



T.C.
BATMAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YERALTI ELEKTRİK DAĞITIM SİSTEMİ
GÜVENİLİRLİK ANALİZİ
BATMAN İLİ CUMHURİYET-ŞİRİNEVLER MAHALLESİ
ELEKTRİK DAĞITIM SİSTEMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Taha PARÇA

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Rıda TÜR

Ağustos-2022
BATMAN
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

TAHA PARÇA tarafından hazırlanan “YERALTI ELEKTRİK DAĞITIM SİSTEMİ GÜVENİLİRLİK ANALİZİ - BATMAN İLİ CUMHURİYET-ŞİRİNEVLER MAHALLESİ ELEKTRİK DAĞITIM SİSTEMİ” adlı tez çalışması .../.../... tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Doç. Dr. Mehmet Recep MİNAZ

.....

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Rıda TÜR

.....

Üye

Doç. Dr. Ömer Faruk ERTUĞRUL

.....

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 materials and results that are not original to this work.

Taha PARÇA

Tarih:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YERALTI ELEKTRİK DAĞITIM SİSTEMİ GÜVENİLİRLİK ANALİZİ BATMAN İLİ CUMHURİYET-ŞİRİNEVLER MAHALLESİ ELEKTRİK DAĞITIM SİSTEMİ

Taha PARÇA

BATMAN ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Rıda TÜR

2022, 59 Sayfa

Jüri

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Rıda TÜR
Doç. Dr. Ömer Faruk ERTUĞRUL
Doç. Dr. Mehmet Recep MİNAZ

Kaliteli ve güvenilir bir elektrik güç iletim ve dağıtım sistemi, teknolojik ve ekonomik yönden gelişmek isteyen bir ülke için kaçınılmaz bir ön koşuldur. Bu nedenle, kamu hizmetleri, müşterinin güvenilirlik gereksinimlerinin karşılanması ve düzenleyici gereksinimlerinin mümkün olan en düşük maliyetle karşılanmasını sağlamak için çaba göstermelidir. Tüketicilere sunulan elektrik kesintilerinin %90'ının dağıtım sistemindeki arızalardan kaynaklandığı tüm dünyada bilinen bir gerçektir. Elektrik kesintileri sonucunda oluşan tüketicilerin ve kamunun maruz kaldığı kayıpların maliyeti güvenilirliğin önemi ortaya çıkaran bir değerdir. Dolayısı ile güvenilirlik elektrik planlama ve yatırım uygulamalarında dikkate alınmalıdır.

Güvenilirlik, bir sistemin belirli bir zaman aralığında tanımlanmış bir görevi yerine getirme olasılığıdır. Güvenilirlik analizi yapılabilmesi için, sistemin bugüne kadarki çalışma süresinde yaşanan; sistemin çalışır ve arızalı durumları arasındaki geçişi temsil eden arıza sıklığının, arızalı durumdan çalışır duruma geçişi temsil eden onarım hızının ve onarımlar ve arızalar arasındaki ortalama sürenin ve arızalar arasındaki ortalama süre gibi verilerin bilinmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu tezde elektrik güç sistemlerinin güç üretimi, iletimi ve dağıtım işlevlerine sahip olduğu göz önüne alındığında, dağıtımdaki güvenilirliğe odaklanarak bir bölgedeki dağıtım sistemini üzerinde güvenilirlik analizi yapılmaktadır. Batman İli Cumhuriyet ve Şirinevler Mahallesinde bulunan 33/0,4 kV gerilimindeki trafolarla oluşan elektrik kesintileri üzerinden şehir şebekesinin havai olduğu yıl ile yeraltı olduğu yıldaki kesinti sayıları ve süreleri üzerinden güvenilirlik hesapları yapılarak karşılaştırılması yapılmıştır. Bu karşılaştırmalar yapılırken SAIDI, SAIFI ve CAIDI gibi güvenilirlik indisleri hesaplanıp oluşan değişimler değerlendirilmiştir. Gerçek veriler üzerinden yapılan hesaplamalar ile yeraltı elektrik sisteminin, havai elektrik sistemine göre güvenilirlik açısından üstünlüğüne değinilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güvenilirlik, Dağıtım Şebekesi, SAIDI, SAIFI, CAIDI, Kesinti

ABSTRACT

MS THESIS

UNDERGROUND ELECTRICITY DISTRIBUTION SYSTEM RELIABILITY ANALYSIS BATMAN PROVINCE CUMHURİYET-ŞİRİNEVLER DISTRICT ELECTRICITY DISTRIBUTION SYSTEM

Taha PARÇA

INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES OF BATMAN UNIVERSITY THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERING

Advisor: Dr. Instructor Member Mehmet Rıda TÜR

2022, 59 Pages

Jury

**Asst. Prof. Dr. Mehmet Rıda TÜR
Assoc. Prof. Dr. Ömer Faruk ERTUĞRUL
Assoc. Prof. Dr. Mehmet Recep MİNAZ**

An uninterrupted and reliable electrical power transmission and distribution system is an inevitable prerequisite for the technological and economic growth of any nation. Therefore, utilities should strive to ensure that customer reliability requirements are met and regulatory requirements are met at the lowest possible cost. It's a well-known fact around the world that 90% of customer service interruptions are due to delivery system failures. The cost of losses incurred by consumers and the public as a result of power cuts is a value that reveals the importance of reliability. Therefore, reliability should be considered in electrical planning and investment applications.

Reliability is the probability of a system performing a defined task in a given time period. In order to perform a reliability analysis, it is necessary to know data such as the frequency of failures, representing the transition between operating and failing states of the system, the repair speed representing the transition from fail to operating state, and the mean time between repairs and failures, and the mean time between failures, experienced in the system's uptime to date.

Considering that electrical power systems have power generation, transmission and distribution functions, in this thesis, reliability analysis is performed on the distribution system in a region, focusing on reliability in distribution. Reliability calculations were made based on the number and duration of the interruptions in the year the city network was overhead and the year it was underground, over the power outages in the transformers with a voltage of 33/0.4 kV in the Cumhuriyet and Şirinevler Districts of Batman Province. While making these comparisons, reliability indices such as SAIDI, SAIFI and CAIDI were calculated and the resulting changes were evaluated. With the calculations made on real data, the superiority of the underground electrical system in terms of reliability compared to the overhead electricity system has been mentioned.

Keywords: Reliability, Distribution Grid, SAIDI, SAIFI, CAIDI, Outage

ÖNSÖZ

Tezimi hazırlama sürecinde bana destek olan, olumlu tavırlarıyla beni cesaretlendiren, bilgi birikimiyle bana yol gösteren ve her zaman öğrencisi olmaktan gurur duyduğum değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Rıda TÜR'e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca gerçek sistem verilerine ulaşmamı sağlayan Dicle Elektrik A.Ş Batman Sistem İşletme Yöneticisi Umut ERPOLAT'a teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak sevgi ve desteklerini her zaman yanımda hissettiğim eşim başta olmak üzere aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Taha PARÇA
BATMAN-2022

İÇİNDEKİLER

TEZ BİLDİRİMİ	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Genel Bakış.....	1
1.2. Problem.....	3
1.3. Amaç.....	4
2. LİTERATÜR	5
2.1. Güvenilirliğe Genel Bakış.....	5
2.2. Güvenilirlik Değerlendirmesi.....	5
2.2.1. Güvenilirlik Hesaplama Yöntemleri.....	6
2.3. Güvenilirlik ve Maliyet İlişkisi.....	7
2.4. Koruma Sistemlerinin Güvenilirlik Üzerindeki Etkileri.....	9
3. MATERYAL VE YÖNTEM	10
3.1. Genel Bakış.....	10
3.2. Güvenilirlik İndisleri.....	11
3.2.1. Sistemin ortalama kesinti sıklığı indisi (SAIFI).....	11
3.2.2. Sistemin ortalama kesinti süresi indisi (SAIDI).....	12
3.2.3. Müşterinin ortalama kesinti süresi indisi (CAIDI).....	12
3.2.4. Müşterinin ortalama kesinti sıklığı indisi (CAIFI).....	13
3.3. Sistem Modellemesi.....	13
3.3.1. Markov Modeli.....	14
3.3.2. Seri Sistem.....	16
3.3.3. Paralel Sistem.....	17
3.3.4. Ring Sistemi.....	18
3.4. Güç Sistemlerinde Güvenilirlik Analizinde Kullanılan Veriler.....	19
3.4.1. Kesintiler.....	19
3.4.2. Donanım Arızaları.....	20
3.4.3. Arıza Süresi.....	20
3.4.3. Coğrafi Konum.....	20
3.4.3. Çevre Koşulları.....	21

4. ANALİZ BULGULARI ve TARTIŞMA	22
4.1. Batman İli Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi Genel Bakış	22
4.2. Batman 'da Faaliyet Gösteren Elektrik Dağıtım Şirketi	24
4.3. Batman İli Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi Yapılan Elektrik Yatırım Çalışmaları	25
4.3.1. Yeraltı Kablolı Elektrik ve Havai Hatlı Elektrik Karşılaştırması	25
4.4. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi Havai (2019) Sistemin Güvenilirlik Değerlendirmesi	28
4.4.1. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi Havai (2019) Sistemin SAIFI Analizi	29
4.4.2. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi Havai (2019) Sistemin SAIDI Analizi	30
4.4.3. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi Havai (2019) Sistemin CAIDI Analizi	31
4.5. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi Yeraltı (2020) Sistemin Güvenilirlik Değerlendirmesi	32
4.5.1. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi Yeraltı (2020) Sistemin SAIFI Analizi	33
4.5.2. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi Yeraltı (2020) Sistemin SAIDI Analizi	34
4.5.3. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi Yeraltı (2020) Sistemin CAIDI Analizi	35
4.6. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi Havai (2019) ve Yeraltı (2020) Sistemlerinin Karşılaştırmalı Güvenilirlik Analizi	36
4.7. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi Havai (2019) ve Yeraltı (2020) Sistemlerinin Maliyet Açısından Karşılaştırılması	40
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	43
KAYNAKLAR	47
ÖZGEÇMİŞ	50

SİMGELER VE KISALTMALAR

f	: Frekans
m	: Ortalama arıza süresi
P_0	: Bir sistemin arızalı durumda olma olasılığı
P_1	: Bir sistemin çalışır durumda olma olasılığı
r	: Ortalama onarım süresi
T	: Döngü süresi
U	: Ortalama yıllık kesinti süresi
λ	: Arıza sıklığı
μ	: Onarım hızı

AG	: Alçak gerilim
ASAI	: Ortalama hizmet kullanılabilirlik indisi
CAIDI	: Müşteri ortalama kesinti süresi indisi
CAIFI	: Müşteri ortalama kesinti sıklığı indisi
ENS	: Enerji sağlanmadı
EÜAŞ	: Elektrik Üretim Anonim Şirketi
km²	: Kilometrekare
kV	: Kilovolt
kVA	: Kilovolt Amper
MTBR	: Arızalar arasındaki ortalama süre
MTTF	: Arızaya kadar geçen ortalama süre
MTTR	: Onarıma kadar geçen ortalama süre
MVA	: Megavolt Amper
OG	: Orta gerilim
SAIDI	: Sistemin ortalama kesinti sıklığı indisi
SAIFI	: Sistemin ortalama kesinti süresi indisi
TR	: Trafo
TEDAŞ	: Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
XLPE	: Çapraz bağlı polietilen

1. GİRİŞ

1.1. Genel Bakış

Dağıtım sistemlerinin temel görevi, talep edilen yük değerine göre elektrik enerjisinin kabul edilebilir güvenilirlik, ekonomik ve kaliteli hizmetini sağlamaktır [1]. Artan talep ve elektrik kaynaklarına artan bağımlılık, kabul edilebilir bir güvenilirlik, kalite ve emniyet düzeyine ekonomik bir fiyata ulaşma gerekliliği ile, kamu hizmeti kuruluşu, müşterilerin gereksinimlerine bağlı olarak sistemleri sürekli olarak geliştirmeli ve iyileştirmelidir. Bir sistemin ömrü boyunca yerine getirmesini beklenen görevi yerine getirme yeteneğine güvenilirlik denir [2]. Her ne kadar toplum kesintisiz bir elektrik talep etse de elektrik iletim ve dağıtım sisteminde oluşan hatalar ve arızalar nedeniyle bu durum pek mümkün olamamaktadır. Elektrik kesintileri sadece bir bölgenin elektriksiz kalması ile bitmez. Elektrik kesintileri aynı zamanda ciddi ekonomik sorunlara sebep olabilirler. Bugün Türkiye'de bu tür durumlar nadirdir, ancak 1977'de New York'ta 350 milyon dolarlık hasara mal olan 25 saatlik bir elektrik kesintisi [3], elektrik kesintilerinin neden olabileceği ekonomik sorunlara bir örnek olarak gösterilebilir.

Planlama, işletme ve bakımda en doğru ve uygun kararı almak için güç sistemlerinin güvenilirliğini belirlemek ve değerlendirmek çok önemlidir. Tarihsel değerlendirme ve tahmine dayalı değerlendirme, bir dağıtım ağının güvenilirliğini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir [1]. Analitik ve simülasyon, tahmine dayalı güvenilirlik değerlendirmesinin iki temel yöntemidir. Ayrıca analitik yöntemler ağ modelleme ve Markov modelleme olmak üzere iki gruba ayrılabilir [2], [4].

Öte yandan, simülasyon en esnek yöntemdir, ancak hesaplama açısından kapsamlıdır. Ancak, çoğu yardımcı program, tahmine dayalı bir değerlendirmeden ziyade tarihsel değerlendirmeyi tercih eder. Bunun nedeni, güvenilirlik analizinde çok önemli olan ve diğer güvenilirlik değerlendirme teknikleri ile karşılaştırma için bir referans olabilecek gerçek verilere dayalı tarihsel değerlendirme [5]. Bu nedenle, kamu hizmetlerinin planlar ve analizler için veri kayıt sistemlerini sürdürmesi ve güncellemesi gerekir. Toplanan gerçek veriler, gelecekte sistem çalışmalarını ve sistemin genel güvenilirliğini iyileştirecektir. Şebeke operatörleri için güvenilirlik çalışmalarının önemi, en yüksek miktarda enerjinin sağlanmadığı alanlar ve ayrıca kesintilere ve arızalara katkıda bulunan koruma sisteminin zayıf alanları gibi arızaların en sık kullanım nedenlerini belirlemek için hayati öneme sahiptir [6].

Elektrik güç sistemlerinde yaşanan kesinti ve arızaların sıklığını azaltmak için yatırım çalışması yapılması gerekmektedir. Bu yatırımlar yapılırken ne kadar para harcandığı, harcanan paranın harcamaya değeceği, sistemin güvenilirliğini ne şekilde etkileyeceği gibi sorular yatırımın gerekliliği konusunda belirleyici olmaktadır.

Günümüz elektrik şebekelerinin güvenilirlik açısından iyileştirilmesi konusunda birçok çalışma yapılmakta olup bunlardan biri de elektrik şebekesinin havai şebekeden yeraltı şebekesine dönüştürülmesidir. Elektrik şebekesinin yeraltı sistemine dönüştürülmesi sistemdeki arıza ve kesintilerin sıklığı ve süresi üzerinde etkili olmaktadır. Elektrik dağıtım sistemlerinin güvenilirlik analizleri yapılırken sistemin havai hatta ve yeraltı hattında oluşan ortalama kesinti frekansı indisi (SAIDI), sistemin ortalama kesinti süresi indisi (SAIFI), tüketici ortalama kesinti frekansı indisi (CAIFI), tüketici ortalama kesinti süresi indisi (CAIDI) gibi indisler sistemin güvenilirliğinin belirlenmesinde kullanılmaktadır [7]. Sistemin güvenilirliğinin belirlenmesi için birçok analiz yöntemi bulunmaktadır. Bu sistemlerden biri olan Monte Carlo yöntemi, rastgele değişkenlerin simülasyonu ile matematiksel problemlerin çözümünde kullanılan nümerik bir metottur [8]. Bilgisayar günlük hayatta kullanımından önce manuel olarak yapılan rasgele sayı üretimi artık bilgisayarlar tarafından yapılabilmektedir. Bu gelişme Monte Carlo yöntemlerinin birçok alanda kullanılmasını mümkün kılmıştır. Bu alanlardan biri de elektrik güç sistemlerinin güvenilirlik analizidir. Sistemin büyük olması nedeniyle Monte Carlo simülasyonu büyük ölçekli sistemlerin güvenilirlik değerlendirmesi yapılırken kullanılmaya elverişlidir [9]. Şiddetli hava koşulları nedeniyle dağıtım sistemlerinin güvenilirliğini değerlendirmek için Monte Carlo Simülasyonu kullanılmıştır [10]. Monte Carlo Simülasyonu, dağıtılmış üretimin sistem güvenilirliği üzerindeki etkisini değerlendirmek için de kullanıldığı görülmüştür [11]. Monte Carlo Simülasyonu karmaşık yapıdaki güç sistemlerinin güvenilirliğini değerlendirmek için de kullanılmıştır [12].

Bu çalışmada havai elektrik şebekesinden yeraltı elektrik şebekesine dönüştürülen Batman İli Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi ait elektrik kesinti analiz verileri toplanarak derlenmiştir. Bu analiz verilerinden sistemin önceki sistemde ve sonra yeraltı sisteminde elde edilen SAIDI, SAIFI, CAIFI ve CAIDI indislerinin değerlendirilmesiyle sistem performans değerleri elde edilmiştir. Ayrıca elektrik dağıtım sistemleri üzerinde

şebekenin tek kaynaktan beslenmesi ve ring sistemi ile iki kaynaktan besleme durumları şebekelerin güvenilirlikleri üzerine etkileri incelenmiştir.

1.2. Problem

Elektrik şebekeleri, enerji altyapımızın kritik bir parçası olmuştur ve olmaya devam edecektir ve bunların tutarlı bir şekilde ve toplumun ve müşterilerin gelecekteki taleplerini karşılayacak şekilde geliştirilmesini sağlama sorumluluğumuz vardır. Şebeke geliştirme süreci, mevcut ve gelecekteki müşterilerin beklentileriyle uyumlu uzun vadeli bir vizyona yönelik olmalıdır. Şirketleşme ve kamu hizmeti şirketi olarak kurulduktan sonra, EÜAŞ, TEİAŞ, TEDAŞ'ın ve özelleşmiş versiyonu olan EDAŞ'ların misyonu, yeterli elektriği güvenli, güvenilir ve verimli bir şekilde iletmek, dağıtmak ve tedarik etmektir.

Bugün gelişmekte olan ülkelerde elektrik enerjisi kuruluşlarının karşılaştığı temel sorun, arz büyümesinin kıt kaynaklar, çevre sorunları ve diğer toplumsal kaygılar tarafından kısıtlandığı yerlerde güç talebinin giderek daha hızlı olmasıdır. Bu, yeni sistem tesislerinin daha kapsamlı gerekçelerine ve elektrik üretimi ve kullanımında iyileştirmelere ihtiyaç duyulmasına neden olmaktadır. Yatırımlar ile yapılan elektrik şebekesi yenileme çalışmaları maliyet ve yapılaşma göz önünde bulundurularak şehir içerisinde havai veya yeraltı şebekeden biri tercih edilerek yapılmaktadır ki bu iki farklı sistemin güvenilirlik ve maliyet bakımından farklı olması bu konuda önem teşkil etmektedir. Kamu hizmetinin performansını iyileştirmek ve müşterileri memnun etmek için sistemin güvenilirliğini arttırmanın gerekli olduğu düşünülmektedir.

Elektrik dağıtım şebekesinin daha korumalı bir sistem olan yeraltı elektrik şebekesi ile sağlanması güvenliliğin iyileştirilmesinde önemli bir etkiye sahiptir ve bu, Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi'ndeki dağıtım sistemi için kesinti azaltma teknikleri ile birlikte ayrıca değerlendirilecektir. Bu nedenle, bu tezde, özellikle Batman İli bölgesinin dağıtım sistemine odaklanarak, Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi'nin elektrik dağıtım sistemi ele alınmıştır.

1.3. Amaç

Bu tezin temel amacı, ülkeler için gelişmişliğin bir göstergesi olan elektrik enerjisinin sahip olduğu öneminden dolayı güvenilirlik üzerinde bir değerlendirme ve araştırma yapılmıştır. Bu kapsamda, Batman İli Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi'nin elektrik şebekesinin dağıtım ağlarının güvenilirliğini değerlendirmek ve bölge ile ilgili gerçek veriler ışığında sistem güvenilirlik indislerini belirlemektir. Bu tezde yapılacak çalışma ile yeraltı ve yerüstü elektrik dağıtım şebekesinin güvenilirliği karşılaştırmalı olarak analiz edilecektir. Bu tez ile yukarıda belirtilen yöntemler ile yeraltı ve yerüstü elektrik sistemlerini karşılaştıran örnek bir çalışma olacaktır. Tezin sonucunda elde edilen veriler Dağıtım Şirketlerinde yapılacak olan yatırım çalışmalarının gerekliliğini savunma açısından somut bir kaynak olarak kullanılabilir. Ayrıca bu çalışmanın ile tüketicilere elektrik enerjisinin sağlanması aşamasında sistemin güvenilirliğinin değerlendirilmesi için bir referans sağlamak ve çalışan sistemin ve gelecekte hizmete dahil edilecek sistemin bir modelini oluşturmaktır.

2. LİTERATÜR

2.1. Güvenilirliğe Genel Bakış

Elektrik gücü, herhangi bir modern ekonomide hayati bir unsurdur. Makul bir maliyetle güvenilir bir güç kaynağının mevcudiyeti, bir ülkenin ekonomik büyümesi ve gelişmesi için çok önemlidir. Bu nedenle, dünya çapındaki elektrik enerjisi kuruluşları, müşteri taleplerini makul bir güvenilirlik hizmetinde mümkün olduğunca ekonomik bir şekilde karşılamaya çalışmaktadır. Müşteri taleplerini karşılamak için elektrik şirketinin gelişmesi ve dağıtım sisteminin buna göre yükseltilmesi, işletilmesi ve bakımının yapılması gerekir. Dünya çapında yapılan bir analiz, tüm müşteri güvenilirliği sorunlarının yaklaşık %90'ının dağıtım sistemindeki sorundan kaynaklandığını göstermektedir, bu nedenle dağıtım güvenilirliğini iyileştirmek, müşteri güvenilirliğini artırmanın anahtarıdır [8].

2.2. Güvenilirlik Değerlendirmesi

Güvenilirlik analizinin nihai amacı, "sistem yeterince güvenilir mi?" gibi soruları yanıtlamaya yardımcı olmaktır. "Hangi plan daha az başarısız olacak?" ve "Sistemi iyileştirmek için para en iyi nereye harcanabilir?" [9]. Güç sisteminde güvenilirlik temel açıdan ikiye ayrılabilir; Sistem yeterliliği ve Sistem güvenliği [13]. Yeterlilik, sistemin enerji talebi ile ilgili kapasitesi ile ilgilidir ve güvenlik, sistemin bozukluklara (arızalar gibi) dinamik tepkisi ile ilgilidir. Dağıtım sistemleri nadiren sınırlarına yakın yüklendiğinden, sistem yeterliliği nispeten küçük bir endişedir ve sistem güvenliğinde güvenilirlik vurgusu vardır.

Dağıtım sistemlerinin güvenilirlik değerlendirmesine uygulanan iki ana yaklaşım şunlardır [14]:

- İstatistiksel dağılımlardan çizimlere (Monte Carlo) dayalı simülasyon yöntemleri.
- Matematiksel modellerin çözümüne dayalı analitik yöntemler

Monte Carlo teknikleri, doğru sonuçlar elde etmek için gerekli olan çok sayıda çizim nedeniyle normalde çok zaman alır. Her bir bileşenin hataya katkısı, hata oranlarının ve kesinti sürelerinin istatistiksel dağılımıyla verilir.

Analitik yöntemler, arıza oranı ve onarım sürelerinin istatistiksel dağılımlarına ilişkin varsayımlara dayanmaktadır. Bir dizi yaklaşık denklem kullanan en yaygın değerlendirme teknikleri, arıza modu analizi veya minimum kesim seti analizidir. Bu yöntem, simülasyon yöntemlerinden daha az zaman alır, ancak onarım sürelerini yeterince temsil etme problemleri görülmektedir.

2.2.1. Güvenilirlik Hesaplama Yöntemleri

Bir dağıtım sisteminin nicel güvenilirlik değerlendirmesi iki temel bölüme ayrılabilir:

- Geçmiş performansın ölçülmesi
- Gelecekteki performansın tahmin edilmesi [9].

Geçmiş performansı değerlendirmek için kullanılan temel indislerden bazıları şunlardır:

- Sistem Ortalama Kesinti Sıklığı İndisi (SAIFI)
- Sistem Ortalama Kesinti Süresi İndisi (SAIDI)
- Müşteri Ortalama Kesinti Süresi İndisi (CAIDI)
- Müşteri Ortalama Kesinti Sıklığı İndisi (CAIFI)
- Ortalama Hizmet Kullanılabilirlik İndisi {Kullanılamazlık} (ASAI)
- Enerji sağlanmadı (ENS)

Geçmiş performans istatistikleri, mevcut sistemin değerli güvenilirlik profilini sağlar. Ancak dağıtım planlaması, gelecekteki sistemlerin analizini ve değişiklikler olduğunda sistem güvenilirliğinin değerlendirilmesini içerir; yapılandırma, çalışma koşulları veya koruma şemalarında. Bu, sistem topolojisine ve bileşenlerin arıza verilerine dayanarak sistemin gelecekteki performansını tahmin eder. Arıza oluşumunun ve kesinti süresinin stokastik doğası nedeniyle, genellikle olasılık modellerine dayanır. Sistem yük noktaları ile ilgili temel indisler; başarısızlık oranı, ortalama kesinti süresi ve yıllık kullanılamazlıktır.

SAIFI ortalama bir müşterinin önceden tanımlanmış bir zaman aralığı boyunca ne sıklıkla sürekli kesintiye maruz kaldığını belirtirken, SAIDI ortalama bir müşterinin önceden tanımlanmış bir zaman aralığı için toplam kesinti süresini belirtir. CAIDI,

hizmeti geri yüklemek için gereken ortalama süreyi belirtir. ASAI, bir müşterinin önceden tanımlanmış zaman aralığı sırasında gücü aldığı zaman dilimini belirtir ve ASUI için bunun tersi geçerlidir [8]. ENS, müşterinin önceden tanımlanmış süre içinde almadığı ortalama enerjiyi belirtir.

2.3. Güvenilirlik ve Maliyet İlişkisi

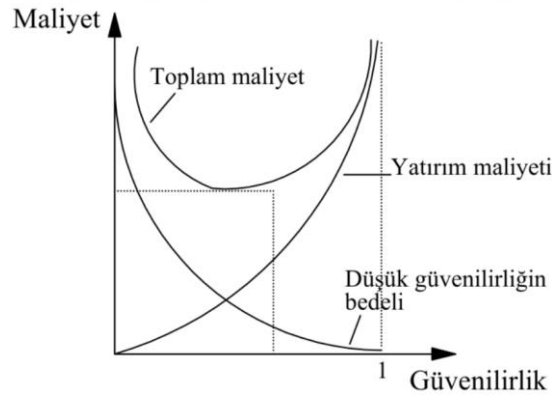
Bir kavram olarak güvenilirlik, doğal bir özellik ve herhangi bir sistemin amaçlanan işlevini yerine getirme yeteneğini tanımlayan özel bir ölçüdür. Bir güç sisteminin birincil teknik işlevi, son müşterilerine elektrik enerjisi sağlamaktır. Bu her zaman önemli bir sistem sorunu olmuştur ve güç sistemi personeli, müşterilerin makul ekonomik kısıtlamalar dahilinde yeterli ve güvenli sarf malzemeleri almasını sağlamak için her zaman çaba göstermiştir [15]. Sistem yeterliliği temel olarak müşteri talebini karşılamak için yeterli üretim, iletim ve dağıtım kapasitesinin bulunması anlamına gelir. Öte yandan güvenlik, sistemin sistem içinde ortaya çıkan rahatsızlıklara yanıt verme yeteneği ile ilgili olarak kabul edilir. Bu nedenle, yeterlilik değerlendirmesi statik koşulları temsil ederken, güvenlik değerlendirmesi güç sisteminin dinamik koşullarıyla ilgilidir [16], [17].

Yeterli güvenilirlik düzeyine sahip ekonomik bir fiyatla güç tedarik etme girişiminde bulunan kamu hizmetleri şirketleri, bu iki yön birbiriyle çeliştiğinden, genellikle yüksek düzeyde güvenilirliği nispeten düşük maliyetle dengelemek için zorluklarla karşı karşıya kalır. Güvenilirlik değerinin doğrudan değerlendirilmesi zor bir iştir, bu nedenle yaygın olarak kullanılan pratik bir alternatif, elektrik kesintileri nedeniyle müşterilerin maruz kaldığı etkileri ve parasal kayıpları değerlendirmektir. Bir müşteri tarafından bir kesinti yaşandığında, müşterinin kesintiden kaçınmak için ödemeye razı olduğu bir miktar para vardır ve bu tutara 'müşteri güvenilirliği maliyeti' adı verilir. Bu maliyetler hem maddi hem de maddi olmayan maliyetleri ve ayrıca fırsat maliyetini içerir. Bu nedenle, güvenilirliği maksimize etmek için, kamu hizmeti, güvenilirliğin iyileştirilmesi için güçlendirme maliyetlerini ve zayıf güvenilirlik için müşteri maliyetini dengelemelidir. Bu nedenle, optimum güvenilirlik düzeyine, kullanım maliyeti ile müşteri maliyetinin toplamı minimum olduğunda ulaşıldığı söylenir.

Elektriksel güç sistemleri son derece güvenilir ve hatasız olmalıdır. Elektriksel güç sistemlerinin güvenilirliğini artırmanın birçok yolu bulunmaktadır. Bunlardan birkaçı:

- Bileşen güvenilirliğini artırmak,
- Bileşenleri yedeklemek,
- Koruyucu bakım periyodunu küçültmek,
- Ölçme ve gözetim olanaklarını artırmak ve sıklaştırmak şeklinde sıralanmaktadır [18].

Güvenilirlik olmak ve ekonomik olmak gerçekleşebilme koşulu açısından birbirine ters kavramlar olduğundan dolayı yukarıda verilen güvenilirlik artırma yollarının kullanılması halinde güvenilirlik maliyetlerinde önemli artışlar olduğu görülecektir. Bir noktada, bu maliyetler, özellikle yatırım aşamasında, güvenilirliğin beklendiği gibi büyümesine izin vermeyecektir. Bu nedenle yatırım aşamasına en önemli maliyet kalemlerinden olan güvenilirlik maliyetlerinin en iyi şekilde analizi gerçekleştirilmeli ve optimum bir düzey sağlanmalıdır. Şekil 2.1'de maliyet ve güvenilirliğin grafiği yer almaktadır [18].



Şekil 2.1. Güvenilirlik – maliyet grafiği [18].

Güvenilirliğin artırılabilmesi için yatırımların artırılması gerekmektedir. Ancak, doğru bir analiz yapılmadan yatırımın beklenen seviyeye ulaşmadığı ve bazı durumlarda yatırımın tahsis edilen maliyetinin kesintiden kaynaklanan maliyetten çok daha düşük olduğu tespit edilebilir.

Elektrik enerjisi dağıtım sistemlerinde yapılacak yatırımlarda sistemin arıza anında oluşacak zararların ve güvenilirliğin geliştirilmesine yönelik maliyetlerin hesaplanıp optimum düzeyde bu denge sağlanmalıdır.

2.4. Koruma Sistemlerinin Güvenilirlik Üzerindeki Etkileri

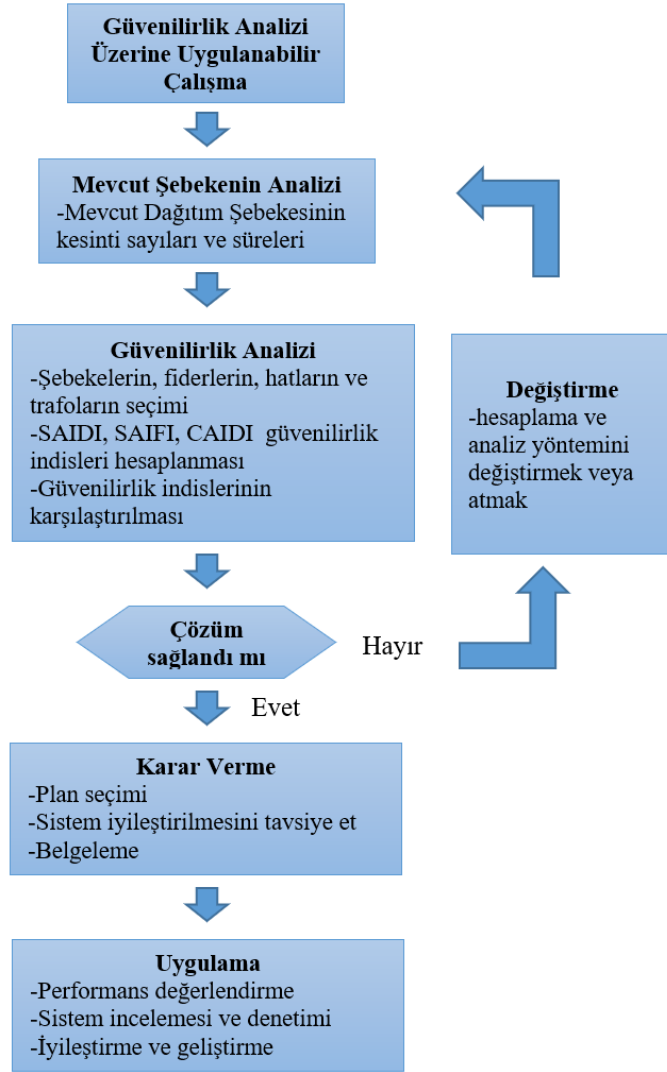
Düzgün bir şekilde koordine edilmiş bir koruma sistemi, bir elektrik dağıtım şebekesinin, bireysel ekipman, personel ve kamu ve genel olarak şebeke için güvenlik için önceden belirlenmiş gereksinimler dahilinde çalışabilmesini sağlamak için hayati önem taşımaktadır. Tüm devrelere ve elektrikli ekipmana uygun ve güvenilir ekipman kurulmalıdır ve bunu yapmak için, sistemin başka bir yerinde beslemeyi sürdürmek için bir ağın arızalı bölümlerinin izolasyonunu başlatmak için koruyucu röleler kullanılır. Bu daha sonra daha iyi süreklilik ve tedarik kalitesi ile iyileştirilmiş bir elektrik hizmetine yol açar. Bu, kalıcı kesintileri ve sürelerini azaltabilir. Son kullanıcılarla birlikte hassas yükün artmasıyla birlikte, güç kalitesini iyileştirmek ve anlık kesintileri azaltmak da aynı derecede önemlidir. İlk adım, sorunun temel nedenini bulmak ve en fazla sayıda müşteriye etkileyen bir devreye azaltma çözümlerini uygulamaktır.

Elektrik güç sistemlerinde yaşanan kesinti ve arızaların sıklığını azaltmak için yatırım çalışması yapılması gerekmektedir. Daha iyi bir aşırı akım koruma planı, geçici ve kalıcı arızalardan etkilenen müşteri sayısını azaltabilir. Dolayısıyla, geçmiş veriler, iyileştirmeleri ölçmek ve güvenilirlik iyileştirmeleri için cihazları bölümlere ayırmak için en iyi yerleri tahmin etmek için kullanılabilir. Optimal konumlarda tekrar kapatıcı sayıları eklemek SAIFI, SAIDI'yi azaltabilir, ancak ekonomik olarak uygun olmalıdır. Yeraltı elektrik dağıtım şebekesinde havai elektrik dağıtım şebekesine göre daha iyi bir koruma sistemi uygulanabilir. Şebekeye eklenen otomatik kesicilerin, yük ayırıcıların ve bunlara bağlı olan röle korumalarının arıza oranını, onarım süresini ve arıza meydana geldiğinde sistem üzerindeki etkilerini azaltmaya yardımcı olur. Uygulanacak olan arıza azaltma teknikleri, arıza oranını, onarım süresini veya her ikisini veya kesinti süresini azaltmak isteyip istemediğine bağlı olarak kullanılabilir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Genel Bakış

Bu çalışmanın en önemli amacı, sistematik planlama yaklaşımına güvenilirlik analizini dahil ederek dağıtım sisteminde güvenilirliğin elektrik dağıtım şebekesinin yeraltına alınarak nasıl geliştirilebileceğini görmektir. Havai elektrik dağıtım sisteminin ve yeraltı elektrik dağıtım sisteminin güvenilirlik indisleri ayrı ayrı değerlendirilecek, değerlendirilecek ve uluslararası standartlarla karşılaştırılacak ve arıza riskinin nasıl azaltılabileceği görülecektir. 2019 ve 2020 yıllarına ait hata oranları ve güvenilirlik indisleri, bu çalışma için temel yıllar olarak kabul edilmektedir. Genel süreç akış şeması, Şekil 3.1'de gösterildiği gibi dağıtım ağı tasarımının sistematik planlama yaklaşımına dayalı olarak geliştirilmektedir.



Şekil 3.1. Dağıtım Şebekesinde Güvenilirlik Analizi için Planlama Yöntemi

3.2. Güvenilirlik İndisleri

Güvenilirlik indisleri, yük noktası indisleri (arıza sıklığı, onarım süresi ve yıllık kesinti süresi) ve sistem indisleri (SAIFI, SAIDI, CAIDI vb) olmak üzere iki ana gruba ayrılmıştır [19]. Bu indisler her bir yük noktası için ayrı hesaplanmak üzere, arıza sıklığı (λ), onarım süresi (r) ve yıllık olarak oluşan kesinti süresi (U)'dur. Bu veriler kullanılarak IEEE, EEI, EPRI, CEA gibi uluslararası kurum ve kuruluşlar tarafından kabul gören bazı performans indisleri elde edilebilir. Performansı değerlendirmek için kullanılan indisler üç ayrı sınıfta incelenebilir. Bunlardan ilki, kesintiler nedeniyle sistemden yararlanamayan tüketici sayısını esas alan performans indisidir. Bu indislere tüketici endeksli indisler de denir. İkinci performans indisi, kesintiler nedeniyle hizmet edilemeyen yük miktarını temel alır. Performans indislerinin üçüncü ve son grubu, maliyet değerlendirmesinde kullanılanlardır [18].

Elektrik dağıtım sistemlerine ait geçmiş ve gelecek değerlendirmeleri bu indislerin yardımıyla yapılabilmektedir. Bu indisler sayesinde tüketici sayısı baz alınarak her bir kesinti süresi için güvenilirlik değerlendirmesi yapılabilmektedir. Bu performans indislerinden en çok kullanılanı SAIFI, SAIDI, CAIFI ve CAIDI'dir.

3.2.1. Sistemin ortalama kesinti sıklığı indisi (SAIFI)

SAIFI (System average interruption frequency index) sistemin ortalama kesinti sıklığı indisi olarak ifade edilir. SAIFI, önceden tanımlanmış bir alan üzerinde sistemin ortalama sürekli kesinti sıklığı hakkında bilgi verir.

SAIFI performans indisinin hesaplanmasına ilişkin denklemler aşağıdaki gibidir [8].

$$SAIFI = \frac{\sum \text{Sistem Toplam Kesinti Sayısı}}{\text{Hizmet Edilen Toplam Tüketici Sayısı}} \quad (3.1)$$

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i \cdot N_i}{\sum N_i} \quad (3.2)$$

Burada;

λ_i : Arıza oranı

N_i : Tüketici sayısıdır.

3.2.2. Sistemin ortalama kesinti süresi indisi (SAIDI)

SAIDI (System average interruption duration index) sistemin ortalama kesinti süresi indisi olarak tanımlanabilir. SAIDI formülü, bir tüketicinin bir yılda bağlantısının kesildiği ortalama süreyi belirler. SAIDI verileri, kesinti sayısını azaltarak veya kesinti süresini azaltarak iyileştirilebilir [18]. Kırsal alanlarda oluşan kesintilerden örnek verilecek olunursa, ekiplerin arıza noktasına ulaşma süresini fazla olmasından dolayı kesinti sürelerinin uzamasına neden olurlar. Arıza noktasını daha kısa sürede ulaşmak için otomasyon sistemlerinin gelişimi ve kırsal alanlarda da onarım ekiplerinin daha fazla olması gerekmektedir. SAIDI performans indisinin hesaplama formülü aşağıdaki denklemlerde gösterilmiştir [8].

$$SAIDI = \frac{\sum \text{Müşteri Toplam Kesinti Süresi}}{\text{Hizmet Edilen Toplam Müşteri Sayısı}} \quad (3.3)$$

$$SAIDI = \frac{\sum U_i \cdot N_i}{\sum N_t} \quad (3.4)$$

Burada;

U_i : Yıllık kesinti süresi

N_i : Tüketici sayısı

N_t : Toplam tüketici sayısıdır.

3.2.3. Müşterinin ortalama kesinti süresi indisi (CAIDI)

Müşteri ortalama kesinti süresi CAIDI (The Customer Average Interruption Duration Index) indisi toplam tüketici kesinti süresinin toplam tüketici kesinti sayısına oranı olarak ifade edilmektedir. Başka bir deyişle SAIDI indisinin SAIFI indisine oranı CAIDI olarak tanımla bilinir. CAIDI indeksi arızaya hızlı müdahale ve hızlı onarım sayesinde kesinti sürelerindeki azalma ile iyileştirilebilir [18]. CAIDI indisi hesaplaması aşağıdaki denklemlerde gösterildiği şekilde yapılabilir [8].

$$CAIDI = \frac{\sum \text{Tüketicilerin kesinti süreleri toplamı}}{\sum \text{Tüketicilerin kesinti sayıları toplamı}} = \frac{SAIDI}{SAIFI} \quad (3.5)$$

$$CAIDI = \frac{\sum U_i \cdot N_i}{\sum \lambda_i \cdot N_i} \quad (3.6)$$

Burada;

λ_i : Arıza oranı

U_i : Yıllık kesinti süresi

N_i : Tüketici sayısıdır.

3.2.4. Müşterinin ortalama kesinti sıklığı indisi (CAIFI)

Müşteri ortalama kesinti sıklığı CAIFI (Customer average interruption frequency index) indisi kesintiye uğrayan tüketicilerde sürekli kesintilerin ortalama sıklığını ifade eder. CAIFI indisi SAIFI indisinden farkı olarak kesintiye uğramayan müşteriler hesaplamaya dahil edilmemektedir. Dolayısı ile CAIFI indisi elde etmek için tüketici sayısı en az bir kez kesintiye uğrayan müşteriler toplamından hesaplanır [18]. CAIFI indisi hesaplaması aşağıdaki denklemlerde gösterildiği şekilde yapılabilir [8], [20].

$$CAIFI = \frac{\sum \text{Tüketicilerin kesinti sayılarının toplamı}}{\text{En az bir kesintiye uğrayan tüketicilerin sayısı}} \quad (3.7)$$

$$CAIFI = \frac{\sum \lambda_i \cdot N_i}{\sum M_i} \quad (3.8)$$

Burada;

λ_i : Arıza oranı

N_i : Toplam tüketici sayısı

M_i : Etkilenen tüketici sayısıdır.

3.3. Sistem Modellemesi

Güvenilirlik analizinin yapıldığı sistemin davranışını belirlemek için sistem modellenmelidir. Sistemin modellenmesi sadece sistemden elde edilen indislerin hesaplanmasına olanak sağlamakla kalmaz, aynı zamanda sistemin çalışma koşullarında, arızalar altında ve sonrasında nasıl davrandığını belirlemeye de olanak sağlar. Elde edilen veriler ışığında ortaya bir model konulabilir.

3.3.1. Markov Modeli

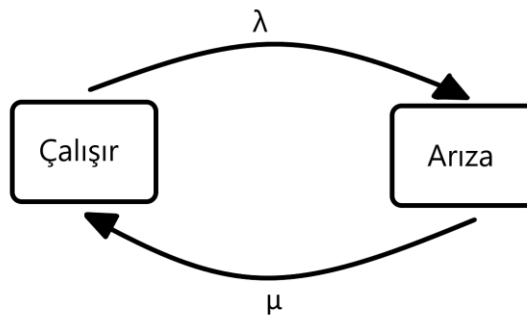
Kullanılan iki ana yaklaşım analitik ve simülasyondur. Tekniklerin büyük çoğunluğu analitik tabanlıdır ve simülasyon teknikleri özel uygulamalarda küçük bir rol almıştır [15]. Bunun ana nedeni, simülasyonun genellikle büyük miktarda hesaplama süresi gerektirmesi ve analitik modellerin ve tekniklerin planlayıcılara ve tasarımcılara nesnel kararlar vermeleri için gereken sonuçları sağlamaya yeterli olmasıdır. Analitik teknikler, sistemi matematiksel bir modelle temsil eder ve doğrudan sayısal çözümler kullanarak bu modelden güvenilirlik indislerini değerlendirir. Genellikle nispeten kısa bir hesaplama süresinde beklenti indislerini sağlarlar.

Markov modelleri, nicel güvenilirlik analizinde çok popülerdir ve güvenilirlik analizi ilkeleri hakkında kabaca bir fikir edinmenin iyi bir yoludur. Markov modelleri temelinde, radyal dağıtım ağının güvenilirliğini hesaplamak için kullanılacak basit bir formül geliştirilebilir. Yönteme benzer süre-frekans tekniği denir ve başlangıç noktası, tek tek sistemin başarısızlığıdır [20]. Sözde durağan Markov sürecinde, temel olarak iki merkezi kavramla çalışır:

- Arıza sıklığı (λ)
- Onarım süresi (r)

Sistem bazında bir güvenilirliğin yalnızca aşağıdaki koşullardan birinde olabileceği varsayılır. Birinci durumun sistemin çalışır durumda olmasıdır; ikinci durum ise sistemin arıza durumunda olmasıdır.

Bu, Arıza (sistem arızalı durumda) ve Çalışır (sistem normal durumda) ile temsil edilen Şekil 3.2'deki iki durumlu model diyagramında gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Onarılabilir bir birimin Markov modeli [18]

Bu şekilde;

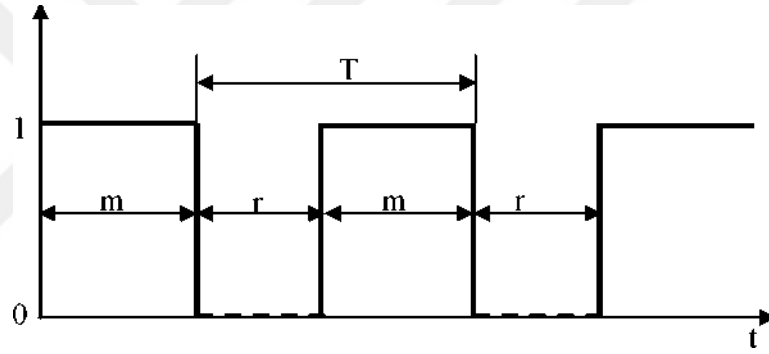
λ : Arıza sıklığı

μ : Onarım sıklığıdır.

Arıza sıklığı λ aşağıdaki gibi hesaplanabilir [18].

$$\lambda = \frac{\text{Belirli bir dönemde sistemdeki kesinti sayısı}}{\text{Sistemin çalışır durumda olduğu toplam zaman}} \quad (3.9)$$

Şekil 3.3, bir sistem (Ortalama Durum Döngüsü) için beklenen işlevsellik (çalışır) ve kesinti (arıza) süresini göstermektedir. Sistem Markov süreci ile temsil edilebilir ve durum geçiş oranları açısından her durumda bulunma olasılıkları için geliştirilen denklemler aşağıdaki gibidir [20].



Şekil 3.3. Ortalama Durum Döngüsü [20]

Ortalama fonksiyon süresi, m , öyle ki,

$$m = \frac{1}{\lambda} \quad (3.10)$$

Burada;

m : MTTF, Arızaya kadar geçen ortalama süre $=1/\lambda$

r : MTTR, Onarıma kadar geçen ortalama süre $=1/\mu$

$m+r$: MTBR, Arızalar arasındaki ortalama süre $=T=1/f$

f : Döngü frekansı $=1/T$

T : Döngü süresi $=1/f$ 'dir.

Sistemin iki durumdan birinde olma olasılığı aşağıda gösterildiği gibidir [20].

$$P_0 = \frac{r}{m+r} = \frac{\lambda}{\lambda+\mu} = \frac{r}{T} = \frac{f}{\mu} = \frac{\Sigma(\text{arızalı süre})}{\Sigma(\text{arızalı süre})+\Sigma(\text{çalışır süre})} \quad \text{öyle ki } f = \mu.P_0 \quad (3.11)$$

$$P_1 = \frac{m}{m+r} = \frac{\mu}{\lambda+\mu} = \frac{m}{T} = \frac{f}{\lambda} = \frac{\Sigma(\text{çalışır süre})}{\Sigma(\text{arızalı süre})+\Sigma(\text{çalışır süre})} \quad \text{öyle ki } f = \lambda.P_1 \quad (3.12)$$

Burada;

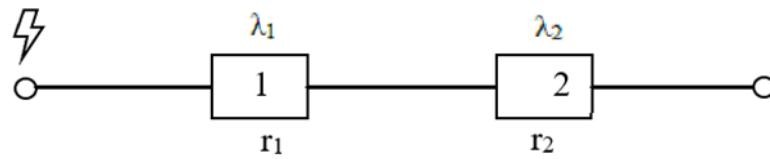
P_0 : Bir sistemin arızalı durumunda olma olasılığı

P_1 : Bir sistemin çalışır durumunda olma olasılığı

f : Döngü frekansıdır.

3.3.2. Seri Sistem

Güvenilirlik analizi yapılacak olan Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi'nin elektrik dağıtım şebekesi havai olduğu zamanlar temel olarak radyal sistemde tasarlanır ve çalıştırılırdı. Radyal bir sistem temel olarak aşağıdakiler gibi bir dizi seri bileşenden oluşur; kesiciler, hatlar, anahtarlar, transformatörler ve sonunda "Müşteriler" bulunur. Seri yapıda, sistemin çalışması için her iki bileşenin de sağlam olması gerekir, "bir zincir en zayıf halkası kadar güçlüdür", paralel yapıda ise sistemin çalışmayı durdurması için her iki bileşenin de başarısız olması gerekir. Bu durumda, tüm bileşenler Şekil 3.4'te gösterildiği gibi seri olarak bağlanır ve temel indisleri değerlendirmek için gereken denklemler aşağıdaki gibidir.



Şekil 3.4. Seri Bağlantı Yapısı [20]

- Sistemin ortalama arıza oranı:

$$\lambda_s = \lambda_1 + \lambda_2 = \sum_{i=1}^2 \lambda_i \quad (3.13)$$

- Sistemin ortalama kesinti süresi:

$$r_s = \frac{\lambda_1 r_1 + \lambda_2 r_2 + \lambda_1 \lambda_2 r_1 r_2}{\lambda_1 + \lambda_2} = \frac{\sum \lambda_i r_i}{\sum \lambda_i} = \frac{U_s}{\lambda_s} \quad (3.14)$$

Eğer $\lambda_1 \lambda_2 r_1 r_2 \ll \lambda_1 r_1$ veya $\lambda_2 r_1 r_2$

- Ortalama Yıllık Kesinti süresi

$$U_s = f_s \cdot r_s = \lambda_s \cdot r_s \quad (3.15)$$

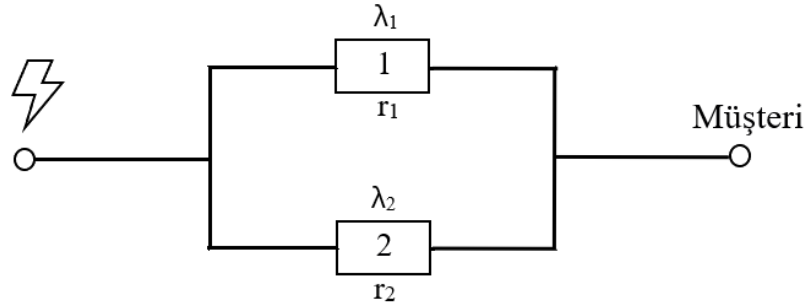
Burada;

λ_s : Seri bileşendeki arıza oranı

r_s : Seri bileşendeki kesinti süresidir.

3.3.3. Paralel Sistem

Sistemin paralel olduğu durumda, yükleme noktasının arıza modları, üst üste binen kesintileri içerir, yani Şekil 3.5'te gösterildiği gibi müşterinin enerjisini kesmek için 1'inci ve 2'nci bileşen aynı anda kesinti halinde olmalıdır.



Şekil 3.5. Paralel Bağlantı Yapısı [20]

Arızaların bağımsız olduğu ve restorasyonun onarım veya değiştirmeyi içerdiği varsayılır [21], bu sistemin kesinti indislerini değerlendirmek için kullanılan denklemler aşağıda verilmiştir.

- Sistemin ortalama arıza oranı:

$$\lambda_p = \frac{\lambda_1 \lambda_2 (r_1 + r_2)}{1 + \lambda_1 r_1 + \lambda_2 r_2} = \lambda_2 \lambda_1 \lambda_2 (r_1 + r_2) \quad (3.16)$$

öyle ki $\lambda_1 r_1$ ve genellikle $\lambda_2 r_2 \ll 1$

- Sistemin ortalama kesinti süresi:

$$r_p = \frac{r_1 \cdot r_2}{r_1 + r_2} \quad (3.17)$$

- Ortalama Yıllık Kesinti süresi

$$U_p = \lambda_p \cdot r_p \quad (3.18)$$

Burada;

λ_p : Paralel bileşendeki arıza oranı

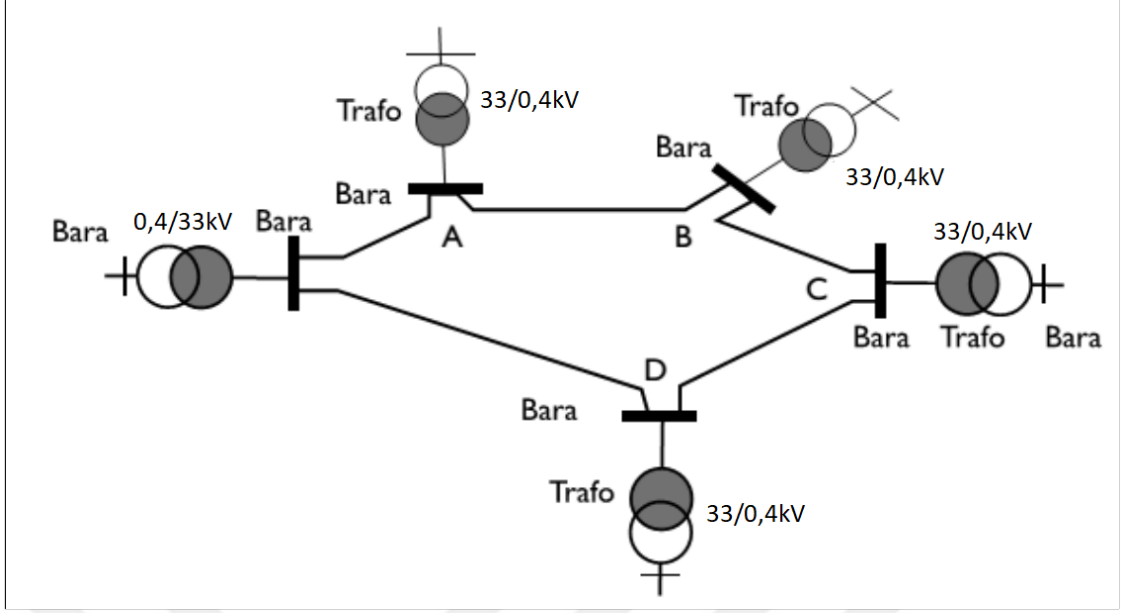
r_p : Paralel bileşendeki kesinti süresidir.

Yukarda gösterilen hesaplamalar basit radyal sistemler için yeterlidir. Karışık ve örgülü olan genel dağıtım sistemleri için ise başka indislerin de kullanılması gerekmektedir.

3.3.4. Ring Sistemi

Şehir, kasaba, köy ve sanayi merkezlerinde uygulanan, beslemenin birden fazla trafo ile yapıldığı ve bütün trafoların birbirine paralel şekilde kapalı bir sistemin oluşturduğu şebeke tipine ring şebeke denir [22]. Ring şebekesinde bir noktadan iki enerji hattı başka bir noktada tekrar birleşerek ring sistemini oluşturur. Bir ring şebekede, birden fazla trafoyu paralel bağlayarak sisteme enerji verilir. Şekil 3.6'da gösterildiği gibi, bu kapalı (halka) ring bir sistemi oluşturur.

Ring şebekelerde bir arıza oluşması durumunda kesintiden etkilenen tüketici sayısını minimumda tutmak için sadece arızanın olduğu kısım devre dışı bırakılarak enerjinin devamlılığı sağlanır. Ring sistemi olan şebekelerde arızanın geldiği yöne göre enerji akışının yönü değiştirildiğinden şebekedeki elektrik hatlarının kesitinin her yerde aynı olması gerekmektedir. Bu da tesis maliyetini artırmaktadır. Fakat yüksek maliyete karşılık daha az kesinti süresi sağladığından dallı şebekelere göre daha güvenlidir.



Şekil 3.6. Ring Sistemi Örnek Bağlantı Yapısı [23]

Havai hatlarda ring sisteminin uygulanması iş sağlığı ve güvenliği açısından olumsuz sonuçlar doğurabileceğinden pek uygulanmamaktadır. Havai hatlarda genellikle dallı şebeke tercih edilmektedir. Yeraltı elektrik hatlarının olduğu şebekelerde ise hat kesiciler ile korunduğundan ring sisteminin uygulanmasına olanak vermektedir. Dolayısıyla yeraltı elektrik şebekelerine ring sistemi uygulanabildiğinden güvenilirlik açısından daha olumlu sonuçlar alınabilmektedir.

3.4. Güç Sistemlerinde Güvenilirlik Analizinde Kullanılan Veriler

Veri tabanını oluşturan tüm veriler sayesinde belirli bir sistemdeki tüm olaylar hakkında bilgi sahibi olunmaktadır. Bu verilerin bir açıklaması aşağıda verilmiştir.

3.4.1. Kesintiler

Kesinti, bir veya daha fazla tüketici veya tesisin, sistem konfigürasyonuna bağlı olarak bir veya daha fazla elemanın devre dışı olması nedeniyle enerjisiz kalmasıdır [24]. Kesintiler, tüketicilere sağlanan enerjiyle ilişkili kayıplardır. Kesinti nedenleri olarak meteorolojik koşullar, iklim koşulları, bitki örtüsü, hayvanlar, işletme koşulları (aşırı yük, sistem değiştirilmesi) ve yaşlanma belirtilmektedir. Kesintiler ev ve endüstriyel

kullanıcıları farklı şekilde etkileyebilir. Ancak bu etki milyonlarca kayıp ürün anlamına gelebilmektedir.

Kesintiler iki gruba ayrılabilir: ani kesintiler ve geçici kesintiler. Ani kesinti, 5 dakikadan daha kısa bir kesinti olarak tanımlanır. Bir hat üzerinde, özellikle bir dağıtım hattında bir ağaç dalının elektrik iletkeni ile teması, rölede bir arızaya neden olarak devreyi açılıp kapanmasına sebep olur. Ayrıca, sisteme ağır yüklü bir tüketicinin bir anda dahil olmasıyla kısa, ani kesintiler meydana gelebilir. Sürekli kesinti ise, 5 dakikadan fazla olan bir kesintilerdir. Bu kesintilere sebep olan arılar otomatik olarak düzelmezler ve sorumlu ekip arıza noktasına gidip sistemi onarmalıdır.

3.4.2. Donanım Arızaları

Bir arıza modeli çıkarmak ve arızalı donanımın bu model üzerindeki etkisini değerlendirmek için kullanılırlar. Bakımın amacı, ayırıcılar, devre kesiciler, baralar, transformatörler, iletim hatları ve röleler gibi mevcut ekipmanların güvenilirliğini en üst düzeye çıkarmaktır.

3.4.3. Arıza Süresi

Analizin ortaya çıkardığı sorunlu alanların ve aksaklığın süresinin planlanması gerekmektedir. Özellikle kalıcı arıza durumlarında ağ yapısında inovasyona, azaltılmış sistem bakım sürelerine, hızlı müdahaleye ve yeni cihazların sisteme entegrasyonuna ihtiyaç vardır.

3.4.3. Coğrafi Konum

İşletim sistemlerinin coğrafi olarak karşılaştırılabilmesi ve gerekli iyileştirmelerin yapılabilmesi için servis merkezleri, trafo merkezleri ve fiderlerin kullanıldığı bölgelere ait bilgiler veri tabanında saklanmaktadır. Ayrıca yeni planlanan sistemler için bir rehber görevi görür.

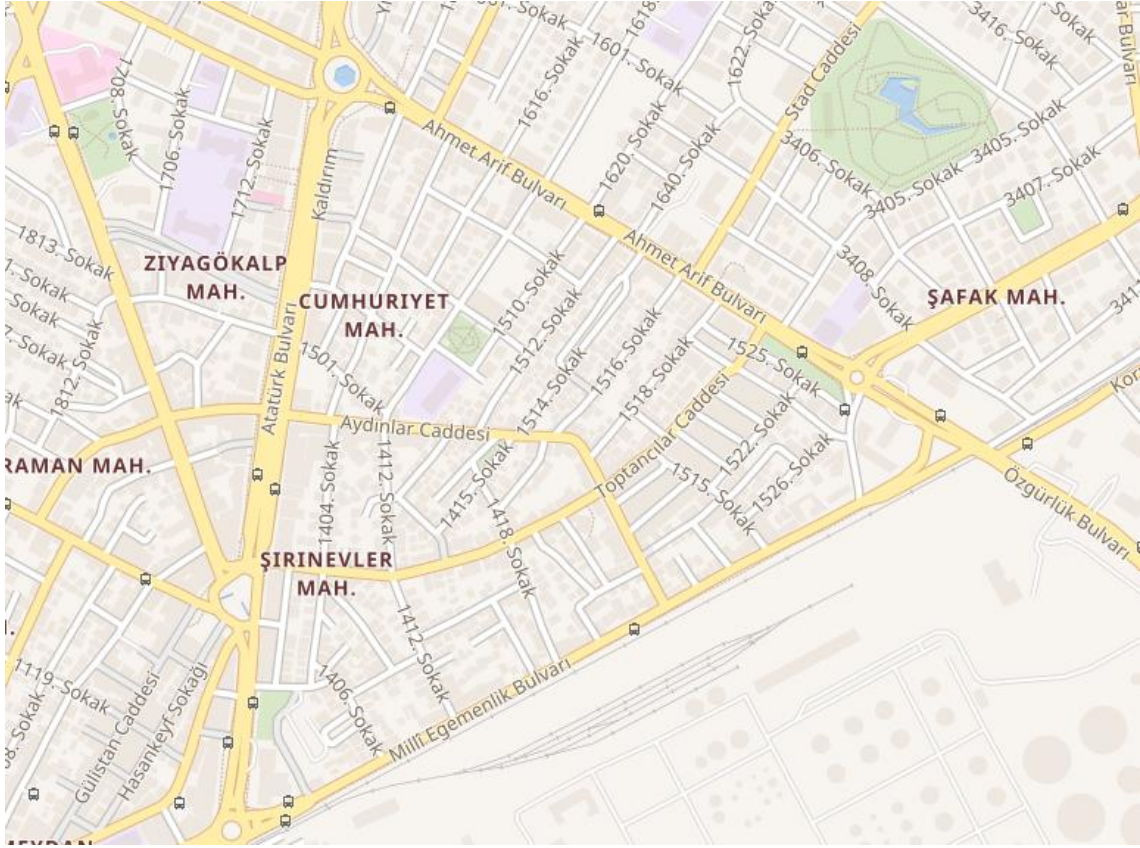
Tarihsel veriler sayesinde, halihazırda çalışmakta olan sistemin sağlığı hakkında açıklamalar yapılabilmektedir. Yeni sistemlerin entegrasyonu için potansiyel önemli noktalar belirlenebilir.

3.4.3. Çevre Koşulları

Kesintiler sırasında hava koşullarının etkisi açıklanmalıdır. Hataya neden olan olaylar, oluşumlarına ve hava koşullarına göre sınıflandırılır. Operatörler, burada elde edilen verileri, kuruluşların hava ve iklim koşullarına hazırlanmalarına ve proaktif olarak gerekli iyileştirmeleri yapmalarına yardımcı olmak için kullanır.



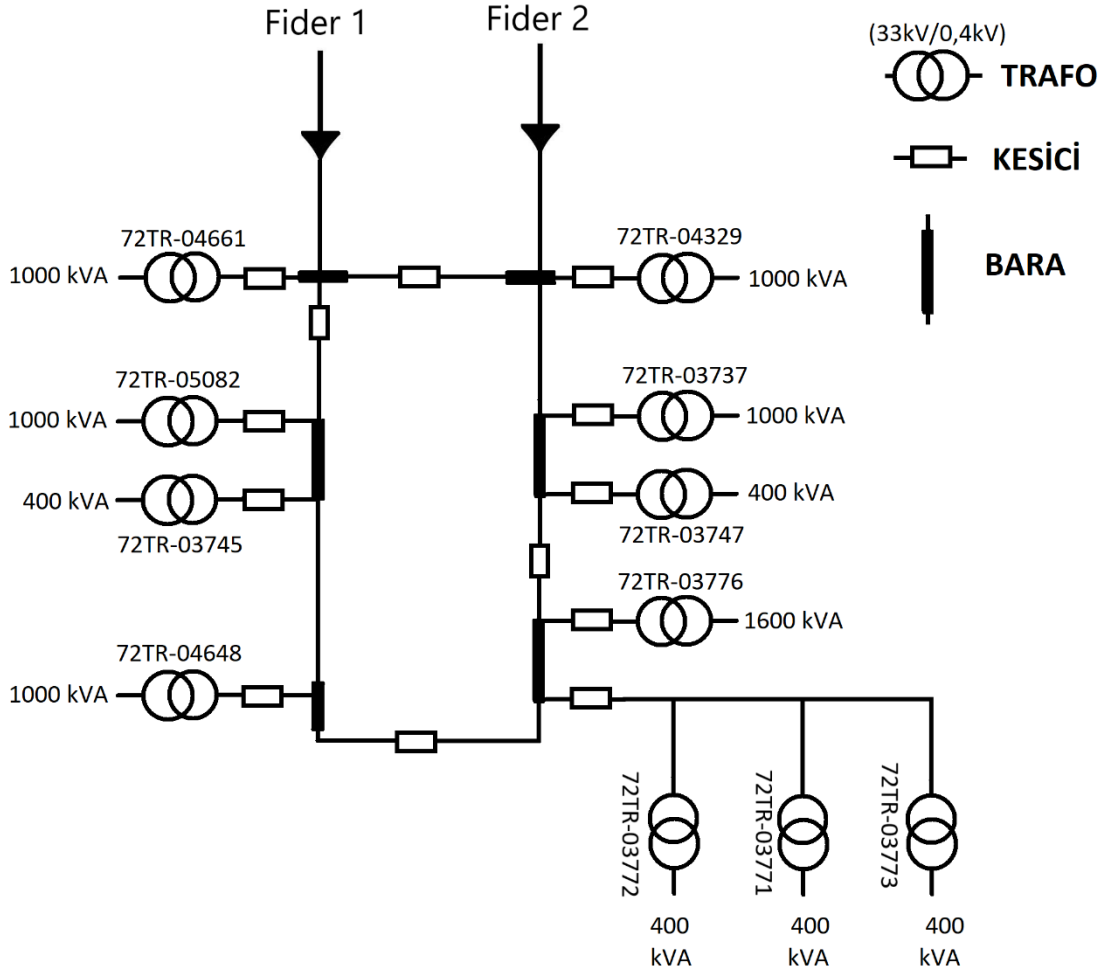
çalışması için bu bölgenin seçilmesinin sebebi söz konusu bölgenin elektrik şebekesine ait hem havai olduğu 2019 yılına ait hem de yeraltı olduğu 2020 yılına ait kesinti sayılarını ve süreleri içeren verilerin bulunmasından kaynaklıdır.



Şekil 4.2. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi İli Haritası [26]

Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi'nin elektrik şebekesi yük ve arıza durumlarına göre 2 ayrı fiderden beslenebilmektedir. Mahalle genelinde 11 adet 33kV/0,4kV geriliminde trafo bulunmakta olup bunlardan 5 adedi 400 kVA gücünde, 5 adedi 1000 kVA gücünde ve 1 adedi 1600 kVA gücündedir. Mahalledeki trafoların toplam kurulu gücü 8,6 MVA'dır. Sistem kesiciler ile korunmakta olup OG kablolarda oluşabilecek olası arıza durumlarında kesiciler vasıtasıyla şebekenin başka yönden beslenmesi sağlanarak tüketicilerin elektriksiz kalmaması sağlanabilmektedir.

Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi'nde yapılan yeraltı elektrik tesis çalışması ile ring sistemi oluşturulmuş olup arıza ve yük durumlarında kesicilerin açılıp kapatılması suretiyle yük aktarılması yapılabilmektedir. Mahallenin elektrik bağlantı sistemini gösterir tek hat şeması Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi Elektrik Şebekesi Tek Hat Şeması

4.2. Batman ‘da Faaliyet Gösteren Elektrik Dağıtım Şirketi

Elektrik dağıtım şirketleri, elektrik enerjisinin dağıtımından ve devamlılığından sorumlu şirketlerdir. Türkiye’de 2010 yılından itibaren elektrik dağıtım şirketlerinde özelleştirmeye gidilmiş olup yapılan özelleştirmeler ile elektrik dağıtımını özel sektörün kontrolüne geçmiştir.

2010 öncesinde TEDAŞ olarak yürütülen elektrik dağıtım faaliyetleri Türkiye genelinde 21 farklı bölgeye ayrılarak özelleştirme yapılmıştır. Batman ilinin de içerisinde bulunduğu bölgenin (Şanlıurfa, Mardin, Diyarbakır, Batman, Siirt, Şırnak illerini kapsayan alan) elektrik dağıtımını 2013 yılında Dicle Elektrik Dağıtım A.Ş ‘ye devredilmiştir.

4.3. Batman İli Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesinde Yapılan Elektrik Yatırım Çalışmaları

Çoğu ülkede olduğu gibi, Türkiye'de de elektrik dağıtım şebekelerinin genel yapısı, radyal dağıtım sistemi veya örgülü tasarımlı radyal dağıtım sistemidir. Birçok dağıtım kuruluşu, yenilikçi çift yönlü koruma cihazlarına ve modern kontrol ekipmanlarına dayalı radyal olanlar yerine kapalı halkalara (ring sistemi) dönüştürerek şebekelerini iyileştirmeye çalışıyor [27], [28]. Ayrıca, bu tür şebekelerde manuel olarak çalıştırılanların yerine güç elektroniği dönüştürücü anahtarları hayati bir rol oynamaktadır [29].

Batman ili dahil Güneydoğu Anadolu bölgesinde faaliyet yürütmekte olan Dicle Elektrik Dağıtım A.Ş merkezi konumdaki mahallelerde yaptığı yatırımlar havai durumda olan elektrik hatlarını yeraltına almaktadır. Yapılan yatırımlar ile tüketiciye kaliteli ve kesintisiz elektrik sağlanması amaçlanmaktadır. Bu yatırımlar kapsamında 2019 yılı sonunda Batman ili Cumhuriyet ve Şirinevler Mahallesinde de yeraltı elektrik tesis çalışması yapılmış olup havai elektrik hatları yeraltına alınmıştır [30]. Bu çalışmada Cumhuriyet Şirinevler Mahallesi'nin elektrik şebekesinin güvenilirliği analiz edilmiştir.

4.3.1. Yeraltı Kablolı Elektrik ve Havai Hatlı Elektrik Karşılaştırması

Gelişmiş şehirlerde elektrik dağıtım şebekesi havai hatlı elektrik şebekesine göre daha elverişli olduğunda yapılan yatırımlar ile elektrik şebekesi yeraltına alınmaktadır. Havai hatlı elektrik şebekelerinin kendine göre avantajları bulunmakta olup aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Havai hatlar, yeraltı hatlarına göre daha ucuzdur.
- Havai hatlardaki arızaları tespit etmek, yeraltı hatlarından daha kolaydır.
- Havai hatların bakımı ve arızalı parçaların değiştirilmesi daha kolaydır.
- Nehirlerden, köprülerden ve yollardan havai hatları geçmek daha kolaydır.
- Havai hatlar, yer altı hatlarına göre daha kısa sürede tamamlanır.
- Dağlar, ormanlar ve uçurumlar gibi hareketi zorlaştıran engebeli arazilerde havai hatların iletilmesi daha kolaydır.
- Havai hattın güzergahı altında tarım, hayvancılık vb. gibi yöntemler kullanabilirsiniz.

Havai hatlı enerji hatlarının dezavantajları ise şu şekildedir:

- Havai enerji hatları çevre koşullarına duyarlıdır.
- Neden olunan arızaların düzeltilmesi hava durumuna o zamanki durumuna bağlıdır.
- Hava elektrik hatları kısa ömürlüdürler
- Havai hatlar görüntü kirliliğine neden olabilirler.
- Uygulanan yüksek voltaj nedeniyle çevresinde elektromanyetik alan oluşturarak televizyon ve radyo yayımlarını etkileyerek yayımlarında bozulmalara sebep olabilirler.
- Orman yollarında yangın çıkmasına sebep olabilirler, şehir içerisinde ise kopan hatlar tehlike oluşturabilir.



Şekil 4.4. Şehir içi Havai Hatlı Elektrik Dağıtım Şebekesi

Yeraltı elektrik hatları, havai elektrik hatlarına göre birçok yönden daha iyi olup avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Yeraltı güç kabloları ile inşa edilen tesislerde elektrik direği veya diğer malzemelere ihtiyaç duyulmamaktadır.
- Sokak ve meydanların görsel estetiği korunur.
- Atmosfer olaylarından (yağmur, kar, fırtına, şimşek vb.) etkilenmezler.
- Havai hatlar gibi periyodik bakım gerektirmezler.
- Yerleşim alanlarında yaşayan insanlar açısından havai hatlardan daha güvenlidir.
- Enerji hatlarında kullanılan yer altı kabloları yol, meydan ve parkların özelliklerine göre düz veya kıvrımlı olarak montaj edilmesi daha kolaydır.

Yeraltı elektrik hatların dezavantajları ise aşağıdaki gibidir:

- Yeraltı elektrik hatlarının tesisi havai elektrik hatlarına göre daha maliyetlidir.
- Yeraltı elektrik hatlarında oluşan arızaların tespiti ve onarımı daha zordur.



Şekil 4.5. Şehir içi Yeraltı Elektrik Kablo Montaj Uygulamaları

Batman ili Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi'nde 2019 yılı sonuna kadar havai hatlı olan elektrik şebekesi Şekil 4.4'te görüldüğü üzere hem görsel açıdan hem de güvenlik açısından şehir sitemine uygun değildi. Ayrıca korumasız olduklarından sık sık arızalara sebep olurlar. 2019 yılı sonunda tamamlanan ve 2020 yılı başında devreye alınan yeraltı elektrik şebekesi ile Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi'nde modern şehir yapısına uygun

hale getirilmiştir. Şekil 4.5'te görüldüğü üzere AG ve OG elektrik hatlarının PVC ve XLPE izoleli kablolar ile kesintisiz elektrik sağlanarak güvenilirliğin artırılması amaçlanmıştır.

4.4. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi Havai (2019) Sistemin Güvenilirlik Değerlendirmesi

Batman İli Cumhuriyet Mahallesi'nde 2019 yılında elektrik şebekesi havai hatlardan oluşmuştur. Cumhuriyet-Şirinevler mahallesinde 33/0,4 kV geriliminde toplam kurulu gücü 8,6 MVA olan 11 adet trafo bulunmakta olup bu trafolardan 2.906 adet abonenin enerji temini sağlanmaktadır.

Çizelge 4.1. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi 2019 Yılı Trafo Bazlı Kesintiler

Cumhuriyet ve Şirinevler Mah.		2019	
TRAFO ID	Abone Sayısı	Kesinti Sayısı	Kesinti Süresi (Saat)
72TR-04329	350	32	34,26
72TR-03737	461	34	40,91
72TR-04661	336	16	25,15
72TR-05082	344	13	24,17
72TR-04648	375	13	24,08
72TR-03776	451	40	39,27
72TR-03732	176	32	34,26
72TR-03745	136	34	32,45
72TR-03771	179	21	27,08
72TR-03773	39	22	28,19
72TR-03747	59	32	37,74
TOPLAM	2.906	289	347,56

Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesinin 2019 yılı içerisinde 11 adet trafosunda gerçekleşen kesinti sayıları ve süreleri Çizelge 4.1'de gösterilmiştir. Mahalledeki trafolarda kesinti sayıları 13 ile 40 arasında değişmekte olup ortalaması trafo başına 26,3 tür. 2019 yılı içerisinde bir trafoda arıza kaynaklı gerçekleşen kesinti süresi ise 24,08 saat ile 40,91 saat arasında değişmekte olup bir trafo için ortalama kesinti süresi 31,6 saattir.

4.4.1. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi Havai (2019) Sistemin SAIFI Analizi

Güvenilirlik analizinde kullanılan SAIFI indisi sistemin Denklem 3.1’de belirtildiği üzere kesinti sayısının tüketicisi sayısına bölünmesi ile hesaplanır. Aşağıda 72TR-04329 nolu trafonun 2019 yılına ait SAIFI hesaplanması gösterilmiştir:

$$SAIFI = \frac{\sum \text{Sistem Kesinti Sayısı}}{\text{Hizmet Edilen Abone Sayısı}} = \frac{32}{350} = 0,0914 \quad \text{olarak bulunur.}$$

Benzer şekilde diğer trafolar içinde SAIFI değerleri hesaplandığında Çizelge 4.2’de gösterilen SAIFI değerleri elde edilir.

Çizelge 4.2. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi 2019 SAIFI Değerleri

Cumhuriyet ve Şirinevler Mah.	2019			
	TRAFO ID	Abone Sayısı	Kesinti Sayısı	SAIFI
	72TR-04329	350	32	0,0914
	72TR-03737	461	34	0,0738
	72TR-04661	336	16	0,0476
	72TR-05082	344	13	0,0378
	72TR-04648	375	13	0,0347
	72TR-03776	451	40	0,0887
	72TR-03732	176	32	0,1818
	72TR-03745	136	34	0,2500
	72TR-03771	179	21	0,1173
	72TR-03773	39	22	0,5641
	72TR-03747	59	32	0,5424
	TOPLAM	2.906	289	0,0994

SAIFI, önceden tanımlanmış bir alan üzerinde sistemin ortalama sürekli kesinti sıklığı hakkında bilgi verir. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesinde 2019 yılında ortalama kesinti sıklığı (SAIFI) 0,0994 olup sistemin SAIFI yönünden iyileştirilmesi yıl içerisinde kesinti sayılı azaltılarak sağlanabilir.

4.4.2. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi Havai (2019) Sistemin SAIDI Analizi

Güvenilirlik analizinde kullanılan SAIDI (Sistemin ortalama kesinti süresi) indisi sistemin Denklem 3.3’de belirtildiği üzere kesinti süresinin tüketici sayısına bölünmesi ile hesaplanır. Aşağıda 72TR-04329 nolu trafonun 2019 yılına ait SAIDI hesaplanması gösterilmiştir:

$$SAIDI = \frac{\sum \text{Müşteri Toplam Kesinti Süresi}}{\text{Hizmet Edilen Toplam Müşteri Sayısı}} = \frac{34,26}{350} = 0,0979 \quad \text{olarak bulunur.}$$

Benzer şekilde diğer trafolar içinde SAIDI değerleri hesaplandığında Çizelge 4.3’te gösterilen SAIDI değerleri elde edilir.

Çizelge 4.3. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi 2019 SAIDI Değerleri

Cumhuriyet ve Şirinevler Mah.		2019	
TRAFO ID	Abone Sayısı	Kesinti Süresi (Saat)	SAIDI
72TR-04329	350	34,26	0,0979
72TR-03737	461	40,91	0,0887
72TR-04661	336	25,15	0,0749
72TR-05082	344	24,17	0,0703
72TR-04648	375	24,08	0,0642
72TR-03776	451	39,27	0,0871
72TR-03732	176	34,26	0,1947
72TR-03745	136	32,45	0,2386
72TR-03771	179	27,08	0,1513
72TR-03773	39	28,19	0,7228
72TR-03747	59	37,74	0,6397
TOPLAM	2.906	347,56	0,2209

SAIDI, önceden tanımlanmış bir alan üzerinde sistemin ortalama sürekli kesinti süresi hakkında bilgi verir. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesinde 2019 yılında ortalama kesinti süresi (SAIDI) 0,0979 olup sistemin SAIDI yönünden iyileştirilmesi kesinti süresini arızlara hızlı bir şekilde müdahale edilmesi şeklinde azaltılması sağlanabilir.

4.4.3. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi Havai (2019) Sistemin CAIDI Analizi

Güvenilirlik analizinde kullanılan CAIDI (Müşteri ortalama kesinti süresi) indisi sistemin Denklem 3.5’de belirtildiği üzere kesinti sayısının kesinti süresine bölünmesi ile veya SAIFI değerinin SAIDI değerine bölünmesi ile hesaplanır. Aşağıda 72TR-04329 nolu trafonun 2019 yılına ait CAIDI hesaplanması gösterilmiştir:

$$CAIDI = \frac{\sum \text{Tüketicilerin kesinti süreleri toplamı}}{\sum \text{Tüketicilerin kesinti sayıları toplamı}} = \frac{34,26}{32} = 1,0706 \quad \text{olarak bulunur.}$$

Benzer şekilde diğer trafolar içinde CAIDI değerleri hesaplandığında Çizelge 4.4’de gösterilen CAIDI değerleri elde edilir.

Çizelge 4.4. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi 2019 CAIDI Değerleri

Cumhuriyet ve Şirinevler Mah. 2019			
TRAFO ID	Kesinti Sayısı	Kesinti Süresi (Saat)	CAIDI
72TR-04329	32	34,26	1,0706
72TR-03737	34	40,91	1,2032
72TR-04661	16	25,15	1,5719
72TR-05082	13	24,17	1,8592
72TR-04648	13	24,08	1,8523
72TR-03776	40	39,27	0,9818
72TR-03732	32	34,26	1,0706
72TR-03745	34	32,45	0,9544
72TR-03771	21	27,08	1,2895
72TR-03773	22	28,19	1,2814
72TR-03747	32	37,74	1,1794
TOPLAM	289	347,56	1,3013

CAIDI, önceden tanımlanmış bir alan üzerinde müşterinin ortalama sürekli kesinti süresi hakkında bilgi verir. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesinde 2019 yılında bir müşterinin ortalama kesinti süresi (CAIDI) 1,3013 olup sistemin SAIFI yönünden iyileştirilmesi yıl içerisinde arızaya hızlı müdahale ve hızlı onarım sayesinde kesinti sürelerindeki azalma ile sağlanabilir.

4.5. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi Yeraltı (2020) Sistemin Güvenilirlik Değerlendirmesi

Batman İli Cumhuriyet Mahallesi'nde 2019 yılı sonunda yapılan yeraltı elektrik tesis çalışması ile 33kV ve 0,4 kV gerilimindeki havai durumda olan tüm elektrik hatları yeraltına alınmıştır. Cumhuriyet-Şirinevler mahallesinde 33/0,4 kV geriliminde toplam kurulu gücü 8,6 MVA olan 11 adet trafo bulunmakta olup bu trafolardan 2.906 adet abonenin enerji temini sağlanmaktadır.

Çizelge 4.5. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi 2020 Yılı Trafo Bazlı Kesintiler

Cumhuriyet ve Şirinevler Mah.		2020	
TRAFO ID	Abone Sayısı	Kesinti Sayısı	Kesinti Süresi (Saat)
72TR-04329	350	13	17,06
72TR-03737	461	15	17,55
72TR-04661	336	11	10,45
72TR-05082	344	11	11,01
72TR-04648	375	4	2,16
72TR-03776	451	18	17,52
72TR-03732	176	15	20,06
72TR-03745	136	16	18,63
72TR-03771	179	5	6,4
72TR-03773	39	5	6,4
72TR-03747	59	14	20,58
TOPLAM	2.906	127	147,82

Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesinin 2020 yılı içerisinde 11 adet trafosunda gerçekleşen kesinti sayıları ve süreleri Çizelge 4.5'te gösterilmiştir.

Cumhuriyet ve Şirinevler Mahallelerinde bulunan 11 adet trafoda kesinti sayıları 4 ile 18 arasında değişmekte olup trafo başına ortalama kesinti sayısı 11,6 dır. 2020 yılı içerisinde trafolarda arıza kaynaklı gerçekleşen kesinti süresi ise 2,16 saat ile 20,58 saat arasında değişmekte olup bir trafo için ortalama kesinti süresi 13,4 saattir.

4.5.1. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi Yeraltı (2020) Sistemin SAIFI Analizi

Güvenilirlik analizinde kullanılan SAIFI (Sistemin ortalama kesinti sıklığı) indisi sistemin Denklem 3.1’de belirtildiği üzere kesinti sayısının tüketici sayısına bölünmesi ile hesaplanır. Aşağıda 72TR-04329 nolu trafonun 2020 yılına ait SAIFI hesaplanması gösterilmiştir:

$$SAIFI = \frac{\sum \text{Sistem Kesinti Sayısı}}{\text{Hizmet Edilen Abone Sayısı}} = \frac{13}{350} = 0,0371 \quad \text{olarak bulunur.}$$

Benzer şekilde diğer trafolar içinde SAIFI değerleri hesaplandığında Çizelge 4.6’da gösterilen SAIFI değerleri elde edilir.

Çizelge 4.6. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi 2020 SAIFI Değerleri

Cumhuriyet ve Şirinevler Mah.		2020	
TRAFO ID	Abone Sayısı	Kesinti Sayısı	SAIFI
72TR-04329	350	13	0,0371
72TR-03737	461	15	0,0325
72TR-04661	336	11	0,0327
72TR-05082	344	11	0,0320
72TR-04648	375	4	0,0107
72TR-03776	451	18	0,0399
72TR-03732	176	15	0,0852
72TR-03745	136	16	0,1176
72TR-03771	179	5	0,0279
72TR-03773	39	5	0,1282
72TR-03747	59	14	0,2373
TOPLAM	2.906	127	0,0710

SAIFI, önceden tanımlanmış bir alan üzerinde sistemin ortalama sürekli kesinti sıklığı hakkında bilgi verir. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesinde 2020 yılında ortalama kesinti sıklığı (SAIFI) 0,0710 olup sistemin SAIFI yönünden iyileştirilmesi yıl içerisinde kesinti sayılı azaltılarak sağlanabilir.

4.5.2. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi Yeraltı (2020) Sistemin SAIDI Analizi

Güvenilirlik analizinde kullanılan SAIDI (Sistemin ortalama kesinti süresi) indisi sistemin Denklem 3.3’de belirtildiği üzere kesinti süresinin tüketici sayısına bölünmesi ile hesaplanır. Aşağıda 72TR-04329 nolu trafonun 2020 yılına ait SAIDI hesaplanması gösterilmiştir:

$$SAIDI = \frac{\sum \text{Müşteri Toplam Kesinti Süresi}}{\text{Hizmet Edilen Toplam Müşteri Sayısı}} = \frac{17,06}{350} = 0,0487 \quad \text{olarak bulunur.}$$

Benzer şekilde diğer trafolar içinde SAIDI değerleri hesaplandığında Çizelge 4.7’de gösterilen SAIDI değerleri elde edilir.

Çizelge 4.7. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi 2020 SAIDI Değerleri

Cumhuriyet ve Şirinevler Mah.		2020	
TRAFO ID	Abone Sayısı	Kesinti Süresi (Saat)	SAIDI
72TR-04329	350	17,06	0,0487
72TR-03737	461	17,55	0,0381
72TR-04661	336	10,45	0,0311
72TR-05082	344	11,01	0,0320
72TR-04648	375	2,16	0,0058
72TR-03776	451	17,52	0,0388
72TR-03732	176	20,06	0,1140
72TR-03745	136	18,63	0,1370
72TR-03771	179	6,4	0,0358
72TR-03773	39	6,4	0,1641
72TR-03747	59	20,58	0,3488
TOPLAM	2.906	147,82	0,0904

SAIDI, önceden tanımlanmış bir alan üzerinde sistemin ortalama sürekli kesinti süresi hakkında bilgi verir. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesinde 2020 yılında ortalama kesinti süresi (SAIDI) 0,0904 olup sistemin SAIDI yönünden iyileştirilmesi kesinti süresini arızlara hızlı bir şekilde müdahale edilmesi şeklinde azaltılması sağlanabilir.

4.5.3. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi Yeraltı (2020) Sistemin CAIDI Analizi

Güvenilirlik analizinde kullanılan CAIDI (Müşteri ortalama kesinti süresi) indisi sistemin Denklem 3.5’de belirtildiği üzere kesinti sayısının kesinti süresine bölünmesi ile veya SAIFI değerinin SAIDI değerine bölünmesi ile hesaplanır. Aşağıda 72TR-04329 nolu trafonun 2020 yılına ait CAIDI hesaplanması gösterilmiştir:

$$CAIDI = \frac{\sum \text{Tüketicilerin kesinti süreleri toplamı}}{\sum \text{Tüketicilerin kesinti sayıları toplamı}} = \frac{17,06}{13} = 1,3123 \quad \text{olarak bulunur.}$$

Benzer şekilde diğer trafolar içinde CAIDI değerleri hesaplandığında Çizelge 4.8’de gösterilen CAIDI değerleri elde edilir.

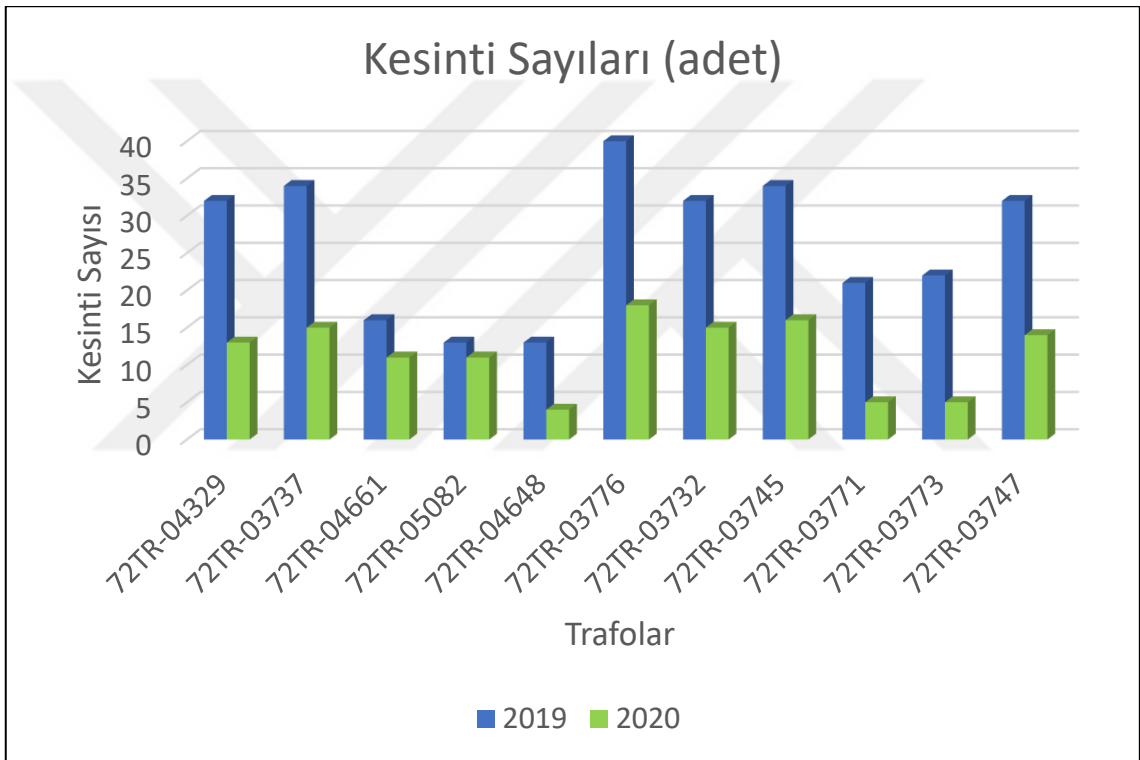
Çizelge 4.8. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi 2020 CAIDI Değerleri

Cumhuriyet ve Şirinevler Mah.	2020			
	TRAFO ID	Kesinti Sayısı	Kesinti Süresi (Saat)	CAIDI
	72TR-04329	13	17,06	1,3123
	72TR-03737	15	17,55	1,1700
	72TR-04661	11	10,45	0,9500
	72TR-05082	11	11,01	1,0009
	72TR-04648	4	2,16	0,5400
	72TR-03776	18	17,52	0,9733
	72TR-03732	15	20,06	1,3373
	72TR-03745	16	18,63	1,1644
	72TR-03771	5	6,4	1,2800
	72TR-03773	5	6,4	1,2800
	72TR-03747	14	20,58	1,4700
	TOPLAM	127	147,82	1,1344

CAIDI, önceden tanımlanmış bir alan üzerinde müşterinin ortalama sürekli kesinti süresi hakkında bilgi verir. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesinde 2020 yılında bir müşterinin ortalama kesinti süresi (CAIDI) 1,1344 olup sistemin SAIFI yönünden iyileştirilmesi yıl içerisinde arızaya hızlı müdahale ve hızlı onarım sayesinde kesinti sürelerindeki azalma ile sağlanabilir.

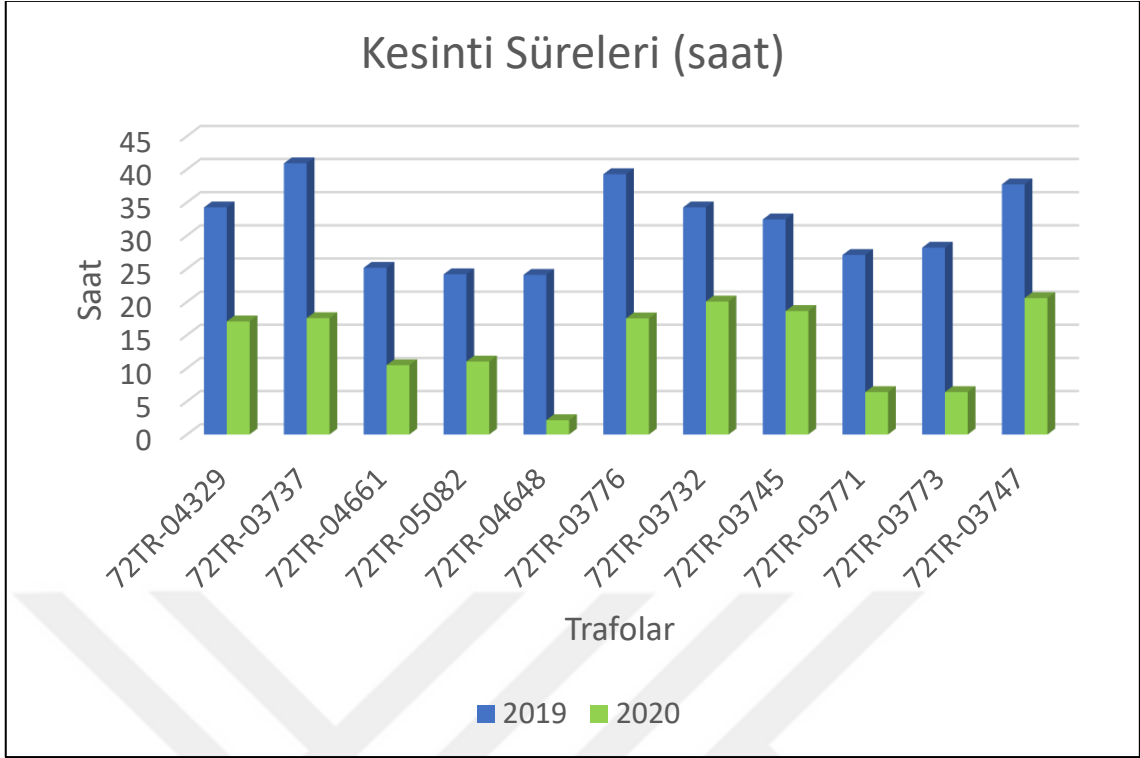
4.6. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi Havai (2019) ve Yeraltı (2020) Sistemlerinin Karşılaştırmalı Güvenilirlik Analizi

Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesinde 2019 yılında havai olan elektrik şebekesi yapılan yatırım ile yeraltına alınmıştır. 2019 yılında havai olduğu zamanki kesinti sayıları ve süreleri 2020 yılında şebekenin yeraltına alınmış olduğu zamanki kesinti sayıları ve süreleri karşılaştırıldığında arada göze çarpan farklılıklar olduğu görülmektedir. Şekil 4.6'da görüleceği üzere kesinti sayılarının 2020 yılında 2019 yılına nispeten daha az olduğu görülmektedir.

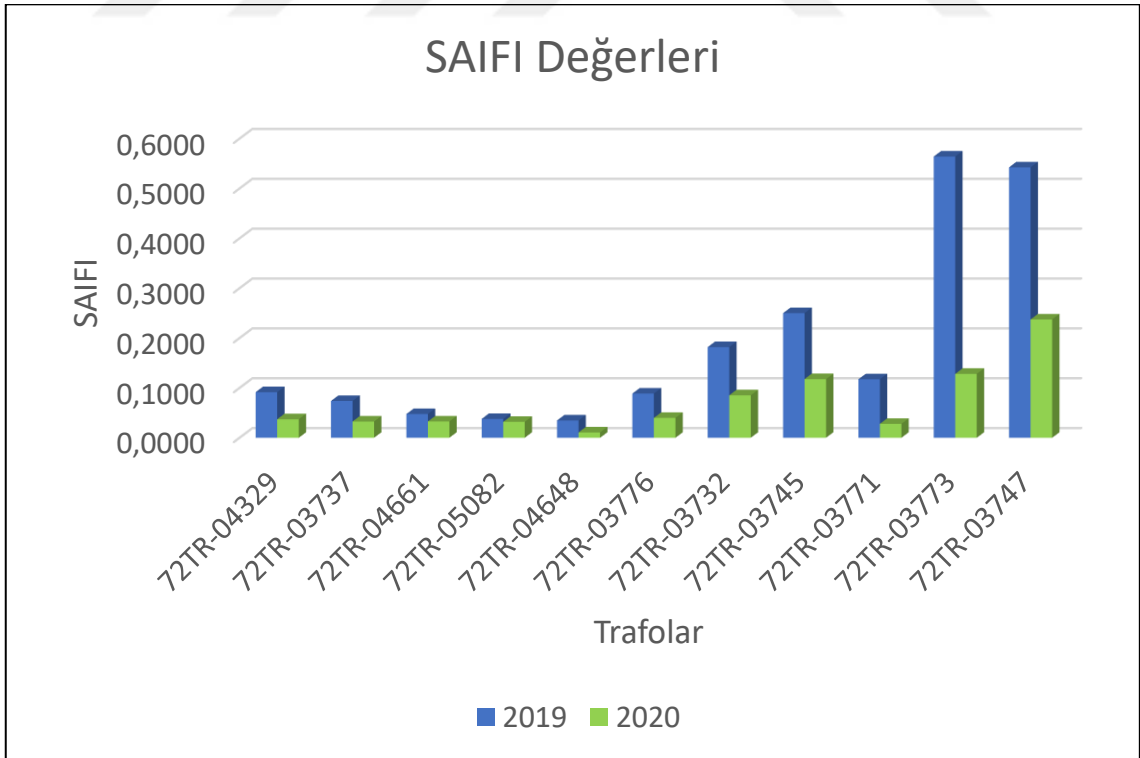


Şekil 4.6. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi 2019-2020 Yılları Kesinti Sayıları

Şekil 4.7'de Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi 2019-2020 yıllarına ait trafo bazlı kesinti süreleri gösterilmiş olup 2019 yılından 2020 yılına kesinti sürelerinde azalma olduğu görülmektedir. 2019 yılında trafolarda gerçekleşen maksimum kesinti sayısı 40 iken elektrik dağıtım şebekesinin yeraltına alınması ile 2020 yılında trafolarda gerçekleşen maksimum kesinti sayısı 18 olmuştur.



Şekil 4.7. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi 2019-2020 Yılları Kesinti Süreleri

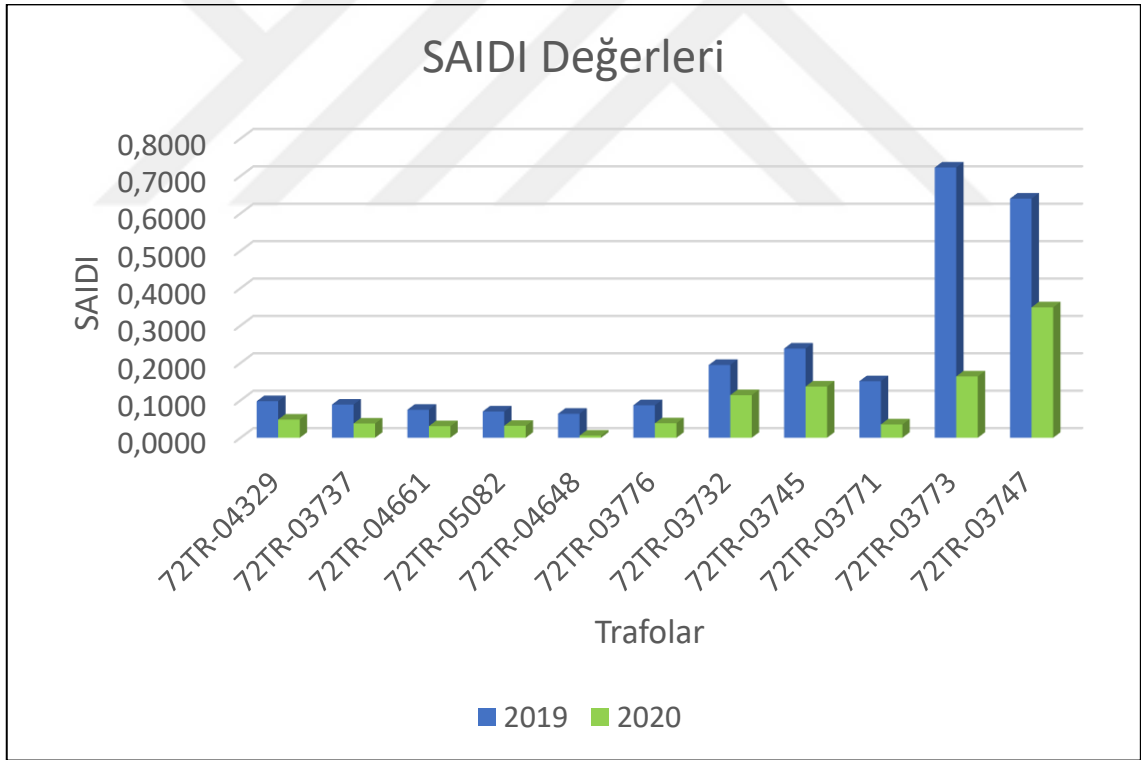


Şekil 4.8. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi 2019-2020 Yılları SAIFI Değerleri

Sistemin ortalama kesinti sıklığı indisi olan SAIFI değeri kesinti sıklığının abone sayına bölünmesi ile hesaplandığından kesinti sıklığının azalması ile SAIFI değerinde de azalma görülür. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi'nin 2019-2020 yıllarına ait SAIFI değerleri Şekil 4.8'de gösterilmiştir.

Sistemin ortalama kesinti süresi indisi olan SAIDI değeri kesinti süresinin abone sayına bölünmesi ile hesaplandığından kesinti süresinin azalması ile SAIDI değerinde de azalma görülür.

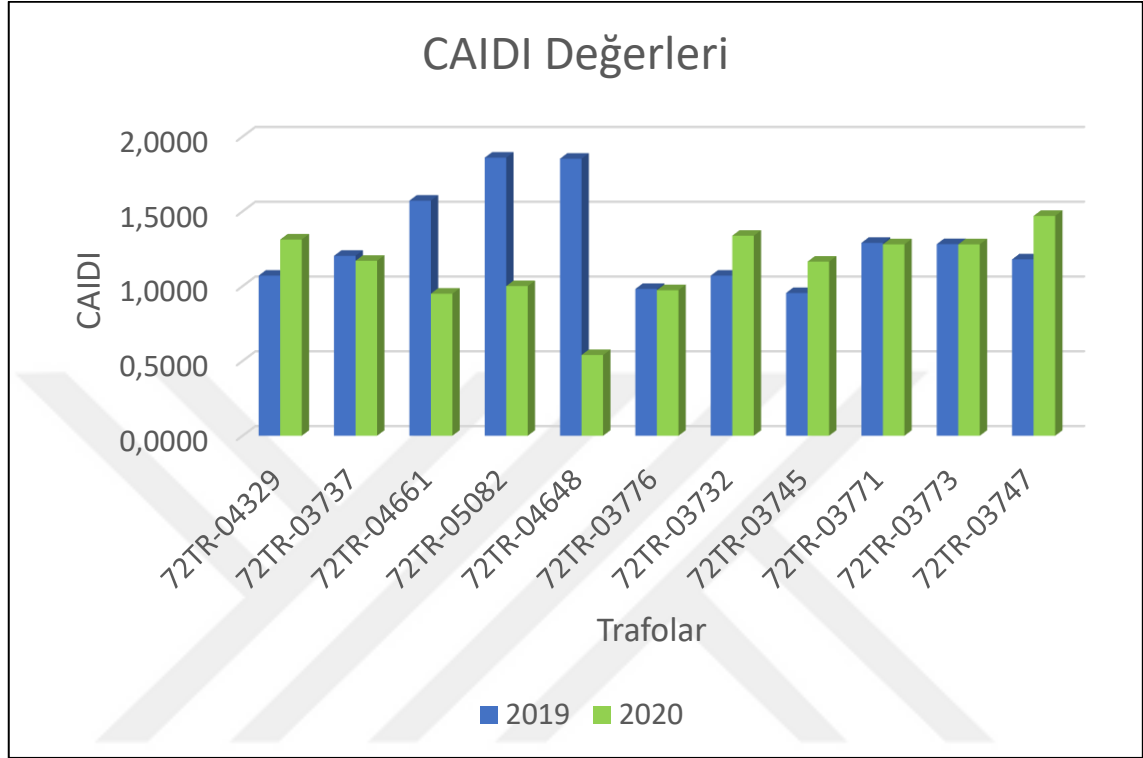
Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi'nin 2019-2020 yıllarına ait SAIDI değerleri Şekil 4.9'da gösterilmiştir. 72TR-03773 ve 72TR-03747 nolu trafoların kesinti sayısı ve süresinin fazlalığı ile öne çıkan trafolar olduğu görülmektedir. Aynı şekilde bu trafolarda 2020 yılından 2019 yılına göre kesinti süreleri ve kesinti sıklığında ciddi azalmalar olduğu gözlemlenmektedir.



Şekil 4.9. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi 2019-2020 Yılları SAIDI Değerleri

Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi'nde 2019 yılından 2020 yılına kadar yapılan gözlemlerde kesinti süreleri kesinti sayıları, SAIFI ve SAIDI değerlerinde iyileşmeler

olduğu görülmektedir. Ancak Şekil 4.10'da görüldüğü üzere müşteri ortalama kesinti süresi olan CAIDI değerinde 7 trafoda azalma görülürken geri kalan 4 trafo da ise artış olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.10. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi 2019-2020 Yılları CAIDI Değerleri

Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi'nin elektrik dağıtım şebekesinin havai hatlı elektrik dağıtım şebekesinden yeraltı kablolu elektrik dağıtım şebekesine dönüştürülmesi ile kesinti sayılarında ve kesinti sürelerinde ciddi azalış görülmüştür. CAIDI indisi müşteri ortalama kesinti süresini belirtir. Sistemdeki toplam kesinti süresi ve sayılarında azalmalar olsa da kesinti başına düşen kesinti süresi her trafoda azalmamıştır. Çünkü yeraltı kablolu elektrik dağıtım şebekelerinde arızanın yerinin tespit edilip onarılması havai şebekeye göre daha uzun sürdüğünden kesinti başına düşen kesinti süresi artmıştır. Bu da sistemin müşteri ortalama kesinti indisi olan CAIDI değerinde tam anlamda bir iyileşme olmasına engel olmuştur.

4.7. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi Havai (2019) ve Yeraltı (2020) Sistemlerinin Maliyet Açısından Karşılaştırılması

Bir kesintinin maliyetini belirlemede en önemli faktör güç sürekliliği performansdır. Kesintiler, hizmet sürekliliğinin zayıf olduğu ülkelerde önemli ölçüde daha yüksek maliyetlere neden olur. Arzın sürekliliği, bir ülkenin kalkınmasını belirleyen temel kriterlerden biridir. Gelişmiş ülkelerin gelişmişlik düzeyleri ile arzın sürekliliği açısından performansları arasında önemli benzerlikler olduğunu gözlemlenirken Türkiye’de gelişmişlik düzeyi ile arzın sürekliliği performansı arasında benzer bir ilişki bulunmadığı görülmektedir. Dünya sıralamasında ilk 20 gelişmiş ülkeden biri olan Türkiye, arz sürekliliğine bakıldığında gelişmekte olan ülkelere bile daha kötü bir performans sergiliyor [31].

Tedarik sürekliliğimizin çok zayıf olması ve birçok gelişmiş ülke ile kıyaslanamayacak olması nedeniyle kesintiden kaynaklanan ekonomik kayıpların çok yüksek olduğu tahmin edilmektedir. Enerji sektörünün sürekliliğinin iyileştirilmesi ve yaşanan kayıpların azaltılması gerekmektedir. Dolayısı ile öncelikle enerji sektöründe tedarik sürekliliğini artırmak ve bunun sonucunda kesinti maliyetlerini azaltmak için şebeke yenileme yatırımları yapılması ve mevcut ağlarda iyileştirmeler gereklidir. Fakat yapılacak olan yatırımların ne şekilde yapılacağı ve şebekede değiştirilmesi gereken öncelikli sistemlerin ne olduğu önem arz etmektedir.

Maliyet-performans ilişkisi göz önüne alınarak yapılacak olan yatırımların ne şekilde yapılması gerektiği tahmin edilebilir. Bu amaçla Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesinde yapılmış olan elektrik şebekesinin yenileme çalışmasının yeraltı elektrik dağıtım şebekesi olarak yapılmasının maliyet-performans açısından nasıl bir sonuç doğurduğu incelenecektir.

Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesinde 2019 yılında yapılmış olan elektrik dağıtım şebekesi yeraltı kablolu şebeke olarak planlanmış 8.720.000 TL (2022 TÜFE Bedeli) maliyetle tamamlanmıştır. Elektrik dağıtım şebekesinin yeraltı dağıtım şebekesi olarak değil de havai elektrik şebekesi olarak yapılması halinde ise yaklaşık olarak 5.450.000 TL (2022 TÜFE Bedeli) bir maliyet ile tamamlanabilecekti. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesinde sistem iyileştirilmesi için fazladan harcanan yaklaşık 3.270.000 TL bedel ile sistemimin güvenilirlik açısından kazanımından bölüm (4.5) ‘te değinildi.

Çizelge 4.9. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi 2019 yılı kWh cinsinden kesinti miktarları

Cumhuriyet ve Şirinevler Mah. 2019					
TRAFO ID	Trafo Gücü (kVA)	Talep Faktörü	Talep Gücü (kVA)	Kesinti Süresi (Saat)	Kesinti Miktarı (kWh)
72TR-04329	1000	0,6	600	34,26	20.556,00
72TR-03737	1000	0,6	600	40,91	24.546,00
72TR-04661	1000	0,6	600	25,15	15.090,00
72TR-05082	1000	0,6	600	24,17	14.502,00
72TR-04648	1000	0,6	600	24,08	14.448,00
72TR-03776	1600	0,6	960	39,27	37.699,20
72TR-03732	400	0,6	240	34,26	8.222,40
72TR-03745	400	0,6	240	32,45	7.788,00
72TR-03771	400	0,6	240	27,08	6.499,20
72TR-03773	400	0,6	240	28,19	6.765,60
72TR-03747	400	0,6	240	37,74	9.057,60
TOPLAM	8.600		5160	347,56	165.174,00

Çizelge 4.10. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi 2020 yılı kWh cinsinden kesinti miktarları

Cumhuriyet ve Şirinevler Mah. 2020					
TRAFO ID	Trafo Gücü (kVA)	Talep Faktörü	Talep Gücü (kVA)	Kesinti Süresi (Saat)	Kesinti Miktarı (kWh)
72TR-04329	1000	0,6	600	17,06	10.236,00
72TR-03737	1000	0,6	600	17,55	10.530,00
72TR-04661	1000	0,6	600	10,45	6.270,00
72TR-05082	1000	0,6	600	11,01	6.606,00
72TR-04648	1000	0,6	600	2,16	1.296,00
72TR-03776	1600	0,6	960	17,52	16.819,20
72TR-03732	400	0,6	240	20,06	4.814,40
72TR-03745	400	0,6	240	18,63	4.471,20
72TR-03771	400	0,6	240	6,4	1.536,00
72TR-03773	400	0,6	240	6,4	1.536,00
72TR-03747	400	0,6	240	20,58	4.939,20
TOPLAM	8.600		5160	147,82	69.054,00

Cumhuriyet-Şirinevler elektrik dağıtım şebekesinin yeraltına alınması ile kesinti sayıları ve süreleri azaltılmış olup bunun kWh cinsinden hesaplanması Çizelge 4.9 ve 4.10'da gösterilmiştir.

Cumhuriyet-Şirinevler mahallesinin 2019 ve 2020 yılı KiloWattsaat (kWh) cinsinden elektrik kesinti miktarları incelendiğinde 2019 yılında elektrik şebekesi havai iken toplam 165.174 kWh olan elektrik kesintisi yapılan yeraltı elektrik yatırımı ile 2020 yılında 69.054 kWh'e gerilemiştir. Elektrik kesintilerinde elde edilen bu kazanımın oranı Çizelge 4.11'de gösterilmiştir.

Türkiye'de 2022 elektrik birim fiyatının 2,16 TL/kWh olup bu bedele üzerinden satılamayan enerji hesaplandığından Çizelge 4.11 de görüldüğü üzere Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesinde 2019 yılında 165.174 kWh (356.776 TL) olan satılamayan elektrik maliyeti 2020 yılında 69.054 kWh'e (149.157 TL) gerilemiştir.

Çizelge 4.11. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi 2019-2020 yılları kWh cinsinden kesinti miktarları

Cumhuriyet ve Şirinevler Mah.	2019	2020	Değişim Miktarı (kWh)	Değişim %
Kesinti Miktarı (kWh)	165.174	69.054	96.120	139,20%
Kesinti Bedeli (TL)	₺356.776	₺149.157	₺207.619	139,20%

Elektrik kesintilerinin sebep olduğu ve satılamayan enerji olarak hesaplanan 96.120 kWh'lık (207.619 TL) kazanım ve şebekenin havai elektrik olarak değil de yeraltı elektrik olarak yenilenmesi sonucunda oluşan 3.270.000 TL'lik ek maliyet düşünüldüğünde fazladan harcanan bedelin 15 yıl içerisinde kendisini amorti edeceği görülmektedir. Üstelik şebeke yenilenmesi ile elde edilen 207.619 TL hesaplanan bu bedel sadece satılamayan enerji bedelidir. Bu yönüyle elektrik şebekesinin yenilenmesinin satıcı yönündeki kazanımı hesaplanmıştır. Ayrıca özellikle elektrik kullanarak üretimde bulunan tüketiciye oluşan kesintilerin getirdiği zarar maliyeti de hesaba katılırsa elde edilen kazanımın çok daha kısa bir süre içerisinde yatırımda harcanan bedeli amorti edeceği görülecektir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Güvenilirlik, bir ürünün tasarlanan özelliklerini tam olarak karşılama yeteneğine odaklanan geniş bir terimdir. Elektrik enerjisi açısından güvenilirlik, güç sistemi elemanlarının müşteriler tarafından talep edilen gücün miktarının her noktaya tutarlı ve yüksek kalitede iletilmesini sağlama kabiliyetini ifade eder. Elektrik enerjisi sistemlerinin güvenilirlik değerlendirmeleri temel olarak üç öge üzerinden yapılır. Birincisi elektrik üretimi, ikincisi üretim ve dağıtımını birbirine bağlayan iletim, üçüncüsü ise dağıtım sisteminin güvenilirliği [2]. Bu çalışmada dağıtım sistemi üzerinde güvenilirlik analizi yapılmıştır. Dağıtım şebekesi, enerji üretimi ile şebeke ve tüketici arasındaki son bağlantı noktası olması nedeniyle elektrik enerjisi sisteminde büyük önem taşımaktadır. Uzun süreli kesintileri önlemek için planlama ve işletme aşamalarında birçok değerlendirme yapılmalıdır. Bu derecelendirmeler göz önünde bulundurulduğunda, güvenilirlik derecesi, optimum maliyet ve güvenlik düzeyine ulaşmak için en önemli noktadır. Hastane, okul, fabrika gibi önemli kurum ve kuruluşların kayıplarının özellikle uzun süreli kesintilerde çok yüksek olması, sistemin incelenmesinin önemini altını çizmektedir. Elektrik dağıtım sistemlerinin güvenilirliği birçok faktöre bağlıdır. Şebeke gerilim seviyeleri, sistem tasarımı, otomasyon, hat tipi (havai elektrik hattı, yeraltı kablo hattı), sistem değişiklikleri, çevre koşulları, personel nitelikleri ve sistemde kullanılan faktörler genel sistem güvenilirliğini etkiler [7].

Şehir elektrik dağıtım şebekeleri havai veya yeraltı olarak tesis edilebilirler. Fakat modern şehir görünümüne ulaşma çabası ve güvenlik gibi faktörler şehir şebekelerinde elektrik tesis yenileme yatırımlarının yeraltı olarak yapılmasını etkilemektedir. Yeraltı hatları, rüzgâr, yıldırım, hayvan faktörü ve diğer çevresel etkiler gibi doğal unsurlardan korundukları için havai hatlara göre avantajlıdır. Öte yandan, yeraltı kablo hatlarında arıza oluşması halinde, arızaları tespit etmek ve onarmak çok zordur. Dağıtım sistemi sigortalar, dağıtım trafoları, akım trafosu, devre kesicileri ve ayırıcılardan oluşur. Sistemi oluşturan bileşenlerden herhangi birinde meydana gelebilecek herhangi bir arıza, tüm sistemin güvenilirliğini etkileyecektir.

Elektrik dağıtım sistemleri radyal, ring (halka) ve açık halka çok görülen şebeke sistemlerindedir. Türkiye'de açık halka ağlar yaygın olarak kullanılmaktadır ancak radyal ağlara da rastlanmaktadır. Radyal ağlara doğal olarak sadece bir taraftan güç verildiğinden, sistem kesinti süresi diğer sistemlerden daha uzundur. Sistemin küçük bir

parçası arızalandığında, başka bir güç kaynağı olmadığı için tüm yükler kapatılır. Ring(halka) yapılı ağlarda ise elektrik sistemine birden fazla besleme kaynağından enerji verme imkânı olduğundan arıza durumlarında arızalı kısım devre dışı bırakılarak enerji başka kaynaktan temin edilebilmektedir.

Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesinde 2019 yılında havai durumda olan elektrik şebekesinin 2019 yılı sonunda yeraltına alınması ile birlikte elektrik dağıtım sistemi 2020 yılı itibari ile radyal havai şebekeden, yeraltı ring şebekesine dönüştürülmüştür. Elektrik dağıtım şebekesinde yapılan bu değişim ile mahallenin elektrik kesinti ve sayılarında değişimler olmuştur. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesinde 11 adet 33/0,4 kV geriliminde 11 adet trafo olup bunların toplam kesinti sayıları ve süreleri Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi 2019-2020 Yılları Toplam Kesinti Miktarları

Cumhuriyet ve Şirinevler Mah.		2019		2020	
TRAFO	Abone Sayısı	Kesinti Sayısı	Kesinti Süresi (Saat)	Kesinti Sayısı	Kesinti Süresi (Saat)
TOPLAM	2.906	289	347,56	127	147,82

Çizelgede görüldüğü üzere elektrik şebekesinde yapılan değişim ile 2019 yılında 289 olan kesinti sayısı 2020 yılında 127 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca 2019 yılı içerisinde gerçekleşen toplam kesinti süresi 347,56 saat iken bu miktar 2020 yılı içerisinde 147,82 saate düşürülmüştür.

Çizelge 5.2. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi 2019-2020 Yılları Kesinti Değişimi

Cumhuriyet ve Şirinevler Mah.	2019	2020	Değişim %
Toplam Kesinti Sayısı	289	127	-127,56%
Toplam Kesinti Süresi	347,56	147,82	-135,12%

Çizelge 5.2’de görüldüğü üzere Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesinde 2019 yılından 2020 yılına kesinti sayısında %127,56, kesinti süresinde ise %135,12 düşüş sağlanarak şebekenin iyileştirilmesi sağlanmıştır.

Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesinde yapılan havai elektrik hattından yeraltı elektrik hattına dönüşüm işinin güvenilirlik indisleri olan SAIFI (Sistem Ortalama Kesinti Sıklığı İndisi), SAIDI (Sistem Ortalama Kesinti Süresi İndisi) ve CAIDI (Müşteri Ortalama Kesinti Süresi İndisi) açısından etkisi Çizelge 5.3'te gösterilmiştir. Toplam kesinti sayılarının ve toplam kesinti sürelerinin azalmasına paralel olarak SAIDI indisinde %159,78 bir azalma, SAIDI indisinde ise %144,43 oranında bir azalma görülmüştür. Fakat müşteri ortalama kesinti süresi olan CAIDI indisinde ise ancak %14,71 oranında küçük bir azalma gerçekleşmiştir. Bunun sebebi ise kesinti başına düşen arıza süresinin artmasından dolayıdır. Çünkü yeraltı sistemlerinde arızalar kolay tespit edilemezler ancak özel cihazlar yardımı ile arıza noktası tespit edilebilir. Ayrıca arıza noktası tespit edildikten sonra arıza yerinin kazılıp onarımının yapılması zor olduğundan müdahale havai hatlara göre daha uzun sürmektedir.

Çizelge 5.3. Cumhuriyet-Şirinevler Mahallesi 2019-2020 Yılları Güvenilirlik Değişimi

Cumhuriyet ve Şirinevler Mah.	2019	2020	Değişim %
Ortalama SAIFI	0,1845	0,0710	-159,78%
Ortalama SAIDI	0,2209	0,0904	-144,43%
Ortalama CAIDI	1,3013	1,1344	-14,71%

SAIFI, SAIDI ve CAIDI indislerindeki azalmalara bakarak yeraltı elektrik şebekesinin havai elektrik şebekesinden daha güvenilir olduğu söylenebilir. Çünkü sistemdeki arızaların sayılarının ve sürelerinin azalması, şebekenin çevre şartlarından etkilenmemesi ile şebeke daha güvenli ve daha yeterli bir hale gelmiştir. Dolayısı ile yeraltı elektrik hattının havai elektrik hattından daha güvenilir olduğu savunulabilir.

Sonuç olarak bakılırsa şehir şebekelerinden elektrik hattının havai hattan yeraltına dönüştürülmesi güvenilirlik açısından çok olumlu sonuçlar vermektedir. Cumhuriyet Şirinevler Mahallesi örneğinde görüldüğü üzere elektrik dağıtım şebekesi havai iken hava şartlarına bağlı olması ve kısa ömürlü olmalarından dolayı bu hatlarda sık sık kesinti oluşur. Havai elektrik hatları her ne kadar ucuz ve montajı kolay olsa da modern şehirlerde görüntü kirliliği ve güvenlik açısından sıkıntı oluşturmasından şehir içerisinde pek tercih edilmemektedir.

Yeraltı elektrik dağıtım hatları ise yağmur fırtına gibi hava şartlarından etkilenmediklerinden dolayı pek sık kesinti görülmez. Fakat yeraltı elektrik sistemlerinde arıza noktasının tespitinin zor olması bir dezavantaj olarak karşımıza çıkmaktadır. Cumhuriyet Şirinevler Mahallesi örneğinde görüldüğü üzere toplam kesinti sayıları ve sürelerinde ciddi azalmalar görüldü fakat yeraltı elektrik dağıtım sistemlerinde elektrik arızasının yerinin tespit edilmesi ve tespit edilen arızanın onarımın zor olmasında kaynaklı uzun sürmesinde dolayı kesinti başına düşen kesinti süresinde pek bir düşüş olmamıştır. Bu durum CAIDI indisindeki düşüşün SAIFI ve CAIDI indislerindeki düşüşe göre çok küçük kalmasında kendisini göstermiştir.

Yeraltı elektrik dağıtım şebekesinin tesis edilmesinin havai elektrik şebekesine göre daha maliyetli olması bir başka dezavantaj olarak karşımıza çıkmaktadır. Maliyet analizi kısmında verildiği üzere yeraltı şebekesinin havai şebekesine göre maliyeti Cumhuriyet Şirinevler Mahallesi için %60 daha fazla olmuştur. Tesisin ilk montajının maliyetli olmasının yanında yeraltı elektrik dağıtım hatlarının onarımının havai hatlara göre daha maliyetli olması yeraltı elektrik dağıtım hattının bir diğer dezavantajıdır.

Dolayısı ile hesaplanan performans indislerin tamamını iyileştirmek için kesinti süresini azaltmanın en önemli yolu, arızalara hızlı müdahale ihtiyacı, arıza noktalarının hızlı belirlenmesidir. Ayrıca arızaya müdahale eden ekibinde bu durumda önemli bir rol oynarlar. Arıza noktasına hızlı bir şekilde ulaşmak ve arızaya doğru şekilde onarmak, güvenilirlik indislerinde kayda değer bir iyileştirme olmasını sağlarlar.

Bakım ve işletimin önemli rol oynadığı bu tür elektrik sistemlerinde ekipler planlı ve programlı bir şekilde çalışmakla, zamanında bakım ve arıza durumunda hızlı müdahalede bulunmakla, işletim sırasında arıza oluşmaması için karşı önlemler almakla sistem güvenilirliğini büyük ölçüde artırmaktadır. Ülkemizde elektrik dağıtım şebekesinde yapılan iyileştirme çalışmaları ile güvenilirliğin artırılabilmesi araştırmaların artırılması gerekmektedir. Yapılacak olan bu araştırmalarda önemli bir yere sahip olan veriler açısından sıkıntı yaşanmaması için ülkede elektrik üretim, iletim ve dağıtım ile ilgili kurumların arıza, onarım ve bakım verilerini özenli ve eksiksiz bir şekilde depolamaları gerekmektedir. Böylece güvenilirlik ile ilgili geniş ölçekte araştırma yapıp sistemin iyileştirilmesi sağlanabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Tur, M. R., 2020, Reliability assessment of distribution power system when considering energy storage configuration technique, *IEEE Access*, 8, 77962-77971.
- [2] Bollington R., 1984, Reliability evaluation of power systems, *New York: Plenum Press*.
- [3] Li, W., 2013, Reliability assessment of electric power systems using Monte Carlo methods, *Springer Science and Business Media*.
- [4] Mohammed, W. A. D. I., Baysal, M., Shobole, A., and TUR, M. R. X. M. R., 2020, Historical and Monte Carlo simulation-based reliability assessment of power distribution systems, *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 38(3), 1527-1540.
- [5] Chowdhury, A. A., 2005, Distribution system risk assessment based on historical reliability performance, *IEEE International Conference on Electro Information Technology*, 7.
- [6] Balijepalli, N., Venkata, S. S., Richter, C. W., Christie, R. D., and Longo, V. J., 2005, Distribution system reliability assessment due to lightning storms, *IEEE Transactions on Power Delivery*, 20(3), 2153-2159.
- [7] Dündar, N., 2002, Elektrik Dağıtım Sistemlerinde Güvenilirlik Analizi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- [8] Brown, Richard E., 2017, Electric power distribution reliability, *CRC press*.
- [9] Brown, R. E., Gupta, S., Christie, R. D., Venkata, S. S., and Fletcher, R., 1996, Distribution system reliability assessment using hierarchical Markov modeling, *IEEE Transactions on power Delivery*, 11(4), 1929-1934.
- [10] Cadini, F., Agliardi, G. L., and Zio, E., 2017, A modeling and simulation framework for the reliability/availability assessment of a power transmission grid subject to cascading failures under extreme weather conditions, *Applied energy*, 185, 267-279.
- [11] Silva, E. N., Rodrigues, A. B., and da Silva, M. D. G., 2016, Stochastic assessment of the impact of photovoltaic distributed generation on the power quality indices of distribution networks, *Electric Power Systems Research*, 135, 59-67.
- [12] Jirgl, M., Bradac, Z., Stibor, K., and Havlikova, M., 2013, Reliability analysis of systems with a complex structure using Monte Carlo approach, *IFAC proceedings volumes*, 46(28), 461-466.
- [13] Feng, Z., 2006, Electric distribution system risk assessment using actual utility reliability data, Master's Thesis, *University of Saskatchewan, College of Graduate Studies*, Canada.

- [14] Kjolle, G., and Sand, K., 1992, RELRAD-an analytical approach for distribution system reliability assessment, *IEEE Transactions on Power Delivery*, 7(2), 809-814.
- [15] Allan, R., and Billinton, R., 2000, Probabilistic assessment of power systems, *Proceedings of the IEEE*, 88(2), 140-162.
- [16] Allan, R. N., 2013, Reliability evaluation of power systems, *Springer Science and Business Media*.
- [17] Tur, M. R., 2021, Deployment of reserve requirements into the power systems considering the cost, lost, and reliability parameters based on sustainable energy, *The International Journal of Electrical Engineering and Education*, 58(2), 621-639.
- [18] Ersalıcı, H., 2013, Elektrik Dağıtım Sistemlerinin Güvenilirlik Analizi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- [19] Wadi, M., Baysal, M., Shobole, A., and Tur, M. R., 2018, Reliability evaluation in smart grids via modified Monte Carlo simulation method, *7th International Conference on Renewable Energy Research and Applications ICRERA, IEEE*, 841-845.
- [20] Dorji, T., 2009, Reliability assessment of distribution systems:-including a case study on wangdue distribution system in Bhutan, Master's Thesis, *Department of Electrical Power Engineering, Norwegian University of Science and Technology*, Norway.
- [21] Anthony, R., 2014, Reliability analysis of distribution network, Master's Thesis, *Faculty of Electrical and Electronic Engineering, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia*, Malaysia.
- [22] Karataş A., 2022, *Elektrik Dağıtım Şebekeleri* [online], <https://emhk.itu.edu.tr/elektrik-dagitim-sebekeleri> [Ziyaret Tarihi: 1 Ağustos 2022].
- [23] Demir S., 2022, *Elektrik Enerjisi İletim ve Dağıtım Şebekeleri* [online], https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/169173/mod_resource/content/1/1.%20HAFTA.pdf [Ziyaret Tarihi: 1 Ağustos 2022].
- [24] Özbey, Ş., ve Demir, Z., 1997, Elektrik iletim ve dağıtım sistemlerinde güvenilirlik, *Sakarya Üniversitesi*, Sakarya.
- [25] Vikipedi, 2022, *Batman (il)* [online], [https://tr.wikipedia.org/wiki/Batman_\(il\)](https://tr.wikipedia.org/wiki/Batman_(il)) [Ziyaret Tarihi: 1 Ağustos 2022].
- [26] Anonim, 2022, *Coğrafi Bilgi Sistemi* [online], <https://cbs.dedas.com.tr> [Ziyaret Tarihi: 1 Ağustos 2022].
- [27] Suthapanun, C., Jirapong, P., Bunchoo, P., and Thararak, P., 2015, Reliability assessment tool for radial and loop distribution systems using DIGSILENT PowerFactory, *In 2015 12th International Conference on Electrical*

Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), IEEE, 1-6.

- [28] Naggar, R., Langheit, C., and Dallaire, J., 2005, Distribution systems reliability assessment a new approach for new planning requirements, *In CIREN 2005-18th International Conference and Exhibition on Electricity Distribution, IET, 1-4.*
- [29] Sagar, E. V., and Prasad, P. V. N., 2013, Reliability improvement of radial distribution system with smart grid technology, *In Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science, Vol.1, 23-25.*
- [30] Türelı A., 2022, *Elektrik Hatları Yeraltına* [online], <https://www.batmancagdas.com/yasam/elektrik-hatlari-yer-altina-h65283.html> [Ziyaret Tarihi: 1 Ağustos 2022].
- [31] Dindar, B., 2020, Türkiye’de elektrik kesintilerinin maliyeti: tüketicilerin ve dağıtım şirketlerinin kesinti maliyetlerinin hesaplanması ve geleceğe yönelik tahminler, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Taha PARÇA
Uyruğu : TC

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Üniversite	: İhsan Doğramacı Bilkent Üniversitesi, Ankara	2015
Yüksek Lisans	: Batman Üniversitesi, Batman	2022
Doktora	:	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2015-2022	Dicle Elektrik Dağıtım A.Ş	Proje ve Tesis Mühendisi

YABANCI DİLLER

İngilizce (İleri Seviye)

PROJE DENEYİMLERİ

TRC-10 – Amplitude Modulation Super Heterodyne Transceiver, 2010
Whac-A -Molewith 8051 Microcontroller, 2013
PowerSystem Design with PSS-E (PowerSystem Simulator-Engineering)
Spoken Digit Recognition System using MATLAB, 2014
Spoken Digit Recognition System with Nexys 2 Fpga Board using VHDL,2014