# TÜKETİM SAYAÇLARINDA M-BUS STANDARTLARININ UYGULANMASININ GELENEKSEL METOTLARA GÖRE AVANTAJLARI

Beste KARACA
191403104

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Endüstri Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı
Dr. Ögr. Üyesi İlkün ORBAK

İstanbul
T.C. Maltepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Şubat, 2023

# TÜKETİM SAYAÇLARINDA M-BUS STANDARTLARININ UYGULANMASININ GELENEKSEL METOTLARA GÖRE AVANTAJLARI

Beste KARACA
191403104
ORCID: 0000-0001-5599-8662

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Endüstri Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı
Dr. Ögr. Üyesi İlkün ORBAK

İstanbul
T.C. Maltepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Şubat, 2023



# JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Bu belge, Yükseköğretim Kurulu tarafından 19.01.2021 tarihli "Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge" ile bildirilen 6698 Sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu kapsamında gizlenmiştir.

# ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI

Bu belge, Yükseköğretim Kurulu tarafından 19.01.2021 tarihli "Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge" ile bildirilen 6698 Sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu kapsamında gizlenmiştir.

# TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca bilgi ve tecrübeleri ile desteğini esirgemeyen tez danışmanım, Sayın Dr. Ögr. Üyesi İlkün ORBAK'a,

Bu çalışmanın hazırlanmasında teknik imkânlarından faydalanmama izin veren "Bestka Mühendislik Müşavirlik Yönetim ve Servis Ltd. Şti." yönetimine,

Ve bana bu fırsatı verdikleri için "Maltepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü" öğretim görevlilerine sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Beste KARACA

Şubat, 2023

# ÖZET

## TÜKETİM SAYAÇLARINDA M-BUS STANDARTLARININ UYGULANMASININ GELENEKSEL METOTLARA GÖRE AVANTAJLARI

Beste Karaca
Yüksek Lisans Tezi
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Endüstri Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı
Dr. Ögr. Üyesi İlkün Orbak
Maltepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 2023

Enerji ve su kaynaklarının verimli kullanımının en önemli kriterlerinden biride bu kaynakların tüketiminin ölçülmesi olmuştur. Bu bağlamda icat edilen tüketim sayaçları teknolojinin gelişmesine paralel olarak çeşitli evrimlerden geçmiştir. Sayaçlardan veri almada en önemli ihtiyaç aralarında mesafeler bulunan pek çok sayacın kısa sürede ve doğru okunma zorluğu olmuş ve teknolojinin gelişmesi ile birlikte bu problemin en ekonomik ve etkili olarak çözülmesine yönelik standart ve protokoller geliştirilmiştir.

Günümüzde son teknolojiye göre otomatik olarak anlık ölçümleme ve veri kaydı yapan tüketim sayaçlarına kısaca akıllı sayaç, otomatik olarak sayaçlardan veri alarak bu verileri enerji ve su tedarik şirketlerine aktaran sistemlere ise otomatik sayaç okuma (AMR - Automatic Meter Reading yâda OSO) sistemleri denilmektedir.

M-Bus standartları ve AMR sistemlerine ait literatürler incelenerek yapılan bu tez çalışmasında; tüketim sayaçlarında ve sayaç okuma sistemlerinde M-Bus standartlarının uygulanmasıyla teknolojik gelişimler ve bunların geleneksel tüketim sayaçlarından veri alma metotlarına göre avantajları anlatılmaktadır.

**Anahtar Kelimeler :** Akıllı Sayaçlar, Otomatik Sayaç Okuma OSO sistemleri, Akıllı Ölçüm, M-BUS standartları, Geleneksel ölçüm, Geleneksel Sayaçlar

# ABSTRACT

## ADVANTAGES OF IMPLEMENTING M-BUS STANDARDS IN CONSUMPTION METERS OVER TRADITIONAL METHODS

Beste Karaca
Master's Thesis
Department Of Industrial Engineering
Industrial Engineering Master's Program with Thesis
Dr. Inst. Member İlkün Orbak
Maltepe University Graduate Education Institute, 2023

One of the most important criteria for the efficient use of energy and water resources has been the measurement of the consumption of these resources. Consumption meters invented in this context have undergone various evolutions in parallel with the development of technology. The most important need in obtaining data from meters has been the difficulty of reading many meters with distance between them in a short time and accurately, and with the development of technology, standards and protocols have been developed to solve this problem in the most economical and effective way.

Today, consumption meters that automatically measure and record data automatically according to the latest technology are called smart meters, and systems that automatically receive data from meters and transfer this data to energy and water supply companies are called automatic meter reading (AMR - Automatic Meter Reading or OSO) systems.

In this thesis study, which was conducted by examining the literatures on M-Bus standards and AMR systems; Technological developments with the application of M-Bus standards in consumption meters and meter reading systems and their advantages over traditional consumption meters data acquisition methods are explained.

**Key words** **:** Smart meters, Automatic Meter Reading AMR systems, Smart Metering, M-BUS standards, Traditional Metering, Traditional Meters

# İÇİNDEKİLER

JÜRİ ve ENSTİTÜ ONAYI ..... ii
ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI ..... iii
TEŞEKKÜR ..... iv
ÖZET ..... v
ABSTRACT ..... vi
İÇİNDEKİLER ..... vii
TABLOLAR LİSTESİ ..... xi
ŞEKİLLER LİSTESİ ..... xii
KISALTMALAR LİSTESİ ..... xv
SİMGELER LİSTESİ ..... xvii
1. GİRİŞ ..... 1
1.1. Problem ..... 2
1.2. Amaç ..... 3
1.3. Önem ..... 3
1.4. Varsayımlar ..... 6
1.5. Sınırlılıklar ..... 8
1.6. Tanımlar ..... 8
2. YÖNTEM ..... 11
2.1. Araştırma Modeli ..... 12
2.2. Veriler ve Toplanması ..... 12
2.3. Verilerin Çözümlenmesi ve Yorumlanması ..... 12
3. AMR / AMI AKILLI SAYAÇ OKUMA SİSTEMLERİ ..... 13
3.1. Giriş ve Tarihçe ..... 13

3.2. AMR Sistemleri Genel Bilgiler ..... 16
3.3. AMI Sistemleri Genel Bilgiler ..... 16
3.4. AMR / AMI Sistemlerinin Katman ve Yapıları ..... 17
3.4.1. AMR / AMI sistemleri sayaç katmanı (akıllı sayaçlar) ..... 19
3.4.2. AMR / AMI haberleşme katmanı ..... 19
3.4.2.1. PLC haberleşme ..... 19
3.4.2.2. GPRS haberleşme ..... 21
3.4.2.3. Hibrit fiber - koaksiyel haberleşme ..... 21
3.4.2.4. Radyo (RF) haberleşme ..... 21
3.4.2.5. Görüntü işleme teknikli sistem ..... 23
3.5. AMR / AMI Sistemlerinin Avantajları ..... 24
3.5.1. Doğal kaynakların kullanımı açısından avantajlar ..... 25
3.5.2. Kayıp-kaçak oranları yönünden avantajlar ..... 25
3.5.3. Maliyetler açısından avantajlar ..... 25
3.5.4. Veri güvenliği yönünden avantajlar ..... 25
3.5.5. Tahakkuk sistemi açısından avantajlar ..... 26
3.5.6. Müşteri, işletmeci ve kamu açısından avantajlar ..... 26
4. SAYAÇLAR (GELENEKSEL ve AKILLI SAYAÇLAR) ..... 28
4.1. Geleneksel Sayaçlar ..... 28
4.2. Akıllı Sayaçlar ..... 29
4.3. Ön Ödemeli Sayaçlar ..... 29
4.3. Konutlarda Kullanılan Sayaçlar ..... 30
4.3.1. Su sayaçları ..... 31
4.3.1.1. Deplasmanlı / volumetrik mekanik su sayaçları ..... 32
4.3.1.2. Hız esaslı mekanik su sayaçları ..... 33
4.3.1.3. Ultrasonik su sayaçları ..... 34

4.3.1.4. Elektromanyetik su sayaçları (magmetreler) ..... 35
4.3.2. Isı sayaçları (kalorimetreler) ..... 35
4.3.2.1. Mekanik ısı sayaçları / mekanik kalorimetreler ..... 36
4.3.2.2. Ultrasonik ısı sayaçları / ultrasonik kalorimetreler ..... 36
4.3.3. Pay ölçerler ..... 37
4.3.4. Gaz sayaçları ..... 37
4.3.4.1. Körüklü gaz sayacı ..... 38
4.3.4.2. Rotary gaz sayacı (rotarymetre) ..... 39
4.3.4.3. Türbin gaz sayacı (türbinmetre) ..... 39
4.3.5. Elektrik sayaçları ..... 40
4.3.5.1. Elektromekanik elektrik sayaçları ..... 42
4.3.5.2. Elektronik elektrik sayaçları ..... 46
5. SERİ VERİ YOLU SİSTEMLERİNİN TEMELLERİ ..... 49
5.1. Uygulamalar ve Tanımlar ..... 49
5.2. Veri Yolu Sistemlerinin Temel İşlevleri ..... 50
5.3. Erişim Teknikleri ..... 51
5.4. OSI Referans Modeli ..... 52
6. M-BUS (METER-BUS) SİSTEMİ ..... 56
6.1. Genel Bilgiler ..... 56
6.2. Tüketim Sayaçlarında Bus (Ortak Yol) Sistemi Gereksinimleri ..... 56
6.3. OSI Modelinde M-Bus (Meter - Bus) Sistemi ..... 57
6.4. M-Bus Çalışma Prensipleri (Kablolu – Kablosuz) ..... 58
6.4.1. Kablolu m-bus ..... 59
6.4.1.1. Birincil adresleme ..... 61
6.4.1.2. İkincil adresleme ..... 62
6.4.2. Kablosuz m-bus ..... 62

6.5. M-Bus Ağlarında Sistem Bileşenleri ..... 63
6.5.1. M-Bus master ..... 63
6.5.2. M-Bus terminal (Slave) cihazları ..... 64
6.5.3. M-Bus modül / pals (darbe) çevirici ..... 65
6.5.4. M-Bus repeater (tekrarlayıcı) ..... 65
6.5.5. M-Bus sayaç verilerinin alınması ..... 65
6.5.5.1. Geleneksel manuel, merkezi lokal m-bus veri alma ..... 66
6.5.5.2. Manuel olarak uzaktan GSM/GPRS modemle m-bus veri alma ..... 66
6.5.5.3. Sunucudan uzaktan GSM/GPRS modemle m-bus veri alma ..... 67
6.5.5.4. Datalogger - gateway ile uzaktan otomatik m-bus veri alma ..... 67
6.5.5.5. Lokal walk-by RF'le (RF ile lokal - mobil) m-bus veri alma ..... 68
6.5.5.6. Sunucudan (lokal – bulut) walk-by RF'le m-bus veri alma ..... 69
6.5.5.7. Sunucudan datalogger - gateway ile RF m-bus veri alma ..... 69
6.5.6. M-Bus veri merkezi ..... 70
6.5.7. M-BUS sistemlerinin kullanımının kullanıcılar açısından faydaları ..... 70
7. ÖRNEK ÇALIŞMA ..... 71
7.1. Amaç ..... 71
7.2. Açıklamalar ..... 71
7.3. Hizmet Maliyet Analizi Sonuçları ..... 73
7.4. Yatırım Maliyet Analizi Sonuçları ..... 74
7.5. Yatırımın Amortisman Süresi ..... 75
SONUÇ ve DEĞERLENDİRME ..... 76
KAYNAKLAR ..... 79
ÖZGEÇMİŞ ..... 88

# TABLOLAR LİSTESİ

**Tablo 1.** Ülkelerin gelişmişlik durumlarına göre su kaybı oranları ..... 4

**Tablo 2.** İşlevlerine göre OSI modeli katmanları ..... 53

**Tablo 3.** OSI modelinde m-bus katmanları ..... 58

**Tablo 4.** OSI modelinde yönetim katmanı ..... 58

**Tablo 5.** Proje bilgileri tablosu ..... 73

**Tablo 6.** Hizmet maliyet analizi tablosu ..... 74

**Tablo 7.** Geleneksel ve uzaktan AMR veri alma yatırım maliyetleri ..... 75

# ŞEKİLLER LİSTESİ

**Şekil 1.** Dünya üzerinde bulunan toplam su miktarı ve tatlı su ilişkisi ..... 4

**Şekil 2.** Türkiye'de sektörel enerji tüketimlerinin yıllar itibariyle değişimi ..... 5

**Şekil 3.** AMR/AMI su, gaz, elektrik ve ısı akıllı ölç. sist. ..... 15

**Şekil 4.** AMR / AMI sistemleri temel birimleri ..... 17

**Şekil 5.** AMR / AMI sistemleri katmanlar ..... 18

**Şekil 6.** PLC haberleşmeli AMR / AMI uygulaması ..... 20

**Şekil 7.** AMR / AMI, PLC sistem ağ topolojisi ..... 20

**Şekil 8.** Radyo (RF) haberleşmeli AMR / AMI uygulaması ..... 22

**Şekil 9.** Radyo (RF) sayaç okuma teknikleri ..... 22

**Şekil 10.** Görüntü işleme teknikli AMR uygulaması ..... 23

**Şekil 11.** Sayaç okuma programı, görüntü İşleme alanı örneği ..... 24

**Şekil 12.** Görüntü İşleme çözümleme programı ekran görüntüsü ..... 24

**Şekil 13.** Karma AMR / AMI Sistemi ..... 27

**Şekil 14.** Geleneksel sayaçlar ..... 28

**Şekil 15.** Akıllı sayaçlar ..... 29

**Şekil 16.** Ön ödemeli elektrik sayacı ..... 30

**Şekil 17.** Konutlarda kullanılan ısı ve su sayaçları ..... 31

**Şekil 18.** Volümetrik, mekanik su sayacı ..... 33

**Şekil 19.** Hız esaslı mekanik su sayacı iç yapısı ..... 33

**Şekil 20.** Ultrasonik su sayacı ..... 34

**Şekil 21.** Elektromanyetik su sayacı ..... 35

**Şekil 22.** Ultrasonik kalorimetre ..... 36

**Şekil 23.** Pay ölçer ..... 37

**Şekil 24.** Körüklü doğalgaz dayacı ..... 38

**Şekil 25.** Rotary tip doğalgaz sayaçları ..... 39

**Şekil 26.** Türbin tip doğalgaz sayaçları ..... 40

**Şekil 27.** Alternatif ve doğru akım elektrik sayaçları ..... 42

**Şekil 28.** Elektromekanik sayaç bileşenleri ..... 43

**Şekil 29.** Tek fazlı Elektromekanik – ind. aktif sayaç iç yapısı ..... 43

**Şekil 30.** Üç fazlı Elektromekanik – ind. aktif sayaç iç yapısı ..... 44

**Şekil 31.** Üç faz aktif - reaktif sayaç bağlantısı ..... 45

**Şekil 32.** Üç faz aktif – reaktif - kapasitif sayaç bağlantısı ..... 45

**Şekil 33.** Elektronik elektrik sayacı ön görünüş ve iç yapısı ..... 47

**Şekil 34.** Ağ topolojileri ..... 50

**Şekil 35.** Seri veri yolu sisteminin sınıflandırılması ..... 50

**Şekil 36.** OSI 7 Katmanlı başvuru modeli ve işlevleri ..... 53

**Şekil 37.** OSI modeline göre veri iletimi ..... 55

**Şekil 38.** M-Bus sistemi çalışma prensibi şeması..... 60

**Şekil 39.** M-Bus sisteminde temsili olarak bitler'in transferi ..... 61

**Şekil 40.** M-Bus master cihazı ..... 63

**Şekil 41.** M-Bus Mikro Master Cihazı ..... 64

**Şekil 42.** M-bus terminalleri – su ve ısı sayaçları ..... 64

**Şekil 43.** Pals giriş - m-bus çıkış çevirici ..... 65

**Şekil 44.** Geleneksel m-bus manuel lokal veri alma ..... 66

**Şekil 45.** Manuel GSM/GPRS modemle m-bus veri alma ..... 66

**Şekil 46.** Sunucu ve GSM/GPRS modemle m-bus veri alma ..... 67

**Şekil 47.** Datalogger - gateway ile m-bus veri alma ..... 68

**Şekil 48.** Lokal walk - by RF'le m-bus veri alma ..... 68

**Şekil 49.** Sunucu ve walk - by RF'le m-bus veri alma ..... 69

**Şekil 50.** Datalogger - gateway ile RF m-bus veri alma ..... 69

**Şekil 51.** Sıcak su ve ısı sayaçları ..... 72

**Şekil 52.** M-Bus sistem sayaç okuma donanımı ve sunucuda çalışan yazılım ..... 73

# KISALTMALAR LİSTESİ

**AMR / OSO** :Automatic Meter Reading / Otomatik Sayaç Okuma

**HES** :Home Electronic System / Ev Elektroniği Sistemi

**AMI** :Advanced Metering Infrastructure / Gelişmiş Ölçüm Altyapısı

**OSI** :Open System Interconnection / Açık Sistem Bağlantısı

**ISO** :International Organization for Standardization / Uluslararası Standardizasyon Örgütü

**TS** :Türk Standartları

**EN** :European Norm / Avrupa Normları

**TS** EN :Avrupa Normundan Tercüme edilmiş Standart

**GSM** :Global System for Mobile Connections / Mobil İletişim için Küresel Sistem

**IT** :Information Technology / Bilgi teknolojileri

**IoT** :Internet of Things / Nesnelerin interneti

**GPRS** :General Packet Radio Services / Genel Paket Radyo Servisleri

**HFC** :Hybrid Fiber–Coaxial / Hibrit Fiber - Koaksiyel

**DCU** :Data Converter Unit / Veri Çevirici Ünitesi

**LAN** :Local Area Network / Lokal (Yerel) Alan Ağı

**HAN** :Home Area Network / Ev Alan Ağı

**WAN** :Wide Area Network / Geniş Alan Ağı

**GAN** :Global Area Network / Küresel Alan Ağı

**PC** :Personal Computer / Kişisel Bilgisayar

**PLC** :Power Line Carrier / Elektrik hattı taşıyıcı

**PSTN** :Public Switched Telephone Network / Genel Aktarmalı Telefon Şebekesi

**CSMA** :Carrier Sense Multiple Access / Çoklu Erişim Taşıyıcı Algılama

**RF** :Radio Frequency / Radyo Frekansı

**TCP** :Transmission Control Protocol / İletim Kontrol Protokolü

**IP** :Internet Protocol / İnternet Protokolü

**USB** :Universal Serial Bus / Evrensel seri veri yolu

# SİMGELER LİSTESİ

| | |
|---|---|
| **BAUD** | İletilen sinyal birimi hızı yâda sinyal anahtarlama hızı birimi |
| **BIT** | Binary Digit / En küçük Veri birimi |
| **BYTE/BAYT** | 8 Bit'e Eşdeğer Veri Birimi |
| **RS-232** | Seri İletişim veri yolu standardı (Düşük hat kapasitansı için) |
| **RS-485** | Seri İletişim veri yolu standardı (Yüksek hat kapasitansı için) |
| **V** | Voltage/Volt (Elektrikte potansiyel fark yâ da Elektromotor kuvvet birimi). |
| **A** | Ampere / Amper (Akım şiddeti ölçü birimi) |
| **mA** | Mili Ampere / Mili amper (1/1000 Amper) |
| **VAC** | Alternating Current Voltage / Alternatif akım voltaj güç birimi |
| **Ω (Ohm)** | Elektrik akımına karşı iletkenin gösterdiği direnç birimi |
| **F (Farad)** | Elektrik sığası / kapasitansı birimi |
| **nF** | Nanofarad ($10^{-9}$ farad) |
| **Wh** | Vat saat (Enerji ölçü birimi) |
| **kWh** | Kilovat saat (Enerji ölçü birimi $10^3$ Wh) |
| **MWh** | Megavat saat (Enerji ölçü birimi $10^6$ Wh) |
| **J** | Jul (Enerji ölçü birimi 0,00028 Wh) |
| **kj** | Kilojul (Enerji ölçü birimi $10^6$ J) |
| **Mj** | Megajul (Enerji ölçü birimi $10^6$ J) |

**Gj** Gigajul (Enerji ölçü birimi $10^9$ J)

**Mj** Megajul (Enerji ölçü birimi $10^6$ J)

# 1. GİRİŞ

Günümüzde geleneksel sayaç okuma metotları yeterli olmamakta ve bu konuda geliştirilen uzaktan merkezi sayaç okuma sistemleri, enerjinin verimli bir şekilde dağıtımı, tüketimi, anlık sayaç arıza vs. bilgisi ve tüketim verilerinin eksiksiz alınmasında önemli bir avantaj sağlamaktadır.

Bu tez kapsamında; geleneksel sayaç okuma sistemlerinde yaşanan sorunlar ve M-Bus standartlarına göre üretilen tüketim sayaçlarıyla uzaktan merkezi sayaç okuma sisteminin geleneksel metotlara göre avantajları araştırılmıştır.

Bu tez çalışması 8 ana bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölümde tez konusuna genel giriş, tez araştırmasına gerekçe teşkil eden problem, konunun önemi, sınırlamalar ve inceleme yapılan sistemlerin genel tanımları bulunmaktadır.

İkinci bölüm araştırma yöntemleri, verilerin toplanması, çözümlenmesi ve yorumlanması üzerinedir.

Üçüncü bölümde "Uzaktan Otomatik Sayaç Okuma / Gelişmiş Ölçüm Altyapısı AMR / AMI sistemleri", tarihçesi ve AMR / AMI Sistem bileşenleri hakkında bilgi verilmiştir.

Dördüncü bölümde AMR / AMI temel katmanı olan Sayaçlar yer almakta, geleneksel ve akıllı sayaçlara ait bilgiler bulunmaktadır.

Beşinci bölümde seri veri yolu sistemleri, uygulamaları ve OSI katmanları hakkında bilgilendirme yapılmaktadır.

Altıncı bölümde AMR / AMI Sistemlerinde, tüketim sayaçları ile haberleşmede temel teşkil eden M-Bus standartları ve sistemleri ile ilgili bilgiler bulunmaktadır.

Yedinci bölümde bir toplu konut sitesinde geleneksel ve akıllı sayaçlardan veri toplanmasına yönelik, geleneksel ve uzaktan okuma maliyet avantajları üzerine örnek bir çalışma yer almaktadır.

Son bölüm olan sonuç ve değerlendirme kısmında ise yapılan tez çalışmasının değerlendirmesi bulunmaktadır.

### 1.1. Problem

Birçok ülkede günümüze kadar ve günümüz dede uzaktan otomatik sayaç okuma sistem yatırımı yapılmamış yerlerde geleneksel olarak, tüketim sayaçlarının okuma ve faturalandırması evden eve, binadan binaya operatörler yardımıyla yani insan faktörlü yapılmaktadır. Bu şekilde yapılan emek yoğunluklu sayaç okumaları uzun çalışma saatlerine maruz kalan operatör kaynaklı yüksek okuma ve veri işleme hataları ile yanlış ve geç gönderilen faturalama işlemlerine açıktır. Diğer taraftan sadece belirli bir periyotta yapılan bu sayaç okumalarında ara dönemlerdeki elektromekanik sayaç arızaları da bir sonraki sayaç okuma ve kontrolüne kadar yapılamamaktadır. Anlık sayaç okuyamama ve verilerin sayaç hafızasında tutulamaması da bir başka sorundu.

Dünyada yaşanan Covid-19 pandemisi ile birlikte yerinde yapılan insan faktörlü sayaç okumadaki problemler ve uzaktan otomatik okuma sistemlerinin önemi çok daha belirgin ortaya çıkmış AMR / AMI Sistemlerine olan yatırımlar hızlanmıştır.

Bu sorunlara ilaveten geleneksel sistemlerde yaşanan bir diğer problemde tüketicilerin daha düşük fatura bedeli ödemek için tüketim sayaçları ayarları ile oynaması, sayaçları manipüle etmesi ve operatörlerin bunun farkına varamaması yâda çok geç varmasıdır.

Doğal olarak tüm bu hata ve eksiklikler enerji ve su tedarik firmalarının finansal kaybına, belirli periyotta izlense de düzenli olarak gözlemlenemeyen tüketimler nedeniyle enerji ve su verimliliği açısından olumsuzluklara yol açmaktadır.

Bu sorunların çözümü ve uzaktan otomatik sayaç okuma sistemlerine öncü olan M-Bus, konut, ofis ve işyerlerindeki elektrik, gaz veya su tüketimini ölçmek için tüketim ölçme sayaçlarının uzaktan merkezi ve otomatik olarak okunmasına yönelik bir ev elektroniği sistem ihtiyacını karşılamak üzere geliştirilmiştir. Bu veri yolu, uzaktan kablolu – kablosuz veya pille beslenerek çalışan ölçüm sayaçlarının özel haberleşme gereksinimlerini karşılar.

Sayaçlar sorgulandıklarında periyodik aralıklarla topladıkları verileri, örneğin bir binadaki tüm sayaçlardaki verileri almak için hatta entegre edilmiş sabit bilgisayar yâda gezici el bilgisayarı gibi veri toplayıcıya iletirler. Verileri uzaktan merkezi olarak toplamanın diğer alternatif bir yöntemi, sayaç verilerini bir modem aracılığıyla bir veri toplama merkezine iletmektir.

M-Bus kullanımıyla ev elektroniği sistemlerindeki diğer olası uygulamalar, tesisatların otomatik açma – kapama kontrolü ile esnek aydınlatma, ısıtma, su kontrolü ve alarm sistemleridir. M-Bus okuma sistemleri diğer geleneksel sistemler ile kıyaslandığında maliyet, doğruluk ve işlevsellik açısından daha avantajlı bir yapı göstermektedir. Bu vesileyle uzaktan otomatik sayaç okuma AMR / AMI sistemlerinin yaygınlaşmasını sağlayan M-Bus standartlarına yönelik sayaç okuma sistem yatırımları birden çok sayaçlardan bilgi alışverişi sağlanması yönünde toplu konutlar için kaçınılmaz bir yatırım olmuştur. (Papenheim, Ziegler ve Bories, 1993), (Texas Inst., 1994)

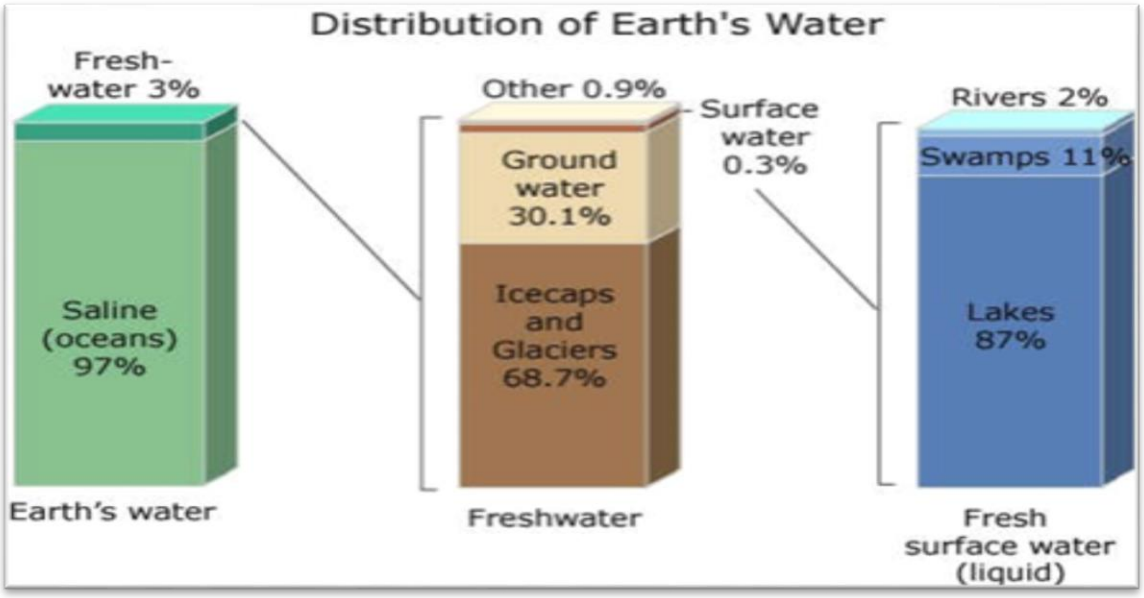
## 1.2. Amaç

Bu tez çalışması, enerji ve su kaynaklarının verimli kullanılmasına yönelik tüketicilerin bilinçlendirilmesi, enerji ve su tedarik firmalarının kayıp, kaçak ve bakım – onarım maliyetlerinin düşürülmesi, enerji ve su tüketim verilerinin anlık sağlıklı temini ile enerji verimliliğini arttırmaya yönelik projeler geliştirilmesi vb. gibi etkenler açısından;

M-Bus standartları ile hayatımıza giren akıllı sayaç ve akıllı ölçüm sistemlerinin getirdiği avantajları ve ekonomik etkilerini analiz etmeyi amaçlamaktadır.

## 1.3. Önem

Canlıların, yaşamsal faaliyetlerinin temel gereksinimi olan suyun dünyadaki toplam miktarı yaklaşık 1,36 milyar olup bu miktarın yaklaşık % 97'si tuzlu su, % 3'ü ise tatlı sudur. Tatlı suyun %90'ının kutuplarda ve yeraltında bulunması göz önünde bulundurulduğunda insanoğlunun kolaylıkla yararlanabileceği elverişli tatlı su miktarının ne denli az ve kısıtlı olduğu görülmektedir. (Gök, Dağlar, Çelik ve Bacınoğlu, 2017)



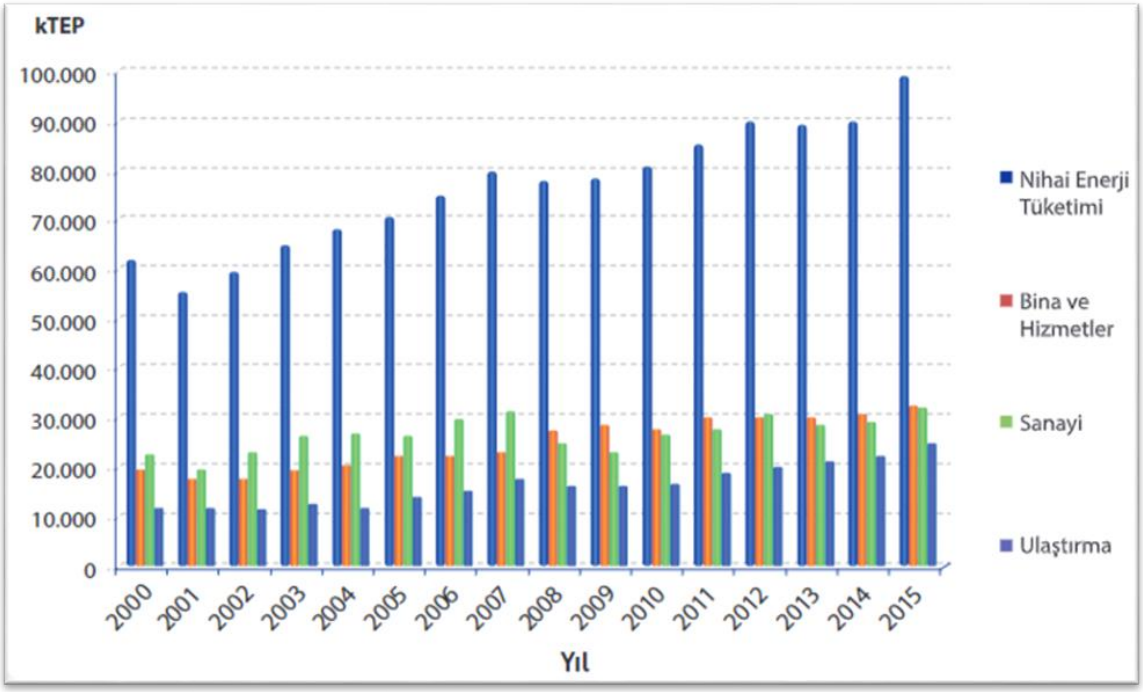

**Şekil 1.** Dünya üzerinde bulunan toplam su miktarı ve tatlı su ilişkisi (Gleick, 1996)

**Tablo 1.** Ülkelerin gelişmişlik durumlarına göre su kaybı oranları (Gök, Dağlar, Çelik ve Bacınoğlu, 2017)

| GELİŞMİŞLİK DURUMLARI | SU KAYBI ORANLARI |
|---|---|
| Gelişmiş Ülkelerde | % 8-24 |
| Yeni Sanayileşen Ülkelerde | % 15-24 |
| Gelişmekte Olan Ülkelerde | % 24-45 |
| Su Kaybı İçin Kabul Edilebilir Sınır Değer | % 10 |

Enerji tüketimi tarafında, (Yigm, 2018), (Evçed, 2018) referanslarına göre bina sektörünün dünya genelinde nihai enerji tüketimindeki payı %30'u, küresel elektrik tüketimindeki payı ise %50'yi geçmiş olup küresel karbon emisyonlarının üçte birinden de bina sektörü sorumludur. Yine su kaynaklarının yaklaşık %25'i binalarda (konut, ofis, işyeri tüketimleri ve buralarda yer alan rezervuarlardan buharlaşma yolu ile) tüketilmektedir. Türkiye'de bina sektörü hızla gelişmiş, sektörün nihai enerji tüketimi 2000 yılında 19,5 MTEP iken %66 artarak 2015 yılında 32,4 MTEP değerine ulaşmış ve

yıllık ortalama %4,4 enerji talep artışı gerçekleşen bina sektörünün nihai enerji tüketimindeki payı ise %32,8 değerine ulaşarak sanayi sektörünün de önüne geçmiştir.




**Şekil 2.** Türkiye'de sektörel enerji tüketimlerinin yıllar itibariyle değişimi (Yigm, 2018)

Tüm bu çalışmalar, ülkemizde ve dünyada sınırlı yenilenebilir enerji ve su üretimine karşılık artan nüfus miktarı ile birlikte bu kaynakların verimli kullanımının zorunlu hale geldiğini ortaya koymaktadır. Bu açıdan bakıldığında, gerek tüketicilerin kaynakları verimli kullanımı, gerekse kayıp ve kaçaklarının azaltılması yönünden, üretimden tüketime kadar her aşamada enerji ve su kaynaklarının izlenmesini ve kontrolünü daha da önemli bir hale getirmektedir.

Bu konuda Avrupa, Kuzey Amerika ve Avustralya'da çeşitli araştırmalar, pilot ve doğrudan geri bildirimli projelerde Akıllı Ölçüm sistemlerinin uygulanmasının, %5 - %15 arasında ve hatta bazen %20'ye kadar çıkan enerji tasarrufları sağladığını göstermiştir. (Esmig, 2021), (Epri, 2008)

AB ülkelerinde 20-20-20 hedefleri (enerji verimliliğinde %20 artış, $CO_2$ emisyonlarında %20 azalma ve %20 yenilenebilir enerji) olarak Avrupa ülkelerinde daha çok otomatik akıllı ölçüm AMR teknolojileri kullanımı öngörülmüş olmakla birlikte konunun önemi tam anlaşılmamış, yakın zamanda kabul edilen Elektrik ve Gaz İç Pazar Direktifleri ile

AB Üye Devletlerinde en geç 2022 sonunda, tüketicilerin %80'inin Akıllı Ölçüm sistemleriyle donatılması öngörülmüştür. (Esmig, 2021)

Türkiye ’dede enerji verimliliği açısından sayaç kullanımı 18.4.2007 tarihinde kabul edilen 5627 sayılı “Enerji Verimliliği Kanunu ile ele alınmış, merkezî ısıtma ve sıcak su dağıtımı olan toplu konutlar için ilgili Kanunu’nun 7.nci maddesinin birinci fıkrasının c bendinde merkezî ısıtma sistemine sahip binalarda, merkezî veya lokal ısı yada sıcaklık kontrol cihazları ile ısınma maliyetlerinin ısı kullanım miktarına bağlı olarak paylaşımını sağlayan sistemlerin kullanılma zorunluluğu getirilmiş, 2011 yılında yayınlanan 207901 sayılı Resmi Gazete ile akıllı sayaç sistemleriyle ilgili “Otomatik Sayaç Okuma (AMR) Sistemlerinin Kapsamına ve Sayaç değerlerinin belirlenmesine ilişkin usul ve esaslar” belirlenmiştir. (ETBK, 2011), (ETBK, 2007)

Bu tez çalışmasında, M-Bus standartlarTBKı ile gelişmiş sayaç okuma yapılarının geleneksel sistemlere göre avantajları incelenerek enerji ve su kaynaklarının verimli kullanımı, kayıp kaçakların önlenmesi vs. yönünden akıllı ölçüm sistemleri ve akıllı sayaç kullanımına yönelik teşvik yaratmak amacıyla konunun önemi vurgulanmıştır.

### 1.4. Varsayımlar

Birçok gelişmiş ülkede resmi ve özel enerji - su tedarik kuruluşları, geleneksel elektromekanik tüketim ölçüm sayaçlarını saat başı yâda gerektiğinde anlık ölçen ve kaydeden dijital akıllı sayaçlarla değiştirerek enerji ve su dağıtım şebekelerini modernize etmekte olup gelişmekte olan ülkelerde de takip eden süreçte aynı modernizasyonun uygulanması elzem olmuştur.

Toplu konutlarda merkezi bir sistemden enerji ve su giderlerinin paylaştırılmasında süzme sayaç kullanımının zorunlu hale gelmesiyle ve özellikle Covid -19 pandemisi ile birlikte birden fazla bağımsız süzme sayacın okuma problemlerinin artmasıyla birlikte uzaktan otomatik okuma AMR / AMI akıllı sayaç okuma sistemleri yatırımına yönelim artmaktadır.

Geleneksel okuma sayaçlarında; veri depolama olmaması, bir sayaç okuma personelinin fiziksel olarak müşterinin evine veya işyerine giderek bilgileri kaydetmesi ve ölçüm şirketine göndermesi, anlık olarak sayaç verilerine erişim sağlanamaması durumunda,

elde edilen veriler ve çıktılarına göre enerji ve su tüketim analizi tahmini olarak sonuçlanabilir. Tüketici açısından enerji ve su kullanımı analizi, aylık veya dönemsel tedarik şirket faturaları beklenerek veya tüketicinin kendi sayacını manuel olarak kendisinin kontrol edip okumasıyla takip edilir. Dağıtım şirketleri tarafından tüketici manipülasyonlarına ve arz kesintilerine hızlı tepki verilemediğinden gereken tespitler zamanında yapılamamakta, enerji ve su arzı bağlantıları ve bağlantı kesme işlemleri manuel olarak yapılmaktadır.

Akıllı sayaçlarda ise birçok avantaj ve fayda olmasına rağmen, daha yüksek sayaç maliyetleri, akıllı sayaçların geleneksel sayaçlara (Minimum beklenti 10 yıl) kıyasla daha kısa ayar, ölçümleme ve ömür beklentisi (Minimum beklenti 5 yıl) ve sayaç pil ömürlerine bağlı pil değişimleri olması nedeniyle bazı zorluklar ve dezavantajlar oluşmaktadır. (Resmi Gazete, 2018), (Resmi Gazete, 2019)

Akıllı ölçüm ve akıllı sayaçları kullanımının, enerji ve su tedarik şirketleri açısından akıllı ölçüm sistemlerinde yaşayabileceği dezavantajlar; Yeni teknolojilere ve yeni süreçlere geçiş için personel eğitimi, yeni ekipman yatırımı maliyetleri, tüketicilerden gelebilecek olumsuz tepkileri yönetmek ve yeni sayaçların tüketiciler tarafından kabul edilmesini sağlamak, yeni ölçüm teknolojisine ve yazılımına yönelik uzun vadeli mali taahhütler, toplanan çok büyük miktarlardaki ölçüm verilerinin yönetilmesi, saklanması ve analiz edilmesi ile ölçüm verilerinin güvenliğinin ve gizliliğinin sağlanmasıdır.

Akıllı ölçümün tüketiciler açısından dezavantajları ise tüketici açısından yeni sayacın doğru ölçüm yapıp yapmadığının tespit etme zorluğu, farklı sayaç üreticilerine bağlı ölçüm hassasiyeti, sayaç ve pil ömür farklılıkları ile yeni sayacın kurulum ve ayarı için ek ücret ödenmesidir.

Gelişmiş ve müteakiben gelişmekte olan ülkelerde getirdiği birkaç dezavantajlara rağmen uzun vadede yüksek seviyede avantaj ve fayda sağlaması, enerji - su tedarik firmaları ve kullanıcılar açısından akıllı ölçüm sistemleri ve akıllı sayaçları daha faydalı ve işlevsel kılmakta olup enerji verimliliğine esas teşkil etmesi sebebiyle tercih sebebi olmuştur.

## 1.5. Sınırlılıklar

Tez çalışması kapsamında, ikincil kaynaklardan istifade edilmek suretiyle, konuya ilişkin basılı eserler, kitaplar, akademik tezler ve makaleler, analizler ve haberler kullanılmaktadır. İnternet yayınlarından da faydalanılacaktır. Öğrencinin çalışma durumu ve pandemiden kaynaklı kısıtlı olarak sayaç okuma sistemleri yerinde incelenecektir.

## 1.6. Tanımlar

**AMR (Automatic Meter Reading / Otomatik sayaç okuma);** Su veya enerji sayaçlarından (gaz, elektrik) tüketim, teşhis ve durum verilerini otomatik olarak periyodik (günlük, saatlik …) tek yönlü iletişim kurarak toplama ve bu verileri faturalama, sorunların (kayıp – kaçak, sayaç arıza vb. gibi) giderilmesi ve analiz için merkezi bir veri tabanına aktarma teknolojisidir. Elektronik, dijital donanım ve yazılımın eş zamanlı çalışmasıyla oluşan sürekli periyodik sayaç ölçümlemesi daimi olarak kullanıma açık sistemle uzaktan sayaçlara erişim ile sağlanmaktadır. (Wikipedia, 2022), (Elektromed, 2022)

**AMI (Advanced Metering Infrastructure / Gelişmiş Ölçüm Altyapısı);** AMR benzeri enerji kullanımını ölçen, toplayan, analiz eden ve talep üzerine veya programa göre elektrik sayaçları, gaz sayaçları, ısı sayaçları ve su sayaçları gibi ölçüm cihazlarıyla çift yönlü iletişim kuran sistemleri ifade eder. Bu sistemler arasında donanım, yazılım, iletişim, tüketici enerji göstergeleri ve kontrolörleri, müşteriyle ilişkili sistemler, sayaç veri yönetimi yazılımı ve tedarikçi iş sistemleri yer alır. AMI, AMR sisteminin bir gelişmiş varyantı olarak çift yönlü veri iletişimi ile uzaktan kullanım yönetimi yapabilen sabit sayaç ağ sistemi teknolojisidir. AMI sistemlerinde mutlaka çift yönlü veri iletimi olup kullanılan sayaçlar toplanmış verileri programlanmış mantıkla kullanabilen akıllı sayaçlardır. (Wikipedia, 2022), (Oeder, 2016)

Gerek AMR gerekse AMI sistemleri, telefon platformları, radyo frekansı (RF) veya güç hattı iletimine dayalı sabit, mobil ve sunucu ağı teknolojilerini içerir.

**M-BUS (Meter-Bus);** Su, gaz ve elektrik tüketimlerini ölçmek amacıyla şebeke ve nihai tüketici sayaçlarının uzaktan okunması için geliştirilen bir haberleşme protokolü esaslı Avrupa standardıdır. (TSE, 13757-2, 2005), (TSE, 13757-3, 2005)

Isıtma sistemleri veya sıcak su sayaçları gibi diğer tüketim sayaçları için de kullanılabilir. M-Bus arabirimi, genel olarak bükümlü çift kablo üzerinden iletişim için yapılmıştır ve bu da onu uygun maliyetli hale getirir. Ayrıca M-Bus'ın bir RF (Radyo frekanslı) kablosuz M-Bus varyantı da EN 13757-4 standardında belirtilmektedir. (TSE 13757-4, 2005)

M-Bus veri yolu, tüketici ölçüm sayaçları da dâhil olmak üzere uzaktan kablolu – kablosuz besleme ile çalıştırılan veya pille çalışan sistemlerin gereksinimlerini karşılar. Sayaçlar sorgulandığında, topladıkları verileri, bir binanın tüm sayaçlarını okumak için periyodik aralıklarla bağlanan el bilgisayarı gibi ortak bir ana bilgisayara iletirler. Verileri merkezi olarak toplamanın diğer bir yöntemi, sayaçlardan alınan verileri bir modem aracılığıyla bir veri toplama merkezine iletmektir. M-Bus uzaktan veri alım dışında ayrıca alarm sistemleri, esnek aydınlatma tesisatları, ısıtma kontrolü vb. diğer uygulamalar içinde uygundur. (Wikipedia, 2022)

**SMART METER (Akıllı Sayaç);** elektrik, su ve gaz vs. tüketimlerinin anlık ve periyodik olarak ölçümleri ile diğer kritik bilgileri (voltaj seviyeleri, akım - güç faktörü, sıcaklık değeri, debi, ısı transferi vs.) kaydeden elektronik bir cihazdır. Akıllı sayaçlar, tüketim davranışının daha net olması için bilgileri tüketiciye, sistem izleme - tüketim faturalandırması için enerji ve su tedarikçilerine iletir. Akıllı sayaçlar genellikle verileri neredeyse gerçek zamanlı olarak kaydeder ve gün boyunca kısa aralıklarla düzenli olarak rapor verir. (Ferc, 2018)

Mutlaka akıllı sayaç kullanımı gerektiren AMI sistemlerinde sayaç ile merkezi sistem arasında çift yönlü iletişim, AMR sistemlerinde ise tek yönlü iletişim sağlanır. Sayaçtan ağa iletişim kablosuz veya güç hattı taşıyıcısı gibi sabit kablolu bağlantılar veya RF yoluyla olabilir. (Wikipedia Smart, 2022), (Elektromed, 2022), (Oeder, 2016)

**OSI MODEL (Open Systems Interconnection Model / Açık Sistemler Ara Bağlantı Modeli);** Sistemler arası bağlantı amacıyla (ISO) Uluslararası Standart Geliştirme Organizasyonu tarafından ortak bir temel sağlamak amacıyla geliştirilmiş kavramsal bir modeldir. (ISO/IEC 7498-1, 1994)

Burada, bir bilgi işlem veri iletişim sistemleri arasındaki veri akışında ağ bağlantılı iletişim; iletişim ortamı boyunca bitlerin iletilmesinin fiziksel uygulamasından dağıtılmış bir uygulama verilerinin en üst düzey temsiline kadar açıklanması için yedi katmana ayrılmaktadır. Her bir katman, bir üstündeki katmana işlevsellik sunar ve işlevsellik yazılım geliştirmede standartlaştırılmış iletişim protokolleri ile gerçekleştirilir. (Forcepoint, 2022), (Papenheim, Ziegler ve Bories, 1993), (Texas Institü., 1994)

Netice itibariyle OSI modelinde her katmanın tanımlanmış işlevi vardır ve her katmanın işlevi, hemen üstündeki ve altındaki katmanlarla iletişim kurma ve etkileşimle olur. (Forcepoint, 2022), (Papenheim, Ziegler ve Bories, 1993), (Texas Institü., 1994)

# 2. YÖNTEM

Tanımlayıcı ve Analitik araştırma tekniğinin kullanıldığı tez çalışması kapsamında, konuya ilişkin basılı materyaller, kitaplar, akademik tez ve makaleler, analizler ve haberler ikincil kaynaklardan, Türkçe ve İngilizceden yararlanılarak kullanılmış, ayrıca internet yayınlarından da faydalanılmıştır.

Tanımlayıcı ve Analitik araştırmada, araştırılan konu ve durumun tanımlanması ile karşılaştırmalı ve korelasyonlu yöntemler de dâhil olmak üzere çeşitli gözden geçirmeler yapılmış ve hali hazırda mevcut durum veya bilgileri kullanarak eleştirel bir değerlendirme yapmak için elde edilen veriler analiz edilmiştir.

Fen bilimlerinde genel olarak araştırma bilginin araştırılması olup belirli bir konuda geçerli bilginin bilimsel ve sistematik araştırılması olarak bir anlamda bilimsel sorgulama sanatıdır. Sözlük anlamı olarak ise “herhangi bir bilgi dalında yeni gerçekleri araştırarak dikkatlice soruşturmak veya sorgulamak” veya “yeni bilgi edinme konusunda sistematik bir çaba” olarak tanımlanmaktadır. Bazı insanlar araştırmayı bilinenden bilinmeyene doğru bir hareket olarak görmekle birlikte araştırma aslında bir keşif yolculuğudur. Teknik anlamda ise araştırma, "problemleri tekrar tekrar tanımlamak, hipotez veya çözüm önerileri oluşturmak; veri toplamak, verileri organize etmek ve değerlendirmek; çıkarımlar yaparak sonuçlara ulaşmak ve nihayetinde, sonuçların hipoteze uyup uymadıklarını belirlemek için sonuçları dikkatlice test etmek" olarak tanımlanabilir. Kısacası, bir soruna çözüm bulmak için objektif ve sistematik bir yöntemle bilgi aramak, genelleme ve teorinin formülasyonu ile ilgili sistematik yaklaşım araştırmadır. Bu nedenle, “araştırma” terimi, problemi duyurmak, bir hipotez oluşturmak, olguları veya verileri toplamak, olayları analiz etmek ve belirli bir sonuca varmak için ya söz konusu soruna yönelik çözüm(ler) şeklinde ya da bazı teorik formülasyonlar için belirli genellemelerde bulunmayla ilgili sistematik yöntemi ifade etmektedir. (Leblebici, 2003)

## 2.1. Araştırma Modeli

Bu tez çalışması, araştırma konusunun temelini oluşturan teorik bilgileri içeren betimleyici ve açıklayıcı literatür taraması sonucu edinilen bilgilerin analiz ve yorumlarını içermektedir. Bu sebeple yapılan bilimsel araştırmalarda verilerin sistematik toplanması ve analizi büyük önem taşımaktadır. Çalışmada tanımlayıcı ve Analitik araştırma analizi yöntemi, veri analizi ve veri toplama süreçleri ile birlikte kullanılmakta olup, ikincil kaynaklar ele alınmıştır. Bu kapsamda arşivler taranarak Türkçe ve İngilizce kaynaklardan yararlanılmış, ayrıca basılı materyallere, süreli yayınlara, raporlara, kitaplara, makalelere, internet yayınlarına, çeşitli düşünce kuruluşlarının yayınlarına ve raporlarına ve uluslararası kuruluşların ilgili raporlarına, raporlarına odaklanılmıştır.

## 2.2. Veriler ve Toplanması

Araştırma amaçlarına uygun olarak gözlenen ve kaydedilen veriler konuya ilişkin faaliyet gösteren kamu kurumları, denetleyici ve düzenleyici kuruluşlar ve özel sektörde fiili araştırma konusunda ve denetiminde faaliyet gösteren şirketler ile uluslararası kurum ve kuruluşların yayımladığı raporlar ve açık kaynaklardan elde edilmek suretiyle, bir analiz ve yorumlamaya tabi tutulmaktadır.

## 2.3. Verilerin Çözümlenmesi ve Yorumlanması

“Sözel veya yazılı verilerin belirli bir problem veya amaç bakımından sınıflandırılması, özetlenmesi, belirli değişken veya kavramların analizi ve bunlardan belirli bir anlam çıkarılması için taranarak kategorilere ayrılmasıyla gerçekleştirilen içerik analizi ve yorumlamalar çalışmanın temelini teşkil etmektedir.

# 3. AMR / AMI AKILLI SAYAÇ OKUMA SİSTEMLERİ

## 3.1. Giriş ve Tarihçe

Gelişmiş ülkeler de ekonomi ve toplumsal refah seviyesinin temelinde enerji - su kaynaklarının idareli kullanımı esastır. Nitekim günümüzde ülkeler arasında anlaşmazlık ve problemler genel olarak enerji ve su kaynakları kaynaklıdır.

Yapılan araştırmalar dada bu konularda en büyük tüketimin konutlarda gerçekleştiği görülmüş olup konutlar da enerji ve suyun verimli kullanımı konusunda tüketicileri tüketimleri konusunda bilinçlendirmek en önemli konu olmuştur. (Yigm, 2018), (Evçed, 2018)

Konutlarda bir yanda enerji ve su tüketen cihazların kullanımının artması, diğer yanda enerji kaynaklarının azalması ile birlikte, enerjinin daha verimli kullanılması ve mümkünse eskisinden daha akıllı yöntemlerle muhafaza edilmesi zorunlu hale gelmiştir. Tüketicinin eğitilmesi veya gelişmiş enerji ve su tüketimlerini izleme ve otomasyon cihazlarının kurulması (yüksek maliyet sebebiyle ağırlıklı olarak gelişmiş ülkelerde) ile farkındalık yaratılabilir. Tüketiciyi enerji kullanımı konusunda uyaran ve bazen enerji tüketimini azaltıcı düzeltici önleyici faaliyetler alan bu izleme cihazlarının kurulumundaki temel ilke; Ne kullandığınızı gördükçe, kullandığımız şeyi nasıl daha verimli kullanacağımızı düşünür ve bu verimlilikle kaynağı daha iyi koruruz.(Mukul, 2010)

Otomatik sayaç okuma öncesinde geleneksel elektromekanik sayaçlarla enerji ve su tüketimleri izlenebiliyordu. Ancak bu sistemde sadece tüketilen su ve enerjinin gözlenmesi en büyük dezavantajdı. Bu sebeple, tüketiciler sadece toplam tükettikleri enerji ve suyu biliyor ama kullandıkları cihaz ve ürünlerin ne tükettiklerini bilmiyorlardı. Diğer bir önemli sorun ise tüketimi daha düşük göstermek için kullanıcılar tarafından sayaçlara manipülasyon yapılması yani sayaçların müdahale ile yanıltılması ve tesisatlardan kaçak hat çekilmeleriydi. Bu durumda tedarikçi firmaların ciddi finansal kayıp yaşamasına neden oluyordu. (Mukul, 2010)

Otomatik okuma sistemleri ile birlikte hayatımıza giren akıllı sayaçlar ise sayaçlara anlık verileri alabildiği gibi geçmiş enerji verileri de kendi hafızalarında tutabilmekte ayrıca tesisat ve sayaçla ilgili (Akım, güç, arıza kaydı vb. gibi) diğer bilgileri de göstermektedir. Tüm bu veriler ışığında otomatik okuma sistemleri ve akıllı sayaçlar tüketicinin anlık faturasını hesaplayabilir, tedarikçi firmaya anlık verileri ve sayaçla ilgili arıza vs. bilgilerini gönderebilir. (Hochwalnerr ve Lang, 2009)

Akıllı sayaç teknolojilerinin kullanıldığı sistemler 2 ana türe ayrılmaktadır.

1. AMR Otomatik Sayaç Okuma; sadece sayaçtan veri alınan tek yönlü iletişim sistemidir.
2. AMI Gelişmiş Ölçüm Altyapısı; iki yönlü iletişim gerçekleştirilen gelişmiş sistemlerdir.

Ayrıca bu sınıflandırmaya ilave olarak, haberleşme durumuna göre de sınıflandırma yapılabilir. Bunlar; (Hochwalnerr ve Lang, 2009)

1. Telefon hatları, Fiber optikler, M-Bus, Modbus, Çift bükümlü kablolar vs. gibi Kablolu Sabit İletişim sistemleri ve
2. GSM, GPRS, RF vs. gibi kablosuz iletişim sistemleridir.

Otomatik Sayaç Okumanın (AMR) tarihçesine bakıldığında, AMR sistemi ilk olarak 1962'de “AT&T” tarafından tasarlandı ama verimli olmadı. Birçok başarılı deney sonrasında “AT&T”, telefon sistemi tabanlı AMR hizmetlerini sayaç başına 2 (US$) dolardan sağlamayı teklif etmesine karşın, bu tutar geleneksel okumada bir kişinin aylık 50 (US¢) sentlik sayaç okuma maliyetine kıyasla dört kat daha fazlaydı. Bu nedenle, program pahalı bulunup devreye alınmadı. 1972'de Theodore George “Ted” Paraskevakos, tüm enerji ve su tedarikçileri sayaç okumalarına yönelik bir sensör izleme sistemi geliştirdi ve 1974 yılında bu teknoloji için bir ABD patenti alarak 1977 yılında ilk otomatik yük yönetim sistemi ve uzaktan sayaç okuma sistemini geliştirip üreten Metretek Inc. firmasını kurdu. (Theodore G.P., 1974), (Tanvir, Suzan, Islam ve Rakip, 2011)




**Şekil 3.** AMR/AMI su, gaz, elektrik ve ısı akıllı ölç. sist. (Topscomm, Aralık 2022)

AMR'nin modernizasyonu ise büyük ölçekli projelerin hayata geçirildiği 1985 yılında başladı ve Hackensack Water Co. ve Equitable Gas Go. AMR'nin sırasıyla su ve gaz sayaçlarında tam ölçekli olarak uygulanmasını taahhüt eden ilk şirketler oldular. 1986'da Minnegasco, 450.000 noktalı radyo frekans haberleşme tabanlı bir AMR sistemi başlattı. 1987 yılında, çok sayıda erişilemez, uzak mesafelerdeki sayaç sorunuyla karşı karşıya kalan Philadelphia Electric Co., bu sorunu çözmek için binlerce sayaçtan veri alacak AMR sistemleri kurdu. (Tamarkin, 1992)

Günümüzde sayaç okuma konusunda birçok firmalar ortaya çıkmıştır. Bu firmalar çeşitli okuma yöntemleri uygulamaktadırlar. Bu firmalar endeksör (el sayaç okuma terminali) cihazı ile okuma, radyo frekansı aracılığıyla okuma, enerji ve su hatları üzerinden okuma, GSM ile okuma ve en son olarak da internet üzerinden okuma sistemleri geliştirmişlerdir. (Çakmak ve Sokullu, 2004)

Türkiye de Otomatik sayaç okuma uygulaması kısa bir geçmişe sahip olup bu kısa süre içinde piyasaya oldukça fazla akıllı sayaç çeşidi çıkmıştır. Özelleştirme politikaları ile bu çeşitliliğin daha da artacağı öngörülmektedir. Tedarik firmaları da bu konuda kendi şartnamelerini yazmakta ve farklı teknik şartlar kavram kargaşası oluşmaktadır. (TEDAŞ, 2017)

Bu bağlamda gerek piyasaya yeni çıkan sayaçlar, gerekse uzaktan okuma sayaçlarında farklı talep edilen asgari şartlar vb. gibi etkenler üretici firmaları, işletmeleri ve aboneleri zor durumda bırakmaktadır. (Çakmak ve Sokullu, 2004)

## 3.2. AMR Sistemleri Genel Bilgiler

AMR su sayacı veya enerji ölçüm cihazlarından (gaz, elektrik vs.) tüketim, teşhis ve durum verilerini otomatik olarak periyodik (günlük, saatlik… vb. gibi) tek yönlü iletişim kurarak toplama ve bu verileri faturalama, sorunların (kayıp - kaçak yâda sayaç arıza vb. gibi ) giderilmesi ve analiz için merkezi bir veri tabanına aktarma teknolojisidir. Elektronik, dijital donanım ve yazılımın eş zamanlı çalışmasıyla oluşan sürekli periyodik sayaç ölçümlemesi daimi olarak kullanıma açık sistemle uzaktan sayaçlara erişim ile sağlanmaktadır. (Elektromed, 2022), (Wikipedia AMR, 2022)

AMR sistemleri, akıllı sayaç üretim, tedarik ve servisini sağlayan firmaların bakım onarım açısından izleme ile verimliliğini artırarak, kullanıcılara verilen hizmetleri arttırma özelliğine sahiptir. Bunun dışında sayaç veri okumaları açısından okuma maliyetini düşürerek, bilgilerin nerdeyse anlık olarak veri merkezine iletilmesini sağlamaktadır. (Ming, Cheng ve Yi-Wen, 2003)

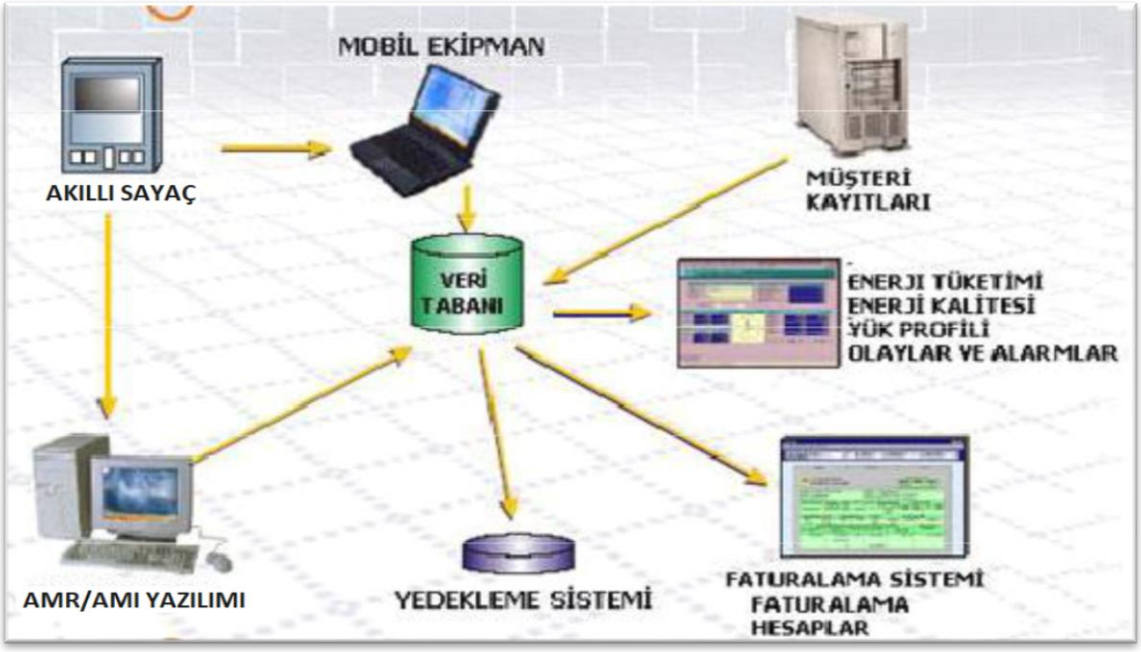
## 3.3. AMI Sistemleri Genel Bilgiler

AMI, AMR benzeri enerji kullanımını ölçen, toplayan - analiz eden ve talep üzerine veya programa göre elektrik sayaçları, gaz sayaçları, ısı sayaçları ve su sayaçları gibi ölçüm cihazlarıyla çift yönlü iletişim kuran sistemleri ifade eder.

Bu sistemler arasında donanım, yazılım, iletişim, tüketici enerji göstergeleri ve kontrolörleri, müşteriyle ilişkili sistemler, sayaç veri yönetimi yazılımı ve tedarikçi iş sistemleri yer alır. AMI, AMR sisteminin bir gelişmiş varyantı olarak çift yönlü veri iletişimi ile uzaktan kullanım yönetimi yapabilen sabit sayaç ağ sistemi teknolojisidir.

AMI sistemlerinde mutlaka çift yönlü veri iletişimi olup sayaçlar toplanmış verileri programlanmış mantıkla kullanabilen akıllı sayaçlardır. (Wikipedia , 2022), (Elektromed, 2022)

Genel olarak AMR / AMI sistemleri temel birimleri ve yapıları Şekil 4.’te verilmektedir. (Ming, Cheng ve Yi-Wen, 2003)




**Şekil 4.** AMR / AMI sistemleri temel birimleri (Ming, Cheng ve Yi-Wen, 2003)

### 3.4. AMR / AMI Sistemlerinin Katman ve Yapıları

Günümüzde rekabetçi koşullar, tedarik zorlukları, hızla değişen fiyatlar, enerjinin ve suyun verimli yönetimini ve tüketicilere daha uygun koşullarda sunulmasını gerektirmiştir. Bu bağlamda gelişmiş (IT) bilgi teknolojileri altyapısı ile gelişen nesnelerin interneti (IoT) teknolojisi, enerji ve sistemlerinde daha kapsamlı bilgi sahibi olmak mümkün hale gelmiştir. (Çakmak ve Sokullu, 2004)

Bu bilinç sayaçların okunmasında ciddi değişiklikler oluşturmuş, tedarikçi firmaları da harekete geçirmiştir. Geleneksel sistemde verilerin tüketiciden üreticiye akışı yavaş olmakta, dolayısıyla gelirlerin geri dönüş süresi uzamaktaydı. Günümüzde modern bir otomatik sayaç okuma sistemi ile bu çok kısa sürmektedir. (Çakmak ve Sokullu, 2004)

AMR / AMI sistemleri temel olarak 4 katmandan oluşur. (Şekil 5.) Bu katmanlar sırayla şu şekildedir;

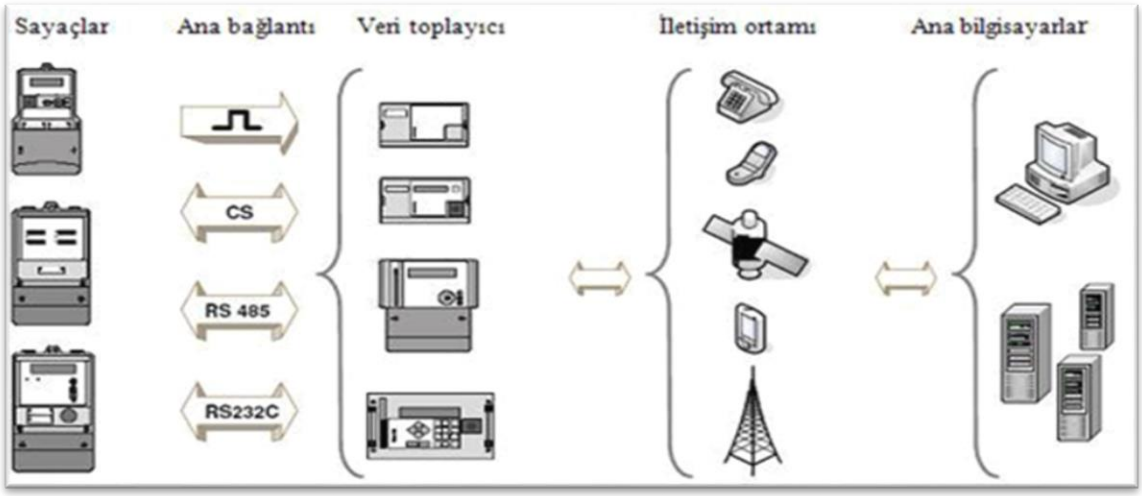
**Birinci katmanda**, verilerin alındığı ölçüm elemanları yani haberleşme donanımları ile verileri saatlik ya da daha kısa aralıklarla kaydedip, veri merkezine faturalama ve denetleme yapması için günlük ileten sayaçlar yer alır. Akıllı sayaçlar tüketilen enerji ve

su miktarı haricinde diğer birçok parametreyle ilgili de ölçüm yapabilmekte, ayrıca uzaktan okunabilmektedir. (Elektromed, 2022), (Çakmak ve Sokullu, 2004)

**İkinci katmanı**, haberleşme donanımları teşkil eder. Bu donanımlar haberleşme tipine göre GSM, GPRS modem, veri toplayıcı ve veri çevirici donanımlar vs. olabilir. Bu donanımlar sayaçlarla haberleşme bağlantısını sağlarlar. Herhangi bir şekilde kontrol merkezi ile iletişim problem olduğunda haberleşme üniteleri kısa dönemli veri depolama görevi de görürler. (Çakmak ve Sokullu, 2004), (Elektromed, 2022), (Papenheim, Ziegler ve Bories, 1993)

**Üçüncü katmanda,** ise uydular, şehir telefon şebekesi vs. gibi haberleşme sistemleri bulunur. Veri toplama merkeziyle haberleşme donanımları arasında haberleşme yolu görevini yerine getirirler. (Çakmak ve Sokullu, 2004)

**Dördüncü katmansa,** merkezi veri toplama ünitelerinden oluşur. Veri toplama merkezinde sayaç okuma emirleri verilir, alınan veriler veri tabanında saklanarak ilgili dönemlerde gider faturaları ve gerekli raporlar oluşturulur. Bu katman haberleşme üniteleri vasıtasıyla akıllı sayaçlardan toplanan bilgileri veri tabanlarında depolayan, yetkili kullanıcıların analizi ve planlamasına uygun veriler ve grafikler haline dönüştüren, satış terminallerine ve müşterilere kullanıcı dostu web ara yüzlerini sağlayan sistemin tümüdür. (Elektromed, 2022), (Çakmak ve Sokullu, 2004)




**Şekil 5.** AMR / AMI sistemleri katmanlar (Çakmak ve Sokullu, 2004)

Elde edilen bu sonuçlar itibariyle tez çalışmasında ağırlıklı olarak M-BUS standartlarının zemin teşkil ettiği sayaç ve haberleşme katmanları araştırılarak detaylandırılmıştır.

### 3.4.1. AMR / AMI sistemleri sayaç katmanı (akıllı sayaçlar)

Akıllı sayaç, elektrik, su ve gaz vb. gibi kaynakların anlık ve periyodik olarak tüketim ölçümleri ile diğer kritik bilgileri (voltaj seviyeleri, akım - güç faktörü, sıcaklık değeri, debi, ısı transferi vs.) kaydeden elektronik bir cihazdır. Akıllı sayaçlar, tüketim davranışının daha net olması için bilgileri tüketiciye ve sistem izleme - tüketim faturalandırması için enerji ve su tedarikçilerine iletir. Akıllı sayaçlar genellikle verileri neredeyse gerçek zamanlı olarak kaydeder ve gün boyunca kısa aralıklarla düzenli olarak rapor verir. (Ferc, 2018)

Bu çalışmada AMR / AMI sistemlerinde enerji ve su ölçüm amaçlı ağırlıklı olarak konutlarda kullanılan başlıca akıllı sayaçlar ele alınıp detaylı olarak incelenmiş olup inceleme sonuçları dördüncü bölümde yer almaktadır. Bu sayaçlar;

1. Su Sayaçları,
2. Isı Sayaçları (Kalorimetre) ve Pay ölçerler,
3. Doğalgaz Sayaçları ve
4. Elektrik Sayaçlarıdır.

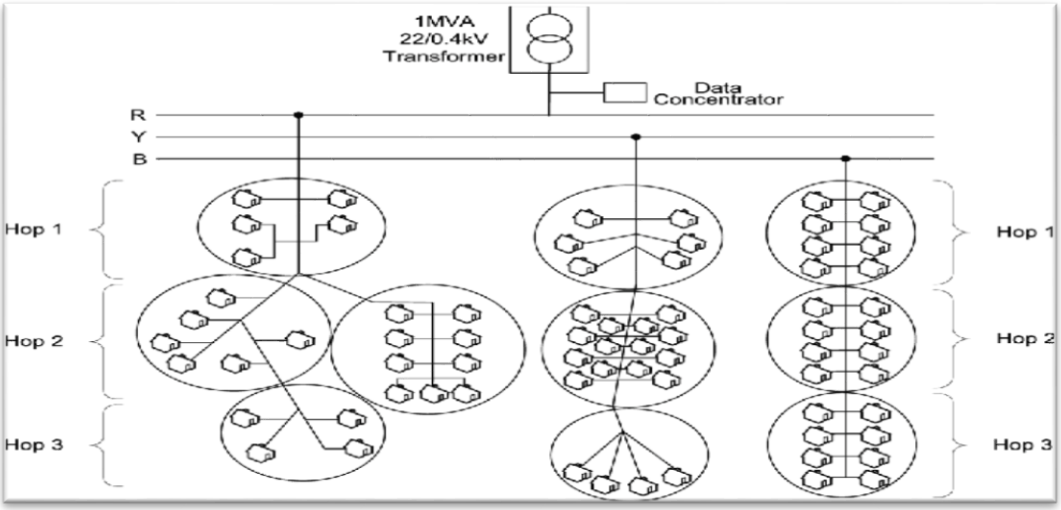
### 3.4.2. AMR / AMI haberleşme katmanı

AMR / AMI'de haberleşme katmanı üniteleri kendilerine bağlı akıllı sayaçlarla periyodik ya da anlık talebe göre bağlantı kurarak bilgi gönderen ya da veri toplayan ve topladığı verileri Kontrol Merkezi'ne gönderen iletişim ve depolama birimleri olup kontrol merkezi ile akıllı sayaçlar arasında köprü oluşturan sistemlerin bütünüdür. Burada çeşitli haberleşme sistemleri kullanılmakta olup her bir sistemin birbirine göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. (Elektromed, 2022), (Li, Hu, Huang ve He, 2008)

#### 3.4.2.1. PLC haberleşme

PCL (Power Line Communication) haberleşme; düşük voltaj seviyesinde elektrik hattı haberleşmesi üzerinden veri aktarma tekniklerinden birisidir. Veri elektrik hatları

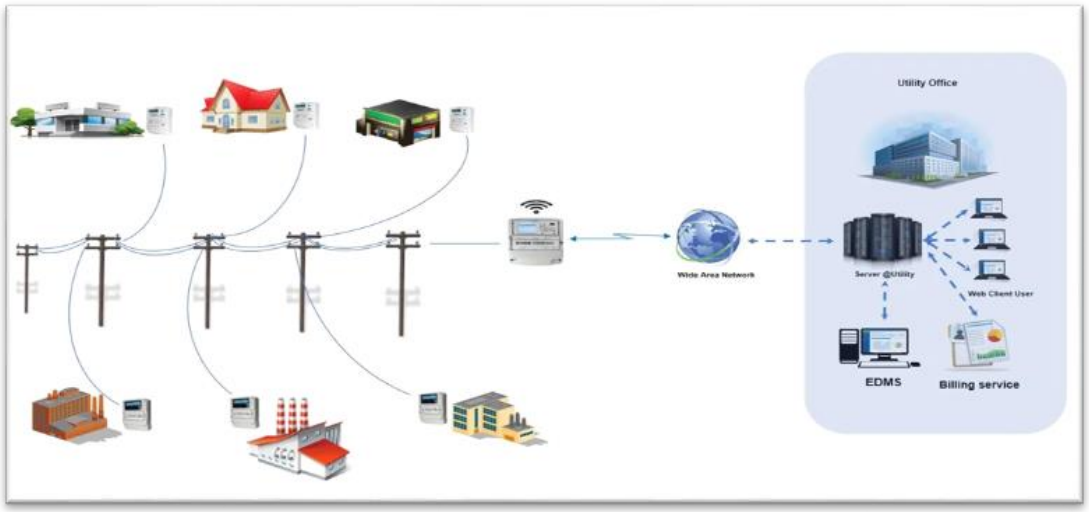
üzerinde taşıyıcı, özel frekanslara modüle edilir ve her bir ekipman veri nodu gibi davranarak sisteme bağlanır. (Pasdar ve Mirzakuchaki, 2007)




**Şekil 6.** PLC haberleşmeli AMR / AMI uygulaması (dms-ami.com, 2022)

PLC haberleşmeli AMR sistemleri Avrupa, Amerika ve diğer kıtalarda yıllardır başarı ile uygulanmakta olup en büyük avantajı, yaygın elektrik hatlarının, orta düzey bir haberleşme sağlayacak dünyanın en geniş haberleşme ağına zemin teşkil etmesidir.

Bunun yanı sıra düşük voltaj hat taşıyıcılar yakınındaki elektromanyetik kaynakların gürültü etkisi nedeniyle çevresel etkilere karşı savunmasızdır. Bu sebeple Şekil 6. Ve Şekil 7.'de örnekleri verilen PLC hatları döşenirken yâda seçilirken özel olarak tasarlanmalı, düşünülen çözümler düşük maliyetli olmalıdır. (Li, Hu, Huang ve He, 2008)




**Şekil 7.** AMR / AMI, PLC sistem ağ topolojisi (Sivaneasan, So ve Gunavan, 2009)

#### 3.4.2.2. GPRS haberleşme

GPRS (General Packet Radio Service) bir mobil haberleşme sistemidir ve bu şekilde yapılan sayaç okumalarının, gerçek zamanlı, kablosuz, düşük haberleşme maliyetli ve geliştirilebilir olması sistemi cazip kılmaktadır. Ancak günümüz de halen GPRS modül maliyetleri istenen seviyeye düşmemiş olup ucuzlaması durumunda bu sistemin kullanımı yaygınlaşacaktır. (Li, Hu, Huang ve He, 2008)

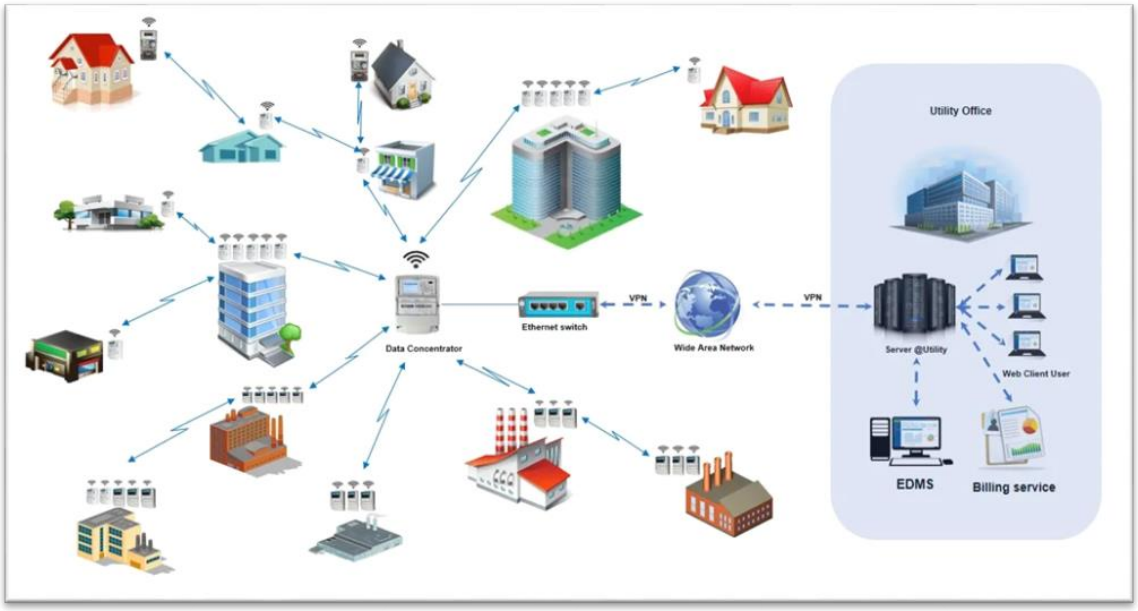
#### 3.4.2.3. Hibrit fiber - koaksiyel haberleşme

Kablolu TV ve telefon ağları bilinen en büyük ağ sistemlerinden biridir ve hızlı bir şekilde kablosuz TV, telefon kullanımı artmaktadır. Bu alanda yeni haberleşme teknolojilerinin gelişmesiyle HFC (Hybrid Fiber Coaxial – Hibrit Fiber Koaksiyel) ağları da yaygınlaşmış, günümüzde geleneksel kablolu TV ağları tek yönlü haberleşmeden, iki yönlü veri alışverişi yapabilen veri haberleşme ağlarına dönüşmüştür.

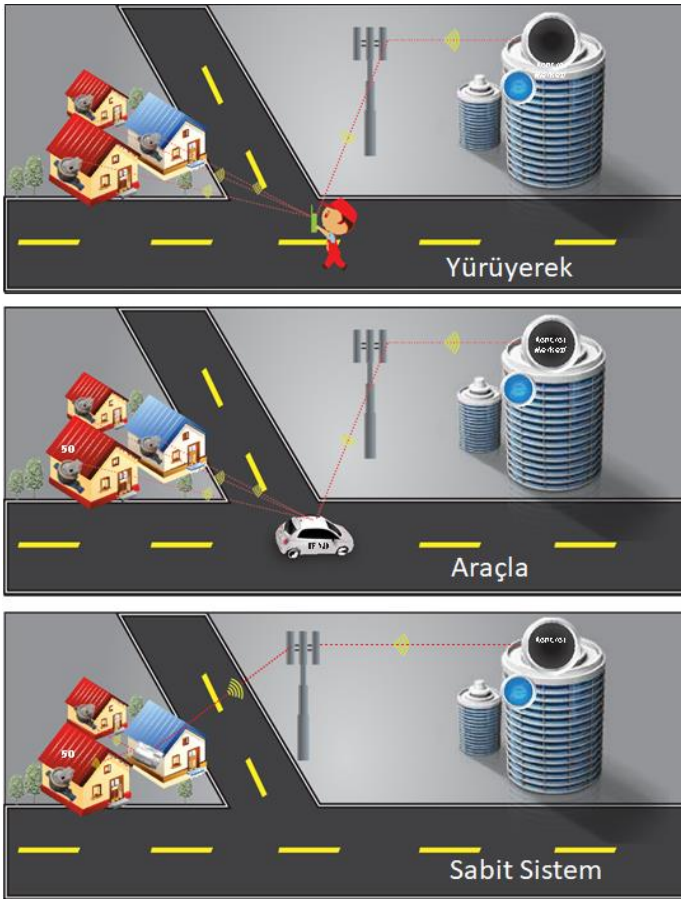
Bu açıdan bakıldığında HFC altyapısına sahip şehirlerde, iki yönlü haberleşmeye müsait HFC'li sayaç okuma sistemleri iyi bir alternatif olmaktadır. Bununla birlikte uzak yerleşim bölgeleri olan yerlerde altyapı vs. nedeniyle HFC uygun değildir. (Li, Hu, Huang ve He, 2008)

#### 3.4.2.4. Radyo (RF) haberleşme

Gezici bir araç yâda insan tarafından taşınan el terminali vs. gibi sayaç okuma cihazıyla sayaçlara akuple radyo frekans haberleşmesi ile gerçekleştirilen RF sayaç okuma, günümüzde AB ve ABD'de yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte dezavantajları; frekans kesiciler, haberleşme kör noktalarının olması, yüksek binalarda okuma yapılamaması ile bina ve yerleşim yerlerinin haberleşmeye engel teşkil etmesidir. Uygulanabilirliği şehirleşmedeki yerleşim ve bina yapısına bağlıdır. (Li, Hu, Huang ve He, 2008)



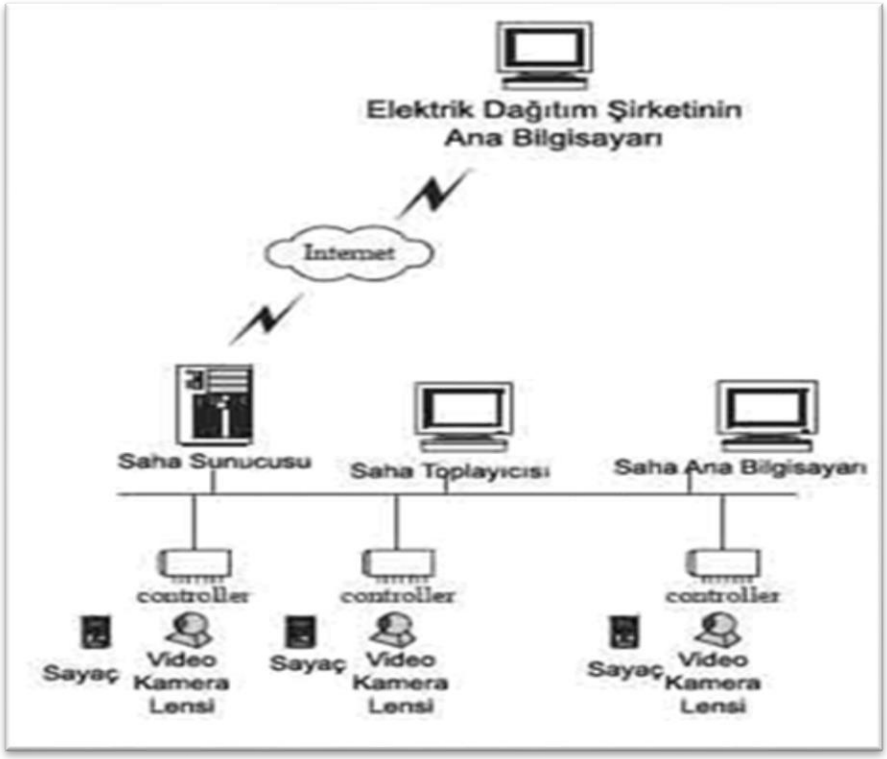

**Şekil 8.** Radyo (RF) haberleşmeli AMR / AMI uygulaması (dms-ami.com, 2022)




**Şekil 9.** Radyo (RF) sayaç okuma teknikleri (Elektromed, 2022)

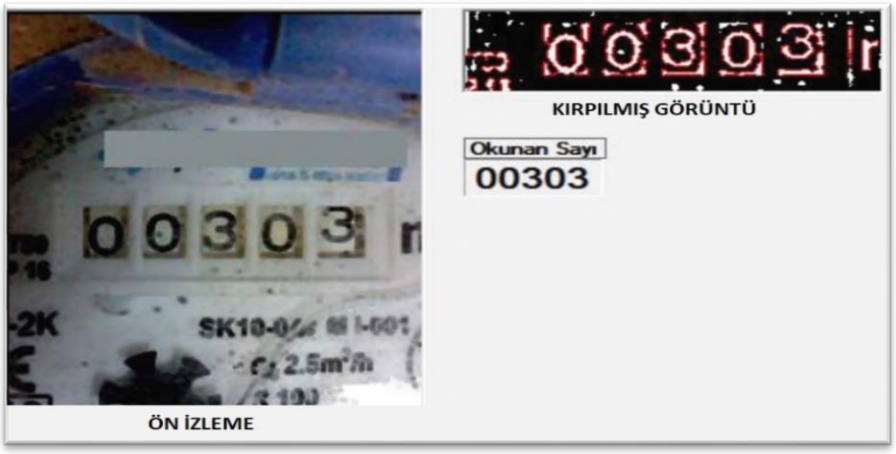
### 3.4.2.5. Görüntü işleme teknikli sistem

Görüntü işleme tabanlı otomatik sayaç okuma sistemleri sayaç okuma el veya sabit terminaller, bilgilerin aktarıldığı ve kontrol edildiği sunucu bilgisayar ve tedarikçi firmadaki nihai bilgilerin aktarıldığı ana bilgisayar olmak üzere 3 kademeden oluşur. Otoparklardaki araç plaka tanıma sistemine benzeyen bu yapıda, görüntüsü alınan endeks görüntülerinin görüntü işleme yazılımı yardımıyla sayısallaştırılması üzerine kuruludur. (Dongmei, Shuhua ve Chunguo, 2007)

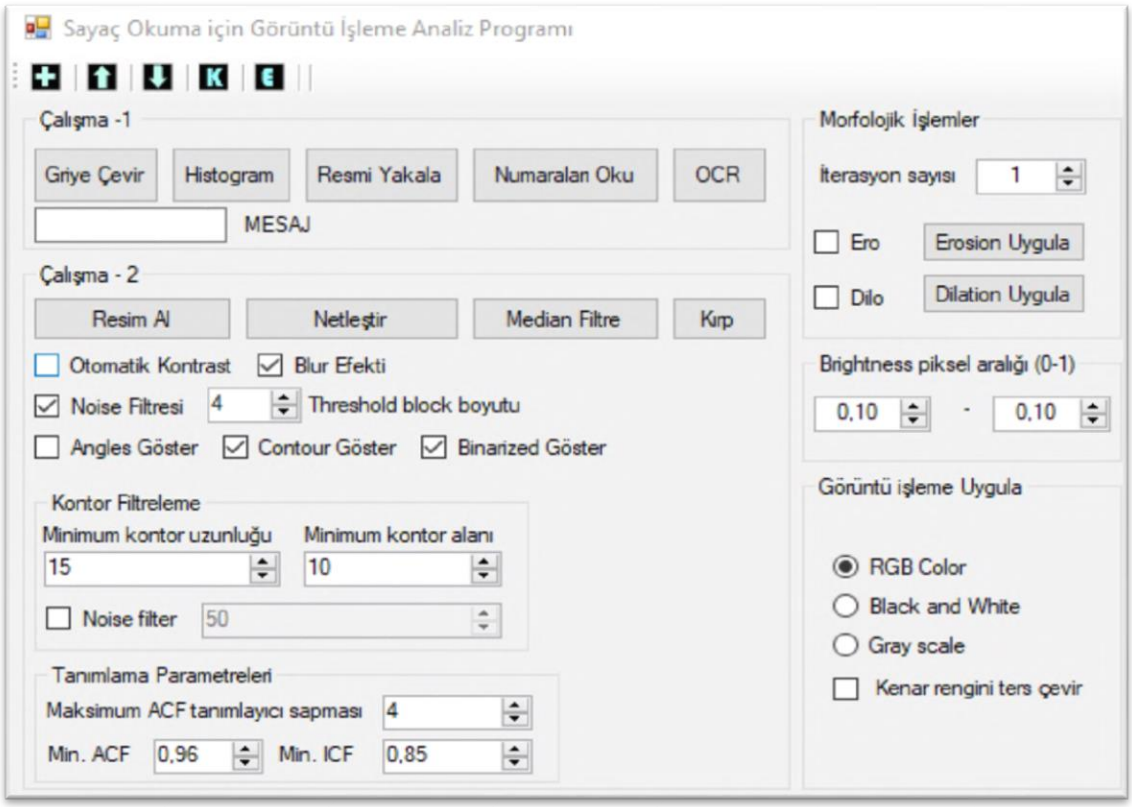



**Şekil 10.** Görüntü işleme teknikli AMR uygulaması (Dongmei, Shuhua ve Chunguo, 2007)

Bu yapıda kısaca sayacın dijital resmi bir operatör aracılığı yâda sabit bir kameralı terminal ile çekilir, resimler geçici olarak depolanır ve işlenmek üzere kontrol ve veri işleme birimine iletilir. Daha sonra sayaç resim bilgileri tanımlanarak sayısallaştırılır ve tanımlanan numaralar iletilir. Bu aşamalarda genellikle haberleşme internet üzerinden sağlanmaktadır. Sistemin en büyük dezavantajı sayaç ekranlarında oluşan kirliliğe bağlı olarak okuma değerlerinde sapma olabilmektedir. (Dongmei, Shuhua ve Chunguo, 2007)




**Şekil 11.** Sayaç okuma programı, görüntü işleme alanı örneği (Doğansay, 2019)




**Şekil 12.** Görüntü işleme çözümleme programı ekran görüntüsü (Doğansay, 2019)

### 3.5. AMR / AMI Sistemlerinin Avantajları

AMR / AMI sistemlerinin işlevsel olarak yarattığı avantajlar 5 kategoride incelenebilir. Bunları şu şekilde sıralayabiliriz.

### 3.5.1. Doğal kaynakların kullanımı açısından avantajlar

- Ana hattan dağıtılan ile tüketicilerin kullanımları kıyaslanıp kayıp ve kaçaklar anlık tespit edilir.
- Hat ve sayaç arızaları hızlıca tespit edilerek kayıplar azaltılır.
- Tüketicini alışkanlıkları izlenir ve periyodik tarifelendirmelerle hat kayıpları azaltılır.
- Verimsiz hatlar tespit edilerek yenilenir.
- Tüketicilerin tüketimlerini takip etmesiyle reel tüketime bağlı analizlere göre uygun yatırımlar yapılır. (Elektromed, 2022)

### 3.5.2. Kayıp-kaçak oranları yönünden avantajlar

- Sayaç yâda tesisata izinsiz müdahaleler saptanır.
- Şebeke ve tesisat kaynaklı kayıplar tespit edilir.
- Tüketimi normalden düşük yâda fazla tüketiciler tespit edilir. Böylece sayaca müdahale yâda ev içi tesisat problemlere bağlı sarfiyat sonuç raporları yapılır.
- Ani tüketim düşmeleri (sayaç manipülasyonları vs.) izlenebilir.
- Kaçaklar anında tespit edilerek kaçak kullanıma karşı caydırıcı güç artar.
- Ödenmeyen faturalar gecikmeli değil, anlık takip edilir (Elektromed, 2022).

### 3.5.3. Maliyetler açısından avantajlar

- İşletme ve personel maliyetleri azalır.
- Kayıp ve kaçak maliyetleri düşer.
- Hatasız okuma ile eksik ve yanlış faturaların önüne geçilir (Elektromed, 2022).

### 3.5.4. Veri güvenliği yönünden avantajlar

- Okuma hataları ve bilgilerin kaybolmasının önüne geçilir.
- Elle veri girişindeki hatalar önlenir.
- Verilerin yetkisiz kişilerin eline geçme riski ortadan kalkar (Elektromed, 2022).

### 3.5.5. Tahakkuk sistemi açısından avantajlar

- Faturalandırma okuma ile aynı anda yâda çok kısa sürede gerçekleştirilir.
- Borcunu ödemeyen tüketicilerin kesme işlemi anında yapılır.
- Akuple edilebilecek ön ödeme modülü ile tahsilât problemlerinin önüne geçilebilir.

Bu sonuçlar incelendiğinde AMR / AMI sistemlerinin avantajları Müşteri (Tüketici), İşletmeci (Tedarikçi ve Yetkili Okuma firmaları) ve Kamusal açıdan 3 ana kategoride toplanabilir (Elektromed, 2022).

### 3.5.6. Müşteri, işletmeci ve kamu açısından avantajlar

**1. Tüketiciler açısından avantajlar;**

- Enerji ve su birim fiyatlarında ucuzluk,
- Alınan hizmet kalitesinin artması,
- Hatasız faturalama ile doğru tüketim bilgisine erişim,
- Ödeme seçeneklerinin artması (internetle, telefonla vb. gibi),
- Diğer olası ek hizmetler (ev güvenliği, ev otomasyonu vb. gibi).

**2. İşletmeler açısından avantajlar;**

- Açıklayıcı, net ve doğru faturalama,
- Kısa sürede gelir toplama döngüsü,
- Düzeltilmiş tüketim yönetimi,
- Kayıp ve kaçakların denetimi,
- Uzaktan sayaçlara müdahale, açma – kapama,
- Güvenilirlikle arttırılan müşteri sadakat ve bağlılığı,
- Müşteri şikâyetlerinin azalması,
- İnternet hizmeti, ev güvenlik ve otomasyonu vb. gibi ek hizmetlerle yeni gelir imkânları.

### 3. Kamusal (devlet açısından) avantajlar;

- Enerji ve Su Kaynak Tüketiminde ulusal ölçüde verimli kullanım ve tasarruf sağlanması,
- Enerji ve sektörel karlılık artışı ile özelleştirilme de kolaylık ve avantaj sağlanması,
- Enerji piyasasında etkin bir denetim ve sağlıklı rekabetin oluşması,
- Üretim verimliliğinin artması,
- Olası yeni sektörler ile istihdam artışı ve kalkınmasın hızlanması,
- Etkin enerji ağı denetimi ile ulusal güvenliği sağlamanın kolaylaşması ve ülke savunmasının güçlenmesi (Erkal B., 2009)**,** (Erkal B., 2001)




**Şekil 13.** Karma AMR / AMI sistemi (Elektromed, 2022)

# 4. SAYAÇLAR (GELENEKSEL ve AKILLI SAYAÇLAR)

Türk Dil Kurumu 2022 yılı sözlük anlamına göre hava gazı, elektrik, su vb. kaynakların kullanılan miktarını veya mekanik etkilenmeleri ölçen alet ve saate sayaç, harcanmak üzere tüketim mahalline sevk edilen enerji ve suyu ölçmekte kullanılan cihazlara tüketici sayaçları denilmektedir. Buradan yola çıkıp özellikle enerji ve su kaynaklarının üretimden tüketime ölçümlenmesini göz önüne alarak, tüketilen veya üretilen enerji ve suyun ölçümünü yapabilen donanımları "tüketim sayaçları" veya kısaca "sayaç" diye tanımlayabiliriz.

Geçmişten bu yana sayaçlar ele alındığın da; halen kullanımda olan geleneksel sayaçlar ve teknolojinin gelişmesi ile hayatımıza giren akıllı sayaçlar olarak ikiye ayrılmaktadır.

1. Geleneksel Sayaçlar
2. Akıllı Sayaçlar

## 4.1. Geleneksel Sayaçlar

Geleneksel sayaçlar, herhangi bir teknolojik iletişim sistemini kullanarak yardımcı programlarla iletişim kurma kabiliyetine sahip olmayan, belirli periyottaki verileri hafızasında tutmayan, analog veya dijital ekrana sahip sayaçlardır. Başka bir deyişle kullanım bilgilerini kaydetmeyen, iletmeyen ve sadece gözle analog ve benzeri görsel bir ekran üzerinden ölçüm alınmasına izin veren ölçüm cihazlarıdır. (Lawinsider.com, 2022)




**Şekil 14.** Geleneksel sayaçlar (Wikipedia, 2022),

## 4.2. Akıllı Sayaçlar

Akıllı sayaçlar, elektrik, su ve gaz vb. kaynakların anlık ve periyodik olarak tüketim ölçümleri ile diğer kritik bilgileri (voltaj seviyeleri, akım - güç faktörü, sıcaklık değeri, debi, ısı transferi vs.) kaydeden ve iletebilen elektronik sayaçlardır. Bu sayaçlar, tüketim davranışının daha net olması için, bilgileri tüketiciye ve sistem izleme - tüketim faturalandırması için enerji ve su tedarikçilerine iletir. Akıllı sayaçlar genellikle verileri neredeyse gerçek zamanlı olarak kaydeder ve gün boyunca kısa aralıklarla düzenli olarak rapor verir. (Ferc, 2018)

AMI sistemlerinde sayaç ile merkezi sistem arasında çift yönlü iletişim, AMR sistemlerinde ise tek yönlü iletişim sağlarlar. Sayaçtan ağa iletişim kablosuz veya güç hattı taşıyıcısı gibi sabit kablolu bağlantılar yoluyla olabilir. (Wikipedia, 2022), (Oeder, 2016), (Elektromed, 2022)




**Şekil 15.** Akıllı sayaçlar (Qundis.com, Erişim tarihi: Aralık 2022), (Wikipedia, 2022)

## 4.3. Ön Ödemeli Sayaçlar

Prensip olarak akıllı bir sayaç ile sayacın bağlı olduğu enerji ve su tesisatına kontrol edecek bir açma – kapama devre kesicisinin akuple edilmiş halidir. Tüketicilerin önceden sabit bir birim bedel üzerinden satın aldıkları enerji ve su tüketim tutarı sayaca kredi olarak yüklenmekte, bu kredi tutarı bittiğinde ise enerji ve su nakli otomatik olarak devre kesici ile kesilmektedir. Sayaca kredi yükleme ya sayaca bağlı haberleşme sistemleri ile merkezi bir bilgisayarda yüklü özel yazılımdan yâda özel bir kart ile sayaç üzerine takılı

bir kart okuyucu ile yapılmaktadır. Temel olarak sayaçlara önceden tüketici tarafından satın alınan kredi yüklenmekte, otomatik veya manuel olarak tüketim ve dâhili kesici kontrolü yapılmakta olup kullanıcılar sayaç kredi durumu hakkında e-mail vb. gibi değişik yollarla bilgilendirilmektedir. Örneğin, gece yarısı kullanıcı sayacın kredisi biterse sistem anında kesme yapılabileceği gibi, ayarlanmış bir zamana kadar bekleyip bilgilendirme de yapılabilmektedir. (Aktif E.Teknik, Erişim tarihi: Aralık 2022)

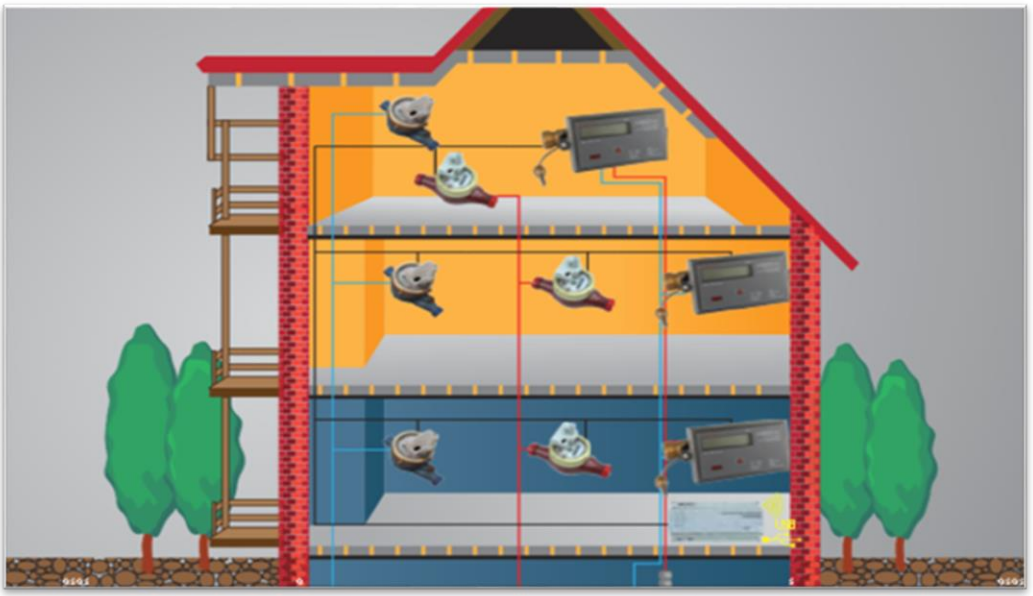


**Şekil 16.** Ön ödemeli elektrik sayacı (aktif.net, 2022)

### 4.3. Konutlarda Kullanılan Sayaçlar

Bu çalışmada yapılan literatür araştırmalarına dayanarak, sayaçlar genel olarak ölçüm yaptıkları enerji ve su vb. gibi kaynak çeşidine göre adlandırılmakta olup bu çalışmada ağırlıklı olarak konutlarda tüketilen enerji çeşitleri ve su ölçümlemesinde kullanılan sayaç tipleri ele alınmaktadır. Konutlarda ölçüm yapılan enerji çeşitleri ve suya göre bu sayaç tipleri şu şekildedir.

1. Su Sayaçları (Soğuk veya Isıtılmış Sıcak Su tüketimini ölçer)
2. Isı Sayaçları ve Pay ölçerler (Isıtma enerjisi tüketimini ölçer)
3. Gaz Sayaçları (Doğalgaz, LPG vs. tüketimini ölçer)
4. Elektrik Sayaçları (Elektrik enerjisi tüketimini ölçer)



**Şekil 17.** Konutlarda kullanılan ısı ve su sayaçları (Elektromed, 2022)

### 4.3.1. Su sayaçları

Su sayaçları, kısaca tüketilen yâda transfer edilen su miktarını ölçen cihazlardır. Genellikle tedarik firmaları tarafından sağlanan suyun tarım, sanayi, konut ve ticarethanelerdeki tüketimini ölçer. Ayrıca sistemin belirli bir bölümündeki birim zamandaki akış miktarını yani debiyi belirlemek için de kullanılırlar.

Su sayaçları, çoğu dünya ülkelerinde su sayaçları $m^3$/ton veya $dm^3$/litre cinsinden ölçüm olarak ayarlanır ve kalibre edilir, ancak Amerika Birleşik Devletleri ve diğer bazı ülkelerde feet küp ($ft^3$) veya ABD galonu cinsinden ayarlanmakta ve kalibre edilmektedir.

Geleneksel su sayaçları sadece suyun hacimsel tüketimini gösterirken, akıllı sayaçlar suyun anlık ve dönemsel ortalama tüketimi, akış hızı vb. gibi bilgileri de ölçüp kaydedebilirler. (Wikipedia, 2022), (gest.com, 2022)

Bilimsel olarak mekanik su sayaçları tasarımında, birim zamandaki su akış miktarını yani debisini belirlemeye yönelik suyun hacimsel yer değiştirmesi (volümetrik / deplasmanlı) yâda hızını tespit esaslı iki yaygın yaklaşım vardır ve mekanik su sayaçları genel olarak bu yaklaşımlara göre tasarlanıp üretilmektedir. Deplasmanlı sayaçlar, salınımlı pistonlu ve değişken disk ölçerli, hıza dayalı sayaçlar ise tek yâda çok jetli ve türbin tipi su sayaçlarıdır.

Bunun dışında suyun kirli olması vs. gibi yerlerde özel kullanım amacıyla tasarlanmış elektromanyetik ve Ultrasonik sayaçlar gibi mekanik olmayan tasarımlar da bulunmaktadır.

Genel olarak su sayaçları yalnızca soğuk içme yâda kullanım suyunu ölçmek için tasarlansa da daha yüksek sıcaklıklara dayanabilecek malzemelerle tasarlanmış sıcak su sayaçları da bulunmaktadır. Bu konudaki ayrımı belirtmek için genel olarak soğuk su sayaçları mavi renk tonlu, sıcak su sayaçları da kırmızı renk tonlu koruyucu kapaklı ve/veya gövde boyalıdır.

Ayrıca ön ödemeli su sayaçları ve AMR otomatik sayaç okuma için M-Bus vs. modüllü su sayaçları gibi elektromekanik sayaçlar da bulunmaktadır. İkincisi, bir elektronik ölçüm bileşeni ve bir LCD ekrandan oluşan modülü mekanik bir su sayacıyla birleştirir.

Su sayaçları genellikle kamu yâda özelleştirme kapsamındaki özel su tedarik firmalarına aittir ve sayaç okuma, bakım, ölçümleme vs. işlemleri onlara aittir. Günümüzde toplu yapı kültürü ile birlikte birçok apartman ve sitelerde ise tek bir sayaç üzerinden genele fatura edilen su giderleri ise süzme su sayaçları ile okunarak bağımsız bölüm maliklerine ilgili kanun ve yönetmelikler esas alınarak paylaştırılmaktadır. (Wikipedia, 2022)

#### 4.3.1.1. Deplasmanlı / volumetrik mekanik su sayaçları

Deplasmanlı yâda Volumetrik su sayaçları kısaca suyu bilinen hacimdeki bölümlere doldurup boşaltıp bu işlem sayısını bilinen hacimle çarparak akış miktarını ölçerler. (endustrilab.com, 2022)



**Şekil 18.** Volümetrik, mekanik su sayacı (Wikipedia, 2022)

Bu tip sayaçlar konutlar yâda küçük ticari işletme kullanımlarına özgü düşük ve orta akış hızlarında hassas ve verimli ölçüm yapmaktadır.

#### 4.3.1.2. Hız esaslı mekanik su sayaçları

Hız esaslı su sayaçları, kesit alanı bilinen bir sayaç gövdesinden geçen akış hızını ölçer. Daha sonra, "alan x hız" esasına göre hacimsel olarak birim zamanda geçen hacim esasıyla hacimsel olarak su akışını belirler. Sayaç gövdesinde suyun geçtiği jet nozül yapısına göre tek jet nozüllü yâda çok jet nozüllü çeşitli mevcuttur. (Wikipedia, 2022)



**Şekil 19.** Hız esaslı mekanik su sayacı iç yapısı (Wikipedia, 2022)

#### 4.3.1.3. Ultrasonik su sayaçları

Ultrasonik su sayaçları, suyun hızını belirlemek için sıvıya ultrasonik ses dalgaları göndermek için bir veya daha fazla ultrasonik dönüştürücü kullanır. Sayaç gövdesinin kesit alanı sabit ve bilinen bir değer olduğundan, suyun hızı tespit edildiğinde sayaçtan belli bir zamanda geçen suyun akış miktarı (birim zamandaki hacmi) çok yüksek doğrulukla hesaplanabilmektedir. Su yoğunluğunun sıcaklıkla değişmesi nedeniyle, çoğu hassas ultrasonik su sayacı hacim hesaplamasının bir bileşeni olarak, su sıcaklığını da ölçer.

Ultrasonik sayaçlar özetle birim zamandaki su hacmi (akış miktarı / debi) ölçümünü, ultrasonik metot ile gerçekleştiren su sayacı türüdür. Suyun hızını belirlemek amacıyla sayaçtan geçen suya ultrasonik dalgalar gönderilir ve sabit kesitten geçen su hızına göre su akış miktarı hesaplanır. Tüm ölçüm ve hesaplama işlemleri sayaca akuple edilmiş hesap ünitesinde geçekleşir. Ses dalgaları ile çalışır ve su akışını tespit etmek için herhangi bir döner veya haraketli mekanik parçaya gereksinim yoktur. Ultrasonik sayaçlar kirli sular vb. gibi ortamlarda daha etkili olup genel olarak mekanik sayaçlara göre daha hassas ölçüm yapabilir. Ancak mekanik sayaçlara göre daha pahalı oldukları ve konutlarda temiz su tesisatlarında kir vs. etkenleri çok etkili olmadığı için genel olarak konutlarda su tesisatlarında pek tercih edilmemektedir. (esular.com, 2022), (Wikipedia, 2022)



**Şekil 20.** Ultrasonik su sayacı (esular.com, 2022)

#### 4.3.1.4. Elektromanyetik su sayaçları (magmetreler)

Ağırlıklı olarak sanayi tesislerinde, gıda ve sağlık sektöründe ham (arıtılmamış), demineralize ve atık su vs. ölçümünde kullanılan elektromanyetik su sayaçları / magmetreler, çalışma metodolojisine göre teknik olarak hız tipi bir su ölçerdir. Farklı olarak burada hız ölçümü için Faraday'ın indüksiyon yasasının fizik prensipleri kullanılmaktadır. İndüksiyon için kullanılan elektrik enerjisinin sayaç gövdesinden olası kaçakları, akışı ölçmekte kullanılan elektrotları etkileyerek hatalı okumalara sebebiyet verebileceği için çoğu elektromanyetik sayaçta, kaçak elektriği elektrotlardan uzaklaştırmak için topraklama halkaları veya topraklama elektrotları ile topraklama yapılır. (Wikipedia, 2022)



**Şekil 21.** Elektromanyetik su sayacı (Wikipedia, 2022)

### 4.3.2. Isı sayaçları (kalorimetreler)

Isı sayaçları (kalorimetreler); bir enerji kaynağından sağlanan veya bir ortama aktarılan termal enerjiyi (Q); Isı transfer sıvısının birim zamandaki akış miktarı (M) ile sıvının gidiş ve dönüşü arasındaki sıcaklık fark (ΔT) değişimini ölçüp, bir hesaplama ünitesi yardımı ile temel ısı formülündeki "Q = M.C. ΔT" formülüne göre hesaplayarak ölçen bir cihazdır.

Tipik olarak endüstriyel tesislerde üretilen veya bir proseste tüketilen ve ayrıca konutlarda da ısıtma / soğutma sistemlerinden tüketicilere iletilen termal enerjiyi ölçmek için kullanılır.

Temel olarak ısı sayacı, debimetre, gidiş - dönüş sıcaklık ölçme sensörleri (termokupl) ve bir elektronik hesaplama ünitesinden oluşmaktadır. (Wikipedia, 2022)

Günümüzde konut ve Ticari İşletmelerde yoğun olarak kullanılan ısı sayaçları, tüketilen termal enerji miktarını, giriş ve dönüş suyu sıcaklığını, geçen debiyi ve suyun yoğunluğunu ölçerek mekanik pervane / çark aracılığıyla veya Ultrasonik ses dalgalarıyla ölçebilen ve ısı tüketim miktarlarını kWh, MWh, GJ, MJ gibi enerji birimi cinsinde kaydeden cihazlardır. (ETADER, 2017)

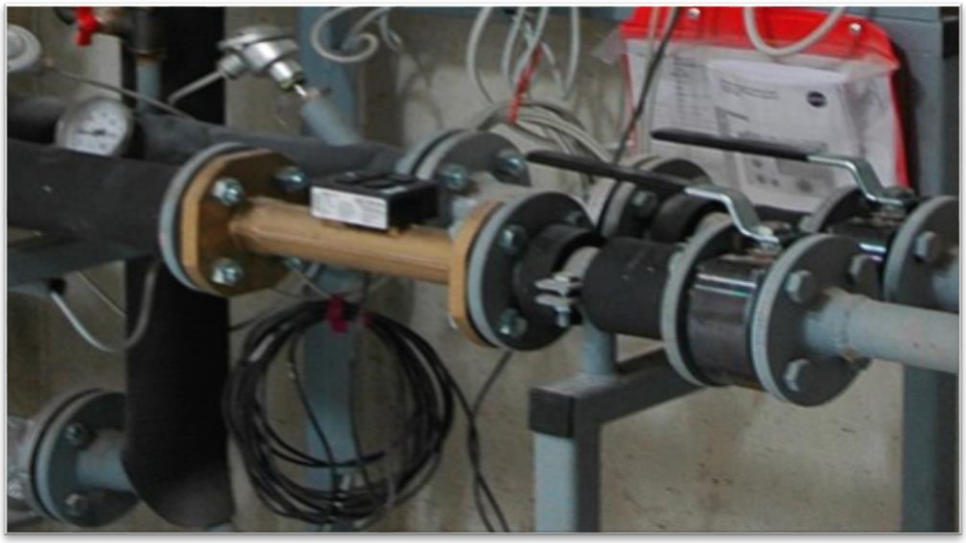
Isı Sayaçları özellikle debimetre kısmının ölçüm prensibi açısından genel olarak, Mekanik ve Ultrasonik tip Isı sayacı olarak ikiye ayrılırlar. Hesaplama modüllerine bir haberleşme ünitelerinin akuple edilmesiyle akıllı sayaçlara dönüştürülebilirler.

#### 4.3.2.1. Mekanik ısı sayaçları / mekanik kalorimetreler

Mekanik Isı sayaçları / kalorimetreler, debi ölçümünü tek veya çok hüzmeli, çark / pervane yardımı ile ölçen ısı sayaçlarıdır. (ETADER, 2017)

#### 4.3.2.2. Ultrasonik ısı sayaçları / ultrasonik kalorimetreler

Ultrasonik Isı Sayaçları / kalorimetreler, debi ölçümünü ses sinyalinin su içerisindeki transfer hızı ile ölçen ısı sayaçlarıdır. (ETADER 2017)



**Şekil 22.** Ultrasonik kalorimetre (ETADER, 2017)

### 4.3.3. Pay ölçerler

Isı Pay Ölçerler, merkezi ısıtma sistemlerinde toplam bireysel tüketimi ölçmek için mahallerde (odalarda vs.) bulunan radyatör peteklerinin harcadığı ısı enerjisini ölçmek amacıyla geliştirilmiş ve ısı enerjisini hesap edip hafızasında kaydeden radyo frekans modüllü bir cihazdır. Mahalde bulunan tüm pay ölçerlerin, ölçüm değerleri toplamı o mahalin toplam tüketim değerini vermektedir. Özellikle merkezi sistemle ısınan konutlarda her bir radyatöre monte edilerek mahal ve bireysel bazda tüketim değerlerini kaydederek gerçek tüketim değerlerine göre gider paylaşımı yapılmasına olanak verir. Radyatör yüzey sıcaklığı ile ortam sıcaklığını algılayan iki sensörü vardır. Sensörler arası sıcaklık farkı belirli bir dereceyi aştıktan sonra ölçüm başlar. Bu ölçüm değeri radyatörlerin ısıl kapasiteleri ile doğru orantılı olan düzeltme faktörleri (k faktörü) ile çarpılarak toplam tüketim hesaplanır. (ETADER, 2017), (Wikipedia, 2022).



**Şekil 23.** Pay ölçer (ETADER, 2017)

### 4.3.4. Gaz sayaçları

Gaz sayacı, doğal gaz ve LPG (liquefied petroleum gas) sıvılaştırılmış petrol gazı gibi yakıt gazlarının hacmini ölçmek için kullanılan özel bir gaz akış ölçerdir. Gaz sayaçları, bir gaz tedarik kuruluşu tarafından sağlanan yakıt gazını tüketen konut, ticari ve endüstriyel binalarda kullanılır. Günümüzde ağırlıklı olarak kullanılan gaz türünün doğalgaz olması nedeniyle kullanılan gaz sayaçlarının adı da doğal gaz sayaçları olarak anılmaktadır (Wikipedia, 2022).

Doğalgazın ve diğer gazların sıcaklık ve basınçtan oldukça etkilenmesi nedeniyle ölçülmesi sıvılardan daha zordur. Bu sebeple sayaçtan akan gazın gerçek miktarını ve değerini ölçmek için, sayaçtan ölçüm yapılan gaz değerlerinin, sıcaklık, basınç ve ısıtma değeri kompanzasyonu yapılır.

Ölçülecek gazın hacimsel akış hızına, beklenen akış aralığına, türüne ve diğer faktörlere bağlı olarak kullanılan farklı doğalgaz sayaçları vardır (Wikipedia, 2022).

Günümüzde ağırlıklı kullanılan doğal gaz sayaç modelleri çalışma prensiplerine göre adlandırılmaktadır. Körüklü gaz sayaçları düşük kapasiteler için iç tesisatta, Rotary ve türbin gaz sayaçları endüstriyel amaçlı kullanılmaktadır (gest.com, 2022).

#### 4.3.4.1. Körüklü gaz sayacı

Diyafram gaz sayacı olarak da adlandırılan körüklü gaz sayacı doğal gaz hatlarında kullanılan düşük kapasiteli ölçüm grubunda yer almakta olup iç tesisatta, evsel uygulamalarda vb. gibi yerlerde kullanılmaktadır. Tasarım olarak hacim transferi prensibi ile çalışır ve özel olarak imal edilen diyaframlarla, insan kalbinin çalışmasına benzer bir sistemle gazın aktarılması prensibiyle ölçüm yapmaktadır. Ülkemizde yaygın olarak bireysel konut abonelerinim gaz ölçümleri ile düşük tüketimli ticarethanelerin gaz ölçümlerinde kullanılmakta olan körüklü gaz sayacı, ölçüm aralığı itibari ile diğer model sayaçlara kıyasla avantaj sağlamak ile birlikte en çok 500 mBar çalışma basıncı kullanım alanını sınırlamaktadır (gest.com, 2022).



**Şekil 24.** Körüklü doğalgaz sayacı (gest.com, 2022)

#### 4.3.4.2. Rotary gaz sayacı (rotarymetre)

Rotary tip gaz sayacı (Rotarymetre), gaz ölçümünde kullanılan ölçü cihazlarından biridir ve ana ölçüm elemanı olarak kullanılan rotorlardan adını almıştır. Birbirine paralel "8" şeklini andıran profile sahip iki adet rotor 180$^{o}$'lik faz açısı ile dönüş yaparken arada kalan gazı süpürerek ölçüm yaparlar. Bu sayaçlar orta ölçekli sanayi tesisleri ile büyük ölçekli ticarethanelerin gaz ölçümlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Çalışırken gürültülü çalışması ve titreşim üretmesi sebebi ile gürültüye hassas tesislerin (okul, hastane vb.) tesisatlarında körüklü gaz sayacı veya özel imal edilmiş Rotary metreler kullanılmaktadır. Bu sayaçlarda rotorlar arasındaki mesafeler çok küçük olduğu için şebeke içinden gelen pisliklere karşı çok hassastır. Bu sebeple iyi filtreleme yapılamayan şebekelerde kullanılmamalı veya bu durumlarda sayacı korumak için sayaç öncesine konik filtre takılmalıdır (gest.com, 2022).

Bu sayaçlarda bakım ve servis işlemleri ölçümün sürekli beklenen doğruluk değerlerinde yapılması için büyük önem arz etmektedir (gest.com, 2022).



**Şekil 25.** Rotary tip doğalgaz sayaçları (gest.com, 2022)

#### 4.3.4.3. Türbin gaz sayacı (türbinmetre)

Türbin tip gaz sayacı (Turbinmetre) adını ölçüm elemanı olarak kullanılan ve türbini andıran şekle sahip pervanelerinden almıştır. Özel olarak imal edilen bu türbinler sahip oldukları pervanelerin açılı yapısı sayesinde gazın hızını ölçerler. Daha sonra yapılan kalibrasyon ile toplam debi indekste görüntülenir. Bu sayaçlar, orta ve büyük ölçekli sanayi tesislerinin, şehir dağıtım şebekelerinin, elektrik üretim santrallerinin gaz

ölçümlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Dar ölçüm aralığı (1:20 – 1:30), maksimum tüketim değeri ile minimum tüketim değeri arasında büyük farklar olan tesislerin gaz ölçümünde kullanılmasına mani olmaktadır. Ayrıca çalışma anında pervanenin sahip olduğu ataletten dolayı sık sık duran ve tekrar aniden devreye giren tesislerin gaz ölçümünde kullanımları pek uygun değildir. Türbin metreler şebeke içindeki pisliklere karşı rotarymetreler kadar hassas değildir, fakat bu tür pislikler pervanelere zarar verebileceği için şebekenin iyi filtrelenmesi ölçüm hassasiyeti açısından önemlidir (gest.com, 2022).

Türbin metrelerin bakım ve servis işlemleri ölçümün sürekli beklenen doğruluk değerlerinde yapılması için büyük önem arz etmektedir(gest.com, 2022).



**Şekil 26.** Türbin tip doğalgaz sayaçları (gest.com, 2022)

### 4.3.5. Elektrik sayaçları

Elektrik alıcılarının (Elektrik enerjisi üreten veya tüketen devreler) gücünü ölçen aygıt wattmetre, elektrik alıcılarının yaptığı işi (bir zaman aralığında ölçülen toplam güç) doğrudan ölçen aygıtlara elektrik sayacı denir. Basit ve genel anlamda Wattmetre ile Elektrik Sayacının yapısı aynıdır. Aradaki fark, wattmetrede ibre, sayaçta sayıcı (numaratör) bulunmasıdır. (Kabalcı, 2022)

Tüketim ölçümüm açısından bakıldığında ise konut, iş yeri vb. gibi yerlerde veya elektrikle çalışan bir cihaz tarafından tüketilen, elektrik enerjisi miktarını ölçen bir cihazdır. Elektrik sayaçlarının hem doğru akım (DA veya DC) devrelerinde hem de

alternatif akım (AA veya AC) devrelerinde kullanılabilen türleri olup tedarikçi firmalarca konutlarda ve işyerlerinde kullanılan tipleri alternatif akım elektrik sayaçlarıdır. (Wikipedia, 2022)

Elektrik Sayaçları pek çok şekilde sınıflandırılabilir. Sayaçların çeşitli sınıflandırmalara göre çeşitleri şunlardır: ( Kabalcı, 2022)

**1. Devreye bağlantısına göre sayaçlar**

- Doğrudan bağlantısı yapılan sayaçlar,
- Ölçü transformatörleri ile bağlanan sayaçlar.

**2. İmalat ve bağlantı şekline göre sayaçlar**

- Bir faz iki telli (bir elemanlı) sayaçlar,
- Üç faz dört telli (üç elemanlı) sayaçlar,
- Üç faz üç telli sayaçlar (aron veya 2 elemanlı).

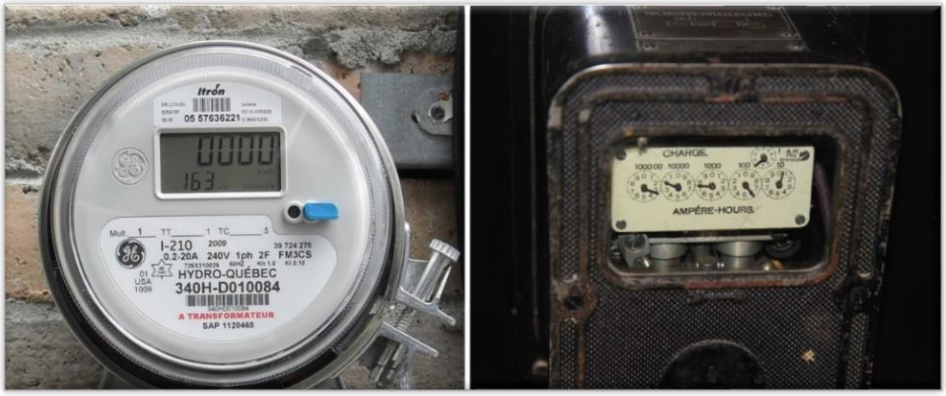
**3. Yapılarına göre sayaçlar**

- Elektromekanik elektrik sayaçları,
- Elektronik elektrik sayaçları.

**4. Fonksiyonlarına göre sayaçlar**

- Normal sayaçlar,
- Demandmetreli sayaçlar,
- Çok tarifeli sayaçlar,
- Yük profili kaydeden sayaçlar,
- Haberleşme özellikli sayaçlar.

Bu çalışmada günümüzde ağırlıklı olarak kullanılan yapı itibariyle Elektromekanik ve Elektronik elektrik Sayaçları incelenerek ele alınmıştır.




**Şekil 27.** Alternatif ve doğru akım elektrik sayaçları (Wikipedia, 2022)

#### 4.3.5.1. Elektromekanik elektrik sayaçları

En yaygın kullanılan elektrik sayacı türü elektromekanik elektrik sayaçlarıdır. Sayaçtan geçen güçle orantılı bir hızda dönmesi için yapılmış, manyetik olmayan ancak elektriksel olarak iletken bir metal diskin devirlerini sayarak elektromanyetik indüksiyon yoluyla çalışır. Bu nedenle indüksiyon sayaç olarak ta bilinen sayaçta devir sayısı, enerji kullanımıyla orantılıdır. (Wikipedia, 2022)

Şekil 28.'de görüldüğü üzere elektromekanik indüksiyon sayaç mekanizmasının temel elemanları şunlardır. (Wikipedia, 2022)

**1.** Gerilim bobini: Yüke paralel bağlı,

**2.** Akım bobini: Yüke seri bağlı,

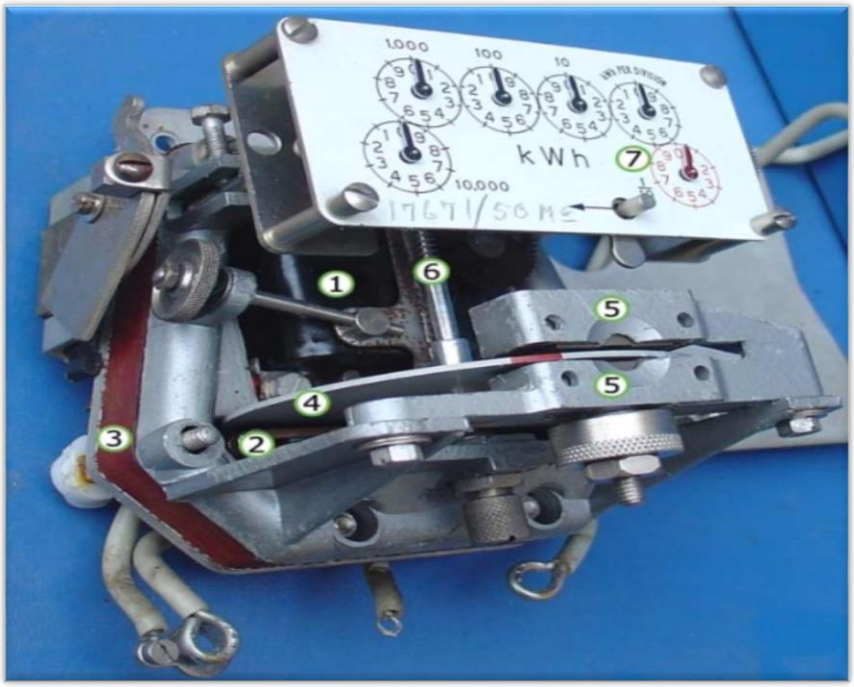
**3.** Stator: Manyetik alanı yoğunlaştırıcı ve sınırlayıcı,

**4.** Alüminyum rotor diski,

**5.** Rotor freni mıknatısları,

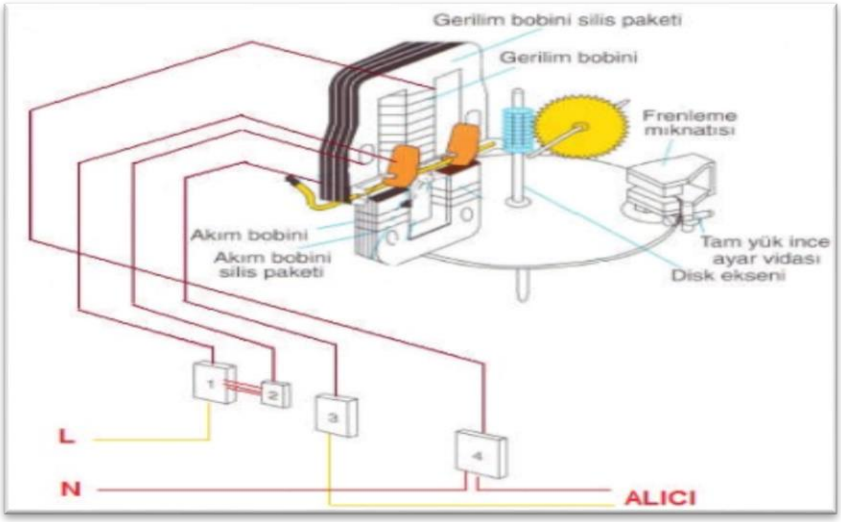
**6.** Sonsuz dişli ile mil,

**7.** Ve ekran kadranlarıdır. (Kadranlarda; 1/10, 10 ve 1000 ölçekli kadranlar saat yönünde dönerken 1, 100 ve 10000 ölçekli kadranlar saat yönünün tersine döner




**Şekil 28.** Elektromekanik sayaç bileşenleri (Wikipedia, 2022)

Bu sayaçlar genel olarak yapı itibariyle wattmetreye (Watt biriminden güç ölçer) benzemektedir. Kalın kesitli az sarımlı akım bobinleri ve ince kesitli çok sarımlı gerilim bobinleri vardır. Akım bobinlerinin sargı dirençleri küçüktür ve elektrik alıcıya seri bağlanır. Gerilim bobinlerinin dirençleri büyüktür ve elektrik alıcıya paralel bağlanır. (Kabalcı, 2022)




**Şekil 29.** Tek fazlı Elektromekanik – ind. aktif sayaç iç yapısı (Kabalcı, 2022)

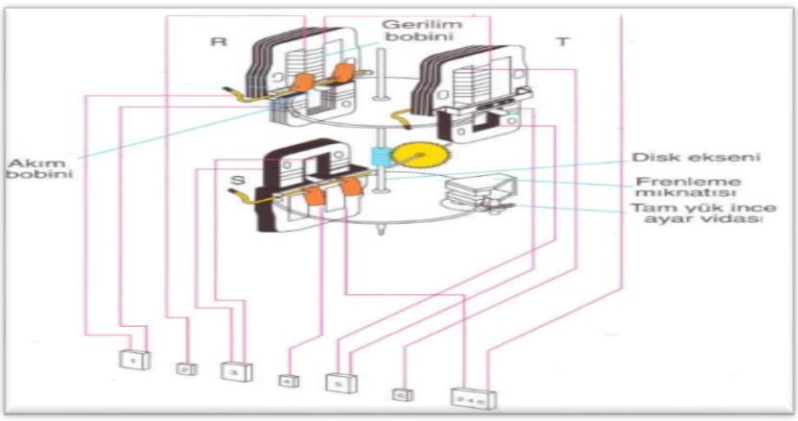
Prensip olarak diskin bir dönüşü ile temsil edilen enerji miktarı, devir başına watt-saat (wsa yâda wh) cinsinden ve "Kh" sembolü ile gösterilmekte olup yaygın olarak 7,2 değeri alınır. Bu şekilde disk dönüşlerini bir zaman sayacı (kronometre) ile zamanlayarak herhangi bir zamanda, birim zamandaki güç formülü ile güç tüketimi belirlenmektedir.

P (Watt cinsinden güç) =3600 x Kh (Tur sabiti) / t (Diskin bir turu için harcanan saniye cinsi süre)

Örneğin, Kh = 7,2 alındığın da ve diskin bir devri 14,4 saniyede gerçekleşmişse, güç 1.800 watt çıkacaktır ve bu yöntem ev cihazlarının güç tüketimini belirlemek için tek tek ilgili cihazı açarak kullanılabilir. (Wikipedia, 2022)

Geleneksel kullanılan bu tip elektrik sayaçlarının çoğu, elektrik tedarik şirketinin bir temsilcisi veya müşteri tarafından manuel olarak okunmaktadır. Müşterinin sayaç okuması durumunda okuma telefon , posta veya internet üzerinden elektrik şirketine iletilebilir. Elektrik şirketi, müşteri tarafından sağlanan okumaları doğrulamak ve sayacın temel güvenlik kontrolünü yapmak için normalde bir şirket temsilcisinin en az yılda bir kez ziyaret etmesini istemekte olup cezalara maruz kalmamak için bilgi verme güvenliği esastır. (Wikipedia, 2022)

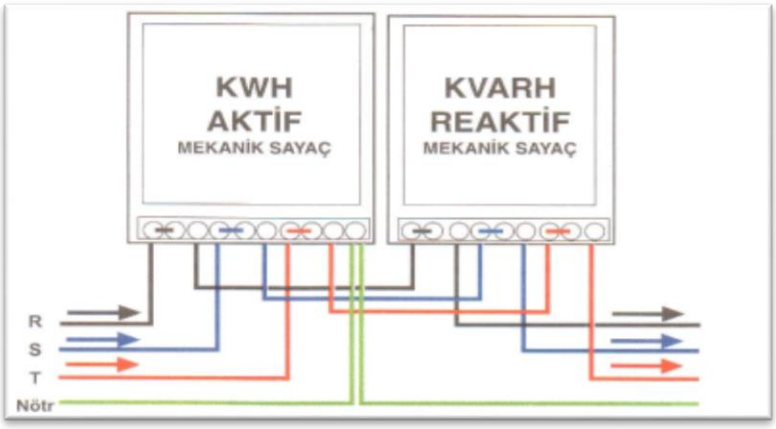
Üç fazlı indüksiyon sayaçları, iki veya üç adet bir fazlı indüksiyon sayaçlarının bir araya getirilmesinden meydana gelir. Bu nedenle çalışma prensibi ve özellikleri bir fazlı sayaçların aynısıdır. Üç fazlı olanlarda bir adet veya 2 adet disk aynı eksen üzerindeki mile tespit edilmiştir. (Kabalcı, 2022)



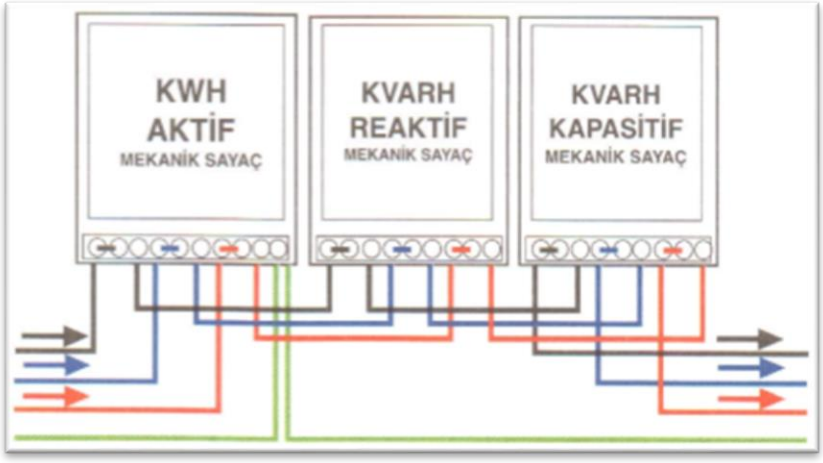

**Şekil 30.** Üç fazlı Elektromekanik – İnd. aktif sayaç iç yapısı (Kabalcı, 2022)

İşletmelerde alternatif akımda çalışan endüktif yükler (motor, trafo vb.) için aktif gücün yanında bir de reaktif güç harcanır. Büyük işletmelerde çok sayıda motor ve trafo kullanıldığından çekilen reaktif güç de büyük olur. Ayrıca trafo ekstra yüklenmiş olduğundan dolayı enerji dağıtım şirketine olan yük artar. Bu sebeple ayrıca çekilen reaktif gücü ölçmek için sisteme takılan cihazlara reaktif sayaç denilir. Reaktif sayaçlar 3 fazlı olarak üretilir ve 50 KVA (Kilovolt amper) üzeri güç değeri olan tesislerde ayrıca kapasitif reaktif sayaç kullanılması zorunludur (Kabalcı, 2022).

Ev ve küçük iş yerlerinde çalıştırılan endüktif özellikteki alıcılar reaktif enerji çeker fakat bu güç çok küçük olduğundan böyle küçük aboneler (9 KW altında tesisler) için endüktif reaktif enerji sayacı istenmez (Kabalcı, 2022).




**Şekil 31.** Üç faz aktif - reaktif sayaç bağlantısı (Kabalcı, 2022)




**Şekil 32.** Üç faz aktif – reaktif - kapasitif sayaç bağlantısı (Kabalcı, 2022)

Elektromekanik elektrik sayaçları genel olarak tek tarife üzerinden fiyatlandırıldığı için aylık birim gider tutarı sabittir yani farklı saatlerde yapılan tüketimler genel toplam tüketime bağlı fatura tutarını etkilemez. (Kabalcı, 2022).

Bu bilgiler neticesinde şebeke yükleri aynı anda kullanım olacak gibi projelendirilmekte, buda tedarikçi firma yatırım maliyetlerini arttırmaktadır. Oysa akıllı sayaçlarla farklı zaman dilimlerinde dengeli bir kullanım yönünde tüketiciler teşvik edilerek gerçek zamanlı tüketim analizleri ile yatırım maliyetleri düşürülebilir.

Türkiye'de çift terimli, tek terimli, çok zamanlı olarak üç çeşit tarife sistemi vardır. Çift terimli tarife, tüketilen elektrik enerjisi için kWh miktarı üzerinden alınan bedel ile buna ek olarak sözleşme gücü karşılığında kW miktarı üzerinden alınan bedel esasına dayalı tarife sınıfıdır. Çift terimli tarifeden enerji alacak müşteriler, çekilen gücün en yüksek değerini belirleyen özellikteki demandmetreli (demand: talep, istek) sayaç tesis etme zorunluluğu vardır (Kabalcı, 2022).

Tek terimli tarife ise tüketilen elektrik enerjisi için kWh miktarı üzerinden bedel alma esasına dayalı tarife sınıfıdır. (Kabalcı, 2022)

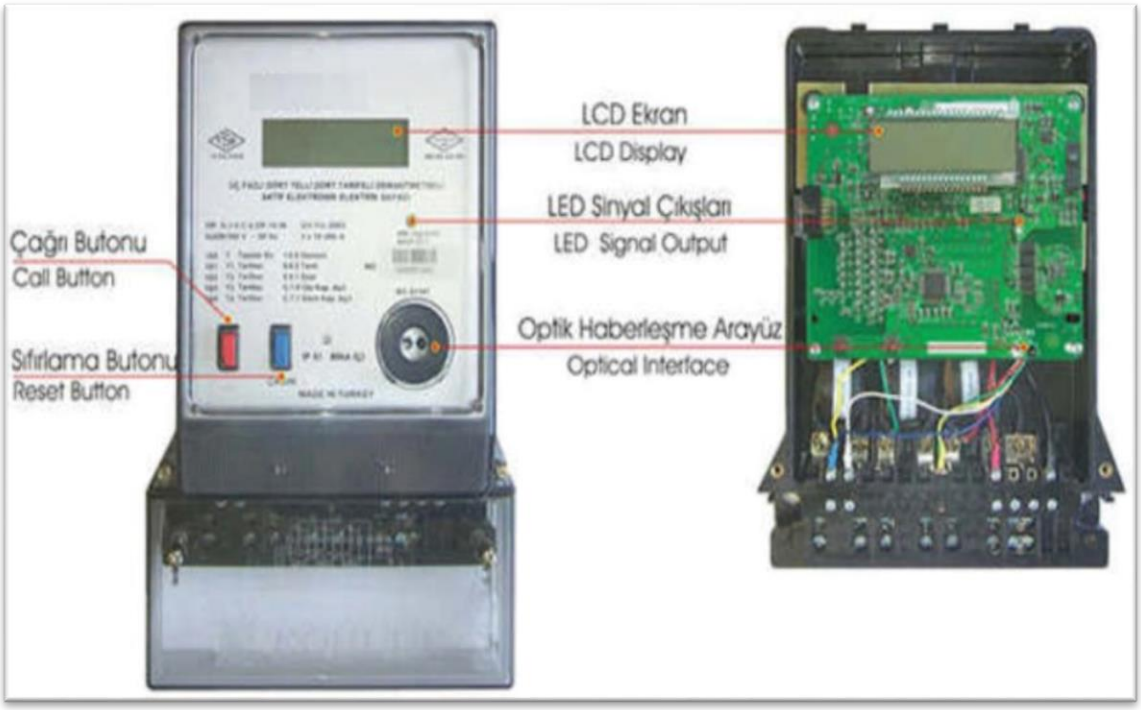
Çok zamanlı tarife sistemi de, günün belli saatlerinde ve haftanın belli günlerinde tüketilen elektrik enerjisi için farklı fiyatlardan bedel alma esasına dayalı bir uygulamadır (Kabalcı, 2022).

#### 4.3.5.2. Elektronik elektrik sayaçları

Bir direnç köprüsü ya da akım trafosu vasıtası ile kullanılan elektrik akımının hareketli parçalar olmadan ölçüldüğü elektrik sayaçlarıdır. Genellikle Sıvı Kristal Ekran (LCD) göstergeye sahiptirler. Üzerlerindeki düğme sayesinde toplam güç, saat, tarih vb. gibi diğer bilgiler ekrandan okunabilir. Mekanik sayaçlara göre çok daha az ölçüm hataları vardır. Mekanik sayaçların zamanla dönen tekerlek yataklarının aşınması ile ortaya çıkan sürtünme sebebine bağlı ölçüm hatalarının artması durumu elektronik sayaçlarda söz konusu değildir. İç tüketim enerjileri mekanik sayaçlara göre 5 kat daha az olduğu için dağıtım hat kayıpları çok daha azdır. İstatiksel olarak değerlendirildiğinde elektronik sayaçların arıza oranı mekanik sayaçlara göre daha yüksektir. (Wikipedia, 2022)

Günümüz de elektronik elektrik sayaçları piyasada birçok firma tarafından üretilmektedir. Üretim, standartlar ve yönetmelikler çerçevesinde yapılmakta ve prensip olarak üretilen sayaçların tamamı aynı özellikte üretilmektedir. Genel olarak konut ve ticari işletmeler için aktif ve reaktif olarak elektronik sayaçlar üretilmekte olup ayrıca günümüzde trifaze sistemlerde, üç fazlı kombi (aktif – reaktif - kapasitif) elektronik sayaçlar kullanılmaktadır (Kabalcı, 2022).

Elektronik sayaçlar kurulum ve servis yönünden uzmanlık gerektirmekte ve hatalı kurulumlarda arıza sinyali oluşmaktadır (Kabalcı, 2022).




**Şekil 33.** Elektronik elektrik sayacı ön görünüş ve içyapısı (Kabalcı, 2022)

Genel olarak elektronik elektrik sayaçlarının özellikleri aynıdır ve bunları şu şekilde sıralayabiliriz. (Kabalcı, 2022).

**Ölçüm fonksiyonları:** 4 tarifede de toplam aktif, reaktif - kapasitif enerji ölçümü yapılabilir, zaman dilimleri ve tarifeler programlanabilir, gün içinde 12 ayrı zaman dilimi belirlenip, belirlenen bu zaman diliminde dört tarifeden biri seçilebilir. Ayrıca 32 tatil günü özel, 8 ayrı günlük, 8 ayrı haftalık ve 12 ayrı aylık tip program yapılabilir.

**Faturalama fonksiyonu:** Faturalama indeksleri otomatik olarak okunabilir, faturalamanın başlangıcı her ayın birinci günü saat 00:00 olup istendiğinde herhangi bir gün içinde programlanabilir. Son 12 ayın bilgilerini saklama özelliği vardır. Toplam aktif, reaktif, kapasitif enerji değerlerini dört tarife bazında 12 ay saklama özelliği vardır.

**Kendi kendine arıza bulma:** Sayaç kendisindeki devreleri sürekli otomatik olarak kontrol edip arıza menüsünde arıza var / yok diye ekranda belirtir. Bu hatalar: Bellek, gerçek zaman saat hatası; saat pili zayıf, sistem pili zayıf uyarısı, üst kapak ve klemens kapağı açık hatalarını gösterir.

**Klemens ve üst kapak açılma, kapama, kaydetme özelliği:** Üst kapağın veya klemens kapağının açılması durumunda her ay için ilk açılma tarihini ve o ay içindeki toplam açılma sayısını kaydeder. Kapak açılma tarihi ve adedi bilgilerinin son 12 ayı bellekte saklanır.

**Sayaçla iletişim, optik port ile okuma:** Elektronik sayaçların üzerinde optik port bulunmaktadır. Sayaç herhangi bir müdahale yapılmadan optik port ara yüz bağlantısı ile hem bilgisayar üzerinden hem de el endeksörü (terminali) kullanılarak okunabilir. Ayrıca elektrik kesik iken de LCD ekranını aydınlatan back-light sistemi sayesinde karanlıkta okunabilir. Bu açıdan bakıldığın da AMR ve AMI sistemlerle uyumludurlar.

# 5. SERİ VERİ YOLU SİSTEMLERİNİN TEMELLERİ

## 5.1. Uygulamalar ve Tanımlar

Birbirleriyle iletişim içindeki bilgi işlem sistemleri, aralarındaki haberleşme mesafelerine göre sınıflandırılmaktadır. Dünya çapındaki iletişim ağları Global (Küresel) Area (Alan) Networks (Ağları) - GAN, kıtalar ve büyük kara parçaları arasındaki iletişim ağları Wide (Geniş) Area (Alan) Networks (Ağları) olarak bilinir. Local (Lokal / Yerel) Area (Alan) Networks (Ağları) ise birkaç kilometreye kadar olan mesafelerde, laboratuvarlar, ofis ve şirket binaları vb. gibi belirli coğrafi alanlarla sınırlı olan iletişim ağlarıdır. Bu tür lokal / yerel ağlar terminal, bilgisayar, ölçüm ekipmanları ve proses otomasyon modülleri vs. gibi donanımların birbirleriyle iletişim bağlantısı için kullanılmaktadır (Mardirect.de, 2022).

Lokal ağların çoğunluğunda, en yaygın ve en çok olarak sistemdeki bileşenleri bağlamak için aşağıdaki dizilimler (topolojiler) kullanılır (Mardirect.de, 2022).

### Yıldız topolojisi

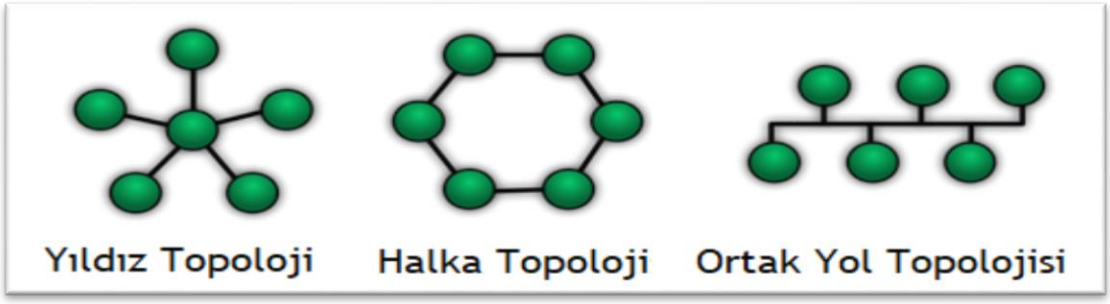
Her bir ekipman, ayrı bir iletişim hattı ile merkezi bir işlemci birimine bağlıdır. Ekipmanların, merkezi birimle bilgi alışverişi sıralı veya eş zamanlı olarak gerçekleşir. Bu dizilimdeki tek dezavantaj, çok fazla kablolama gereksinimine ihtiyaç duyulmasıdır (Mardirect.de, 2022).

### Halka Topolojisi

Bu dizilimde, ekipmanlar bir halka şeklinde birbirlerine bağlıdır ve veriler noktadan noktaya aktarılmaktadır. Bu dizilimin dezavantajı da tek bir ekipmanın arızalanması yâda devre dışı kalması durumunda tüm ağın devre dışı kalmasıdır (Mardirect.de, 2022).

**Ortak Yol (Bus) Topoloji**

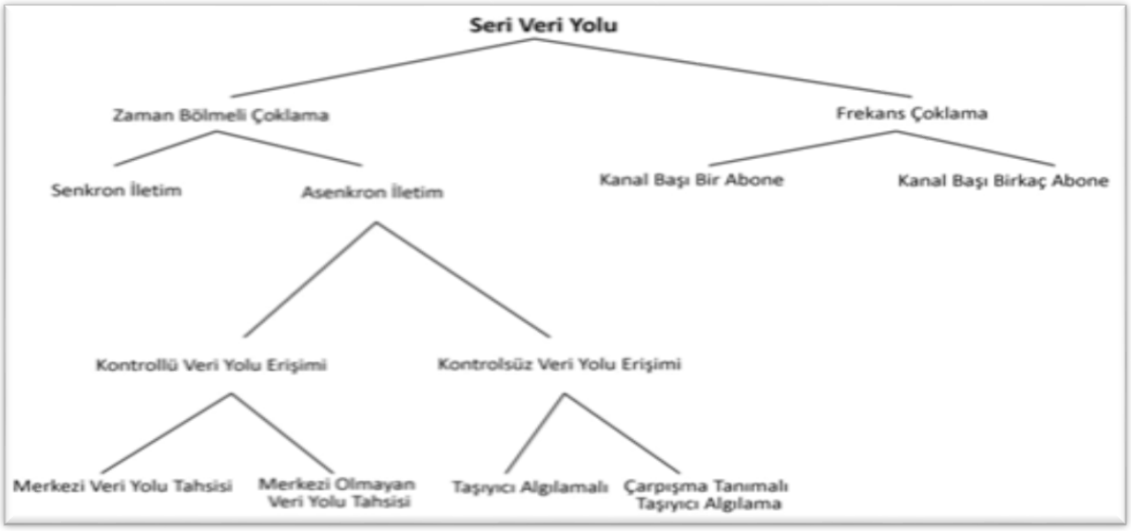
Ekipmanlar, ortak bir veri yolu iletişim hattı üzerinden bağlıdır. Bunun sonucunda yalnızca bir ekipman aynı veri yolunda aynı anda veri iletebilir. Ekipmanlardan birinin devre dışı kalması durumunda devre dışı kalmayan ve verilerin tüm bileşenlere (Broadcasting) veya sistemdeki belirli gruplara (Multicasting) iletilmesine izin veren bu topoloji oldukça ekonomiktir (Mardirect.de, 2022).




**Şekil 34.** Ağ topolojileri (Wikipedia, 2022)

## 5.2. Veri Yolu Sistemlerinin Temel İşlevleri

Şekil 35.'deki, çeşitli seri veri yolu sistemlerine genel bir bakış açısı sağlamak amacıyla tasarlanmış seri veri yolu, ilk olarak kullanılan çoklama (multipleks) tekniğine göre bölümlendirilmiştir. Frekans çoklama ile iletim ortamının frekans spektrumu, her biri bir kanalı temsil eden frekans bantlarına bölünür. Her katılımcıya daha sonra bir kanal tahsis edilir. Zaman bölmeli çoklama ile sınıflandırma yapmak içinse senkronizasyon türleri ve erişim teknikleri kullanılır (Mardirect.de, 2022).




**Şekil 35.** Seri veri yolu sisteminin sınıflandırılması (Mukul, 2010)

### 5.3. Erişim Teknikleri

Veri yolu sistemlerinde iletim ortamı tüm katılımcılar tarafından ortak kullanıldığı için, muhtelif iletim gereksinimleri dikkatle planlanmalıdır. Veri yolu üzerindeki katılımcıların veri iletiminde kullandığı yöntemler, erişim teknikleri olarak bilinir. Bu teknikler, birkaç katılımcının aynı hat üzerinde, aynı anda iletim yapmasına bağlı veri yolu çakışmaları veya çarpışmalarını önlemeli ve en azından her katılımcının belirli bir minimum süre boyunca iletim yapabilmesini sağlamalıdır. Veri iletimi yapacak katılımcılar arasında ortak veri yolu paylaşımı, bir tahsis etme mantık sistemi ile gerçekleştirilmektedir (Mardirect.de, 2022).

Merkezi tahsis etme mantığı ile merkezi veri yolu denetleyicisi kullanıcı talebini alır ve ardından kullanıcının veri yolunu ne zaman kullanıp kullanamayacağına karar verir. Burada, veri yolu kullanımı taleplerini belirlemek için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bunlar:

- Her ekipmana ayrı bir kanal tahsisi ile doğrudan iletim,
- Katılımcıların iletim ihtiyaçlarına göre periyodik sorgulanması (yoklama),
- Katılımcı kimliği ile ortak bir hat üzerinden gönderilen iletim istekleri ve
- Gereksinimler dikkate alınmaksızın katılımcılara önceden belirlenmiş bir zaman çerçevesine göre veri yolu tahsisidir (Mardirect.de, 2022).

Merkezi tahsis etme mantığındaki avantaj ile veri yolu iletimindeki karmaşıklık azaltılmaktadır.

Merkezi olmayan tahsis etme mantığında ise her katılımcıya, veri yolunun o anda kullanımda olup olmadığını anlamasına olanak tanıyan işlevler sağlanmakta olup bu işlevler:

- Her kullanıcıyla karşılıklı olarak sorgulama amaçlı istek gönderimi,
- Veri yolu kullanımını kullanıcıdan kullanıcıya aktaracak periyodik veri yolu tahsisi
- Ve CSMA (Carrier Sense Multiple Access / Çoklu Erişim Taşıyıcı Algılama) şeklindedir. CSMA' da katılımcılar, veri yolu doluluğunu kontrol etme ve boş olduğu tespit edilirse kendi verilerini iletme olanağına sahiptir. Belirli veri yolu sistemlerinde (Örn. yerel ağlarda kullanılan veri çerçevesi tabanlı bilgisayar ağı teknolojisi

olan Ethernet veri yolu sistemi) sinyal geçiş sürelerinin bir sonucu olarak ortaya çıkabilecek çakışmaları önlemek için katılımcılar, çakışma olup olmadığını belirlemek için veri yolunda kendi verilerini kullanabilirler. Böyle bir durumda, iletim kesilerek uygun bir zaman aralığından sonra tekrarlanacaktır (Mardirect.de, 2022).

Merkezi olmayan dağınık tahsis mantığı uygulamalarının dezavantajı son derece karmaşıktır, ancak bununla birlikte avantaj olarak merkezi veri yolu denetleyicisindeki bir katılımcının devre dışı kalmasıyla veri yolunun tamamen devre dışı kalması problemi burada yoktur (Mardirect.de, 2022).

### 5.4. OSI Referans Modeli

OSI referans modeli, açık sistemler arası bağlantı amacıyla Uluslararası Standart Geliştirme Organizasyonu (ISO) tarafından ortak bir temel sağlamak amacıyla geliştirilmiş kavramsal bir modeldir. (ISO/IEC 7498-1, 1994)

Açık Sistemler Bağlantısı (OSI - Open Systems Interconnection) standartlarının geliştirilmesi için bir temel sağlamak üzere ISO tarafından geliştirilen bu model, çeşitli üreticiler tarafından üretilen ve farklı mimariye sahip sistemlerden gelen bilgilerin standartlaştırılmış prosedürlere göre değiş tokuş edilebilmesini ve yorumlanabilmesini sağlamayı amaçlamaktadır. (Papenheim, Ziegler ve Bories, 1993), (Texas Institü., 1994)

Burada, bir bilgi işlem veri iletişim sistem elemanları arasında veri akışı için ağ bağlantılı iletişim, iletişim ortamı boyunca bitlerin iletilmesinin fiziksel uygulamasından dağıtılmış bir uygulama verilerinin en üst düzey temsiline kadar açıklanmak üzere yedi soyutlama katmanına ayrılmaktadır. Her bir katman, bir üstündeki katmana işlevsellik sunar ve işlevsellik yazılım geliştirmede standartlaştırılmış iletişim protokolleri ile gerçekleştirilir. Bu doğrultuda, OSI modelinde her katmanın tanımlanmış işlevi vardır ve her katmanın işlevi, hemen üstündeki ve altındaki katmanlarla iletişim kurma ve etkileşimle olmaktadır. (Forcepoint.com, 2022), (Papenheim, Ziegler ve Bories, 1993), (Texas Institü., 1994).

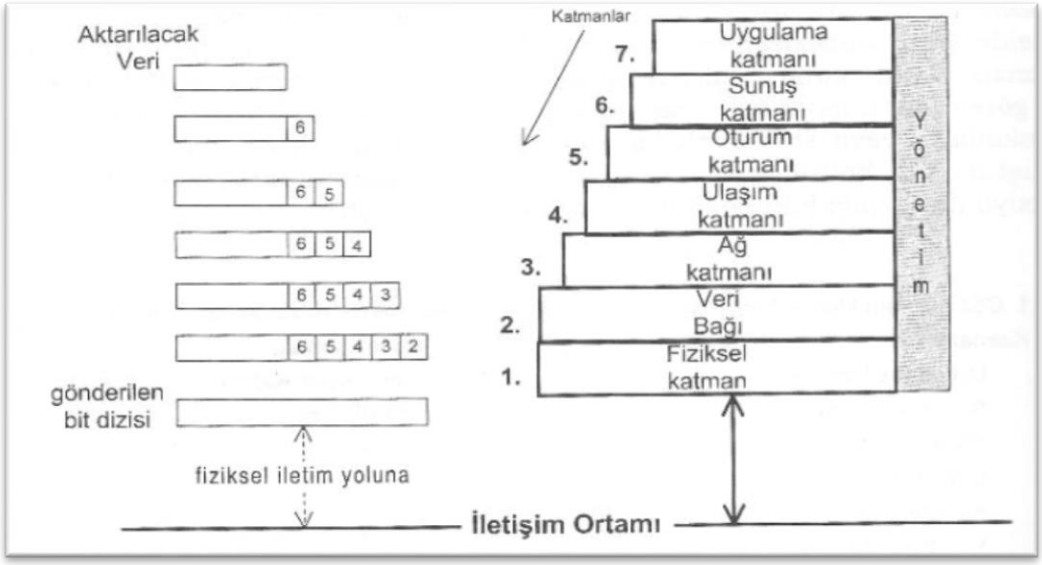
Ancak sadece en alt katman (Katman 1) sinyal değişimi için fiziksel bir bağlantıya sahiptir.

Diğer tüm katmanlar alttaki katmandan gerekli hizmetleri alır. Aşağıdan yukarıya katmanlar arası protokol uyumu var ise iki kullanıcı programı katman 7'de veri alış verişi yapabilir (Mardirect.de, 2022).

**Tablo 2.** İşlevlerine göre OSI modeli katmanları (Mardirect.de, 2022)

| |
|---|
| **7. Katman alt katmanlar arası protokol uyumu sağlandığında iki kullanıcı programı veri alışverişinin sağlanması** |
| **6. Katman bilgilerin sunumu** |
| **5. Katman haberleşme akışı (İçerik ve biçim)** |
| **4. Katman bilgilerin bütünlüğü ve iletim güvenliği** |
| **3. Katman bilgilerin ağdan aktarılacağı yol bilgisi** |
| **2. Katman iletim güvenliği** |
| **1. Katman fiziksel ortam** |

Aşağıda Şekil 36.'da OSI modeline ait 7 katman ve bu katmanların işlevleri anlatılmaktadır.




**Şekil 36.** OSI 7 katmanlı başvuru modeli ve işlevleri (Başkaya, 2010)

**Uygulama Katmanı (Application Layer)**

Uygulama programlarının ağa erişimi için gerekli işlevleri kapsamaktadır. Kullanıcının etkileşimde olduğu uygulama programları doğrudan bu katmanla iletişim içindedir. Bu katman için dosya aktarımı, elektronik mektuplaşma, uzaktan dosya erişimi, ağ yönetimi, terminal protokolleri gibi standartlar geliştirilmiştir. (Başkaya, 2010)

**Sunuş Katmanı (Presentation Layer)**

Bilginin iletimde kullanılacak biçiminin düzenlenmesini sağlar: Sıkıştırma / açma, Şifreleme / Şifre çözme gibi işlevlerin yerine getirilmesini kapsar. (Başkaya, 2010)

**Oturum Katmanı (Session Layer)**

Uç düğümler arasında gerekli oturumun kurulması, yönetilmesi ve sonlandırılması işlerini kapsar. İletişimin mantıksal sürekliliğinin sağlanması için, iletişimin kopması durumunda bir senkronizasyon noktasından başlayarak iletimin kaldığı yerden devam etmesini sağlar. (Başkaya, 2010)

**Ulaşım Katmanı (Transport Layer)**

Bilginin son alıcıda her türlü hatadan arındırılmış olarak elde edilebilmesini sağlar. Ulaşım katmanının oluşturduğu bilgi bloklarına bölüm (bölüt) denir. Bunlar son alıcıya sırası bozulmuş olarak gelirse, düzgün olarak sıralanmalıdır. (Başkaya., 2010)

**Ağ Katmanı (Network Layer)**

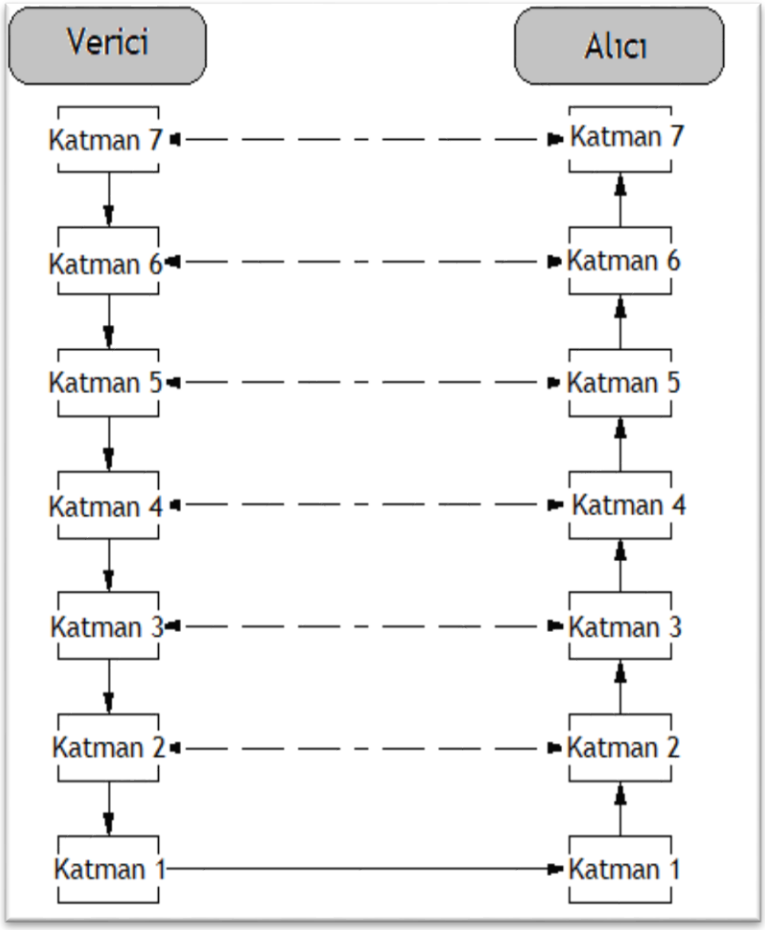
Veri paketlerinin bir uçtan diğer uca ağdaki çeşitli düğümler (yönlendirici, geçit yolu vs.) üzerinden geçirilip yönlendirilerek alıcısına ulaşmasını sağlayan işlevlere sahiptir. Veri paketinin alıcısına giderken ağ koşullarına, önceliklere ve diğer parametrelere göre hangi yolun uygun olacağı bu katmanda değerlendirilir. Bu amaçla düğümlere ağ adresi denilen numaralar verilir. Ağ adresi taşıyan bilgi bloklarına paket adı verilir. İnternet' in temel protokol kümesi olan TCP/IP'nin (Transmission Control / Internet Protocol – İletim Kontrol / İnternet Protokolü) IP protokolü bu katmanda yürütülen bir protokoldür. (Başkaya, 2010)

**Veri Bağı Katmanı (Data Link Layer)**

Gönderilecek bilginin hatalara bağışık bir yapıda mantıksal işaretlere dönüştürülmesi, alıcıda hataların sezilmesi, düzeltilemiyorsa doğrusunun elde edilmesi için göndericinin uyarılması gibi işlevleri vardır. Gönderilen / alınan mantıksal işaret bloklarına çerçeve (frame) denir (Başkaya, 2010).

**Fiziksel Katman (Physical Layer)**

Verinin fiziksel olarak hat üzerinden aktarılması için gerekli işlevleri kapsar. Veri, bu katman için sıradan bit dizisi olarak algılanır; bitlerin taşıdığı anlam bu katmanda yorumlanmaz. Bu katman için tanımlanan standartlar taşıyıcı işaretin şekli, verici ve alıcı konumdaki uç noktaların elektriksel ve mekanik özelliklerini belirler. Örneğin RS-232C vs. fiziksel katman standartlarıdır. Kablo standartları, tanımlamaları, işaret şekilleri, gerilim seviyeleri, işaret hızları bu katman için anlamlıdır. (Başkaya, 2010)




**Şekil 37.** OSI modeline göre veri iletimi (Mardirect.de, 2022)

# 6. M-BUS (METER-BUS) SİSTEMİ

## 6.1. Genel Bilgiler

M-BUS (Meter-Bus); Su, gaz veya elektrik tüketimlerini ölçmek amacıyla şebeke ve nihai tüketici sayaçlarının uzaktan okunması için geliştirilen bir haberleşme protokolü esaslı Avrupa standardıdır. (TSE, 13757-2, 2005), (TSE, 13757-3, 2005)

Isıtma sistemleri veya sıcak su sayaçları gibi diğer tüketim sayaçları için de kullanılabilir. M-Bus arabirimi, bükümlü çift kablo üzerinden iletişim için yapılmıştır ve bu da onu uygun maliyetli hale getirir. Ayrıca M-Bus'ın bir RF (Radyo frekanslı) kablosuz M-Bus varyantı da EN 13757-4 standardında belirtilmektedir. (TSE, 13757-4, 2005)

M-Bus veri yolu, tüketici ölçüm sayaçları da dâhil olmak üzere uzaktan kablolu – kablosuz besleme ile çalıştırılan veya pille çalışan sistemlerin gereksinimlerini karşılar. Sayaçlar sorgulandığında, topladıkları verileri, bir binanın tüm sayaçlarını okumak için periyodik aralıklarla bağlanan el bilgisayarı gibi ortak bir ana bilgisayara iletirler. Verileri merkezi olarak toplamanın diğer bir yöntemi, sayaçlardan alınan verileri bir modem aracılığıyla bir veri toplama merkezine iletmektir. M-Bus uzaktan veri alım dışında ayrıca alarm sistemleri, esnek aydınlatma tesisatları, ısıtma kontrolü vb. diğer uygulamalar içinde uygundur. (Wikipedia, 2022)

## 6.2. Tüketim Sayaçlarında Bus (Ortak Yol) Sistemi Gereksinimleri

M-Bus sistemlerinde tüketim sayaçları veri iletimi için çeşitli olası topolojilerden, güvenilirlik, uygun maliyet ve etkin kullanım açısından en uygununun bus (ortak yol) topolojisi olduğu görülmektedir. (Papenheim, Ziegler ve Bories, 1993)

En önemli gereklilik, birçok sayacın birkaç kilometreye kadar uzun mesafelerde birbirine bağlantısını gerçekleştirmektir. Ayrıca sayaçtan alınan veriler faturalama işlemlerinde de kullanıldığı için veri yolu için yüksek derecede iletim güvenliği gerektirir. Öte yandan, küçük miktardaki verilerin yüksek hızda aktarılması da bir başka gereksinimdir. Hızlı ve güvenli veri iletimi bütünlüğünü sağlamak için, veri yolunun dış etkenlere ve parazitlere

karşı son derece duyarsız olması gerekir. Yerle temas / Şasi döngülerinden kaçınmak için, slave'ler elektriksel olarak yalıtılmalıdır (Mardirect.de, 2022).

Diğer bir gereklilik ise sistemin düşük maliyetli olmasıdır. Bu nedenle iletim ortamında özel koruma gerekmeden mümkün olduğu kadar az bileşen kullanılmalı, ilave olarak sistemin kurulum ve servis masrafları da dikkate alınmalıdır (Mardirect.de, 2022).

Özetle Master ve Slave'ler (Bkz. Bölüm 6.4.1. Kablolu M-Bus "Master ve Slave" yapısı) arasında etkili ve kusursuz bir iletişim sağlanması için genel olarak bir M-Bus sistemi aşağıdaki gereksinimleri yerine sağlamalıdır. Bunlar;

- Aralarında birkaç km'ye kadar uzun mesafe olan birkaç cihazın birbirine

bağlanabilmesi,

- Tüketici faturalaması için iletişim de yüksek güvenilirlik,
- Küçük miktarda veri aktarımı nedeniyle yüksek hızda iletişim,
- Dış etkenlere ve parazitlere karşı duyarsızlık ve
- Slave'in yerle temasının / şasi yapmasının önlenmesi için elektriksel olarak

İzolasyondur (Mukul, 2010).

### 6.3. OSI Modelinde M-Bus (Meter - Bus) Sistemi

Bu çalışmanın 4.ncü Bölümünde ayrıntılı olarak açıklanan tüm gereksinimleri karşılayan hiçbir veri yolu sistemi bulunmadığından, M-Bus sistemi, Texas Instruments Deutschland GmbH ve Techem GmbH işbirliği içinde, Paderborn Üniversitesi'nden Profesör Dr. Horst Ziegler tarafından geliştirilmiştir. Tasarım konsepti, hemen hemen istenilen her protokolü kullanabilen açık bir veri yolu sistemini gerçekleştirmek için ISO-OSI Referans Modeline dayanıyordu (Mardirect.de, 2022).

Tablo 3.'te görüldüğü üzere M-Bus sisteminde, taşıma, oturum ve sunum katmanlarına ihtiyaç duyulmadığından M-Bus OSI modelinde 4 ile 6 arasındaki seviyeler boştur. Dolayısıyla sadece fiziksel katman, veri bağlantısı, ağ ve uygulama katmanlarının işlevleri bulunmaktadır (Mardirect.de, 2022), (Mukul, 2010).

**Tablo 3.** OSI modelinde m-bus katmanları (Mukul, 2010)

| Katman | Fonksiyonlar | Standart |
|---|---|---|
| Uygulama | Veri yapıları, veri türleri, Eylemler | EN1434-3 |
| Sunum | Boş | |
| Oturum | Boş | |
| Taşıma | Boş | |
| Ağ | Genişletilmiş adresleme (isteğe bağlı) | - |
| Veri bağlantısı | İletim parametreleri, telegram formları, adresleme, veri bütünlüğü | IEC 870 |
| Fiziksel | Kablo, bit gösterimi, veri yolu uzantıları, topoloji, elektriksel özellikler. | M-BUS |

OSI modelinde olduğu gibi üst katmanlar tarafından hızların veya adreslerin değiştirilmesine izin verilmediği için Tablo 4.'te görüldüğü gibi yedi OSI katmanının yanında ve üzerinde bir yönetim katmanı bulunmaktadır. Dolayısıyla 253 numaralı adres ağ katmanı, 254 ve 255 numaralı adresler fiziksel katmanı yönetmek için ayrılmıştır. (Mukul, 2010)

**Tablo 4.** OSI modelinde yönetim katmanı (Mukul, 2010)

| Yönetim Katmanı | |
|---|---|
| Uygulama katmanı | |
| Sunum Katmanı | |
| Oturum Katmanı | |
| Taşıma katmanı | |
| Ağ Katmanı (adres = 253 ise) | Adres 253 / Etkinleştir Devre Dışı Bırak |
| Veri Bağlantı Katmanı | |
| Fiziksel katman | Adres 254 (255) |

### 6.4. M-Bus Çalışma Prensipleri (Kablolu – Kablosuz)

Bu bölümde M-Bus çalışma prensipleri Kablolu ve kablosu M-Bus sistemleri olarak iki ana kategori altında incelenmiştir. Daha fazla bilgi (Papenheim, Ziegler ve Bories, 1993), (Texas Inst., 1994), (Mukul, 2010), (Mardirect, Erişim Tarihi: Aralık 2022) kaynakları ve aşağıdaki açıklamalarda atıf yapılan diğer kaynaklar ile (TSE, 13757-3, 2005) ile (TSE, 13757-4, 2005) standartlarında mevcuttur.

### 6.4.1. Kablolu m-bus

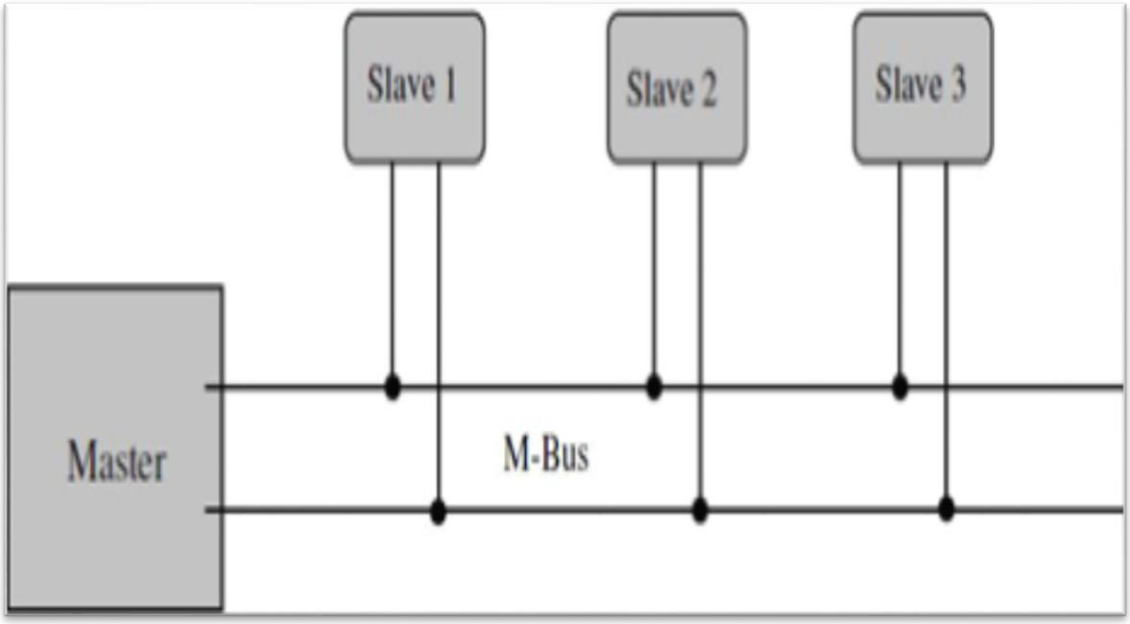
Kablolu M-Bus, tek bir master'ın (Usta / Kontrol eden) bükümlü çift kablo aracılığıyla, 250'ye kadar slave (Köle / Kontrol edilen) yâda ikincil adresleme kullanıldığında daha da fazla slave ile iletişim kurabildiği bir veri yolu topolojisine sahiptir. Master, voltaj değişikliklerini (36/24V) kullanarak bir slave ile iletişim kurarken, slave'de akım değişikliklerini (1.0/1.5mA) kullanarak master ile iletişim kurar. Veri yolundaki akım, isteğe bağlı olarak, cihazları çalıştıran güç kaynağı olarak ta kullanılabilir. M-Bus cihazları, ters polariteye karşı korumalıdır ve 300 Baud ile 38400 Baud arasında bir baud hızı kullanabilir. Çoğu sayaç 2400 Baud hızını kullanmaktadır. (Openmuc.org, 2022)

Veri yolu üzerindeki Master ve Slave yapısı, genellikle denetleyici olarak işlev gören bir aygıtın bir veya daha fazla aygıt üzerinde tek yönlü denetime sahip olduğu diğer kontrol edilen donanım aygıtları için geliştirilmiş bir iletişim modelidir. Kısacası bu modelde ekipmanlar, bir Master (Usta / Kontrol eden) diğerleri ise usta tarafından kontrol edilecek Slave'ler (Köleler / Kontrol edilenler) olarak anılırlar. (Technopedia.com, 2022)

Bu sistemlerde kullanılan bükümlü çift kablo genel olarak elektriksel - manyetik parazitlerden etkilenmeme ve elektromanyetik kapasitesinin arttırılması amacıyla iki farklı yalıtılmış tekli iletken kablonun bükülü bir düzende bir araya getirilerek oluşturulmuş kablo olup (Zwcables.com, 2022) M-Bus hattı veri ağı mimarisi ve topolojisine göre seçilir.

Genel olarak standart iki telli bükümlü bir kablo M-Bus için iletim aracı olarak kullanılır. Slave ve Master arasındaki maksimum uzaklık 350 metre olmalıdır; bu uzunluk 29Ω'luk bir kablo direncine karşılık gelir. Bu mesafe 300 ve 9600 Baud arasında iletişim hızına sahip ve maksimum 250 Slave'e sahip standart bir yapılandırma için geçerlidir. İletişim hızını sınırlayarak ve daha az sayıda Slave kullanarak maksimum uzaklık arttırılabilir, fakat maksimum kablo kapasitansı olan 189 nF gereksinimini karşılayabilmek için, standart yapılandırmada, toplam kablo uzunluğu 1000 metreyi aşmamalıdır (Mardirect.de, 2022).

Slave’ler veri yoluna daima paralel bağlanır ve seri veri transfer teknolojisini kullanılırlar (Mardirect.de, 2022).

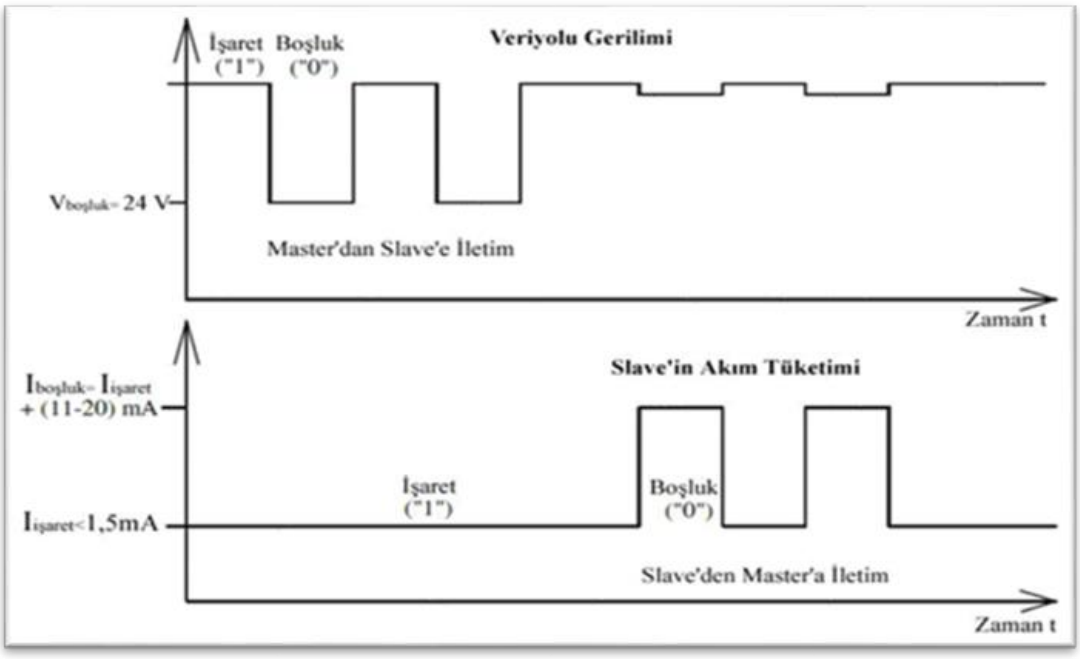



**Şekil 38.** M-Bus sistemi çalışma prensibi şeması (Mardirect.de, 2022)

Şekil 39.’da slave’lere uzaktan güç sağlama ve M-Bus sisteminde bitler’in transferi temsili olarak görülmektedir. Bu şekilde görüldüğü üzere;

Master'dan Slave'lere voltaj seviyesi değiştirme yoluyla bit transferinde, mantıksal “1” Master’ın veri yolu sürücüsü çıkışında +36 volt değerine karşılık gelir. Mantıksal “0” gönderildiği zaman, veri yolu gerilimi 12 V azaltılarak +24 volt’a gelmektedir (Mardirect.de, 2022).

Slave’den Master’a cevap esnasındaki bit transferinde, mantıksal olarak “1” 1,5 mA’e kadar olan sabit bir akım değerine karşılık gelir. Mantıksal “0” da ise Slave akımı ek olarak 11–20 mA arasında arttırılır. (Papenheim, Ziegler ve Bories, 1993)




**Şekil 39.** M-Bus sisteminde temsili olarak bitler'in transferi (Papenheim, Ziegler ve Bories, 1993)

Mantıksal "1" çalışma durumunda veri yolu gerilimi +36 volt'tur ve her bir Slave maksimum 1,5 mA sabit çalışma akımına ihtiyaç duyar. (Papenheim, Ziegler ve Bories, 1993)

Slave veri yolundan "0" boşluk bilgisi göndermediği zaman, veri yolunda sabit bir akım akar. Bunun sonucunda, Slave'de gerilim değeri +36 volttan daha az olup slave mutlak voltaj seviyesini algılamamalı, ancak bir boşluk yerine 12 voltluk gerilim düşümünü algılamalıdır. Kontrol edici ise kendini çalışma akımı seviyesine ayarlamalı ve boşluk (0) durumunun temsil ettiği veri yolu akımını 11-20 mA bir artış seviyesine çıkarmalıdır. Buna göre, herhangi bir anda iletim, Master'dan Slave'e yâda Slave'den Master'a sadece tek bir yönde mümkündür. (Mukul, 2010)

Master-Slave yönünde 12 volt gerilim ve en az 11 mA'lik akım değişikliği haberleşmesi ile Slave'lerin uzaktan kontrolü sağlanır. (Mukul, 2010)

#### 6.4.1.1. Birincil adresleme

Birincil adres, "0" ile "255" arasındaki değerlere izin veren tek bir bayt olarak kodlanmıştır. "0", yapılandırılmamış slave'ler tarafından kullanılır. Daha sonra ikincil adresleme kullanılarak diğer adreslere atanabilirler. "1" ila "250" arasındaki adresler

slave’lere atanabilir. “251” ve “252” daha sonra olası işlev atanmak üzere boş bırakılmıştır ve kullanılmamaktadır. “253”, ikincil adreslemenin kullanıldığını gösterir. “254” ve “255” bir yayın adresidir. “254” adresinde tüm slave’ler, yalnızca test amaçlı olan istekleri yanıtlar. “255” ise tek yönlü bilgilendirme için ayrılmış olup “255” adresli bir mesaj alan bir ekipman asla cevap vermez. (Openmuc.org, 2022).

#### 6.4.1.2. İkincil adresleme

Yapılandırılmamış slave’ler genellikle 0 atanan bir birincil adrese sahiptir. Bazı durumlarda master ikincil adreslemeyi kullanarak slave'i yapılandırıp adresleyebilir (Openmuc.org, 2022).

İkincil adresleme, iki mesaj alışverişi mantığı ile çalışır. Önce master, birincil adres 253'e hedef slave’in ikincil adresini içeren bir mesaj gönderir. Kendi adresine gelen mesaja slave bir onayla yanıt verir. Bu işleme slave seçme ve doğrulama denir. Daha sonra master, birincil adres 253'e tekrar normal bir mesaj göndererek slave'in bilgilerini isteyebilir (sayaç okuma isteği) ve verileri okuyabilir. İsteğe yalnızca seçilen slave cevap verir ve bilgileri iletir (Openmuc.org, 2022).

İkincil adresleme, M-Bus sistemini dünya çapında öne çıkaran bir özelliktir. 8 bayt uzunluğundadır ve aşağıdaki alanlardan oluşur:

**Kimlik Numarası (4 bayt)** - Sayacı tanımlamak için 00000000 ile 99999999 arasında değişen bir sayı.
**Üretici Kimliği (2 bayt)** - Üreticiyi tanımlayan üç harf.
**Sürüm (1 bayt)** - Cihazın sürümünü belirtir. Sürüm, üreticiye özeldir.
**Cihaz tipi (1 bayt)** - Bu alan, cihaz tipini kodlar (Örn. Elektrik, su sayacı vs.) (Openmuc.org, 2022).

### 6.4.2. Kablosuz M-Bus

Kablosuz M-Bus iletişimi, 868 MHz ile 870 MHz arasındaki frekansları kullanan bir RF (Radyo Frekansı) haberleşme sistemidir. Farklı fiziksel katman modları mevcuttur ve en yaygın iki mod “S” ve “T” modlarıdır (Openmuc.org, 2022).

S modunda bir ekipman (Sayaç vb. gibi) düzenli aralıklarla (Örneğin her 15 dakikada veya saatte bir) ortama mesajlar gönderir. S1 modunda ekipman yalnızca mesaj gönderir ve mesajları dinlemez. S2 modunda ise ekipman ayrıca mesajları da dinler. S2 modunda önemli ölçüde daha fazla güç gerektiği için S2 kullanan ekipmanlar genellikle pil vs. gibi tükenebilir güç kaynakları ile çalıştırılmaz. Sayaçlardan veri toplayan bir ağ geçidindeki toplayıcılar her zaman S2 modunu kullanır (Openmuc.org, 2022).

T modunda, ekipmanlar verileri daha sık (genellikle birkaç saniyede bir) gönderir. Yine sadece veri gönderme (T1) veya veri dinleyebilme (T2) modları bulunmaktadır (Openmuc.org, 2022).

## 6.5. M-Bus Ağlarında Sistem Bileşenleri

### 6.5.1. M-Bus master

M-Bus hattına bağlı ölçüm cihazları verilerini M-Bus protokol haberleşmesi ile belirli aralıklarla okur, yönetir ve hafızasında saklar. Üzerine bir ekran akuple edilmesi halinde, daima anlık sayaç verilerine erişim sağlanabilir. Genel olarak seri bir arabirim ya da bir Ethernet port'u ile veri kaydı ve işlenmesini yapan bir bilgisayara bağlanır. Dâhili ya da harici modem bağlantısı ile veri işleme merkezine telefon hatları üzerinden sayaç okuma verileri iletilebilir. RF tipi kablosuz bir Master cihazı ile de aynı işlemler yapılabilir. (Richter, 2005)

Ayrıca, bir bilgisayar ve M-Bus dönüştürücü (Mikro master) kullanılarak hattan bağımsız bir Master oluşturulabilir. Bu çözüm daha çok mobil ve küçük sistemlerin veri okunmasında kullanılmaktadır. (Relay.com, 2022)




**Şekil 40.** M-Bus master cihazı (Relay.com, 2022)




**Şekil 41.** M-Bus mikro master cihazı (Relay.com, 2022)

### 6.5.2. M-Bus terminal (Slave) cihazları

M-Bus hattındaki tüm ölçüm ekipmanları, tüketim sayaçları, sinyal güçlendiriciler vb. gibi cihazlar terminal yâda slave olarak ifade edililirler. Bunlar kablolu M-Bus sistemlerinde genel olarak veri yolundan elde edilen alçak voltaj gücüyle beslenmekte olup ayrıca cihaz içlerinde güç kesilmesi vs. durumunda dâhili güç kaynağı (Batarya / Pil vb. gibi) bulunmaktadır. Dâhili güç kaynağı olmayan cihazlar Master çalışmadığı zaman çalışmazlar. (Richter, 2005)

Konutlarda AMR / AMI sistemlerinde kullanılan M-Bus uyumlu slave - tüketim sayaçları 4.ncü bölümde detaylı olarak anlatılmakta olup bu bölümde kısa tanıtım yapılmıştır.



**Şekil 42.** M-bus terminalleri – su ve ısı sayaçları (Richter, 2005)

### 6.5.3. M-Bus modül / pals (darbe) çevirici

Genel olarak M-Bus modüller / pals çeviriciler pals / darbe (pulse) çıkışlı tüketim sayaçlarının, M-Bus hattına bağlanmasını sağlar. Örneğin, pals çıkışlı basit bir su veya elektrik sayacından alınan veriler bir ilave modül ile merkezi olarak okunabilir. Bu cihazlar, elektrik, gaz, yağ, su ve ısı için hâlihazırda yer alan pals'lı sayaçları okumak için basit ve esnek bir çözümdür. Çeviriciler ölçüm cihazının pals (darbe) çıkışına kolayca uyarlanabilir. (Relay.com, 2022)




**Şekil 43.** Pals giriş - m-bus çıkış çevirici (Relay.com, 2022)

### 6.5.4. M-Bus repeater (tekrarlayıcı)

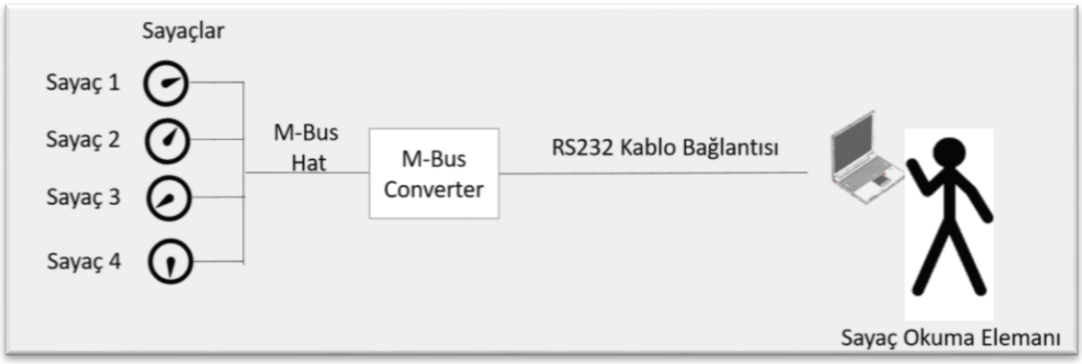
Çok fazla terminal / slave içeren kurulumlarda M-Bus hattı belirli bir topolojiyle göre, 250'ye kadar terminal içerecek şekilde bölünür ve her bölüm bir repeater (tekrarlayıcı) kullanılarak master cihaza bağlanır. Yapı itibariyle master cihazlara benzerler ve bunların bağlantı kademesi terminal cihazlarının bağlantı kademesi ile aynı olur yani master cihaza terminal gibi bağlanarak bağlı olduğu hat üzerindeki terminallerin verisini aktarır. (Richter, 2005)

### 6.5.5. M-Bus sayaç verilerinin alınması

Türkiye'de veri alım yöntemlerine göre yaygın görülen M-BUS veri alım yöntemleri yâda M-Bus kullanım şekilleri şunlardır;

#### 6.5.5.1. Geleneksel manuel, merkezi lokal m-bus veri alma

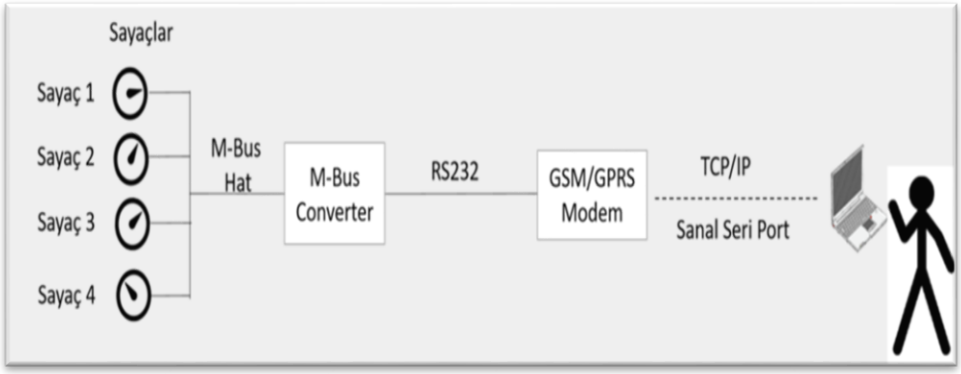
Kullanıcı RS-232/USB bir kablo ile master - PC arasında bağlantı kurar. Kullanıcı PC'sine yüklediği M-BUS veri alma programları ile hangi sayaçlardan ne şekilde veri almak istediğini seçer. Veriler kullanıcının kendi PC'si üzerinde tutularak daha sonra veri işleme merkezine aktarılır (Taytech.com, 2022).




**Şekil 44.** Geleneksel m-bus manuel lokal veri alma (Taytech.com, 2022)

#### 6.5.5.2. Manuel olarak uzaktan GSM/GPRS modemle m-bus veri alma

GSM/GPRS Modem RS-232 ya da RS-485 seri bağlantı kablosu ile Master'a bağlanır. GSM/GPRS Modem sistem sanki master ve uzak bilgisayar arasında seri bağlantı kablosu varmış gibi davranarak TCP/IP üzerinden sanal bir seri bağlantı kurar. Bu bağlantıda GSM/GPRS Modem transparan özellik gösterir. Uzak bilgisayar üzerinde çalışan M-BUS okuma programı kullanılarak tüketim sayaçlarından alınan veriler veri işleme merkezinde tutulur (Taytech.com, 2022).

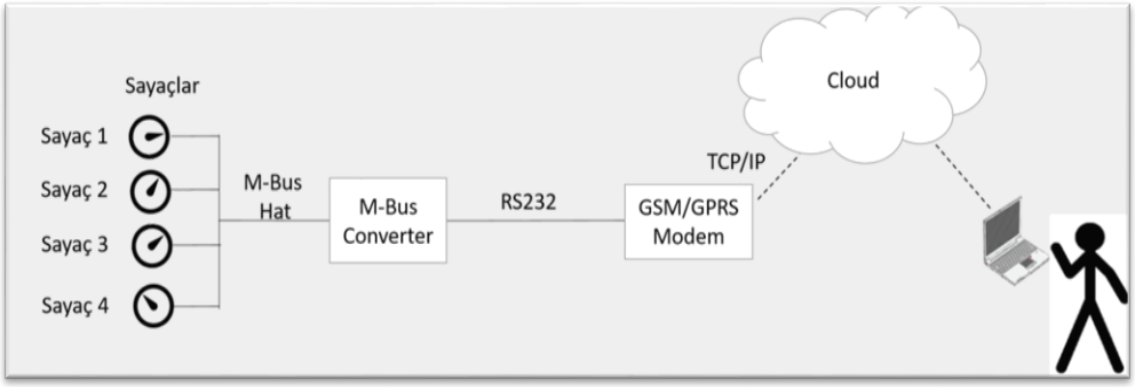



**Şekil 45.** Manuel GSM/GPRS modemle m-bus veri alma (Taytech.com, 2022)

#### 6.5.5.3. Sunucudan uzaktan GSM/GPRS modemle m-bus veri alma

GSM/GPRS Modem RS-232 ya da RS-485 seri bağlantı kablosu ile Master'a bağlanır. GSM/GPRS Modem sistem sanki master ve uzak bilgisayar arasında seri bağlantı kablosu varmış gibi davranarak TCP/IP üzerinden sanal bir seri bağlantı kurar.

Bu bağlantıda GSM/GPRS Modem transparan özellik gösterir. Sunucu üzerinde çalışan M-BUS okuma programı kullanılarak tüketim sayaçları üzerinden veri alınır. Veriler sunucu üzerindeki veri tabanında tutulur (Taytech.com, 2022).

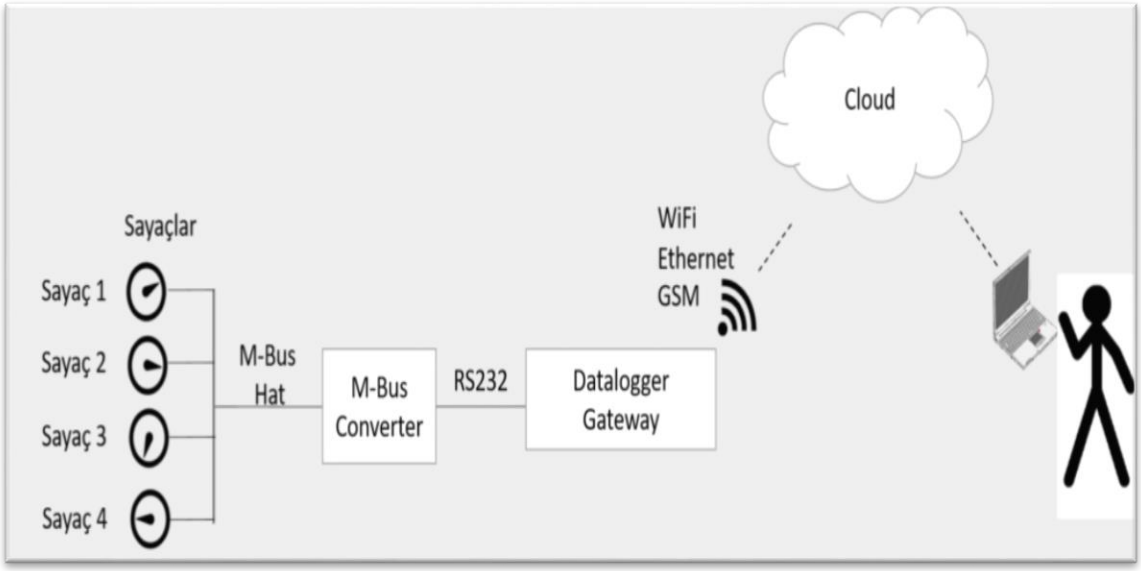



**Şekil 46.** Sunucu ve GSM/GPRS modemle m-bus veri alma (Taytech.com, 2022)

#### 6.5.5.4. Datalogger - gateway ile uzaktan otomatik m-bus veri alma

Gateway (Ağ geçidi) veri istenen ölçüm cihazları (Tüketim Sayaçları) ile veri okuyucu / toplayıcı (PC, Server… vs.) cihazlar arasında veri iletişimini birbirinden farklı ağ iletişim kuralları vasıtasıyla sağlayan bir ağ donanımı olarak açıklanabilir. Kısaca bu donanımı birbiriyle iletişim kuramayan iki insanın birbirini anlamasına yardımcı olan bir tercümana benzetirsek, iki yabancı ağ arasında köprü vazifesi gördüğü söylenebilir. Datalogger ise istenen verileri belirlenen süre boyunca ve belirlenen periyodik zamanlarda kaydeden cihazlardır (Taytech.com, 2022).

Datalogger/Gateway RS-232 ya da RS-485 seri bağlantı kablosu ile Master'a bağlanır. Datalogger/Gateway üzerinde bulunan konfigürasyona göre Master üzerinden tüketim sayaçları verileri alınarak GSM, WİFİ veya GSM iletişim hattı ile sunucuya gönderilir. Veriler sunucu üzerindeki veri tabanında tutulur (Taytech.com, 2022).




**Şekil 47.** Datalogger - gateway ile m-bus veri alma (Taytech.com, 2022)

#### 6.5.5.5. Lokal walk-by RF'le (RF ile lokal - mobil) m-bus veri alma

Sistemin uç noktasında bulunan RF haberleşmeli sayaçlar verilerini set edilen zamanlara göre belirli sıklıklarla ortama gönderir. Personel RF'li veri toplayıcı bir donanımla tüketim sayaçlarının çevresinde gezerek sayaçların ortama gönderdiği verileri toplar. Personel topladığı verileri PC'sine aktarır ve veriler PC üzerinde dosya olarak tutulur (Taytech.com, 2022).




**Şekil 48.** Lokal walk - by RF'le m-bus veri alma (Taytech.com, 2022)

#### 6.5.5.6. Sunucudan (lokal – bulut) walk-by RF'le m-bus veri alma

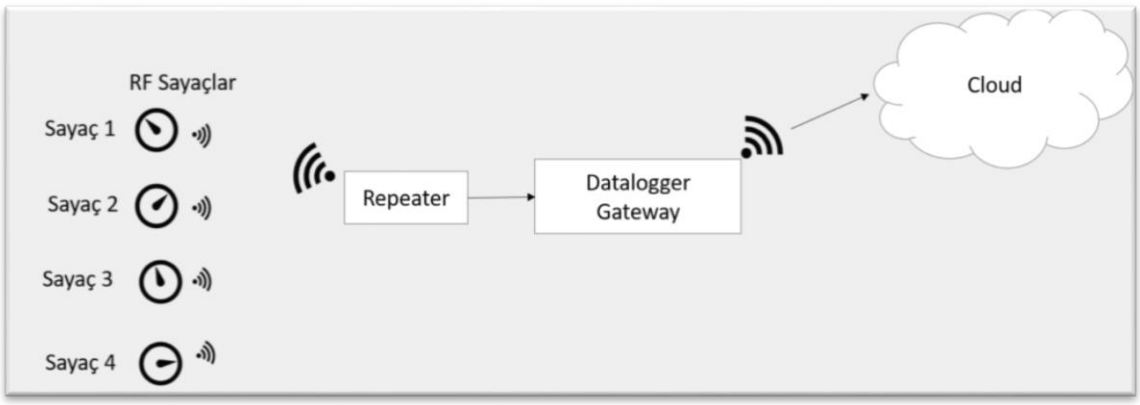
Sistemdeki RF haberleşmeli (RF modüllü veya uyumlu) tüketim sayaçları, verilerini set edilen zamanlara göre belirli sıklıklarla ortama gönderir. Personel RF'li veri toplayıcı bir donanımla sayaçların çevresinde gezerek sayaçların ortama gönderdiği verileri toplar. Personelin veri toplayıcı ile topladığı veriler sunucuya gönderilir. Veriler sunucu üzerindeki veri tabanında tutulur (Taytech.com, 2022).




**Şekil 49.** Sunucu ve walk - by RF'le m-bus veri alma (Taytech.com, 2022)

#### 6.5.5.7. Sunucudan datalogger - gateway ile RF m-bus veri alma

Tüketim sayaçlarından verileri, RF haberleşme üzerinden bölgesel Master gibi görev yapan repeater (tekrarlayıcı) adı verilen cihazlar toplar ve bu verileri Gateway / Datalogger'lara iletir. Gateway / Datalogger'lar da üzerinde bulunan bu verileri sunucuya aktararak, veriler sunucu üzerindeki veri tabanında tutulur (Taytech.com, 2022).




**Şekil 50.** Datalogger - gateway ile RF m-bus veri alma (Taytech.com, 2022)

### 6.5.6. M-Bus veri merkezi

Veri merkezi, muhtelif metotlarla ve genel olarak uzaktan M-Bus ağlarından alınan verilerin toplandığı ve veri tabanına kaydedildiği bir server'dan (sunucudan) oluşmaktadır.

### 6.5.7. M-BUS sistemlerinin kullanımının kullanıcılar açısından faydaları

M-Bus yardımıyla tüketim sayaçlarını uzaktan okumanın kamu ve özel tedarikçi / hizmet firmalarına ve tüketicilere sunduğu başlıca avantajlar şunlardır;

- Seri, hızlı ve hatasız okuma,
- Basit ve kullanıcı dostu elektronik veri işleme,
- Tüketim verileri okunmasıyla, anlık faturalama ile fatura ödemelerinin hızlandırılması,
- Uzaktan sayaç okumada minimum personel ihtiyacı,
- Müşteri özel alanının ve kişisel bilgilerinin korunması,
- Kısa süreli sayaç okuma ile sayaç ve tarife değiştirme maliyetlerinin azaltılması,
- İstatistiksel tüketim verileri eldesiyle sistem ve tarife optimizasyonunun sağlanması.

Sayaç üreticileri, planlamacılar, servis elemanları ve son kullanıcılar arasında M-Bus sisteminin kabul görmesiyle sağlanan temel avantajlar şunlardır;

- Tüketim sayaçlarının veri yoluna bağlanmasında minimum maliyet,
- Ticari kullanımı mümkün, kullanıcı dostu teknoloji,
- Güvenli veri iletimi,
- Uluslararası standardizasyon ile açık sistem.

# 7. ÖRNEK ÇALIŞMA

## 7.1. Amaç

Örnek çalışmanın amacı; geleneksel gözle – manuel ve Uzaktan AMR ile sayaç verileri alma ve gider paylaştırma (faturalama) sistemlerinin örneklemeye dayanarak hizmet ve yatırım maliyet farkı ile avantajlarının sayısal olarak incelenmesidir.

## 7.2. Açıklamalar

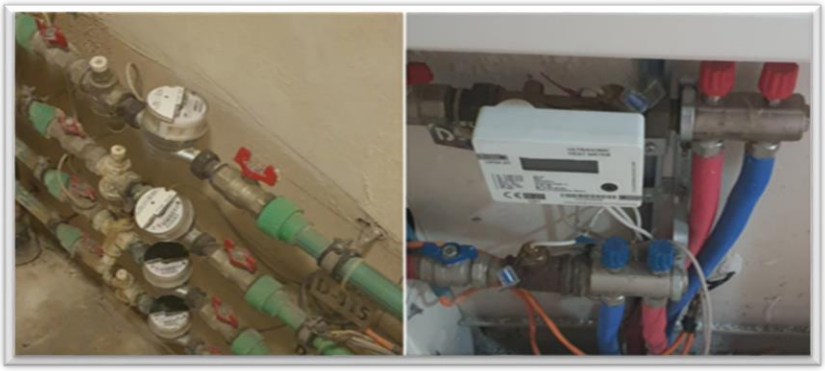
Bu tez çalışmasında elde edilen veriler ışığında, seçilen projede yapılan çalışma ve elde edilen verilerdeki kişisel ve firmalara ait özel bilgiler 6698 Sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu gereğince gizli tutulmuştur.

Örnek çalışma yapılan proje, İstanbul Anadolu Yakasında 780 adet bağımsız bölümden oluşan bir sitedir. Her bir bağımsız bölüme ait elektrik sayaçları AYEDAŞ A.Ş. tarafından uzaktan AMR ile ve soğuk su sayaçları da İSKİ A.Ş. tarafından İSKİ personellerince el terminalleri ile okunmakta olup çalışma kapsamı dışında tutulmuştur.

Projede yer alan Isınma ve sıcak su giderleri ise AMR okuma sistemi ile uzaktan okunan tek bir sayaç üzerinden Su ve Doğalgaz Kamu firmaları tarafından Site Geneline fatura edilmektedir. Bu tutarlar her bir bağımsız bölümdeki süzme sıcak su ve ısı sayaçları (kalorimetreler) okunarak T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın ilgili Kanun ve Yönetmeliklerine göre hazırlanmış bir yazılıma göre bağımsız bölümlere paylaştırılmakta ve gider bildirim belgeleri düzenlenmekte olup bu işlemler aynı bakanlıkça yetkilendirilmiş özel enerji yöneticisi mühendisler ve danışman firmalardan hizmet alınarak (taşere edilerek) yapılmaktadır.

Tablo 5.'te görüleceği üzere, projede ki 780'er ad. M-Bus'lı akıllı tip Isı Sayacı (Kalorimetre) ve sıcak su sayacı yatırımı yapılmış olup sayaç verileri PLC M-Bus veri yolu ve GSM/GPRS Modem üzerinden (bulut üzerindeki) sunucuda çalışan "M-Bus standardına uygun bir yazılım" yardımı ile alınmakta ve daha sonra bu verilere göre yine sunucu üzerinde çalışan gider paylaştırma programı ile bağımsız bölümlere ait gider

paylaşımları yapılmaktadır. Sonuç itibariyle projede dışarıdan sözleşmeli olarak anlaşma yapılmış bir danışman firmadan, "Sunucu Üzerinden Uzaktan GSM/GPRS Modemle" veri alma ve toplam olarak projeye gelen doğalgaz ve su fatura tutarlarının bağımsız bölümlere paylaştırılması hizmeti alınmaktadır.



**Şekil 51.** Sıcak su ve ısı sayaçları (Örnek Çalışma)

Yapılan örnek çalışmada güncel (Ocak 2023 tarihindeki) hizmet ve ürün bedelleri üzerinden;

a- Akıllı sayaç yatırımı yapılmadan önce geleneksel metodlarla (gözle-manuel) sayaç okuma ve gider paylaştırma hizmet maliyetleri ile yatırım sonrası bu maliyetlerdeki değişimler (kazanımlar),

b- Yapılan PLC M-Bus veri yolu, akıllı sayaç ve GSM/GPRS Modem yatırımının, klasik manuel gözle okunan dijital sayaç yatırımına göre güncel maliyet farkı

c- Ve yatırım maliyet farkının amortisman süresi irdelenmiştir.

Maliyet hesaplamalarında geleneksel gözle manuel okumada ki veri alma ve veri kontrolü sonrası olası hatalarda tekrar veri alma vb. gibi olası problemler göz ardı edilmiş, geleneksel manuel okuma ile Sunucu Üzerinden Uzaktan GSM/GPRS Modemle M-BUS Veri Alma alternatifleri arasındaki maliyet farkları incelenmiştir.

**Tablo 5.** Proje bilgileri tablosu (Örnek çalışma)

| ÖRNEK ÇALIŞMA PROJE BİLGİLERİ | | | |
|---|---|---|---|
| PROJE ADI | XXXX XXXX Sitesi | KONUM | Anadolu Yakası - İstanbul |
| BAĞ.BÖLÜM ADEDİ | 780 adet Konut ve Ofis / İşyeri kullanım amaçlı bağımsız bölüm | | |
| SAYAÇ OKUMA VE FATURALANDIRMA | Sözme ısı ve sıcak su sayaçları, yetkili danışman firma personellerince uzaktan okunarak gider paylaşım belgeleri düzenleniyor. Sayaç okumaları PLC M-Bus veri yolu ve GSM/GPRS modem üzerinden sunucu (Bulut) üzerinde çalışan bir yazılım yardımı ile yapılmaktadır. | | |
| VERİ SAKLAMA ve GÜVENLİĞİ | Veri Saklama ve veri güvenlik hizmetleri danışman firma tarafından üçüncü bir IT firmasından satın alınmakta olup sunucu üzerinde çalışan lisansı IT firmasına ait yazılımın kullanımı, veri saklama ve veri güvenliği için ödenen bedeller hizmet fiyatları içerisinde müşteriye yansıtılmaktadır. | | |
| SICAK SU SAYACI | 780 Adet | SICAK SU OKUMA | Sunucu üzerinden uzaktan okuma |
| ÖZELLİK | M-Bus modüllü Elektromekanik | TİPİ | Akıllı - AMR Uyumlu |
| KALORİMETRE | 780 Adet | K.METRE OKUMA | Sunucu üzerinden uzaktan okuma |
| ÖZELLİK | M-Bus uyumlu Ultrasonik | TİPİ | Akıllı - AMR Uyumlu |




**Şekil 52.** M-Bus sistem sayaç okuma donanımı ve sunucuda çalışan yazılım (Örnek Çalışma)

### 7.3. Hizmet Maliyet Analizi Sonuçları

Tablo 6.'da görüleceği üzere; projede yatırım öncesi danışman firmanın sayaç okuma için bir "Sayaç Okuma Uzmanı" ve verileri merkezde işlemek üzere bir "IT (Veri İşleme) Operatörü" personeli görevli olup akıllı sayaç ve M-Bus yatırımı sonrası "Sayaç okuma Uzmanı" personeline ihtiyaç ortadan kalkmaktadır.

Bu projede akıllı sayaç ve M-Bus yatırımı öncesinde, (sayaçların bulunduğu konum, okuma zorluğu, projenin uzaklığı vb. gibi sebeplere bağlı olarak) geleneksel manuel (gözle) veri alma, verileri sunucuya aktarma ve sunucuda çalışan yazılımla gider paylaşım hizmetleri için danışman firma verileri üzerinden işçilik, yol, yemek, veri saklama, veri güvenliği vs. gibi verilen verilen hizmetin projeye (müşteri olan site yönetimine) maliyeti 15.057 TL çıkmaktadır.

**Tablo 6.** Hizmet maliyet analizi tablosu (örnek çalışma)

| MALİYET KALEMLERİ | GELENEKSEL VERİ ALMA | | | UZAKTAN AMR VERİ ALMA | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | MİKTAR | BİRİM BEDEL | TOPLAM | MİKTAR | BİRİM BEDEL | TOPLAM | FARK % |
| OKUMA PERSONELİ (Yolculuk süresi dahil) | 22 Adm-sa | 130 TL/Ad-sa | 2.860 TL | | | | -100% |
| IT (VERİ İŞLEME) OPARATÖRÜ | 10 Adm-sa | 170 TL/Ad-sa | 1.700 TL | 5 Adm/sa | 170 TL/Ad-sa | 850 TL | -50% |
| YOL (PROJE GİDİŞ-DÖNÜŞ) | 83 km | 5 TL/km | 415 TL | | | | -100% |
| YEMEK | 4 Ad | 110 TL/Ad | 440 TL | 0,625 Ad | 110 TL/Ad | 69 TL | -84% |
| GSM HAT-YAZILIM-VERİ SAKLAMA ve GÜVENLİK | 1560 Sayaç | 2 TL/Sayaç | 3.120 TL | 1560 sayaç | 2 TL/Sayaç | 3.120 TL | 0% |
| İŞLETME GİDERİ | 15% | | 1.280 TL | 15% | | 606 TL | -53% |
| KDV HARİÇ TOPLAM MALİYET | | | 9.815 TL | | | 4.645 TL | -53% |
| BRÜT FİRMA KARI | 30% | | 2.945 TL | 30% | | 1.393 TL | -53% |
| ARA TOPLAM | | | 12.760 TL | | | 6.038 TL | -53% |
| KDV TUTARI | 18% | | 2.297 TL | 18% | | 1.087 TL | -53% |
| PROJE HİZMET FATURA TUTARI | | | 15.057 TL | | | 7.125 TL | -53% |
| **NOT :** Yukarıdaki maliyet kalemlerine araç amortismanları, yakıt, işçi SGK vs. giderleri vb. gibi tüm giderler dahil olarak danışman firma maliyetleridir. | | | | | | | |

Akıllı sayaç ve M-Bus yatırımı sonrasında, sunucu üzerinden uzaktan AMR sayaç okuma senaryosunda ise danışman firma verileri üzerinden işçilik, yol, yemek, veri saklama vs. gibi verilen hizmetin maliyeti 7.125 TL çıkmakta olup beher (genellikle aylık) döneme ait hizmet giderlerinde ortalama 7.932 TL olarak %53 tasarruf edilmektedir.

### 7.4. Yatırım Maliyet Analizi Sonuçları

Burada yapılan çalışmada, geleneksel sayaç kullanımı bir zorunluluk olup öncelikle kıyaslamanın eşit şartlarda olması sebebiyle son tip teknolojiye haiz dijital göstergeli geleneksel sayaç yatırımı incelenmiş, daha sonra sunucu üzerinden uzaktan GSM/GPRS modemle M-BUS veri alma yatırım maliyeti ve farkı irdelenmiştir.

**Tablo 7.** Geleneksel ve uzaktan AMR veri alma yatırım maliyetleri (Örnek Çalışma)

| MALZEME ÜRÜN | MODEL TİP | MİKTAR | GELENEKSEL VERİ ALMA ÜRÜN / MALZEME YATIRIMI | | UZAKTAN VERİ ALMA ÜRÜN / MALZEME YATIRIMI | | YATIRIM FARK TUTARI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | BİRİM FİYAT | TOPLAM FİYAT | BİRİM FİYAT | TOPLAM FİYAT | |
| ISI SAYACI | Dijital/M-BUS | 780 Adet | 980 TL/Ad | 764.400 TL | 1.300 TL/Ad | 1.014.000 TL | 249.600 TL |
| SICAK SU SAYACI | Dijital/M-BUS | 780 Adet | 570 TL/Ad | 444.600 TL | 860 TL/Ad | 670.800 TL | 226.200 TL |
| M-BUS PLC VERİ YOLU | 2x1,5 Linch | 580 Metre | | | 40 TL/Metre | 23.200 TL | 23.200 TL |
| KONVERTER | Master | 7 Adet | | | 3.000 TL/Ad | 21.000 TL | 21.000 TL |
| MODEM | GSM/GPRS | 1 Adet | | | 1.500 TL/Ad | 1.500 TL | 1.500 TL |
| TOPLAM ISITMA VE SICAK SU UZAKTAN VERİ ALMA YATIRIM FARKI | | | | | | | 521.500 TL |
| NOT: Yukarıdaki fiyatlara her türlü montaj, devreye alma vs. işçilik bedelleri ve KDV dahil olup firmaların ortalama toplu proje fiyatları baz alınmıştır. | | | | | | | |

Yapılan inceleme sonuçlarına göre Tablo 7.'de görüleceği üzere sunucu üzerinden uzaktan GSM/GPRS modemle M-BUS veri alma yatırım maliyet farkı Ocak-2023 tarihindeki maliyetlere göre 521.500 TL çıkmaktadır.

### 7.5. Yatırımın Amortisman Süresi

Yapılan yatırım ve hizmet maliyet çalışmaları neticesinde, Ocak-2023 maliyetleri ile uzaktan GSM/GPRS modemle M-BUS veri alma yatırımının maliyet farkı 521.500 TL ve beher (genellikle aylık) döneme ait hizmet giderleri kazancı ortalama 7.932 TL olarak hesaplanmış olup yapılan yatırım farkı kendini 521.500 / 7.932 = 65,74 dönemsel veri almada amorte etmektedir. Veri alma hizmetleri de genellikle aylık olarak yapıldığı için bu sonucu 65,74 / 12 = 5,47 yılda yatırım farkı amorte edilmektedir diye yorumlayabiliriz.

Bununla birlikte yapılan çalışmada hem yatırımın hemde hizmet maliyetlerinin enflasyona bağlı yıllık fiyat değişimleri vb. gibi etkenler elimine edilmiştir.

Ayrıca çalışmaya makro düzeyde bakacak olursak, verilere anlık ulaşım esnekliği, hatasız paylaşım, müşteri memnuniyeti artışı, enerji – su kaynaklarının verimli kullanımı, bakım-onarım giderlerinin azalması, eksiksiz veri analizlerine bağlı olarak doğalgaz ve su altyapı yatırım maliyetlerinin azalması vb. gibi konular ile teknolojik gelişmelere bağlı oluşacak işsizlik ve teknolojik gelişimlerin getireceği yenileme yatırım maliyetlerinin de incelenmesi ve buna göre bir fayda maliyet çalışmasının yapılması tavsiye edilmektedir.

# SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, M-BUS standartları ile birlikte hayatımıza giren AMR / AMI sistemleri ve akıllı sayaçların, geleneksel tüketim sayaçları ve sayaç okuma sistemlerine göre avantaj ve dezavantajları araştırılmış ve irdelenmiştir.

Akıllı Sayaç, AMR / AMI sistemleri ve M-BUS standartları ayrı bölümler altında detaylı incelenerek avantaj ve dezavantajları belirtilmiş olup örnek proje çalışmasında geleneksel gözle manuel sayaç okuma ile uzaktan M-Bus veri alma hizmeti arasındaki maliyet ve yatırım farkı örnekleme ile incelenmiştir.

Tüm bu çalışmaların değerlendirilmesi neticesinde değerlendirme ve sonuçlar aşağıda belirtilmektedir.

Geleneksel tüketim sayaçları ve veri okumaları, tüketilen enerji ve su miktarını ölçme yönünde temel gereksinimini karşılar. Fatura düzenlenmesi sırasında, tedarikçi yâda hizmet (kamu / özel) şirketinden bir personelin sayacı fiziksel olarak kontrol etmesi ve bir okuma yapması gerekmektedir. Özellikle Covid – 19 pandemisi ile birlikte sık sık yaşanan ziyaretin mümkün olmadığı zamanlarda, ilgili şirket (geçmiş tüketim verilerinden yola çıkarak) tahminlere dayalı olarak bir fatura düzenlemelidir. Bu hem tüketici hem de şirket için dezavantajlı olabilir. Örneğin tüketici ilgili dönemde başka bir yerde olup tüketim yapmıyor olabilir. Yâda tüketicinin evinde misafir vs. sebebiyle daha fazla tüketimde gerçekleşmiş olabilir. Ayrıca, geleneksel sayaçlar herhangi bir veri depolamamaktadır.

Diğer taraftan, temel olarak M-Bus standartlarının kullanıldığı akıllı sayaç ve AMR / AMI otomatik sayaç okuma ve gelişmiş ölçüm sistemlerinde, aylık faturalandırma için enerji ve su tüketimini hesaplamaktan çok daha fazlası yapılmaktadır. Temel olarak, gözle manuel sayaç okuma ihtiyacı ortadan kalkmakta olup her tüketici mahallini fiziksel olarak ziyaret etmeden fatura oluşturabilmeleri için, kamu / özel tedarik ve hizmet firmalarıyla bilgiler uzaktan paylaşılmaktadır. Anlık olarak ne kadar enerji ve su kullanıldığı ve bunun ilgili firmaya saat, gün, hafta ve ay başına maliyeti hakkında bilgi

alınabilmektedir. Bu bilgiler, şirketin tahmini olarak enerji ve su bedelleri artırma riskinin olup olmadığını irdeleyebilmesi anlamına gelmektedir. Ayrıca faturaları etkileyen veri okuma ve işleme işçilik hataları riski de bulunmamaktadır. Bu durum her bir faturanın reel tüketime göre gerçekleşeceği güvencesiyle, ilgili firmaların imajını güçlendirebilecektir.

Bu sistemlerin geleneksel sistemlere göre ikinci önemli avantajı da enerji ve su verimliliğidir. Bu sistemler, sayaçlardan alınan verileri depolar ve hem şirket hem de müşteriler için bu verileri erişilebilir kılar. Bu verilere erişerek, tüketim kalıplarının daha net bir şekilde anlaşılması görünür hale gelir. Şirket bu verilere dayanarak kaynaklarının daha iyi kullanılmasına yönelik kararlar ve müşterilerin elektrik kullanımları hakkında detaylı geri bildirim alabilir.

Bu sistemlerin çevre üzerinde de etkileri bulunmaktadır. Tedarik / hizmet faaliyeti gösteren kamu / özel firmaların enerji ve su üretimlerini kullanıcı tüketim eğilimlerine göre dağıtmasına ve israfı minimuma indirmesine yardımcı olmaktadır. Kaynakların verimli kullanımı ve dengeli dağıtılması, yeni enerji ve su üretim / dağıtım yatırımı ihtiyacını azaltabilir. Azaltılmış enerji ve su üretim / dağıtım yatırımları ve verimli kullanım azaltılmış $CO_2$ emisyonu ve daha temiz bir çevre anlamına gelmektedir.

Günümüzde özellikle Covid – 19 pandemisi sonrası, ileride farklı etkenlere bağlı olarak izole bir hayat tarzının oluşabileceği düşüncesiyle uzaktan erişim ve yönetim sistemlerindeki hızlı teknolojik gelişimle birlikte, akıllı sayaç, AMR / AMI sistemlerinin de benimsenmesi kolaylaşmıştır.

Bununla birlikte, akıllı sayaçların ömrünün kısmen daha kısa olması, daha yüksek AMR / AMI sistem yatırım maliyetleri, akıllı sayaç vs. donanımların çalıştırılması için batarya, pil vb. gibi tükenebilir ilave enerji kaynak donanımına (sarf malzemesi) ihtiyaç olabilmesi gibi birkaç zorlukta karşımıza çıkmaktadır.

Ayrıca bu yeni sayaç ve sistemleri kullanan kamu ve özel tedarik / hizmet firmaları, elde edilen verileri kullanışlı hale getirmek, depolamak ve analiz etmek için araştırma içerisinde olmalı ve yeni metotlar bulmalıdır.

Ancak bu sistemlerin sayılan birkaç dezavantaja rağmen sayaç okuma, faturalama ve enerji verimliliği açısından sağladıkları büyük faydaların, geleneksel sistemleri yenileriyle değiştirmek için katlanılması gerekebilecek maliyet ve zorluklardan çok daha fazla olduğu görülmektedir.

Bu çalışma ileride tüketim sayaçlarında M-Bus standartlarının uygulanmasının geleneksel metotlara göre avantajları ve benzeri projelerde referans olarak kullanılabilir. Ayrıca tüketim sayaçları, akıllı sayaçlar, akıllı sayaç okuma, AMR / AMI sistemleri ve M-BUS standartlarının incelendiği bu çalışma ileride bu konuda çalışma yapması muhtemel kişi ve kurumlara yol gösterici olacaktır.

# KAYNAKLAR


Aktif Elektroteknik İnternet Sitesi "Enerji Yönetimi ve Sayaç Otomasyonu Ön Ödemeli Sayaçlar" Erişim tarihi: 10 Aralık 2022. https://aktif.net/enerji-yonetimi-ve-sayac-otomasyonu-on-odemeli-sistemler/ adresinden alındı

Başkaya, O. (2010). "OSI katman modelinde 3. katman güvenlik duvarı uygulaması", (Yayın no 268912). [Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Gazi Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı]. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp

Çakmak B, ve Sokullu, R. (2004). "Elektrik, Su, Gaz vb. cizların uzaktan bilgi aktarımı". İzmir: Ege Üniversitesi,Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü.Erişim Tarihi: 15 Aralık 2022. https://docplayer.biz.tr/9308406-Elektrik-sayaclarin-uzaktan-bilgi-aktarimi.html

Dms-Ami İnernet Sitesi. (2022). "AMI, AMR, Smart Metering Solutions". Dms-Ami: Erişim Tarihi. 12 Aralık 2022. https://dms-ami.com/plc-communication-ami-amr-smart-metering-esolution adresinden alındı

Doğansay A.O. (2019). "Görüntü İşlem Teknikleri ile Mekanik Sayaç Bilgilerinin Okunması ve Merkezi Sisteme İletilmesi", (Yayın no 574377).[ Y.Lisans Tezi. Mersin Üniversitesi - Fen bilimleri Enstitüsü]. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp

Dongmei, S., Shuhua, M., ve Chunguo, J., (2007). "Study of the Automatic reading of Watt Meter Based on Image Processing Technology", 2007 2nd IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications. IEEEXPLORE: Erişim Tarihi 10 Aralık 2022. https://ieeexplore.ieee.org/document/4318804 adresinden alındı

Elektromed İnternet Sitesi. (2022). "AMR AMI Çözümleri ve Temel Unsurları". Elektromed: Erişim Tarihi: Kasım 2022. https://www.elektromed.com.tr/dosya/elektromed_tur_amr.pdf adresinden alındı

Endustrilab İnternet Sitesi. "Pozitif deplasmanlı debimetre nedir ve çeşitleri nelerdir". Endustrilab: Erişim tarihi: 11 Kasım 2022. https://endustrilab.com/pozitif-deplasmanli-debimetre-nedir-ve-cesitleri-nelerdir/ adresinden alındı

Epri İnternet Sitesi. (2008). Electric Power Research Institute and Edison Electric Institute". "Potential for Energy Efficiency and Demand Response in a Carbon-Constrained Future.". (P. Alto, Dü.) CA, US: Electric Power Research Institute. Forthcoming. Erişim Tarihi: 26 Kasım 2022. https://www.epri.com/research/products/1016987

Erkal B. (2001). "Automatic Meter Reading (Amr) İn Distribution Systems", (Yayın no: 116046). [Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü]. Ankara. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp

Erkal B. (2009). "Dağıtım Sistemlerinde Otomatik Sayaç Okuma Sistemleri Ve Uygulamaları", Karabük: 5.Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu. Erişim Tarihi: 05 Aralık 2022. https://open.metu.edu.tr/handle/11511/12271

Esmig. (2021). European Smart Metering Industry Group. "A Guide to Smart Metering for empowering people for a better environment". Erişim Tarihi: 01. Kasım 2022. https://www.esmig.eu/wp-content/uploads/2021/11/ESMIG-A-Guide-to-Smart-Metering.pdf

Esular İnternet Sitesi.. ( 2022). "Ultrasonik Su Sayacının Otomatik sulamada kullamının avantajları". Esular: Erişim Tarihi: 10 Aralık 2022https://esular.com/sayac/ultrasonik-su-sayacinin-otomatik-sulamada-kullaniminin-avantajlari/ adresinden alındı

ETADER. (2017). "Merkezi Isıtma ve Sıcak Su Sistemlerinde Isı Paylaşım Sistemleri ve Kullanılan Ekipmanlar Kılavuzu". Ankara: T.C.Çevre ve Şehircilik Bakanlığı-Enerji Tasarruf Derneği Üyeleri Katkılarıyla.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (ETBK). (2011). "OSO Sistemlerinin Kapsamına ve Sayaç değerlerinin belirlenmesine ilişkin usul ve esaslar".

T.C.Resmi Gazete 207921. Erişim Tarihi : 22 Kasım 2022. https://www.enerji.gov.tr/anasayfa

Evçed. (2018). Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı. “Binalarda Enerji Verimliliği” çalışması. Erişim Tarihi: 02 Kasım 2022 https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/EVCED/tr/EnerjiVerimlili%C4%9Fi/EnerjiPerformansS%C3%B6zle%C5%9Fmeleri/Belgeler/Ek-3.pdf

Ferc.İnternet Sitesi. (2018). Federal Energy Regulatory Commission. "Assessment of Demand Response & Advanced Metering". FERC.Erişim Tarihi: 08 Kasım 2022. https://www.ferc.gov/sites/default/files/2020-04/DR-AM-Report2019_2.pdf

Forcepoint İnternet Sitesi. ( 2022). “OSI Model”. Forcepoint: Erişim Tarihi: 10 Aralık 2022. https://www.forcepoint.com/cyber-edu/osi-model adresinden alındı

Gest İnternet Sitesi. ( 2022). "Doğalgaz Sayaçları". Gest: Erişim tarihi: 15 Aralık 2022 https://gest.com.tr/urunler/dogalgaz-sayaclari adresinden alındı

Gest İnternet Sitesi. (2022). "Ön Ödemeli Su Sayaçları". Gest: Erişim tarihi: 22 Kasım 2022. https://gest.com.tr/on-oedemeli-su-sayaclari adresinden alındı

Gleick, H. P., (1996). Encyclopedia of Climate and Weather. "Water Resources". (S. Schneider, Derleyici) New york. Erişim Tarihi: 22 Kasım 2022 https://www.scirp.org/(S(czeh2tfqw2orz553k1w0r45))/reference/referencespapers.aspx?referenceid=2433242

Gök, M. Dağlar, V., Çelik, V., ve Bacınoğlu, N., (2017). "İSKİ Kayıp Kaçak Yönetim Sistemi ve Kayıp Kaçak Azaltma Pilot Çalışması". İSKİ.Erişim Tarihi: 25 Kasım 2022.https://www.researchgate.net/publication/337026929_Istanbul_Su_ve_Kanalizasyon_Idaresi_Kayip_Kacak_Yonetim_Sistemi_ve_Kayip_Kacak_Azaltma_Pilot_Calismasi

Hochwalnerr, T., ve Lang, L., (2009). Vienna University of Technology Faculty of Informatics, Master Thesis. “Approaches for monitoring and reduction of energy consumption in the home”. Wien. Erişim Tarihi: 10 Aralık 2022.

https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=cfe1d1a503501d449bf3829c12783665ed7e034d

ISO/IEC 7498-1. (1994). International Organization for Standardization. “Information technology - Open Systems Interconnection — Basic Reference Model: The Basic Model”. ISO. Erişim Adresi: 20 Kasım 2022 https://www.iso.org/standard/20269.html

Kabalcı, E. (2022). "Ersan KABALCI Ders Notları - Sayaçlar". ekblc.wordpress: Erişim Tarihi: 01 Aralık 2022. https://ekblc.files.wordpress.com/2014/10/89085_pp7.pdf adresinden alındı

Lawinsider İnternet Sitesi. (2022). "Traditional Meter". Law Insider: Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022). https://www.lawinsider.com/dictionary/traditional-meter adresinden alındı

Leblebici D.N. (2003). “Araştırma Yöntem ve Teknikleri”.Erişim Tarihi: 12 Kasım 2022. https://ekblc.files.wordpress.com/2014/10/89085_pp7.pdf adresinden alındı

Li, L., Hu, X., Huang, J., ve He, K., (2008). “Research on the architecture of Automatic Meter Reading in Next Generation Network”, 2008 6th IEEE International Conference on Industrial Informatics. İEEEXPLORE:Erişim Tarihi: 03 Kasım 2022. https://ieeexplore.ieee.org/document/4618072 adresinden alındı

Mardirect İnternet Sitesi. (2022). “The M-Bus Documentation”. (MarDirect Marketing Direct Gbr.) M-Bus: Erişim Tarihi: 5 Aralık 2022. https://m-bus.com/documentation adresinden alındı

Mevzuat İnternet Sitesi. (2007). T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. “5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu”. Erişim Tarihi: 01 Kasım 2022 https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuatmetin/1.5.5627.pdf

Ming, J., Cheng, C., ve Yi-Wen, L., (2003). “WLAN-centric authentication integrated GPRS-WLAN Networks”.Erişim Tarihi: 10 Aralık 2022. https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1285928

Mukul, M. (2010). ALTO-University School of Science and Technology Department of Electronics, Master Thesis. “Design of a graphical user interface for home energy monitoring system”. Espoo. Erişim Tarihi: 10 Aralık 2022. http://lib.tkk.fi/Dipl/2010/urn100400.pdf

Oeder. (2016). Department of Energy – Office of Electricity Deliver and Energy Reliability, Result from the smart grid programme. “Advanced Metering Infrastructure and Customer Systems". US.Erişim Tarihi: 23 Aralık 2022 https://www.energy.gov/sites/prod/files/2016/12/f34/AMI%20Summary%20Report_09-26-16.pdf

Openmuc İnternet Sitesi. (2022). "M-Bus User Guide". Erişim Tarihi: 2 Kasım 2022 Openmuc: https://www.openmuc.org/m-bus/user-guide/) adresinden alındı

Ölçüler ve Standartlar Genel Müdürlüğü (ÖSGM). (2018). Ölçüler ve Standartlar Genel Müdürlüğü. “Isı Sayaçları Muayene Yönetmeliği” 30470 sayılı Resmi Gazete. T.C. Resmi Gazete 30470. Erişim Tarihi: 01 Kasım 2022. https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/07/20180706-3.htm

Ölçüler ve Standartlar Genel Müdürlüğü (ÖSGM). (2019). Ölçüler ve Standartlar Genel Müdürlüğü. “Ölçü ve Ölçü Aletleri Muayene Yönetmeliği”. T.C.Resmi Gazete 30979 Değişiklik. Erişim Tarihi: 18 Aralık 2022. https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/12/20191215.pdf

Papenheim, V., Ziegler, N., ve Bories, K., (1993). "Anwendungsbeispiele für den M-Bus". University of Padeborn, Department of Physics.Erişim Tarihi: 03 Kasım 2022. https://docs.johnsoncontrols.com/bas/r/Metasys/de-DE/Inbetriebnahme-einer-Automationsstation-fur-die-M-Bus-Integration-Anwendungshinweis/11.0/Detaillierte-Anweisungen

Pasdar. A.,ve Mirzakuchaki, S., (2007). “A Solution to Remote Detecting of Illegal Electricity Usage Based on Smart Metering”, 2nd.International Workshop on Soft Computing Applications. IEEEXPLORE :Erişim Tarihi:02 Aralık 2022 https://ieeexplore.ieee.org/document/4318322 adresinden alındı

Qundis İnternet Sitesi. (2022). "Ürünler". Qundis: Erişim tarihi: 01 Aralık 2022 https://qundis.com.tr/ueruenler/ adresinden alındı

Relay İnternet Sitesi. (2022). "Products overview". Relay: Erişim tarihi: 25 Aralık 2022. https://www.relay.de/en/products/overview adresinden alındı

Richter K. (2005). ”Remote meter reading via m-bus” 2-8. Nurnberg: Gossen Metrawatt Gmbh. Erişim Tarihi: 04 Kasım 2022. https://docplayer.net/55859797-Date-landis-gyr-d-en-g-landis-gyr-d-eng-e650-series-3-zmd400at-ct-zfd400at-ct-user-manual.html

Sivaneasan, B., So, P. L., ve Gunavan, E., (2009). “A simple routing protocol for PLC-based AMR systems”, TENCON 2009 - 2009 IEEE Region 10 Conference. IEEEXPLORE: Erişim Tarihi: 07 Aralık 2022. https://ieeexplore.ieee.org/document/5395902 adresinden alındı

Tamarkin T.D. (1992). “Automatic Meter Reading”. *Public Power Magazine.*

Tanvir, A., Suzan, M., Islam, M., ve Rakip, U., (2011). “Automatic Electric Meter Reading System: Cost-Feasible Alternative Approach in Meter Reading for Bangladesh Perspective Using Low-Cost Digital Wattmeter and Wimax Technology”. Erişim Tarihi: 12 Kasım 2022. https://www.researchgate.net/publication/258727466_Automatic_Electric_Meter_Reading_System_A_Cost-Feasible_Alternative_Approach_In_Meter_Reading_For_Bangladesh_Perspective_Using_Low-Cost_Digital_Wattmeter_And_Wimax_Technology

Taytech G.Way. (2022). “Gateway, Datalogger Nedir”. energydata360 or taytech: Erişim Tarihi: 27 Aralık 2022) https://energydata360.com/gateway-datalogger-nedir/ adresinden alındı

Taytech İnternet Sitesi. (2022). “Mbus veri alma yöntemleri". energydata36 or taytech: Erişim Tarihi: 03 Aralık 2022. https://energydata360.com/mevcut-m-bus-veri-alma-yontemleri-nelerdir/ adresinden alındı

Technopedia İnternet Sitesi. ( 2022). "Master Slave". Technopedia: Erişim Tarihi: 08 Kasım 2022. https://www.techopedia.com/definition/2235/masterslave adresinden alındı

TEDAŞ. (2017). Tedaş Mlz.72017-062. Teknik Şartname. “Elektronik Elektrik Sayaçları Teknik Şartnamesi". Erişim Tarihi: 29 Kasım 2022.https://www.tedas.gov.tr/sx.web.docs/tedas/tedas_arge/docs/sartnameler/tedas_arge/TEDA%C5%9E-MLZ%202017-062%20Elektronik%20Elektrik%20Saya%C3%A7lar%C4%B1%20Teknik%20%C5%9Eartnamesi%20(Eyl%C3%BCl%202019).pdf

Texas Institü. (1994). Texas Instruments Deutschland GmbH. "Designing Applications for the Meter-Bus" (English Translation of Reference 1). Erişim Tarihi: 13 Aralık 2022.https://www.ti.com/lit/ug/tidudg0/tidudg0.pdf?ts=1679654203189&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.ti.com%252Ftool%252FTIDA-01531

Theodore G.P. (1974). “Sensor Monitoring Device”, US Patent No 3842208, 1974. “Sensor Monitoring Device”, US.Erişim Tarihi 5 Kasım 2022. https://patents.google.com/patent/US3842208A/en

Topscomm İnternet Sitesi. (2022). "Water,gas,heat,electricity meter,amr,ami solution". Topscomm: Erişim tarihi: 11 Aralık 2022. https://www.topsmetering.com/water-gas-heat-electricity-meter-amr-ami-solution_n36 adresinden alındı

Türk Standartları Enstitüsü.TSE 13757-2. (2005). "Ölçü aletlerinde haberleşme sistemleri ve Uzaktan okuma Standardı Bölüm 2: Fiziksel ve Bağlantı Hat Katmanı". TSE.

Türk Standartları Enstitüsü.TSE 13757-3. (2005). "Ölçü aletlerinde haberleşme sistemleri ve Uzaktan okuma Standardı Bölüm 3: Tahsisli Uygulama Katmanı". TSE.

Türk Standartları Enstitüsü.TSE 13757-4. (2005). Türk Standartları Enstitüsü. "Ölçü aletlerinde haberleşme sistemleri ve Uzaktan okuma Standardı Bölüm 4: Telsiz Ölçme Aleti Okuma". TSE.

Wikipedia. (2022). "Network Topology". Wikipedia: Erişim Tarihi: 14 Kasım 2022 https://en.wikipedia.org/wiki/Network_topology adresinden alındı

Wikipedia. (2022). "Heat Cost Allocator". Wikipedia: Erişim Tarihi: 20 Aralık https://en.wikipedia.org/wiki/Heat_cost_allocator adresinden alındı

Wikipedia. (2022). "Advanced_metering_infrastructure". Wikipedia Erişim Tarihi: 16 Kasım 2022 : https://en.wikipedia.org/wiki/Smart_meter#Advanced_metering_infrastructure adresinden alındı

Wikipedia (2022). "Automatic Meter Reading". Wikipedia Erişim Tarihi: 10 Kasım 2022: https://en.wikipedia.org/wiki/Automatic_meter_reading adresinden alındı

Wikipedia. (2022). "Electricity Meter". Wikipedia: Erişim Tarihi: 10 Aralık 2022 https://en.wikipedia.org/wiki/Electricity_meter adresinden alındı

Wikipedia. (2022). "Gas Meter". Wikipedia: Erişim Tarihi: 03 Aralık 2022 https://en.wikipedia.org/wiki/Gas_meter adresinden alındı

Wikipedia. ( 2022). "Heat Meter". Wikipedia: Erişim Tarihi: 22 Kasım 2022 https://en.wikipedia.org/wiki/Heat_meter adresinden alındı

Wikipedia Mbus. (2022). “Meter Bus / M-BUS technology”. Wikipedia: Erişim Tarihi: 04 Aralık 2022. https://en.wikipedia.org/wiki/Meter-Bus adresinden alındı

Wikipedia. (2022). “Smart Meter and smart metering” Erişim Tarihi: 17 Aralık 2022. https://en.wikipedia.org/wiki/Smart_meter adresinden alındı

Wikipedia. (2022). "Water metering". Wikipedia: Erişim Tarihi: 29 Aralık 2022 https://en.wikipedia.org/wiki/Water_metering adresinden alındı

Yenilebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YİGM). (2018). “2017-2023 Enerji Verimliliği Planı”.Erişim Tarihi: 23 Aralık 2022. https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-verimliligi-ulusal-enerji-verimliligi-eylem-plani

Zwcables İnternet Sitesi. (2022). "Twisted Pair Cable". ZW Cables: Erişim Tarihi: 29 Aralık 2022https://zwcables.com/tr/twisted-pair-cable/ adresinden alındı

# ÖZGEÇMİŞ

## Beste KARACA

**Eğitim**

2019 Maltepe Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

**İş/İstihdam**

Ekim 2019 / Devam ediyor - Mann+Hummel Filtre San. Ltd. Şti. Pazarlama ve Ürün Yönetimi Uzmanı

Şubat 2019 / Ağustos 2019 - Aplus Enerji Yatırım Danışmanlık Teknoloji Ltd. Şti. Veri Analisti

Haziran 2017 / Haziran 2019 - Türksport Spor Ürünleri Ltd. Şti. Kısmi ve Yarı zamanlı Satış Temsilcisi

Haziran 2018 / Ağutos 2018 - Simit Sarayı A.Ş. fabrikası Fabrika Organizasyonu Üniversite stajı

Ağustos 2017 / Eylül 2017 - DTİ İmplant Sist. San. Ve Tic. A.Ş. (CAD CAM vb. gibi tasarım ve imalat sistemleri) İmalat Üniversite Stajı

Temmuz 2015 / Şubat 2016 - Bestka Müh. Müş. Yön. Ve Servis Ltd. Şti. Uzaktan Sayaç okuma ve faturalama Sistemlerinde kısmi ve yarı zamanlı olarak Veri İşleme ve derleme analisti

**Mesleki Birlik/Dernek Üyelikleri (Varsa)**

2019 İstanbul Makine Mühendisleri Odası (TMMOB)