

**T.C.**  
**BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**  
**ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**OTOMATİK SAYAÇ OKUMA SİSTEMİNİN ELEKTRİK  
DAĞITIM ŞEBEKELERİNDEKİ TEKNİK OLMAYAN  
ENERJİ KAYIPLARININ AZALTILMASINA ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**YUNUS KOCAMAN**

**DANIŞMAN**  
**PROF. DR. SABİR RÜSTEMLİ**

**AĞUSTOS 2023**

**BİTLİS**

**T.C.**  
**BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**  
**ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**OTOMATİK SAYAÇ OKUMA SİSTEMİNİN ELEKTRİK  
DAĞITIM ŞEBEKELERİNDEKİ TEKNİK OLMAYAN  
ENERJİ KAYIPLARININ AZALTILMASINA ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**YUNUS KOCAMAN**  
**ORCID: 0000-0001-7562-3470**

**DANIŞMAN**  
**PROF. DR. SABİR RÜSTEMLİ**

**AĞUSTOS 2023**  
**BİTLİS**

**T.C.**  
**BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**  
**YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI**  
**ETİK BEYANI**

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisiyim. Hazırlamış olduğum “Otomatik Sayaç Okuma Sisteminin Elektrik Dağıtım Şebekelerindeki Teknik Olmayan Enerji Kayıplarının Azaltılmasına Etkisi” başlıklı tezde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi; tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu; tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi; kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı; bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim. 03/08/2023

İmza

**Yunus KOCAMAN**

**T.C.**  
**BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**  
**TEZ YAZIM KILAVUZU UYGUNLUK BEYANI**

“Otomatik Sayaç Okuma Sisteminin Elektrik Dağıtım Şebekelerindeki Teknik Olmayan Enerji Kayıplarının Azaltılmasına Etkisi” başlıklı Yüksek Lisans Tezi Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzuna uygun olarak hazırlanmıştır. 03/08/2023

**Tezi Hazırlayan**

İmza

Yunus KOCAMAN

**Danışman**

İmza

Prof. Dr. Sabir RÜSTEMLİ

**Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Başkanı**

İmza

Prof. Dr. Sabir RÜSTEMLİ

**T.C.**  
**BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**  
**TEZ ONAY SAYFASI**

Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı öğrencisi Yunus KOCAMAN tarafından hazırlanan “Otomatik Sayaç Okuma Sisteminin Elektrik Dağıtım Şebekelerindeki Teknik Olmayan Enerji Kayıplarının Azaltılmasına Etkisi” adlı Yüksek Lisans Tezi ile ilgili tez savunma sınavı, 03/08/2023 tarihinde yapılmış ve tezin oy birliği ile kabul edilmesine karar verilmiştir.

**JÜRİ:**

**İMZA**

**Danışman:** Prof. Dr. Sabir RÜSTEMLİ  
(Bitlis Eren Üniversitesi)

.....

**Üye:** Doç. Dr. Yakup ŞAHİN  
(Bitlis Eren Üniversitesi)

.....

**Üye:** Doç. Dr. Serhat Berat EFE  
(Bandırma Onyeddi Eylül Üniversitesi)

.....

Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunun .....tarih ve .....sayılı kararıyla jüri tarafından kabul edilmiş bu çalışmanın yüksek lisans / doktora tezi olarak kabulü onaylanmıştır.

..../...../2023

**Doç. Dr. Mehmet Bakır ŞENGÜL**  
**Enstitü Müdürü**

**T.C.**  
**Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**  
**Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**  
**OTOMATİK SAYAÇ OKUMA SİSTEMİNİN ELEKTRİK DAĞITIM**  
**ŞEBEKELERİNDEKİ TEKNİK OLMAYAN ENERJİ KAYIPLARININ**  
**AZALTILMASINA ETKİSİ**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Yunus KOCAMAN**

**Danışman: Prof. Dr. Sabir RÜSTEMLİ**

**Ağustos 2023**

**ÖZET**

Elektrik enerjisi, üretildiği santralden tüketiciye kadar ulaştırılmasında teknik ve teknik olmayan enerji kayıpları oluşmaktadır. Teknik enerji kayıpları, malzemelerden kaynaklandığı için bellidir. Teknik olmayan enerji kayıpları ise kullanımdan kaynaklandığından tespiti güçtür. Teknik olmayan enerji kayıplarının bir kısmı sayaç okumalarından kaynaklanmaktadır. Elektrik dağıtım şebekelerinde tüketilen elektrik enerjisini kaydetmek için kullanılan elektrik sayaçları geniş bir alana yayılmıştır. Bu nedenle, elektrik sayaçlarından okunan verilerin hatasız bir şekilde toplanması mümkün olmamaktadır. Ayrıca tüketilen elektrik enerjisinin ölçülmemesi durumu da önemli bir problemdir. Bu problemlere Otomatik Sayaç Okuma Sistemi (OSOS) ekonomik bir çözüm sunmaktadır. OSOS, günümüzde klasik sayaç okuma yöntemlerinin yetersiz kaldığı durumlarda önemli bir avantaj sağlamaktadır. Bundan dolayı, bu istemlere olan ilgi, gelişen teknoloji ile birlikte her geçen gün biraz daha artmaktadır. Nüfus artışı ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak enerji ihtiyaçları sürekli artmaktadır. Artan enerji ihtiyacının karşılanması için elektrik enerjisi üretiminde kullanılan enerji kaynaklarının ve enerjinin verimli kullanılması gerekir. Enerji verimliliği, OSOS gibi veri toplama ve yönetimi sistemlerinin, enerji sistemleriyle uyumlu bir entegrasyonu ile sağlanabilir. Bu tez çalışmasında, OSOS'un yapısı, faydaları ve OSOS uygulaması olan güç hattı üzerinden haberleşme (PLC) sayaçların kullanılmasıyla elektrik dağıtım şebekelerindeki teknik olmayan enerji kayıplarının azaltılmasına etkisi incelenmiştir. İncelemede, Bitlis ilindeki enerji tüketim verilerinden faydalanılmıştır. Yıllık bazdaki kayıp kaçak

oranlarında, teknik enerji kayıplarının payı bir önceki yıl ile aynı oran olduğu kabul edilmiştir. Yapılan değerlendirmede, 2019 yılında kayıp kaçak oranı % 36,28 olduğu, 2020 yılında kayıp kaçak oranı % 35,10 olduğu, 2021 yılında kayıp kaçak oranı % 29,82 olduğu ve 2022 yılında kayıp kaçak oranı % 25,32 olduğu tespit edilmiştir. 2019 yılından 2022 yılına kadar kayıp kaçak oranlarında oluşan azalma, teknik olmayan enerji kayıplarındaki azalma olarak anlaşılmaktadır. Bu durum, OSOS'un elektrik dağıtım şebekelerindeki teknik olmayan enerji kayıplarının azaltılmasında önemli bir katkısı olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca teknik olmayan enerji kayıpları konusunda daha sonra yapılacak çalışmalar için öneriler sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** OSOS, PLC, Teknik olmayan kayıplar



**Republic of Türkiye**  
**Bitlis Eren University Graduate School**  
**Department of Electrical and Electronics Engineering**  
**EFFECT OF AUTOMATIC METER READING SYSTEM ON REDUCING**  
**NON-TECHNICAL ENERGY LOSSES IN ELECTRICITY DISTRIBUTION**  
**NETWORKS**

**Master's Thesis**

**Yunus KOCAMAN**

**Supervisor: Prof. Dr. Sabir RÜSTEMLİ**

**August 2023**

**ABSTRACT**

Technical and non-technical energy losses occur in the transmission of electrical energy from the power plant to the consumer. Technical energy losses are evident because they originate from materials. On the other hand, non-technical energy losses are difficult to detect since they are caused by use. Some of the non-technical energy losses are due to meter readings. Electricity meters used to record the electrical energy consumed in electricity distribution networks are spread over a wide area. For this reason, it is not possible to collect data read from electricity meters without error. In addition, the fact that the consumed electrical energy which is not measured is also an important problem. Automatic Meter Reading System (AMRS) offers an economical solution to these problems. AMRS provides an important advantage in cases where conventional meter reading methods are insufficient today. Therefore, the interest in these demands is increasing day by day with the developing technology. Energy needs are constantly increasing due to population growth and technological developments. In order to meet the increasing energy need, the energy resources and energy used in the production of electrical energy must be used efficiently. Energy efficiency can be achieved with a compatible integration of data collection and management systems such as ARMS with energy systems. In this thesis, the structure, benefits and the effect of ARMS on the reduction of non-technical energy losses in electricity distribution networks by the use of power line communication (PLC) meters, which are the application of ARMS, are examined. In the examination, energy consumption data in

the province of Bitlis were used. It has been accepted that the share of technical energy losses in the loss and leakage rates on an annual basis is the same as the previous year. In the evaluation, it was determined that the loss and theft rate was 36.28% in 2019, the loss and theft rate was 35.10% in 2020, the loss and theft rate was 29.82% in 2021 and the loss and theft rate was 25.32% in 2022. The decrease in loss and leakage rates from 2019 to 2022 is understood as a decrease in non-technical energy losses. In this case, it has been concluded that ARMS has an important contribution to reduce non-technical energy losses in electricity distribution networks. In addition, suggestions for future studies on non-technical energy losses are presented.

**Keywords:** AMRS, PLC, non-technical losses.



## ÖNSÖZ

Gün geçtikçe nüfusun artması ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte elektrik enerjisine olan ihtiyaç artmaktadır. Bu artan enerji ihtiyacının karşılanması için yeni elektrik üretim santralleri kurmak ayrı bir maliyet getirecektir. Bu nedenle tüm enerji kaynaklarının verimli kullanılması, mevcut sistemlerden en üst düzeyde faydalanılması ve enerji kayıplarının azaltılması önem arz etmektedir. Santrallerde üretilen elektrik enerjisinin tüketicilere ulaştırılmasında enerji iletim ve dağıtım hatlarında teknik ve teknik olmayan kayıplar oluşmaktadır. Elektrik dağıtım şebekelerinde oluşan teknik olmayan enerji kayıplarının bilinmesi için elektrik sayaçlarından doğru veri alınması önemlidir. Elektrik sayaçlarından doğru verilerin elde edilmesinde OSOS önemli bir rol oynamaktadır. OSOS ile elektrik dağıtım şebekelerindeki teknik olmayan enerji kayıplarının bilinmesi ve bu kayıpların azaltılmasına katkı sağlanmaktadır.

Yapılan tez çalışmasının her aşamasında desteğini esirgemeyen, yönlendirmeleriyle çalışmamı şekillendiren, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, danışman hocam Prof. Dr. Sabir RÜSTEMLİ'ye teşekkür ederim. Ayrıca, Vangölü Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi (VEDAŞ) Bitlis İl Müdürlüğünde kullanılan OSOS kullanılarak elde edilen veriler ile bu sistem kullanılmadan önceki elektrik dağıtım şebekesinde tüketilen elektrik enerjisinin sahada (yerinde) elektrik sayacından okunması ile oluşturulan veriler analiz edilmiştir. Böylece elde edilen analiz sonuçlarına göre OSOS'un elektrik dağıtım şebekelerindeki teknik olmayan enerji kayıplarının azaltılmasına etkisi incelenmiştir. Tez çalışması için kullanılan verilerin elde edilmesinde yardımlarını esirgemeyen VEDAŞ Bitlis İl Müdürlüğü yetkililerine ve çalışma arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Yunus KOCAMAN

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT .....	III
ÖNSÖZ.....	V
İÇİNDEKİLER .....	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	IX
KISALTMALAR .....	XI
SİMGELER .....	XIII
1. GİRİŞ .....	1
1.1.Elektrik Enerjisi ve Önemi .....	4
1.2. Enerji Verimliliği.....	5
1.3. Elektrik Enerjisi Üretim, İletim ve Dağıtım Sistemi.....	7
1.4. Elektrik Dağıtım Şebekelerinde Enerji Kayıpları.....	9
1.4.1.Teknik Enerji Kayıpları.....	10
1.4.2.Teknik Olmayan Enerji Kayıpları .....	11
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	15
2.1. Elektrik Sayaçları.....	16
2.1.1. Mekanik Sayaçlar .....	17
2.1.2. Elektronik Sayaçlar .....	22
2.1.2.1. Elektriksel Özellikler .....	23
2.1.2.2. Yapı ve Tasarımsal Özellikler.....	24
2.1.2.3. Ölçüm Fonksiyonları .....	26
2.1.3. Elektronik Sayaçların Mekanik Sayaçlara Göre Farkları .....	27
2.1.4. Şebekeye Göre Sayaçlar .....	28
2.1.5. Bağlantı Tipine Göre Sayaçlar .....	29
2.1.6. Bağlı Olduğu Devre Tipine Göre Sayaçlar.....	30
2.2.Otomatik Sayaç Okuma Sistemi .....	31
2.2.1.Otomatik Sayaç Okuma Sistemi Teknolojisinin Özellikleri.....	34
2.2.2. Otomatik Sayaç Okuma Sisteminin Gelişimi.....	36
2.2.3. Otomatik Sayaç Okuma Sistemlerinin Faydaları.....	36
2.2.4. Otomatik Sayaç Okuma Sistemlerindeki Riskler Ve Problemler .....	37

2.2.5.Kullanılacak Otomatik Sayaç Okuma Sistemi Modelinin Seçilmesi .....	37
2.3.Otomatik Sayaç Okuma Yöntemleri .....	38
2.3.1. Radyo Frekans (RF) Modeli İle Sayaç Okuma .....	38
2.3.2. Telefon Hattı Modeli İle Sayaç Okuma .....	39
2.3.3. GSM Modeli İle Sayaç Okuma .....	39
2.3.4. GPRS Modeli İle Sayaç Okuma .....	40
2.3.5. PLC Modeli İle Sayaç Okuma .....	40
3. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	44
3.1. OSOS Sayaç Uygulaması ve Yönetim Merkezi.....	45
3.2. Sayaca Şönt Yöntemi İle Müdahale.....	50
3.3. Harici Faz Nötr Yöntemi İle Kaçak Elektrik Kullanma .....	51
3.4. Mıknatıs Yöntemi İle Kaçak Elektrik Kullanma .....	52
3.5. Radyo Frekans İle Kumanda Sistemi Yöntemiyle Nötr Kesme.....	53
3.6. Sayaç Yazılımına Müdahale Yöntemi .....	54
3.7. Manyetik Alan Yöntemi İle Sayaca Müdahale.....	54
3.8. DC Gerilim İle Nötr Üzerinden Sayaca Müdahale .....	55
3.9. OSOS İle Teknik Olmayan Enerji Kayıplarının İncelenmesi.....	56
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	66
KAYNAKLAR .....	69

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Elektrik dağıtım şirketleri kayıp kaçak oranları (%) .....	14
Çizelge 2.1. Ölçüm doğruluğu sınıfları.....	24
Çizelge 2.2. OSOS haberleşme yöntemlerinin avantaj ve dezavantajları.....	43
Çizelge 3.1. Bitlis ili Güroymak ilçesi enerji değişim durumları .....	56
Çizelge 3.2. Bitlis ilindeki 2020-2022 yılları arasındaki abone sayıları.....	57
Çizelge 3.3. Tatvan ilçesinin 2020 yılı kayıp kaçak oranları.....	58
Çizelge 3.4. Tatvan ilçesinin 2020-2022 yılları arası enerji durumu.....	59
Çizelge 3.5. Bitlis ili 2019 yılı kayıp kaçak oranları .....	60
Çizelge 3.6. Bitlis ili 2020 yılı kayıp kaçak oranları .....	61
Çizelge 3.7. Bitlis ili 2021 yılı kayıp kaçak oranları .....	62
Çizelge 3.8. Bitlis ili 2022 yılı kayıp kaçak oranları .....	63
Çizelge 3.9. Bitlis ili 2019-2022 arası yıllar için kayıp kaçak oranları .....	64

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Elektrik üretim, iletim ve dağıtım sistemi .....	8
Şekil 1.2. Üretim, iletim ve dağıtım tek hat şeması .....	9
Şekil 1.3. Teknik olmayan enerji kayıplarının çeşitleri .....	13
Şekil 2.1. Bitlis il haritası ve Türkiye haritasındaki yeri .....	15
Şekil 2.2. Elektrik sayaç çeşitleri .....	17
Şekil 2.3. Tek fazlı (a) ve üç fazlı (b) mekanik sayaç.....	18
Şekil 2.4. Mekanik sayacın iç yapısı.....	18
Şekil 2.5. Tek fazlı sayaç bağlantısı.....	19
Şekil 2.6. Sayaç faz giriş ve faz çıkışı kısa devre .....	19
Şekil 2.7. Sayaç faz girişi ters.....	19
Şekil 2.8. Faz ve nötr ters bağlantı.....	20
Şekil 2.9. Nötr ters bağlantı .....	20
Şekil 2.10. Harici nötr kullanma .....	20
Şekil 2.11. Faz girişi ters harici nötr kullanma .....	20
Şekil 2.12. Kısmi yük topraklanmış.....	21
Şekil 2.13. Kısmi yük topraklanmış ve faz girişi ters .....	21
Şekil 2.14. Yük topraklanmış ve nötr girişi ters .....	21
Şekil 2.15. Kısmi yük topraklanmış ve girişler ters.....	21
Şekil 2.16. Tek fazlı (a) ve üç fazlı (b) elektronik sayaç .....	22
Şekil 2.17. Monofaze elektrik sayacın iç yapısı .....	23
Şekil 2.18. Tek fazlı sayaç bağlantı şeması .....	28
Şekil 2.19. Üç fazlı (akım trafosuz) sayaç bağlantı şeması .....	29
Şekil 2.20. Üç fazlı X5 sayaç bağlantı şeması .....	30
Şekil 2.21. Akım ve Gerilim trafolu X5 sayaç bağlantı şeması.....	30
Şekil 2.22. OSOS için iletim hattı durumu .....	32
Şekil 2.23. OSOS için haberleşme sistemleri .....	33
Şekil 2.24. Kablosuz OSOS kullanım ağı.....	34
Şekil 2.25. OSOS teknolojisinin fayda analizi .....	34
Şekil 2.26. OSOS ile manuel sayaç okuma karşılaştırılması.....	35
Şekil 2.27. Radyo frekans modeli ile sayaç okuma .....	38
Şekil 2.28. Telefon hattı iletişimi ile sayaç okuma .....	39
Şekil 2.29. GSM modem ile sayaç okuma .....	40

Şekil 2.30. GPRS modem ile sayaç okuma .....	40
Şekil 2.31. PLC haberleşme topolojisi.....	41
Şekil 2.32. PLC haberleşme alt yapısı kullanılan OSOS .....	42
Şekil 3.1. Veri toplama ünitesi.....	44
Şekil 3.2. İkinci direk üzerine yapılan sayaç montajı .....	45
Şekil 3.3. Binalarda yatay elektrik panosuna sayaç montajı.....	46
Şekil 3.4. Box panoya sayaç montajı .....	47
Şekil 3.5. Metrum giriş ekranı .....	47
Şekil 3.6. Metrum ana sayfa görünümü. ....	48
Şekil 3.7. Metrum görevler okuma ekranı .....	48
Şekil 3.8. Luna metrum abone paneli ekranı .....	49
Şekil 3.9. Faz nötr akım değerleri.....	50
Şekil 3.10. Sayacın iç kısmına müdahale yöntemi .....	50
Şekil 3.11. Sayaca dış kısmından müdahale yöntemi .....	51
Şekil 3.12. Şebekeden harici faz nötr yöntemi ile kaçak elektrik kullanımı.....	52
Şekil 3.13. Mıknatıs yöntemi ile kaçak elektrik kullanımı .....	53
Şekil 3.14. Radyo frekans ile kumanda sistemi yöntemiyle kaçak kullanım .....	53
Şekil 3.15. Sayaç yazılımına müdahale yöntemi .....	54
Şekil 3.16. Manyetik alan yöntemi ile sayaca müdahale .....	55
Şekil 3.17. Nötr üzerinde DC gerilim ile sayaca müdahale.....	55
Şekil 3.18. Bitlis ilinde 2020-2022 yılları arası abone sayıları.....	57
Şekil 3.19. Tatvan ilçesinin 2020 yılında aylar bazında enerji durumu.....	58
Şekil 3.20. Tatvan ilçesinin 2020-2022 yıllarına ait enerji durumları .....	59
Şekil 3.21. Bitlis il genelinde 2019 yılı aylar bazında enerji durumu.....	61
Şekil 3.22. Bitlis il genelinde 2020 yılı aylar bazında enerji durumu.....	62
Şekil 3.23. Bitlis il genelinde 2021 yılı aylar bazında enerji durumu.....	63
Şekil 3.24. Bitlis il genelinde 2022 yılı aylar bazında enerji durumu.....	64
Şekil 3.25. Bitlis ili 2019-2022 arası yıllar için kayıp kaçak durumu .....	65

## KISALTMALAR

AC	: Alternatif Akım
ADM	: Aydem
AG	: Alçak Gerilim
DC	: Doğru Akım
DCU	: Veri Toplama Ünitesi, Data Concentrator Unit
DE	: Dağıtılan enerji
EDAŞ	: Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
FV	: Fotovoltaik
GES	: Güneş Elektrik Santrali
GPRS	: Genel Paket Radyo Servisi, General Packet Radio Service
GSMH	: Gayri Safi Millî Hasıla
GSM	: Mobil İletişim İçin Küresel Sistem, Global System for Mobile Communications
HES	: Hidroelektrik Santrali
kV	: Kilo Volt
kWh	: Kilo Watt Saat
LCD	: Sıvı Kristal Ekran, Liquid Crystal Display
LED	: Işık yayan diyot, Light Emitting Diode
LAN	: Yerel ağ bağlantısı, Local Area Network
MWh	: Mega Watt Saat
PLC	: Güç hattı üzerinden haberleşme, Power Line Communication
RES	: Rüzgar Enerji Santrali
RF	: Radyo Frekansı
OSOS	: Otomatik Sayaç Okuma Sistemi
OECD	: Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü, Economic Co-Operation and Development
TEE	: Tahakkuk edilen enerji
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TEK	: Toplam Enerji Kayıpları
TES	: Termik Elektrik Santrali
TK	: Teknik Kayıplar

TOK : Teknik Olmayan Kayıplar  
VEDAŞ : Vangölu Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi  
YG : Yüksek Gerilim  
Wh : Watt Saat



## SİMGELER

V	: Volt
A	: Amper
P	: Aktif Güç
Cos $\phi$	: Güç Faktörü



## 1. GİRİŞ

Günümüzde teknoloji alanında olan gelişmeler ile birlikte enerjiye olan ihtiyaçlarında aynı düzeyde artmaya başladığı görülmektedir. Dünya genelinde enerjinin kullanımının artması ile enerji verimliliğinin de önemi artmıştır. Buna bağlı olarak da enerji verimliliğine yönelik yapılan çalışmalar ülkemizde de zorunlu hale gelmiştir. Verimlilik alanında yapılan çalışmalarla birlikte teknolojide de yeni gelişmeler görülmektedir. Elektrik enerjisine olan talebin her geçen gün artması ve bu talebin karşılanması için üretim, iletim ve dağıtım şebekelerinin verimli bir şekilde kullanılması önem arz etmektedir. Bu nedenle enerji verimliliği konusunda birçok çalışmalar yapılmaktadır. Teknolojinin gelişmesi ile birlikte aynı zamanda tüketimi yapılan enerjinin kontrol altına alınması gerekmektedir. Elektrik enerjisinin kontrol altına alınabilmesi için elektrik enerjisinin ölçülmesi, enerji giderlerinin kontrol altına alınması, kullanılan enerjinin analizinin yapılması ve enerjinin takibinin yapılması gerekir. Bunun için elektrik sayaçlarının okumalarının yapılması gerekmektedir.

Elektrik sayacı; elektrik şebekesine bağlı olan cihazların tüketmiş oldukları elektrik enerjisini ölçmek için kullanılan cihazdır. Klasik sayaç okuma yöntemlerinde; bir görevlinin sayacın yanına giderek doğrudan sayaç ekranında yazılı olan tüketim verilerini alarak gerçekleştirmektedir. Görevli, sayaçtan aldığı tüketim verilerini not alarak elektrik faturasının hazırlanması için dağıtım şirketine teslim eder veya görevli, el cihazlarını kullanarak fatura oluşturmaktadır. Bu sistemin kullanılması ile işletme maliyeti açısından son derece yüksek maliyet gerektirmektedir. Aynı zamanda bu kadar yüksek maliyetlerin olmasına rağmen fatura kesilmeyen yerlerin kalması ve o ay içinde tahakkuk miktarında düşüklük yüzünden kayıp kaçak oranının artmasına sebep olmaktadır. Görevli tarafından direkt olarak sayaç ekranından aldığı verilere, görevliden kaynaklı olarak hatalar karışabilmekte ve hatalı tahakkuk yapılabilmektedir. Bunun gibi durumlar, tüketiciyi ve dağıtım şirketlerini doğrudan olumsuz etkilemektedir. Dolayısıyla olumsuz durumları en düşük seviyeye indirmek için gelişen teknoloji ile birlikte elektrik enerjisinin net bir şekilde tespitlerinin yapılabilmesi, hatalardan arınmış ve hızlı bir şekilde sayaç üzerinde kaydedilmiş verileri almak için otomatik sayaç okuma sistemi (OSOS) geliştirilmiştir. OSOS, elektrik dağıtım şirketlerinin düzenli faturalama yapmasında, okuma maliyetlerin azaltılmasında, tahakkuk işlemlerinin artması ve hızlandırılmasında, şahısların inisiyatif almasını engelleyerek personel

hatalarının sistemi etkilemesinin önüne geçilmesinde, kontrol mekanizması ile kaçak/usulsüz enerji kullanımının azaltılmasında, enerjinin daha kaliteli olmasında ve şebekenin kaliteli enerji kriterlerine uygunluğunun sağlanmasında çok çeşitli şekilde yarar sağlayabilmektedir [1].

Enerji kalitesi sorunlarından biri de gerilim çökmeleridir. Yapılan çalışmalarda, 154 kV gerilimdeki iletim hattına dağıtım için gerekli olan yükün bağlanması durumunda sistem açısından bir sorun meydana gelmediği görülmüştür. Ancak bölge dağıtım yüklerinin temelini oluşturan ve kaçak elektrik ile beslenen su pompalarının plansız olarak ve kesiti düşük enerji hatlarıyla beslenmesi sırasında sistemin kendi içinde kararsızlığa düştüğü ve gerilim çökmeleri olduğu tespit edilmiştir [2]. Elektrik dağıtım şebekelerindeki teknik olmayan enerji kayıplarının enerji kalitesi üzerindeki olumsuzlukları ortadan kaldırılması için bu kayıpların azaltılması önemli hale gelmektedir.

OSOS'un kullanılması ile birlikte okumalarının yapılması için bir görevliye ihtiyaç duyulmadan merkezden uzaktan direkt olarak sayaca erişim sağlayarak okumalar yapılmaktadır. Bu sistemin kullanılması ile birlikte ulaşım açısından en zor yerlere ve olumsuz hava şartlarından kaynaklı olarak okumaların yapılamadığı yerlerde bile rahatlıkla uzaktan erişim sağlayarak okumalar yapılmaktadır.

Elektrik enerjisi kullanıcısı (abone), elektrik faturalarını ödememesi durumunda, görevli personel tarafından abonenin enerjisinin kesilmesi gerekmektedir. Görevli tarafından elektrik enerjisinin manuel kesilmesi esnasında abonenin görevli personele sözlü olarak veya fiziksel olarak engel olması gibi olumsuz durumlarla karşılaşılabilir. Otomatik sayaç okuma sisteminin kullanılmasıyla birlikte sistem üzerinden abonenin elektrik enerjisi doğrudan kesilebilir veya daha önceden kesilmiş elektrik enerjisinin açılması sağlanabilmektedir. Bu sistemin bir diğer avantajı ise kırsal kesimdeki ulaşımı zor olan yerlerde uygulanması maliyet ve zaman açısından çok önemli bir yere sahiptir [3].

OSOS'un kullanılması sayesinde, alçak gerilim dağıtım transformatör (trafo) ile bağlı olan abonelere ait bütün sayaçlara herhangi bir ek maliyet getirmeksizin direkt olarak şebeke hattı üzerinden haberleşme sağlanmaktadır. Güç hattı üzerinden haberleşme (PLC, Power Line Communication), sayaçların doğrudan kendi içlerinde

yüksek kalitede ve kesintisiz olarak bir ağ oluşturmakta ve direkt olarak trafoda bulunan toplayıcıya veriler aktarılmasıdır.

Trafoda bulunan toplayıcıya ulaşan veriler, cep telefonu şebekesi üzerinden paket anahtarlamalı olarak veri iletimi sağlayan teknoloji olan GPRS (General Packet Radio Service, Genel Paket Radyo Sistemi), yolu ile veya internet aracılığı ile veri yönetim merkezlerine ulaştırılarak anlık olarak izlenebilmektedir. Abonelerin anlık olarak yaptığı tüketimler ve çekilen akım değerleri kontrol edilip trafo sayacından alınan verilerin karşılaştırması yapılarak kayıp olan elektrik enerjisinin analizi yapılabilmektedir [1].

Teknik olmayan enerji kayıp oranları, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde farklılık göstermektedir. OECD (Economic Co-Operation and Development, Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü) ülkelerinde bu oran, ortalama %7 civarındadır. Gelişmiş ülkelerde teknik olmayan enerji kayıp (kaçak elektrik) oranı %1-2 iken gelişmekte olan ülkelerde bu oran oldukça yüksektir. Özellikle Hindistan, Bangladeş, Türkiye ve Malezya gibi gelişmekte olan ülkelerde teknik olmayan elektrik enerjisi kayıp oranı %30'a kadar çıkmaktadır [4].

Genel olarak ülkemizde Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde kaçak elektrik kullanım oranı yüksek olduğu görülmektedir. Elektrik enerjisinin kaçak olarak kullanılması dünyada ve ülkemizde birçok şekilde incelenebilmektedir. Bunlar; genel tedarik şirketinde sözleşme yapılmadan veya karşılıklı herhangi bir anlaşma yapılmadan elektrik enerjisi kullanılmasıdır. Sayaçlara dışarıdan müdahale yapılarak ölçüm yapmasını engelleyerek veya hatalı ölçüm yapması, eksik ölçüm yapmasının sağlanması ile tüketim yapması olarak incelenmektedir [5].

Elektrik dağıtım şebekelerinde kaçak kullanım yöntemleri, sayaca şönt yöntemi ile müdahale, sayaca mıknatıs yönetimi ile müdahale, harici faz nötr ile müdahale, radyo frekans (kumanda) ile müdahale, sayaç yazılımına müdahale, manyetik alan kullanılarak sayaca müdahale, doğru gerilim ile nötr üzerinden sayaca müdahale gibi yöntemler kullanılmaktadır. Otomatik sayaç okuma sistemlerinin kullanımıyla birlikte elektrik şebekelerine yerleştirilen akıllı sayaçlar, akıllı sensörler veya haberleşme altyapıları ile PLC kullanılarak teknik olmayan kayıpların noktasal olarak tespit edilmesi mümkündür. Bu tespit için kullanılan donanımlar ek maliyet getirmesine rağmen kullanılmaktadır [6].

Güç izleme sistemleri, izleme sistemlerini genişletmek için otomatik sayaç sistemlerini kullanmaktadır. Bu sistem, mikro şebeke ve akıllı şebeke gibi yeni araştırma alanları için çok önemli ve herhangi bir şebekeyi şimdi olduğundan daha akıllı hale getirmek için kaçınılmaz bir adım olacaktır [7].

Elektrik üretimi yetersiz olan ülkelerde, iletim ve dağıtım şebekelerindeki oluşan teknik ve teknik olmayan kayıplar büyük gelir kaybına sebep olmaktadır. Bu gibi durumlardan kaynaklı olarak da teknik olmayan kayıpları en aza düşürmek için bu sistemin kullanılması önemini arttırmaktadır [8].

Yapılan tez çalışması, dört bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, tez konusunda daha önce yapılan çalışmalar incelenmiştir. Ayrıca elektrik enerjisinin önemi, enerji verimliliği ve enerji kayıpları konuları hakkında açıklamalar yapılmıştır. İkinci bölüm olan materyal ve yöntem kısmında, elektrik enerjisini ölçen sayaçlar ve OSOS hakkında genel bilgiler verilerek teknik olmayan enerji kayıplarına sebep olan yöntemlerin içeriğinden bahsedilmiştir. Üçüncü bölüm olan bulgular ve tartışma kısmında elektrik dağıtım şebekelerinde teknik olmayan enerji kayıplarını gösteren bağlantı şemaları ve elde edilen grafikler verilmiş ve yorumlanmıştır. Dördüncü bölüm olan sonuç ve öneriler kısmında, elektrik dağıtım şebekelerinde meydana gelen teknik olmayan enerji kayıplarının azaltılmasındaki OSOS'un etkileri irdelenmiş ve daha sonra yapılan çalışmalar için öneride bulunulmuştur.

### **1.1.Elektrik Enerjisi ve Önemi**

Elektrik enerjisi, hayatımızın rahat ve konforlu olabilmesine yardımcı olan temel ihtiyaçlardan biridir. Dünyadaki nüfusun her geçen gün artması ve var olan enerji kaynaklarının zamanla azalması, enerji üretim kaynakları yönetiminin doğru şekilde yapılmasının önemini artırmaktadır. Gün geçtikçe artan elektrik enerjisi talebini karşılamak için yeni elektrik enerjisi üretim tesisleri kurulumunun yapılması, enerji iletim ve dağıtım şebekelerinin doğru şekilde tesis edilmesi gerekmektedir. Ülkemizde de olduğu gibi devamlılık halinde olan kalkınma, sanayiye olan büyük atılımlar ve enerji alanında büyüme politikası enerjiye olan ihtiyacı arttırmaktadır. Elektrik enerjisi üretimi, iletimi ve dağıtımının yapılmasını sağlayan kuruluşların da asıl amaçları bu büyüme politikası ile birlikte tüketicilere enerjinin kaliteli ve aynı zamanda ucuz olarak sunmasıdır [9].

Elektrik enerjisi, yüklü parçacıklarda depo edilen enerji olarak bilinmektedir. Aynı zamanda elektrik, nesne içinde potansiyel bir enerji olarak depolanır. Elektrik alanı içindeki yüklü parçacık, elektrik alanında bulunan bir diğer yüklü parçacığa kuvvet uygulamasıyla elektrik alanının oluşmasını sağlar. Yüklü olan bu parçacıklar, elektrik alandaki güçten meydana gelen hareket ile işlev meydana gelmektedir. Michael Faraday tarafından keşfi yapılan elektrik akımı, bakır tel bobinin etrafında mıknatısın hareket etmesi ile bir elektrik akım meydana gelmiştir. Bununla birlikte kinetik bir enerjiyi mekanik enerjiye dönüştürmüştür.

Jeneratör, mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çevirmektedir. Manyetik alan ile elektrik arasında bir ilişki vardır. Tüketiciler, jeneratör yardımı ile üretilen elektrik enerjisinin neredeyse çoğunluğunu bu üretim sayesinde kullanmaktadırlar. Jeneratörün yapısında, hareket halinde olmayan silindir biçimindeki yalıtkan hale getirilmiş bakır tel bobin bulunmaktadır. Bu bobin, elektromanyetiğin dönme ekseninin etrafında dönüş sağlar. Millerin dönmesi ile bobinin tüm bölümlerinde akım meydana gelmektedir.

Elektrik enerji santralleri, birincil olan enerji kaynağından elektrik enerjisi üretimi sağlayan en kapsamlı teknolojidir. En yaygın olarak kullanılan elektrik üretim santralleri arasında nükleer, termik ve hidroelektrik enerji santralleri bulunmaktadır. Alternatif akım (AC) veya doğru akım (DC) güç kullanım durumu olabilmesine rağmen jeneratör yardımı ile üretim yapılan elektrik enerjisinin neredeyse tamamı AC'dir.

## **1.2. Enerji Verimliliği**

Enerji verimliliği, var olan sistemlerin kalitesinden ödün verilmeden, konfor durumunu sağlayarak, enerjinin tüketilen miktarının en düşük seviyeye düşürülmesidir. Dünyamızdaki nüfus artışı ile birlikte enerji kaynaklarındaki azalma, enerji ihtiyacının artması, bununla birlikte ülkelerin enerji politikalarında değişiklikler yapılmasını zorunlu hale getirmiştir. Enerji verimliliği enerjinin üretimi, iletimi ve tüketimi alanlarında genel etkinlik çalışmalarının tamamını kapsamaktadır. Enerji kaynaklarının iyi bir şekilde kullanılması, çevre dostu enerji, temin edilen sistemlerin gelişiminin sağlanması, üretimi yapılan enerjinin verimli bir şekilde tüketilmesi ve sonraki nesillere bırakılan dünyayı etkileyen en önemli unsurlardır [10]. Hızlı şekilde tükenmekte olan fosil kaynakların yerini bunlara alternatif olarak enerji kaynakları arayışına girilmiştir. Diğer yandan var olan enerji kaynaklarının verimli bir biçimde değerlendirilmesi ile

birlikte, enerji kullanımının konforunu etkilemeden düşürülmesi yönünde eğilimler oluşmaktadır [11] .

Enerji üretimi yapılırken gelişen ve yaygınlaşan çevre dostu teknolojilerin kullanılması ve üretilen enerjinin son tüketim yapanlarda verimli şekilde kullanılması son derece önemlidir. Bu açıdan, elektrik enerjisi üretim ve tüketimlerden kaynaklı olarak dünyadaki şu an olan karbon salınımının %80'lik kısmına denk gelen sera gazının etkisinin minimum seviyeye indirilmesini sağlayan en önemli adımlardır. Dünya ülkelerinin izlediği enerji politikaları, yenilebilir enerjiye verdiği önem kadar, üretimi yapılan enerjinin verimli bir şekilde tüketiminin yapılmasına önem vermektedir. Bununla birlikte enerji verimliliği ile ilgili toplumsal olarak bilinç oluşturulmasına da önem vermektedir. Dünyada olduğu gibi ülkemizde de konuttan, tarıma ve sanayiye kadar olan birçok alanda, enerji verimliliğinin artırılmasına ve bu bilincin oluşturulmasına yönelik projeler yapılmaktadır [10].

Enerji verimliliği, üretimi yapılan enerji kaynaklarının, tüketim bölgesine kadar olan bütün aşamalarda en yüksek şekilde kullanılmasını ifade etmektedir. Enerji verimliliği genel olarak söylenecek olursa gaz, buhar, basınçlı hava, ısı, elektrik gibi çok farklı biçimlerde olan enerji kayıpları ile beraber her çeşitteki atığın geri kazanabilmesi veya güncel teknolojinin kullanılmasıyla üretimi düşürmeyecek şekilde, sosyal refaha engel olmadan enerjiye olan tüketimin azaltılması anlamına gelmektedir [12-14].

Resmi Gazetede 02.05.2007 tarihinde yayımlanan enerji verimliliği kanununda; enerji verimliliği, binalardaki hizmet kalitesi ve yaşam standardı, endüstriyel işletmelerde ise üretimin kalitesinde düşüş olmadan veya üretim miktarında düşüş yaşanmadan enerji tüketimindeki azalma olarak tanımlanmıştır. Bunların yanında enerjiyi verimli şekilde kullanmak çevreyi ve doğal kaynakları korumak anlamına da gelmektedir. Böylece tükenbilir yakıtlara olan ihtiyaç azalır ve enerjiye olan güvenilirlik yükselir. Enerjinin verimli şekilde kullanılması sayesinde, enerji kaynaklarının en ucuz ve en etkili bir şekilde kullanılmasıyla enerjideki tüketimin azalması sağlanacaktır. Bu durumda, ülkemizin ekonomik ve sosyal olarak kalkınması herhangi bir zararı olmayacağı gibi tam aksine bunun sağladığı maddi katkı ile enerji verimliliği gibi alanlarda gelişim hızlanması sağlanmaktadır [15]. Ekonomistler enerji verimliliğini daha farklı şekilde ele aldığı görülmektedir. Bu ekonomistler enerji verimliliği ile ilgili en fazla tasarruf ile ilgilenmişlerdir, Tasarrufta aynı zamanda enerji verimliliğinin alt dalı olarak düşünülmektedir [16].

Enerji tasarrufu denilince ilk başta akıllara basit olarak kısıntının yapılması gelmektedir. Fakat enerji tasarrufu enerji verimliliğinin sadece bir kısmıdır. Enerji tasarrufunun ele alınabilecek diğer tedbirleri, enerji açısından daha verimli arabaların kullanılması, günlük yapılan alışkanlıklar ve davranıştaki değişiklikler ile teknolojik ürünleri kullanılması gibi durumlarda enerji tasarrufu olarak nitelendirilir. Bu gibi tedbirler somuttur. Bunlarla birlikte her türden olan teknolojik eşyaların uzun süreler boyunca kullanılmasının teşvik edilmesi gerekmektedir. Eşyaların uzun süre kullanılması ile birlikte yeni eşyaların üretilmesindeki hız da düşürülerek dolaylı olarak enerji tasarrufu sağlanmış olacaktır [17].

Genel olarak enerji yoğunluğu, enerji verimliliğinin bir göstergesidir. Enerji yoğunluğu Gayri Safi Millî Hasıla (GSMH) başına kullanılan enerjinin miktarını gösterir [18]. Bu gösterge yardımı ile ülkelerin enerji yoğunlukları ne düzeyde düşük ise GSMH üretimi için harcanmakta olan enerji miktarı o kadar düşük ve ülkelerin enerjiyi verimli bir şekilde kullandığı anlamına gelmektedir. Bu gösterge, dünyanın enerji verimliliğinin değerlendirilmesinde ve ülkeler arasında karşılaştırma yapılmasında çok yaygın bir şekilde kullanılan bir araç olmaktadır.

### **1.3. Elektrik Enerjisi Üretim, İletim ve Dağıtım Sistemi**

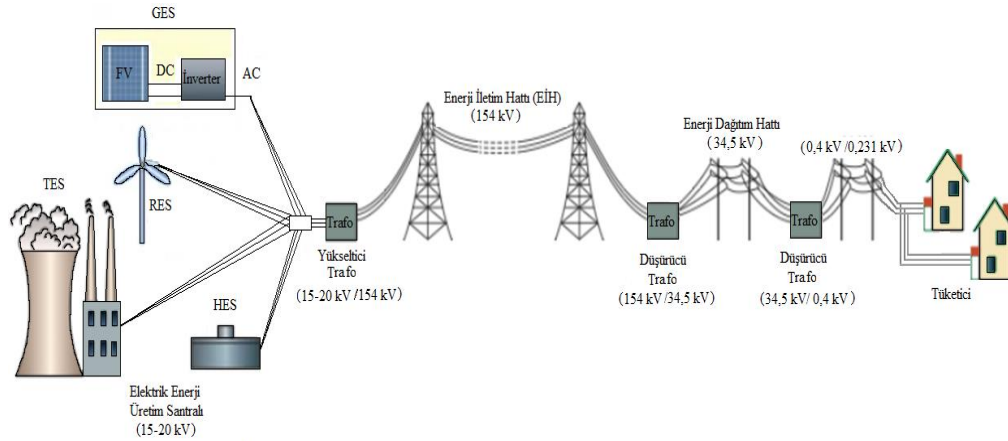
Elektrik enerjisi; üretim, iletim ve dağıtım olmak üzere üç ana bölümden meydana gelmektedir. Elektrik enerjisi üretim santrallerinde rüzgar, su ve kömür gibi bir yenilenebilir veya yenilenmeyen bir kaynağın enerjisini mekanik bir enerjiye dönüştürür. Alternatör (generatör, jeneratör) yardımı ile oluşan mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürmüş olmaktadır. Üretilen bu elektrik enerjisi depolanmadığından dolayı üretim yapıldığı andan itibaren anlık olarak kullanıcıya ulaştırılmaktadır. Kullanıcıya ulaşımı sağlamadan önce ilk olarak bu elektrik enerjisinin iletimini sağlayan Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ)'nin şalt sahaları ile sağlanmaktadır. Şalt sahalarında üretilen elektriğin kullanıcılara ulaşmasını sağlayan tüm tesislere elektrik şebekesi adı verilmektedir.

Elektrik enerjisi üretim santralleri büyük çoğunlukla tüketim yapılan yerlerden çok uzakta kurulmaktadır. Bu elektrik enerjisi iletim hatları ile tüketim birimleri veya sanayi alanlarının yakın çevresine ulaşımın sağlanması ve burada bulunan trafo merkezinde gerilim düşürülmesi ile dağıtım sağlanmaktadır. Elektrik enerjisi üretimi yapıldıktan sonra yüksek gerilim, orta ve alçak gerilim hatları ile iletim ve dağıtım

sağlanmaktadır. Yüksek gerilim iletim hatları büyük çoğunlukla enterkonnekte şebeke ile tüketim birimleri arasında iletimi sağlamaktadır. Ülkemizdeki kullanılan elektrik şebekelerinde alçak gerilim (AG) hatları yerleşim birimlerinde doğrudan elektrik dağıtımında 220V ile 380V gerilim değerleri arasında kullanılmaktadır. Gerilim değerlerine göre şebekeler; alçak gerilim (1-1000 Volt arası ), orta gerilim (1kV- 36kV arası ), yüksek gerilim (36 kV – 170 kV arası ) ve çok yüksek gerilim (170 kV'dan fazla) şebekeleri olarak sınıflara ayrılmaktadır [19].

Elektrik enerjisinin üretiminin oldukça büyük öneme sahip olduğu bilinmektedir, üretimi sağlanan elektrik enerjisinin de iletiminin ve bu elektrik enerjisinin dağıtımının sağlanması aynı öneme sahiptir, bunun için üretilen elektrik enerjisinin güvenli ve kayıp yaşanmadan abonelere ulaşılması gerekmektedir. Dünya’da olduğu gibi Ülkemizde de tüm elektrik iletim ve dağıtım sistemlerinde hat kaybının en az seviyeye düşürülmesi ve verimli bir şekilde bu sistemin işletilmesi büyük önem kazanmaktadır [20].

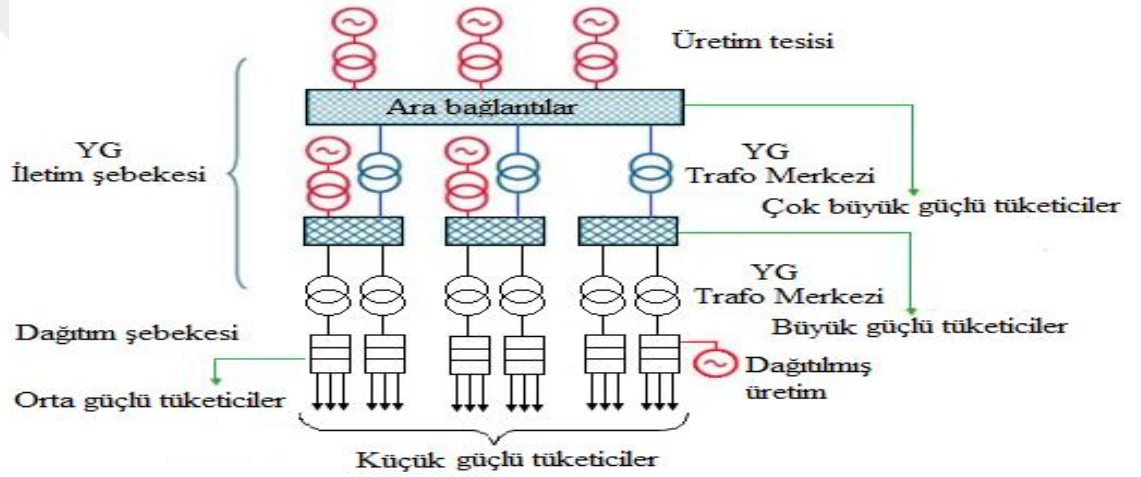
Enerji iletim sistemindeki gerilim dağıtım trafoları ve alt bağlantıları ile gerilim düşürülür, alınan enerji havai veya yeraltı kabloları ile abonelere ulaştırılmaktadır. Elektrik enerjisi dağıtım sistemlerin temel unsurları trafo, sayaç, tüketici bağlantı kabloları ve tesisat da bulunan diğer unsurlardan oluşmaktadır [21]. Elektrik enerjisi üretim, iletim ve dağıtım sistemine ait akış diyagramı Şekil 1.1’de verilmiştir.



**Şekil 1.1.** Elektrik üretim, iletim ve dağıtım sistemi

Elektrik enerjisi; hidrolik, rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, biyokütleden elde edilen gaz (çöp gazı dâhil), dalga, akıntı enerjisi ve gel-git gibi fosil olmayan enerji kaynakları olan yenilenebilir enerji kaynakları ve yenilenemez enerji kaynakları (fosil yakıtlar) kullanılarak üretilmektedir. Şekil 1.1’de örnek olarak fotovoltaik (FV) güneş panelinden oluşmuş güneş elektrik santrali (GES), rüzgar elektrik santrali (RES),

hidroelektrik santrali (HES) ve termik elektrik santrali (TES)'nden oluşan elektrik üretim santrali görülmektedir. Şekil 1.1'de görülen sistemde, üretilen elektrik enerjisinin gerilim değeri, genel olarak 15-20 kV arasındadır. Elektrik şebekesinde oluşan gerilim kayıplarını azaltmak, gerilimi yükseltip akımı düşürerek iletken kesitini azaltmak ve dolayısıyla maliyeti azaltmak için santralde üretilen gerilim, yükseltici trafo yardımıyla 154 kV gerilime yükseltilir. Yüksek gerilim (YG) ile taşınan elektrik enerjisi, indirici trafo merkezinde 34,5 kV gerilime düşürülerek enerji dağıtım şebekesine verilir. Elektrik enerjisinin tüketicilere ulaştırılması için 34,5 kV gerilim değeri, düşürücü trafo yardımıyla uygulamada faz nötr arası 220 V ve faz faz arası 380 V olan 0,4 kV alçak gerilim (AG) seviyesine düşürülmektedir. Elektrik enerjisi üretim, iletim ve dağıtım tek hat şeması, Şekil 1.2'de verilmiştir [22].



Şekil 1.2. Üretim, iletim ve dağıtım tek hat şeması

#### 1.4. Elektrik Dağıtım Şebekelerinde Enerji Kayıpları

Elektrik enerjisinin üretildiği santralden tüketiciye kadar ulaştırılmasındaki tüm aşamalarda enerji kayıpları oluşmaktadır. Bu enerji kayıpları; teknik ve teknik olmayan enerji kayıpları olmak üzere iki kısımda incelenmektedir. Teknik enerji kayıpları, elektrik enerji sisteminde kullanılan teknik malzeme ve donanımlarda oluşan kayıplardır. Oluşan bu kayıpların büyük çoğunluğu, gerilim değerinin düşük ve akım değerinin yüksek olduğu dağıtım şebekelerinde oluşmaktadır. Teknik olmayan enerji kayıpları ise; tamamen tüketicinin enerjiyi kullanma şeklinden kaynaklanan kayıplar olduğu ve elektrik hırsızlığı olarak da bilinmektedir.

Elektrik dağıtım şebeke sistemine giren elektrik enerjisi ile elektrik enerjisi dağıtım sisteminden kullanıcılara satılmakta olan enerji miktarının arasındaki fark

alınarak kayıp bulunabilmektedir. Bu kayıpları tamamen ortadan kaldırmak mümkün değildir. Ancak bazı yöntemler yardımıyla azaltılabilir. Teknik olmayan enerji kayıpları, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde büyük bir sorundur. Bu sorunların en önemlisi ise maddi kayıplardır. Bu kayıpları azaltmak için elektrik kaçaklarının tespit edilmesi önemlidir.

#### **1.4.1. Teknik Enerji Kayıpları**

Teknik enerji kayıpları, elektrik dağıtım şebekeleri içinde herhangi bir yerde olabilmektedir. Elektrik enerjisinde oluşan kayıplar aynı zamanda ısı olarak ve dağıtım trafolarında bulunan çekirdeğinde oluşan manyetik alandan kaynaklı olarak kayıp gerçekleşebilmektedir. Elektrik dağıtım şebekelerinde oluşan teknik kayıplar kesin bir şekilde hesaplanabilmektedir. Bu dağıtım sisteminde oluşan kayıplar, elektrik devre elemanlarında akımdan bağımsız veya akıma bağımlı olan kayıplar olarak değerlendirilebilir [23].

Teknik enerji kayıpları, genellikle jeneratörler, trafolar ve iletim hatları gibi dahili elektrik direncinden etkilenen bileşenlerden kaynaklanır. Teknik enerji kayıpları, kolayca hesaplanabilir. Bu kayıplar, elektrik dağıtım şebekelerinde %3-5 olarak alınır [24-27]. Bu tez çalışmasında, teknik kayıplar %5 alınarak değerlendirmeler yapılmıştır.

Dağıtım şebekesi sistemlerindeki yükten bağımsız olan kayıplara boştaki kayıp denilmektedir. Şebeke, gerilim altında olduğu zaman, şebeke yük altında olsa veya şebeke yük altında olmazsa bile sürekli olarak kayıp meydana gelmektedir. Yükten bağımsız kayıplar, trafoların boştaki kayıpları, gerilim trafolarının primer sarguları ve sayaçların gerilim bobinlerindeki kayıplardır [28]. Elektrik şebekelerinde meydana gelen teknik enerji kayıplarını; yüke bağlı, yükten bağımsız, akıma bağlı ve akımdan bağımsız enerji kayıpları olarak incelemek mümkündür.

Yüke bağlı kayıplar; dağıtım şebekesi iletim hatlarında yük akımının oluşturduğu kayıplardır. Yüke bağlı olan kayıplar, akım değerinin karesi ile orantılı şekilde değişir ve ısı olarak yayılmaktadır. Yüke bağlı olan kayıplar trafolarda meydana gelen bakır kaybı, ölçü aleti, sayaç, koruma aletlerinin gerilim bobinlerinde oluşan kayıplar, kablolarda ve klemens (iki farklı kablo arasında elektrik bağlantısını kurmayı sağlayan parça) bağlantı uçlarında oluşan kayıplar, kablo kılıflarında oluşan kayıplar, iletkenlerden geçen yüklerin oluşturduğu kayıplar ve bir arıza durumunda olan kayıplardır [29]. Bu kayıplarda yük akımının değerindeki değişimlerden kaynaklı olarak bu

kayıpların hesaplanması oldukça güçtür. Bu kayıpların hesabının yapılması için faz akım değerinin dengeli olduğu durumdaki değeri esas alınarak veya dağıtım sistemi üzerindeki geçen toplam enerji ile kullanıcının tükettiği toplam elektrik enerjisi arasındaki fark alınarak hesaplanabilmektedir [30].

Yükten bağımsız kayıplar; şebeke gerilim altında olduğu zaman, şebeke yük altında olsa veya şebeke yük altında olmazsa bile sürekli olarak kayıplardır. Bu kayıplar gerilim seviyesinde oluşan değişikliklere göre farklılık göstermektedir. Yükten bağımsız kayıplar, trafoların boştaki kayıpları, gerilim trafolarının primer sargıları, sayaçların ve ölçü aletlerinin gerilim bobinlerindeki kayıplar, kondansatörlerin dielektrik (yalıtkan) kayıpları, izolatörlerin kayıpları korona kayıplarıdır [31].

Akıma bağlı kayıplar; akıma bağlı olan kayıplar, akım değerinin karesi ile doğru orantılı bir şekilde değişkenlik gösterir ve ısı olarak yayılmaktadır. Elektrik dağıtım şebekelerinde oluşan kayıplar içinde büyük bir kısmı oluşturmaktadır. Bu kayıplar, klemenslerin bağlantı uçlarında oluşan kayıplar, kablo kılıflarında oluşan kayıplar, trafoların sargılarında oluşan bakırdan kaynaklı kayıplardır. Bu kayıplar içinde bulunan klemens bağlantı yerlerinde oluşan kayıpları ihmal edilebilir.

Akımdan bağımsız kayıplar; şebeke, gerilim altında olduğu zaman, şebeke yük altında olsa veya şebeke yük altında olmazsa bile sürekli olan kayıplardır. Dağıtım şebeke sisteminde kullanılmakta olan güç ve trafoların boşta çalışması ile oluşan kayıpları, kondansatörlerin ve kabloların dielektrik (yalıtkan) kayıplarıdır. Kondansatörlerin dielektrik kayıpları ihmal edilemez fakat kabloların dielektrik kayıpları ihmal edilebilmektedir.

#### **1.4.2. Teknik Olmayan Enerji Kayıpları**

Teknik olmayan enerji kayıpları, faturalandırma yapılamayan ve ölçümü yapılamayan enerji olarak incelenebilir. Elektrik enerjisinin kayıt altına alınmadan tüketiciler tarafından kullanılması biçiminde olan kayıplardır. Teknik olmayan kayıpların nedenleri, vatandaşın sayaca dışarıdan yaptığı müdahale, enerji iletim hatlarına ek bir kablo çekmesi, sayacın hatalı okunması gibi durumlardır.

Elektrik hırsızlığı olarak da bilinen teknik olmayan enerji kayıpları, kamu kurumlarında ciddi maddi kayıplara neden olurken, elektrik tüketimindeki aşırı yüklenmeler ile elektrik dağıtım şebekelerinde de uzun süreli arızalara neden olmaktadır [32-36]. Ayrıca, güç elemanlarının ömrünü kısaltır ve tüketicilerin elektrikli

ekipmanlarının performansını etkilemektedir. Tüketilen enerjinin bedeli ödenmediğinden gereksiz tüketimlerin artması ve aşırı yüklenmeler meydana gelecektir. Bu aşırı yüklenmeler fosil yakıtı dayalı elektrik üretimini ve dolayısıyla karbondioksit salınımını da artırmaktadır [37-40]. Teknik olmayan enerji kayıpların yol açtığı bir diğer sorun ise elektrikte kaybedilen maliyetlerin düzenli olarak elektrik faturası ödeyen dürüst müşterilere paylaştırılmasıdır. Bu durum haksız kazanç ve adaletsizliğe neden olmakta ve aynı zamanda enerjinin birim fiyatını da yükseltmektedir.

Usulsüz elektrik kullanımı, genel olarak doğrudan kaçak kullanım sayılmamaktadır. Örnek olarak başka bir kullanıcının elektrik tüketim faturasını ödenmesi ile elektriği kullanmak uygun bir davranış değildir. Bunun haricinde tüketicinin, sayacın mühürlü olduğunu bildiği halde dağıtım şirketine bilgi vermeden enerji kullanmak, sayacın hasarlı olduğu ve yanmış olduğu bilgisini elektrik dağıtım şirketine bilgi vermeden kullanım yapmaya devam etmesi, tüketicinin dağıtım şirketlerinden herhangi bir izin almadan araya süzme bir sayaç takarak veya direkt olarak bir başka şahsa enerji vermesi ile kullanım yapılması, genel tedarik şirketinde sözleşme yapılmasından sonra dağıtım şirketi personelinin yapması gereken sayaç bağlantılarını yapmasını beklemeden vatandaş tarafından sayaç bağlantılarının yapılması ile enerji kullanılması gibi durumlar usulsüz elektrik kullanımları olarak incelenebilir. Elektrik dağıtım şebekelerinde meydana gelen toplam enerji kayıpları; alınan ve satılan enerji arasındaki farktır [41]. Başka bir ifade ile bu kayıplar teknik ve teknik olmayan kayıpların toplamıdır.

$$TEK = DE - TEE \quad (1.1)$$

$$TEK = TK + TOK \quad (1.2)$$

Denklem (1.1) ve Denklem (1.2) birleştirilirse,

$$TOK = DE - TEE - TK \quad (1.3)$$

şeklinde bulunur. Enerji kayıpları, yüzde (%) olarak Denklem (1.4) gibi hesaplanır.

$$Kayıp (\%) = \left( \frac{DE - TEE}{DE} \right) \times 100 \quad (1.4)$$

TEK : Toplam enerji kayıpları

TK : Teknik kayıplar

TOK : Teknik olmayan kayıplar

DE : Dağıtılan enerji

TEE : Tahakkuk edilen enerji



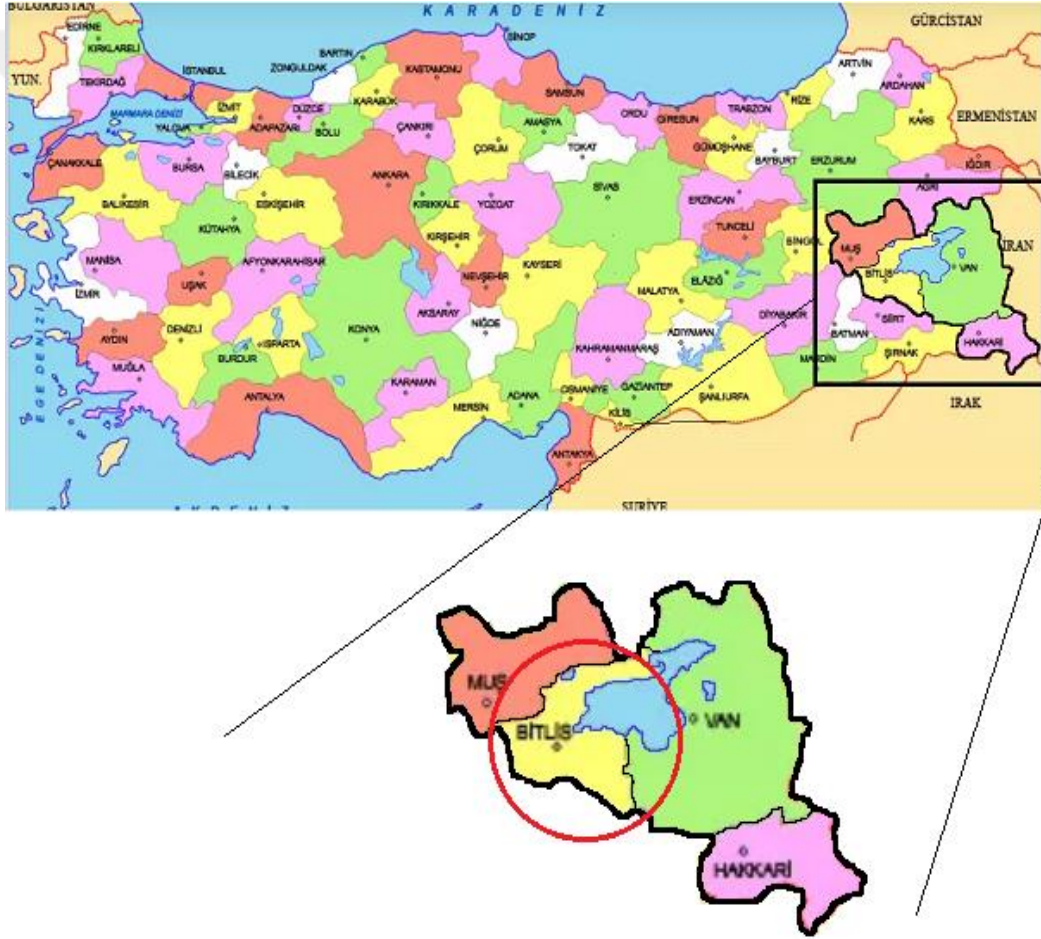
**Çizelge 1.1.** Elektrik dağıtım şirketleri kayıp kaçak oranları (%)

Dağıtım Şirketi Adı	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Akdeniz EDAŞ	8.64	7.04	6.32	6.67	5.78	5.91	7.08	7.67
Akedaş EDAŞ	6.82	4.98	7.22	5.33	5.51	6.46	6.10	5.62
Aras EDAŞ	26.21	26.60	25.68	24.55	23.55	21.64	20.56	20.08
ADM EDAŞ	7.92	5.34	5.74	5.26	5.53	5.63	6.18	6.18
İstanbul Anadolu Yakası EDAŞ	7.20	7.00	6.78	6.10	6.04	5.05	5.40	6.22
Başkent EDAŞ	7.68	7.00	6.98	6.05	6.11	5.89	6.18	6.69
Boğaziçi EDAŞ	9.16	9.44	9.61	6.74	6.59	7.96	7.64	7.23
Çamlıbel EDAŞ	7.79	7.09	6.05	6.59	5.08	4.75	7.57	4.42
Çoruh EDAŞ	9.05	9.28	9.25	8.11	7.85	7.38	7.33	6.80
Dicle EDAŞ	74.15	72.17	67.64	64.82	54.94	51.32	46.32	46.19
Fırat EDAŞ	9.51	10.44	10.56	10.95	10.32	9.93	9.81	9.34
Gediz EDAŞ	8.38	7.36	7.32	7.25	6.63	7.55	6.43	6.36
Kayseri ve Civarı EDAŞ	6.95	5.25	5.87	6.03	6.57	6.02	6.08	6.56
Meram EDAŞ	7.33	7.30	6.65	5.77	6.69	6.22	6.05	5.76
Osmangazi EDAŞ	7.61	7.62	5.75	6.97	6.41	6.61	6.54	6.91
Sakarya EDAŞ	6.76	6.68	6.58	6.41	6.52	5.96	5.93	5.95
Toroslar EDAŞ	13.20	12.50	12.12	11.35	11.85	11.76	11.37	11.65
Trakya EDAŞ	6.33	6.57	5.46	5.10	4.37	4.50	5.59	5.31
Uludağ EDAŞ	6.86	6.94	5.57	4.15	4.20	4.82	5.86	5.23
Vangözü EDAŞ	61.02	59.70	56.42	53.30	49.16	47.56	44.57	38.07
Yeşilirmak EDAŞ	8.27	7.90	8.20	7.43	7.63	7.13	7.28	6.89

EPDK'dan alınan 2014 ile 2021 yılları arasındaki verilere göre kayıp ve kaçak elektrik kullanım oranı en yüksek olan dağıtım şirketleri başında Dicle EDAŞ ve sonrasında Vangözü EDAŞ olduğu görülmektedir. Elektrik dağıtım şirketleri, kayıp kaçak oranlarını azaltmak için OSOS uygulamasından da faydalanmaktadır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Yapılan tez çalışmasında, OSOS'un elektrik dağıtım şebekelerinde teknik olmayan enerji kayıplarının azaltılmasındaki etkisini belirlemek için Türkiye'deki elektrik dağıtım şirketlerinden biri olan Vangölü Elektrik Dağıtım Şirketi (VEDAŞ) verileri kullanılmıştır. VEDAŞ, Bitlis, Hakkâri, Muş ve Van illerinde elektrik dağıtım hizmeti vermektedir. Bu illerden Bitlis ilinde de OSOS kullanılan PLC uygulamasının yapıldığı için Bitlis ili seçilmiştir. Bitlis ili, Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesinde bulunan 14 ilden biridir. Bitlis ilinin Türkiye haritasındaki yeri ve bağlı olduğu ilin sınırlarını gösteren harita, Şekil 2.1'de verilmiştir.



**Şekil 2.1.** Bitlis il haritası ve Türkiye haritasındaki yeri

Bitlis ilinde, Ahlat, Adilcevaz, Güroymak, Hizan, Merkez, Mutki ve Tatvan olmak üzere yedi ilçe bulunmaktadır. Bu ilçelerden Adilcevaz ve Hizan ilçelerinde OSOS uygulamasına geçilmemiştir. Diğer ilçelerde ise tüm aboneler olmazsa bile çoğunluğunda PLC sayaç uygulaması yapılmaktadır.

## 2.1. Elektrik Sayaçları

Elektrik sayaçları; elektrik santrallerinde, sanayi bölgeleri, iş yerleri, meskenlerde elektrik enerjisinin tüketildiği ve üretildiği tüm alanlarda kullanılan enerjiyi anlık ölçen cihazlara denilmektedir. Yaygın olarak kullanımı yapılan bu elektrik sayaçları tüketimi yapılan ve üretimi yapılan elektrik enerjisinin doğru bir şekilde faturalanma işleminin yapılması olarak sağlamaktadır. Bu sayaçların temel çalışma prensibi gerilim ve akım ölçümü ile birlikte elde edilen elektriksel gücün zamana bağlı olarak ölçüm yapmasıdır. Bu ölçümde zamanın birimi olarak “saat” kullanılmaktadır. Ölçüm olarak enerji cinsleri Wh (watt saat), kWh (kilowatt saat), MWh (megawatt saat) ve katları şeklindeki birimler kullanılmaktadır [44].

Elektrik sayaçları, meskenler, küçük ticarethaneler yani genel olarak daha küçük olan hizmetler, kaynak ile tüketici arasına doğrudan bağlanabilir. Yaklaşık olarak 200 amper ve üstü olan yükler gibi büyük yükler için akım trafoları kullanılması gerekmektedir [45].

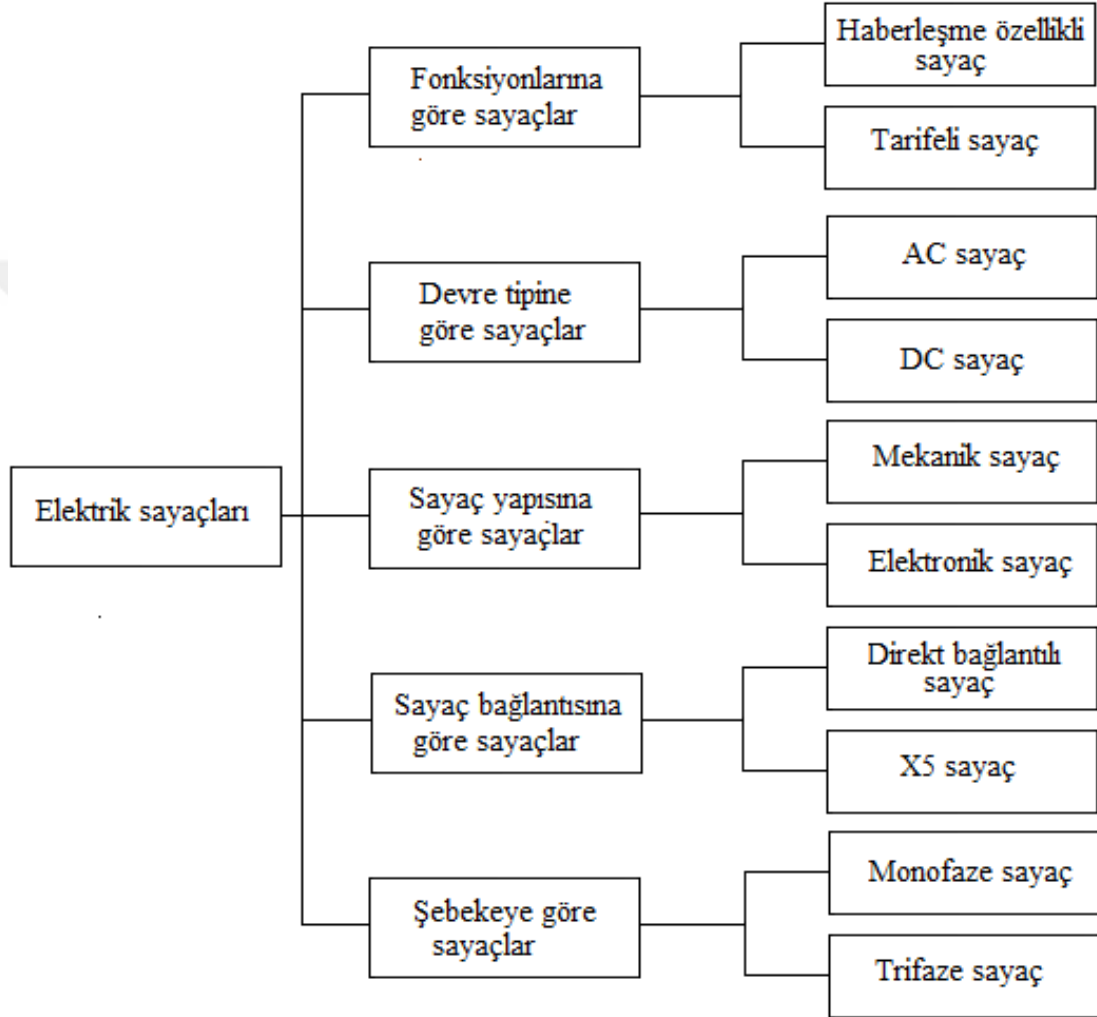
Elektrik sayaçları, önceleri sadece tüketilen elektrik enerjisinin endeks değerlerini kaydetmek için kullanılmaktaydı. Ancak günümüzde, elektrik dağıtım şebekesi otomasyonunda önemli bir yere sahiptir. Elektrik sayacının uzaktan okunması ile otomatik sayaç okuma, verilerin analiz edilerek rapor edilmesi, tüketicinin ihtiyaç duyduğu elektriğin arz ve talep miktarının tespiti, dağıtım şebekesinde meydana gelen arızanın bulunduğu yerin hemen tespit edilmesi, enerji kayıp kaçak durumunun takip edilmesi, şebekenin kompanze edilmesi gibi fırsatlar sağlamaktadır [46,47].

Şebekede mevcut ihtiyaçlardan ve bazı özelliklerden kaynaklı olarak elektrik sayaçlarının geliştirilmesiyle, günümüzdeki haline getirilmesi sağlanmıştır. Elektrik sayaçları gün geçtikçe daha fazla gelişim sağlamasıyla birlikte yalnızca tüketim yapılan enerji miktarının yanı sıra birçok farklı işlemde yapılabileceğini göstermektedir. Bunlar gerilim (V), akım (I) ve güç faktörü ( $\cos\phi$ ) gibi şebeke parametrelerinin ölçümü, gücün kalitesi ve parametre ölçülmesi (kesintiler, harmonik vb.) gibi bazı özellikler de vardır.

Geçmiş tarihten itibaren günümüze kadar elektrik sayaçların ilk olarak ölçümü mekanik sayaçlarda sonrasında ise elektronik sayaçlarda ölçüm yapılmaktaydı. Elektrik sayaçları, yapısına göre ikiye ayrılmaktadır. Bunlar, elektronik ve mekanik elektrik sayaçlarıdır. Mekanik olan elektrik sayaçlarının günümüzde kullanımı ve üretimi yok

denecek kadar azdır. Mekanik sayaçlar yerine artık yaygın şekilde kullanımı yapılan elektronik sayaçları kullanılmaktadır.

Elektrik sayaçları, şebekeye göre tek faz veya üç faz olması, sayaç bağlantısına, sayaç yapısına ve devre tipine göre dört grup halinde incelenebilmektedir [44]. Elektrik sayaçlarının dört ana grup halinde sınıflandırılması Şekil 2.2’de verilmiştir.



**Şekil 2.2.** Elektrik sayaç çeşitleri

### 2.1.1. Mekanik Sayaçlar

Mekanik elektrik sayaçların mekanik olan kısımlarında bir alüminyum disk vardır. Aynı zamanda mekanik elektrik sayaç içerisinde gerilim bobini ve akım bobini bulunmaktadır. Manyetik alan oluşturan gerilim bobini ve akım bobini disk üstünde bir güç oluşturmaktadır. Oluşan bu güç diskte bir döndürme hareketi meydana getirir. Diskin dönme hareketini gerçekleştirmesiyle birlikte numaratorü de döndürmektedir.

Mekanik sayaç ile elektriksel enerji ölçümü yapılmaktadır. Tek fazlı ve üç fazlı mekanik elektrik sayaçları Şekil 2.3'te verilmiştir [44].

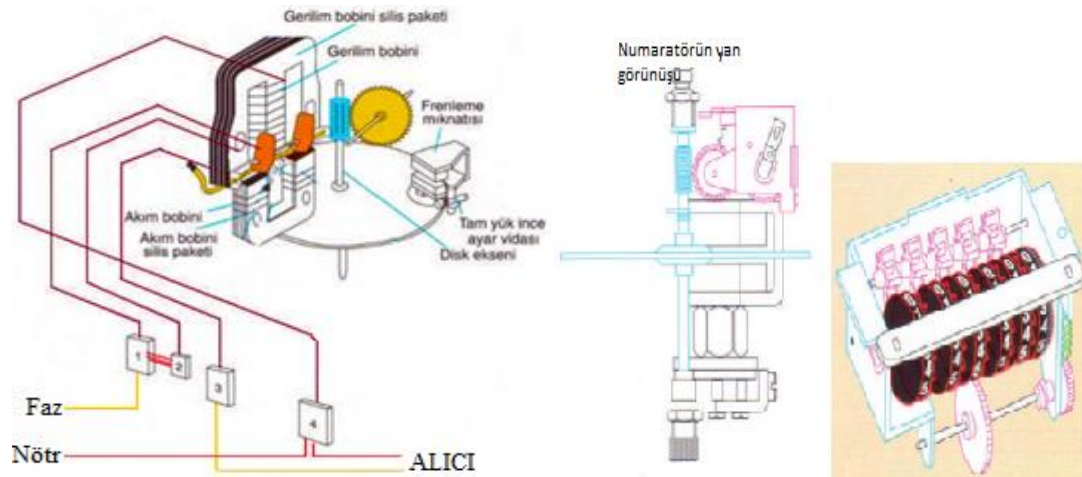


Şekil 2.3. Tek fazlı (a) ve üç fazlı (b) mekanik sayaç

Elektrik devresinde güç ölçümü yapan cihazlara Wattmetre denilmektedir. Aynı zamanda voltmetre ve ampermetre gibi özellikleri tek yerde göstermektedir. Bu ölçüm yapan cihazlar içinde akım bobini ve gerilim bobini olmasıyla beraber iki bobinli ölçme yapan cihazlardır. Alıcı güç değerini Watt olarak ölçmektedir [48].

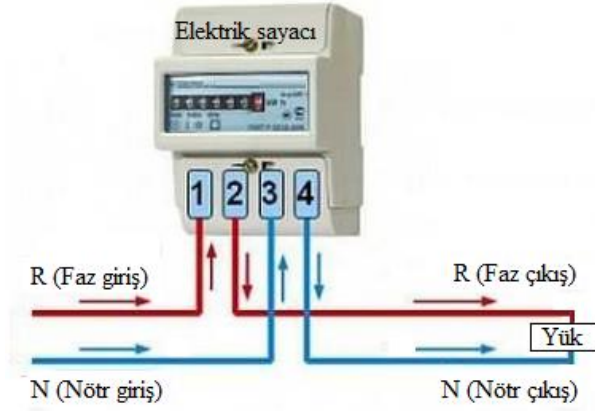
Akım bobinleri alıcıya seri bağlanırlar ve aynı zamanda bu bobinleri ampermetre özelliğini göstermektedir. Gerilim bobinleri paralel bir şekilde bağlanmakta ve bu bobinler voltmetre özelliği göstermektedir. Gerilim bobinleri sarım sayısı çok olmasıyla birlikte ince kesitlidir. Devreden çekilen güç ile numaratörün dönüş hızı arasında doğru orantı vardır. Elektrik dağıtım şebekesinden çekilen aktif güç, denklem (2.1) ile ifade edilir. Mekanik sayacın iç yapısı Şekil 2.4'te verilmiştir.

$$P=V \times I \times \cos\phi \quad (2.1)$$



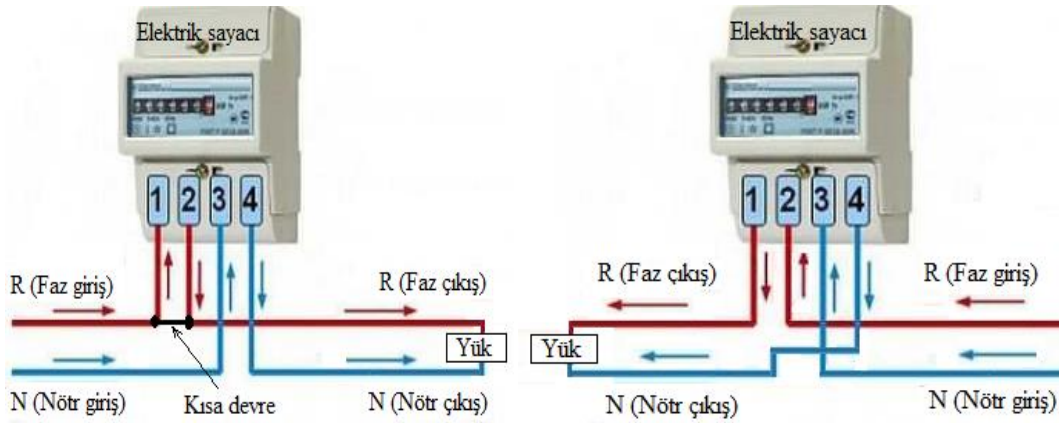
Şekil 2.4. Mekanik sayacın iç yapısı

Elektrik dağıtım şebekelerinde tüketilen elektrik enerjisini kaydetmek için tek fazlı veya üç fazlı sayaçlar kullanılmaktadır. Tek fazlı mekanik sayacın normal olarak şebekeye bağlantısı Şekil 2.5'te verilmiştir.



**Şekil 2.5.** Tek fazlı sayaç bağlantısı

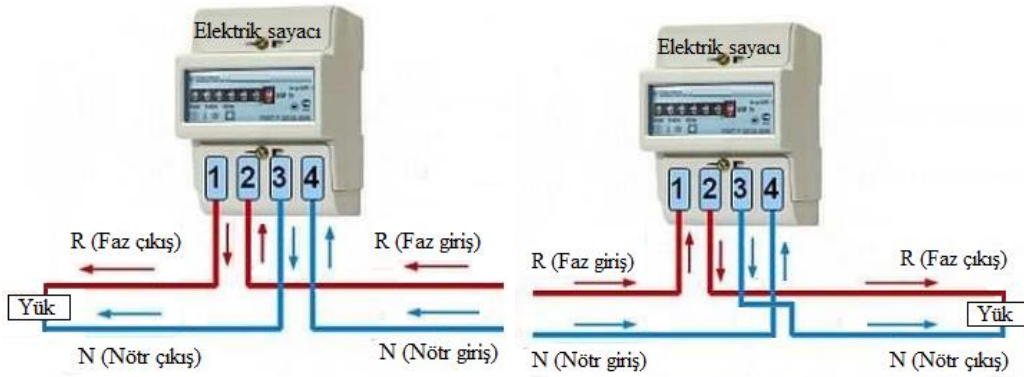
Tüketicilerin kullanmış olduğu tek veya üç fazlı sayaçlara yapılan müdahaleler, elektrik dağıtım şebekelerinde teknik olmayan enerji kayıpları olup aynı zamanda elektrik hırsızlığı ve kaçak elektrik kullanımınıdır. Örnek teşkil etmesi açısından tek fazlı elektrik sayaçlarının bağlantı şekilleri değiştirilerek yapılan müdahale durumları, şekillerle açıklanmıştır. Sayaç faz giriş ve faz çıkışı kısa devre durumu Şekil 2.6'da verilmiştir. Sayaç faz girişi ters durumu ise Şekil 2.7'de verilmiştir.



**Şekil 2.6.** Sayaç faz giriş ve faz çıkışı kısa devre **Şekil 2.7.** Sayaç faz girişi ters

Şekil 2.6'da görüldüğü gibi sayacın faz girişi ile faz çıkışı arasına bir iletken atılarak (köprü) kısa devre edilmesi durumunda tüketilen enerjiden dolayı çekilen akım, sayacın akım ve gerilim bobinleri üzerinden geçmeyeceğinden sayaç tüketilen enerjiyi kaydetmeyecektir. Böylece tüketilen elektrik enerjisi kaçak kullanılmış olur. Şekil 2.7'de görüldüğü gibi, sayacın faz girişi ters bağlanarak tüketilen enerjinin sayaç

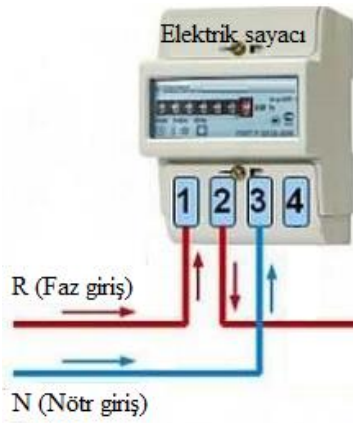
tarafından kaydedilmesi engellenerek kaçak kullanılmış olur. Faz ve nötr ters bağlantı durumu Şekil 2.8’de verilmiştir. Nötr ters bağlantı durumu ise Şekil 2.9’da verilmiştir.



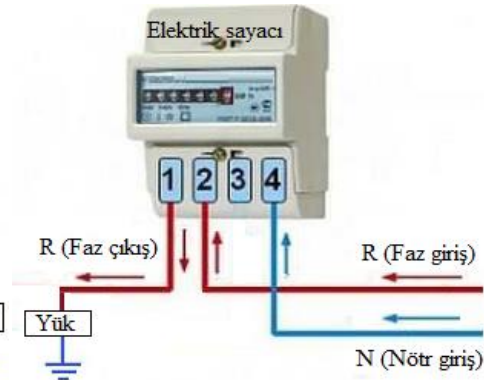
**Şekil 2.8.** Faz ve nötr ters bağlantı

**Şekil 2.9.** Nötr ters bağlantı

Şekil 2.8’de görüldüğü gibi şebekeden gelen faz ve nötr sayaca bağlanması gereken yerden değil de ters şekilde bağlanırsa, tüketilen enerji sayaç tarafından kaydedilmeyeceğinden kaçak kullanılmış olur. Şekil 2.9’da görüldüğü gibi şebekeden gelen nötr, sayaca bağlanması gereken giriş yerine, çıkış yerine ters şekilde bağlanırsa, tüketilen enerji sayaç tarafından kaydedilmeyeceğinden kaçak kullanılmış olur. Harici nötr kullanma durumu Şekil 2.10’da verilmiştir. Faz girişi ters harici nötr kullanma durumu ise Şekil 2.11’de verilmiştir.



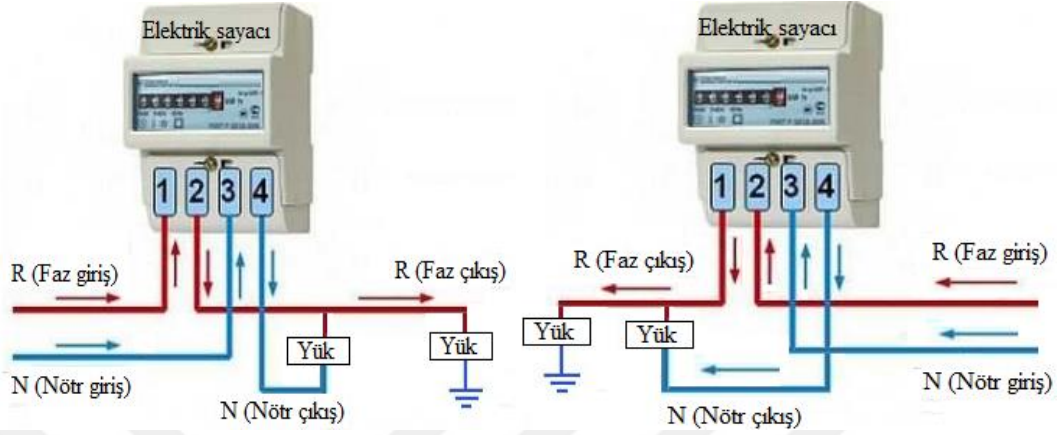
**Şekil 2.10.** Harici nötr kullanma



**Şekil 2.11.** Faz girişi ters harici nötr kullanma

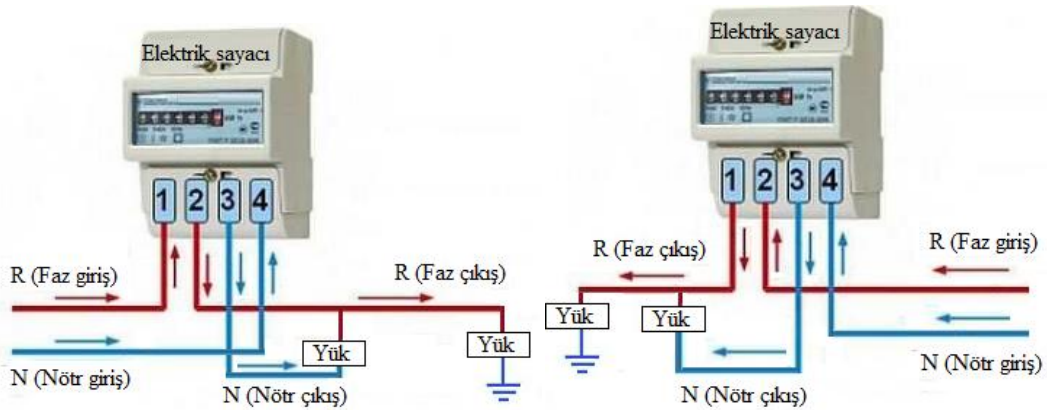
Şekil 2.10’da görüldüğü gibi şebekeden gelen nötr sayaca bağlanıp, sayaç nötr çıkışı dışında bir nötr yüke bağlanırsa, tüketilen enerji sayaç tarafından kaydedilmeyeceğinden kaçak kullanılmış olur. Şekil 2.11’de görüldüğü gibi şebekeden gelen faz, sayaca bağlanması gereken giriş yerine, çıkış yerine ters şekilde bağlanırsa ve sayaç giriş yerinden yüke faz bağlanıp harici bir nötr üzerinden yüke bağlantı yapılırsa,

tüketilen enerji sayaç tarafından kaydedilmeyeceğinden kaçak kullanılmış olur. Kısmi yük topraklanmış durumu Şekil 2.12’de verilmiştir. Kısmi yük topraklanmış ve faz girişi ters durumu ise Şekil 2.13’te verilmiştir.



**Şekil 2.12.** Kısmi yük topraklanmış **Şekil 2.13.** Kısmi yük topraklanmış ve faz girişi ters

Şekil 2.12’de görüldüğü gibi kısmi yük topraklanması durumunda, tüketilen enerji sayaç tarafından kaydedilmeyeceğinden kaçak kullanılmış olur. Şekil 2.13’te görüldüğü gibi kısmi yük topraklanmış ve faz girişi ters bağlantı yapılırsa, tüketilen enerji sayaç tarafından kaydedilmeyeceğinden kaçak kullanılmış olur. Yük topraklanmış ve nötr girişi ters durumu Şekil 2.14’te verilmiştir. Kısmi yük topraklanmış ve girişler ters durumu ise Şekil 2.15’te verilmiştir.

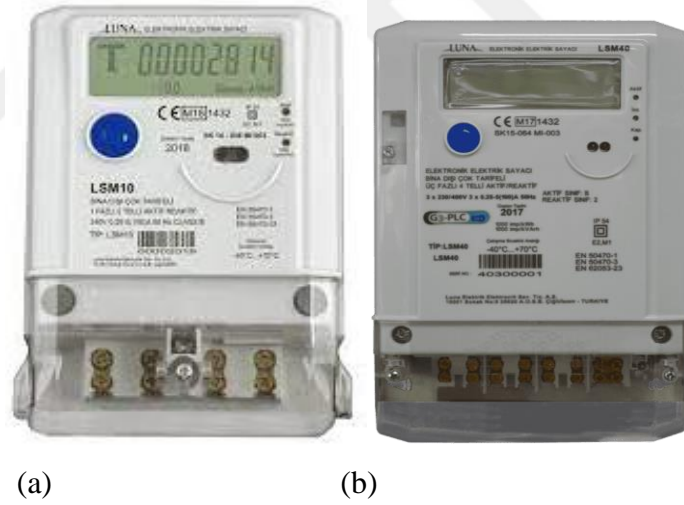


**Şekil 2.14.** Yük topraklanmış ve nötr girişi ters **Şekil 2.15.** Kısmi yük topraklanmış ve girişler ters

Şekil 2.14’de görüldüğü gibi yük topraklanmış ve nötr girişi ters durumunda, tüketilen enerji sayaç tarafından kaydedilmeyeceğinden kaçak kullanılmış olur. Şekil 2.15’te görüldüğü gibi kısmi yük topraklanmış ve girişler ters bağlantı yapılırsa, tüketilen enerji sayaç tarafından kaydedilmeyeceğinden kaçak kullanılmış olur.

### 2.1.2. Elektronik Sayaçlar

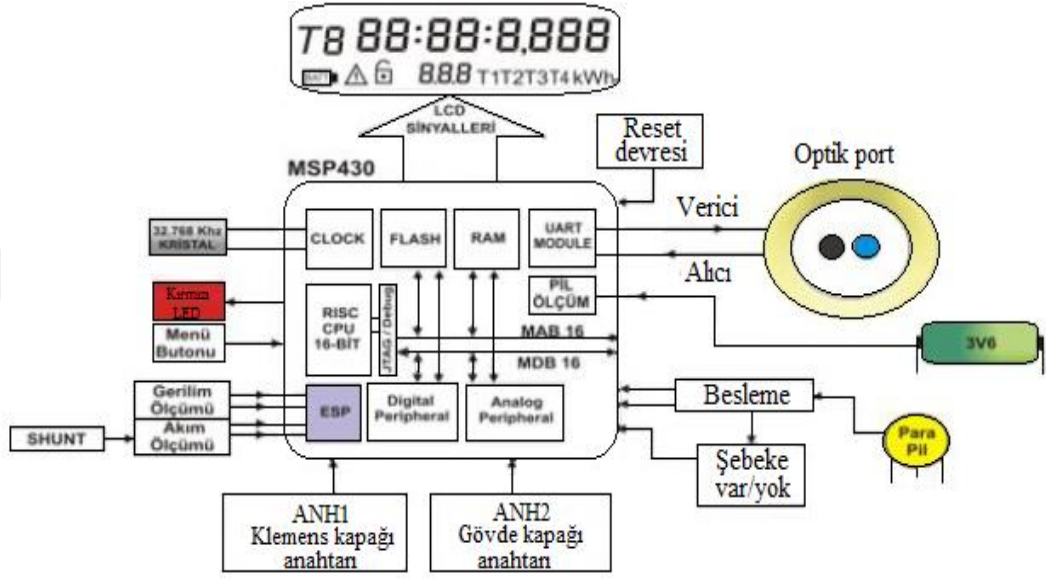
Elektronik sayaçlar, elektrik enerjisini elektronik olarak ölçen sayaçlardır. Bu sayaçlar, mekanik elektrik sayaçlarına göre çok daha hassas ölçüm yapmaktadır. Ayrıca, birçok elektriksel parametreyi hafızasında saklayabilmektedir. Bunlar tarih, zaman, demand (tüketicinin aynı ay içinde şebekeden çektiği maksimum güç), aktif ve reaktif güç ve elektrik kesintileri gibi unsurları kaydetmektedir. Elektronik sayaçlar üstünde bulunan buton ile kayıt ettiği bu parametreleri sayaç ekranında göstermektedir. Eğer elektronik olan elektrik sayaçlarına izinsiz bir şekilde sayacın klemens kutusu dışarıdan herhangi bir müdahale ile açılmışsa, sayaç klemens kutusunun alt kısmında bulunan tamper sayesinde kaç kez açıldığı bilgilerinin kaydını gerçekleştirmektedir. Mekanik elektrik sayaçlarına oranla çok fazla kullanışlı olan ve çok daha fazla verimli olan elektronik elektrik sayaçları üstünde optik port yardımı ile kablo kullanımı yapılmadan verilerin iletişimi gerçekleştirilebilmektedir. Veri iletişim özelliği ile otomatik olarak ölçüm teknolojisine rahatlıkla uyum sağlamaktadır. Tek fazlı ve üç fazlı elektronik sayaçlar, Şekil 2.16'de görülmüştür.



Şekil 2.16. Tek fazlı (a) ve üç fazlı (b) elektronik sayaç

Elektronik sayaçlar, tüketim yapılırken tüketici tarafından çekilen elektrik enerjisinin ölçümünü yaparken ilk olarak akım trafosuyla istenilen seviyelere düşürülmektedir. Değerlendirme yapılacak yere varmadan önce yani işlemci kısmına ulaşmadan aniden meydana gelen gerilim yükselmelerinden kaynaklı olarak zarar meydana gelmemesinden dolayı varistör kullanılmaktadır. Varistör, lineer olmayan bir direnç özelliği gösteren, gerilim kontrollü elektronik devre elemanıdır. Devredeki gerilim seviyelerinde ani bir artış olduğunda ve gerilim sınırı aşıldığında varistör patlar.

Böylece varistörün bulunduğu devre korunmuş olur. Elektronik sayaçlar, ölçüm sağlayan dirençler üstünden, işlemci tarafından alınan değerleri hafızasına kaydeder ve istenildiğinde bu veriler görülebilmektedir. Elektrik dağıtım şirketleri tarafından ölçüm sağlayan dirençler üstünden alınan değerleri okumada genel olarak optik port kullanılarak faturalandırma işlemi yapılır [49]. Monofaze elektrik sayacın iç yapısı, Şekil 2.17’de verilmiştir.



Şekil 2.17. Monofaze elektrik sayacın iç yapısı

Elektronik sayaçlar özellikleri bakımından; elektriksel özellikler, tasarımsal ve yapısal özellikler ile ölçme özellikleri olmak üzere üç bölümden meydana gelmektedir.

### 2.1.2.1. Elektriksel Özellikler

Elektronik sayaç üretimi yapılırken koruma sınıfına, ölçümün doğruluğuna, gerilim ve akım sınıflarına uygun şekilde üretimi yapılması gerekmektedir. Akım; elektronik sayaçlarda EPDK tarafından belirlenen minimum akım değeri ve maksimum akım değerine uygun olarak üretimi yapılmaktadır. Monofaze sayaçların iç tüketim değeri en çok 1W, üç fazlı (trifaze) sayaçların iç tüketim değeri en çok 3W olabilecek şekilde üretimi yapılmıştır.

Üretimi yapılan sayaçların akım değerleri, monofaze sayaçlarda nominal akım değeri 5A ve maksimum akım değeri 80A'dır. Trifaze direkt bağlı ve kombi sayaçlarda nominal akım değeri 5A ve maksimum akım değeri 100A'dır. Akım trafolu (X/5) sayaçlarda nominal akım değeri 5A ve maksimum 10A'dır.

Gerilim; elektronik sayaçlar kullanımı yapılan şebeke türü gerilim değerlerine göre üretimi yapılır. Elektronik sayaçların belirli bir darbe gerilime dayanıklı olması gerekmektedir. En az darbe gerilim değeri 6 kV olması gerekmektedir [44].

Elektronik sayaçların üretimi yapılan gerilim değerleri, monofaze sayaçlarda gerilim değeri 230 V, üç fazlı direkt, kombi ve X/5 bağlı sayaçlarda gerilim değeri 3x230/400 V, üç fazlı direkt, kombi ve X/5 bağlı sayaçlarda gerilim değeri, 3x57.7/100 V olarak üretimi yapılmaktadır.

Ölçü doğruluğu sınıfı; elektronik sayaçların ölçü doğruluğu sınıflara göre üretimi sağlanmaktadır. Ölçü doğruluğu sınıfları ve ait olunan sayaçların tipleri Çizelge 2.1’de verilmiştir [1,44 ].

**Çizelge 2.1.** Ölçüm doğruluğu sınıfları

<b>Sayaç Tipi</b>	<b>Aktif Elektrik Sayaçları</b>	<b>Reaktif Elektrik Sayaçları</b>
Monofaze sayaçlarda	Aktif sınıfı B	-
Üç fazlı direkt bağlı sayaçlarda	Aktif sınıfı B	-
Kombi direkt bağlı sayaçlarda	Aktif sınıfı B	Reaktif sınıfı 2
Akım veya gerilim trafolu sayaçlarda	Aktif sınıfı B	Reaktif sınıfı 2

Koruma sınıfı; elektronik sayaçların elektriksel olarak koruması, sınıf 2 olması gerekmektedir.

#### **2.1.2.2. Yapı ve Tasarım Özellikler**

Elektronik sayaçlar, abonenin elektrik tesisatında herhangi bir problem ve risk oluşturmayacak şekilde tasarımı yapılmıştır. Bu sayaçlar korunması ile birlikte standartlara uygun bir şekilde üretimi yapılmaktadır. Boyut; elektronik sayaçların teknik şartnamesinde monofaze, trifaze ve akım trafolu sayaçların boyutları belirtilmiştir. Monofaze sayaçlar ve trifaze sayaçların fiziki olarak boyutları kullanılan sayaçların ve panoların ölçülere uygun olması gerekmektedir.

Mahfaza klemens kapağı ve metal olan tüm kısımları kapsayarak, yapısı gereği dayanıklı ve yalıtkan bir malzemedan üretilmiştir. Bu yalıtkan malzeme standartlarına uygun olması gerekmektedir.

Gerilim köprüsü; teknoloji bakanlığı tarafından yetkilendirilmiş olan sayaç üretimi yapan firmaların sayacın iç kısmına gerilim köprüsü yerleştirilmiştir. Bu gerilim köprüsü dışarıdan müdahale yapılacak olsa bile kesinlikle gerilim köprüsü kırılmadan müdahale yapılmayacak bir şekilde tasarlanmıştır.

Klemens ve klemens kapağı; sayaç klemens kapakları saydam olarak üretilmesi gerekmektedir. Sayaç klemensi, sayacın klemens kapağından ayrı şekilde mühürlenebilmesi gerekmektedir. Sayaç klemens kapakları sıcaklık değişimlerine karşı etkilenmeyecek şekilde ve klemens kapakları sayaç giriş ve çıkış kabloların zırhına herhangi bir zarar vermeyecek bir şekilde üretimi yapılmasıdır.

Pillerin özellikleri; sayaç içinde toplamda iki tane pil olması gerekir. Bu pillerden biri sayaçta enerji yokken zaman saatini gösterirken diğer pil ise sayaçta enerji yokken mevcut olan diğer bilgileri sayaç ekranında görüntülenmesini sağlamak içindir. Bu pillerin çalışır haldeki ömürleri yaklaşık olarak 10 yıldır.

Ekran özellikleri; elektronik sayaçların üzerinde LCD gösterge bulunmaktadır. Sayaç üzerinde enerji olmadığı halde yapılan tüketim verileri LCD gösterge üzerinden alınarak manuel okumalar yapılabilmektedir. Aynı zamanda optik yardımı ile okumalar yapılabilmektedir. Optiğin sayaç üzerine bırakılması ile okuma yapan personellerde bulunan el cihazları arasında haberleşme sağlanarak veriler aktarılır ve okumalar yapılabilir. Sayaç enerjili durumdayken ekrandan T1,T2,T3,T4 ve aktif gücü 5 saniyelik süre ile devamlı olarak ekran üzerinde gösterilmektedir.

Optik port özellikleri; fiziksel olarak boyutları ve yapıları TS EN 62056- 21'e göre uygun olarak üretilmesi gerekmektedir. Bu portlar, 19200 bit/saniye hızlarına kadar haberleşme yapılmasını desteklemektedir [50].

Gerçek zaman saati; abonelerin gerçek zaman tüketiminin tespitinin yapılması ve geri kalan işlemleri zaman bazlı olarak değerlendirilmesinin yapılması için gerçek zaman saatinin olması gereklidir. Bu saatlerin bir sapma değeri vardır bununda TS EN 62054-21'e uygun olması gerekmektedir.

Hafıza özellikleri; sayaç enerjili olmadığı durumlarda veriler, sayacın hafızasında saklanması gerekmektedir. Aynı zamanda ay sonu endekslerini, 1 yıl süreyle hafızasında saklamaktadır.

### **2.1.2.3. Ölçüm Fonksiyonları**

Elektronik sayaçlar, enerjinin ölçümü, güç ölçümü, tarife bilgisi, gövde kapağı ve klemens kapak açılmasının algılanması, gerilim kesintilerinin, yük profil bilgilerinin ve diğer fonksiyon özelliklerinin ekran üzerinde gösterilmesine uygun bir şekilde üretilmektedir.

Enerji ölçümü; elektrik sayaçları tek yönde ölçüm yapma özelliğine sahiptir. İhtiyaç durumuna göre 2.8.0, 2.8.1, 2.8.2, 2.8.3, 2.8.4,6.8.0, 7.8.0 registerlar sadece çift yön olarak ölçüm yapmaları aktif olacaktır. Sayaçlarda gerilim veya akım uçları polarite tersliğinde doğru ölçüm yapmaya devam etmesi gerekir.

Kombi üç fazlı olan sayaçlar üzerinde, aktif enerji için bir impuls ışık yayan diyot (LED, Light Emitting Diode) olması gerekmektedir, reaktif enerji için ise iki ayrı impuls LED'inin olması gerekir. Diğer sayaçlar için ise bir impuls LED yeterli olmaktadır. Sayaç okuma hatalarının önlenmesi için iç çarpanın değiştirilemeyecek şekilde olması gerekmektedir. Üç fazlı dengeli yüklü sistemlerde, nötr hattı sayaca bağlanmaması durumunda bile sayaç doğruluk sınıfına göre ölçüm yapmaya devam edecektir. Tarife bilgileri; elektrik sayaçları elektrik tarife yönetmenliklerine göre dört tarife olacak şekilde ve bir günü 8 ayrı zaman dilimi halinde bölecektir. Aynı zamanda hafta içi tarifesi, hafta sonu tarifesi ve resmi tatillerde ayrı tarifelerin uygulanabilmesine olanak sağlayan özelliklerinde sayaçlarda mevcut olması gerekmektedir. Eğer zaman saatinde herhangi bir sorun olup bozulma olduğu durumlarda diğer tarifeler T1 tarifesine yazacaktır ve aynı zamanda oluşan hata ekranda hata olduğuna dair ekranda gözükecektir.

Yük profili; monofaze sayaçlarda ve trifaze sayaçlarda 60 dakika aralıklarla olmasıyla birlikte 180 gün boyunca hafızasında saklamaktadır. Yük profili trifaze kombi sayaçlarda 15, 30 ve 60 dakika aralıklarla olmasıyla birlikte 360 gün boyunca hafızasında saklamaktadır. Optik port yardımı ile ve diğer haberleşme birimleri ile istenilen saat ve tarih aralıklarında okunabilirler.

Demand; bir ay süre içinde herhangi bir zaman anında 15 dakikalık bir süre boyunca çekilen en yüksek güçtür. Bir yıl boyunca tüm ayların demand değerlerini

hafızasında saklayabilir. Aynı zamanda o ay demand bilgileri sayaç ekran üzerinde görülebilmektedir. Sayaç üzerindeki ekranda her ay sonunda demand değerleri otomatik bir şekilde sıfırlanır. Gövde ve klemens kapak açılma algılanması; elektronik sayaçlarda gövde ve klemens kapak açılmalarında ekranda gövde ve klemens kapak açılma sembolleri görünmektedir. Ayrıca bu kapak açılmaları da sayaç hafızasından silinmez ve hep saklı kalır.

Gerilim kesinti bilgilerinin ekran gösterimi; Sayaçların ekranı üzerinde fazların enerjili olup olmadığı ve hangi faz üzerinde enerji olduğu gözükmektedir. R, S, T fazların gerilim sembolleri ekran üzerinde sırası ile L1, L2, L3, olarak gözükmektedir. Sayaçlarda faz kesilmeleri durumunda enerji kesintisi kaydedilmektedir. Aynı zamanda bu kesintiler her faz için ayrı olarak kaydedilmektedir. Faz kesinti süreleri 3 dakikanın üzerinde olursa uzun kesinti, bu sürenin altında olan faz kesilmelerine kısa kesinti denilmektedir. Kesinti başlangıcında, kesinti türüne göre ayrı bir şekilde kaydedilmektedir. Bununla birlikte enerji kesintisi bitiminde yani enerjinin gelmesiyle, tarih ve zaman kesinti türüne göre ayrı olarak kaydedilmektedir. Uzun veya kısa kesintiler toplamda en fazla kaydedilme sayıları 99'dur. Bu sayı üzerinde olması durumunda en sonuncu enerji kesintisi kaydından sonra ilk sırada olan kayıt otomatik olarak silinir ve bu sayede yeni gelen kesintilerin kaydedilmesine olanak sağlar.

Manyetik alan hataların ekranda gösterimi ve kayıtları; bu manyetik alan, 400 tesla ve üstü olan manyetik alanlardır. Sayaçlar bu manyetik alanda kalması durumunda sayaç ekranı üzerinde ihbarını verecek ve aynı zamanda manyetik alana maruz bırakıldığı son 10 kayıta zaman ve tarih bilgisini hafızasında saklayacaktır. Sayaç ekranında manyetik alana maruz kaldığı durumu gösteren sembol yanıp sönecektir. Maruz bırakılan manyetik alan devam etmezse bile sayaç ekranı üzerinden silinmeyecektir.

Ekran hata uyarı kayıtları; bu kayıtlar sayaç pil seviyesini, manyetik alana maruz bırakıldığı, gerçek zaman saatindeki bozulmalar, gövde kapak ve klemens kapak açılması (enerjisiz olsa dahi) algılayacaktır. Aynı zamanda semboller ile sayaç ekranı üzerinde ihbar halinde görülecektir. Ayrıca sayaç, bu bilgileri hafızasında saklayacaktır.

### **2.1.3. Elektronik Sayaçların Mekanik Sayaçlara Göre Farkları**

Elektronik sayaçlar, ölçme fonksiyonları dört tarifede de elektrik enerjisi ölçümü yapmaktadır. Elektronik sayaçlarda zaman ve tarife programlanması yapılabilir. Aynı

zamanda günlük, haftalık ve aylık olarak programlanabilir. Ayrıca aynı gün içinde dört tarifeden bir tanesi seçilebilmektedir. Mekanik sayaçlar, tüm zamanlarda aynı tarife üzerinden ölçüm yapmaktadır.

Elektronik sayaçlarda faturalandırma yapılırken endekslerin okunması, otomatik olarak yapılmaktadır. Faturalandırma yapılırken tarih diğer şirketlere göre değişiklik göstermektedir. Genel olarak tahakkuk dönemi ayın ilk haftası yapılmaktadır.

Elektronik sayaçlar kendisi arıza bulabilmektedir. Sayaç arızalı olup olmadığının kontrolünü sürekli olarak kendisi yapmaktadır. Bu sayaç arızaları, gövde ve klemens kapak açılma hatası, pil zayıflama hatası, gerçek zaman saatinin hatası, manyetik alana maruz kalma durumundaki hatalar gösterilmektedir.

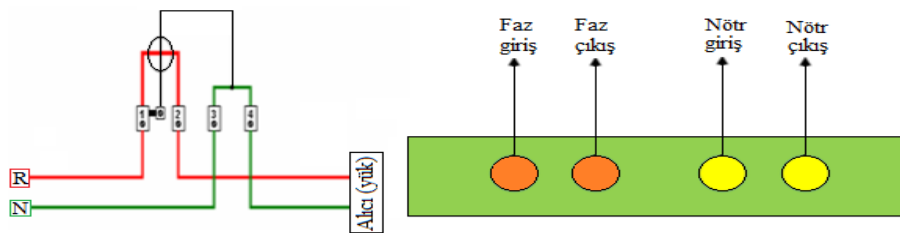
Elektronik sayaçlarda gövde ve klemens kapak açılmalarında ekranda gövde ve klemens kapak açılma sembolleri görünmektedir. Bir yıl boyunca gövde ve klemens kapağında açılma durumu ve tarihi hafızada saklanır.

Elektronik sayaçların üzerinde bulunan optik port yardımı ile haberleşme sağlanmaktadır. Sayacın optik port bölümünden tablet veya el endeksörü kullanılmasıyla okuma sağlanabilmektedir. Sayaç enerjili durumdayken bile optik port kullanılarak okuma sağlanabilir [49].

#### 2.1.4. Şebekeye Göre Sayaçlar

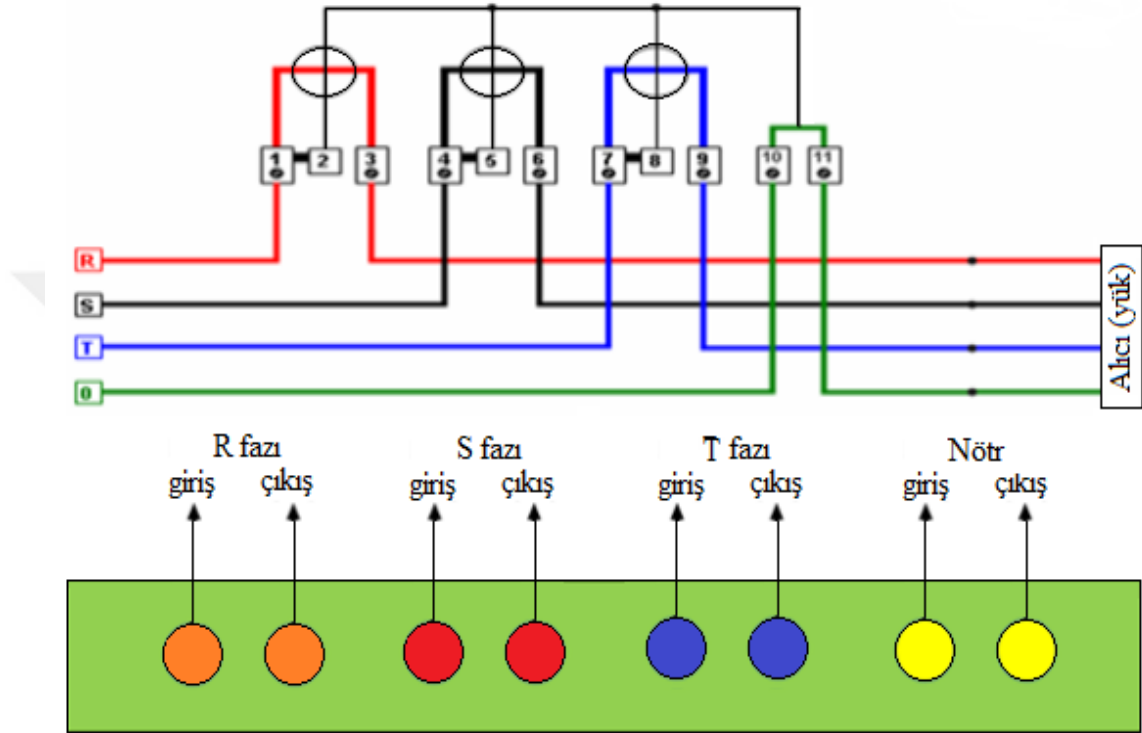
Elektrik sayaçları elektriğin şebeke yapısına göre farklılık göstermektedir. Eğer şebeke tek fazlı ise kullanılan elektrik sayacı monofaze elektronik sayacıdır. Fakat şebeke üç faz ise kullanılan elektrik sayacı trifaze elektronik sayacıdır [51].

Monofaze elektrik sayaçları; tek faz olarak çalışan elektronik sayaçlarıdır. Tek faz ve iki telli olmasıyla bilinen tek elemanlı monofaze indüksiyon sayaçları, mıknatıs, numaratör, gerilim bobini ve akım bobinlerinden oluşmaktadır. Genel olarak meskenlerde, aydınlatmalarda ve kilowatt (kW) güçlerinde ve altında bulunan abonelerde kullanılmaktadır. Tek fazlı sayaç bağlantı şeması, Şekil 2.18'de verilmiştir.



Şekil 2.18. Tek fazlı sayaç bağlantı şeması

Trifaze elektrik sayaçları; üç faz olarak çalışan elektronik sayaçlardır. Yükleri dengeli olan abonelerde üç faz üç telli sayaçlar kullanılmaktadır. Bu türe dengeli yükleri olan abonelerde nötr iletkenine gereksinim duyulmamaktadır. Üç faz dört telli sayaçlarda üç fazında (R,S,T) elektriksel enerjinin ayrı olarak ölçüm yapıldığı durumlarda kullanılmaktadır. Akım trafosuz olan trifaze sayacın bağlantı şeması, Şekil 2.19'de verilmiştir [51].

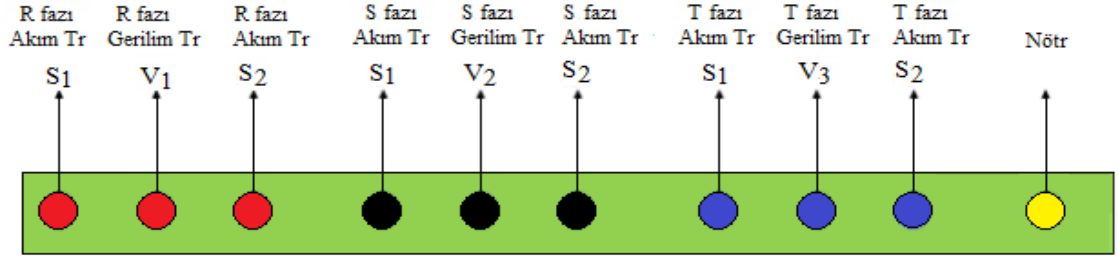
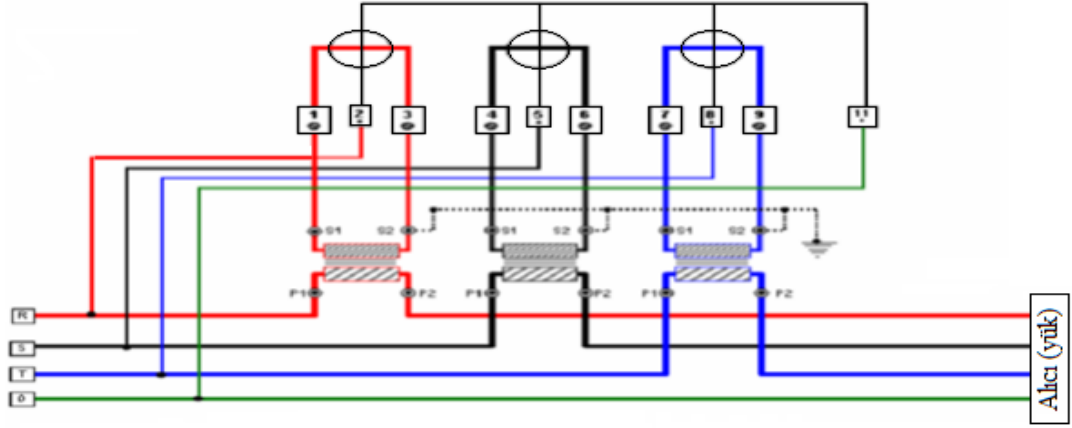


Şekil 2.19. Üç fazlı (akım trafosuz) sayaç bağlantı şeması

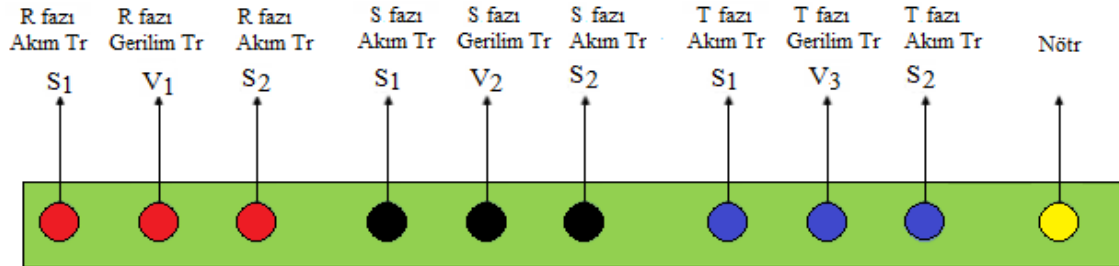
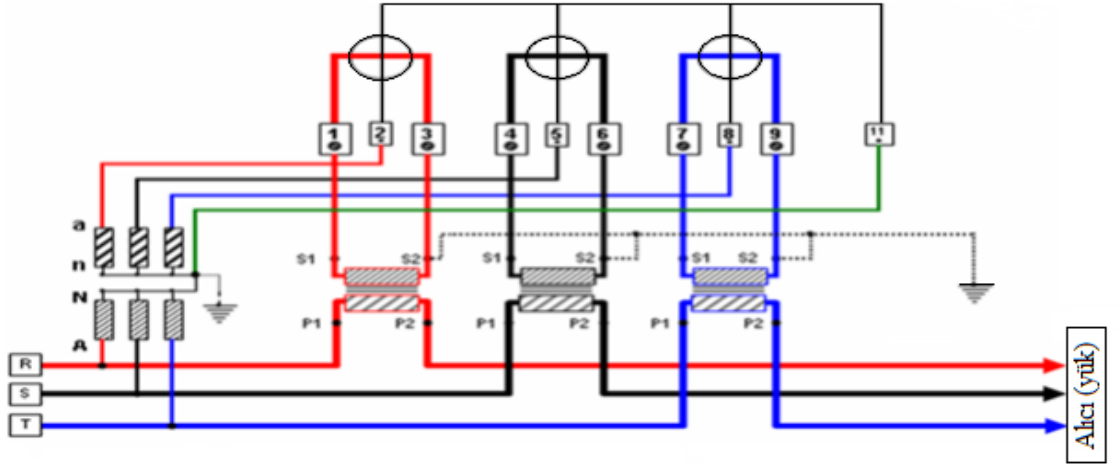
### 2.1.5. Bağlantı Tipine Göre Sayaçlar

Elektrik sayaçları bağlantı tipine göre, X5 sayaçları ve direkt bağlantılı elektrik sayaçları olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Direkt bağlantılı elektrik sayacı; direkt bağlantılı elektrik sayaçların en önemli özelliği ölçü trafosunun bulunmasıdır. Direkt bağlantılı bu sayaçlar, elektriksel olan yükün 100 Amper kadar olduğu durumlarda kullanılan sayaçlardır.

X5 sayaç (ölçü trafolu); ölçü trafolu olan sayaçlar alçak gerilim veya orta gerilim olmasına göre ikiye ayrılırlar. Sadece akım trafosunun kullanıldığı sayaçlar X5 alçak gerilim olan sayaçlardır. Akım ve gerilim trafolarının birlikte kullanıldığı sayaçlar ise X5 orta gerilim sayaçlardır. Üç fazlı X5 sayaç bağlantı şeması, Şekil 2.20'de verilmiştir. Akım ve gerilim trafolu X5 sayaç bağlantı şeması Şekil 2.21'de verilmiştir.



Şekil 2.20. Üç fazlı X5 sayaç bağlantı şeması



Şekil 2.21. Akım ve Gerilim trafolu X5 sayaç bağlantı şeması

### 2.1.6. Bağlı Olduğu Devre Tipine Göre Sayaçlar

Var olan devreden AC ve DC akımın geçmesine göre elektrik enerjisinin ölçülmesini sağlayan sayaçlar değişiklik göstermektedir.

## 2.2. Otomatik Sayaç Okuma Sistemi

Otomatik Sayaç Okuma Sistemi (OSOS), elektrik sayaç verilerinin otomatik olarak uzaktan okunabilmesi, verilerin merkezi bir sisteme aktarılması, doğrulanması, eksik verilerin doldurulması, verilerin saklanması ve ilgili taraflara istenen formatta sunulması amacıyla, TEİAŞ ve dağıtım lisansı sahibi tüzel kişiler tarafından kurulacak olan ve gerekli yazılım, donanım ve iletişim altyapısını kapsayan sistemdir.

Yıllar geçtikçe insanların toplumsal istek ve ihtiyaçları büyük oranda değişmeye başladığı görülebilmektedir. Enerjinin hayatımızın içinde olması ve enerjinin artık bir ihtiyaç olduğunun, toplum sorunlarındaki ilginin artması ile enerji temininin de bu anlamda değişmesinin olduğu gözlenmektedir. Bununla birlikte enerjinin ölçülmesi ve enerjideki haberleşme sektörleri, teknik ve ekonomik açıdan varoluşu sürdürülebilir bir düzeye gelmiştir. Bu gibi ihtiyaç durumlarının karşılanması için büyük oranda sistemin altyapısındaki gelişme durumu da artmaktadır. Elektronik alanının gelişimi ile birlikte sayaç yapısının mekanik olan yapılarının elektronik olarak dönüşümü sağlanmıştır. Bu gibi yenilikler ile yapılan kullanımlarında değerlendirilmesi gibi olanakları sağlamaktadır. Aynı zamanda aboneler ile ilgili tüm verilerin rahat bir şekilde toplanması ve değerlendirilmesidir. Otomatik sayaç okuma sistemi ile elektrik enerjisinin daha güvenli bir şekilde ve enerji dağıtımının çok daha verimli bir şekilde kontrollerinin yapılmasına olanak sağlamaktadır [52-54 ].

Genel olarak da insan nüfusunun fazla olduğu bölgeler ve dağınık olan kırsal kesimlerde verilerin toplanması ve bu verilerin işlenmesini kolaylaştırmaktadır. Toplanan veriler ile birlikte tüketimi yapılan elektriğin faturalandırılması gerekmektedir. Uzun yıllar boyunca kullanılan sistem, ay sonlarında okuma yapan personel tarafından aboneleri tek tek gezerek ve abonelerin yapmış olduğu tüketimleri manuel yazarak faturalandırmayı yapmaktaydı. Bu sistem dağıtım şirketlerine, maliyet ve zaman olarak olumsuz etkilemektedir. Bu gibi olumsuz durumlar oluşmaması açısından otomatik sayaç okuma sistemi kullanılmaktadır. Otomatik sayaç okuma sistemi ile sayaçtan alınan veriler uzaktan ve otomatik olarak okumaların yapılması sağlanmıştır.

OSOS'un kullanımı ile birlikte birçok sorun çözüme kavuşmuştur, bunlardan en önemli olan sorunlardan biri de teknik olmayan kayıpların azaltılmasıdır. Elektrik üretimi yetersiz olan ülkelerde, iletim ve dağıtım şebekelerinde meydana gelen teknik

ve teknik olmayan kayıplar büyük gelir kaybına sebep olmaktadır. Bu gibi durumlardan kaynaklı olarak da teknik olmayan kayıpları en aza düşürmek için bu sistemin kullanılması önemini arttırmaktadır [52]. OSOS için iletim hattı durumu, Şekil 2.22’de verilmiştir.



**Şekil 2.22.** OSOS için iletim hattı durumu

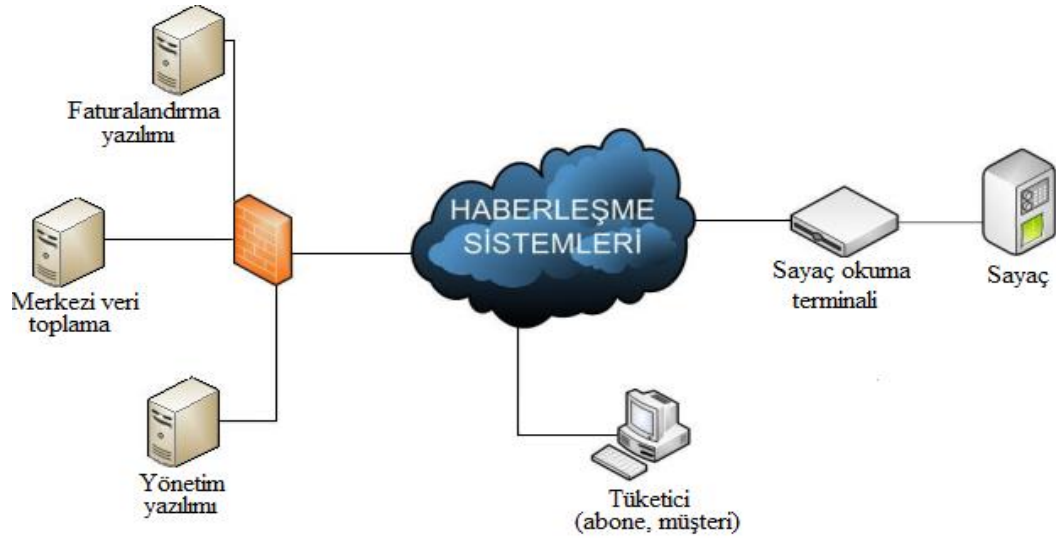
OSOS, basit anlamda makinelerin kendileri arasındaki haberleşme anlamına gelmektedir. Bu sisteme bir makineden bir makineye haberleşme denilmektedir. Aynı zamanda otomatik sayaç okuma sistemi ile çok uzakta bulunan kontrol birimin bu sistemi yönetebilmesini sağlar. Sayaçtan alınan veriler, çok güvenilir bir şekilde olmakla beraber çok hızlı şekilde toplanır ve değerlendirilir. OSOS, insanlardan kaynaklı olan hataların ve insanlardan kaynaklanan gecikmelerin önüne geçmektedir. Aynı zamanda güvenlik açıkları ve gizlilik açıklarını kapatır. OSOS, bir makineden bir makineye haberleşme uygulamasından sadece bir tanesidir. Üretim ve dağıtım olmak üzere son tüketiciye ulaşana kadar bu ağ, verinin gerçek zamanlı işlenmesi ve kontrol sistemlerinin çok önemli bir emsalidir. Bu sistemde, süreklilik, verinin güvenilir olması, hatası olmaması ve hızlı olması gibi özelliklerin sürekli olarak sağlanması gerekmektedir.

Tüketimi yapılan elektrik enerjisinin faturalandırılması ve kontrollerin sağlanması için kullanımı yapılan OSOS, vatandaşa ait olan tüketim bilgilerinin ve kullanıcı bilgilerinin uzaktan kontrolünün sağlanmasıdır. Dağıtım şirketleri, üreticileri, faturalandırma, enerji yönetimi ve sistemin detaylı analizleri için otomatik sayaç okuma çok önemli bir yere sahiptir [55].

OSOS, okuma yapılırken verilerin güvenilirliğini arttırmaktadır. Birden fazla tarife seçeneği ile çok daha ucuz şekilde enerjinin kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Aynı zamanda okumaya verilen cevap anında gerçekleşir. Bu sayaçlara eğer dışarıdan vatandaşlar tarafından müdahale yapılması gibi durumlar söz konusu olduğunda otomatik bir şekilde yönetim merkezlerine bilgi olarak gönderilmektedir. Detaylı faturalandırma ve çok hızlı okumaların yapılmasının yanı sıra bu sistem farklı servislerle gelişimi sağlanabilir. Yönetim merkezleri sistem üzerinden kontrol

sağlayarak herhangi bir sürede 15 dakika boyunca çekilen en yüksek güç yani demand değerine bakılarak takip edilebilmektedir. Otomatik sayaç okuma herhangi bir bölgeden, genel bir bölgeye kadar olan coğrafi yapının o anda ki şartına göre bir değerlendirme yapıp kontrolünü sağlayabilir ve elektrik enerjisi üretim noktası ile tüketim noktası arasında bir denge kurmasına yardımcı olur. Vatandaşın yapmış olduğu tüketimi detaylı bir şekilde değerlerini toplar, toplamış olduğu bu değerleri kendi sistemi içinde değerlendirir.

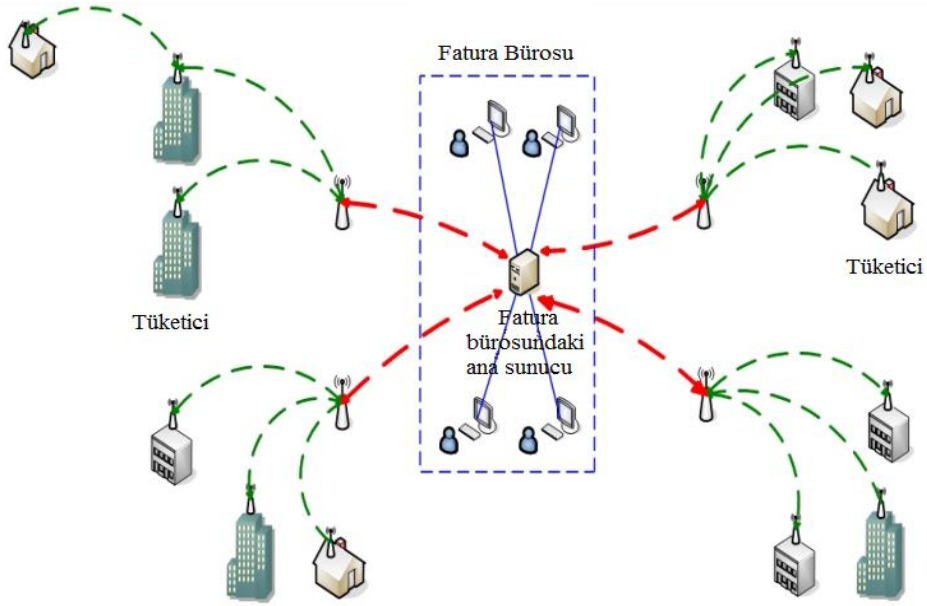
OSOS, birçok giderin azalmasına ve sistemin daha verimli çalışmasına yardımcı olmaktadır. Bu sistemin oluşması ile artık sayacın üzerindeki ekran önemsiz olmuştur. Sayaç ekranının önemsiz olmasının sebebi sayaç okuması yapan personellerin direkt sayaç üzerinden veri almaması ve herhangi bir değerlendirme yapmaya ihtiyaç kalmamasındandır. Günümüzdeki var olan okumada, okuma dönemi içerisinde oluşabilecek tüketimler artık sorun teşkil etmeyecektir. Bir haftalık bir sürede okumaların yapılması ve bunların faturalandırma süresi artık ortandan kalkmış olacaktır. Aynı zamanda bu yeni sistem ile özel bilgiler verilmesi ve bu bilgiler ile dağıtım hat kontrolünün yapılması mümkün olmaktadır [52, 56 ].OSOS için haberleşme sistemleri Şekil 2.23'te verilmiştir.



**Şekil 2.23.** OSOS için haberleşme sistemleri

OSOS'da elektrik dağıtım şirketinin ofisinden kablosuz ve periyodik olarak sayaç okumalar gerçekleştirilmektedir. Böylece elektrik sayacının faturalandırmadaki sunuculardan birine kablosuz olarak bağlanıp işlem gerçekleştirilmektedir. Bunun için

elektrik dağıtım şebekesi içerisinde belli noktalara uzun menzilli kablosuz vericiler konulmalıdır. Kablosuz OSOS'un genel bir görünümü, Şekil 2.24'te verilmiştir [57].



Şekil 2.24. Kablosuz OSOS kullanım ağı

Elektrik dağıtım şirketinde yetkili personelin sayaçları okumak ve faturaları yazdırmak için faturalama ofisindeki sunucunun yüksek güvenilirlikli veri tabanı sistemine sahip olması gerekmektedir.

### 2.2.1. Otomatik Sayaç Okuma Sistemi Teknolojisinin Özellikleri

OSOS, enerji ölçümünün yapılmasıyla sınırlandırılmaz, endeksleri hızlı okunması, hızlı ve kolay şekilde bilgilendirme, erişim rahatlığı, verinin güvenirligi, tasarruf, iş gücünde oluşan kazanım vb. özellikleri vardır. OSOS teknolojisinin fayda analizi, Şekil 2.25'te verilmiştir.



Şekil 2.25. OSOS teknolojisinin fayda analizi

Hızlı ve kolay bilgilendirme; dağıtım şirketlerinin olumsuz durumları engellemek ve kaliteli hizmet verebilmek, vatandaşa yönelik hızlı ve kolay bilgilendirmenin önemini ortaya koymaktadır.

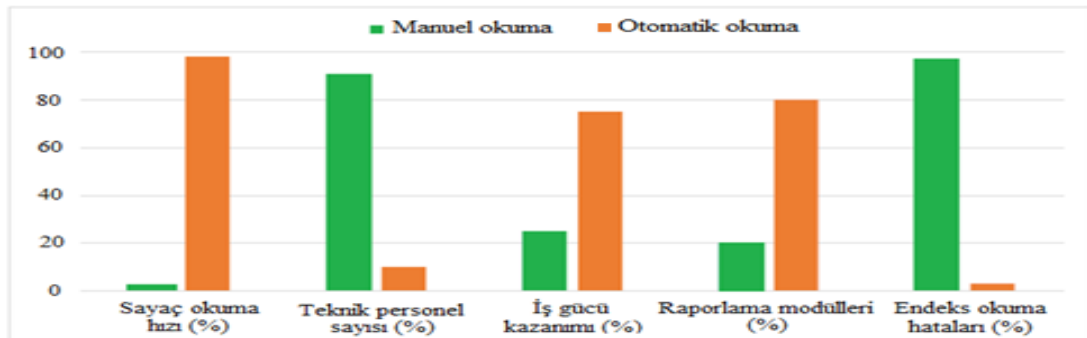
Erişim kolaylığı; elektronik sayaçlardaki veriler, hem dağıtım şirketi hem de vatandaş tarafından web üzerinden erişim sağlayabilmektedir. Anlık olarak tüketilen elektrik enerjisi endeks bilgilerinin kontrolünün takibi, ios, android uygulamalardan rahatlıkla sağlanabilir.

Veri güvenirliliği; OSOS web yazılımları tam olarak kapalı bir sistemdir. Bu sisteme herhangi bir veri girişinin sağlanması yalnızca elektrik dağıtım şirketleri tarafından yapılabilmektedir. Bundan dolayı bu sistemin güvenirliliği son derece yüksektir.

İş gücü kazanımı; sayaç okumaların manuel bir şekilde yapılması okuma yapan görevlinin direkt olarak sayacın olduğu yerde bulunması gerekmektedir. Bu durumun olması iş yükünü artırmakla beraber endeks okumaların süreleri artmaktadır. Bu artan süre, OSOS ile ortadan kaldırılmaktadır.

Mali tasarruf; sayaç okumalarının manuel yapılmasıyla elektrik dağıtım şirketlerine ekonomik açıdan yük getirmektedir. Bununla beraber OSOS, ulaşım olarak ve iş gücü olarak dağıtım şirketinin bütçesine çok önemli oranda katkı sağlamaktadır.

Hızlı endeks okuma; manuel şekilde okumalar genel olarak periyodik şekilde yapılmaktadır. Manuel okumalarda abonenin tahliye yapması (sözleşme iptali) durumunda son endekslerinin alınması güçleşmektedir. Ayrıca manuel okumalarda iş yükü artacağından dolayı kaliteli hizmet istenilen gibi verilemez. Bu tür problemlere OSOS çözüm olmuştur. OSOS ile manuel sayaç okuma karşılaştırılması, Şekil 2.26'de görülmüştür [51].



Şekil 2.26. OSOS ile manuel sayaç okuma karşılaştırılması

### **2.2.2. Otomatik Sayaç Okuma Sisteminin Gelişimi**

İlk otomatik sayaç okuma uygulamalarına örnek olarak, normal analog sayaçlara yerleştirilmiş kod çözücü ve otomatik sayaç okuma modülleri ile gerçekleştirilmiş olan radyo frekans uygulamaları gösterilmektedir. Yapılan bu uygulamalar sayesinde, personel sayacın bulunduğu bölgeye yayan halde veya bir vasıta ile dolaşarak gitmesi yerine, radyo frekans modülü ile o bölgede bulunan sayaçların tüketim verilerini alır ve bu verileri bilgisayar ortamına aktarabilmektedir. Bu verilerin alınması, güç hattı, telefon hattı üzerinden ve modem vasıtasıyla merkezi tahakkuk birimine gönderilir ve işlem tamamlanmış olur. Bu sistemin okumaları bitirmesi yaklaşık olarak bir veya iki gün sürmektedir. Personelin göz ile okuma yapmasına oranla bu sistem çok daha hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir [58]. OSOS, sabit ağ yapısına sahip olmasıyla sayaçlar haberleşme sistemiyle direkt faturalandırma birimine bağlanmaktadır [59]. Bu sistem ile sayaçların belirlenmiş olan zaman aralığında anlık saatlik, günlük, haftalık ve aylık olarak okumaların yapılmasına olanak sağlanmaktadır.

Günümüzde Otomatik sayaç okuma sisteminin gelişmesiyle birlikte sayaçtan alınmış verilerin internet ortamında yayınlanması sağlanmıştır. Ayrıca bilgisayarların veri tabanı üzerinde saklanabilmesine olanak sağlamıştır. Bu sistem ile birlikte vatandaş da bilgisayar ortamında web sitesi yardımı ile fatura bilgilerine erişebilmektedir. Bu sayede kırtasiye, ulaşım masrafı gibi durumlardan tasarruf edilmiştir. Fatura bilgisi yanında web site yardımı ile e-posta adreslerine gönderilebilen şifre yardımı ile dağıtım şirketinin kendine ait olan web sitesinde günlük olarak tüketim değerlerini görüp değerlendirme yapabilmektedir. Bu sistem ile birlikte anlık olarak demand değerini ve iletim hatlarında ki kayıpların bilgisine rahatlıkla erişilebilmektedir. Otomatik sayaç okuma sisteminin ortaya çıkmasının sebebi kontrollü şekilde enerjinin üretiminin ve dağıtımının yapılmasındandır [52 ].

### **2.2.3. Otomatik Sayaç Okuma Sistemlerinin Faydaları**

Bu sistem, birçok açıdan elektrik dağıtım şirketlerine fayda sağlamaktadır. Sayaç okuması manuel olarak yapan personelden dolayı oluşabilecek hataların azaltılması, sayaçtan alınan veriler otomatik bir şekilde veri yönetim sistemine aktarılıp, kaydetmektedir. İşletme maliyetleri düşürülmektedir. Sayaç okumalarının yapılması ve faturalandırma yapılma süreleri çok fazla düşürülmüştür. Anlık olarak yapılan tüketimlerinin alınması ve bu verilerin izlenmesi, sayaç dışarıdan yapılan müdahalelerin

anlık olarak tespit edilmesi, sayacın üzerinden yapılan usulsüz kullanımın engellenmesi, ikili olan uzlaştırma ve anlaşmalarda sistem kolaylık sağlamaktadır. Anlık olarak yapılan tüketimlerin talep yönetiminde kullanılabilmesi, tüketicilerin sözleşmelerindeki güç aşımalarının takibinin yapılması, aboneler tüketim verilerinin takibini internet ortamında yapabilmektedir. Yatırıma olan ihtiyacın sayaçtan alınan tüketim verileri ile analiz yapılabilmektedir. Akım ve gerilim değerleri, yönetim sisteminden izlenebilmektedir.

#### **2.2.4. Otomatik Sayaç Okuma Sistemlerindeki Riskler Ve Problemler**

Ülkemizde üretimi yapılan sayaçlar, yurt dışında üretilen sayaçlara göre kalitesi düşüktür. Bundan kaynaklı olarak tüketimi yüksek olan abonelerde hatalı ölçmeden kaynaklı olan riskler oluşmaktadır. Bu sayaçların üretimini yapan firmalar araştırma geliştirmeye yeterli yatırım yapmamalarından dolayı yazılımsal olarak istenilen performansı vermemektedir. Mobil iletişim için küresel sistem (GSM, Global System for Mobile Communications) ve genel paket radyo servisi (GPRS, General Packet Radio Service) hariç olmakla radyo frekansı (RF), PLC modemlerinin OSOS'un entegresinin yapılması için yazılıma ihtiyaç duyulmaktadır. Sayaçların ve modemlerin maliyeti yüksektir.

#### **2.2.5. Kullanılacak Otomatik Sayaç Okuma Sistemi Modelinin Seçilmesi**

OSOS modeli, verimlilik ve ticari açıdan çok avantajlı olmasına rağmen oluşturulması gereken alt yapı maliyeti yüksektir. Aynı zamanda alt yapı için teknik bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sistemin tasarlanması gelişmekte olan teknolojiye uyum sağlaması gerekmektedir. Bu sistemin seçiminin yapılması için önemli olan durumlar, ömür sürelerinin uzun olması, hatasız olması ve sistemin uyum sağlaması gerekmektedir. OSOS, birden fazla teknik kullanılarak oluşturulmuş ağların birleşmesi ile gerçekleşir. Bu sistemin seçimi içinde bölgenin coğrafi özellikleri belirleyici bir durumdur.

OSOS üç temel duruma göre seçilmesi gerekmektedir. Bu durumlar servis sağlayıcı, servis coğrafyası ve kurulum maliyetleridir. Bu üç temel durum içinde en önemli olanlarında birinci sırada servis coğrafyası gelmektedir. Bunun sebebi tüm coğrafyaya uyumlu olan haberleşme sistem tekniği bulunması oldukça güçtür. Örnek olarak kablosuz olan sabit ağlar şehir merkezlerinde kullanılması gayet uygundur fakat şehir merkezi dışına çıktıkça haberleşmede sorunlar oluşabilmektedir. Mesafenin uzak

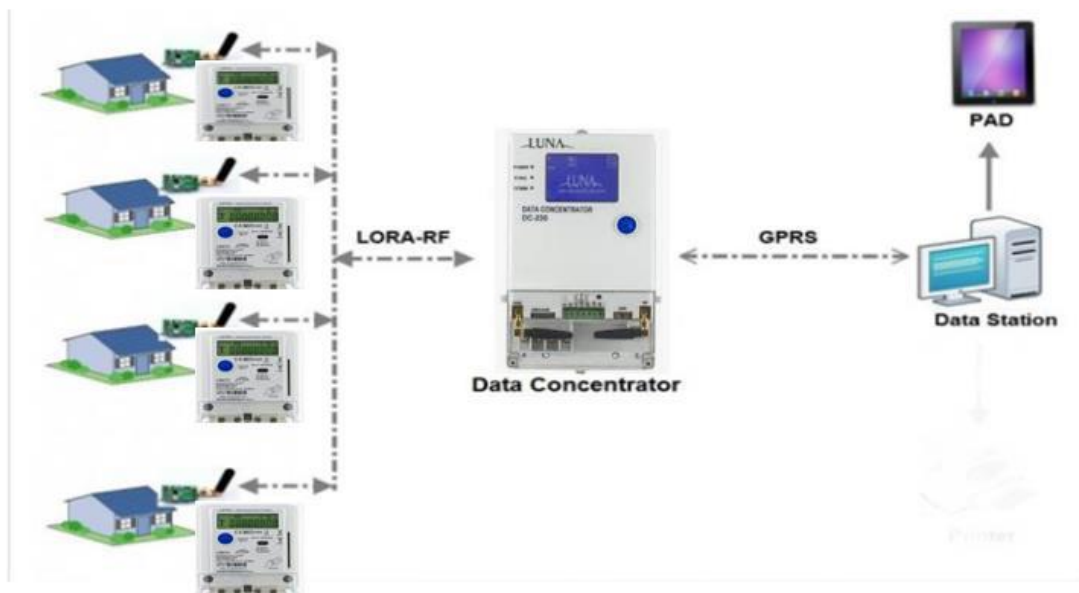
olduğu yerlerde telefon şebekesi uygun olabilir. Telefon şebekesinin olmadığı yerlerde ise PLC sistemi kullanılabilir.

### 2.3.Otomatik Sayaç Okuma Yöntemleri

Otomatik sayaç okuma önemli bir proje olup çok maliyetlidir. Maliyetleri en aza indirmek için en önemli olan unsur hangi otomatik sayaç okuma modelinin kullanılması gerektiğidir. Otomatik sayaç okuma, haberleşmeyi etkin kılan tüm sistemler üzerinden uygulanabilir. Otomatik sayaç okuma uygulamaları; RF, GPRS, telefon hattı birimleri ve PLC ile gerçekleştirilebilir [58]. Belirtilen haberleşme sistemlerinden hangisi kullanılırsa kullanılsın, sistemin temel amacı bilginin belli bir yerden alınması ve o bilginin bir yere aktarılmasıdır.

#### 2.3.1. Radyo Frekans (RF) Modeli İle Sayaç Okuma

Otomatik sayaç okuma uygulamalarında ilk kullanılan modellerden biri radyo frekans modelidir. Sayaç okumaların yapılması için personelin sayaçların yanına yürüyerek gitmesi yerine gezici bir araç ile okumanın yapılması için bu araca bırakılan ekipmanlar yardımıyla sayaçlara bağlanmış olan radyo frekans alıcısı sayesinde haberleşme sağlayarak okumalar yapılabilmektedir [60]. Radyo frekans modeli ile sayaçtan alınan verilerin radyo dalgaları ile arada herhangi bir kablo kullanılmadan verilerin yönetim merkezine iletilmesidir. Otomatik sayaç okuma sistemlerinde kablosuz bir şekilde verinin iletilmesi bu sistemin en fazla tercih edilmesinden biri olmuştur. Radyo frekans modeli ile sayaç okuma şeması, Şekil 2.27’de verilmiştir [61].



Şekil 2.27. Radyo frekans modeli ile sayaç okuma

Radyo frekans sistemleri, elektronik sayaçların baskı devresinde bulunan optoizolatör'ün çıkış uçları, anten yardımıyla radyo frekans kanallından dışarıya verilmektedir. Sayaçların tüketim verileri ve diğer veriler iletişim portları ile verici radyo frekans modemine iletilir, sonrasında alıcı radyo frekans modemine iletilir. Son olarak merkeze gönderilip faturalandırma işlemi yapılır. Radyo frekans modelinin aynı zamanda bazı olumsuz durumları vardır bunlar; haberleşmenin sağlanması için kör noktanın olması, binaların haberleşmeye engel olması ve yüksek yapılı binalarda okumaların yapılamaması en büyük olumsuzluklarıdır.

### 2.3.2. Telefon Hattı Modeli İle Sayaç Okuma

Bu sistemler telefon hattı üzerinden haberleşme sağlamaktadır. Sayaçların, telefon şebekesini kullanılması denilebilmektedir. Sayaç gruplarına veya her sayaca bağlı olması gereken bir telefon hattı gerekmektedir. Bundan dolayı telefon santralleri kapasitelerinin de arttırmaları gerekmektedir.

Güç hatları iletişimi ve radyo frekans uygulamalarında telefon hattı modeli ara eleman olarak uygulanmıştır. Telefon hattı modelinde verinin güvenilirlik düzeyi çok yüksektir. Bu sistem ile verinin taşınması dışarıdan gelebilecek müdahaleleri engellemektedir. Telefon hattı iletişimi ile sayaç okuma şeması Şekil 2.28' verilmiştir.



Şekil 2.28. Telefon hattı iletişimi ile sayaç okuma

### 2.3.3. GSM Modeli İle Sayaç Okuma

Bu sistem, telefon hattı modeline benzemektedir ve aynı zamanda GPRS modelinin ilk temelini oluşturmasına yardımcı olmuştur. Telefon hattında her bir mesken aboneliği için bir hat olması gerekmektedir. Fakat GSM sisteminde buna ihtiyaç olmamasından dolayı telefon hattı sistemine tercih edilmektedir. Bu sistemin aboneleri veri akışı yoğunluğuna göre kendi şebekesinden bir kanal tahsis etmektedir. Bu sayede tekrardan santral kurulumu gerektirmez ve veri yoğunluğunun düşük olduğu zamanlarda okumaları gerçekleştirebilir. Bu sistemin GPRS sistemine göre olumsuz durumu vardır.

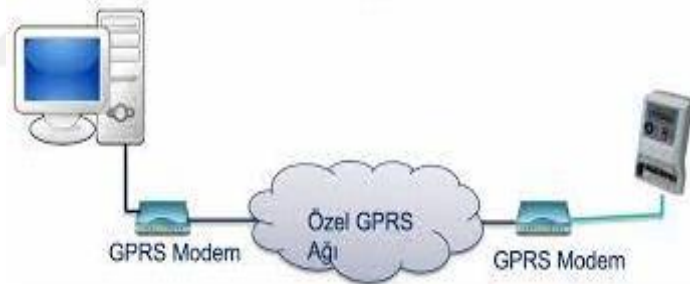
Bu sistemde okumanın yapılması için kanala bağlantı ve kanaldan kopma süresi GPRS'e göre daha uzun sürmektedir. Aynı zamanda verilerin ücretlendirilmesi daha pahalı olması ve GSM sisteminin verileri aktarmadaki hızı GPRS'e göre daha düşüktür. GSM modem ile sayaç okuma modeli, Şekil 2.29'da verilmiştir.



Şekil 2.29. GSM modem ile sayaç okuma

#### 2.3.4. GPRS Modeli İle Sayaç Okuma

GSM hatlarının kullanılması ile sayaçtan alınan bilgilerin RS 485 (uzun mesafelerdeki veri iletişiminin sağlanması için hazırlanmış bağlantı aracı) portunun üzerinden GSM modemi ile yönetim merkezine aktarılmaktadır. GPRS modemi yardımıyla kullanılacak otomatik sayaç okuma uygulamaları, gerçek zaman, kablosuz ve anlık olarak maliyeti düşük haberleşme ile tercih edilmektedir. GPRS modem ile sayaç okuma modeli, Şekil 2.30'da verilmiştir.



Şekil 2.30. GPRS modem ile sayaç okuma

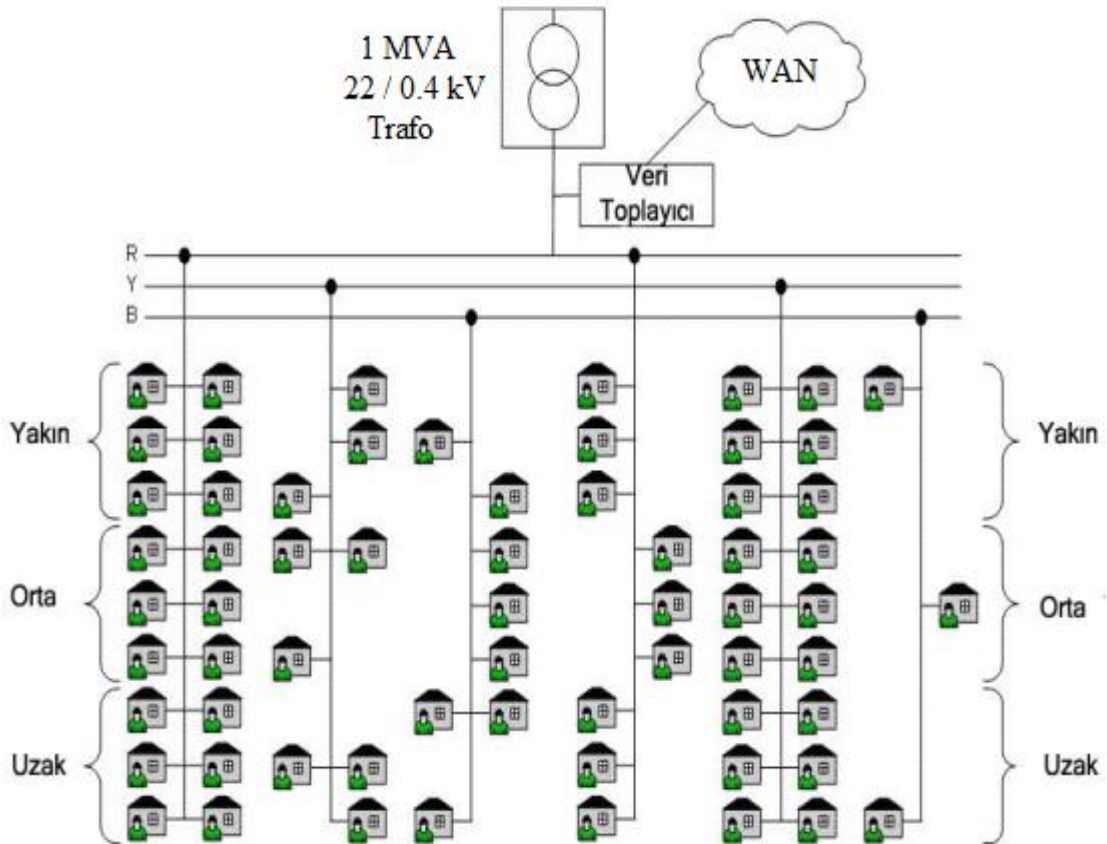
GPRS kullanımında sistemin işletim maliyeti düşüktür. GSM ağının kullanılması ile kullanım ücreti düşüktür. Bu sistem için her bir mesken abonesi için bir adet modem ve sim karta ihtiyaç duyulmaktadır, bundan kaynaklı olan kurulum maliyetin yüksek olacağından pek fazla tercih edilmemektedir. Bu GPRS modül fiyatının düşmesi ile ileride çok yaygın bir kullanıma sahip olabilir [62].

#### 2.3.5. PLC Modeli İle Sayaç Okuma

PLC modeli ile sayaç okuma yönteminde, enerji iletim hatlarının üzerinden, bilginin modüle edilmiş haliyle yüksek frekansta taşınması mantığına dayanmaktadır [63-67]. Frekansı yüksek olan veriler, santrallere frekansı düşük olan iletim hatları

üzerinden taşınmaktadır. Bu sistem, birden fazla yerde uygulanmış olan modeldir. Özellikle Amerika'nın kuzey kesimi ve Avrupa'nın batı kesiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Mevcut olan iletim hatlarının kullanılmasıyla haberleşme sağladığından PLC yönteminin kullanılması son derece mantıklıdır. Çünkü iletim hatları var olan tüm abonelere ulaşmaktadır. Bu sayede iletim hataları ile haberleşme ağı ortaya çıkmış olmaktadır [68,69]. Bu sistemin kullanılması mantıklı olduğu kadar olumsuz durumları da vardır, maliyetlerinin yüksek olması ve sahadaki bazı olumsuz durumlar dezavantaj olmaktadır.

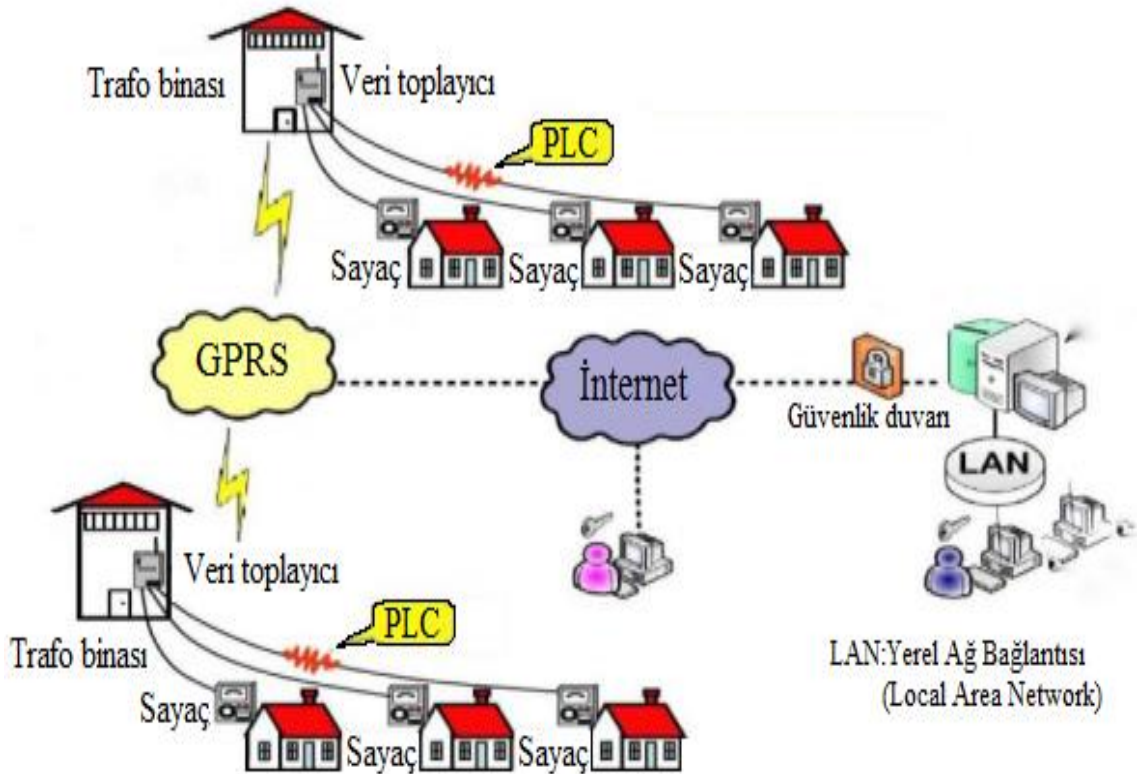
Üretimi yapılan elektrik enerjisini ilk olarak dağıtım merkezine ve daha sonra tüketim noktalarına güvenli bir halde ulaşımın yapılması için iletim hatları ve dağıtım hatları kullanılmaktadır. İletim yapılırken sürekli ve güvenilirliği sağlamak için, belirli bir haberleşme frekansı kullanılmaktadır. Bu frekans değeri, 20-200 kHz aralığında olması gerekmektedir. Bu sisteme enerji hattı iletişimi denilmektedir [70]. Bunun bazı dezavantajların olmasına rağmen, enerji dağıtım hatlarının bütün evlere ulaşması sayesinde farklı bir haberleşme için altyapı ihtiyacına gerek kalmamıştır [71]. PLC haberleşme topolojisi, Şekil 2.31'de verilmiştir.



Şekil 2.31. PLC haberleşme topolojisi

Elektrik enerjisi iletim hatlarında iletişimi bazı durumlar etkileyebilir. Bunlar sinyallerdeki zayıflık ve gürültünün oluşması gibi etkenlerdir. İletim hatlarında dört adet gürültü durumu vardır. Bunlardan iletişimin kalitesine en fazla etki eden gürültü, ilk olarak arka plan ve darbe gürültüsüdür. Darbe gürültüsü A sınıfı gürültü modelidir, bu gürültü modelini yapılan ölçümler sonucunda David Middleton tarafından ortaya konulmuştur [71]. Ölçümler sonucunda olmayan yani gözlemler sonucu ve hattın performans durumunu etkileyen gürültüler arka plan gürültüsüdür.

PLC sisteminin, iletim hatlarında kullanılması ile büyük derecede sorunlar yaşanmaktadır. Havada elektromanyetik alana maruz kalmalarından dolayı bilginin gürültüden kaynaklı bozulma etkisi görülür. Bu gürültünün ortadan kaldırılması ancak havai olan iletim hatların yerine, yer altı elektrik şebekelerinin kullanılması ile ortadan kaldırılabilir. Yer altı elektrik şebekelerinin, havai hatlara göre çok daha az bir manyetik alana maruz kalmaktadır. Ülkemizde özellikle şehirleşmenin plansız yapılmasından dolayı gürültünün yaşanması iletim hatlarında fazlasıyla görülmektedir [52]. PLC haberleşme alt yapısı kullanılan OSOS modeli, Şekil 2.32’de verilmiştir.



Şekil 2.32. PLC haberleşme alt yapısı kullanılan OSOS

OSOS haberleşme yöntemlerinden, radyo frekans haberleşmesi, telefon hattı haberleşmesi, GSM şebekesi ile haberleşme, PLC ile haberleşme yöntemlerinin çok sayıda avantajı bulunmaktadır. Bu avantajların yanında dezavantajları da bulunmaktadır. Bu avantaj ve dezavantajlar Çizelge 2.2’de verilmiştir.

**Çizelge 2.2.** OSOS haberleşme yöntemlerinin avantaj ve dezavantajları

Haberleşme yöntemi	Avantajlar	Dezavantajlar
Radyo frekans haberleşmesi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kurulum maliyeti ucuz</li> <li>- Kurulumu kolay</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sadece tek yönlü haberleşme</li> <li>- Pil ile çalışması</li> </ul>
Telefon hattı haberleşmesi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Düşük yoğunluktaki yerleşimler için idealdir.</li> <li>-Yerel telefon şebeke fiyatları sabit ise ucuz</li> <li>- İstenilen an okuma yapılabilir.</li> <li>- Uzaktan enerjiyi kesme ve açma işlemleri yapılabilir.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Müşteri telefon hattıyla girişim olma olasılığı</li> <li>- Telekom şebekesine bağımlılık</li> </ul>
GSM Şebekesi ile haberleşme	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Telefon şebekesinin bulunmadığı yerlerde fakat kapsama alanı olan yerler için uygundur.</li> <li>-Çok geniş alan kapsamaktadır.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Haberleşme maliyeti yüksektir.</li> </ul>
PLC ile haberleşme	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Telekominasyon şebekelerinden bağımsızdır.</li> <li>-Yeni sayaçlar istenildiği zaman kolay bir şekilde sisteme uyum sağlamaktadır.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Şuan için haberleşme hızı çok fazla yüksek değildir.</li> <li>-Trafolarda maliyeti yüksek toplayıcı üniteler</li> </ul>

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

PLC sayaçları, mevcut olan şebeke hattının üzerinden, dağıtım trafolarına bağlı olan bütün sayaçların herhangi bir ek maliyet olmadan kendi içinde örgüsel bir ağ oluşturmaktadır. Bu sayaçlar, alınan verileri diğer modüller aracılığı ile trafoda bulunan veri toplama ünitesine (DCU) ulaştırmaktadır. Veri toplama ünitesi, Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Veri toplama ünitesi

Veri toplama ünitesindeki çok sayıdaki veri ise internet ya da GPRS aracılığı ile merkezi yönetim sistemine aktarılmaktadır. Veri yönetim merkezinden ise anlık olarak abonelerin elektrik enerjisi tüketimleri izlenebilmektedir. Bu uygulamanın avantajlarından biri de yaygın olan elektrik şebeke hatlarının kullanılması ile çok geniş bir haberleşme ağına sahiptir. Bu sayaçlara eklenmiş olan özellikler sayesinde sayaca dışarıdan yapılabilecek müdahaleler için uyarı vermektedir. Sayacın gövde ve klemens kapaklarında herhangi bir açılma söz konusu olduğunda, veri yönetim sistemine uyarı gönderilerek usulsüz kullanımın önüne geçilmektedir.

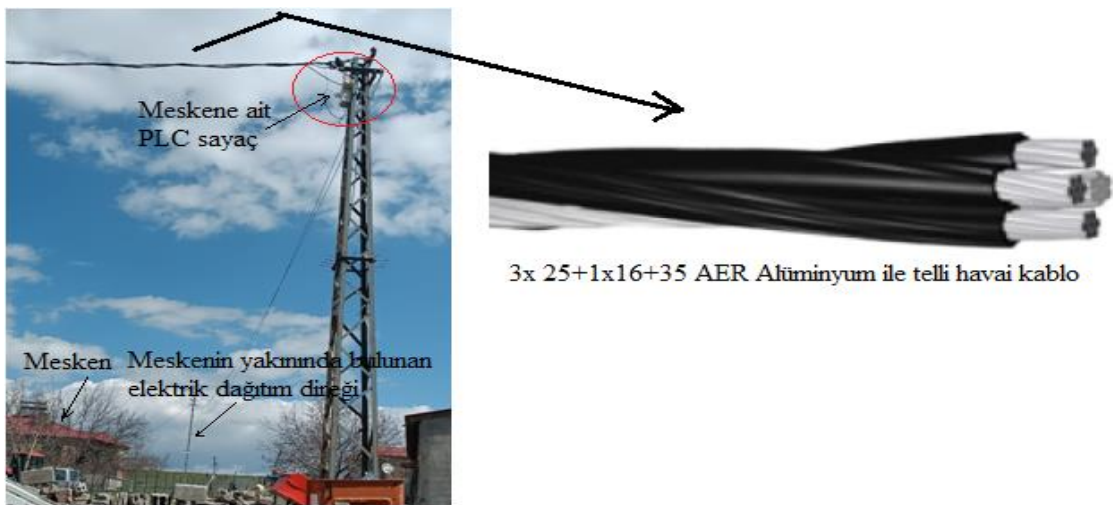
PLC tek fazlı (monofaze) sayaçların diğer elektronik sayaçların aksine faz üzerinden ölçüm yaptığı gibi de nötr üzerinden de ölçüm yapmaktadır. Harici faz çekildiği durumlarda sayaç nötr üzerinden değer kaydederek usulsüz kullanımında önüne geçilmiş olmaktadır. Nötr üzerinden ölçüm yapmasının olumsuz durumu ise diğer meskenler ile nötr hattının ortak olmasından, toprak ve nötr hattının iç tesisatta birleştirilerek sıfırlama yapılarak, nötr hattında oluşan arızalardan kaynaklı olarak bir faz nötr dengesizliği olabilmektedir.

### 3.1. OSOS Sayaç Uygulaması ve Yönetim Merkezi

Elektrik dağıtım şebekelerinde kırsal bölgelerin fazla olmasından dolayı sayaç okumalarından kaynaklanan ve teknik olmayan enerji kayıplarını azaltmak için PLC elektrik sayaç uygulaması, ilk olarak kırsal alanlarda uygulanmıştır. Abonenin elektrik sayacı meskene en yakında bulunan direğin üstüne montaj yapılmaktadır. Fakat usulsüz/kaçak elektrik kullanımının engellenmesi amacıyla PLC sayaçlar, en yakın ikinci veya üçüncü direklerin üstüne çıkartılmaktadır.

Abone sayısı çok fazla olan binalarda ise tamamının direk üstüne çıkarılmasının mümkün olmaması nedeniyle bina içinde bulunan elektrik panolarının içlerine veya uygun yere yatay pano kullanılarak PLC sayaç uygulaması yapılmaktadır. AG saha dağıtım kutuları (Box) pano içinden doğrudan enerji alan abonelerin sayaçları, pano içinde yer var ise Box panonun içine montajı yapılmaktadır. Box panonun içinde yer olmadığı durumlarda ise yan tarafına yerleştirilen yatay pano ile yine PLC sayaç montajı yapılmaktadır.

Usulsüz elektrik enerjisi kullanımının çok fazla olduğu kırsal bölgelerde demir veya ağaç direkler, beton direkler ile değiştirilip üstünde bulunan sayaçların dışından harici faz nötr kullanılması engellenmektedir. Aynı zamanda izolasyonsuz (çıplak) olan iletkenler yerine izoleli iletkenler (alpek) kullanılarak, kanca atılarak usulüz kullanımın önüne geçilmektedir. Beton direk kullanılmayan kırsal bölgelerde ise sayaç, meskene en yakın ikinci veya üçüncü direğin üstüne çıkarılarak usulsüz kullanımın önüne geçilmektedir. Sayacın, meskenin yakınındaki elektrik dağıtım direği yerine meskene en yakın ikinci direğe montaj edildiği durum, Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2. İkinci direk üzerine yapılan sayaç montajı

Binalarda bulunan elektrik sayaçlarına dışarıdan müdahale yapılması daha kolay olduğundan usulsüz kullanımın önüne geçilmesi amacıyla binalar için tasarlanmış olan bina içi kilitlenebilen panoları ile usulsüz enerji kullanımı engellenmiş olmaktadır. Yatay panoların tasarımı sayesinde şebeke faz ve nötr'ü bara sistemi olduğundan elektrik iletimine kablo ihtiyacı ortadan kalkmakta ve haberleşme bunun üzerinden sağlanmaktadır. Sayaç ve haberleşme için kullanılan modem ve sayaç montajı geçmeli olarak kullanılmaktadır.

Binalarda yatay elektrik panosuna sayaç montajı, Şekil 3.3'te verilmiştir. Örnek bir binada, binanın eski sayaçlarının bulunduğu elektrik panosu Şekil 3.3a'da görülmektedir. PLC sayaçlar, mevcut elektrik panosunun yanına yeni bir pano içerisine montajının yapıldığı Şekil 3.3b'de görülmektedir. Binanın eski ve yeni elektrik panosunun kapalı durumundaki görünümü Şekil 3.3c'de görülmektedir.



(a)

(b)

(c)

**Şekil 3.3.** Binalarda yatay elektrik panosuna sayaç montajı

Elektrik enerjisini, Box panodan alan aboneler genel olarak çarşı veya merkezi bölgelerde bulunan ticarethanelerdir. Abonenin sayaçları, Box içinde yeterli alan olduğu durumda pano içine alınır. Pano içinde yeterli alan olmadığı durumlarda ise Box panonun yan tarafına yatay pano montajı yapılmaktadır. Box panonun üç farklı açıdan çekilmiş resmi, Şekil 3.4'te verilmiştir.

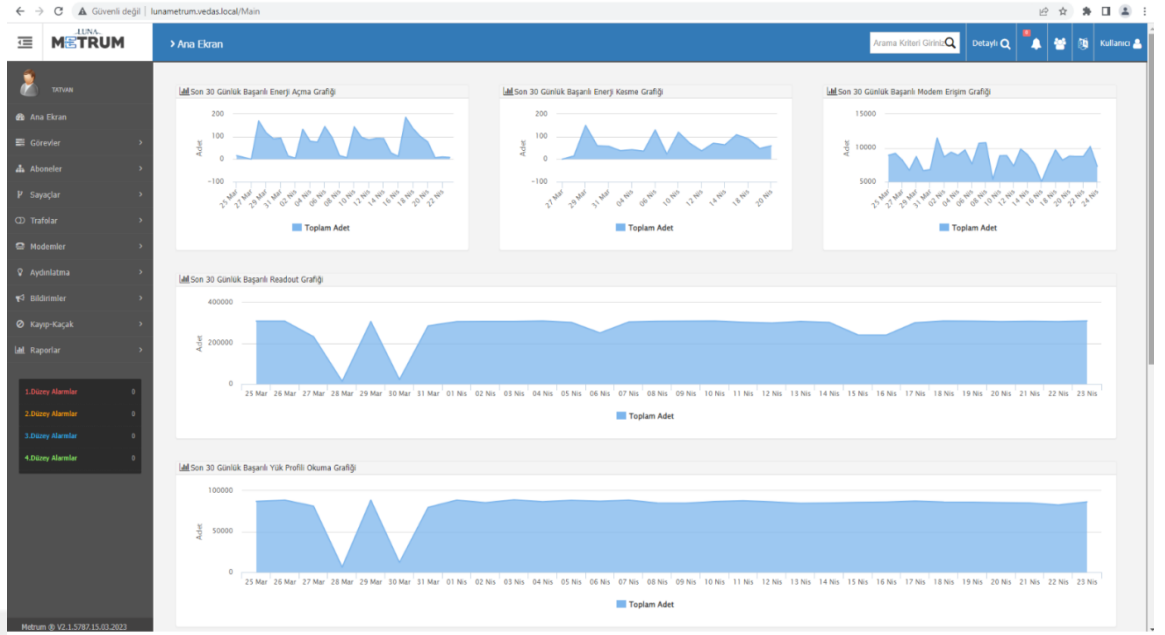


**Şekil 3.4.** Box panoya sayaç montajı

Yapılan tez çalışmasında, yönetim merkezi olarak Luna Metrum Web tabanı kullanılmıştır. Bu yönetim merkezi ile sayaçların uzaktan izlenmesi ve kontrolleri yapılmaktadır. Sayaç üzerinden alınan veriler dağıtım şirketinin sunucularında depolanmaktadır. Bu sisteme internet erişimi sağlanabilen elektronik cihazlar ile erişim sağlanabilmektedir. Sistemin güvenliği ve yetkisiz şahısların girmesini önlemek için sisteme giriş, kullanıcı adı ve şifre ile sağlanmaktadır. Metrum sistemine giriş ekranı Şekil 3.5’te verilmiştir.

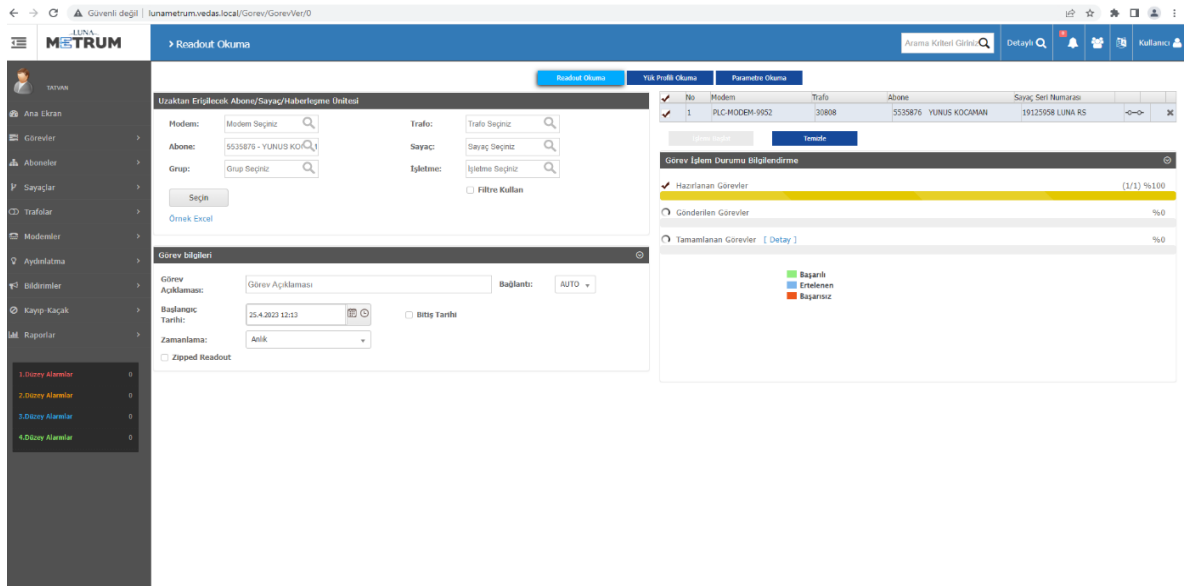
**Şekil 3.5.** Metrum giriş ekranı

Sistemin ana ekranı üzerinde görevler, aboneler, sayaçlar, trafolar, aydınlatma, raporlar ve genel olarak özet durumları görülmektedir. Luna metrum ana ekranı, Şekil 3.6’da verilmiştir.



Şekil 3.6. Metrum ana sayfa görünümü

Görevler paneli üzerinden sayacın enerjisinin kesilmesi ve enerji verilmesi (kesme –açma) yapılmaktadır. Web görev servis üzerinden, sayacın enerjisinin kesilme ve açma durumunda bilgi vermektedir. Görevler paneli üzerinde bulunan Readout okuma ile abonenin, tesisat, sayaç seri, modem, trafo numaraları ile sayaca okuma atılıp anlık olarak yapılan tüketim bilgileri, çekilen gücü, akım değerleri ve gerilim değerlerini vermektedir. Bu panel üzerinde bulunan yük profili okuma ile sayaç üzerinden alınan veriler ile istenilen bir tarih aralığı ve saat dilimindeki akım ve gerilim değerleri alınabilmektedir. Sistemin görevler okuma ekranı, Şekil 3.7’de verilmiştir.



Şekil 3.7. Metrum görevler okuma ekranı

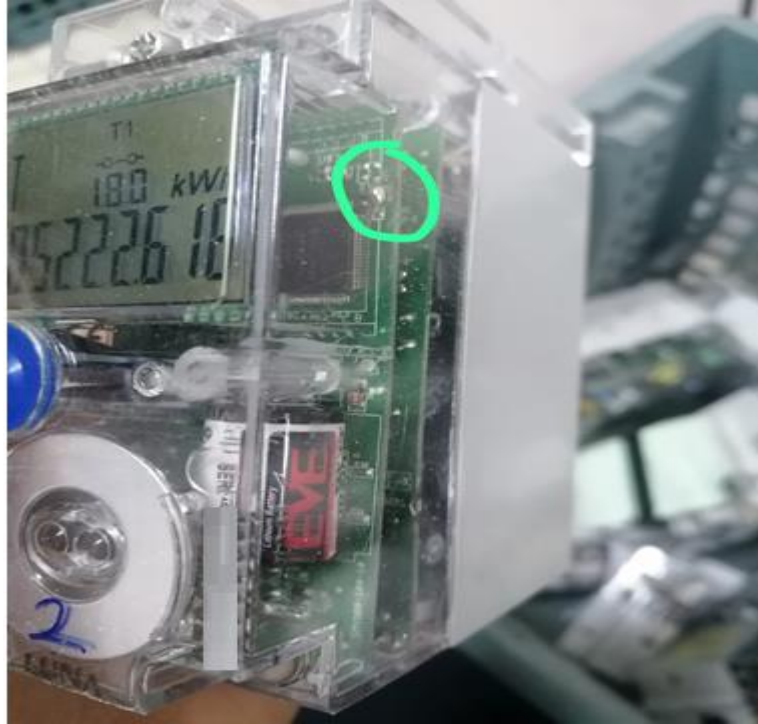


AboneNo	SayacNo	SayacSaati	SayacTarihi	NotrAkim	T	T1	T2	T3	Demand	VolteJR	AkimR	
553xxxx	191xxxx	12:24:59	2023-01-01	000.670	00696.874	00344.513	00205.325	00147.040	002.860	2023-01-01 11:4	231.28	0.0
553xxxx	191xxxx	10:24:55	2022-12-31	000.558	00689.633	00340.447	00203.034	00146.157	003.540	2022-12-12 11:4	233.81	0.0
553xxxx	191xxxx	08:23:33	2022-12-30	000.458	00685.605	00337.803	00202.366	00145.442	003.540	2022-12-12 11:4	236.43	0.0
553xxxx	191xxxx	05:28:07	2022-12-29	000.553	00678.944	00334.096	00200.406	00144.442	003.540	2022-12-12 11:4	240.06	0.0
553xxxx	191xxxx	08:39:13	2022-12-28	000.424	00675.606	00332.591	00199.134	00143.881	003.540	2022-12-12 11:4	239.37	0.0
553xxxx	191xxxx	05:01:18	2022-12-27	000.827	00669.214	00330.165	00196.016	00143.033	003.540	2022-12-12 11:4	239.83	0.0
553xxxx	191xxxx	07:07:01	2022-12-26	000.598	00663.328	00327.603	00193.626	00142.099	003.540	2022-12-12 11:4	238.83	0.0
553xxxx	191xxxx	06:28:00	2022-12-25	000.671	00656.663	00322.746	00192.561	00141.356	003.540	2022-12-12 11:4	241.19	0.0
553xxxx	191xxxx	08:20:39	2022-12-24	000.631	00650.351	00319.689	00190.609	00140.053	003.540	2022-12-12 11:4	236.94	0.0
553xxxx	191xxxx	10:07:39	2022-12-23	000.444	00644.611	00317.821	00187.919	00138.875	003.540	2022-12-12 11:4	233.69	0.0
553xxxx	191xxxx	07:28:24	2022-12-22	000.460	00636.030	00314.199	00183.894	00137.937	003.540	2022-12-12 11:4	237.33	0.0
553xxxx	191xxxx	04:52:27	2022-12-21	000.419	00632.709	00312.729	00183.013	00136.967	003.540	2022-12-12 11:4	240.90	0.0
553xxxx	191xxxx	04:52:27	2022-12-21	000.419	00632.709	00312.729	00183.013	00136.967	003.540	2022-12-12 11:4	240.90	0.0
553xxxx	191xxxx	12:26:18	2022-12-20	000.838	00627.892	00311.411	00180.152	00136.329	003.540	2022-12-12 11:4	236.73	0.0
553xxxx	191xxxx	09:29:27	2022-12-19	000.422	00620.349	00307.077	00177.556	00135.716	003.540	2022-12-12 11:4	232.50	0.0
553xxxx	191xxxx	05:58:16	2022-12-18	000.419	00613.523	00302.103	00176.374	00135.046	003.540	2022-12-12 11:4	238.68	0.0
553xxxx	191xxxx	05:31:35	2022-12-17	000.461	00607.037	00298.628	00174.399	00134.010	003.540	2022-12-12 11:4	238.92	0.0
553xxxx	191xxxx	05:10:37	2022-12-16	000.556	00603.817	00297.105	00173.319	00133.393	003.540	2022-12-12 11:4	238.27	0.0
553xxxx	191xxxx	01:11:30	2022-12-15	000.633	00599.761	00294.743	00172.657	00132.363	003.540	2022-12-12 11:4	240.83	0.0
553xxxx	191xxxx	07:16:19	2022-12-13	000.557	00586.231	00288.813	00168.072	00129.344	003.540	2022-12-12 11:4	237.38	0.0
553xxxx	191xxxx	07:04:19	2022-12-12	000.421	00581.454	00285.596	00167.483	00128.373	002.420	2022-12-08 12:0	235.16	0.0
553xxxx	191xxxx	07:51:14	2022-12-11	000.426	00578.045	00283.987	00166.848	00127.218	002.420	2022-12-08 12:0	234.93	0.0
553xxxx	191xxxx	02:23:49	2022-12-10	000.417	00573.958	00281.989	00166.045	00125.924	002.420	2022-12-08 12:0	239.45	0.0
553xxxx	191xxxx	08:45:25	2022-12-08	000.883	00562.839	00275.045	00163.189	00124.605	002.372	2022-12-03 18:3	235.47	0.0
553xxxx	191xxxx	00:19:42	2022-12-07	001.077	00558.994	00273.322	00162.372	00123.300	002.372	2022-12-03 18:3	238.02	0.0
553xxxx	191xxxx	05:19:59	2022-12-05	000.612	00549.504	00268.783	00160.439	00120.284	002.372	2022-12-03 18:3	236.11	0.0
553xxxx	191xxxx	12:43:23	2022-12-04	000.728	00545.851	00266.889	00159.406	00119.557	002.372	2022-12-03 18:3	231.58	0.0
553xxxx	191xxxx	11:04:16	2022-12-03	000.754	00536.955	00261.512	00156.852	00118.591	002.072	2022-12-02 16:3	236.32	0.0
553xxxx	191xxxx	11:05:04	2022-12-03	000.556	00530.556	00258.150	00154.133	00117.389	001.852	2022-12-01 11:4	238.85	0.0

Şekil 3.9. Faz nötr akım değerleri

### 3.2. Sayaca Şönt Yöntemi İle Müdahale

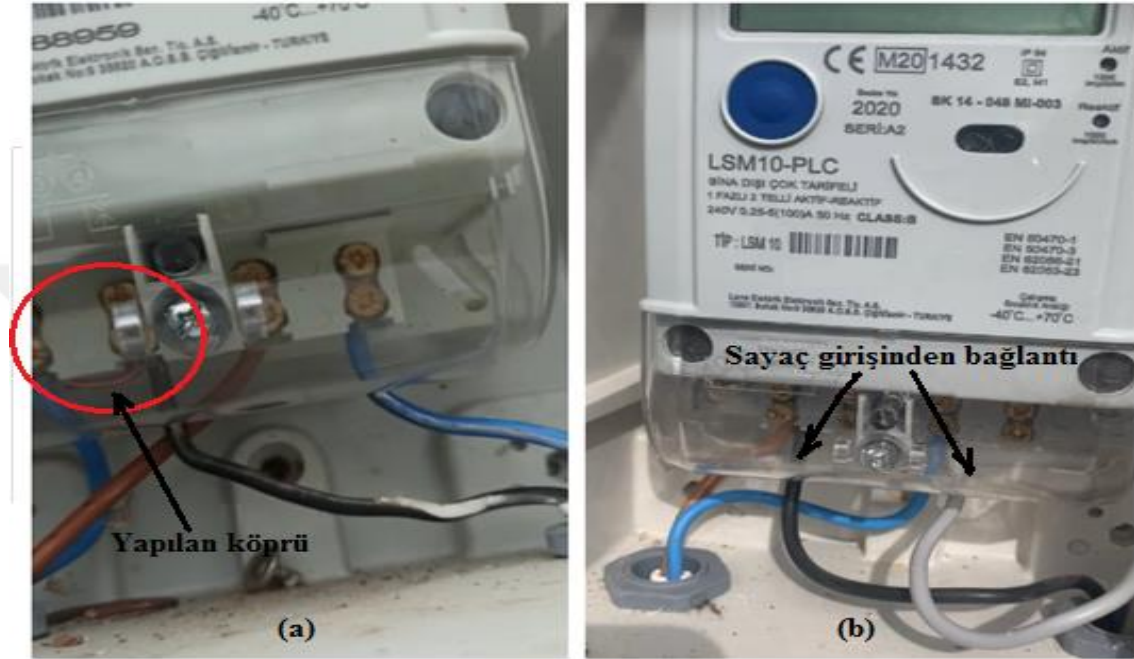
Sayacın faz giriş bölümü ve faz çıkış bölümüne iletken veya lehim kullanılarak kısa devre yapılması ile sayacın eksik değer kaydetmesi ile yapılan kaçak kullanım yöntemidir. Şönt yöntemi ile sayaca müdahale durumu Şekil 3.10'da görülmüştür.



Şekil 3.10. Sayacın iç kısmına müdahale yöntemi

Şekil 3.10'da görüldüğü gibi sayacın iç kısmına akım ve gerilim ölçüm kısmına lehim yolu ile müdahale yapılarak eksik ölçüm yapması sağlanarak kaçak elektrik kullanılmıştır.

Sayacın dış kısmına köprü yapılarak ve sayaç faz ve nötr çıkış uçları birleştirilerek yapılan müdahale ile sayacın ölçüm yapmaması sağlanarak kaçak elektrik kullanılmaktadır. Sayaca dış kısımdan müdahale yöntemi Şekil 3.11'de verilmiştir.



**Şekil 3.11.** Sayaca dış kısımdan müdahale yöntemi

Şekil 3.11a'da görüldüğü gibi sayacın faz giriş ve faz çıkış arasına bir iletken ile köprü yapılarak sayacın tüketilen elektrik enerjisini kaydetmesi engellenmekte ve kaçak elektrik kullanımı yapılmaktadır. Benzer şekilde Şekil 3.11 b'de görüldüğü gibi sayacın faz giriş ve nötr giriş uçlarına, aboneden gelen iletkenler doğrudan bağlanarak, sayacın tüketilen elektrik enerjisini kaydetmesi engellenmektedir.

### 3.3. Harici Faz Nötr Yöntemi İle Kaçak Elektrik Kullanma

Harici faz nötr yöntemi, sayaç ölçü devresine bağımlı olmadan elektrik şebekesinden enerji alınmasıdır. Bu yöntem, elektrik sayaçlarının direklerin üzerine alındıktan sonra çok fazla kullanılan bir yöntem olmuştur. Elektrik dağıtım hatlarına harici bir hat çekilerek enerji kullanılmasıdır. Bu yöntemin farklı bir uygulaması ise sayacın giriş ve çıkışlarının birleştirilmesi veya köprü yapılabilir. Elektrik dağıtım şebekesinden harici faz nötr yöntemi ile kaçak elektrik kullanımı Şekil 3.12'de verilmiştir.



**Şekil 3.12.** Şebekeden harici faz nötr yöntemi ile kaçak elektrik kullanımı

Şekil 3.12’de görüldüğü gibi, tüketilen elektrik enerjisini kaydetmek için kullanılan sayacın dışından ayrı bir faz ve nötr iletkeni elektrik dağıtım şebekesine bağlanarak kaçak olarak elektrik enerjisi tüketimi yapılmaktadır.

#### **3.4. Mıknatıs Yöntemi İle Kaçak Elektrik Kullanma**

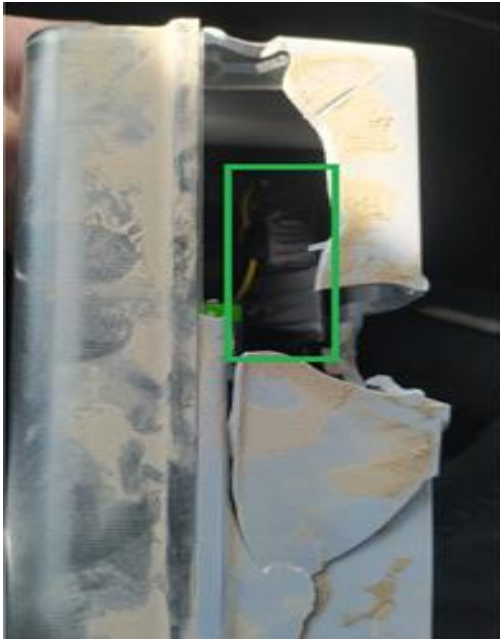
Günümüzde kullanılmamakla birlikte eski dönemlerde mekanik tip elektrik sayaçları kullanılmaktaydı. Bu sayaçların iç kısmında bulunan akım ve gerilim bobinlerini mıknatıs kullanılarak manyetik alana maruz bırakmak, sayaçların çalışma sisteminde bozulma olmaktadır. Dolayısıyla tüketilen elektrik enerjisi sayaç tarafından kaydedilemeyeceğinden kaçak elektrik kullanılmış olmaktadır. Elektronik teknolojisinde meydana gelen gelişmelerle birlikte mekanik sayaçların yerini elektronik sayaçlar almasından sonra mıknatıs yöntemi ile kaçak elektrik kullanma yöntemi pek fazla kullanılmayan bir yöntem olmuştur. Mekanik sayaca mıknatıs bırakılması durumu Şekil 3.13’te verilmiştir.



Şekil 3.13. Mıknatıs yöntemi ile kaçak elektrik kullanımı

### 3.5. Radyo Frekans İle Kumanda Sistemi Yöntemiyle Nötr Kesme

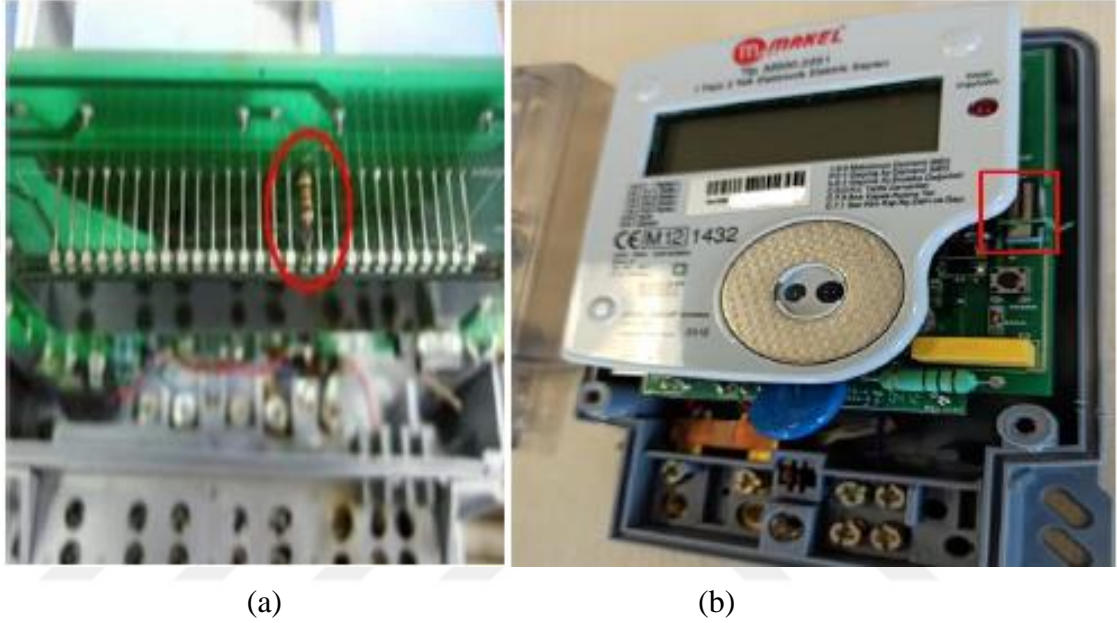
Radyo frekans (RF) ile kumanda sistemi yönteminde, elektronik sayaçların iç kısmına yerleştirilen kumanda ile sayaç kontrol edilip, okuma yapılırken veya istenildiğinde sayaç devreye alınmaktadır. Tüketilen elektrik enerjisinin sayaç tarafından kaydedilmesi istenmeyen durumlarda (kaçak elektrik kullanımı) kumanda kullanılarak sayaç devreden çıkarılmaktadır. Radyo frekans ile kumanda sistemi yöntemiyle kaçak kullanım durumu, Şekil 3.14’te verilmiştir.



Şekil 3.14. Radyo frekans ile kumanda sistemi yöntemiyle kaçak kullanım

### 3.6. Sayaç Yazılımına Müdahale Yöntemi

Sayaç yazılımına müdahale yönteminde, elektronik sayaçlarda bulunan işlemciye dışarıdan müdahale ile yazılım kullanılarak sabit bir şekilde impulsa ayarlanması ile meydana gelmektedir. Sayaçtan elektrik enerjisi tüketimi yapılmazsa bile sabit olarak impuls atmaktadır. Sayaç yazılımına müdahale yöntemi, Şekil 3.15'te verilmiştir.

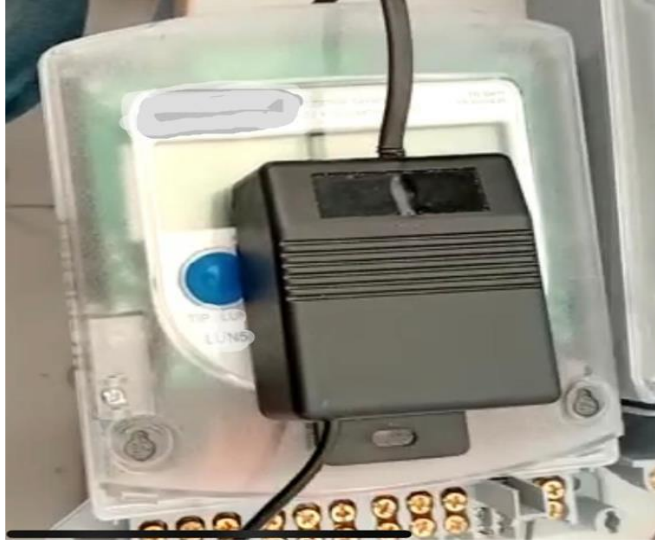


Şekil 3.15. Sayaç yazılımına müdahale yöntemi

Şekil 3.15 a'da klemens kapak açılmasının ekran üzerinde gözükmemesi için direnç kullanılmıştır. Şekil 3.15 b'de ise gövde kapak açılma uyarısını ekran üzerinden gösterilmemesi için mikro anahtar kullanılmıştır.

### 3.7. Manyetik Alan Yöntemi İle Sayaca Müdahale

Manyetik alan yöntemi ile sayaca müdahale yönteminde, özel olarak geliştirilmiş olan bir cihaz kullanılmaktadır. Şebekeye bağlanan bu cihaz, sayacın yakınına getirilerek oluşturduğu manyetik alanın etkisiyle sayacın ölçüm yapması engellenmiş olur. Bu yöntem, mıknatıs yöntemine benzer bir sistemdir. Manyetik alan yöntemi kullanarak sayaca müdahale durumu, Şekil 3.16'da verilmiştir.



Şekil 3.16. Manyetik alan yöntemi ile sayaca müdahale

### 3.8. DC Gerilim İle Nötr Üzerinden Sayaca Müdahale

DC gerilim ile nötr üzerinden sayaca müdahale yönteminde, özel olarak geliştirilmiş bir cihaz kullanılmaktadır. Bu cihaz, nötr klemens üzerinden 5 V ile 7 V arasında bir DC gerilim kullanılarak sayacın sıvı kristal ekran (LCD, Liquid Crystal Display) üzerinde bir hasar oluşturarak sayacın ölçüm yapması engellenmiş olmaktadır. Nötr üzerinde DC gerilim ile sayaca müdahale yöntemi, Şekil 3.17’de verilmiştir.



Şekil 3.17. Nötr üzerinde DC gerilim ile sayaca müdahale

### 3.9. OSOS İle Teknik Olmayan Enerji Kayıplarının İncelenmesi

Elektrik dağıtım şebekesinde, dağıtılan enerji ile tahakkuk edilen enerji arasındaki farkın dağıtılan enerjiye oranı, kayıp kaçak oranı olarak bilinmektedir. Bu oranın belirlenmesinde ortaya çıkan kayıp kaçak, teknik ve teknik olmayan enerji kayıplarının toplamından oluşmaktadır. Yapılan çalışmalarda teknik kayıplar, %3-5 arasında kabul edilmektedir. Bu tez çalışmasında, teknik enerji kayıpları % 5 olarak kabul edilmiştir. Elektrik enerjisindeki kayıp kaçak oranları yıllar bazında değerlendirildiğinde, her yıl için oluşan kayıp kaçak değerlerindeki teknik enerji kayıplarının payı aynı oranda sabit olarak kabul edilmiştir. Dolayısıyla kayıp kaçak oranı, elektrik dağıtım şebekelerindeki teknik olmayan enerji kayıpları olarak değerlendirilerek, çizelgeler ve grafikler oluşturulmuştur.

OSOS uygulama yöntemlerinden biri olan PLC sayaç okuma uygulaması, Bitlis ilinde ilk olarak Güroymak ilçesinde 2017 yılında uygulanmıştır. Bu ilçede, PLC sayaçların takılmasından önceki 2016 yılının Ocak, Şubat ve Mart verileri ve PLC sayaç takıldıktan sonraki 2017 yılının aynı aylarında dağıtılan ve tahakkuk edilen enerjilerin karşılaştırmaları yapılmıştır. Bitlis ili Güroymak ilçesine ait enerji değişim durumları, Çizelge 3.1’de verilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Bitlis ili Güroymak ilçesi enerji değişim durumları

Aylar		2016 Yılı	2017 Yılı
Ocak	Dağıtılan Enerji (kWh)	11.210.402	7.150.100
	Tahakkuk Edilen (kWh)	2.175.603	3.670.520
	Kayıp Kaçak Oranı (%)	80,59	48,66
	Değişim Oranı (%)	-31,93	
Şubat	Dağıtılan Enerji (kWh)	10.397.469	6.638.655
	Tahakkuk Edilen (kWh)	3.629.814	4.663.350
	Kayıp Kaçak Oranı (%)	65,09	29,75
	Değişim Oranı (%)	-35,34	
Mart	Dağıtılan Enerji (kWh)	10.007.347	5.852.147
	Tahakkuk Edilen (kWh)	2.440.286	3.651.003
	Kayıp Kaçak Oranı (%)	75,62	37,61
	Değişim Oranı (%)	-38,01	
Toplam	Dağıtılan Enerji (kWh)	31.615.218	19.640.902
	Tahakkuk Edilen (kWh)	8.245.703	11.984.873
	Kayıp Kaçak Oranı (%)	73,92	38,98
	Değişim Oranı (%)	-34,94	

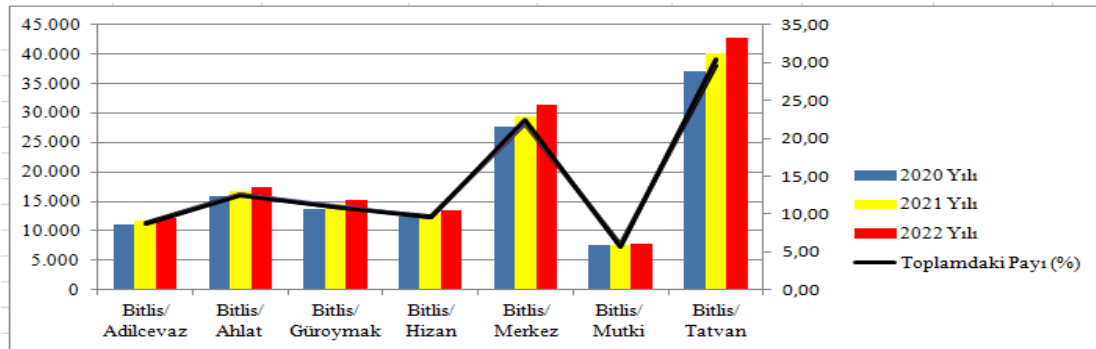
Çizelge 3.1’de görüldüğü gibi, 2016 yılının Ocak ayında kayıp kaçak oranı %80,59 gibi çok büyük bir değerde iken, PLC sayaç takıldıktan sonra, 2017 yılının Ocak ayında dağıtılan enerjide azalma ve tahakkuk edilen enerjide artma meydana gelmiştir. Dolayısıyla kayıp kaçak oranı %31,93 azalarak %48,66’ya düşmüştür. 2016 yılının Şubat ayında kayıp kaçak oranı % 65,09 gibi büyük bir değerde iken, PLC sayaç takıldıktan sonra, 2017 yılının Şubat ayında dağıtılan enerjide azalma ve tahakkuk edilen enerjide artma meydana gelmiştir. Dolayısıyla kayıp kaçak oranı %35,34 azalarak % 29,75’e düşmüştür. 2016 yılının Mart ayında kayıp kaçak oranı % 75,62 gibi büyük bir değerde iken, PLC sayaç takıldıktan sonra, 2017 yılının Mart ayında dağıtılan enerjide azalma ve tahakkuk edilen enerjide artma meydana gelmiştir. Dolayısıyla kayıp kaçak oranı %38,01 azalarak % 37,61’e düşmüştür.

Bitlis il merkezi ve ilçelerinde her geçen yıl nüfus artışı ile birlikte abone sayıları artmakta ve dolayısıyla tüketilen elektrik enerjisinde artış olmaktadır. Bitlis il merkezi ve 6 ilçedeki 2020-2022 yılları arasındaki abone sayıları ve toplam abone sayılarındaki oranları, Çizelge 3.2’de verilmiştir.

**Çizelge 3.2.** Bitlis ilindeki 2020-2022 yılları arasındaki abone sayıları

Bulunduğu Yer	2020 Yılı	Toplamdaki Payı (%)	2021 Yılı	Toplamdaki Payı (%)	2022 Yılı	Toplamdaki Payı (%)
Bitlis/ Adilcevaz	11.165	8,91	11.672	8,77	12.176	8,67
Bitlis/ Ahlat	15.863	12,65	16.687	12,53	17.475	12,45
Bitlis/ Güroymak	13.785	11,00	14.666	11,02	15.297	10,90
Bitlis/ Hizan	12.294	9,81	12.838	9,64	13.424	9,56
Bitlis/ Merkez	27.587	22,01	29.365	22,06	31.473	22,42
Bitlis/ Mutki	7.487	5,97	7.673	5,76	7.814	5,57
Bitlis/ Tatvan	37.180	29,66	40.237	30,22	42.726	30,43
Toplam	125.361	100	133.138	100	140.385	100

Bitlis il merkezi ve 6 ilçedeki 2020-2022 yılları arasındaki abone sayıları ve toplam abone sayılarını gösteren grafik, Şekil 3.18’de verilmiştir.



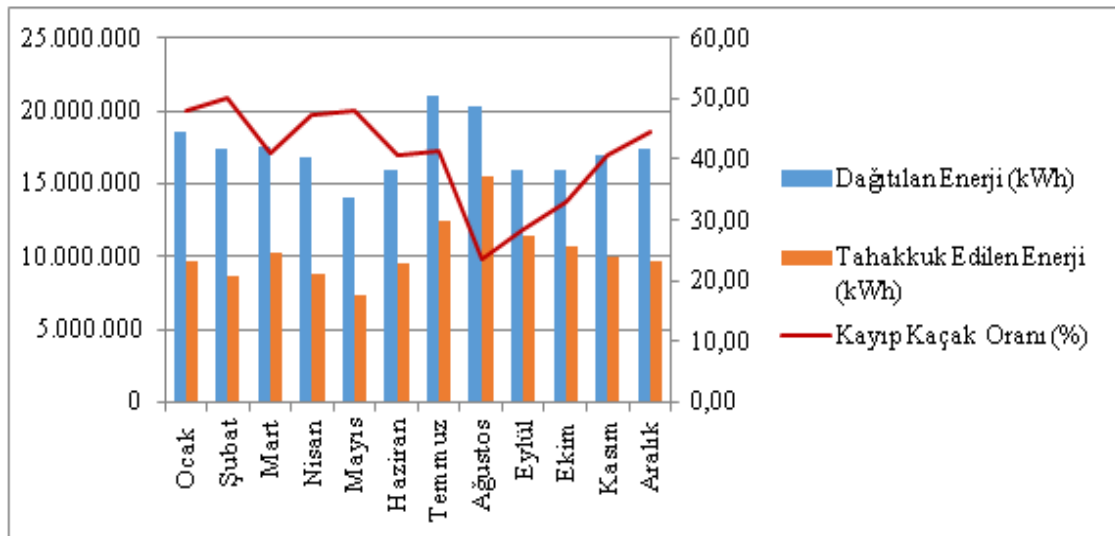
**Şekil 3.18.** Bitlis ilinde 2020-2022 yılları arası abone sayıları

Şekil 3.18’de görüldüğü gibi Bitlis il merkezi ve ilçelerdeki abone sayıları, 2020’den 2022 yılına göre artış olduğu ve abone sayısının en fazla olduğu yerleşim yerinin toplam abone sayısının yaklaşık %30’nuna sahip Tatvan ilçesi olduğu görülmüştür. Dolayısıyla Tatvan ilçesindeki OSOS uygulamasının teknik enerji kayıplarının azaltılmasında etkisi önemlidir. Tatvan ilçesinin 2020 yılında aylar bazında kayıp kaçak oranları, Çizelge 3.3’te verilmiştir.

**Çizelge 3.3.** Tatvan ilçesinin 2020 yılı kayıp kaçak oranları

Aylar	Dağıtılan Enerji (kWh)	Tahakkuk Edilen Enerji (kWh)	Kayıp Kaçak Oranı (%)
Ocak	18.580.652	9.657.129	48,03
Şubat	17.404.828	8.681.888	50,12
Mart	17.457.649	10.287.896	41,07
Nisan	16.832.096	8.851.168	47,41
Mayıs	14.104.851	7.350.478	47,89
Haziran	15.984.328	9.480.925	40,69
Temmuz	21.039.435	12.360.998	41,25
Ağustos	20.248.683	15.498.977	23,46
Eylül	15.989.647	11.461.809	28,32
Ekim	15.910.089	10.688.381	32,82
Kasım	16.884.780	10.017.846	40,67
Aralık	17.395.759	9.674.476	44,39
Toplam	207.832.797	124.011.970	40,33

Tatvan ilçesinin 2020 yılında aylar bazında, dağıtılan enerji, tahakkuk edilen enerji ve kayıp kaçak oranı durumlarını gösteren grafik, Şekil 3.19’da verilmiştir.



**Şekil 3.19.** Tatvan ilçesinin 2020 yılında aylar bazında enerji durumu

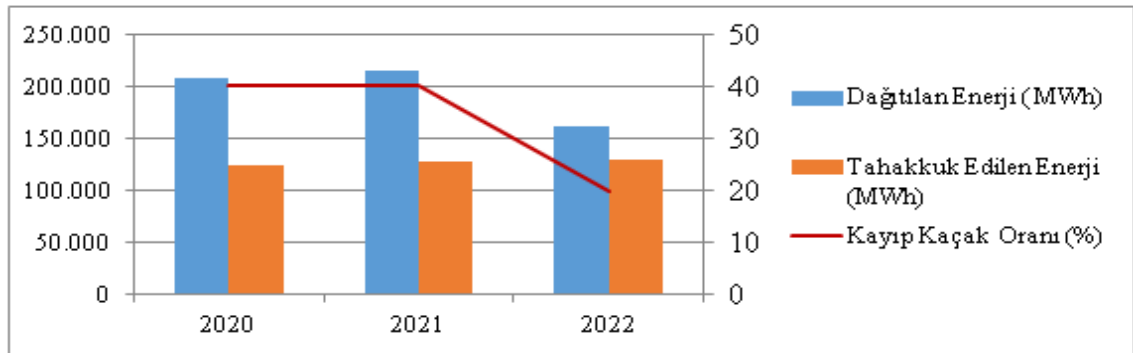
Tatvan ilçesinin 2020-2022 yılları arasında yıl bazında, dağıtılan enerji, tahakkuk edilen enerji ve kayıp kaçak oranı durumları, Çizelge 3.4'te verilmiştir.

**Çizelge 3.4.** Tatvan ilçesinin 2020-2022 yılları arası enerji durumu

Yıllar	Dağıtılan Enerji (MWh)	Tahakkuk Edilen Enerji (MWh)	Kayıp Kaçak Oranı (%)
2020	207.833	124.012	40,33
2021	215.532	128.829	40,23
2022	162.076	129.678	19,99

Çizelge 3.4'te görüldüğü gibi, Tatvan ilçesinde PLC sayaç uygulaması yapılmadan önceki 2020 yılında kayıp kaçak oranı % 40,33 oranında olduğu görülmüştür. Tatvan ilçesinde 2021 yılından itibaren PLC sayaç uygulamasına geçilmiştir. Dolayısıyla bu uygulamanın yapılmasına başlanmasıyla kayıp kaçak oranında çok az da olsa (% 0.10) bir azalma görülmüştür. Sayaçların PLC sayaç ile değiştirilmesi sırasında uygun olan yerlerde, sayaçlar bina içerisinde bulunan elektrik panolarının içine montajı sağlanmıştır. Bazı durumlarda ise elektrik dağıtım direklerinin üzerine PLC sayaç montajı gerçekleştirilmiştir. Tatvan ilçesinde OSOS için tüketicilerin kullandıkları sayaçların PLC sayaç ile değiştirilmesinin tamamına yakını 2022 yılında tamamlanmıştır. PLC sayaç kullanıldıktan sonra, sayaç dışı hatların iptal edilmesi sağlandığı dağıtılan enerji verilerinden anlaşılmaktadır. Çünkü yıllar geçtikçe abone sayılarında ve tüketilen enerjide artış olması gerekirken azalma olduğu görülmüştür. Örneğin PLC sayaç takılmaya başlandığı 2021 yılında dağıtılan enerji 215.532 MWh iken, PLC sayaç montajının tamamına yakını yapıldıktan sonraki 2022 yılında dağıtılan enerji 162.076 MWh'a düşmüştür. Aynı zamanda 2021 yılında kayıp kaçak oranı, % 40,23 iken 2022 yılında kayıp kaçak oranı % 19,99'a düştüğü tespit edilmiştir.

Tatvan ilçesinin 2020-2022 yıllarına ait dağıtılan enerji, tahakkuk edilen enerji ve kayıp kaçak oranı durumlarını gösteren grafik Şekil 3.20'de verilmiştir.



**Şekil 3.20.** Tatvan ilçesinin 2020-2022 yıllarına ait enerji durumları

Şekil 3.20’de 2020 yılı ile 2021 yıllarındaki kayıp kaçak oranları hemen hemen aynı seviyede kalmıştır. Bunun sebebi, 2020 yılında PLC sayaç uygulamasının yapılmaması ve 2021 yılında PLC sayaç uygulamasına yeni geçmiş olmasından kaynaklanmaktadır. Ancak 2022 yılında tüketicilerin tamamına yakınına PLC sayaç montajı yapılmasından sonra kayıp kaçak oranında % 50,43 bir azalma olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, OSOS uygulamasının, elektrik dağıtım şebekelerinde meydana gelen teknik olmayan enerji kayıplarının azaltılmasında olumlu etki yaptığını göstermektedir.

Bitlis il merkezi ile Güroymak, Ahlat, Mutki ve Tatvan ilçelerinde OSOS ile PLC sayaç uygulamasına kademeli geçmesiyle birlikte, bu sistemin elektrik dağıtım şebekelerinde meydana gelen teknik olmayan enerji kayıplarının azaltılmasında etkisi 2019 yılından itibaren 2022 yılı sonuna kadar incelenmiştir.

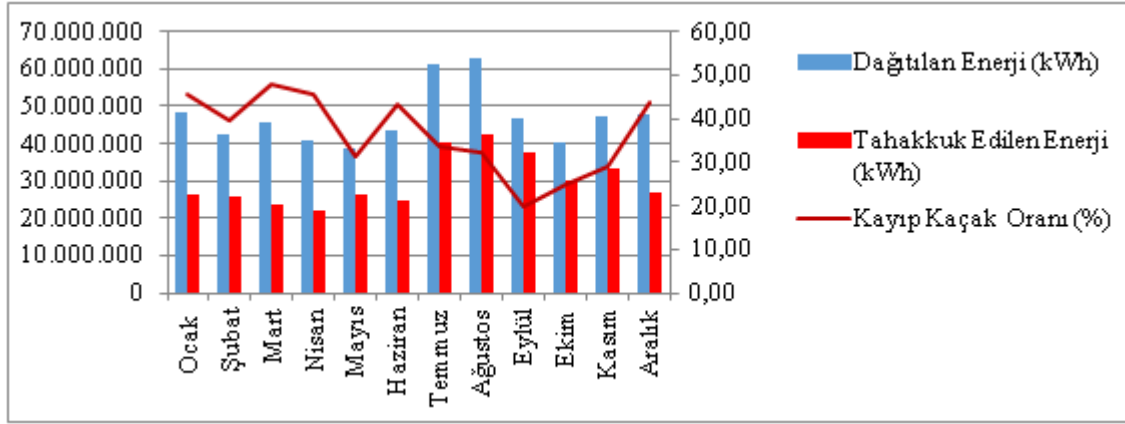
Bitlis il merkezi ve ilçelerinin 2019 yılında aylar bazında dağıtılan enerji, tahakkuk edilen enerji ve kayıp kaçak oranı durumları, Çizelge 3.5’te verilmiştir.

**Çizelge 3.5.** Bitlis ili 2019 yılı kayıp kaçak oranları

Aylar	Dağıtılan Enerji (kWh)	Tahakkuk Edilen Enerji (kWh)	Kayıp Kaçak Oranı (%)
Ocak	48.373.547	26.300.779	45,63
Şubat	42.577.824	25.622.878	39,82
Mart	45.655.092	23.753.587	47,97
Nisan	40.607.472	22.148.631	45,46
Mayıs	38.617.157	26.538.098	31,28
Haziran	43.621.797	24.694.093	43,39
Temmuz	60.965.547	40.384.097	33,76
Ağustos	62.957.845	42.679.263	32,21
Eylül	46.937.364	37.735.599	19,60
Ekim	40.070.241	30.165.482	24,72
Kasım	47.196.216	33.445.603	29,13
Aralık	47.937.922	26.863.277	43,96
Toplam	565.518.024	360.331.387	36,28

Çizelge 3.5’te görüldüğü gibi Bitlis il merkezi ve ilçelerinde 2019 yılında aylar bazında kayıp kaçak oranlarında değişkenlik olduğu görülmektedir. Bu durum enerji tüketiminin mevsimsel olarak değişkenlik göstermesinden kaynaklanmaktadır. Ancak kayıp kaçak oranı, 2019 yılı bazında % 36,28 olduğu tespit edilmiştir.

Bitlis il merkezi ve ilçelerinde (il geneli) 2019 yılında aylar bazında, dağıtılan enerji, tahakkuk edilen enerji ve kayıp kaçak oranı durumlarını gösteren grafik, Şekil 3.21’de verilmiştir.



Şekil 3.21. Bitlis il genelinde 2019 yılı aylar bazında enerji durumu

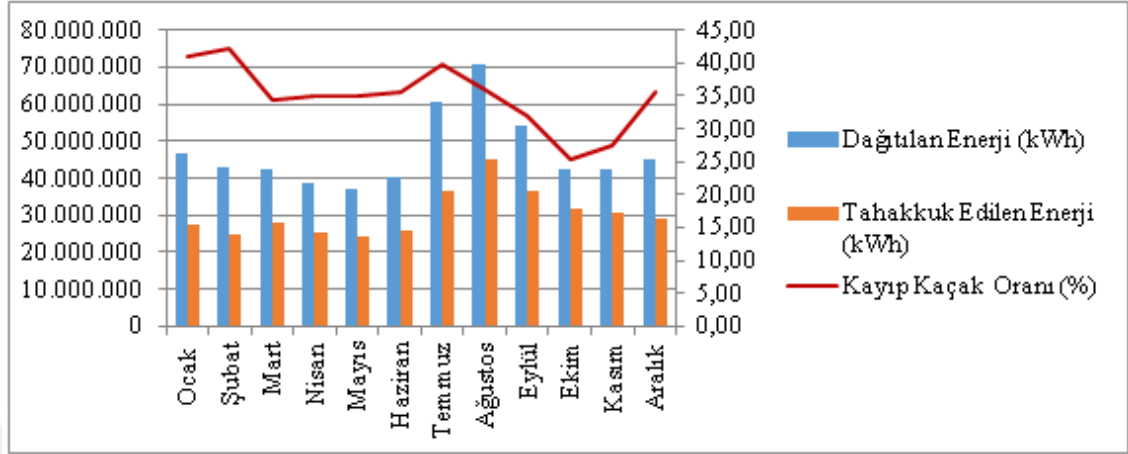
Bitlis il merkezi ve ilçelerinin 2020 yılında aylar bazında dağıtılan enerji, tahakkuk edilen enerji ve kayıp kaçak oranı durumları, Çizelge 3.6’da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Bitlis ili 2020 yılı kayıp kaçak oranları

Aylar	Dağıtılan Enerji (kWh)	Tahakkuk Edilen Enerji (kWh)	Kayıp Kaçak Oranı (%)
Ocak	46.595.081	27.516.624	40,95
Şubat	43.109.873	24.955.052	42,11
Mart	42.446.694	27.895.987	34,28
Nisan	38.896.865	25.298.107	34,96
Mayıs	36.876.773	24.010.870	34,89
Haziran	40.489.505	26.078.338	35,59
Temmuz	60.511.790	36.522.922	39,64
Ağustos	70.605.560	45.335.394	35,79
Eylül	54.094.478	36.773.132	32,02
Ekim	42.354.281	31.569.089	25,46
Kasım	42.450.199	30.763.573	27,53
Aralık	44.928.065	28.920.049	35,63
Toplam	563.359.164	365.639.138	35,10

Çizelge 3.6’da görüldüğü gibi Bitlis il merkezi ve ilçelerinde 2020 yılında aylar bazında kayıp kaçak oranlarında değişkenlik olduğu görülmektedir. 2020 yılı bazında kayıp kaçak oranı, % 35,10 olduğu ve bir önceki yıla göre azaldığı tespit edilmiştir.

Bitlis il merkezi ve ilçelerinde 2020 yılında aylar bazında, dağıtılan enerji, tahakkuk edilen enerji ve kayıp kaçak oranı durumlarını gösteren grafik Şekil 3.22’de verilmiştir.



**Şekil 3.22.** Bitlis il genelinde 2020 yılı aylar bazında enerji durumu

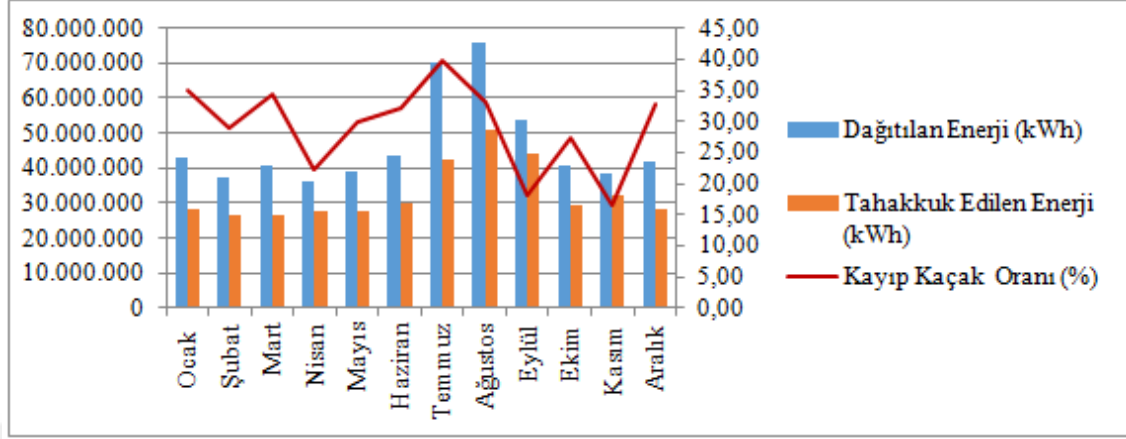
Bitlis il merkezi ve ilçelerinin 2021 yılında aylar bazında dağıtılan enerji, tahakkuk edilen enerji ve kayıp kaçak oranı durumları, Çizelge 3.7’de verilmiştir.

**Çizelge 3.7.** Bitlis ili 2021 yılı kayıp kaçak oranları

Aylar	Dağıtılan Enerji (kWh)	Tahakkuk Edilen Enerji (kWh)	Kayıp Kaçak Oranı (%)
Ocak	42.954.829	27.962.479	34,90
Şubat	37.179.470	26.363.100	29,09
Mart	40.773.664	26.762.668	34,36
Nisan	35.914.539	27.929.152	22,23
Mayıs	39.015.357	27.390.195	29,80
Haziran	43.632.117	29.667.929	32,00
Temmuz	70.180.932	42.273.780	39,76
Ağustos	75.654.219	50.732.826	32,94
Eylül	53.681.462	44.026.117	17,99
Ekim	40.464.439	29.439.953	27,24
Kasım	38.699.781	32.348.262	16,41
Aralık	42.093.415	28.281.495	32,81
Toplam	560.244.224	393.177.956	29,82

Çizelge 3.7’de görüldüğü gibi Bitlis il merkezi ve ilçelerinde 2021 yılında aylar bazında kayıp kaçak oranlarında değişkenlik olduğu görülmektedir. 2021 yılı bazında kayıp kaçak oranı, % 29,82 olduğu ve bir önceki yıla göre azaldığı tespit edilmiştir.

Bitlis il merkezi ve ilçelerinde 2021 yılında aylar bazında, dağıtılan enerji, tahakkuk edilen enerji ve kayıp kaçak oranı durumlarını gösteren grafik Şekil 3.23'te verilmiştir.



**Şekil 3.23.** Bitlis il genelinde 2021 yılı aylar bazında enerji durumu

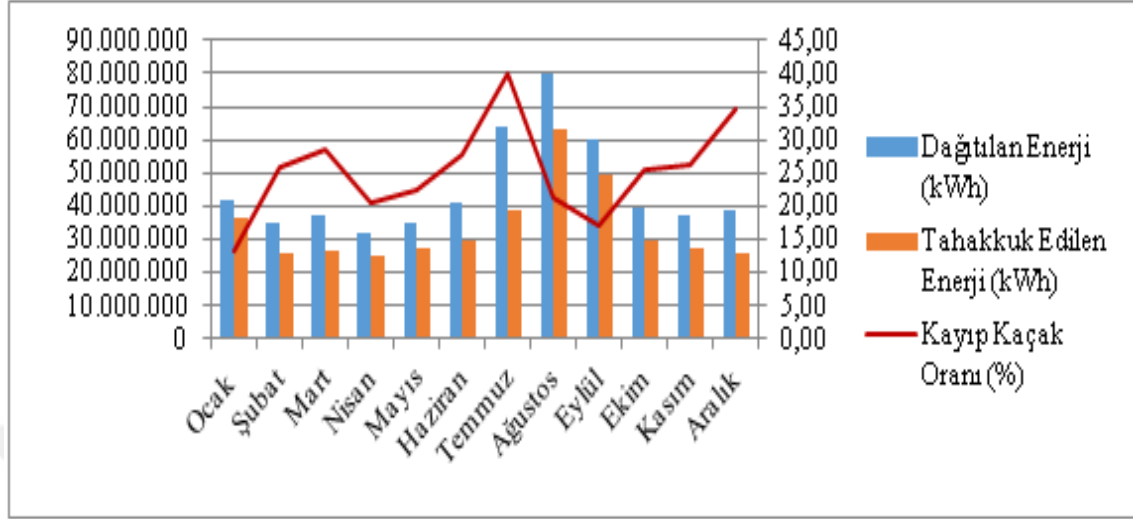
Bitlis il merkezi ve ilçelerinin 2022 yılında aylar bazında dağıtılan enerji, tahakkuk edilen enerji ve kayıp kaçak oranı durumları, Çizelge 3.8'de verilmiştir.

**Çizelge 3.8.** Bitlis ili 2022 yılı kayıp kaçak oranları

Aylar	Dağıtılan Enerji (kWh)	Tahakkuk Edilen Enerji (kWh)	Kayıp Kaçak Oranı (%)
Ocak	41.883.518	36.394.508	13,11
Şubat	34.538.977	25.596.642	25,89
Mart	37.166.549	26.544.549	28,58
Nisan	31.653.619	25.212.679	20,35
Mayıs	35.204.978	27.265.257	22,55
Haziran	40.739.683	29.471.679	27,66
Temmuz	64.010.200	38.360.125	40,07
Ağustos	80.176.681	62.980.636	21,45
Eylül	59.926.172	49.722.683	17,03
Ekim	39.600.883	29.523.370	25,45
Kasım	36.878.716	27.212.058	26,21
Aralık	38.926.015	25.512.739	34,46
Toplam	540.705.991	403.796.925	25,32

Çizelge 3.8'de görüldüğü gibi Bitlis il merkezi ve ilçelerinde 2022 yılında aylar bazında kayıp kaçak oranlarında değişkenlik olduğu görülmektedir. 2022 yılı bazında kayıp kaçak oranı, % 25,32 olduğu ve bir önceki yıla göre azaldığı tespit edilmiştir.

Bitlis il merkezi ve ilçelerinde 2022 yılında aylar bazında, dağıtılan enerji, tahakkuk edilen enerji ve kayıp kaçak oranı durumlarını gösteren grafik Şekil 3.24'te verilmiştir.



Şekil 3.24. Bitlis il genelinde 2022 yılı aylar bazında enerji durumu

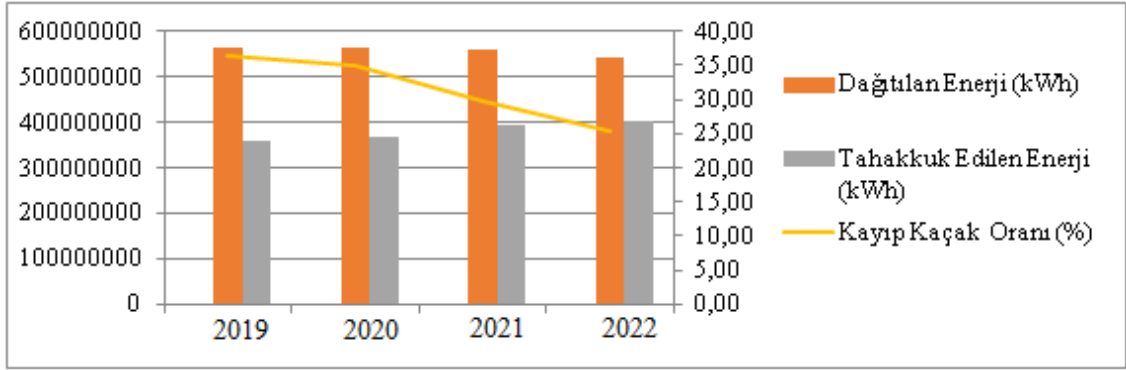
Bitlis il merkezi ve ilçelerinin 2019-2022 yılları arasında yıl bazında, dağıtılan enerji, tahakkuk edilen enerji ve kayıp kaçak oranı durumları, Çizelge 3.9'da verilmiştir.

Çizelge 3.9. Bitlis ili 2019-2022 arası yıllar için kayıp kaçak oranları

Yıl	Dağıtılan Enerji (kWh)	Tahakkuk Edilen Enerji (kWh)	Kayıp Kaçak Oranı (%)
2019	565.518.024	360.331.387	36,28
2020	563.359.164	365.639.138	35,10
2021	560.244.224	393.177.956	29,82
2022	540.705.991	403.796.925	25,32

Bitlis ili genelinde, OSOS uygulaması yapılmaya başlandıktan sonra 2019 yılından 2022 yılına kadar, her geçen yıl abone sayısı ve dolayısıyla tüketilen enerji artmasına rağmen, dağıtılan enerjinin bir önceki yıla göre daha az olması PLC sayaç sayesinde sayaç dışı hatların da devre dışı olmasının etkisi olduğunu belirtmek mümkündür. Çizelge 3.9'da görüldüğü gibi kayıp kaçak oranının her yıl bir önceki yıla göre azalmaktadır. Örneğin 2019 yılında kayıp kaçak oranı % 36,28, 2020 yılında kayıp kaçak oranı % 35,10, 2021 yılında kayıp kaçak oranı % 29,82 ve 2022 yılında kayıp kaçak oranı % 25,32 olduğu tespit edilmiştir.

Bitlis il genelinde, 2019-2022 yıllarına ait dağıtılan enerji, tahakkuk edilen enerji ve kayıp kaçak oranı durumlarını gösteren grafik, Şekil 3.25'te verilmiştir.



**Şekil 3.25.** Bitlis ili 2019-2022 arası yıllar için kayıp kaçak durumu

Bitlis il merkezi ile Güroymak, Ahlat, Mutki ve Tatvan ilçelerinde OSOS ile PLC sayaç uygulamasına kademeli geçmesiyle birlikte, yapılan değerlendirmede Bitlis ili genelinde 2019 yılından itibaren 2022 yılı sonuna kadar her yıl kademeli olarak elektrik dağıtım şebekelerinde meydana gelen teknik olmayan enerji kayıplarının azaltılmasında olumlu etki yaptığı görülmüştür.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günlük yaşantımızın her alanında kullanmış olduğumuz elektrik enerjisi, bilinçli kullanılmaması sonucunda üretildiği üretim tesisinden başlayıp tüketim noktasına gelinceye kadar olan aşamalarda teknik ve teknik olmayan enerji kayıpları meydana gelmektedir. Meydana gelen enerji kayıplarının büyük kısmı elektrik dağıtım şebekelerinde meydana gelmektedir. Çünkü iletim hatlarında, dağıtım hatlarına göre gerilim daha yüksek ve akım daha düşüktür.

Yapılan tez çalışmasında, tüketilen elektrik enerjisini tespit etmek için kullanılan OSOS uygulamalarından bahsedilmiş ve bu uygulamalardan biri olan PLC ile sayaç okuma hakkında genel bilgiler verilmiştir. Daha sonra teknik olmayan enerji kayıplarının yüksek olduğu Doğu Anadolu bölgesinde bulunan Bitlis ili seçilmiş ve saha çalışmalarından veriler alınarak tablo ve grafiklerle değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmede, OSOS ile elektrik dağıtım şebekelerinde meydana gelen teknik olmayan enerji kayıplarının tespitinin ve takibinin yapılmasında kayda değer etkisi olduğu tespit edilmiştir.

Bitlis ili Güroymak ilçesinde, 2016 yılının ilk üç ayında (Ocak, Şubat Mart) OSOS uygulaması olmadan toplam kayıp kaçak oranı % 73,92 gibi büyük bir değerde iken, OSOS ile PLC sayaç uygulaması yapıldıktan sonra, 2017 yılının ilk üç ayında kayıp kaçak oranı % 34,94 azalarak %38,98'e düşmüştür. Bitlis ilinin nüfus ve elektrik enerjisi tüketimi açısından en büyük ilçesi olan Tatvan ilçesinde, PLC sayaç uygulamasının yapılmaya başlandığı 2021 yılında kayıp kaçak oranı % 40,23 iken, PLC sayaç uygulamasının 2022 yılında kayıp kaçak oranı % 19,99'a düştüğü tespit edilmiştir. Bitlis il ve ilçelerinin genelinde, OSOS uygulaması ile birlikte 2019 yılından 2022 yılına kadar her yıl bir önceki yıla göre daha az kayıp kaçak oranı olduğu tespit edilmiştir. Yapılan tespit ile 2019 yılında kayıp kaçak oranının % 36,28 olduğu, 2020 yılında kayıp kaçak oranının % 35,10 olduğu, 2021 yılında kayıp kaçak oranının % 29,82 olduğu ve 2022 yılında kayıp kaçak oranının % 25,32 olduğu görülmüştür.

Elektrik enerjisindeki teknik olmayan kayıplar, aşırı yüklenmiş altyapısı ve mevcut düşük yatırım seviyeleri ile karşı karşıya kalan gelişmekte olan ülkelerdeki dağıtım şirketleri açısından genellikle kamu hizmeti için büyük bir ek zorluk oluşturmaktadır. Bu kayıplar, kamu hizmeti yapan kuruluşlara önemli bir mali yük

getirerek gelir kaybı oluşturmaktadır. Bu durum, genellikle daha yüksek tarifelere yol açmaktadır. Azalan sermaye harcaması ile birlikte, bakım ve onarım hizmetlerinde azalmalar meydana gelir. Böylece, özellikle elektrik kesintileri olmak üzere hizmet kalitesinin düşmesine sebep olur. Tüketmiş olduğu elektrik enerjisi bedeli için ödemesini yapan tüketiciler, genel olarak daha kötü bir hizmet alır. Ayrıca yeni bağlantılar bekleyen tüketicilerin daha uzun bekleme sürelerine yol açar. Dağıtım şirketlerinin gelirlerinde azalması sonucunda hizmet kalitesi de düşer. Bu da tüketicilerin ödeme yapmak istememesine, teknik olmayan enerji kayıplarının artmasına ve olumsuz ekonomik etkiler oluşturmaya yol açar. Bununla birlikte, elektrik dağıtım şebekesine yapılan yetkisiz bağlantılar ve sayacın kurcalanması ekipmana zarar verebilir ve genellikle güvensizdir.

Elektrik dağıtım şebekelerinde tüketilen enerjinin tespitinde OSOS kullanılması, dağıtım şirketlerine bazı faydalar sağlar. Manuel çalışma yerine akıllı otomatik süreçlerle işlemler yapılır. Bakım ve yatırımları en iyi seviyede sağlamak için dağıtım şebekesinden doğru bilgiler alınır. Özelleştirilmiş oranlar ve fatura tarihleri belirlenir. Tüketilen enerji doğru tespit edilerek gerçek fatura yazılması sağlanır. Tüketilen enerjiyi kaydeden sayaçlara yapılan müdahaleler tespit edilir. İletim hatlarında meydana gelen kayıpların doğru ölçülmesi sağlanır. Daha iyi şebeke performansı ve maliyet verimliliği elde edilir. Tüketicilerin anlık güç tüketimleri izlenerek tüketim oranlarına göre talep ve dağıtım yönetimi gerçekleşir. Sayaç okumaları için personel ihtiyacı ortadan kalktığı gibi sayaç okumalarında kullanılan araçların olmaması personel maliyetini azaltılır ve yakıt tasarrufu sağlanır. Daha iyi şirket güvenilirliği sağlanır. Tüketicilerin, sayaç üzerinden enerjilerinin açılması ve kesilmesi işlemleri, merkezdeki bilgisayar üzerinden anında ve kolay yapılması sağlanır.

Benzer şekilde, OSOS kullanılması elektrik enerjisini tüketen kullanıcıya da faydalar sağlar. Tüketicinin tüketmiş olduğu elektrik enerjisi miktarı net olarak bilinir. Dolayısıyla açık ve doğru bir faturalandırma yapılır. Otomatik kesinti bilgisi sistemden gönderileceği için bundan daha hızlı önlem alınır. Daha iyi ve daha hızlı müşteri hizmetleri sağlanır. Tüketici, yüksek bir fatura almadan önce potansiyel yüksek tüketimi görebilmektedir.

Elektrik dağıtım şebekelerinde meydana gelen teknik olmayan enerji kayıplarının daha çok maddi durumu iyi olmayan tüketicilerin yaşadığı kırsal kesimlerde olduğu bir gerçektir. Ayrıca elektrik enerjisi üretiminde dışa bağımlı bir ülke

olmamız nedeniyle üretim maliyetinin yüksek olması bir etkidir. Ülkemiz gibi gelişmekte olan ülkelerde enerjide dışa bağımlılığı azaltmak ve elektrik enerjisi üretimindeki maliyetin düşürülmesi için yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla faydalanılması bir çözüm olarak görülebilir. Özellikle çatı üstü güneş enerjisi üretim tesisleri gibi dağıtılmış üretim, hem elektriğe erişimi iyileştirmede hem de teknik olmayan enerji kayıplarının azaltılmasında önemli bir role sahiptir. Ayrıca elektrik dağıtım şebekelerinde tüketilen enerjiyi tespit etmek için OSOS kullanımının yaygınlaştırılması, gelecekte enerji verimliliği için büyük katkı sağlanması beklenmektedir.

Elektrik dağıtım şebekelerinde OSOS uygulamaları yaygınlaştırılmasıyla, tüketiciler tarafından tüketilen günlük, haftalık, aylık ve yıllık enerji tüketim verileri değerlendirilebilir. Böylece aynı dağıtım bölgesi için daha sonraki dönemlerde ihtiyaç duyulan enerji ihtiyacı rahatlıkla tahmin edilebilir.

PLC sayaçlarının teknik olmayan enerji kayıplarının azaltılmasındaki önemi dikkate alınarak OSOS stratejisi belirlenmeli ve planlı olarak yaygınlaştırmasının başlatılması için ihtiyaç duyulan çalışmalar hızlandırılmalıdır. Yapılan çalışmalarda yalnızca bir dağıtım şirketi için değil toplam fayda düşünülerek, piyasadaki tüm paydaşların aynı oranda kendilerine düşen sorumlulukların yerine getirmesini sağlayacak ortamlar oluşturulması gerekir. Yapılan tez çalışması; elektrik şebekelerinde oluşan enerji kayıpları konusu üzerinde çalışma yapan araştırmacılara, yapacakları çalışmalara fayda sağlayacak niteliktedir.

## KAYNAKLAR

- [1] E. Dalmiş, "Otomatik sayaç okumada PLC sisteminin teknik olmayan enerji kayıplarının azaltılmasına ve enerji verimliliğine etkisi", Yüksek Lisans tezi, Fen Bil. Ens., Van Yüzüncü Yıl Üniv., Van, Türkiye, 2022.
- [2] Z. Mertoğlu ve S. S. Tezcan , "Kaçak elektrik kullanımının enterkonnekte sisteme etkileri", *El-Cezeri*, cilt. 6, sayı. 3, ss. 571-584, 2019, doi:10.31202/ecjse.558485
- [3] Ş. Karaaslan, "Web tabanlı otomatik sayaç okuma sistemi", Yüksek Lisans tezi, Fen Bil. Ens., Fırat Üniv., Elazığ, Türkiye, 2019.
- [4] B. Kocaman ve V. Tümen, "Detection of electricity theft using data processing and LSTM method in distribution systems". *Sadhana-Academy Proceedings In Engineering Sciences*, vol. 45, no.1, pp.1-10, 2020, doi: <https://doi.org/10.1007/s12046-020-01512-0>
- [5] H. F. Alp, "OSOS'un elektrik kayıp kaçak oranlarının azaltılmasına yönelik etkisi: Siirt ili Çal ve Dumlupınar mahalleleri örneği", Yüksek Lisans tezi, Fen Bil. Ens., Siirt Üniv., Siirt, Türkiye, 2021.
- [6] E. Yıldız ve N. Çetinkaya, "Elektrik güç sistemlerindeki kaçak kullanımların yapay sinir ağları ile tahmini", *Journal of Investigations on Engineering & Technology*, vol. 5, no. 1, ss.1-10, 2022, <https://dergipark.org.tr/en/pub/jiet/issue/71006/1090210>
- [7] M. H. A. Ali, "Automated energy meter reading by using radio frequency technology", Master thesis, Sudan University of Science and Technology College of Graduate Studies, 2015.
- [8] A. T. Özdemir, "Otomatik sayaç okuma sistemlerinde GPRS kullanımı", Yüksek Lisans tezi, Fen Bil. Ens., Erciyes Üniv., Kayseri, Türkiye, 2004.
- [9] L. Kılıç, "Harmoniklerin endüstriyel güç kalitesi ve enerji verimliliğine etkisi üzerine bir saha incelemesi ve uygulaması", *Trakya Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, cilt. 23, sayı. 2, ss. 73-84, 2022. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2432565>

- [10] “Enerji verimliliği haftası devam ediyor.”<https://onurenerji.com.tr/haberler/enerji-verimliliği-haftası-devam-ediyor/> (erişim tarihi Nisan 12, 2023).
- [11] M. A. Akanca, “Elektrik enerjisi şebekelerinde esnek güç yönetimi ve bir uygulama örneği”, Yüksek Lisans tezi, Fen Bil. Ens., Celal Bayar Üniv., Manisa, Türkiye, 2013.
- [12] K. Kavak, “Dünya’da ve Türkiye’de Enerji Verimliliği ve Türk Sanayiinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi,” Uzmanlık Tezi, Ankara, DPT (Devlet Planlama Teşkilatı –DPT) İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü, Ankara, 2005.
- [13] M. Naimoğlu ve M. Akal, “Enerji verimliliği üzerine arz ve talep yönlü genel bir bakış”,*Verimlilik Dergisi*, cilt.3, sayı. 1, ss. 3-20, 2021.
- [14] A. Alanlı, “Türkiye’de Enerji Verimliliğine Yönelik Politikaların Değerlendirilmesi”,*Şırnak Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, cilt. 3, sayı.1, ss.1-18, 2022.
- [15] Ş.V. Ediger, “National energy report of Turkey. Paper presented at the AASA (America Association of School Administrators) Beijing Workshop on Sustainable Energy Development in Asia Beijing, Beijing,” China, 2008.
- [16] Y. A. Çengel, “ Energy Efficiency as an Inexhaustible Energy Resource with Perspectives from the U.S. and Turkey”,*International Journal of Energy Research*, vol. 35, no. 1, pp. 153–154, 2001.
- [17] H. Duman ve T. Aydoğan, “ Elektronik-elektrik sayaç verilerinin optik porttan gömülü sistem geliştirme kartları ile okunması”, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, cilt.42, no.1, ss.27-36, 2019.
- [18] “Türkiye’nin enerji verimliliği haritası ve hedefler.” <https://www.tacs.eu/tr/enerji/turkishs-energy-efficiency-assessments-and-targets-in-turkish.pdf> (erişim tarihi Şubat 5, 2023).
- [19] H.F. Alp, “OSOS’un Elektrik Kayıp Kaçak Oranlarının Azaltılmasına Yönelik Etkisi: Siirt İli Çal Ve Dumlupınar Mahallelerine Örneği,” Yüksek Lisans tezi, Fen Bil. Ens., Siirt Üniv. Siirt, Türkiye, 2021.
- [20] B. Kocaman, *Elektrik Enerjisi Üretimi*, Birsan Yayınevi, İstanbul, 2017.

- [21] İ. Güneş, “Elektrik dağıtım şirketlerinde kayıp ve kaçağın incelenmesi”, Yüksek Lisans tezi, Cerrahpaşa lisansüstü eğitim Ens., İstanbul Üniv., İstanbul ,Türkiye, 2019.
- [22] “Electrical Power System Components.” <http://electricala2z.com/electrical-power/electrical-power-system-components-operation/> (erişim tarihi:13.03.2023)
- [23] C. Yaşar, Y. Aslan ve T. Biçer, “Bir dağıtım transformatörü bölgesindeki kayıpların incelenmesi”,*Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, cilt. 22, sayı. 1, ss. 9-22,2010, <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/440200>.
- [24] J. Rong, L. Rongxing, W. Ye, L. Jun, S. Changxiang and S. Xuemin (Sherman), “Energy-theft detection issues for advanced metering infrastructure in smart grid”, *Tsinghua Science And Technology*, vol. 19, no. 2, pp.105-120, 2014.
- [25] K. Amir, H. S. Hossein, G. Mehran, and D. Hosein, “Distribution Loss Reduction In Residential And Commercial Pilots By Using AMI System”, *24th International Conference & Exhibition on Electricity Distribution (CIRED)*, 2017, pp.1711-1714.
- [26] S. Muhammad, F. Z. Muhammad and A. Fahad, “An Efficient Electricity Theft And Fault Detection Scheme In Distribution System”, *Sci.Int.(Lahore)*, vol. 28, no.4, pp. 3531-3534, 2016.
- [27] R. Prabhu, A. Geetha, P. Vadivelan and L. Ilayabharathy, “Smart Energy Meter with GSM Technology and Self Thermal Printing Technology”, *International Journal of Emerging Technology In Computer Science And Electronics (IJETCSE)*,vol. 12, no.1, pp. 58-66, 2014.
- [28] H. Çakır, *Elektrik Şebeke Kayıpları*. İkinci Baskı. Türkiye Birsen Yayınevi, 1995.
- [29] S. Pande and J.G. Ghodekar, “Computation of technical power loss of feeders and transformers in distribution system using load factor and load loss factor”,*International Journal of Multidisciplinary Sciences and Engineering*, Vol. 3, No. 6, pp. 22-25, 2012.
- [30] B. Kocaman ve R. Kutlu , "Bitlis İlindeki Elektrik Enerjisi Dağıtım Kayıplarının İncelenmesi", *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, c. 5, sayı. 2, ss. 229-237, 2016, doi:10.17798/bitlisfen.282257.

- [31] M. Göçer, “GPRS ile uzaktan sayaç okuma uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya,2005.
- [32] R. R. González, M. J. Jiménez, and M. C. G. Quintero, “Computational intelligent approaches for non-technical losses management of electricity,” *Energies*, vol. 13, no. 9, pp. 2393–2418, 2020.
- [33] P. F. M. Simões, R. C. Souza, R. F. Calili, and J. F. M. Pessanha, “Analysis and short-term predictions of non-technical loss of electric power based on mixed effects models,” *Socio-Econ. Planning Sci.*, vol. 71, no.1, pp. 100804–100811, 2020.
- [34] F. P. Santilio, R. V. A. Monteiro, A. B. de Vasconcellos, N. E. Cortez, R. Quadros, and A. de P. Finazzi, “Non-technical losses detection: an innovative non-neutral detector device for tampered meters,” *Journal of Control, Automation and Electrical Systems.*, vol. 31, no. 2, 2020.
- [35] S. Chen, T. Zhan, C. Huang, J. Chen, and C. Lin, “Nontechnical loss and outage detection using error-based fuzzy petri nets in micro-distribution systems”, *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 6, no. 1, pp. 411–420, 2015.
- [36] H. O. Henriques, R. L. S. Corrêa, M. Z.Fortes, B. S. M. C.Borba and V. H. Ferreira, “Monitoring technical losses to improve non-technical losses estimation and detection in LV distribution systems”. *Measurement*, vol.161, no.1, pp.107840, 2020.doi:10.1016/j.measurement.2020.107840.
- [37] A. Karabiber, “Detecting and pricing nontechnical losses by using utility power meters inelectricity distribution grids,*Journal of Electrical Engineering & Technology*, vol. 4, no. 5, pp. 1933–1942, 2019.
- [38] N. C. B. Lekini, B. Ndzana, H. Oumarou and F. L. Fippo, “Detection and solutions for nontechnical losses in cameroon electricity network”, *American Journal of Engineering and Applied Sciences*, vol.11, no.1, pp.166-185, 2018.
- [39] T. Jothi, S. Arumugam and K.K. Senthamarai, “Detection of non-technical losses in power distribution using regression analysis, *International Journal of Computer Engineering & Technology (IJCET)*, vol.9, no.3, pp. 233–240, 2018.
- [40] D. Carr and M. Thomson, “Non-technical electricity losses”, *Energies*, vol.15, no.6, pp.1-14, 2022, [https:// doi.org/10.3390/en15062218](https://doi.org/10.3390/en15062218)

- [41] B. Kocaman, “Electricity Theft Detection Techniques and Reduction Methods in Energy Distribution System”, *Journal of Scientific and Engineering Research*, vol. 7, no. 2, pp.116-123,2020.
- [42] B. Kocaman, “Electricity Theft Detection Methodology using Energy Consumption Data of Residential Consumers”, *Journal of Scientific and Engineering Research*, vol. 7, no. 5, pp.115-122, 2020.
- [43] P. Deschamps and Y. Taravel, “Reduction of Technical and Non-Technical Losses in Distribution Networks, International Conferenceon Electricity Distribution”, Final report, Working Group on Losses Reduction CIRED WG CC-2015-2, 2017.
- [44] Ş. Karaarslan, “Web Tabanlı Otomatik sayaç okuma Sistemi” , Yüksek Lisans tezi, Fen Bil. Ens., Fırat Üniv, Elazığ, Türkiye, 2019.
- [45] M. H. A. Ali, “Automated Energy Meter Reading by Using Radio Frequency Technology, Master Thesis, Sudan University of Science and Technology College of Graduate Studies, Sudan, 2015.
- [46] R. Bayındır ve K. Demirtaş, “Akıllı Şebekeler: Elektronik Sayaç Uygulamaları”, *Politeknik Dergisi*, cilt.17, sayı. 2, ss. 75-82, 2014.
- [47] T. Khalifa, K. Naik and A. Nayak, “Survey of communication protocols for automatic meter reading applications”, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 13, no. 2, pp. 168-82, 2010.
- [48] H. Şahin, “Elektronik sayaçlarda kullanılmak üzere uzaktan GPRS modül ile elektronik elektrik sayacı okuma uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniv, Ankara, Türkiye, 2007.
- [49] B. Ö. Sezgin, “Otomatik Sayaç Okuma Sisteminin Enerji Verimliliğine Etkisi” , Yüksek Lisans tezi, Fen Bilimler Enstitüsü, Gazi Üniv, Ankara, Türkiye, 2018.
- [50] TEDAŞ, “Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş, Elektronik Elektrik Sayacı Teknik Şartnamesi”, 2019.
- [51] Ş. Karaaslan, “WEB tabanlı otomatik sayaç okuma sistemi” Yüksek Lisans tezi, Fen Bil. Ens., Fırat Üniv, Elazığ, Türkiye, 2019.

- [52] B. Güçlü, H. C. Bayrakçı ve A. A. Süzen, "Elektrik sayaçlarının uzaktan okunması ve enerji analizi", *Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi*, vol. 10, no. 3, pp. 27-39, 2019.
- [53] Ö. B. Sezgin, M.C. Taplamacıoğlu and N. Akçam, "Automatic Meter Reading (AMR) System and Application of Esenboga Airport", Published in 5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science 29-30 September 2017 (ISITES2017 Baku - Azerbaijan), 2017, pp.1603-1612.
- [54] M. J. I. Mozumder and S. Ghosh, IoT Based Automatic Electricity Monitoring and Remote Load Control System using PIC18F4550, *IEEE Conference, ICCCNT*, 2018, pp. 1-4.
- [55] "The complete guide to smart automated meter reading infrastructure." <https://smartertechnologies.com/guides/smart-amr-meter-reading-systems-for-water-gas-electricity/> (erişim tarihi:13.03.2023).
- [56] F. Üstünsoy, H. Sayan ve A. Saygın, "AG Dağıtım Şebekelerinde Kaçak Kullanımın Tespiti ve Otomatik Faturalama İçin Örnek Laboratuvar Çalışması", *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, cilt. 6, sayı.1, ss 1178-1189, 2018.
- [57] T. Jamil,"Design and implementation of a wireless automatic meter reading system,*Proceedings of the World Congress on Engineering Vol I WCE 2008*, 2008, pp. 1-5.
- [58] R. Neilson, "The Sum and Sustance: An overview of AMR Solutions,Application and Benefits, Itron Technology Report, 1999.
- [59] B. Güçlü, H. C. Bayrakçı and A. A. Süzen , "Elektrik sayaçlarının uzaktan okunması ve enerji analizi", *Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi*, cilt. 10, sayı. 3, ss. 27-39, 2019.
- [60] M. F. Yetişken, "Elektrik sayaçlarını uzaktan okuma teknikleri ve prototip geliştirme", Yüksek Lisans tezi, Fen Bil. Ens., Sakarya Üniv, Sakarya, Türkiye, 2010.
- [61] M. Demir, "Elektrik Sayaçlarının GPRS ile Uzaktan Okunması" , Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2006.

- [62] M. Bal, “Yüksek gerilim enerji iletiminde korona kayıpları”, Yüksek Lisans tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 2010.
- [63] S. Rinaldi, P. Ferrari, A. Flammini, M. Rizzi, E. Sisinni and A.Vezzoli, “Performance analysis of power line communication in industrial power distribution network”, *Computer Standards & Interfaces*, vol. 42, no.1, pp. 9–16, 2015.
- [64] M. S. H. Nazmudeen, A.T Wan and S. M. Buhari, “Improved throughput for power line communication (PLC) for smart meters using fog computing based data aggregation approach”, *IEEE International Smart Cities Conference (ISC2)*, 2016, pp.1-4.
- [65] Y. M Chung, Performance Comparisons of Broadband Power Line Communication Technologies *Applied. Sciences*. 2020, vol.10, no.9, pp. 1-21,2020.<https://doi.org/10.3390/app10093306>
- [66] K. Sharma, and L. M. Saini, “Power-line communications for smart grid: progress, challenges, opportunities and status”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 67, no.1, pp.704-751, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.019>
- [67] A. R. Ndjiongue and H. C. Ferreira, “Power line communications (PLC) technology: More than 20 years of intense research”, *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, vol.30, no.7, pp. 1-20, 2019. <https://doi.org/10.1002/ett.3575>
- [68] B. Kocaman, "Teknik olmayan enerji kayıplarının azaltılmasında PLC sayaçlarının önemi", *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, cilt. 7, sayı. 2, ss. 220-230, 2018, doi:10.17798/bitlisfen.420198.
- [69] K. Dhawad, S. S. Patil, J. Tamatta and D. Pukale, “Real time distribution line energy theft detection using power line communication”, *International Journal of Electronics, Electrical and Computational System IJEECS*, vol.7, no.4, pp.64-68, 2018.
- [70] O. Kaynar, “AC güç hattı üzerinde veri iletimi”, Yüksek Lisans tezi, Fen Bil. Ens., Erciyes Üniv., Kayseri, Türkiye, 1996.

- [71] R. Nicholson and J. A. Malack, "RF impedance of power lines and line impedance stabilization network in conducted interference measurements", *IEEE-Transactions on Electromagnetic Compatibility*, vol. 12, no.2, pp 8486, 1973.

