise; alçak gerilim ve orta gerilim seviyeleri için enerji kullanım bedelini esas alınan ölçüm noktası baz alınır. Tüketiciden harmoniklerin ölçüm değerleri istenildiğinde tüketici akım bozulmalarını bir hafta süresince aralıksız kaydedebilecek uygun tipte cihazları tedarik ederek işletilmesini sağlamalıdır.
- Harmoniklere sebep olan tüketiciye, enerji dağıtım şirketi tarafından tüketiciye harmoniklerin düzeltilmesi için alçak gerilim kullanıcısı olması durumunda maksimum altmış iş günü, orta gerilim kullanıcısı olması durumunda ise maksimum yüz yirmi iş günü müsaade edilir. Bu süre zarfı içerisinde kullanıcı yapması gereken işlemleri yapmaması durumunda elektrik bağlantısının kesileceği hususunda bildirilmektedir.
- Elektrik dağıtım şirketi; fliker etkileri için tüketicinin kullanıcının IEEE Std.1453-2004 standardına veya bunun düzenlemelerinde belirtilen alt-üst sınır değerlerine uyulması sağlanmalıdır. Tüketiciden fliker ölçüm değerleri istenildiğinde tüketici akım bozulmalarını bir hafta süresince aralıksız kaydedebilecek uygun tipte cihazları tedarik ederek işletilmesini sağlamalıdır.
- Flikerlere sebep olan tüketiciye, enerji dağıtım şirketi tarafından tüketiciye fliker etkilerini düzeltilmesi için kullanıcısı olması durumunda ise maksimum yüz yirmi iş günü müsaade edilir. Bu süre zarfı içerisinde kullanıcı yapması gereken işlemleri yapmaması durumunda elektrik bağlantısının kesileceği hususunda bildirilir.

### 3. ENERJİ KESİNTİLERİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Elektrik dağıtım şebekelerinde sistem üzerinde mevcut bulunan abonelerin enerji ihtiyacı radyal olarak işletilmektedir. Bu sebeple elektrik dağıtım şebekesinin herhangi bir noktasına bağlı bulunan abone, bağlantının olduğu güzergâhta veya kısımda herhangi bir arıza veya kesinti olması durumunda abonenin enerji ihtiyacının aksamasına neden olacağından dolayı enerji sürekliliği sağlanamamaktadır (Çiftçi, 2017).

Enerji sürekliliğinin sağlanamaması tüketiciler için zaman ve maliyet açısından olumsuz durumların meydana gelmesine neden olmaktadır. Bu durum enerji sürekliliği ve tedariki açısından sistem işletmeciliğine olumsuz sonuçları doğurmaktadır. Bu sonuçlardan birkaç temel husus; sürekli olmayan enerji, zaman kaybı, ilave maliyetler ve enerji işletmeciliğine olan güvenin yitirilmesi olarak belirtilmektedir.

Elektrik dağıtım şebekelerinde, dağıtım şebekesi ile abonelerin beslenildiği nokta arasında sistem içerisinde yük akışının olmaması hali genel olarak kesinti veya enerjisiz durum olarak nitelendirilmektedir.

Genel anlamda elektrik dağıtım şebekelerinde yük akışının olmayışı veya kesintinin olmasına neden olan faktörler üç ana kısımda ele alınmaktadır.

- Dâhili Faktörler: Elektrik dağıtım şebekelerinde mevcut olan malzemeler veya teçhizat kaynaklı arızalar.
- Harici Faktörler: Coğrafi, iklim veya afetler sonucu elektrik dağıtım şebekesinin bulunduğu güzergâhlar veya tesisin zarar görmesi sonucu oluşan arızalar.
- İnsan ve Hayvan Faktörü: Yerleşim yerinde bulunan elektrik dağıtım şebekelerin insan veya hayvanlar tarafından zarar görmesinden dolayı sistem üzerinde oluşan arızalar.

Tablo3.1’de Cizre ilçesinde 2023 yılının ilk 6 ayında oluşan kesintilerin sebeplerini içermektedir. En fazla arızanın geçici arıza olduğu tespit edilmektedir. Kesici açma, tekrar besleme durumları, kuş çarpılmaları, rüzgar, ani yüklenme gibi durumlar geçici arızalara sebep olmaktadır. Kesinti sayısında ikinci sırada olan NH sigorta atması durumu şebekenin AG bazında arızaların fazlalığını vurgulamaktadır. Bu arızaya sebep olarak, AG müşterilerin aşırı tüketim yapması, yük dengesizliğinin olabileceği, insan kaynaklı müdahaleler, usulsüz kullanım yapılmış olabileceği gibi durumlar sayılmaktadır. Bu arızadan çıkarılacak sonuç; AG şebekenin bakım ihtiyacı olabileceği,

yük dengelemesi yapılması, tüketime yetersiz bir şebeke ise ilave tesis yapılabileceği anlaşılmaktadır.

**Tablo.3.1** Kesinti sebepleri

KESİNTİ NEDENİ	OK <sub>SÜRE</sub>	OK <sub>SIK</sub>	ARIZA SAYISI
Kesici; Geçici Arıza	797,2	12,2	626
Sigorta; NH Sigorta Atma/Değişim	28,9	1,1	373
TMŞ; TMŞ Açma	25,5	0,4	151
Kablo; AG kablo Hasarı	70,9	0,8	94
İletken; AG İletken Kopması	23,3	0,3	84
Ayırıcı; Ayırıcı Arki/Mekanizma Ayarı	41,2	0,2	63
Bağlantılar; AG Abonelik Bağlantısı/İptali	8,6	0,3	58
TMŞ; TMŞ Arızası/Değişim	74,1	0,6	49
Aydınlatma; Kontaktör Arıza/Değişim	0,9	0	40
Arıza ve Tehlike Önleyici Faaliyetler	23,3	0,3	35
Sigorta; OG sigorta Atma/Değişim	26,9	0,4	31
Kablo; Yapı Giriş Kablo Hasarı	3,3	0,1	27
Güvenlik	47,2	0,7	26
Dağıtım Transformatörü Arızalanması	35,5	0,3	23
Kesinti Talepleri; Kurum içi diğer Birimler Kesinti Talepleri	6,2	0,1	18

### 3.1. Dâhili Faktörlerden Kaynaklı Yaşanan Kesintiler

Enerji ihtiyacının olduğu yerleşim yerlerine enerji tedarikinin karşılanabilmesi için coğrafi şartlara ve imar yapısına uygun bir biçimde elektrik dağıtım şebekesi planlanmaktadır. Bu planlama ise birden fazla değere sahip olmasından dolayı projelendirme bir bütün olarak ele alınmaktadır. Daha sonraki safhalarda projelendirme işlemi tamamlandıktan sonra elektrik dağıtım sistemi uygun koşullar içerisinde ve standartlara uygun bir biçimde tesis çalışması yapılarak kullanılmaya başlanmaktadır. Şebekede, iklim şartlarına bağlı olarak malzemeler veya teçhizatlar zaman içerisinde dayanım, mukavemet veya eskimeye bağlı olarak bozulmalar başlamakta ve bunun sonucunda kesinti oluşmaktadır. Ayrıca şebekede oluşan her türlü arızadan kaynaklı kontrol ve koordinasyonu sağlayan koruma sisteminde oluşan aksamalar, kesintilere neden olan bir diğer durum olarak ele alınabilir. Genel anlamda elektrik dağıtım

şebekesinde arıza oluşumu birçok faktöre bağlı olmasından dolayı bu sebepleri çoğaltmak mümkündür.

### 3.1.1. Transformatörlerden Kaynaklı Yaşanan Kesintiler

Elektrik dağıtım şebekesinde transformatör, gerilim indirgeyici olarak kullanılmaktadır. Şebekede teknik hesaba göre belirlenen abone sayısına tahsis edilen trafo, aşırı yüklenme başta olmak üzere belli sebeplerden dolayı arızalanmakta ve trafoya bağlı olan tüm aboneler enerjisiz kalabilmektedir. Arıza durumlarında oluşan uzun süre enerji kesintileri tüketiciler açısından yaşamsal faaliyetlerin aksamasına ve ya çoğu durumda maddi hasarların oluşmasına neden olabilmektedir.

Elektrik dağıtım şebekesinde gerilim indirgeyici olarak kullanılan transformatörlerde oluşan belli başlı arızalar veya kesintiler;

- Trafo içerisinde bulunan sargıların yüklenmeden dolayı aşırı ısınma sonucu sargı izolasyonlarının hasar görmesi ile sargıların kısa devre olması.
- Trafolarında sargıların dış devreye alınması için kullanılan buşinglerde kısa devre olması durumları.
- Trafolarında iç sargıları dış devreye almak için trafo gövdesi ile iletkenlerin izolasyonlarının hasar oluşumuna bağlı olarak kısa devrelerin olması durumları.
- Trafo içerisine soğutma amaçlı olarak kullanılan yağın zaman bağlı olarak soğutma özelliğini kaybetmesi.

Genel anlamda elektrik dağıtım şebekelerinde kullanılan trafolar önem teşkil ettikleri için düzenli olarak periyodik bakım ve kontrolleri yapılması gerekmektedir. Trafoların düzenli olarak bakımı ve kontrolü sağlanmadığı takdirde aşırı yüklenmelerden ve diğer nedenlere bağlı olarak trafo arızalanmaktadır. Bu durum trafoya bağlı olan tüm abonelerin enerjisiz kalmasına ve enerji sürekliliği sağlanamadığından dolayı enerji kalitesi açısından olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. (A.Çetin, 2018).

Örnek olarak bir trafo yanmasından dolayı yağ deposunun delinmesi olayı Şekil 3.1 ve 3.2’de gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Trafo Yanmasından Dolayı Yağ Deposunun Delinmesi



Şekil 3.2. Trafo Alev Alması

### 3.1.2. Yeraltı elektrik dağıtım kablolarından Kaynaklı Yaşanan Kesintiler

Yer altı kabloları, yerleşim yerlerinde enerji nakil hatlarının veya elektrik dağıtım şebekesinin, havai olarak iletiminin sakıncalı olduğu veya şehir mimarisinin önem arz ettiği güzergâhlarda tercih edilmek üzeri yapılan şebekedir. Her işlemde olduğu gibi

yeraltı şebekesi olarak tesis edilen elektrik dağıtım uygulamasının avantajları olduğu gibi bazı dezavantajları da mevcuttur. Olumsuz durumlardan bir tanesi yer altı kabloların elektrokimyasal ağaçlanmasıdır. Bu adlandırma; elektrik dağıtım için kullanılan iletken kablo izolasyonunun dielektrik dayanımının azaltmasına neden olan kablodan geçen akımın iletkenin etrafında oluşan elektromanyetik alanın, yeraltında bulunan neme tesir etmesiyle oluşmaktadır. Bu durum kablonun dielektrik mukavemetini azaltarak gerilim direncine bağlı olan kapasiteyi azaltmasına neden olmaktadır. Yeraltından kullanılan iletkenin dielektrik dayanımı belli bir seviyeye düşmeye başladığında, iç aşırı gerilimler veya açma kapamaya bağlı olarak meydana gelen geçici olaylardan dolayı yer altı kablolarında arızalar meydana gelebilmektedir. Bu durum ise ağaçlandırma olarak adlandırılan işlemin imalat hatasına bağlı olarak oluşan bir durumdur. Ayrıca izolasyon amaçlı olarak kullanılan malzemenin uygun kalite ve yalıtım aralıklarındaki boşluklardan dolayı nemin emilmesi daha hızlı olacağından kablonun ömrüne büyük oranda etkileyecektir.

Elektrik dağıtım için kullanılan yeraltı kabloları aşırı yüklemeler, kablo ek bağlantı kısımlarında veya kablo sonlandırma ve bara bağlantı pabucu bağlamalarında yapılan hatalı montaj, uygunsuz yapılan teknik uygulama, standartlara uygun malzeme tercih edilmemesi ve teknik şartnamede belirtilen uygulama basamakların yapılmamasından dolayı arızalar oluşabilmektedir. Buna ilave olarak harici müdahalelerden dolayı kabloların zarar görmesi sonucu oluşan arızalar enerji kesintisine neden olabilmektedir (V.Gün, 2007). Bir XLPE kablusunda başlık arızası ve oluşan durum Şekil 3.3 ve 3.4'te gösterilmektedir.



Şekil 3.3. XLPE kablo başlığı arızası



Şekil 3.4. XLPE ek noktaları

### 3.1.3. Havai elektrik hatlarından Kaynaklı Yaşanan Kesintiler

Elektrik dağıtım şebekeleri havai olarak yapılan alanlarda kısa iletim hatları grubuna dahil etmek mümkündür. Havai hatlarda oluşan arızalar genel olarak şönt ve açık devre durumları olarak iki temel sınıfta adlandırılmaktadır. Şönt arızalar faz-toprak, faz-faz, iki faz-toprak ve üç faz kısa devre olarak adlandırılmaktadır. Açık devre arızalar ise herhangi bir fazın kopması, iki fazın kopması veya üç fazın kopması olarak adlandırılmaktadır. Temel olarak elektrik dağıtım şebekelerinde en sık rastlanılan arıza tipi ise faz-toprak arıza durumudur. Şekil 3.5'te OG iletken kopukluğuna ait görüntü gösterilmektedir.



Şekil 3.5. OG iletken kopuğu

### 3.1.4. Devre Kesicilerinden Kaynaklı Yaşanan Kesintiler

Elektrik dağıtım şebekesinde oluşan herhangi bir arıza durumunda sistemin hasar görmesini önlemek için arıza anında, enerji altında şebekenin belli başlı veya tamamını enerjisini keserek açma işlemi için kullanılan koruma elemanları olarak adlandırılmaktadır. Bu açma işlemi sistem içerisinde bulunan hatlarda oluşan kısa devre, asitmerik veya simetrik arızaların oluşması durumunda sistemde büyük ve kalıcı hasarların oluşmasını önlemek için hattın enerji altındaki ark sönmülemeleriyle açma ve kapama yaparak tüm şebekeyi kontrol altına alınabilmektedir.

Devre kesicilerde herhangi bir arıza oluşmadan şebekenin enerjisinin kesilmesi durumunda kesici açma ve kapama işlemi yapıyorsa, bu durum sistemin kontrolsüz olarak çalışıldığı anlamına gelmektedir. Bu durum sistemde oluşan arızaları kontrol ve koordinasyonu sağlayan rölelerin arızalı olduğu veya kalibrasyon işlemlerin yapılmaması durumunda oluşan bir arızadır. Ayrıca oluşan arızaların minimize edilmesi veya arızaların oluşumunu önlemek için koruma amaçlı kullanılan devre kesicileri belli periyotlar ile kontrolü ve bakımı yapılmalıdır. Bunların yanı sıra malzeme imalat hataları, kalibrasyon hatası, yanlış manevra hatası vb. nedenlerden dolayı arızalar oluşabilmektedir (H.Şeker, 2021). Şekil 3.5'te mekanik arızası olan ve kurulamayan kesici örneği gösterilmektedir.



Şekil 3.5. Kurulumu Yapılmayan Kesici

### 3.1.5. İzolatörlerden Kaynaklı Yaşanan Kesintiler

Elektrik iletim ve dağıtım havai hatlarda iletkeni taşımak ve yalıtımı sağlamak için kullanılan, direklerin tepe noktasına montajlanan teçhizattır. Genel olarak izolatörün hasar görmesi durumunda elektrik iletim ve dağıtım şebekesinde oluşabilecek elektriksel arızalar dört temel grupta ele alınabilir. Şekil 3.6'da izolatör kırılmasına ait örnek durum gösterilmektedir.

- Yıldırımlara ve iç aşırı gerilimlerden dolayı gerilim atlamaları
- İzolatörün elektromanyetik kuvvetten dolayı dielektrik delinmesi
- Nemli, kirli ve rutubetli iklim şartlarından dolayı izolatörde deşarj ve atlamaların oluşması
- İmalat hatası olarak üretilen izolatörlerden kaynaklı oluşan arızalar
- Hatalı montajdan dolayı oluşan arızalar (Rumeli, 1990)



Şekil 3.6. İzolatör Kırılması

### 3.1.6. Parafudrlardan Kaynaklı Yaşanan Kesintiler

Elektrik iletim ve dağıtım sistemlerinde oluşabilecek iç aşırı gerilimlere karşı şebekenin hasar görmesini önlemek için kısa devre özelliği sayesinde, iç aşırı gerilimi toprağa şarj ederek sistemdeki tüm teçhizatın zarar görmesini önlemektedir. Şekil 3.7 ve 3.8'de parafudur patlaması ve hasarlanan C faz parafudr içi gösterilmektedir.

Genel olarak tesiste kullanılan bir parafudr işlevsel olarak yapması gereken kriterler;

- Sistem içerisinde kullanılacak olan parafudr aşırı gerilimin şekline ve cinsine uygun olmalıdır.
- Sistem içerisinde oluşacak anma darbe deşarj akımları akarken meydana gelecek artık gerilimler, parafudrun müsaade edilen sınır değerleri aşmamalı ve parafudr aşırı zorlanılmamalıdır.
- Çalışma şartları altında parafudr, müsaade edilen en üst işletme gerilim değerinin altında olmamalıdır.
- Anlık darbelere karşı aktif çalışmalıdır.
- Normal koşullar altında şebekeyi olumsuz yönde etkilememelidir (Erbaş, 2009).



Şekil 3.7. Parafudr patlaması



Şekil 3.8. Hasarlanan C faz parafudr içi (Doğanay, 2022).

### 3.1.7. Saha dağıtım panolarından (SDK)Kaynaklı Yaşanan Kesintiler

Elektrik dağıtımını için kullanılan bir diğer şebeke teçhizatı ise yeraltı iletken çekiminin dış yüzeye alınması için kullanılan elektrik dağıtım panosu veya farklı özel isimler ile adlandırılan TİP BOX veya OSOS panoları olarak adlandırılan AG panolarıdır. Bu panolarda aşırı yüklenmeler, imalat hataları veya dış etkenlerden kaynaklı arızalar meydana gelmekte ve bu nedenle elektrik kesintileri oluşabilmektedir. Şekil 3.9 ve 3.10'da trafo üstü OSOS pano bağlantı hatalarından dolayı yanması ve trafonun devre dışı kalması durumu gösterilmektedir.



**Şekil 3.9.** Trafo Üstü OSOS Pano Bağlantı Hatalarından Dolayı Yanması Ve Trafonun Devre Dışı Kalması



**Şekil 3.10.** dağıtım panosu aydınlatma kontaktör yanması

### 3.2. Harici Faktörlerden Kaynaklı Yaşanan Kesintiler

Dâhili faktörlere bağlı olarak oluşan arızalar elektrik kesintisine neden olduğu ve bunlar üst kısımlarda belli başlı arıza örnekleri ile ifade edilmektedir. Ayrıca harici olarak ifade edilen etkenlere bağlı olarak elektrik iletim ve dağıtım şebekelerinde arızalar meydana gelebilmektedir. Harici faktörler, iklim şartlarına ve hava olayları, afetler gibi durumların oluşumuyla meydana gelen kesintilerdir.

#### 3.2.1. Doğa olaylarından Kaynaklı Yaşanan Kesintiler

Elektrik tesislerinde doğa olaylarından kaynaklanan kesintiler, çeşitli doğal faktörlerin etkisiyle oluşan elektrik enerjisi arızaları olarak ortaya çıkar. Bu tür kesintiler, genellikle doğal afetler veya çevresel koşulların etkisi altında meydana gelir. İşte elektrik tesislerinde doğa olaylarından kaynaklanan kesintilere örnekler: Şiddetli fırtınalar ve yıldırım çarpmaları elektrik hatlarının zarar görmesine neden olabilir. Yıldırım, elektrik hatlarının üzerine düştüğünde veya yakınında patladığında cihazlarda ve hatlarda ciddi hasara yol açabilir. Diğer bir durum ise güçlü rüzgarlar, ağaçların devrilmesi veya dalların kopması gibi durumları tetikleyebilir. Bu tür olaylar, elektrik hatlarının kırılmasına veya kopmasına neden olarak kesintilere yol açabilir. Aşırı kar yağışı veya buzlanma, elektrik hatlarının üzerine binen ağırlık nedeniyle hatların kırılmasına veya düşmesine yol açabilir. Bu tür durumlar, elektrik hatlarının geçtiği bölgelerde sık görülen kesinti nedenlerindedir. Diğer yandan şiddetli yağışlar veya sel, toprak kaymalarına ve erozyona neden olarak elektrik hatlarını etkileyebilir. Toprak kaymaları, direklerin devrilmesine veya hatların zarar görmesine yol açabilir. Son zamanlarda gündemden düşmeyen depremler ise, elektrik hatlarını zarar verebilecek şekillerde etkileyebilir. Direklerin devrilmesi, kabloların kopması ve altyapının zarar görmesi gibi durumlar depremlerden kaynaklanan kesintilere yol açabilir. Ayrıca, aşırı sıcak hava dalgaları, transformatörler ve diğer elektrik ekipmanlarının aşırı ısınmasına neden olabilir. Bu da ekipman arızalarına ve kesintilere yol açabilir. Son olarak orman yangınları, elektrik hatlarına yaklaşarak hatların zarar görmesine veya elektrik altyapısını etkilemesine neden olabilir. Bu doğa olaylarından kaynaklanan kesintileri engellemek veya etkilerini minimize etmek için elektrik altyapısı tasarımında dayanıklılık ve güvenilirlik önlemleri alınması önemlidir.

### 3.2.1.1. Şiddetli Rüzgârlardan Kaynaklı Yaşanan Kesintiler

Elektrik iletim ve dağıtım sisteminin yapıldığı güzergah veya yerleşim yerlerinde rüzgara bağlı olarak enerji sisteminde bazı elektriksel arızalar meydana gelebilmektedir. Rüzgâr nedeniyle oluşan arızalar ve şarjlı havalarda yıldırım kaynaklı oluşan arızalar Şekil 3.11 ve 3.12’de gösterilmektedir.

- Rüzgar şiddetine bağlı olarak devrilen ağacın enerji nakil güzergahında olması ve devrilmesi sonucu nakil hattının zarar görmesi,
- Şiddetli rüzgârlarda enerji nakil hatlarının da bulunan direklerin salınımına bağlı olarak devrilmesi veya bükülmesi sonucu kısa devre durumlarının oluşması,
- Rüzgarın şiddetine bağlı olarak iletim hatlarının kopması veya hatların birbirine değmesi sonucu kısa devre oluşumu.



Şekil 3.11. Rüzgâr nedeniyle oluşan arızalar



Şekil 3.12. Şarjlı havalarda yıldırım kaynaklı oluşan arızalar (Doğanay, 2022).

### 3.2.1.2. Yıldırım ve Buzlanmadan Kaynaklı Yaşanan Kesintiler

Elektrik iletim ve dağıtım şebekelerine dâhil olarak arıza oluşumuna neden olan bir diğer atmosferik olay ise yıldırımın yağmurlu ve nemli havalarda deşarj olması durumudur. Bu durum havai dağıtım şebekesi hatlarında iç aşırı gerilimlere neden olduğundan enerji nakil sistemi teçhizatlarında hasar oluşmaktadır. Bu durum enerjinin sekteye uğramasına neden olabilmektedir. Şebekede kullanılan parafudr iç - dış aşırı gerilimlere karşı hatta oluşabilecek hasarı önlemek için gerilimi toprağa şarj etmesi istenilmektedir. Aksi durumda sistemde mevcut olan teçhizatın hasar görmesine neden olmaktadır. Fırtına ve kar nedeniyle hat kopması durumu örnek olarak Şekil 3.13'te gösterilmektedir.



Şekil 3.13. Fırtına ve kar nedeniyle hat kopması (Doğanay, 2022).

Havai hatlarda güzergahın geçtiği elektrik dağıtım şebekesinin iklim şartlarına bağlı olarak buz yükünden dolayı hatlarda kopmalar meydana gelebilmektedir. Bu sebeple dağıtım şebekesi güzergahının belirlenmiş olan buz yükü bölgesine göre seçim yapılarak projelendirmesi gerekmektedir. Bölgenin coğrafi ve iklim şartları göz ardı edilerek yapılacak olan havai dağıtım şebekesi yanlış hesaplamalar sonucu iklim koşullarına bağlı olarak oluşabilecek germe ve buz yükünden dolayı dağıtım sisteminde hat kopmaları, açık devre arızalara sebep olacağından enerji sürekliliği aksayacaktır (N.C.Gençer, 2015).

### 3.2.1.3. Hayvanlardan Kaynaklı Yaşanan Kesintiler

Elektrik iletim ve dağıtım sistemlerinin havai ve yeraltı hatlarında arıza oluşumuna etki eden bir diğer faktörler ise hayvanlar olabilmektedir.

Havai hatlarında direklere tırmanarak iletkenlere zarar verilmesi veya iletim hatlarına çıkmaları sonucu fazların birbiri ile köprüleyerek hatlarda simetrik ve asimetrik arıza oluşumuna neden olabilmektedirler. Hayvan kaynaklı oluşan arızalara örnek durumlar Şekil 3.14'te gösterilmektedir.



Şekil 3.14. Hayvan kaynaklı oluşan arızalar

Yeraltı kablolarında ise kemirgen hayvanlar tarafında iletkenin izolasyonuna zarar verilmesiyle yağmurlu havalarda yeraltına sızan su sonucu hatlar arasında oluşan kısa devre durumları meydana gelebilmektedir. Hava hatlarda farklı kuş türlerinin direk tepelerinde yapmış oldukları yuvalar ile hatlarda arıza oluşumuna sebebiyet verebilmektedirler. Bu durumlar için havai hatlarının direk tepelerine kuş konmazlar konularak olası arıza oluşumlarının önüne geçilebilmektedir. Kuş konmaza ait örnek durumlar Şekil 3.15'te gösterilmektedir.



Şekil 3.15. Kuş Konmaz

Soğuk ve aşırı sıcak havalarda, kapalı alan olan kök bina, trafo binası, dağıtım binası, trafo panosu, kök bina içerisindeki hücrelerine giren sürüngen hayvanlar arızalara sebep olmaktadır. Enerjili baralara girip çarpılma durumunun yaşanması kısa devre arızalarına, kemirgen hayvanların koruma elemanlarına zarar vermesinden kaynaklı hatların açılması gibi durumlara sebep olmaktadır.

#### 3.2.1.4. Doğal Afetlerden Kaynaklı Yaşanan Kesintiler

Elektrik iletim ve dağıtım sistemlerinde şebeke içerisinde arıza oluşumuna etki eden diğer faktörler arasına doğal afetlere yer verilmektedir. Doğal afetin elektrik dağıtım sistemine etki ettiği hususlar, elektrik dağıtım güzergâhının geçtiği yerlerde toprak kayması, şiddetli rüzgârlar, çığ, sel ve deprem sonucunda direklerin hasar görmesi ve ya devrilmesi sonucu hatlar arasında oluşan simetrik ve asimetrik arızalardan dolayı şebeke içerisinde elektrik kesintilerinin yaşanması neden olabilmektedir. Ayrıca bunun dışında yüksek gerilimin geçeceği güzergâhlarda iletkenlerin arasında ark oluşumuna bağlı olarak yanıcı maddelerin bulunduğu güzergâhta çevresel faktörler baz alınarak dikkatli olunması gerekmektedir.

Kırsal kesimlerde elektrik dağıtımını için kullanılan ağaç direklerin, ortaya çıkan yangınlardan dolayı zarar görmesi sonucu iletkenler arasında kısa devre durumları oluşabilmektedir. Toprak kaymasına ait örnek durumlar Şekil 3.16’da gösterilmektedir.



Şekil 3.16. Toprak Kayması

### 3.2.1.5. İnsanlardan Kaynaklı Yaşanan Kesintiler

İnsan faktörü dağıtım şebekelerinde kasıtlı veya istemsiz olarak şebekeye zarar verebilmektedir. Bunlardan en sık yaşanan trafik kazaları sonucu araçların elektrik direklerine çarpmasıyla direğin devrilmesi veya eğilmesi ile hatlarda oluşan kısa devrelerin meydana gelmesi durumlarıdır. Ayrıca iş makinalarının iletkenlere çarpması sonucu iletkenlerin kopması ve hatların zarar görmesinden dolayı oluşan arızalarda ele alınabilir. Yer altı tesisi kapsamında kullanılan sayaç panolarının trafik kazalarına bağlı olarak hasar alması sonucu oluşan elektrik arızaları enerji kesintilerine neden olabilmektedir.

### 3.2.1.6. Bildirimli İşlemlerden Kaynaklı Yaşanan Kesintiler

Elektrik dağıtım sistemlerinde faaliyet gösteren yetkili firma, bakım, onarım, yük aktarımları, yatırım projeleri, üçüncü şahıs çalışmaları gibi durumlarda elektrik

enerjisinin kesilmesi gerektiğinde, bu kesintilerin planlanmasına önceden karar verilir. Bu planlamalar çerçevesinde, elektrik kullanıcılarına, çalışmanın gerçekleşeceği tarihten 48 saat önce ilgili internet sitesi üzerinden ve SMS yoluyla kesintinin başlangıç ve bitiş zamanı hakkında bilgi sunulur. Bu ayrıntılı bilgilendirme yaklaşımı, kesintilerin müşteri algısı ve ekonomik etkisi üzerindeki olumsuz etkiyi büyük ölçüde azaltmaktadır.

### **3.2.1.7. Personel hatalarından Kaynaklı Yaşanan Kesintiler**

Enerji tedarikinin sağlanması için dağıtım şirketi bünyesinde çalışan teknik personellerden kaynaklı şebekede elektrik kesintileri oluşabilmektedir. Bunlar oluşumuna sebep olan etkenler ise;

- Teknik elemanın yanlış manevra yapması
- Ekipmanın veya teçhizatın yanlış monte edilmesi
- Tesis yapım teknik şartnamesine uyulmaması
- Hatalı işçilik
- Teknik elemanın yetersiz bilgiye sahip olması

### **3.2.1.8. Trafik Kazaları ve Kazı Çalışmalarından Kaynaklı Yaşanan Kesintiler**

Trafik kazaları sonucu direk devrilmeleri veya elektrik panolarına araçların çarpması sonucu oluşan kazalar neticesinde elektrik kesintileri oluşabilmektedir. Aynı zamanda iş makinalarının havai hattın bulunduğu yerlerde çalışma esnasında hattın yerden olan yüksekliği dikkat edilmemesi ile havai hatlarda hasar oluşmasına sebebiyet verebilmektedir.

Ayrıca yeraltında bulunan kabloların kazı çalışması esnasında hasar görmesi, kopması ve ya zarar görmesi sonucu elektrik arızaları oluşumuna sebebiyet olmaktadır. Araç çarpması ve inşaat kazısına örnek durumlar Şekil 3.17 ve Şekil 3.18'de gösterilmektedir.



Şekil 3.17. Araç çarpması



Şekil 3.18. İnşaat kazısı

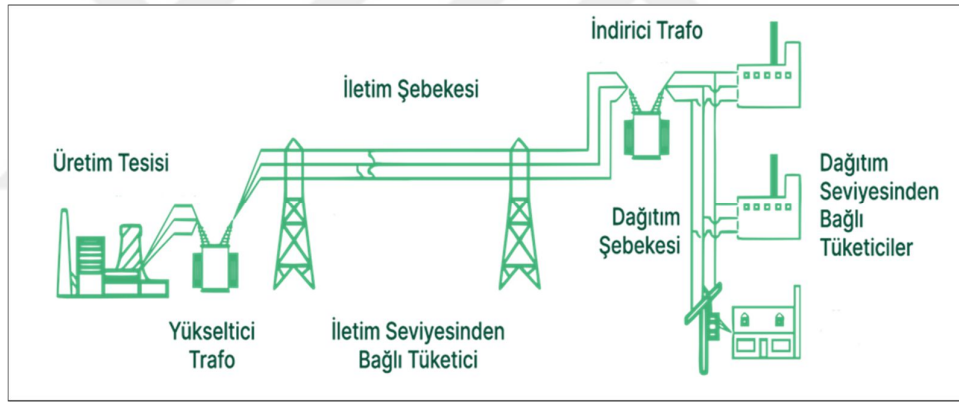
Kazı çalışmalarında yapılmadan önce, kazıyı yapacak kurum çalışmanın yapılacağı güzergâhta elektrik dağıtım firması ile görüşerek yer altı şebekesi ile ilgili bilgi alınmalıdır. Koordinat ya da proje bilgisi alındıktan sonra alt yapı kazı çalışması yapılması olası elektrik arızalarının önüne geçilecektir.

### 3.2.1.9. Toplumsal olaylar ve Vandalizmden Kaynaklı Yaşanan Kesintiler

Elektrik dağıtım şebekesinde insanların, bilinçli olarak dağıtım şebekesine zarar vermesi veya şebekeye usulsüz olarak bağlantı sağlayarak enerjinin kesilmesine neden olabilmektedir. Ayrıca yetkili olmayan şahısların dağıtım şebekesine müdahale etmesinden dolayı dağıtım şebekesinde uzun süre enerji kesintilerine neden olabilmektedirler.

#### 4. ELEKTRİK DAĞITIM ŞEBEKESİ

Elektrik, tüketicilere tedarik edilmesi için üretilmiş, iletim ve dağıtımını sağlanan ağ yapılı bir sistemdir (Şekil 4.1). Bu yapı üretilen enerjinin, enerji nakil hatları ile belli mesafelere taşınması ve tüketilmek üzere kullanıcılara tedarikin sağlandığı bir yapıdır. Elektrik enerjisinin üretildiği santraller yerleşim yerlerinde uzak mesafelerde olmalı ve üretimi mümkün olmayan yerlere iletilmesi ve dağıtılması gerekmektedir. Elektrik iletimin yapıldığı sistemlere iletim hatları olarak adlandırılırken, tüketiciye enerji tedariki sağlandığın son branşman noktasından itibaren elektrik dağıtım şebekesi olarak adlandırılmaktadır. Bu ağ topolojisi tesis edilirken enerjinin üretilmesinden, iletilmesinden ve dağıtım noktasına kadar güvenli ve kesintisiz bir biçimde enerji tedariki sağlanmalıdır.



Şekil 4.1. Elektrik İletim/Dağıtım Sistemi

Elektrik enerji sistemleri üretilmesinden, iletilmesinden ve dağıtım noktasına kadar farklı gerilim seviyeleri bulunmaktadır. Bu gerilim seviyeleri teknik özellikleri bakımında gereksinim olmasından ve tesisin maliyeti açısından önem arz etmektedir. Genel olarak üretilen elektrik enerjisi düşük gerilim seviyesinde ve yüksek akım değerlerine sahip olmasından dolayı üretilen bu enerjiyi taşımak oldukça maliyetli olmaktadır. Üretilen bu enerjinin farklı gerilim seviyelerine dönüştürülmesiyle, iletim ve dağıtım maliyetlerini makul seviyelere indirmek için yapılan teknik çalışmalar sonucu farklı gerilim seviyeleri ortaya çıkmaktadır.

Bu gerilim seviyeleri ise;

- Alçak gerilim şebekeleri (AG) (0 – 1000V arası)
- Orta gerilim şebekeleri (OG) (1000V – 35000 V arası)

- Yüksek gerilim şebekeleri (YG) (35000V – 154000V arası)
- Çok yüksek gerilim şebekeleri (ÇYG) (154000V ve üzeri) (İ.Tosun, 2014)

Genel olarak enerjinin üretilmesi, iletilmesi ve dağıtım noktasından itibaren yerleşim yerlerine enerji nakil hatları ile enerji dağıtım şebekesinin mevcut olduğu noktalarda sisteme dâhil edilecek olan teçhizatların, malzemelerin ve alıcıların uygun standartlarda olması gerekmektedir. Ayrıca şebekeye bağlanılacak olan alıcıların şebekenin çalışma koşullarına uygun ve işletme koşulları ile eşdeğer seviyelerde olması gerekmektedir.

Çalışma kapsamında elektrik dağıtım şebekelerinde elektrik enerjisinin dağıtılması, enerji sürekliliğinin sağlanması, farklı tip ve farklı uygulama teknikleri ile kullanılan şebeke sistemleri mevcut olup enerjinin kesintisiz olarak işletilmesi için kullanılan dağıtım şebekeleri ise;

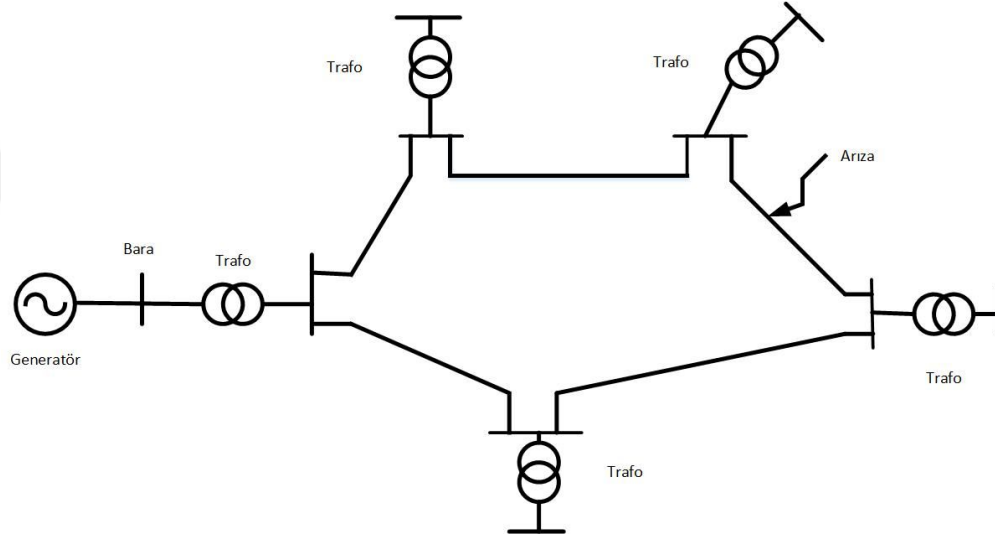
- Dal-budak (ağaç topolojisi) şebekeler
- Ring (halka) şebekeler
- Ağ gözlü şebekeler
- Enterkonnekte (giriş-çıkış bağlantılı) şebekeler olarak adlandırılmaktadır.

#### 4.1. Dal-Budak Şebekeler

Dal-budak şebekeler şehir merkezleri ile kırsal yerleşim yerlerine elektrik enerjisinin tedarikinin sağlanması için tek noktadan dağıtımın yapıldığı ve ağaç topolojisine benzeyen şebeke tipi olarak adlandırılmaktadır (Şekil 4.2). Bu dağıtım tekniği ana dağıtım kaynağından alınan enerjinin tüketim yerleri olan iş yerleri, imalathaneler, ibadethaneler, yaşam alanları ve aydınlatmanın sağlandığı sokak ve caddeler için yapılan alt yapı tesis çalışması olarak da ifade edilebilmektedir. Bu tekniğinin kurulumunun kolay ve az maliyetli olması bir avantaj iken enerjinin tek noktadan beslenilmesinden dolayı enerjinin alındığı noktada herhangi bir arıza oluşması durumunda tüm sistemin enerjisiz kalmasına neden olmaktadır.



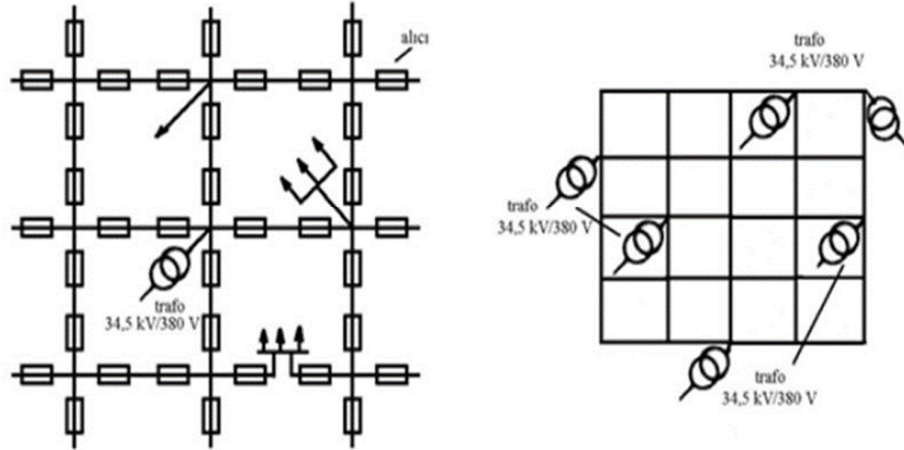
birbirine paralel olarak bağlandığı, kapalı olarak işletilen bir dağıtım şebekesi modelidir. Bu modelin en büyük avantajı şebekenin herhangi bir noktasında arıza oluşması sonucu arızanın olduğu nokta devre dışı bırakılarak enerji tedariki diğer kollarından sağlanır ve kesintisiz bir enerji kaynağı sunulmuş olmaktadır. Bu modelin en büyük dezavantajı sistemin kurulum maliyetlerinin yüksek olmasından dolayı çok fazla tercih edilmemektedir. Bu uygulama türü genel olarak enerji tedarikinin önemli olduğu ve enerji sürekliliği istenilen yerleşim alanları için tercih edilmektedir.



Şekil 4.3. Ring şebeke

### 4.3. Ağ Gözlü Şebekeler

Ağ gözlü şebeke modeli şehir merkezleri ile kırsal yerleşim alanları için uygulanan bir dağıtım şebekesi modelidir (Şekil 4.4). Bu şebeke modeli ring şebekelerde olduğu gibi enerji sürekliliğinin olması istenilen yerler için tercih edilmektedir. Fakat bu sistemin ring sisteminden farkı şebekede oluşan arızanın, sadece arızanın olduğu noktadaki enerjisi kesilerek şebekenin aktif olarak çalışmasının sağlanması amaçlanmaktadır. Ayrıca yüksek güçlü yüklerin şebekeye bağlanması ve işletilmesi için tercih edilen şebeke modelidir. Bu şebekenin en önemli dezavantajı ise sisteminin kurulum maliyetinin yüksek olmasından dolayı pek yaygın değildir.



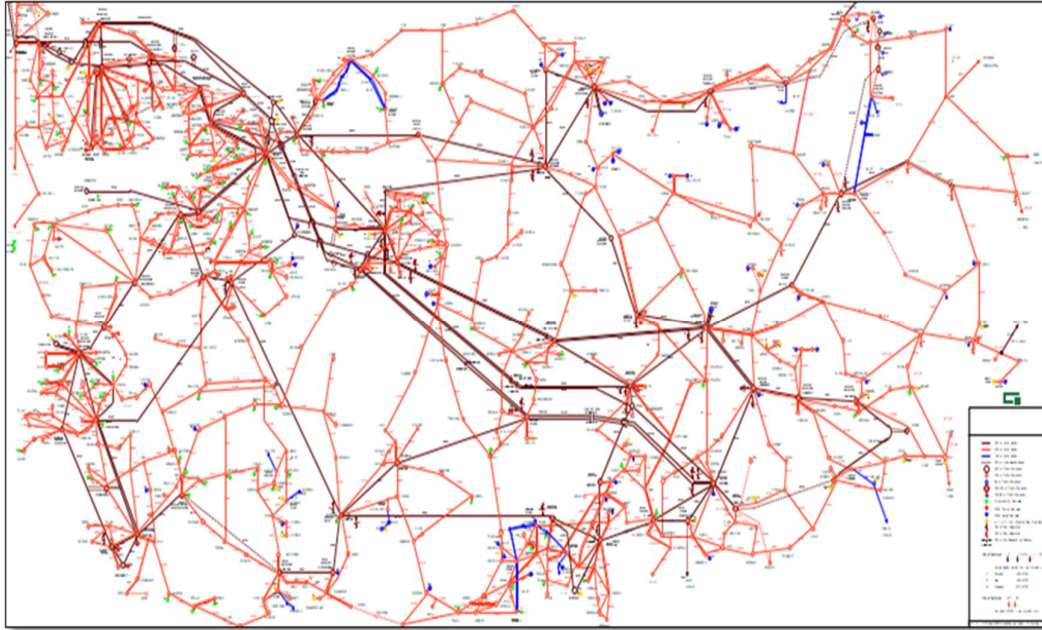
Şekil 4.4. Ağ gözlü şebeke

Şekil 4.4'te verilen ağ modelinin tüm şebekeyi bir ağ gibi örmesiyle şebekede oluşabilecek herhangi bir noktadaki, arıza durumunda o noktadaki koruma elemanı enerji keserek hattın diğer bağlantı noktasından enerji tedariki sağlanabilmektedir.

#### 4.4. Enterkonnekte Şebekeler

Ülkenin tamamının veya belirli sabit bölgelerinin enerji taleplerini karşılamak üzere üretim yoluyla merkezler arasında enerji transferini sağlayan bir iletim ve dağıtım ağı, İngilizce kaynaklı "interconnect" terimiyle ifade edilmekte ve bu yapı bağlaşımlı bir sistem olarak adlandırılmaktadır (Şekil 4.5). Bu tip ağlarda, uzak bölgelerdeki yoğunlaştırılmış enerji üretimi ve iletimi arasında ayırım yapılmadan, sistem içerisindeki bağlantılar sağlanır. Genellikle, uzak bölgelerdeki enerji üretim tesisleri ile şehir merkezleri, köyler, üretim merkezleri arasındaki enerji transferi, iletim şebekeleri ve bağlaşımlı sistemler aracılığıyla gerçekleştirilir.

Enterkonnekte şebekelerin birbirleri ile bağlantı olmasından dolayı sistemin enerji sürekliliği ve maliyet açısından büyük kazanımlar sağlamaktadır. Bu kazanımlar ise sistemin içerisinde birbirine bağlı olan üretim ve dağıtım merkezleri senkron bir şekilde işletilmesi sayesinde sistem içerisinde oluşabilecek herhangi bir arıza durumunda sistem içerisinde mevcut olan kısım şebekeden izole edilerek enerji sürekliliği sağlanmaktadır. Bu süreklilik ise enerji kesintilerinin olduğu bölgelerde diğer dağıtım merkezlerinde tedarik sağlanarak enerji sürekliliği de sağlanmış olur.



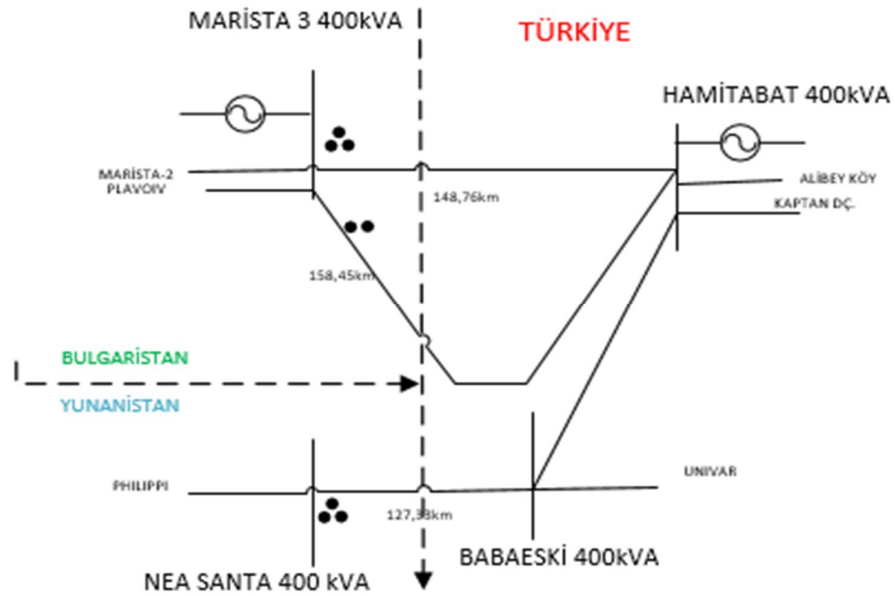
**Şekil 4.5.** Türkiye Enterkonnekte Sistemi

Enterkonnekte enerji iletim ve dağıtım şebekesi diğer dağıtım modellerinde olduğu gibi enerji sürekliliği sağlanması ve yüksek verimli bir işleyiş sağlanması ve maliyet açısından kazanımlar sağlamasından dolayı sistemi bu hususlarda avantaj sağlayabilmektedir. Bu sistemin sakıncaları ise sistem içerisinde taşınan güçlerin çok yüksek olmasından dolayı sistemde oluşabilecek herhangi bir arıza esnasında sistemin kararlı bir biçimde işletilmesi güç ve zorlukları mevcuttur. Ayrıca bu sistemin kompleks bir yapıda olmasından dolayı sistemi bir bürün olarak analiz edilerek iletim ağının güç ve yük akışı sürekli olarak aktif bir biçimde izlenilmesi ve güncel bir şekilde tutularak sistemi kararlı bir şekilde işletilmesi gerekmektedir.

Enterkonnekte yapıdaki iletim sistemlerinde ise sistemi etkileyen en önemli faktör ise kararlı olarak sistemin işletilmesi olmasından dolayı sistem içerisine dahil edilen üretim santrallerinin frekans kararlılığı bu hususta önemli bir faktördür. Ayrıca bu faktör bazında sistem kararlılığını etkileyen bir diğer husus ise gerilim kararlılığı olarak izah edilebilir. Genel olarak enterkonnekte sistemin kararlı bir biçimde işletilmesi sistemin gerilim ve frekans kararlılığı olan iki temel faktöre dikkat edilmesi gerekmektedir. Aksi durumda sistemin bu iki temel faktör uygun çalışma koşulları işletilmemesi durumda sistemin tamamen enerjisiz kalmasına neden olabilmektedir.

Enterkonnekte sistemi ülkemizde TEİAŞ tarafında işletilerek tüm ülkenin enerji ihtiyacının karşılanması için faal olarak çalışmalar yürütmektedir. Bu faaliyetler ülkenin farklı il müdürlükleri ve bölge müdürlükleri tarafından koordineli olarak senkron bir

şekilde yürütülmektedir. Ayrıca ülkemizin enterkonnekte sistemi diğer ülkeler ile enerji ihtiyacının karşılanması için birbirileri ile bağlantı olarak işletilmektedir. Bu ülkelerden bazıları ise Rusya, Suriye, Bulgaristan, Irak ve Gürcistan ülkeleri ile elektrik şebekeleri ile bağlantılıdır (Şekil 4.6.) (Karakaş, 2015).

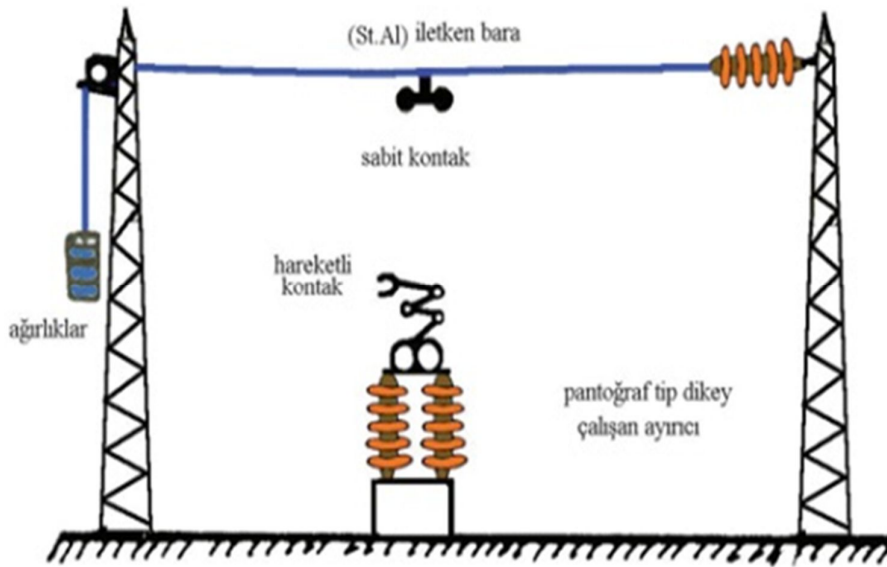


Şekil 4.6. Türkiye- Bulgaristan/Yunanistan Enterkonnekte Sistem

## 5. BARA SİSTEMLERİ

Aynı gerilim ve frekansta iletilen elektrik enerjisinin merkezi toplandığı ve dağıtıldığı ünitesine "Bara" denilmektedir (Şekil 5.1). Büyük akım gereksinimi olan enerji, harici devrelere ve abonelere baralar aracılığıyla iletilir. Baralar, elektrik enerjisinin kontrolü ve yönetimi için gerekli olan ünitelerin birbirleriyle bağlantısını sağlarlar. Bu nedenle, baralar yüksek iletkenlik özelliklerine sahiptir. Bara elemanları, farklı metallerden, özellikle bakır ve alüminyumdan üretilmektedir. Bakır baralar, alüminyum baralara göre %25 daha fazla akım taşıma kapasitesine sahiptir.

- Bakır levha veya alüminyum levha
- Bakır boru veya alüminyum boru
- Çelik takviyeli (ST-Al) alüminyum iletken



Şekil 5.1. Bara Sistemleri (Çelik, 1987).

İç tesisat yapılarında kullanılan baralar, düz levha formunda tasarlanırken, dış tesisat uygulamalarında borular veya ST-Al (çelik takviyeli alüminyum) iletkenler tercih edilmektedir (Şekil 5.2). İç tesisat düzenlemelerindeki baraların, faz sıralarını ayırt etmek amacıyla Sarı (R), Yeşil (S) ve Mor (T) renklerinde boyandığı gözlenmektedir.



Şekil 5.2. Baralar

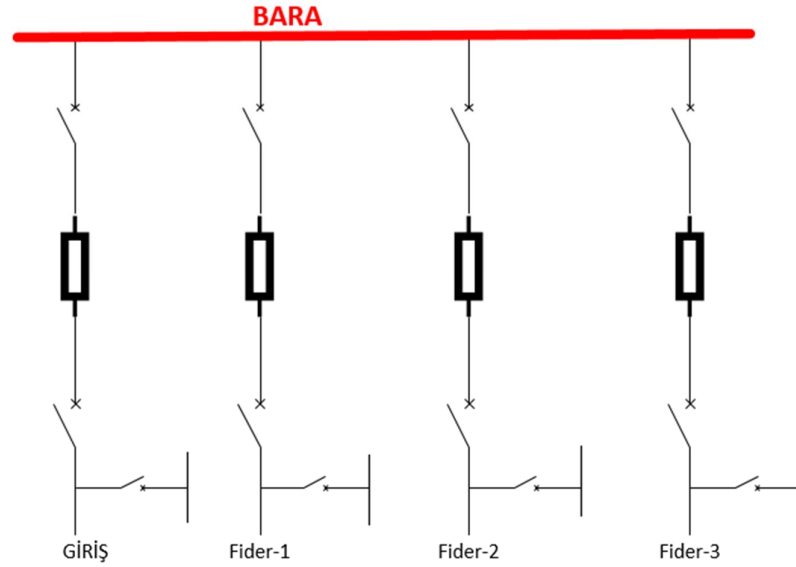
Bara üzerinde taşınan enerji, fiderler aracılığıyla dağıtılır. Dağıtım altyapılarında kullanılan bara düzenlemeleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Tek Bara Düzenlemesi
- By-Pass Ayırıcı Bara Düzenlemesi
- Transfer Bara Düzenlemesi
- Çift Bara Düzenlemeleri

Dağıtım sektöründe, Tek Bara ve Transfer Bara düzenlemeleri en yaygın olarak kullanılan modellerdir (Çelik, 1987). Fider, elektrik dağıtım baralarından doğrudan enerji abonelerine yönlendiren besleme hatlarını ifade eder.

### 5.1. Tek Bara Sistemi

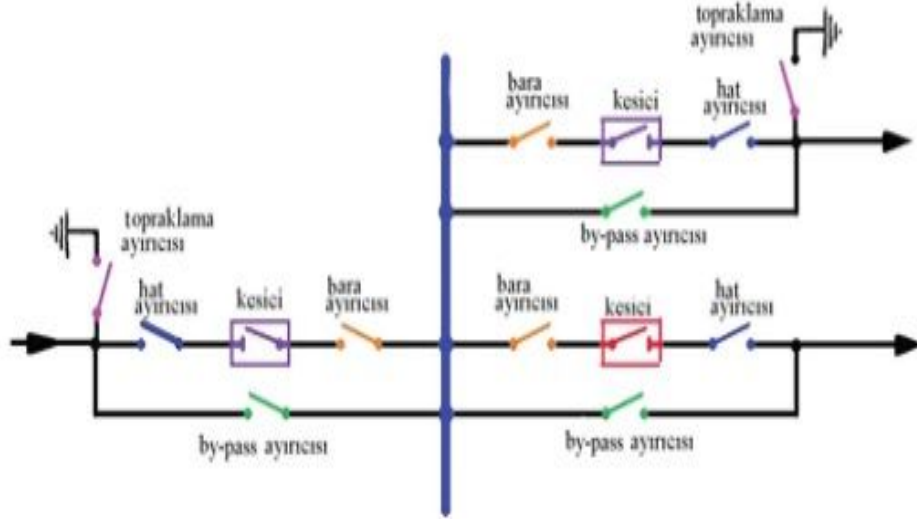
Tek bara sisteminde bir bara bulunur ve elektrik şebekesinde en fazla kullanılan bara sistemidir (Şekil 5.3). Maliyeti ucuz ancak herhangi bir kesinti esnasında sistemin alternatif besleme kaynağı olmaksızın enerjisiz kalması nedeniyle işletmesel anlamda güvenli değildir. Giriş ve çıkışlar aynı baraya bağlanır. Şebekede ya da kesicide oluşacak herhangi bir kesintide enerji tedarik sürekliliği sağlanamaz.



Şekil 5.3. Tek Bara Sistemi (Çelik, 1987).

## 5.2. By-Pass Ayırıcılı Tek Bara Sistemi

Tek baralı sistemde, bara ve by-pass ayırıcı elemanları kullanılarak baralar segmentlere ayrılabilir. Herhangi bir arıza durumunda veya bakım kesintisinde, ilgili fider devreden çıkartılarak enerji tedarik sürekliliği sağlanır(Şekil5.4). Fider kesicilerinin bakımı sırasında elektrik kesilmesi gerekir. Elektrik kesintisi kabul edilemezse, kesici yerine geçen by-pass ayırıcısı devreye alınır. By-pass ayırıcısı kullanımı sırasında fider, besleme sürecinde korumasız hale gelir. Bu da arıza anında fiderdeki sorunun daha geniş bir alana yayılmasına neden olabilir. Tek baralı sistem, kesintinin kritik olmadığı yerlerde tercih edilir. Dağıtım hatlarının çift taraflı beslemeye sahip olması nedeniyle by-pass ayırıcısı kullanımı yaygındır.

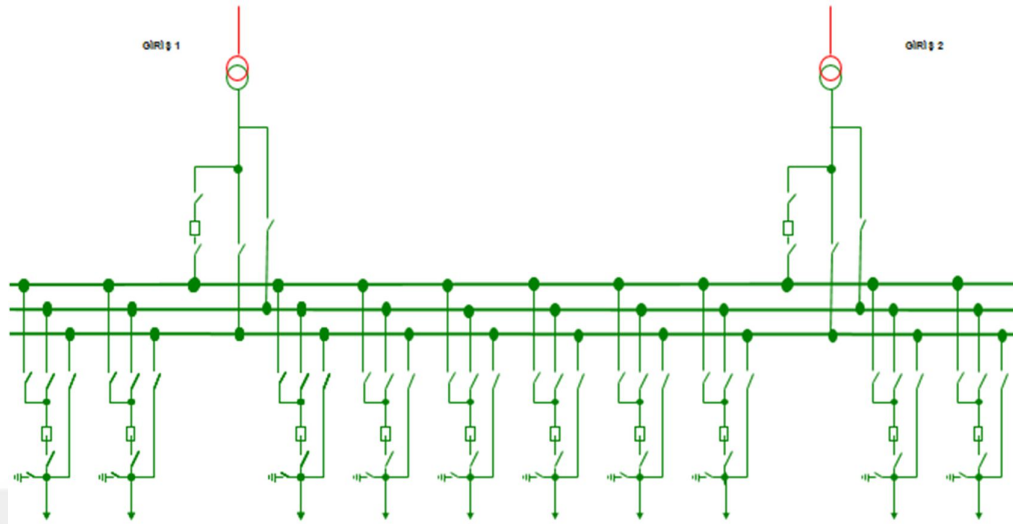


Şekil 5.4. By-Pass Ayırıcılı Tek Bara Sistemi (Çelik, 1987).

### 5.3. Transfer Bara Sistemi

Transfer baralı sistemde, ana bara faal durumda iken, enerji transfer baraya aktarılırken transfer bara ayırıcıları açık pozisyonundadır. Enerjinin ana baradan transfer bara aktarılması için transfer bara ayırıcıları kapatılır. Daha sonra transfer ana bara ayırıcısı açılır. Ayırıcıların açılıp kapanması sırasında hataların önlenmesi için bir ayırıcı açıldığında diğeri kapanabilen ayırıcılar kullanılır (Şekil 5.5).

- İlk yatırım maliyeti yüksek
- Kesiciler bakım için servis harici yapılabilir.
- Tek baraya göre yüksek arz güvenliği
- Barada veya kesicilerde meydana gelebilecek arıza durumunda dağıtım sisteminin enerjisiz kalması

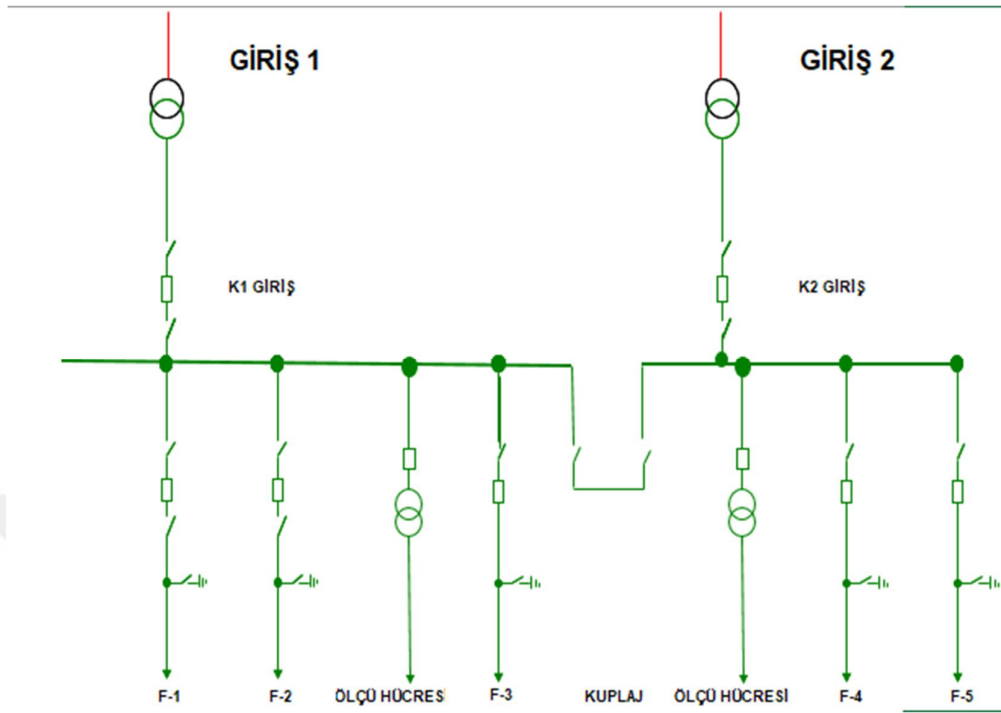


Şekil 5.5. Transfer Bara Sistemi (Çelik, 1987).

#### 5.4. Çift Bara Sistemi

Enerji temini konusunda dağıtım şebekesi sistemlerinde tercih edilen bir bara yapısı olan Çift Bara Sistemi, enerji dağıtımının gerçekleştirildiği bir tesis içinde uygulanmaktadır. Bu sistemde, iki ayrı enerji bara birbirine bağlıdır. Çift baralı sistem, çift girişli hatlar veya çift transformatörün kullanıldığı merkezlerde yer almaktadır. Bu düzenlemeye sahip olan sistemde, bir barda meydana gelen kesinti, arıza, bakım ya da yük paylaşımı durumlarında ilgili bara boşaltılır ve yük, diğer baraya aktarılır. Yük alınan barada gerekli bakım, arıza giderme veya temizlik gibi işlemler gerçekleştirildikten sonra yükler eski durumuna getirilir. Tek bir tesis içerisinde, iki farklı trafonun ayrı baralar üzerinden ayrı fiderlere enerji tedariki yapması olanaklıdır. Bu sayede, özellikle yüksek kısa devre yüküne sahip trafoların merkezlerinde, kısa devre yükünün etkilerini azaltma amacıyla kullanılmaktadır (Şekil 5.6).

- Her hatta iki kesici ile yüksek arz güvenliği
- Bakımı kolay
- Alternatif besleme kolaylığıyla işletmesel esneklik sağlar
- İlk maliyeti yüksek



Şekil 5.6. Çift Bara Sistemi (Çelik, 1987).

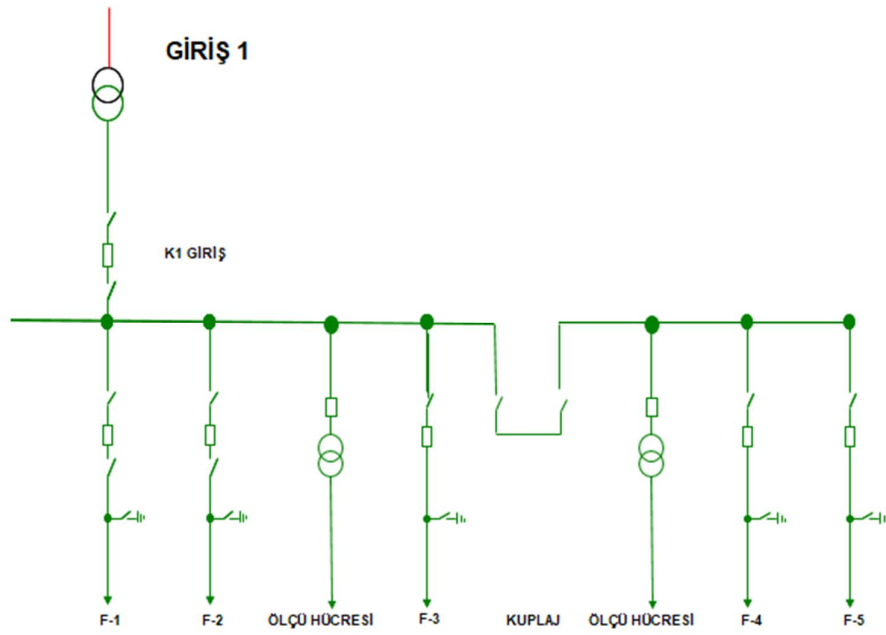
#### 5.4.1. Çift Bara/Tek Kesici Sistemi

- Çift bara sayesinde işletmesel kolaylık
- Bakım esnasında her iki bara da enerjisiz kalabilir
- Transfer için ilave kesici gerekir
- Tek baradan beslenme durumunda risk yüksek
- Bara kesicisinde arızaolursa tüm çıkışlar devre dışı kalır

#### 5.4.2. Ring Bara Sistemi

Ring Bara Sistemine ait örnek şema Şekil 5.7’de gösterilmektedir.

- Yatırım maliyeti düşük
- Her çıkış için ayrı kesici
- Ana bara olmadan çalışabilme
- Bakımı kolay
- Baranın ikiye bölünmesi ile enerji kesintisinde alternatif besleme
- İşletme ve koruma elemanları karmaşık
- İlave ölçüm cihazları



Şekil 5.7. Ring Bara Sistemi (Çelik, 1987).

### 5.4.3. Breaker and a Half Bara Sistemi

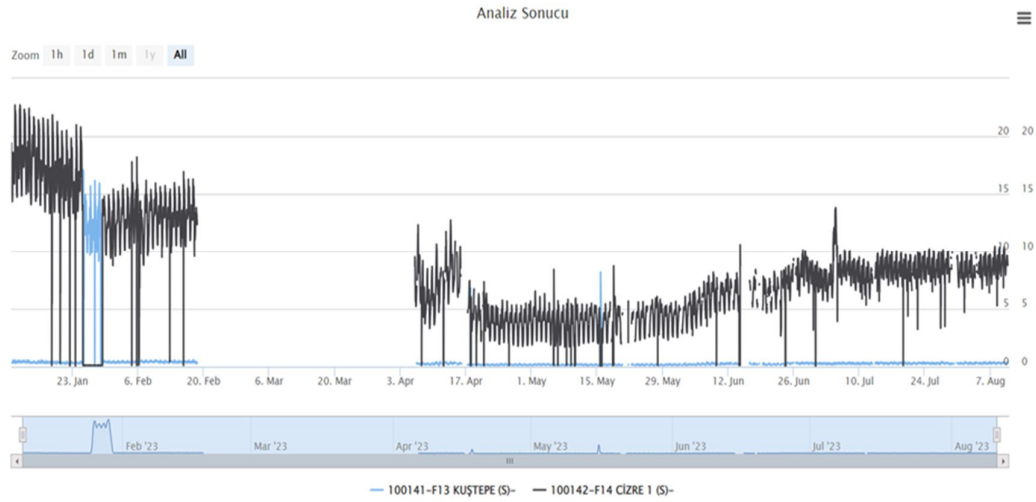
Braker ve Half bara Sistemi;

- Arz güvenilirliği fazla olması
- Oluşacak arızanın kesicide kalabilmesi
- Tüm elektrik manevraları kesici ile yapılır
- Her bir devre için 1,5 kesici gerekmesi
- Kumanda yapısının karmaşık



## 6.1. Ring Modelde Oluşan Arızalar ve Kuplajsız Durum

Dicle Elektrik Dağıtım Şirketinin kullanmış olduğu CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi); bölge imarının üstüne dağıtım şebekesi entegre edilmiş bir sistemdir (Şekil 6.1) Sarı renk ile belirtilen F-14 fiderinin enerjilendiği bölgedir. Mavi renk ile boyanan yer ise F-13 fiderinin enerjilendirildiği bölgedir. Resimde her iki rengin yani fiderin aynı kök binada birleştiği görülmektedir. Arıza ya da kesinti durumunda, enerjisiz kalan bölgeyi diğer fiderden besleme olanağı mevcuttur. Böylelikle enerjisiz aboneler kalmadan arıza giderilebilir ve tedarik sürekliliği sağlanabilir. Ayrıca ring şebekesinde bulunan Kuplaj hücresi, iki ayrı kaynağın girişinin olduğu hücre olup otomatik manevra yapma özelliğine sahip, bu sayede manevra süresinde zaman kaybına sebebiyet vermemektedir.

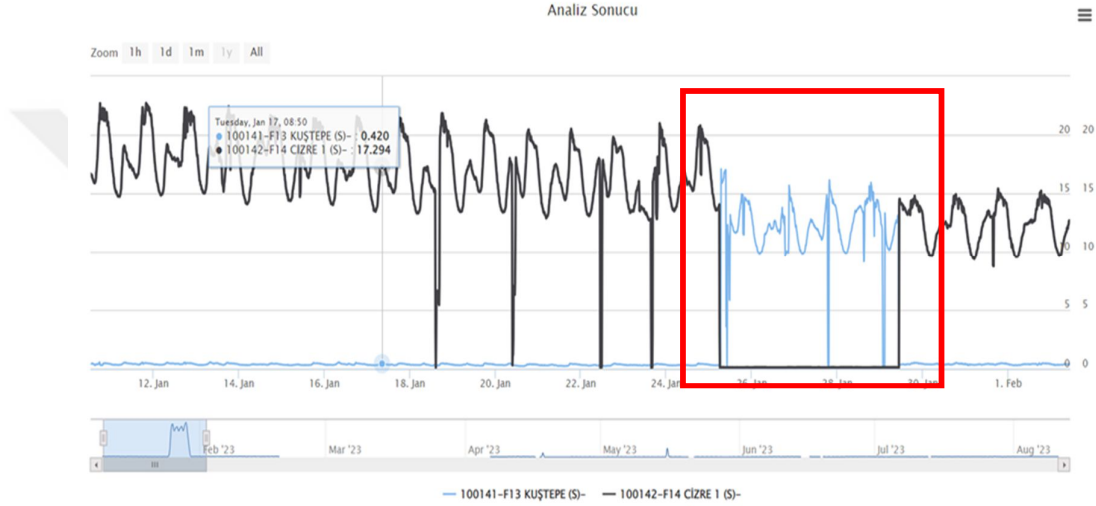


Şekil 6.2. F-13 F14 ring model

Dicle Elektrik Dağıtım A.Ş. tarafından Cizre TM'de analizör takılmış fider, kök bina vb. güç, akım gerilim gibi kalite parametreleri değerlerinin ölçülüp raporlandığı İnavitas sisteminden alınmıştır. İnavitas sisteminde fiderlerin analizlerini yapan bir program olarak Dağıtım Şirketlerinde kullanılmaktadır. Ring şebekesi olarak kullanılan F-13, F14 arıza durumundaki görünür güç (S) verisinin grafiğe dökülmüş halidir. Şekil 6.2.'ye göre mavi rengine boyanan F13, siyah renge boyanan F-14 fiderlerinin S değerleridir. Grafiğe bakılınca, F-14 ün sıfırlandığı alanda F-13 yükü artmış durumda. Enerjisiz kalan F-14'ün yükünün F-13'e aktarıldığı gözlenmektedir.

## 6.2. Ring Modelde Oluşan Arızalar ve Kuplaj Desteği Durumu

F-14'te arıza olduğu ve fiderin enerjisiz kaldığı Şekil 6.3.'te kare alanında alanda gözlenmektedir. F-14 hattın alternatif besleme kaynağı olduğu olan F-13 ün devreye alınmasıyla, enerjisiz bölge oluşması engellenmiştir. Her iki fiderin de besleme bölgesi F-13 F-14 ring şebekesi üzerinden enerji almaktadır.



Şekil 6.3. Ring Şebeke Modeli

Tablo 6.1. 2023 yılı için F13 ve F14 Sayısal verileri

ZAMAN	100141-F13 (S)	100142-F14 (S)-
25.07.2023 22:40	0,294	13,868
25.07.2023 22:50	0,298	13,882
25.07.2023 23:00	0,31	14,058
25.07.2023 23:10	0,306	2,912
25.07.2023 23:20	0,316	0,11
25.07.2023 23:30	0,318	0,11
25.07.2023 23:40	0,31	0,11
25.07.2023 23:50	7,124	0,11
26.07.2023 00:00	17,094	0,11
26.07.2023 00:10	16,275	0,11
26.07.2023 00:20	16,05	0,108
26.07.2023 00:30	16,026	0,11

26.07.2023 00:40	15,89	0,106
26.07.2023 00:50	15,992	0,11
26.07.2023 01:00	12,017	0,11
26.07.2023 01:10	11,726	0,104
26.07.2023 01:20	11,488	0,11
26.07.2023 01:30	11,316	0,11
26.07.2023 01:40	11,172	0,11
26.07.2023 01:50	11,048	0,11
29.07.2023 10:20	12,724	0,11
29.07.2023 10:30	5,328	0,11
29.07.2023 10:40	0,356	0,11
29.07.2023 10:50	0,358	14,212
29.07.2023 11:00	0,37	14,53

İnavitas'tan alınan 10 dakikalık verilere göre; 25.07.2023 tarihinde saat 23:00'de F-14'te arıza oluşmuş olup 29.07.2023 tarihinde saat 10:50 civarında enerji verilmiştir. F14 fiderinden beslenen 4142 abone kesintiden etkilenmiştir. F14'ün yükünün F-13'aktarılması 50dk ve arıza giderildikten sonra eksi haline gelmesi de 30dk sürmüştür. Ring şebekesini devreye almanın ve devreden çıkarmanın uzun sürmesinin sebepleri vardır. İlk akla gelen sebep kesintinin ihbar olarak bildirilmemesi olabilmektedir. 186 elektrik arıza ihbar hattına kesinti bilgisi verilmediği takdirde arızadan bilgisi olmayan ekipler müdahale edememektedir. Ring hattının devreye alınması ve devreden çıkarılması sürecinin zaman almasının başka bir sebebi de elektrik dağıtım şirketlerinin zorunlu hale getirdiği iş sağlığı ve güvenliği şartlarını sağlama hususlarıdır. Dağıtım Şirketinde elektrik manevrası yapıldığı aşamada 'Görüntülü Teyit' yapılmaktadır. Manevra noktalarında İSG tedbirlerinin alındığı, kullanılması gereken İSG malzemelerinin doğru kullanıldığı, gerekli topraklamaların yapıldığı, doğru çıkışın açıldığı, enerji kontrolünün yapıldığı gibi hususları 'bas-konuş' adı verilen tabletler üzerinden izleyen operatörlerin yönlendirilmesiyle çalışma tamamlanmaktadır. Bu nedenle daha kısa sürmesi beklenen manevralar zaman almaktadır. Ancak ring şebekelerinin yer aldığı kök bina ya da dağıtım merkezlerinin SCADA kapsamına alınması ile otomatik devreye alıp çıkarma ile fiziki müdahale olmadan alternatif besleme kaynakları aktifleştirilebilir.

Tablo 6.1'de ring şebekenin devreye alınmama durumu düşünülecek olursa, F-13/F-14 25.07.2023 tarihinde saat 23:00'de F-14'te arıza oluşmuş olup 29.07.2023

tarihinde saat 10:50 civarında enerji verilmiştir ve F14 fiderinden beslenen 4142 abone kesintiden etkilenmiştir. Yaklaşık 84 saat fider enerjisiz kalmıştır.

### 6.3. Yıllık Kesinti Maliyetleri Karşılaştırmalı Durumlar

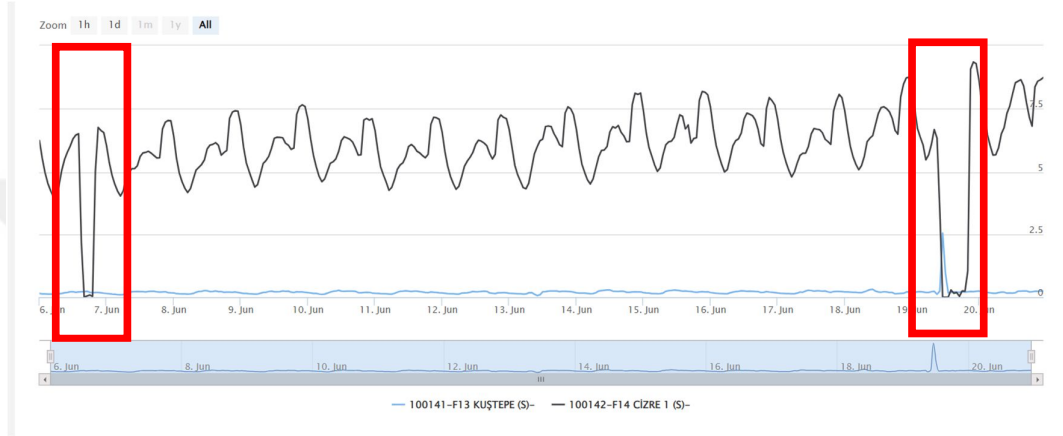
“Enerji Piyasası Düzenleme Kurumundan: Elektrik Piyasasında Dağıtım Ve Perakende Satış Faaliyetlerine İlişkin Kalite Yönetmeliği Tedarik sürekliliği Madde 27 - (11) Bu Yönetmelik kapsamında dağıtım şirketi tarafından kullanıcılara ödenecek tazminat miktarları 2021 yılı için belirlenmiştir. Tazminat miktarları her yıl yayımlanan yeniden değerlendirme oranı kullanılarak güncellenir ve müteakip yıldan itibaren yapılacak ödemelerde güncellenen tazminat miktarları kullanılır.” hükmü yer almaktadır. Bu kapsamda, Yönetmelikte 2022 yılı için kullanıcılara ödenecek tazminat miktarlarında; Uzun süreli kesinti tazminatı miktarlarının, anlaşma gücü 160 kVA altı olan mesken abonelerine 108,96 TL diğer abonelere ise 217,92 TL, anlaşma gücü 160 kVA ile 630 kVA (dahil) arasında olan kullanıcılara 653,76 TL, anlaşma gücü 630 kVA üzeri olan kullanıcılara 1307,52 TL olarak,

Yıllık kesinti tazminatı miktarlarının hesaplanmasında kullanılan SBSÜRE bedelinin 54,48 TL ve SBSAYI bedelinin 27,24 TL olarak, kVA ile 630 kVA (dahil) arasında olan kullanıcılara 480 TL, anlaşma gücü 630 kVA üzeri olan kullanıcılara 960 TL olarak ödenir. ” ifadesi baz alınarak uzun kesintiden etkilenen abonelere verilecek toplam tazminat tutarı hesaplanır. AG bazında tüm abonelerin 160kVA’dan küçük alınmıştır. OG abonelerin 160kVA ile 630 kVA aralığında alınmıştır.

**Tablo:6.2** F-14/F-13 Fiderlerdeki Kesinlerden Kaynaklı Kesintilerin Tazminat Durumu

F-14/F-13 Ring Durumu	Kesinti Başlangıç	Kesinti Bitiş	Kesinti Süresi (Saat)	Kesinti Süresi (Dakika)	Etkilenen Abone Sayısı(Kentsel AG)	Etkilenen Abone Sayısı (Kentsel OG)	Toplam Etkilenen Abone Sayısı	İlçe Abone Sayısı	Kaçak Oranı %40 altında olsaydı ne kadar tazminat ödemesi olurdu (TL)?(Uzun Süreli Kesinti Tazminatı)
Yok	25.07.202 3 23:00	29.07.202 3 10:50	83,833	5030	4.142	8	4.150	44.506	457.414
Var	25.07.202 3 23:00	29.07.202 3 10:50	1,330	80	4.142	8	4.150	44.506	-

Tablo 6.2 de uzun süreli kesinti oluştuğu takdirde dağıtım şirketinin ödeme sorumluluğu doğan tazminat cezası hesabı yapılmıştır. Alternatif besleme kaynağı devreye alınmama durumunda oluşan her uzun kesinti için dağıtım şirketleri büyük maliyetli cezalar ödemektedir. Arıza durumunda fiderlerin alternatif beslenmeleri olduğu takdirde uzun kesinti oluşması önlenmekte ve cezai durum oluşmamaktadır.



Şekil 6.4. Ring Şebekesi

Şekil 6.4'te F-13/F-14 ring şebekesi tesis edilmediği 2021 yılı haziran ayına ait İnavitas verisi bulunmaktadır. Bu veri incelenecek olursa ay içerisinde F-14'te oluşan kesintilerde alternatif enerji kaynağı olmadığı için fider kullanıcılarının uzun sürelerce enerjisiz kaldığı gözlenmektedir. Kırmızı kare içerisinde alınan alanlarda F-14 yükünün sıfırlandığı ancak F-13 yükünün değişmediği görülmektedir.

Tablo 6.3. 2021 yılı için F13 ve F14 Sayısal verileri

ZAMAN	100141-F13 (S)-	100142-F14 (S)-
6.06.2021 15:10	0,21	6,382
6.06.2021 15:20	0,206	0
6.06.2021 15:30	0,228	0
6.06.2021 15:40	0,216	0
6.06.2021 15:50	0,214	0
6.06.2021 16:00	0,218	0
6.06.2021 16:10	0,202	0
6.06.2021 16:20	0,202	0
6.06.2021 16:30	0,232	0
6.06.2021 16:40	0,232	0

6.06.2021 16:50	0,248	0
6.06.2021 17:00	0,234	0,004
6.06.2021 17:10	0,24	0,02
6.06.2021 17:20	0,242	0,012
6.06.2021 17:40	0,23	0,092
6.06.2021 17:50	0,21	0,09
6.06.2021 18:00	0,208	0,09
6.06.2021 18:10	0,194	0,09
6.06.2021 18:20	0,186	0,09
6.06.2021 18:30	0,216	0,088
6.06.2021 18:40	0,204	0,084
6.06.2021 18:50	0,164	0,088
6.06.2021 19:00	0,16	0,088
6.06.2021 19:10	0,18	0,08
6.06.2021 19:20	0,178	0,01
6.06.2021 19:30	0,17	0,01
6.06.2021 19:40	0,202	0,016
6.06.2021 19:50	0,173	0,005
6.06.2021 20:00	0,184	0,06
6.06.2021 20:10	0,19	3,234
6.06.2021 20:20	0,186	6,57

Dağıtım şebekesinde her zaman uzun kesintiler oluşmamaktadır. F-13/F-14 ring yatırımının olmadığı süreçte oluşan bir arıza için de analiz yapılacak olursa; Tablo 6.3'te İnavitas'tan alınan 10 dakikalık verilere göre; saat 15:20'de F-14'te arıza oluşmuş olup saat 20:20 civarında enerji verilmiştir. Alternatif bir enerji noktası olmadığı için F14 fiderinin besleme alanında bulunan tüm aboneler toplamda 5 saat enerjisiz kalmıştır. 2021 yılında enerji tüketimine bakılırsa şu anki durumun yarısı kadar o nedenle abone sayısının 2500 olduğu farz edilmiştir. Fider bazlı tazminat hesabı yapılabilmesi için Tablo-2.1'de belirtilen eşik değerlerin geçilmesi gerekmektedir.

Mevcut arızadan 20 kez olduğu farz edilip tüm abonelerin aynı tarifede ve özellikte olduğu düşünülürse;

$$(EKSÜRE)=\sum_{i=1}^n t_i =100 \quad (6.1)$$

$$TZM_f=[EKSÜRE_f - NMEKSÜRE_f] * SEB * AD_f \quad (6.2)$$

$$= [100-72]*6*60*100*0,8=806.400,00 \text{ TL}$$

2021 yılı mesken birim fiyatı 0,8TL, fiderin ortalama gücü 6 kW seçilmiştir.  
Tablo 6.4' te 2021 yılında oluşan uzun süreli bir kesinti verileri listelenmiştir

**Tablo 6.4.** 2021 yılı için F13 ve F14 Sayısal verileri

ZAMAN	100141-F13	100142-F14 (S)-
19.06.2021 10:20	0,24	5,456
19.06.2021 10:30	0,242	4,336
19.06.2021 10:40	0,244	0
19.06.2021 10:50	0,245	0
19.06.2021 11:00	0,23	0
19.06.2021 11:10	0,23	0
19.06.2021 11:20	0,232	0
19.06.2021 11:30	1,006	0
19.06.2021 11:40	6,728	0
19.06.2021 11:50	6,844	0
19.06.2021 12:00	5,428	0
19.06.2021 12:10	0,064	0
19.06.2021 12:20	0,04	0
19.06.2021 12:30	0,042	0
19.06.2021 12:40	0,032	0
19.06.2021 12:50	0,08	0
19.06.2021 13:00	0,18	0
19.06.2021 13:10	0,18	0
19.06.2021 13:20	0,17	0
19.06.2021 13:30	0,164	0
19.06.2021 13:40	0,172	0
19.06.2021 13:50	0,174	0
19.06.2021 17:30	0,196	0
19.06.2021 17:40	0,19	0
19.06.2021 17:50	0,194	0,12
19.06.2021 20:00	0,194	0,3
19.06.2021 20:10	0,204	0,31
19.06.2021 20:20	0,21	0,124
19.06.2021 20:30	0,222	0
19.06.2021 20:40	0,224	0,1
19.06.2021 20:50	0,222	5,432

19.06.2021 21:00	0,212	8,662
19.06.2021 21:10	0,228	8,99

Tablo 6.4'te 19.06.2021 yılında F-14'te yaşanan yaklaşık 11 saatlik uzun kesinti yaşanan tazminat hesabı yapılandığında; 2021 yılı uzun kesintilerde; 160kVA altı abone başına ödenecek tazminat 80TL olarak belirlenmiştir. 2021 abone sayıları tahmini verilmiştir.

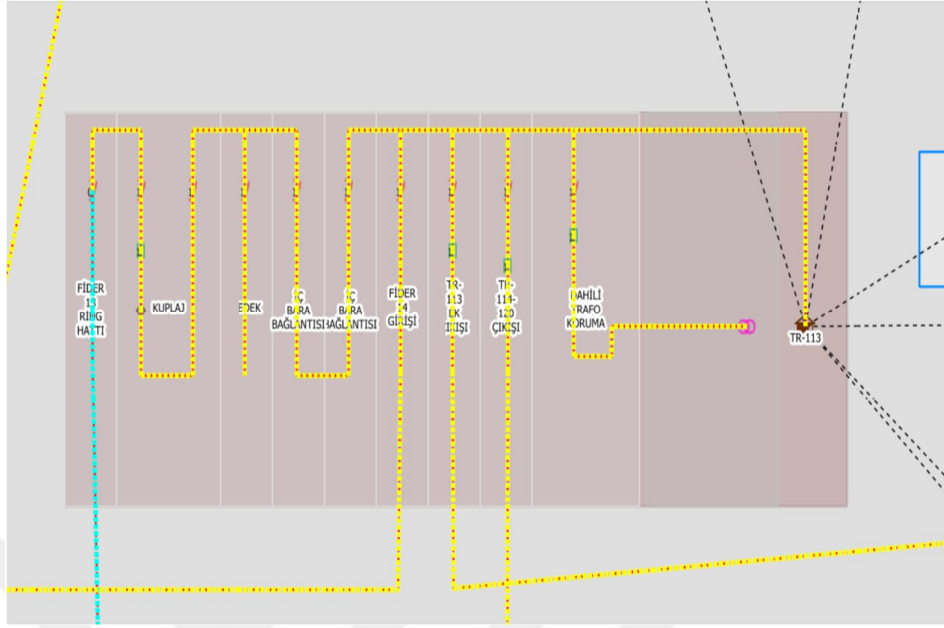
**Tablo:6.5 Fiderlerdeki Kesinlerden Kaynaklı Kesintilerin Tazminat Durumu Tazminat Durumu**

F-14/F-13 Ring Durumu	Kesinti Başlangıç	Kesinti Bitiş	Kesinti Süresi (Saat)	Kesinti Süresi (Dakika)	Etkilenen Abone Sayısı(Kentse I AG)	Etkilenen Abone Sayısı (Kentsel OG)	Toplam Etkilenen Abone Sayısı	İlçe Abone Sayısı	Kaçak Oranı %40 altında olsaydı ne kadar tazminat ödemesi olurdu (TL)?(Uzun Süreli Kesinti Tazminatı)
Yok	19.06.2021 10:30	19.06.2021 21:00	10,500	630	2.500	0	2.500	35.000	200.000

Tablo 6.5'te oluşan tazminat bedeli hesaplanmaktadır. Bu örnekle arızaların ne kadar uzun sürebileceği hem kullanıcıların yaşam konforunu etkilemesi hem de kaliteli ve sürekli elektrik enerjisi sağlayamayan dağıtım şirketlerinin cezai koşullarla sorumlu olması sebebiyle bir çözüm sağlanması gerektiği görülmektedir. Yapılacak şebeke yatırımları ile alternatif besleme kaynağı sağlanıp kaliteli, sürekli elektrik enerjisi hedeflenmelidir.

#### 6.4. Kullanılan Yöntemde Maliyet Hesabı

Şekil 6.5'te F-13/F14 ring tesisinin hücre diziliminin olduğu bir CBS görüntüsü mevcuttur. Şebekeye göre giriş hücresi F-14, ayrı trafoları besleyen 2 adet çıkış hücresi, bir yedek hücre, kök bina içerisinde dahili trafo bulunduğu için 1 adet trafo koruma hücresi, F-13 ile ring sağlanabilmesi için kuplaj hücresi ile birlikte F-13 ring hücresi bulunmaktadır. Kuplaj hücresi 2 ayrı enerji kaynağının giriş yaptığı bir hücredir. Arıza durumunda, enerjisi olan kaynak ile otomatik besleme sağlamaktadır. Kurulan tesisin maliyeti hesaplanıp, oluşacak yatırım bedeli tespit edilmektedir.



Şekil 6.5. TR113 hücre dizilimi

Önerilen ring sistemi için, orta gerilim metal mahfazalı modüler hücreler ve monoblok beton trafo binası kurulum maliyeti araştırılmıştır. Bu maliyet, Tablo 6.6’te 2023 TEDAŞ birim fiyatı baz alınarak, tesis edilen F-13/F14 ring yatırım şebekesinin tahmini bir maliyeti elde edilmiştir.

Tablo 6.6. Modüllere ait keşif tablosu

24	<b>ORTA GERİLİM METAL MAHFAZALI MODÜLER HÜCRELER (HAVA YALITIMLI)</b>			
24.3	<b>GERİLİM TRANSFORMATÖRÜ HÜCRELERİ</b>			
	30-36/13 / 0.1/13 kV .	Ad.	1	43.012,64
24.4	<b>KESİCİLİ ÇIKIŞ HÜCRELERİ</b>			
	36 kV, 630 A, 16 kA	Ad.	4	72.800,13
	TOPLAM		4	291.200,52
24.5	<b>BARA BAĞLAMA HÜCRELERİ (KUPLAJ)</b>			
	36 kV, 630 A, 16 kA	Ad.	1	85.229,19
	TOPLAM		1	85.229,19
24.6	<b>AYIRICILI GİRİŞ ÇIKIŞ HÜCRELERİ</b>			
	36 kV, 630 A, 16 kA	Ad.	1	27.398,04

	TOPLAM	1		27.398,04
<b>24.7</b>	<b>KABLO BAĞLANTI HÜCRELERİ</b>		.	
	36 kV, 630 A, 16 kA	Ad.	2	15.986,15
	TOPLAM	2		31.972,30
<b>27</b>	<b>MONOBLOK BETON TRAFİKO BİNASI (OG Hücresel,Trafo ve AG Pano hariç)</b>		1	
	(OG Hücresel,Trafo ve AG pano hariç,BAR-24,iç aydınlatma,izole halı,izole eldiven,sehpa ve tesis edilecek OG hücresel,Trafo ve AG panolarının bağlantılarında kullanılan kablo, kablo başlıkları,bina temeli ve koruma topraklamaları dahildir.)	Ad.		55.282,37
	TOPLAM	1		55.282,37
	GENEL TOPLAM			534.095,06

## 7. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

Enerji tedarik sürekliliğini sağlama yöntemi olarak kullanılan ring şebekesi yöntemi, yeni tesis edilecek bir şebekede kullanılabilmesi gibi mevcut dağıtım şebekesinde yapılacak bazı yatırımlarla da sağlanabilmektedir. Bu durum mevcutta işletilen bir dağıtım şebekesinde fazla maliyet ve işçilik gerekmeden, mevcut şebekenin de sürdürülebilmesine zemin sağlamaktadır. Örnek olarak; Elektrik dağıtım şebekesinde mevcut kök binalarda da ring şebekesi oluşturulabilmektedir. İki ayrı kaynağın giriş yapabileceği konumda olacak kök bina için doğru hücreler seçilerek ve fayda maliyet analizi yapılarak şebeke iyileştirilme çalışmasına katkı sağlanabilir.

Şebeke yatırımlarına karar verilirken ileriye dönük şebeke oluşturma konusunda dikkat edilecek başka bir husus da stratejik öneme sahip kök binalara kuplaj hücresi konulmasıdır. Bu sayede arıza durumunda ilgili çıkışın hücresinde arıza olacağı durumda diğer hücrelerden beslenme kolaylığı sağlanacaktır.

Elektrik enerjisinin insan hayatındaki önemi tartışılmaz durumda. İş hayatı, sağlık sektörü, çevre güvenliği.. yani hayatın her alanında elektrik çok önemli bir yere sahip durumdadır. Bu nedenle elektrik enerjisinin tedarik sürekliliğinin sağlanması gerekmektedir. Dağıtım şebeke tesisi yapılmış, yeniden tesis edilmesi mümkün olmayacak durumlarda, düşük maliyetli, mevcut şebekeye uydurulabilecek yatırımlarla tedarik sürekliliği sağlanabilecektir.

Cizre ilçesinde F13-F14 fiderlerinin güzergahlarının kesişeceği noktaya kök bina kurarak, kuplaj hücreli ring şebekesi tesis etmek bu duruma bir örnektir.

## 8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 8.1. Sonuçlar

Günümüz şartlarında, modern yaşamın her yönünde kullanılan elektrik enerjisi, kesintilere uğradığında bireyler ve topluluklar için ciddi problemlere yol açmaktadır. Elektrik kesintileri, hem evlerde günlük yaşamı etkileyerek konforun ve üretkenliğin azalmasına neden olurken hem de endüstriyel ve ticari sektörlerde verimliliği düşürerek ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Bu bağlamda, elektrik enerjisinin sürekli ve güvenilir bir şekilde temin edilmesi, modern toplumun işleyişi açısından kritik bir gereklilik haline gelmiştir. Elektrik kesintileri sadece bireylerin günlük hayatını etkilemekle kalmayıp aynı zamanda kritik altyapı sistemlerini, sağlık hizmetlerini, iletişimi ve bilgi işlemi de olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle, enerji tedarik sürekliliğinin sağlanması, toplumun işlevselliği ve refahı için hayati bir rol oynamaktadır. Bu sürekliliğin sağlanmasında, elektrik dağıtım şirketlerinin yanı sıra enerji politikaları, yatırımlar ve teknolojik gelişmeler de büyük bir önem taşımaktadır.

Alternatif enerji kaynaklarının ve yedek besleme hatlarının kurulumu, elektrik kesintilerine karşı bir çözüm olarak öne çıkmaktadır. Bu yaklaşım, enerji tedarikini artırmak, dağıtım şebekesinin güvenilirliğini artırmak ve kullanıcıların kesintisiz enerji hizmeti almasını sağlamak için etkili bir yol sunar. Özellikle kesintilerin yaşandığı anlarda alternatif kaynaklar devreye girerek elektrik enerjisinin kesilmesini önler ve toplumun enerji ihtiyacını karşılamaya yardımcı olur. Ancak ulusal güç sistemimizde bu çözüm çok yaygın değildir. Böylece, enerji dağıtım şirketlerinin tedarik sürekliliğini sağlamak ve kesintileri en aza indirmek için yatırımlar yapması ve güç iletim altyapısını güçlendirmesi gerekmektedir. Bu, altyapının modernizasyonunu içerebileceği gibi, otomasyon sistemlerinin ve akıllı şebeke teknolojilerinin uygulanmasıyla da desteklenebilir. Bu tür yatırımlar, enerji şebekesinin direncini artırarak kesinti riskini azaltabilir.

Sonuç olarak, elektrik tedarik sürekliliği, modern toplumun ihtiyaçları ve işleyişi açısından hayati bir öneme sahiptir. Elektrik kesintilerinin olumsuz etkilerini en aza indirmek ve toplumun enerji ihtiyacını güvence altına almak için alternatif enerji kaynaklarının kullanımı, yedek besleme hatlarının kurulumu, altyapı yatırımları ve teknolojik yenilikler gibi stratejiler önemli bir rol oynamaktadır. Bu adımlar, enerji

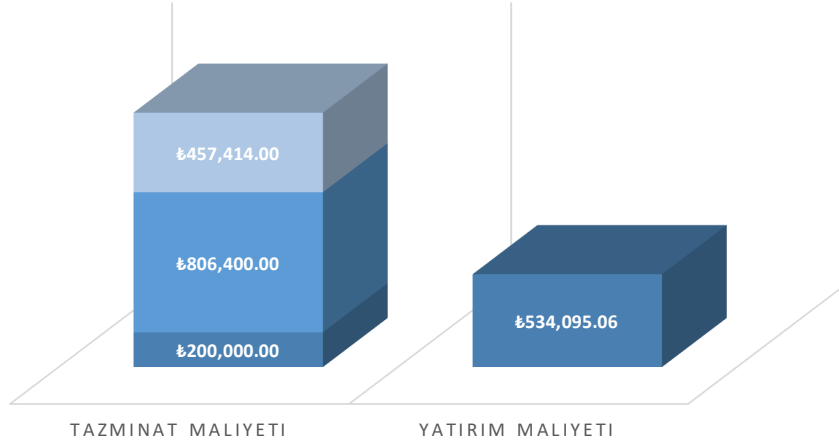
tedarik sürekliliğini artırmanın yanı sıra sürdürülebilir ve güvenilir bir enerji altyapısının oluşturulmasına da katkı sağlayacaktır.

## 8.2. Öneriler

Bu tez çalışmasında, enerji tedarik sürekliliğini sağlama yönteminin şebeke operasyonu açısından en önemli işlem alternatif besleme kaynağı sağlamaktır. Şebekede oluşabilecek herhangi bir kesintiden kaynaklı kullanıcıların enerjisiz kalmasını önlemeye yarayacak olan alternatif besleme kaynağı, hem kullanıcı hem de dağıtım şirketi nezdinde avantajlı bir aşama olduğu önerilmektedir.

Maliyet hesabına bakıldığı takdirde ilk etapta pahalı bir yatırım görünse de; tek uzun kesintilerde ya da fider bazlı toplam olası kesintilerde çıkarılan tazminat ceza maliyeti kıyaslaması Şekil 6.5'te gösterilmektedir. Şekilde ring şebekesi yatırım maliyeti bedelinin olası cezalardan çok daha fayda getireceği görülmektedir. Ayrıca yapılan her yatırım gibi alternatif enerji kaynağı yatırımlarının uzun vadede getirisi göz önünde bulundurulmalıdır. F-14 fideri ile ayrı trafoları besleyen 2 adet çıkış hücresi ve bir yedek hücre tesis edilmiştir. Modelde kullanılan kök bina içerisinde 1 adet trafo koruma hücresi, F-13 ile ring sağlanabilmesi için kuplaj hücresi ile birlikte F-13 ring hücresi bulunmaktadır. Yatırım yapılan kuplaj hücresi 2 ayrı enerji kaynağının giriş yaptığı bir hücre olarak kullanılmaktadır. Sistemde beklenmeyen arıza durumunda, enerjisi olan kaynak ile otomatik besleme sağlayarak kesintisiz enerji sağlanacaktır. Kurulan kuplaj tesisin yatırım bedeli 535.095,06 TL olarak hesaplanmıştır, diğer yandan kesintiler ile Dağıtım Şirketine mal edilen tazminat maliyetleri ise; örneğin 2021 yılında 5 saatlik kesintide fider bazlı tazminat için kesintilerin ceza tutarı 806.400,00 TL olarak ödenmiştir. Tasarlanan ring yatırımı, 2021 yılı için kesilen ceza tutarının 271.304,94 TL tutarı altında olarak kesintinin önüne geçecektir. Benzer şekilde 2021 yılında yaşanmış olan 11 saatlik bir kesinti sonucunda 200.000,00 TL tutarında bir cezai işlem yapılmıştır. Analizi yapılan diğer kesinti ise 2023 yılında yaşanmış olan 11,5 saatlik kesinti sonucunda tahsil edilen 457.414,00 TL tutarında bir tutar hesaplanmıştır.

## FAYDA-MALİYET ANALİZİ



Şekil 6.5 Fayda maliyet analizi

Yöntem olarak kullanılan F-13/F14 ring şebekesi mevcut olması ve olmaması durumunda yaşanan sonuçlar, cezai işlemler kıyaslanmıştır. F14'te oluşan uzun süreli kesintinin tahmini tazminat bedeli ederinde olan yatırımın uzun sürede daha karlı olduğu tespit edilmiştir. Elektrik dağıtım şirketleri tarafından enerji tedarik sürekliliği hususunun daha dikkate alınır olması için bu tür cezai durumların, şebekeyi iyileştirecek yatırımların kıyaslanması gerekmektedir. Yapılacak yatırımlar, uzun vadede şebekede iyileştirmeyi, kullanıcı memnuniyetini aynı zamanda cezai işlemlerin oluşmamasını sağlayacaktır.

## KAYNAKLAR

- 6446 Sayılı Kanun.(2013) Elektrik Piyasası Kanunu
- Dicle Elektrik Dağıtım AŞ. CBS, İnavitas, İş zekası verileri
- Adem Karataş, 2015 Elektrik Dağıtım Şebekeleri-kitap
- Ahmet Çiftçi, E.A.(2017). Burdur İli Elektrik Dağıtım Şebekesinde Meydana Gelen Arızalara Genel Bir Bakış ve Çözüm Önerileri. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Özel Sayı*
- Alper ÇETİN, (2018). Türkiye Elektrik Dağıtım Şebekelerinin Enerji Tedarik Sürekliliği Performans Analizi, *Anadolu Üniversitesi Yeterlilik Tezi*
- Baggini, A. (Ed.) Handbook of Power Quality; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, 2008.
- Billinton, R.; Allan, R.N. Reliability Evaluation of Power Systems; Plenum Press: New York, NY, USA, 1996.
- Bollen M., The smart grid - Adapting the power system to the new challenges, Morgan and Claypool Publishers, September 2011.
- Bollen M., Y. Beyer, E. Styvactakis, J. Trhulj, R. Vailati, W. Friedl, A European benchmarking of voltage quality regulation, ICHQP 2012.
- CEER. *4.Benchmarking Report on Quality of Electricity Supply* Bertoldi, I.L.-O.(2009). Regulation of continuity of supply in the electricity sector and cost of energy not supplied.
- CEER. *4.Benchmarking Report on the Quality of Electricity and Gas Supply*
- Daldal, M., Bizkevelci, E., & Özay, N. 2009, Tekrar Kapamalı Kesici ve Ayırar kullanımının kırsal Elektrik Dağıtım Şebekesinde tedarik sürekliliğine etkisi
- Dempster, A.P. Upper and lower probabilities induced by a multi-valued mapping. *Ann. Math. Stat.* 2001, 38, 325–339.
- Doğanay, M. M. (2022). Güç sistemlerinde simetrik ve simetrik olmayan arıza analizleri ve uygulamaları (Master's thesis, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü).
- Elektrik Kuvvetli Akımlar Yönetmeliği
- Elektrik Piyasasında Dağıtım Sisteminde Sunulan Elektrik Enerjisinin Tedarik Sürekliliği, Ticari Ve Teknik Kalitesi Hakkında Yönetmelik
- Etherden N., M.H.J. Bollen, Increasing the hosting capacity of distribution networks by curtailment of renewable energy resources, *IEEE Trondheim Power Tech*, June 2011.

- F.Kürker Ve R.Taşaltın, 2018 Elektrik Tesisinde Harmonik filtreli Kompanzasyon
- H. İbrahim Şeker, Kısa Devre Deneylerinde Limitör Özelliğinin Alçak Gerilim Devre Kesicileri Üzerindeki Etkisinin İncelemesi, *Sakarya*
- İlker TOSUN, 2014. Kastamonu İli Enerji İletim ve Dağıtım Sisteminin Modellenerek Analizi ve Uygulaması, *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi*
- Mehmet Fatih ERBAŞ, 2009, Doğrusal Olmayan Dirençli Koruma Elemanlarının Modellemesi, *İstanbul Teknik Üniversitesi*
- N. Cahit GENÇER, 2015, Yıldırım ve Aşırı Gerilimlerin Yüksek Gerilim Hatlarına Etkileri
- Olaisen, J. Information quality factors and the cognitive authority of electronic information. In *Information Quality: Definitions and Dimensions*; Wormell, I., Ed.; Taylor Graham: Los Angeles, CA, USA, 2019; pp. 99–120.
- Pa's, J. *Operation of Electronic Transportation Systems*; Publishing House University of Technology and Humanities: Radom, Poland, 2015.
- Pieczynski, W. Unsupervised Dempster-Shafer fusion of dependent sensors. In *Proceedings of the 4th IEEE Southwest Symposium Image Analysis and Interpretation*, Austin, TX, USA, 2–4 April 2000; pp. 247–251.
- Rosiński, A. *Modelling the Maintenance Process of Transport Telematics Systems*; Publishing House Warsaw University of Technology: Warsaw, Poland, 2015.
- Rosinski, A.; Dabrowski, T. Modelling reliability of uninterruptible power supply units. *Eksploatacja Niezawodn. Maint. Reliab.* 2013, 15, 409–413.
- Rumeli, A., & El-Debeiky, S. M. (1990). Pollution flashover performance of high voltage insulators around jeddah region. *Medical Journal of Islamic Academy of Sciences*, 3(1), 1-5.
- Santoso, S., Mc Granaghan, M. F., Dugan, R. C., & Beaty, H. W. (2012). *Electrical power systems quality*. McGraw-Hill Education.
- Shafer, G. *A Mathematical Theory of Evidence*; Princeton University Press: Princeton, NJ, USA, 2006.
- Stawowy, M. Comparison of uncertainty models of impact of teleinformation devices reliability on information quality. In *Safety and Reliability: Methodology and Applications—Proceedings of the European Safety and Reliability Conference London, UK, 2015*; pp. 2329–2333. *Energies* 2021, 14, 486 15 of 16
- Stawowy, M.; Dziula, P. Comparison of uncertainty multilayer models of impact of teleinformation devices reliability on information quality. In *Safety and*

- Reliability of Complex Engineered Systems—Proceedings of the European Safety and Reliability Conference ESREL 2015; London, UK, 2015; pp. 2685–2691.
- Stawowy, M.; Perlicki, K.; Sumiła, M.; Cepin, M.; Briš, R. Comparison of uncertainty multilevel models to ensure ITS Services. ~ In Safety and Reliability—Theory and Applications; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2017; Volume 382, pp. 2647–2652.
- Tur M. R, A. Shobole, M. Wadi and R. Bayindir, "Valuation of reliability assessment for power systems in terms of distribution system, A case study," 2017 IEEE 6th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA), San Diego, CA, USA, 2017, pp. 1114-1118, doi: 10.1109/ICRERA.2017.8191227.
- Tur, M.R "Reliability Assessment of Distribution Power System When Considering Energy Storage Configuration Technique," in IEEE Access, vol. 8, pp. 77962-77971, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2990345.
- Vedat GÜN, Seydi Vakkas ÜSTÜN, Yeraltı Enerji Kablolarında Meydana Gelen Arızalarda Arıza Mesafesinin YSA Kullanılara Ölçülmesi, *Celal Bayar Üniversitesi*
- Verde P., A framework for regulation of rms voltage and short-duration under and overvoltages, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.23, No.4 (October 2008), pp.2105-2112.
- Wadi M, M. Baysal, A. Shobole and M. R. Tur, "Reliability Evaluation in Smart Grids via Modified Monte Carlo Simulation Method," 2018 7th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA), Paris, France, 2018, pp. 841-845, doi: 10.1109/ICRERA.2018.8566982.
- Weng, N.; Li, I.-H.; Vespa, L. Information quality model and optimization for 802.15.4-based wireless sensor networks. J. Netw. Comput. Appl. 2011, 34, 1773–2011.
- Y.Prof.Dr. Ahmet Rumeli, İzolatörlerde Kirlenme ve Atlama Problemi, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara*
- Yılmaz Çelik, 1987, Bara Sistemleri Seçimi ve Yüksek Gerilim Teçhizatı-Kitap
- Zhu, H.; Madnick, S.E.; Lee, Y.W.; Wang, R.Y. Data and information quality research: Its evolution and future. In Computing Handbook: Information Systems and Information Technology, 3rd ed.; Topi, H., Tucker, A., Eds.; CRC: London, UK, 2014.

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Rojin TEMİZ  
**Uyruğu** : T.C.

### EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Üniversite	: Dicle Üniversitesi	2014
Yüksek Lisans	: Batman Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği	Halen
Doktora	:	

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2015	İşgün Elektrik	Elektrik Mühendisi
2017	Dicle Enerji Yatırım Aş.	Tesis-Yapım İşleri Mühendisi
2018	Dicle Elektrik Dağıtım Aş.	Midyat İlçe Yöneticisi
2022-Halen	Dicle Elektrik Dağıtım Aş.	Kıdemli Cizre İlçe Yöneticisi

### UZMANLIK ALANI

Dağıtım Şirketlerinde İşletme, ilçe yöneticiliği, ENH , Keşif, hakediş ve metraj hazırlama ve kontrolleri, Autocad, MS Office Programları

### YABANCI DİLLER

İngilizce

### YAYINLAR

Tur, Mehmet Rıda & Apaydin, Ebru & Obut, Naci & Nar, Raci & Temiz, Rojin & Mirkan, Narin. (2022). Harmonic Analysis of A Grid-Connected Solar Power Plant in Batman Province and Investigation of Power Quality. 508-513.

10.1109/ICRERA55966.2022.9922878.