



T.C.
KIRŞEHİR AHI EVRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İLERİ TEKNOLOJİLER ANABİLİM DALI



**İÇME SUYU ŞEBEKELERİNDE OLUŞAN SU
KAYIP VE KAÇAKLARININ SCADA SİSTEMİ
YARDIMIYLA ANALİZ
EDİLMESİ: YOZGAT İLİ ÖRNEĞİ**

MUHAMMET FURKAN KARAMAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KIRŞEHİR

2024



T.C.
KIRŞEHİR AHI EVRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İLERİ TEKNOLOJİLER ANABİLİM DALI



**İÇME SUYU ŞEBEKELERİNDE OLUŞAN SU
KAYIP VE KAÇAKLARININ SCADA SİSTEMİ
YARDIMIYLA ANALİZ
EDİLMESİ: YOZGAT İLİ ÖRNEĞİ**

MUHAMMET FURKAN KARAMAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

Doç. Dr. Şekip Esat HAYBER

KIRŞEHİR

2024

KIRŞEHİR AHİ EVRAN ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI
ETİK BEYANI

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesini okuduğumu ve anladığımı ve Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Tez olarak sunduğum bu çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda bu konuda hakkımda yapılacak tüm yasal işlemleri ve aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim. 28/08/2024

Muhammet Furkan KARAMAN

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa No

İÇİNDEKİLER DİZİNİ	I
TEŞEKKÜR	III
ÖZET	IV
ABSTRACT	V
TABLolar DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	IX
1. GİRİŞ	1
1.1. Araştırmanın Konusu.....	1
1.2. Araştırmanın Amacı	1
1.3. Araştırmanın Önemi	2
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
2.1. Türkiye’deki Bölgesel Çalışmalar	5
2.2. Türkiye Geneli Çalışmaların Yıllara Göre Dağılımı	9
2.3. Dünyadaki Çalışmalar	12
3. MATERYAL VE METOT	15
3.1. Materyal.....	15
3.1.1. Tanklar	15
3.1.2. Su tankları	29
3.1.3. Çalışma kapsamındaki depolar	39
3.1.4. Sistem ekipmanları ve montaj süreçleri	41
3.1.5. Su yönetim sistemi yazılım ara yüzü	43
3.2. Metot.....	56
3.2.1. İçme sularının kalite yönetiminde kullanılan akıllı sistemler	56
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	65
4.1. Çalışma Sahası.....	65
4.2. SCADA Ara-Yüzünden Depo Takibi.....	76
4.3. SCADA Ara-Yüzünden Veri Takibi	79
4.4. Standart Su Dengesi Tablosu Yöntemiyle 2019-2023 Yılları Arasındaki Verilerin Analizi	90
4.4.1. Standart su dengesi tablosu	92
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	105

6. KAYNAKÇA	107
ÖZGEÇMİŞ.....	115

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisansa başlamamda ve yüksek lisans ders sürecinde kendisini tanıdığım günden bu yana gösterdiği sakin ve sabırlı hali ile her zaman bana örnek olmasının yanı sıra bir bilim insanının nasıl çalışması gerektiğini kendisinden öğrendiğim değerli danışmanım Doç. Dr. Şekip Esat HAYBER'e büyük bir içtenlikle teşekkür ederim. Tez çalışmalarım ve yayın aşamalarında tecrübelerini aktararak sürecin kolaylaşmasını sağlayan Öğr. Gör. Yunus GÖRKEM'e teşekkürü borç bilirim. Bilimsel çalışmalarımızda kullanılması amacıyla proje verilerini bizimle paylaşan ve kullanmamız için onay veren Yozgat Belediyesine teşekkür ederim. Ayrıca tezimin her aşamasında desteğini benden esirgemeyen kıymetli eşim Seda KARAMAN'a teşekkür ederim.

Tezimi, ailem başta olmak üzere özellikle kızım Masal'a ithaf ederim.

Ağustos, 2024

Muhammet Furkan KARAMAN

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İÇME SUYU ŞEBEKELERİNDE OLUŞAN SU KAYIP VE KAÇAKLARININ SCADA SİSTEMİ YARDIMIYLA ANALİZ EDİLMESİ: YOZGAT İLİ ÖRNEĞİ

Muhammet Furkan KARAMAN

**KIRŞEHİR AHI EVRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İLERİ TEKNOLOJİLER ANABİLİM DALI**

Danışman: Doç. Dr. Şekip Esat HAYBER
Yıl: 2024 Sayfa: 103
Jüri: Doç. Dr. Mücella ÖZBAY KARAKUŞ
Dr. Öğr. Üyesi Serkan KESER

Su insan hayatı için çok önemlidir. Suyun insanlara temiz ve sağlıklı olarak ulaştırılabilmesi için insanların kullanımına sunulmadan önce depolandığı tankların da güvenilir ve temiz olması gerekmektedir. Su yoluyla bulaşıcı hastalıkların taşınma riskini engellemek için su depolama tanklarında tutulan sulara arıtma ve dezenfekte işlemleri yapılır. SCADA sistemleri ile içme suyu dağıtımında merkezi bir kontrol ve izleme sağlanarak suyun akışı uzaktan takip edilir. Toplanan veriler sayesinde depolama tanklarında meydana gelebilecek olumsuz durumlar otomatik olarak algılanabilir ve gerektiğinde sistem üzerinden müdahale edilerek su dağıtımını yönetilebilir. Ayrıca su kaçakları tespit edilerek şebekeye verilen suyun tamamının kullanıcıya ulaştırılması sağlanabilir. Bu çalışmada Yozgat ilinde bulunan 4 adet terfi merkezi ve 13 adet su depolama tankındaki veriler incelenerek su kaynağından su depolama tanklarına ve suyun insanların kullanımına sunulmasına kadar olan tüm süreçlerin SCADA sistemi ile uzaktan kontrol edilmesi sağlanmıştır. Tortu oluşumundan kaynaklanan su seviyesi, basınç, pH ve sıcaklık değişimleri analiz edilerek şebekede meydana gelen su kaçakları tespit edilmiş ve suyun kalitesi hakkında veriler elde edilmiştir. İstasyonlardan sürekli olarak alınan veriler sonucunda bir yılda su şebekesine basılan su miktarının %60'ının kayıp-kaçak olduğu tespit edilmiştir. Geçmiş yıldaki verilere nazaran SCADA sisteminin kullanımıyla alınan önlemler sonucunda sorunların %51 oranında azaldığı rapor edilmiştir. Sistem sayesinde tespit edilen tortu oluşumları kısa sürede önlenerek suyun temiz ve sağlıklı bir şekilde kullanıcıya ulaştırılması sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tank, Su Tankı, pH, Sıcaklık, Basınç, Depolama Tankı

ABSTRACT

MASTER'S THESIS

THE ANALYSIS OF WATER LOSSES AND LEAKAGES IN DRINKING WATER NETWORKS USING SCADA SYSTEM: A CASE STUDY FROM YOZGAT

Muhammet Furkan KARAMAN

**KIRŞEHİR AHİ EVRAN UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF ADVANCED TECHNOLOGİES**

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Şekip Esat HAYBER
Year: 2024 **Pages:** 103
Juries: Assoc. Prof. Dr Mücella ÖZBAY KARAKUŞ
Assist. Prof. Dr. Serkan KESER

Water is essential for human life. For water to be delivered to people cleanly and healthily, the tanks in which it is stored before being made available must also be reliable and clean. To prevent the risk of transmitting infectious diseases through water, purification and disinfection processes are carried out on the water held in water storage tanks. With SCADA systems, water flow is monitored remotely by providing central control and monitoring in drinking water distribution. Thanks to the collected data, adverse situations in the storage tanks can be automatically detected, and water distribution can be managed by intervening in the system when necessary. Additionally, water leaks can be detected, and all the water supplied to the network can be delivered to the user. In this study, the data from 4 pumping centers and 13 water storage tanks in Yozgat province were examined, and all processes from the water source to the water storage tanks and the water supply to people's use were controlled remotely with the SCADA system. Water leaks in the network were detected by analyzing the water level, pressure, pH, and temperature changes resulting from sediment formation, and water quality data was obtained. As a result of data continuously collected from the stations, it has been determined that 60% of the water pumped into the water network in one year is lost due to leaks and theft. Compared to the data from previous years, it has been reported that the issues have decreased by 51% due to the measures taken using the SCADA system. Thanks to the system, detected sediment formations are prevented quickly, and water is delivered to the user cleanly and healthily.

Key Words: Tank, Water Tank, pH, Temperature, Pressure, Storage Tank

TABLolar DİZİNİ

	Sayfa No
Tablo 3.1. Tanklarda depolanan bazı sıvıların özgül hacim ağırlıkları (Myers, 1997)	21
Tablo 3.2. Proses endüstrisinde kullanılan basınç birimlerinin karşılaştırması	24
Tablo 3.3. Kontrol ve ana pano ekipmanları	42
Tablo 3.4. İçme suyu ve terfi merkezlerinde kullanılan sensörler.....	43
Tablo 3.5. Diğer sistem bileşenleri	43
Tablo 3.6. Nokta verilerine ait parametreler.....	44
Tablo 3.7. Hazır tanımlı sistem parametreleri	46
Tablo 3.8. Nokta detay izleme ekranlarında gösterilecek özellikler	46
Tablo 3.9. Güvenli çalışma değerleri.....	49
Tablo 3.10. Depo izleme parametreleri	50
Tablo 3.11. Yönetim ekranından izlenen bilgiler	50
Tablo 3.12. Grafik çizim parametreleri	52
Tablo 3.13. Verilebilecek yetki türleri.....	54
Tablo 4.1. Çalışma noktalarındaki ekipmanlar.....	67
Tablo 4.2. 2019–2023 yılları arası üretilen su ve faturalandırılan su miktarları	91
Tablo 4.3. 2023 yılı abone tiplerine göre yıllık tüketim miktarları	92
Tablo 4.4. Standart su dengesi tablosu	94
Tablo 4.5. Yozgat ili yıllara göre kayıp su maliyetleri	103
Tablo 4.6. Yıllara göre tahakkuk edilen su ve sistemden çıkan su metreküpleri	103
Tablo 4.7. Yozgat ili 2019-2023 yılları aylık kayıp-kaçak tablosu	104

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 3.1. Ürün-hammadde bağıntılarında kullanılan tanklar (Yurtman, 2008)	15
Şekil 3.2. Yer üstü sıvı depolama tank tesisi (Solvay, 2021).....	16
Şekil 3.3. 40-10000 metreküp kapasiteli yer üstü depolama birimleri (Lipp, 2024)	17
Şekil 3.4. Yer altı depolama tankı (Indiamart, 2024a).....	17
Şekil 3.5. Endüstriyel depolama tesisi (GSC Tanks, 2024).....	18
Şekil 3.6. Yer üstü depolama tanklarının şematik gösterimi (Lees, 2012)	19
Şekil 3.7. Suyun açık hava basıncında kaynama ve donma noktası değerleri	22
Şekil 3.8. Basınç ölçümünde kullanılan standart sistem	25
Şekil 3.9. Rita ve Katrina kasırgalarında tank göçmeleri (Godoy, 2007)	26
Şekil 3.10. Düşük basınçlı yatay tank örneği (PAF, 2017).....	27
Şekil 3.11. Düşük basınçlı düşey tank örneği (Anson, 2016)	28
Şekil 3.12. Yatay silindirik LPG depolama tankları (Indiamart, 2024b).....	28
Şekil 3.13. LPG küresel depolama kapları (Horton küreleri) (EPCM, 2024).....	29
Şekil 3.14. Yeraltı su tankı (Reddit, 2022)	30
Şekil 3.15. Yer düzeyinde bulunan tank (CST, 2024)	31
Şekil 3.16. Dairesel tank (PMDFC, 2008)	31
Şekil 3.17. Huni şeklinde su tankı (Atlas Obscura, 2024).....	32
Şekil 3.18. Dikdörtgen su tankı (Esinoks, 2024)	33
Şekil 3.19. Betonarme ayaklı çelik ve PVC su depoları	35
Şekil 3.20. (a) Su klorlama aygıtı, (b) Geçici klorlama düzeneği.....	39
Şekil 3.21. Depolar.....	40
Şekil 3.22. Terfi merkezleri	40
Şekil 3.23. Montaja ait görseller	41
Şekil 3.24. Sunucu topolojisi	55
Şekil 3.25. CBS'nin temel fonksiyonları	58
Şekil 3.26. İçme suyu şebekesi	59
Şekil 3.27. İçme suyu şebekesinin unsurları	60
Şekil 3.28. Borunun içindeki su kalitesinin reaksiyonları	61
Şekil 3.29. SCADA sisteminin temel unsurları	62
Şekil 4.1. Yozgat ili konum haritası (Saygılı, 2020).....	65
Şekil 4.2. Yozgat merkez su depolama tankları planı.....	66
Şekil 4.3. Çalışma bölgelerine ait depo görselleri	76
Şekil 4.4. Muslubelen depo verileri	77
Şekil 4.5. TOKİ depo verileri.....	77
Şekil 4.6. Depolarda su seviyelerinin anlık takibi	78
Şekil 4.7. Depolarda bulanıklık, pH ve klor değerlerinin anlık takibi	78
Şekil 4.8. Sanayi depo verileri	79
Şekil 4.9. SUKİ'ler terfi ve pompa istasyonlarının merkezi kontrolü	79
Şekil 4.10. Basılan suyun debimetre üzerinden online okunan değerler	80
Şekil 4.11. Uygulamanın mobil ara-yüzü	80
Şekil 4.12. SCADA çalışma sistemi	81
Şekil 4.13. Farklı lokasyonlardaki depoların anlık bildirimleri	82
Şekil 4.14. Genel merkezden tüm hattın izlenmesi.....	82
Şekil 4.15. Bağlar İçi terfi verileri	84

Şekil 4.16. Muslubelen terfi merkezi 2 numaralı pompa	84
Şekil 4.17. Kayabaşı terfi merkezi	85
Şekil 4.18. Sanayi depo debimetre	86
Şekil 4.19. Sanayi depo debimetre	87
Şekil 4.20. Toki 1000 m ³ deponun bir haftalık debi verileri.....	87
Şekil 4.21. Toki 1000 m ³ deponun bir haftalık debi verileri.....	88
Şekil 4.22. Muslubelen depo verilerinden kayıp-kaçak tespiti	88
Şekil 4.23. Muslubelen depo verileri	89
Şekil 4.24. Muslubelen depo öğle saatlerinde debimetre çıkışı.....	90
Şekil 4.25. Muslubelen depo akşam saatlerinde debimetre çıkışı.....	90
Şekil 4.26. SCADA kurulum öncesi ve sonrası	91
Şekil 4.27. 2019-2023 yıllarına ait SSD verileri	102

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
<i>Bar</i>	: basınç
<i>D</i>	: dozaj
<i>°F</i>	: sıcaklık (fahrenheit)
<i>Fe</i>	: demir
<i>gs</i>	: gün sayısı
<i>g</i>	: gram
<i>Hm</i>	: manometrik yükseklik
<i>inç</i>	: uzunluk
<i>k</i>	: kişi sayısı
<i>Kd</i>	: türev kazanç
<i>Ki</i>	: integral kazanç
<i>Kp</i>	: oransal kazanç
<i>l</i>	: hacim (litre)
<i>m</i>	: yükseklik (metre)
<i>N</i>	: kuvvet (newton)
<i>Pa</i>	: basınç (pascal)
<i>Ppm</i>	: milyonda bir (parts per million)
<i>psi</i>	: inç kare başına pound (pound per square inch)
<i>psig</i>	: inç kare başına pound ölçüsü (pound per square inch gauge)

Kısaltmalar	Açıklama
AB	: Avrupa Birliği
AMI	: Gelişmiş Ölçüm Altyapısı (Advanced metering infrastructure)
API	: Amerikan Petrol Enstitüsü (American petroleum institute)
ASKİ	: Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi
ASME	: Amerikan Makine Mühendisleri Birliği (American society of mechanical engineers)
AYS	: Abone Yönetim Sistemi
CAD	: Bilgisayar Destekli Tasarım (Computer aided design)
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CPU	: Merkezi İşlem Birimi (Central processing unit)
DMA	: Düzenlenmiş Müşteri Alanı
DOM	: Doğal Organik Madde
EBYS	: Elektronik Belge Yönetim Sistemi
EPA	: Amerika Çevre Koruma Ajansı (US environmental protection agency)
FAVAD	: Sabit ve Değişken Alan Tahliyeleri (Fixed and variable area discharges)
GGs	: Gelir Getirmeyen Su
İAB	: İzole Alt Bölgeler
İŞŞ	: İçme Suyu Şebekesi
KOSKİ	: Konya Su ve Kanalizasyon İdaresi
LPG	: Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (Liquid petroleum gas)
MAGI	: Maryland Otomatik Coğrafi Bilgi Sistemi (The Maryland automated geographic information system)
MTU	: Ana Terminal Birimleri
NFPA	: Amerika Ulusal Yangından Korunma Derneği (The national fire protection association)
RTU	: Uzak Terminal Birimleri
SASKİ	: Sakarya Su ve Kanalizasyon İdaresi
SCADA	: Gözetleyici Kontrol ve Veri Toplama (Supervisory control and data acquisition)
SÇD	: Su Çerçeve Direktifi
SDŞ	: Su Dağıtım Şebekesi
SSD	: Standart Su Dengesi
SYS	: Su Yönetim Sistemi
SYBS	: Su Yönetim Bilgi Sistemi
ŞUSKİ	: Şanlıurfa Su ve Kanalizasyon İdaresi
TESKİ	: Tekirdağ Su ve Kanalizasyon İdaresi
UHF/VHF	: Ultra Yüksek Frekans/Çok Yüksek Frekans
W.C.	: Su İçeriği (Water content)
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü (World health organization)
YOSKİ	: Yozgat Su ve Kanalizasyon İdaresi

1. GİRİŞ

1.1. Araştırmanın Konusu

Günümüzde hayatın hemen her alanında teknolojiden ve teknolojinin sunmuş olduğu sayısız yeniliklerden yararlanılmaktadır. Zira teknoloji, yerinde ve doğru kullanıldığı takdirde hayatı kolaylaştıran ve çeşitli avantajlar sunan bir fırsattır. Günümüzde başta iletişim, ulaşım ve görüntüleme teknikleri olmak üzere birçok alanda gözetleyici kontrol ve veri toplama (supervisory control and data acquisition, SCADA) sistemi kullanılmaktadır. SCADA, veri tabanlı kontrol ve gözetleme sistemidir. Birçok alanda kullanılan SCADA, yeni yöntemlerin ve mühendislik ürünlerin geliştirilmesinde doğrudan etkili olmuştur.

Gelecekte yaşanması öngörülen su sıkıntılarına kestirimci çözümler üretebilmek, su yönetim sistemlerinde etkili bir kontrol mekanizmasının oluşturulmasına bağlıdır. Bu kapsamda SCADA sisteminin büyük kolaylık sağlayacağı aşikardır. SCADA sayesinde sistem genelinde yaşanan durumların tek merkezden izlenebilmesi, aksaklıkların çözüm sürecini hızlandıracaktır. Kaçak kullanımların ve arıza kaynaklı kayıp su miktarlarının takibinin yanında yer üstünde ve yer altında konumlandırılmış su depolama tanklarında meydana gelme ihtimali olan arızaların tespitinde de SCADA kullanımıyla bütünsel bir su yönetimi sağlanmış olacaktır.

Bu çalışma kapsamında su yönetim mekanizmaları incelenerek yer üstü ve yer altı depolama tanklarının özellikleri ve sınıflandırmaları detaylı olarak araştırılacaktır. Ayrıca SCADA sistemi tanıtarak su depolama tanklarındaki bulanıklık, sıcaklık, Ph ve klor miktarlarının SCADA sistemi ile tespit edilmesi ve bu işlemin sağlayacağı avantajların üzerinde durulacaktır. Son olarak Yozgat ili su depolama tanklarında tortu oluşumlarına bağlı olarak su seviyesi, sıcaklık, pH ve basınç değerlerinde meydana gelen değişimlerin SCADA sistemi ile izlenmesi sonucu elde edilen veriler sunulacak ve analiz edilecektir.

1.2. Araştırmanın Amacı

Su yönetimi yer altı suyu, içme suyu ve atık su yönetiminin tamamını kapsamaktadır. Özellikle kentlerde nüfus yoğunluğunun artışıyla birlikte su kaynaklarının hızla tükenmesi, yakın gelecekte su sıkıntısı yaşanma riskini beraberinde getirmiştir. Kentleşme oranının artışı nedeniyle su tüketimi akıllı sistemler tarafından yönetilmelidir (Uçar, 2022). Bu nedenle su yönetimini üstlenen kurumlar tarafından sorunun çözümü amacıyla yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Su idaresini yöneten pek çok kurum, dağıtım şebekelerinin denetimini, kontrolünü ve veri yönetimini sağlamak

amacıyla SCADA sistemini kullanmaya yönelmiştir (Boyer, 2009; Ottenburger ve ark., 2017). SCADA, farklı bölgelerde bulunan sistemleri merkezi olarak kontrol etmek amacıyla sensörlerden elde edilen verileri toplayan bir sistemdir (Marti-Puig ve ark., 2019). SCADA sistem mimarisi içerisinde bilgisayarlar, sensörler, insan-makine arayüzleri, grafik-kullanıcı arayüzleri ve veri iletişim sistemleri bulunmaktadır. SCADA sistemi su dağıtım şebekesinin işletiminde PLC gibi çevresel cihazlarla uyumlu bir şekilde çalışabileceği gibi çeşitli yazılımlarla da arayüzlenebilirler (Giudicianni ve ark., 2020). Tüm bu avantajlı özelliklerin kullanımıyla etkin bir su yönetiminin sağlanması hedeflenmektedir. Bu çalışma kapsamında Yozgat ilinde SCADA kullanımının su yönetimine etkisinin değerlendirilmesi ve literatüre değerli veriler kazandırılması hedeflenmektedir.

1.3. Araştırmanın Önemi

Türkiye'nin su zengini bir ülke olmadığı ve ilerleyen yıllarda nüfus artışıyla birlikte ciddi bir su kriziyle karşı karşıya kalabileceği düşünülmektedir (Aslan, 2016). Bu nedenle ülkemizin su yönetimini sağlayan kurumların suyun son kullanıcıya ulaşmasına kadar olan tüm süreçler üzerinde tamamen hakimiyet kurması gerekmektedir. Ancak su dağıtım sistemlerinin yönetimi zordur çünkü çok sayıda birbiriyle etkileşimli boru, pompa, vana ve kontrol içeren karmaşık ağlardan oluşurlar. Bu bileşenlerin büyük kısmı gömülmüştür ve bakım-onarım işlemleri oldukça zordur. Bu zorluklara ve karmaşıklıklara rağmen, dağıtım sistemlerinin hanelere ve diğer alanlara basınçlı bir şekilde güvenli içme suyu sağlaması beklenmektedir (Grigg, 2024). Gelişen teknolojiyle birlikte akıllı sistemlerin su yönetimi amacıyla kullanımı da söz konusu olmuştur. Akıllı su yönetiminin coğrafi bilgi sistemleri (CBS) altyapısı, telemetrik sayaç okuma, akıllı su kartı, akıllı su kontrol merkezi, mobil uygulamalar, akıllı vezne gibi bileşenleri bulunmaktadır CBS; verilerin toplanması, saklanması, analiz edilmesi, kullanıcıya sunulması gibi işlevleri bütünleştiren en güncel teknolojilerden biridir. Hem coğrafyanın hem de bilgi sistemlerinin birleşik gücünü sunan CBS teknolojisi, su endüstrisi altyapısının etkin yönetimi için ideal bir çözümdür (Tona ve ark., 2022).

Türkiye'de büyükşehir belediyelerinin akıllı su yönetimi araçları ve etkin su dağılımı yöntemleri arasından tercih etmiş oldukları sistemlerden birisi de SCADA'dır. SCADA coğrafi olarak geniş alana yayılmış su dağıtım sistemlerinde izleme ve kontrol fonksiyonlarını yerine getiren, sahadaki olaylara anında tepki veren geniş veri tabanlı bilgisayar sistemi olarak tanımlanmaktadır. SCADA sistemleri dağıtımda kullanılan şebeke hatları, vanalar, depolar ve pompa istasyonlarında kurulu olan sensörlerden bilgi

toplamak, operatörler tarafından istenen kumanda işlemlerini uzak terminaller aracılığıyla gerçekleştirmek ve istasyonlardan alınacak ölçümlerle ilgili istatistiksel bilgiler elde etmek için kullanılmaktadır (SUEN, 2017). SCADA gibi bütünleşik sistemlerin uygulanmasının kaydedilen su kayıplarını azaltması mümkündür (Klosok-Bazan ve ark., 2021).

Literatürde SCADA'nın genel özelliklerine, türlerine ve kullanım alanlarına yönelik birçok çalışma mevcuttur. SCADA sisteminin su depolama tanklarının içinde biriken kalıntı ve tortuların tespit edilmesinde kullanıldığı uygulamalar getirdiği avantajlar nedeniyle yaygınlaşmaktadır. Bu çalışmada Yozgat ili özelinde bir araştırma yapılmıştır. Yozgat Belediyesinden alınan veriler değerlendirilerek SCADA kullanımının etkilerinin incelenmesi bir yönüyle öznel ve nadir bir çalışma olarak değerlendirilebilir. Bununla birlikte genellenebilir veriler sayesinde yaygın kullanım açısından literatüre değerli bir katkı sağlayacağı ve gelecekte benzer alandaki çalışmalara ışık tutacağı düşünülmektedir.

Bu kapsamda çalışmanın 2. bölümünde literatürdeki çalışmalar detaylı bir şekilde sunulmuştur. Çalışmanın 3. bölümünde depolama tanklarının detaylarına odaklanılarak bu tanklarda kullanılan kalite kontrol sistemleri anlatılmıştır. 4. Bölümde çalışma kapsamında seçilen uygulama bölgesine ait analiz sonuçları paylaşarak yorumlanmış, SCADA sisteminin ve akıllı su yönetiminin su dağıtım şebekelerindeki (SDŞ) etkileri tartışılmıştır. 5. bölümde ise gerçek saha verileri kapsamında elde edilen sonuçlar incelenerek su yönetimi konusunda öneriler sunulmuştur.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Literatürde tanklardaki tortu, pH, basınç, sıcaklık ve benzeri unsurların SCADA sistemi ile belirlenmesi ile ilgili yapılmış olan çalışmaların incelenmesi, mevcut tez çalışması kapsamında elde edilen bulguların ve sonuçların derinlemesine değerlendirilmesini sağlayacaktır. Ayrıca Yozgat ilinden elde edilen verilerin genel uygulamaların neresinde konumlanacağı ve Yozgat ilinin özel verilerinin genelleştirilerek yorumlanmasının mümkün olup olmadığı araştırılarak konunun daha geniş bir bakış açısıyla ele alınması sağlanacaktır.

2.1. Türkiye'deki Bölgesel Çalışmalar

Türkiye'de su yönetim sistemleri, kayıp-kaçak tespit yöntemleri ve akıllı sistemlerin su yönetiminde kullanılmasına dair yapılan bazı bölgesel çalışmalar bu bölümde sunulacaktır. Demir (2001) tez çalışmasında Konya ilinde üretilen ve tüketilen su miktarlarını inceleyerek şebekedeki bilinmeyen kaçaklar ve illegal bağlantılardan kaynaklanan kayıp su miktarını tespit etmiştir. Elektronik debimetreler ile kuyulardan gelen debi ile pompa çıkışındaki debi arasında denge sağlanmasına rağmen eski sayaçların yaptığı hatalı okumalar nedeniyle kayıp su miktarı tespit edilememiştir. Bu sorunu aşarak kayıp ve kaçakların belirlenmesi için sayaçsız kullanım yerlerine belirli aralıklarla sayaç takılarak okumalar yapılmıştır. Elde edilen veriler yıllık tüketime dönüştürülerek, kullanım yerlerindeki bilinmeyen su miktarı hesaplanmıştır. Üretilen su miktarından tahakkuk ettirilen su miktarı ve diğer kullanım yerlerinde kullanılan su miktarı çıkarılarak, şebekedeki bilinmeyen kaçaklar ve illegal bağlantılardan kaynaklanan kayıp su miktarı, üretilen toplam su miktarının %22,78'i olarak tespit edilmiştir. Körpe tez çalışmasında, 2015-2017 yılları arasında Konya Su ve Kanalizasyon İdaresi'nden (KOSKİ) temin edilen verileri inceleyerek Konya ili içme suyu şebeke sisteminde meydana gelen kayıp su miktarını tespit etmiştir. Çalışmada SCADA sisteminin sağladığı faydalar rapor edilmiş ve tüm şehirde SCADA sistemi kullanımının yaygınlaştırılması tavsiye edilmiştir. Görgülü (2022) tez çalışmasında Konya ili için yaptığı araştırmada içme suyu şebekelerinde işletmeden kaynaklı bakım-onarım işlerini analiz etmiştir. Çalışma kapsamında içme suyu şebekelerinde oluşan arızalardan kaynaklı su kayıpları tespit edilerek su kayıplarının KOSKİ'ye maliyeti hesaplanmıştır.

Pala (2002) tez çalışmasında Kayseri ilinde içme suyu şebekesindeki üç pilot bölgede oluşan su kayıplarının nedenlerini ve etkinlik derecelerini istatistiksel yöntemlerle araştırmıştır. Çalışmada su kayıplarının oluşumunu doğrudan ve dolaylı

olarak etkileyebilecek değişkenlerin değerleri her bir pilot bölge için istatistiksel kayıtlardan, imar planlarından ve şebeke ölçümlerinden tespit edilmiştir. Güney ve Selvi (2023), 2006 – 2022 yılları arasında Kayseri ili genelinde 8.224 adet mesken abonesine ait sayaç, abone ve tüketim verilerini inceleyerek Makine Öğrenmesi yöntemleriyle anormal içme suyu tüketimlerini tespit etmişlerdir.

Aydın (2007) içme suyu dağıtım sistemlerinde CBS tabanlı su kalitesi yönetimi için geliştirdiği karar destek sistemini İstanbul içme suyu sisteminde uygulamıştır. Çalışmada web tabanlı teknolojiler kullanılarak internet üzerinden bilgi paylaşımına da olanak tanınmıştır. Karaca (2009) tez çalışmasında İstanbul'un kayıp su miktarının bileşenlerini tanımlamak ve yapılması gereken çalışmaları belirlemek amacıyla Sultanahmet ve Fatih pilot bölgelerinde vaka çalışması yürütmüştür. Çalışma kapsamında kayıp su miktarlarını belirleme yöntemleri ve kayıp su oranını azaltmak için uygulanan teknikler incelenmiştir.

Cinal (2009) tez çalışmasında Sakarya ili Adapazarı ilçesi şehir merkezinde şebekenin genelini temsil edebilecek nitelikte bir pilot bölgede basınç yönetimi ile su kayıplarının azaltılması üzerine uygulamalar yapmıştır. Çalışmada basıncın %30 azaltılmasıyla şebekeye verilen su miktarının %18 azaldığı; basıncın debiye duyarlı olarak kontrol edilmesiyle şebekeye verilen su miktarının %21 azaldığı tespit edilmiştir. Çelik ve ark. (2016) Sakarya Su ve Kanalizasyon İdaresi (SASKİ) Genel Müdürlüğü bünyesinde bulunan içme suyu ve kanalizasyon sistemlerinin uzaktan takip ve kontrolü amacıyla kurulan SCADA sistemine ait veri tabanı ve sahada bulunan sensörlerden gelen anlık verilerin, CBS veri tabanı ile entegrasyonu için yazılım geliştirmişlerdir. Bektaş (2019) çalışmasında SASKİ tarafından sızıntı olduğu tespit edilen su hatları üzerine ses sensörleri yerleştirilerek elde edilen verileri korelatör cihazı ile analiz ederek sızıntı bölgesinin tespitini yapmıştır. Küçük (2020) tez çalışmasında Sakarya ilindeki bir su dağıtım istasyonunda araştırmalar yapmıştır. Çalışmada içme suyu terfi istasyonlarının verimli bir şekilde işletilebilmesi için SCADA sisteminin önemi vurgulanmış ve su dağıtım sistemlerindeki problemlerin matematiksel modellenmesi sunulmuştur.

Yıldız ve Değirmenci (2010) çalışmalarında Sivas ilinin gelecekteki nüfus değişimleri ve su ihtiyaçlarını göz önüne alarak mevcut su kaynaklarının değerlendirmesini yapmışlardır. Çalışmada içme suyu kaynaklarının mevcut durumu incelenmiş ve su temini için alternatif çözüm yolları ortaya konmuştur. Karakuş ve ark (2010) ve Karakuş ve ark (2013) Sivas kent merkezinde yer alan Esentepe ve Yunus Emre Mahallelerini pilot bölge çalışma alanı olarak seçmiş ve çalışma alanında bulunan içme

suyu şebekesindeki kayıp-kaçak oranlarını tespit etmişlerdir. Çalışmada sızıntı tespitlerinin öncesinde ve sonrasında yapılan ölçümler karşılaştırılarak debi ve basınç ölçümleriyle kayıp-kaçak sorunlarının önemli derecede azaltıldığı rapor edilmiştir. Kütükcüoğlu (2020), Sivas ili Yıldızeli ilçesinde Nevruz Barajı inşaatında bulunan sulama sahasında yer radarı yöntemi ile CTP boru hatlarında meydana gelen sızıntıların konumlarının tespitine yönelik tez çalışması yapmıştır.

Songur (2016) doktora tezinde Diyarbakır şehir merkezinde yapmış olduğu çalışmalarda izole edilmiş şehir içi su dağıtım şebekesinde kayıp ve kaçakların tespiti ve fiziki kayıpları minimuma indirmek amacıyla bilgi teknolojilerinden yararlandığını ve bu yöntemle fiziki kayıpların en az seviyeye indirildiğini bildirmiştir. Songur ve ark. (2021) Ankara ili Gölbaşı ilçesi sınırlarında bulunan Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi (ASKİ) sorumluluğundaki düzenlenmiş müşteri alanı (DMA) bölgesinde fiziki su kayıpları önleme çalışmalarında SCADA sistemi olmadan yapılan iyileştirmelerde arızaların tekrar ettiğini, bu nedenle su temininin mutlaka SCADA tarzı bir sistem ile sürekli izlenmesinin ne kadar önemli olduğunu rapor etmiştir. Yüksel ve ark. (2018) Diyarbakır ili merkez ilçelerinde (Sur, Bağlar, Yenişehir ve Kayapınar) yapmış oldukları çalışmalarında ABS, CBS ve SCADA sistemlerini kullanarak SDS'deki kayıp su miktarları üzerine araştırmalar yapmışlardır.

Abama (2016) tez çalışmasında Kilis ili içme, kullanma ve endüstri suyu ihtiyacının tespiti, temini ile alternatif su kaynaklarının araştırılması üzerinde çalışmıştır. Çalışmasında Kilis ilindeki durumu inceledikten sonra gelecekteki su ihtiyacının tespit edilmesi için aritmetik artış, geometrik artış, grafik metodu, lojistik eğri ve İller Bankası nüfus projeksiyon yöntemlerini kullanmıştır. Çalışmada elde edilen su tüketim değerleri ışığında ilin 30 yıl sonraki su ihtiyacı tahmin edilmiş ve bu ihtiyacın hangi kaynaklardan karşılanabileceği konusunda öneriler sunulmuştur. Ayrıca Öztürk ve Abama (2023) Kilis'te şebekeden ölçümler yaparak evsel su tüketiminin tespitine yönelik çalışmalar yapmışlardır. Gülaydın (2017) tez çalışmasında Antalya, Kaleiçi içme suyu dağıtım şebekesinin 2015 ve 2016 yılı verilerini incelemiş; abone tüketim değerleri, SCADA verileri ve su dengesi tablosu kullanarak su kayıpları oranının tahmininde bulunmuştur. Çalışmada suyun değişken maliyeti, aktif sızıntı kontrolü maliyetleri ve debi verileri ile sızıntıların artış oranı yöntemi kullanılarak su kayıplarının ekonomik seviyesi tespit edilmiştir. Başa ve Kurt (2017) Tekirdağ ilinde akıllı su yönetimi kapsamında yürütülen çalışmaları inceleyerek, uygulamaların etkileri üzerinde durmuşlardır. Çalışmada Tekirdağ Su ve Kanalizasyon İdaresi (TESKİ) tarafından gerçekleştirilen SCADA

uygulamaları, CBS Uygulamaları, Bilgi İşlem Altyapı Uygulamaları, Abone Yönetim Sistemi (AYS) ve Elektronik Belge Yönetim Sistemi (EBYS) örneklerle anlatılmıştır. Çiner (2020) Tekirdağ ilinde CBS kullanılarak su yönetim bilgi sistemi (SYBS) oluşturma konusunda yaptıkları çalışmada Çerkezköy ilçesinde Çorlu deresi ve dereyi besleyen kollar üzerinde konumlandırılan 22 adet içme suyu kuyusu ve bir adet dinlendirme havuzundan alınan verileri analiz ederek gelecekteki nüfus artışlarının su tüketim miktarına etkilerini araştırmışlardır.

Savaş (2019) tez çalışmasında Denizli ili merkez içme suyu dağıtım şebekesini izole alt ölçüm bölgelerine ayırarak basınç yönetimi yapmış ve su kayıplarını analiz etmiştir. Gerger ve Aslan (2019) Şanlıurfa ilinde içme suyu kayıp ve kaçaklarının tespiti amacıyla 2015-2016 yılları arasında Şanlıurfa Su ve Kanalizasyon İdaresi (ŞUSKİ) tarafından gerçekleştirilen su dengesi çalışmalarının sonuçlarını paylaşmışlardır. Çalışmada kayıp ve kaçak su miktarının istenen seviyelerin çok üzerinde olduğu aktarılmış ve incelemeler sonucunda kayıp su miktarının yüksek olmasının, şebekenin yönetmelikte belirlenen değerlerin çok üzerinde basınç değerlerinde işletilmesinden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Elde edilen veriler ile şebekede basınç yönetiminin önemi ortaya koyulmuştur. Armut (2019) Merzifon ilçesinde kentsel su yönetimini incelemiş, suyun kendini finanse edebilmesi ve su kaybının en aza indirilmesi amacıyla su tahsilatının tahakkuk miktarına oranının artırılmasına yönelik çalışmalar yapılmasının gerekliliğini vurgulamıştır. Ayrıca çalışmada sisteme giren ve çıkan su miktarlarının, faturalanan su miktarlarının ve su kayıp/kaçak miktarlarının izlenerek kontrol altına alınmasının önemine değinilmiştir. Tuna ve Armut (2021) Amasya ili Merzifon ilçesinde kentsel su yönetimi hakkında araştırmalar yapmıştır. Çalışmada yer altı suları, içme suları ve kayıp sular ile atık su yönetimi bütünsel bir bakış açısıyla ele alınmıştır. Bu çalışmalarına ek olarak Merzifon ilçesinde kayıp-kaçak su seviyesinin tespiti için su dengesi oluşturularak altyapı sızıntı indeksi tespit edilmiş, içme suyu şebekelerinde meydana gelen fiziki su kayıplarının su kaynağının korunmasındaki önemine dikkat çekilmiştir (Tuna ve ark., 2023).

Arslan (2020) pilot bölge olarak seçtiği Eskişehir kent merkezindeki Gündoğdu, Sazova, Şirintepe ve Ertuğrulgazi mahallelerinde bulunan içme suyu şebekelerindeki fiziksel su kaybı oranlarını, minimum gece debisi analizi yöntemiyle tespit etmiştir. Abone Bilgi Sistemi (ABS) ve CBS ve SCADA sistemi verilerinin analiziyle elde edilen bulguların ESKİ için yol gösterici olacağı vurgulanmıştır. Bulut (2020) tez çalışmasında Erzincan ili için yaptığı araştırmada 2014-2020 yılları arasındaki içme suyu şebeke (İSŞ)

verilerini incelemiştir. 2018 yılında İSS dağıtım sisteminin kontrolü için SCADA sisteminin kurulması sayesinde SCADA kurulumu öncesinde ve sonrasında veriler kaydedilerek karşılaştırılabilmiştir. Analiz sonucunda, SCADA öncesi dönemde toplam fiziksel ve idari kayıp su oranının %64,46 olduğu, SCADA kullanımıyla %36,53 seviyesine indiği; SCADA öncesi dönemde fiziksel su kaybının ise %27,89 olduğu SCADA kullanımıyla %13,64 seviyesine düştüğü tespit edilmiştir. Ertugay ve Bulut (2022) elde edilen veriler ışığında SCADA sisteminin kayıp su miktarının azaltılmasında sağladığı başarıyı literatüre kazandırmışlardır. Kızıloz (2021) Kocaeli'nin merkez ilçesi olan İzmit'in mevcut içme suyu varlıklarını sayısallaştırarak hidrolik model yardımıyla yüksek seviyelerde seyreden su kaybının azaltılması amacıyla aktif sızıntı kontrolü, basınç yönetimi ve sayaç değişimi metotlarının uygulandığını ve kullanılan yöntem ile su kayıplarının büyük ölçüde azaltıldığını bildirmiştir. Kocaman (2022) tez çalışmasında, Bitlis ili Tatvan ilçesindeki atık su ve içme suyu altyapısında oluşabilecek arızalara ivedilikle çözüm bulabilmek, maliyet analizleri yapabilmek, verileri hızlı bir şekilde sunabilmek, konumsal sorgulamalar ve sistem planlamaları yapabilmek amacıyla altyapı bilgi sistemi kullanmıştır. Çalışmada atık su ve içme suyu altyapı bilgi sisteminin Tatvan ilçesine getireceği faydalar araştırılmıştır.

Karaş (2023) tez çalışmasında Bolu ili Gerede ilçesine ait içme suyu sistemini inceleyerek su dağıtım elemanlarının pafta üzerinden sayısallaştırılması, yerinde koordinatlı kontroller ve debi ölçümleri yapmıştır. Çalışmada elde edilen veriler üzerinde çözümlenmeler ve analizler yapılarak fiziki su kayıpları üzerindeki iyileştirme oranları incelenmiştir. Güçlü (2024) tez çalışmasında Muş ili için yaptığı araştırmada 2017-2023 yılları arasındaki terfilerden evlere kadar olan su şebekesi ve içme suyu verilerini analiz etmiştir. 2022 yılında tamamlanan yeni içme suyu şebeke hattıyla SCADA sisteminin bütünleştirilmesi sayesinde SCADA kurulumu öncesinde ve sonrasında veriler kaydedilerek karşılaştırılabilmiştir. Elde edilen veriler ışığında SCADA sisteminin Muş ilinde kullanılmasıyla su kayıp ve kaçaklarının önemli ölçüde azaldığı rapor edilmiştir.

2.2. Türkiye Geneli Çalışmaların Yıllara Göre Dağılımı

Türkiye'de su yönetim sistemleri, kayıp-kaçak tespit yöntemleri ve akıllı sistemlerin su yönetiminde kullanılmasında daha geniş kapsamlı ve genellenebilir çalışmalardan bazıları bu bölümde sunulacaktır. Toprak ve ark. (2007a) Türkiye'de su kaynakları potansiyelini inceleyerek su dağıtım sistemlerindeki kayıpları incelemişlerdir. Çalışmada Türkiye'de su kayıpları alanında yapılan çalışmalar ve büyükşehir belediyeleriyle ilgili istatistikler verilerek mevcut su kayıplarının tespit edilmesi ve

azaltılması için kullanılan yöntemlere değinilmiştir. Buna ek olarak su kayıpları ve çözüm yolları ile ilgili olarak Türkiye'nin de ortaklarından olduğu PROWAT projesiyle ilgili bilgiler verilmiştir (Toprak ve ark., 2007b). Şebekelerde flor konsantrasyonları kullanılarak kalibrasyon yapılması fiktif bir şebeke üzerinde denenmiştir (Özdemir ve Uçaner, 2007). Bu çalışmaya ek düzeltmeler getiren Kısıklı (2009) tez çalışmasında gerçek bir şebeke üzerinde çalışarak şebekedeki hidrolik çözümleri ve flor dağılımlarını bulmak için geliştirdiği genetik algoritma programı ve EPANET üzerinde var olan Toolkit fonksiyonlarından yararlanmış ve genetik algoritma yöntemi ile içme suyu şebekelerinde kayıp ve kaçakların analiz edildiğini rapor etmiştir.

Alıcı ve Özasan (2016) su kayıplarının önlenmesinde sayısallaştırma faaliyetinin önemine değinmiş, son yıllarda Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından alınan önlemler neticesinde belediyelerin çalışmaları hakkında bir bakış açısı sunmuştur. Çalışmada altyapı tesislerinin tamamının sayısallaştırılmamış olmasından dolayı SCADA sistemlerinin etkin bir şekilde kullanılmadığı ve bu nedenle kayıp su miktarının arzulanan düzeye indirilemediği aktarılmıştır. Akıllı ve Özasan (2017) büyükşehir belediyelerindeki su kayıp oranlarını inceleyerek belediyelerin su kayıpları ile mücadele konusunda tercih ettikleri akıllı su teknolojilerinden biri olan SCADA sistemini kullanmaları sonucunda ortaya çıkan kazanımları ve sorunları ortaya koymuşlardır. Özasan ve Alıcı (2018), Türkiye'de otuz büyükşehir belediyesinin su ve kanalizasyon idarelerinin (SUKİ) belgelerini incelemişlerdir. Çalışmada verileri incelenen SUKİ'lerin aynı mevzuata tabi olmalarına karşın performans göstergelerinde meydana gelen farklılıklar ve bu farklılıkların nedenleri analiz edilmiştir. Dilcan ve ark. (2018) su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimini Avrupa Birliği (AB) Su Çerçeve Direktifi (SÇD) temel prensipleri bağlamında incelemek amacıyla su yönetimine yönelik SÇD'nin getirdiği temel prensipler ve kurumsal gereklilikler hakkında genel bir çerçeve sunmaktadır. Çalışmada SÇD'nin, AB-Türkiye ilişkileri bağlamında Türkiye'de su yönetimi mevzuatı ve uygulama süreçlerine etkisi değerlendirilmekte, Türkiye'de ve muhtelif ülkelerde bulunan bazı şehirlere ait kayıp-kaçak verileri analiz edilmektedir. Karakaya ve Toprak (2018) Türkiye'de içme suyu şebekelerindeki kayıp ve kaçakları sınıflandırmışlardır. Çalışmada kullanılan yöntemin sadece veri esaslı olmadığı ve bu nedenle tüm su dağıtım şebekelerine uygulanabilir özellikte olduğu rapor edilmiştir. Köker Gökçöl (2018) doktora tezinde bir su dağıtım sisteminde sızıntının en aza indirilmesi için basınç optimizasyonu üzerinde çalışmıştır.

Kılıç (2021) izole alt bölgelerde (İAB) bulunan basınç kırıcı vanaların etkin bir şekilde çalıştırılması için yapılması gerekenlerden bahsederek İAB'lerin verimli bir şekilde yönetilmesi için geliştirilen yazılımın saha uygulamalarından örnekler vermiştir. Çalışmada, geliştirilen yazılımın şebekedeki fiziki sızıntı miktarlarını belirleyerek işletme verimliliğine ve su yönetimine sağladığı katkılar ortaya konmuştur. Fırat ve ark. (2021) su kayıp yönetiminin sistematik, planlı ve sürdürülebilir bir şekilde yapılabilmesi amacıyla su kayıp analizleri için hassas ve doğru analiz imkanı sunan, web tabanlı çalışan, birbiri ile bütünleşik olarak çalışabilen “su dengesi”, “minimum gece debisi” ve “altyapı kaçak indeksi” hesaplama araçları geliştirmiş ve geliştirilen hesaplama araçlarını 5 farklı pilot veri seti üzerinde test etmiştir. Olmuştur (2021) içme suyu şebekelerinde basınç kırıcı vananın gerçek zamanlı kontrolünün su kayıpları üzerine etkisinin model analizi üzerinde tez çalışması yapmıştır. Kurban (2022) su temin ve dağıtım sistemlerinin bileşenleri, bu sistemlerin oluşturulmasında karşılaşılan problemler ve çözüm yolları ile bu sistemlerin daha verimli işletilebilmesi için endüstri 4.0, nesnelerin interneti, bulut bilişim, makine öğrenimi ve optimizasyon tekniklerinin mevcut ve olası kullanımları hakkında bilgiler vererek, SCADA sisteminin su yönetim sistemlerine kazandırdığı özelliklere değinmiştir.

Akdemir ve Yılmaz (2023) basınç düzenlemesi yapılan izole ölçüm bölgesinde sızıntı ve basınç arasında ilişki kuran sabit ve değişken alan tahliyeleri (Fixed and variable area discharges, FAVAD) denkleminin sızıntıları hesaplamış ve saha verileriyle karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda teorik olarak basınç ve sızıntı arasında ilişki kuran FAVAD denkleminin yalnızca sabit çıkışlı basınç kontrolü için doğru sonuçlar verdiği ve diğer yöntemler için yetersiz olduğu tespit edilerek tüm basınç düzenleme yöntemleri için sızıntılardan elde edilecek faydayı hesaplayan yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Akdeniz ve Muhammetoğlu (2023) Türkiye'nin bazı büyükşehir belediyeleri'nin standart su dengesi (SSD) tabloları üzerinde incelemelerde bulunmuşlardır. Çalışmada SSD tablolarının analiz sonuçlarına göre idari su kayıplarının tespitinde yapılan hataların fiziki su kayıplarının hesaplanmasında hatalara sebep olduğu ortaya koyulmuş ve bu sorunun çözüm yolları hakkında önerilerde bulunulmuştur. Karadirek ve ark. (2024) boru malzemesi, yaş, çap, patlama basıncı ve ortalama su basıncı faktörlerini ele alarak boru arızalarını etkileyen ana faktörleri belirlemek amacıyla lojistik regresyon modeli kullanmışlardır. Çalışmada, geliştirilen model ile %70,1 oranında başarı sağlandığı rapor edilmiştir.

2.3. Dünyadaki Çalışmalar

Dünyada su yönetim sistemleri, kayıp-kaçak tespit yöntemleri ve akıllı sistemlerin su yönetiminde kullanılmasına dair yapılan bazı çalışmalar sunulmuştur. Al-Ghamdi ve Gutub (2002) Mekke şehrinde bulunan su şebekesinde su sızıntılarını tespit etmek amacıyla basınç testi uygulamışlardır. Uygulama sonucunda şebekede sızıntı nedeniyle su kaybının son derece yüksek olduğu ve sızıntının kabul edilebilir sınırlara indirilmesi için düzeltici önlemlerin alınması gerektiği vurgulanmış, belediye su idaresine sızıntıyı tespit etmek ve gerekli düzeltici önlemleri almak amacıyla sondaj teknikleri ve otomatik korelasyon yöntemlerini kullanarak ağı düzenli olarak incelemek üzere kapsamlı bir sızıntı tespit programı başlatması gerektiği konusunda tavsiyelerde bulunulmuştur.

Ma ve ark. (2020) kentsel su dağıtım şebekelerinde sızıntının yerini gerçek zamanlı olarak tespit etmek amacıyla SCADA sistemini kullanmışlardır. Radaković ve Šenk (2020) SDŞ'lerde SCADA sistemlerine uygulanabilir derin otomatik kodlayıcı tabanlı algoritma geliştirerek sızıntı tespiti için yeni bir model önermişlerdir. Shabangu ve ark. (2020) su dağıtım sistemlerindeki sızıntıları tespit etmek ve kontrol etmek amacıyla karar destek sistemlerini kullanmışlardır. Brentan ve ark. (2021) izleme ve uzaktan kontrol cihazlarının kullanılmasının sistemlerde arıza ve siber saldırı olasılıklarını da artıracak düşüncesinden hareketle su dağıtım sistemlerinde istatistiksel analize dayalı işaret işleme teknikleri kullanarak siber saldırıların tespiti için otomatik bir erken uyarı sistemi önermişlerdir. Fan ve ark. (2021) SDŞ'lerde meydana gelen sızıntıları tespit etmek için makine öğrenmesi modelleri geliştirmişlerdir. Çalışmada su dağıtım ağındaki çoklu bağlantı noktalarındaki su basıncının bölgesel ilişkisi makine öğrenmesi yöntemiyle sızıntı tespiti amacıyla kullanılmıştır. Ayrıca çalışma neticesinde SDŞ'de meydana gelen sızıntıların kısa sürede ve yüksek doğrulukla tespit edildiği rapor edilmiştir.

Vrachimis ve ark. (2022) çalışmalarında SCADA sistemine dayalı olarak sızıntıların ve sızıntı bölgelerinin tespitine yönelik yöntemlerin performansını objektif olarak karşılaştırmak amacıyla 2020 yılında düzenlenen 'Kaçak Tespit ve İzolasyon Yöntemleri Savaşı' (BattLeDIM) yarışmasının sonuçlarını ve yarışmada sorunların çözümü amacıyla kullanılan yöntemlerin analizini sunmuştur. Babu ve ark. (2023) su dağıtımını otomatikleştirmek, hırsızlığı tespit etmek, israfı önlemek ve suyun pH ve çözünmüş katı madde miktarını belirlemek amacıyla PLC kontrollü bir sistem geliştirmiştir. Jun ve Lansey (2023) Su dağıtım şebekelerinde sızıntı tespiti için AMI

(advanced metering infrastructure, gelişmiş ölçüm altyapısı) sistemlerini önermiş, çalışmasında AMI ve SCADA sistemlerinin karşılaştırılmasına yer vermiştir.

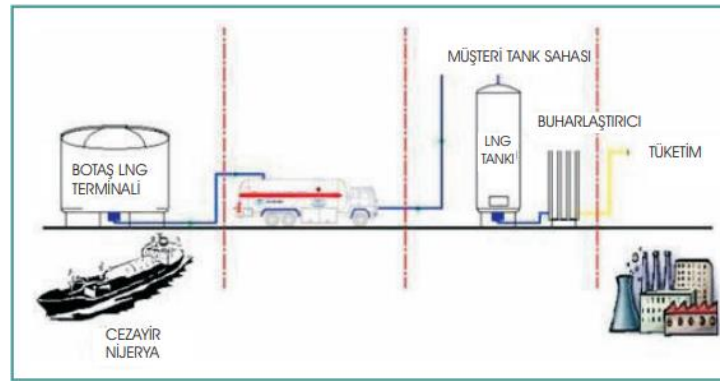
İçerisinde bulunduğumuz yıla odaklandığımızdaki güncel çalışmalara bakarsak, Ahmed (2024) üretilen suyun tüketicilere ulaşmadan kaybedilmesi üzerinde durarak gelir getirmeyen su (GGS) miktarının azaltılmasının önemini vurgulamıştır. SCADA ve CBS'nin birlikte kullanılmasıyla; su yönetiminin kontrolü ve anlık takibi, erken problem tespiti, verimliliğin artması ve kayıp/ kaçak su miktarının azaltılması konularında başarılı sonuçlar alınacağı belirtilmiştir. Stătescu ve ark. (2024) kentsel su sistemlerinde su kaybını azaltmak için basınç izleme ve kontrolünün iyileştirilmesinde SCADA sistemlerini kullanmışlardır. Tchórzewska-Cieślak ve ark. (2024) 200.000 kişinin kullandığı bir SDŞ'de sızıntı kaynağı olma potansiyeli taşıyan borular üzerinde su kaybı riskini analiz etmişlerdir. Çalışmada su kaybı riskini azaltmak için hangi boruların seçilmesi gerektiğinin belirlenmesine odaklanılmıştır. Tornyeviadzi ve ark. (2024) SDŞ'lerde sızıntı tespiti amacıyla basınç sensörlerinin en uygun yere yerleştirilmesine yönelik sistematik bir yöntem önerilmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Tanklar

Gıda maddeleri imalatı yapan tesisler, petrokimya ve kimya sanayi tesislerinin gelişmesiyle birlikte sıvılaştırılmış ve sıvı ürün hammaddesi açısından kapalı kaplara olan ihtiyaç her geçen gün daha da artmaktadır. Kapalı kaplar, ham maddelerin işlenmesi, stoklanması ve taşınması gibi süreçlerde önemli bir rol oynamaktadır. Şekil 3.1’de sıvı doğalgazın sanayiye ulaştırılması, sanayide stoklanması ve son tüketiciye servis edilmesi adımlarında kullanılan kapalı tanklar gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Ürün-hammadde bağlantılarında kullanılan tanklar (Yurtman, 2008)

Kapalı kaplar, hammadde, ara ürün ve ürünün transfer edilmesi, imalatı veya stoklanması amacıyla tasarlanırlar. Koni, silindir ve küre benzeri geometrik yapıların birleştirilmesi ile elde edilen hacimsel bir alanı temsil etmektedirler. Atmosferden izole edilmiş veya atmosfer ile bağlantılı; hareketli veya sabit türleri mevcuttur. Farklı endüstrilerin talep ve istekleri, işletme şartları, depolanacak ürünün kimyasal formatı, stoklama alanında bulunan iklimsel yapı, stoklama cinsi ve stoklamanın statik ya da dinamik olması gibi özellikler dikkate alınarak farklı yapılarda depolama tankları imal edilir. Ayrıca inşa şartları depolama tankının inşa parametrelerini meydana getirir.

Depolama tanklarının sınıflandırılması aşağıdaki gibidir:

- 1) Dikey sabit tavan tankları
 - Yüksek basınçlı tanklar
 - Düşük basınçlı tanklar
 - Atmosfere açık tanklar
- 2) Üstü açık tanklar
- 3) Yatay depolama tankları

- 4) Yer üstü depolama tankları
- 5) Dış yüzer tavan tankı
 - Özel şamandıra cinsi tanklar
 - Şamandıra cinsi yüzer tanklar
 - Çift güverteli yüzer tavanlar
- 6) Diğer depolama tankları
 - Yer altı depolama tankları
 - Küre depolama tankları
 - Gömülü depolama tankları
 - Soğutulmuş depolama tankları
 - Çift cidarlı tanklar

3.1.1.1. Yer üstü ve yer altı depolama tankları

Depolama tanklarında yapılan sınıflandırmalar, tankların yere konumlanma şekillerine göre belirlenmektedir. Depolama tankları bazı şartlarda zeminin altında bulunacak biçimde tasarlanırken, genel olarak zemin üstüne farklı şekillerde oturtulmakta, işletme ve tasarım şartları bu konumlandırmaya göre oluşturulmaktadır.

Yer üstü depolama tankları, tankı meydana getiren yapısal bileşenlerin zeminin üzerinde bulunduğu tank cinsidir. Bu tanklar, farklı gaz ya da sıvı formunda olan bir dizi maddeyi geçici olarak korumak amacıyla tasarlanmıştır. Genel olarak metal malzemelerden üretilirler. Ham petrol, su ve pek çok farklı kimyasal ürünleri muhafaza edebilirler. Şekil 3.2. ve Şekil 3.3'te yer üstü depolama tankı tesislerine ait görseller bulunmaktadır. Stoklama amacıyla yer üstü depolama tanklarında faydalanılan hacimsel alan oldukça fazladır.



Şekil 3.2. Yer üstü sıvı depolama tank tesisi (Solvay, 2021)



Şekil 3.3. 40-10000 metreküp kapasiteli yer üstü depolama birimleri (Lipp, 2024)

Yer altı depolama tank sistemleri, bir tank ve bu tanka bağlı olan yer altı borulama sisteminin en az %10'luk hacminin yeraltında bulunduğu sistemlerdir. Tank depolama sistemi; tank, tanka bağlı yeraltı boruları, yardımcı ekipmanlar ve koruyucu sistemleri birleştiren tüm bileşenleri içermektedir. Şekil 3.4'te yer altı depolama tankı görülmektedir.



Şekil 3.4. Yer altı depolama tankı (Indiamart, 2024a)

3.1.1.2. Yer üstü ve yer altı depolama tankları arasındaki farklılıklar

Yer üstü depolama tanklarında bakım işlemleri kolaydır. Yer altı depolama tanklarında ise yerin altında gömülü olan ekipmanlara ulaşmak ve arıza tespiti yapmak oldukça zordur. Ayrıca her işlem için kazı operasyonlarının yapılması gerekmektedir.

Yer üstü depolama tanklarında sızıntıların daha kolay tespit edilmesi ile bakım-onarım işlemlerinin daha hızlı gerçekleştirilebilmesi mümkündür. Bakımlar sistemli ve düzenli bir şekilde yapılırsa, tank uzun süre kullanılabilir. Yer altı depolama tanklarında tank borulama ünitelerini veya çeperini yer altında meydana gelebilecek herhangi bir

soruna karşı korumak oldukça zordur. Bu nedenle daha dayanıksız ve kısa ömürlüdürler. Yer altı depolama tanklarının ortalama kullanım süresi 10-15 yıl arasındadır.

Depolama tanklarının kurulmadan önce, tankın kaplayacağı alanın planlanması oldukça önemlidir. Aynı hacimde depolama gereksinimi için yer üstü depolama tanklarının, yer altı depolama tanklarına kıyasla daha geniş bir alan gerektirdiği bilinen bir gerçektir. Depolama birimlerinin güvenliği için yerleşim yerleri olmayan alanların tercih edilmesi ve lojistik açıdan kolaylık sağlaması amacıyla sahil kesimlerinin tercih edilmesi, yer üstü depolama tankları açısından bir dezavantajdır. Ancak stoklama amacıyla bir tesis söz konusu olduğunda depolama bölgesi önemsiz hale gelir. Çünkü yer altı tankları üstündeki alanın farklı amaçlarla kullanılmasına imkan tanısa da petrol depolama gibi tehlikeli durumlara karşı güvenlik açısından bu alanların kullanımı mümkün değildir.

Gazların veya diğer yanıcı ürünlerin bir tankta stoklanması genel olarak sorunlara yol açabilen bir durumdur. Yer üstü depolama tankları bu konuda etkin bir çözüm sunabilmektedir. Tank yükseklikleri ve yarıçapları ihtiyaca göre düzenlenebilir. Yeraltı tanklarında ise yakıt veya petrolü stoklama konusunda depolama kapasitesi tankın imal edildiği ölçülerle sınırlıdır.

İşletme sahipleri tarafından genellikle yer üstü depolama tankları kullanılmaktadır. Bunun sebebi, stoklama birim masrafının daha ucuz olmasıdır. Şekil 3.5'te birden fazla yer üstü depolama tankıyla oluşturulan bir endüstriyel depolama tesisi görülmektedir.



Şekil 3.5. Endüstriyel depolama tesisi (GSC Tanks, 2024)

3.1.1.3. Yer üstü depolama tanklarında sınıflandırma

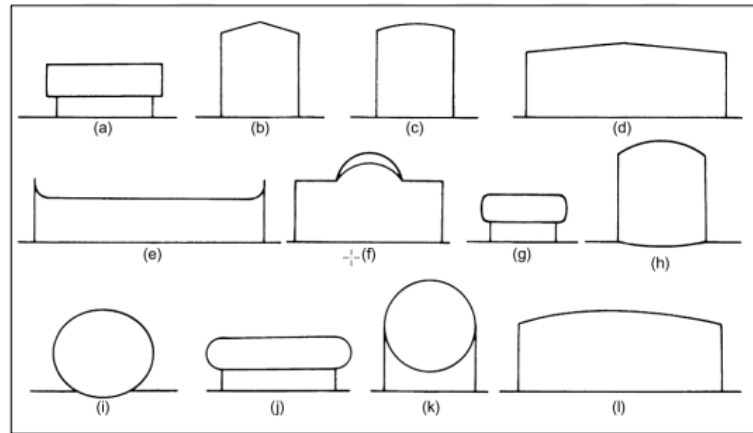
Üretim sektörleri ve sanayi kuruluşları petrol ve yakıt ürünlerini korumak amacıyla güvenilir depolama birimlerine gereksinim duymaktadır. Petrokimya endüstrisinde taşıma operasyonları ve toplu depolama için tanklar oldukça uygun

yapıdır. Yerüstü depolama tankları son yıllarda, teknolojik yöntemler kullanılarak endüstrinin depolama gereksinimleri doğrultusunda daha sağlam bir hale getirilmiştir. Tankların tasarım aşamasında depolanacak maddenin özelliklerine göre sıcaklık uyumluluğu, basınç kabulü ve diğer nitelikleri göze alınmakta ve standartlara uygun bir tank yapısının elde edilmesi amaçlanmaktadır.

Yer üstünde sabit platformlara konumlandırılan yer üstü depolama tankları genel olarak polietilen, cam elyafı ya da paslanmaz çelikten üretilirler. Modern üniteler oldukça büyük depolama hacimlerine sahiptir ve 30 milyon galon'a kadar endüstriyel petrol malzemelerini güvenli bir biçimde depolayabilmektedirler. Hatta sıvıların sızmasını ve dökülmesini engellemek amacıyla ikincil koruma kaplarıyla tasarlanmışlardır.

Korozyon (aşınma), depolama tanklarında ciddi problemler oluşturabilmektedir. Depolama tankı gibi büyük miktarda sıvı depolayabilen yapılarda, yapısal mühendislik açısından statik ve dinamik durumlarda sıvının tank çeperinde oluşturacağı basınç değerleri nedeniyle daha özel tasarımlar yapılması gerekebilir. Korozyon, malzemenin birim genişliğinde kayıplar oluşturacağı için tank sıvının oluşturduğu basıncın etkisiyle baskılanır ve sıvının tanktan çıkma isteğinden dolayı hasar meydana gelir. Bir başka deyişle, tank duvarında ilk olarak korozyon etkisiyle tank çeperi veya duvar genişliğinin normalden daha ince hale geldiği noktada yırtılma meydana gelecektir. Korozyon dışında hasara neden olan diğer faktörler ihmal edildiğinde korozyonun baskın olduğu nokta yırtılma riskinin en yüksek olduğu noktadır.

Depolama tanklarında ciddi sorunlara neden olan bir diğer durum da sızıntılardır. Tanklarda sızıntıları tespit etmek ve önlemek amacıyla taşma önleme mekanizması kullanılır. Şekil 3.6'da yer üstü depolama tanklarının şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 3.6. Yer üstü depolama tanklarının şematik gösterimi (Lees, 2012)

Şekil 3.6’da verilen depolama tanklarından;

- (a) yatay silindirik atmosferik tankı,
- (b) dikey sabit konik çatılı atmosferik tankı,
- (c) dikey sabit kubbe çatılı atmosferik tankı,
- (d) dikey sabit büyük konik çatılı atmosferik tankı,
- (e) dikey yüzer çatılı atmosferik tankı,
- (f) buhar kubbeli atmosferik tankı,
- (g) yatay silindirik düşük basınçlı tankı,
- (h) dikey silindirik yarım küre alçak basınçlı tankı,
- (i) küresel düşük basınç tankını,
- (j) yatay silindirik basınçlı tankı,
- (k) küresel basınçlı tankı (Horton küre),
- (l) dikey sabit çatılı soğutmalı atmosferik tankı (kubbeli çatı) göstermektedir.

Yer üstü depolama birimlerinin, basınç etkisinde çalışması konusu üç ayrı kısımda incelenmektedir. Yer üstü yatay depolama tankları (Atmosferik) bunlardan ilkidir. Atmosfer ile direkt temas halinde bulunan yer üstü depolama tanklarında yanıcı maddeler depolandığında yangın riski, önlem alınması gereken ciddi bir durumdur. Her yıl meydana gelen çok sayıda tank kazasında kullanıcı hataları, patlamalar veya depremlere bağlı olarak gerçekleşen yangınlar ölümlere, yaralanmalara, ekonomik kayıplara ve büyük hasarlara neden olmaktadır. Güvenli kullanım amacıyla yer üstü depolama tanklarında dikkat edilmesi gereken en önemli özellikler; özgül birim hacim ağırlığı, sıcaklık, buhar basıncı ve kaynama noktası, alevlenme/tutuşma noktası ve basınç değerleridir. Özgül birim hacim ağırlığı, birim hacminin sahip olduğu kütle “yoğunluk” olarak adlandırılır. Suyun 4°C’deki yoğunluk değeri 1.000 g/cm³ iken, cıvanın 4°C’deki yoğunluk değeri yaklaşık olarak 13,5 g/cm³ civarındadır. Bu nedenle tanklar, depoladıkları sıvıya uygun özelliklerde tasarlanmalıdırlar. Ayrıca depolanan sıvının yoğunluğu ile basıncı doğru orantılı olacağından aynı tankta ilave edilen cıva ve su, tank çeperine farklı değerlerde basınç uygulayacaktır. Diğer tüm koşullar aynı iken daha büyük yoğunluktaki sıvılar daha kalın tank çeperine ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle tank tasarımında hangi sıvının depolanması amacıyla üretildiği konusu çok önemlidir. Tanklarda depolanan bazı sıvıların özgül hacim ağırlıkları Tablo 3.1’de verilmektedir.

Tablo 3.1. Tanklarda depolanan bazı sıvıların özgül hacim ağırlıkları (Myers, 1997)

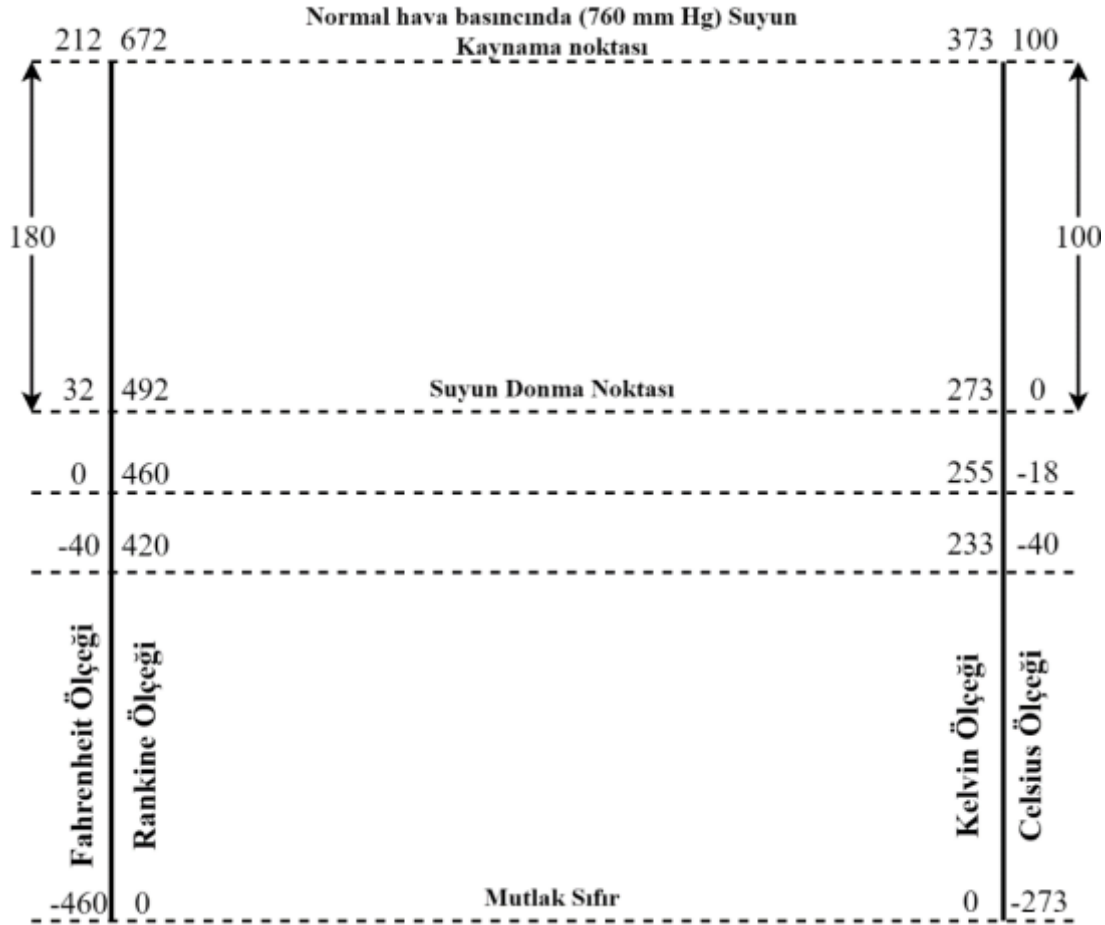
Sıvı	Yoğunluk	Sıvı	Yoğunluk	Sıvı	Yoğunluk
Karbolik asit	0,96	Nafta	0,76	Sirke	1,08
Benzen	0,69	Mineral yağı	0,92	Tar	1,00
Saf alkol	0,79	Kerosen	0,80	Kanola	0,92
Ticari alkol	0,83	Benzin	0,70	Fosforik asit	1,78
Amonyak	0,89	Keten yağı	0,94	Sülfürik asit	1,84
Bromin	2,97	Müriatik asit	1,20	Turpentin yağı	0,87
Asetik asit	1,06	Florik asit	1,50	Petrol yağı	0,82

Tank işletmeleri tarafından depolanan sıvı türünün değiştirilmesi işlemi yapılacaksa, yeni sıvının özgül hacim ağırlığı dikkate alınmalıdır. Daha yüksek özgül hacim ağırlığına sahip bir sıvı depolanacaksa, sıvı düzeyinin azaltılması gerekmektedir. Aksi halde tank duvarlarına uygulanan hidrostatik basınç artacak, sızıntı ve yırtılma riskleri meydana gelecektir. Şekil 3.7’de 760 mm Hg basıncı altında suyun kaynama ve donma noktasına ait değerler verilmektedir.

Depolama tankları, çok geniş bir yelpazede sıvıları ve gazları stoklamak amacıyla kullanılmaktadır. Bu nedenle sıcaklık, depolama tanklarında gözetilmesi gereken en önemli parametrelerdendir. Stoklama sıcaklığı genellikle oda koşullarındaki ortam sıcaklığında, ortam sıcaklığının biraz altında ya da üstündedir. Sıvılaştırılmış hidrokarbon gazları gibi kriyojenik sıvılar -201°C (-330°F) sıcaklığına kadar düşük derecelerde olabilirler. Asfalt gibi bazı sıcak sıvılar ise $260-315^{\circ}\text{C}$ ($500-600^{\circ}\text{F}$) sıcaklığına kadar yüksek bir stoklanma sıcaklığında bulunabilirler. Düşük sıcaklıkta depolama yapacak tank tasarımında, kullanılacak malzemenin kırılma formuna geçmesini önlemek için hangi malzemenin tercih edileceğine karar vermek ciddi bir tasarım problemidir. Yüksek sıcaklıkta depolama yapacak tank tasarımında ise malzemenin termal genişlemesinin korozyon sürecini hızlandıracağı, fiziksel ve kimyasal açıdan malzemenin bozulmalar gösterme ihtimalinin artacağı göz önünde bulundurularak tasarım gerçekleştirilmelidir. Tüm bu durumlar göz önüne alındığında sıcaklık, süreç güvenliği açısından temel bir parametre olarak değerlendirilmeli ve tasarım aşamasında hesaplamalara dahil edilmelidir.

Buhar basıncı, depolama tankının çatı tasarımı ve tankın seçimi üzerinde etkili olup, meydana gelen kirlilik ve buharlaşma kayıplarını da etkilediği için sıvı depolama tankı tasarımlarında oldukça önemli bir parametredir. Yanıcı sıvılar açısından, yangın tehdidini belirlemek gayesiyle sıvıların gruplandırılmasında buhar basıncı önem arz etmektedir (Myers, 1997; Salzano ve ark., 2003). Sıvıların genel olarak kaynama noktasının oldukça altında olan sıcaklıklarda muhafaza edilmesi gerektiği için, kaynama

noktasının bilinmesi de önem arz etmektedir. Normal ortam şartlarında depolanan sıvılarda kaynama noktası düştükçe buhar basıncı da düşecektir. Saf sıvının buhar basıncı, kapalı bir kaptaki sıvının üstünde oluşan buhar boşluğunun basıncına eşittir. Sıcaklık artışı buhar basıncını doğru orantılı olarak artıran bir etkidir.



Şekil 3.7. Suyun açık hava basıncında kaynama ve donma noktası değerleri

Yangın kodlarında kaynama noktası, sıvıyı tehlike düzeyine göre gruplandırmak amacıyla kullanılan önemli bir fiziksel parametredir. Petrol sıvılarından meydana gelen bir karışım ısıtıldığında belli bir sıcaklıkta kaynayacak ve belirli bir kaynama sıcaklığı aralığına ulaştığı zaman sıcaklığın yükselmesi sürecidir. Karışımın belli bir kaynama noktası bulunmadığı için Amerika Ulusal Yangından Korunma Derneği (The National Fire Protection Association, NFPA) yangın kodları, sıvıları gruplandırmak amacıyla ASTM D86 “Petrol Ürünlerinin Damıtılması için Standart Test Yöntemi”ne göre uygulanan damıtmanın %10 noktasına göre kıyaslanabilir bir kaynama noktası değeri tanımlamaktadır. Amerika Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından da buhar basıncının depolama tankı planlamasında göz önünde bulundurulması gereken parametrelerden

birisi olduğu belirtilmiştir. Yükselen buhar basıncı emisyonlarda yükselişe sebep olma yöneliminde bulunduğu için EPA, tank planlamalarının kullanılabilceği maksimum buhar basıncı değerlerini saptamıştır.

Bir diğer önemli parametre ise alevlenme ve tutuşma noktasıdır. Yanma eylemi, sıvının üstünde bulunan buharın atmosferdeki oksijenle reaksiyona girmesi neticesinde gerçekleşmektedir. Sıvılara uygulanan sıcaklık artışı ile, normal koşullar altında sıvı sıcaklığı artacak ve buna bağlı olarak buharlaşan sıvının hızı ve basıncı artış gösterecektir. Bu noktada sıvı yüzeyinde meydana gelen buharla hava karışımının belli bir sıcaklık değerinde yanması söz konusu olacaktır. Buhar hacmini karşılayan sıcaklık değeri sıvı maddenin cinsine göre değişmekte ve parlama noktası olarak adlandırılmaktadır.

Sıvılarda kaynama ve buharlaşma kavramları birbirinden farklıdır. Kaynama, ilgili sıvı için belirli bir sıcaklıktan sonra gerçekleşebilen bir durum iken buharlaşma her sıcaklıkta görülebilmektedir. Bu bilgi doğrultusunda, sıvının sıcaklığı parlamaya neden olacak buhar miktarını sağlayana dek buharlaşma oluşturmaz ise, yanıcı bir buhar-hava karışımının oluşmaz. Parlama noktası, atmosferik depolama tanklarında ve diğer tank gruplarında depolanan parlayıcı ve yanıcı maddeler açısından büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle parlayıcı ve yanıcı özelliğe sahip sıvılarda yangın tehdidi gruplandırmasında parlama noktası, NFPA tarafından birincil faktör olarak kabul edilmiştir. Yapılan gruplandırmada, 1, 2 ve 3. düzey ifadeleri, yangın tehdidinin küçükten büyüğe doğru sıralanmasını göstermektedir. Düşük parlama noktasına sahip sıvılarda yanma riski daha yüksektir.

Myers (1997) yapmış olduğu çalışmada depolama tankı kapsamında basınç parametresiyle ilgili çalışmada basıncı, birim alan başına düşen kuvvet şeklinde ifade etmektedir. Basıncın bağıl veya kesin bir değer biçiminde sunulması mümkün değildir. Basınç atmosferde dalgalandığı için sabit bir basınç değerinden bahsedilemez. Deniz düzeyinde ölçülen basınç 14,7 psia nominal değeridir. Psia birimindeki “a” harfi, kesin anlamı taşıyan “absolute” kelimesinden gelmektedir. Bu değer, atmosfer basıncının tam bir vakumda 14,7 psi basınç olduğunu ifade etmektedir. Basınç ölçüm aygıtlarının birçoğu atmosferik veya barometrik basınca ait bir basınç değeri ölçmektedir. Vakum, atmosfer basıncı altında bir basınç olduğundan bağıl bir basınç ölçümüdür.

Tanklarda meydana gelen buhar boşluğunun basıncını anlatabilmek için kullanılan ‘su sütununun inç karedeki değeri’ veya ‘su sütununun ons inç (osi) değeri’ ifadeleri, barometrede olduğu gibi birim alana denk düşen kuvvet türünden veya belirli bir sıvı sütununun yüksekliği türünden basıncı ifade etmektedir. Basınç ile alakalı söz

konusu birimlere duyulan gereksinimin sebebi, tank basıncının genel olarak atmosfer basıncına kıyasla düşük olmasıdır. Tablo 3.2’de basınç değerlerinin kıyaslaması verilmektedir.

Tablo 3.2. Proses endüstrisinde kullanılan basınç birimlerinin karşılaştırması

Su Sütunu Yüksekliği (inç)	Basınç (osi)	Basınç (psi)
27,6807	16	1
1	0,5782	0,03613
1,7300	1	0,0625

Tanklarda silindirik biçimli küresel tank duvarı, tank duvarının dayanıklılığı sağlamak amacıyla gereken çeper genişliğinin tespitine yönelik sade bir kuramı bulunsa dahi tank planlamasındaki en karmaşık alan, tank duvarının çatıyla kesiştiği çatı gövde bağlantılarıdır. Çünkü çatının çerçevesinin ve çatı plakalarının ağırlıklarının sınırlarını geçen bir iç buhar basıncı meydana geldiğinde, çatı-tank kabuğu kesişim bölgesinin tank duvarından ayrılma riski bulunmaktadır. Bundan dolayı ilgili bağlantı bölgesinin düşey yöndeki yer değiştirmesine sebep olabilecek bir basınç değeri oluştuğu zaman, hasarın ilk görüldüğü bölge tank duvar-çatı birleşme bölgesidir. Hasar gruplandırmasında bu durum göz önünde bulundurulmalıdır. Bu kapsamda çatı hasarlarına dayalı hasarlar, ikinci dereceden hasarlardır.

Tankın içiyle atmosferik basınç arasındaki basınç farkı iç basınçtır. İç basıncın eksi değer aldığı durum vakum olarak adlandırılır. Tank içinde var olan basınç, sıvı yüzeyinden ölçülmektedir. Çünkü sıvı, tank tabanına kadar hidrostatik basınç uygulamaktadır. Tanklar büyük yapılar oldukları için, küçük iç basınçlar dahi tankların işletimi ve tasarımında göz önünde bulundurulması gereken büyük kuvvetler uygulayabilmektedir. Örneğin sadece 1 inç W.C. (248,84 Pascal) iç basıncı bulunan 300 metre çapındaki bir tank, tankın çatısına yaklaşık olarak 182 kN’luk bir güç uygulamaktadır. Şekil 3.8’de farklı basınç ölçümleri arasındaki bağıntıyı gösteren çizelge sunulmaktadır.

tank tepkime sıvısından oksijeni uzak tutma işlevini yerine getirmektedir (McNaught ve Wilkinson, 1997; Myers, 1997).

Tank basıncıyla alakalı en önemli kısıtlama değeri olarak 15 psig (yaklaşık 103 kPa) kabul edilmiştir. Depolama ünitelerinin 15 psig değerini geçen basınçlara bağlı olarak inşa edilmesine ile “basınçlı kaplar” meydana gelmektedir. Basınçlı kaplar, Amerikan Makine Mühendisleri Birliği (ASME) Kazan ve Basınçlı Kap Yasası bağlamında değerlendirilmektedir. Bütün pratik uygulamalar açısından, tankların iç basınç değerleri belirlenmiştir (Myers, 1997).

Tankın dışındaki basıncın, içindeki basınçtan daha büyük olması ile dış basınç etkeni ortaya çıkmaktadır. Atmosferik tanklar açısından, iç bölümde bir vakumun gelişmesi, dış basınç meydana getirecektir. Tankların yüzey alanı genellikle çok büyük olduğundan dış basınç, tanklarda kritik hasarlar oluşturabilir. Aşırı dış basıncın sonucunda, tank duvarlarının hasar görecük çökmesi ya da tankın tümüyle göçmesi muhtemeldir. Kasırgalar esnasında yüksek rüzgâr hızlarının tankları çökertmek ve devirmek için yeterli dış basınç meydana getirdiği görülmüştür. Şekil 3.9’da verilen görsellerde, 2005’te Amerika’da gerçekleşen Rita ve Katrina kasırgaları sonucunda gerçekleşen küresel burkulma ve lokal burkulma hasarları nedeniyle birçok depolama tesisinde kullanılamaz hale gelmiş tanklar ve görülen tank hasarları verilmiştir (Godoy, 2007).



Şekil 3.9. Rita ve Katrina kasırgalarında tank göçmeleri (Godoy, 2007)

Düşük basınçlı tanklar, atmosferik tanklara nazaran daha yüksek basınçta depolama işleminin yapılacağı durumlar için tasarlanmaktadır. Bu tanklar, atmosferik basınçtan 15 psig basınca kadar çalışacak biçimde tasarlanmaktadır. 1 atmosfer basıncının tahmini olarak 101,3 kPa olduğu dikkate alındığında düşük basınçlı tanklarda

işlem yapılabilecek basınç değerleri hesaplanabilmektedir. Düşük basınçlı tankların bakımı ve tasarımıyla ilgili olarak Amerikan Petrol Enstitüsü (API)'nün hazırladığı “API STANDARD 620: Design and Construction of Large, Welded, Low-Pressure Storage Tanks” isimli standardı, gerekli talimat ve açıklamaları içeriğinde bulundurmaktadır. Bu standartta bulunan şart ve hükümlerin, iç basınçları 15 psig basınca kadar ve en yüksek tasarım sıcaklığı 250 °F olan kaynaklı depolama tanklarıyla ilgili standart ile belirlenmiştir. Tasarım basıncı 1 psig basıncın oldukça altında olan atmosferik depolama tanklarının “basınçlı tanklar” şeklinde isimlendirilir. 0,5 ile 15 psig arasında çalışan tanklar da “düşük basınç” şeklinde isimlendirilir (Lees, 2012). Düşük basınçlı tanklar, atmosferik depolama açısından oldukça uçucu olan sıvıların depolanmasında kullanıma uygundur. Benzin, bu şartı sağladığı için özgün bir petrol ürünüdür. Hatta soğuk depolama için de düşük basınçlı tanklardan yararlanılmaktadır. Şekil 3.10 ve Şekil 3.11’de düşük basınçlı tanklarla alakalı standart olabilecek iki örnek tank verilmektedir. Ayrıca yer üstü depolama tanklarının girişinde bulunan Şekil 3.6’da (g), (h) ve (i) kodlu tanklar da düşük basınçlı depolama tanklarına örnek gösterilen şematik çizimlerdir. İlgili görselde (i), ezilmiş bir küre şeklinde olan küresel bir tankı; (h), dikey silindirik yarı küresel bir tankı; (g), bombeli uçlu yatay silindirik bir tankı ifade etmektedir.



Şekil 3.10. Düşük basınçlı yatay tank örneği (PAF, 2017)



Şekil 3.11. Düşük basınçlı düşey tank örneği (Anson, 2016)

Yüksek basınçlı tankların depoladıkları basınç değeri 15 psig basıncın üstündedir. Basınçlı kaplar, yer üstü depolama tankları içerisinde tümüyle bir başka kategoriye yansıttığı için, bu konu için hazırlanan kodlarda verilen kurallar doğrultusunda bakılmakta, işletilmekte ve tasarlanmaktadır. Amerika’da kullanılan API Std 2510, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) tesislerinin tasarım ve imalatı ile ilgili standartları içerir. Bu standartlar depolama tankları açısından emniyetli tasarım şartlarını gerçekleştirmek amacıyla bütün dünyada kullanılan öncelikli standartlardandır. Bazı özgün basınçlı depolama kapları Şekil 3.6 (j) ve (k)’de şematik biçimde verilmiştir. Şekil 3.6 (j) yatay silindirik bir basınçlı kabı ve Şekil 3.6 (k) küresel bir basınçlı kabı, yani Horton küresini temsil etmektedir (Lees, 2012; Myers, 1997). Yatay silindirik kaplar oldukça kısıtlı kapsama alanına sahiptir. Büyük hacimlerin depolanma gereksinimi açısından küresel basınçlı kaplar kullanılmaktadır.



Şekil 3.12. Yatay silindirik LPG depolama tankları (Indiamart, 2024b)

Küresel basınçlı kapların bazı avantajları bulunmaktadır. Yüzey-hacim oranı en düşüktür ve dikey silindirik bir tankta bulunan oranın yalnızca %88’idir.Bu durum ısı kaybını düşürmekte ve geometrisinden dolayı ısı yalıtım avantajı sağlamaktadır. Söz konusu tanklar oldukça basit yapıdadır ve toprağın donması bir tehdit oluşturmamaktadır. Hatta düşük sıcaklık şartlarındaki gerilmeler kolaylıkla belirlenmektedir. Şekil 3.12 ve Şekil 3.13’te verildiği üzere, söz konusu tanklar zemine konumlandırılan düşey taşıyıcı elemanlarla desteklenmektedir.



Şekil 3.13. LPG küresel depolama kapları (Horton küreleri) (EPCM, 2024)

Basınçlı depolama tankları amonyak, hidrokarbonlar ve LPG benzeri sıvılaştırılmış gazların depolanması açısından uygundur. LPG genellikle propilen, bütan ve propan olarak hidrokarbon gazlarının yanıcı bir karışımıdır. Hatta basınçlı depolama tankları yarı soğutulmuş ya da tamamen soğutulmuş basınçlı depolama açısından kullanılmaktadır.

Yer üstü depolama tanklarında ikincil sınıflandırma işlemi, tanklarda bulunan işlevsel yapıları ve tank açısından ihtiyaç duyulan işlevi yerine getirecek yapısal bileşenler açısından yapılır. Tanklar farklı biçimlerde, bulunacağı çatıya veya çatı türüne göre genel bir gruplandırmaya bağlı olabilirler. Buhar basıncı, tank biçimini ve biçime göre kullanılan tankın türünü belirlemektedir. Tank türünü belirleyen temel bileşenlerden bazıları aşağıdaki başlıklarda verilmiştir.

3.1.2. Su tankları

Su deposu, sıvıyı depolama amacıyla kullanılan bir depodur. Bir su tankına duyulan gereksinim, birçok uygulamada bulunmaktadır. Gıda hazırlamada, tarımsal sulamada, kimyasal üretimde, hayvancılıkta, yangın söndürmede, içme suyunun

depolanmasında ve başka alanlarda birçok kullanımda bu gereksinimden bahsedilebilmektedir. Su tankı tasarım değişkenleri, kaplamaları, inşaat malzemeleri ve tankın genel tasarımını seçmektir. Tasarım, tankların bulunduğu yere bağlı olarak (yer üstü veya yer altı su depolarında) farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. Tanklar çelik ya da RCC'den yapılabilmektedir. Yükseltilmiş tanklar genel olarak kiriş ve kolon kullanılarak zemin düzeyinden yükseltilmektedir. Diğer açıdan, yeraltı tankları yer düzeyinin altında bulunmaktadır. Pozisyona, biçime, zemin düzeyine göre su depoları; yükseltilmiş su tankları, yeraltı tankları ve yerde duran tanklar olarak üç kısımda incelenmektedir. Birçok durumda, yerüstü ve yeraltı tankı dikdörtgen ya da dairesel biçimdedir. Fakat havai tankların biçimi çevrenin tasarımdan ve estetik görünümünden etkilenmektedir. Yeraltı depolama tankı, zemin düzeyinin altına konumlandırılmış bir depolama tankıdır. Yeraltı depolama tankları üç farklı tipe ayrılmaktadır bunlar; Kompozit malzeme, cam elyaf ya da metal astarlı karbon fiberden yapılmış tanklar. Çelik / alüminyum tank. Kompozit, cam elyaf ya da karbon fiber benzeri filaman sargıları bulunan bir metal tank ya da korozyon koruması ve bir geçiş boşluğu meydana getirmek amaçlı metal silindir etrafında plastik bir bileşik üzerine sarılan tanklar.

Yeraltı suyu depolama tankları, yağmur suyu, atık su ve içme suyu toplamak açalı yer altı depolamasında kullanılmaktadır. Su deposu ya da su sarnıcı şeklinde isimlendirilen, yeraltında su depolayan tanklar depolama tanklarıdır. Sarnıç, beton sarnıçlara iyi bir alternatiftir.



Şekil 3.14. Yeraltı su tankı (Reddit, 2022)

Zeminde duran tanklar, yalnızca havalandırma tankları, çökeltme tankları, temiz su depoları vb. biçiminde bulunan tanklardır. Zeminde duran tankların tabanları suyun ağırlığı ve çeperleri basıncın etkisi altında kalmaktadır. Zeminde duran tanklar, dairesel ya da dikdörtgen biçimindedir.



Şekil 3.15. Yer düzeyinde bulunan tank (CST, 2024)

Yükseltilmiş su tankları farklı tiplerde servis rezervuarları, havai su depoları, su sağlama tasarımlarında bir dengeleme tankı şeklinde ve başka tankları doldurmak amacıyla kullanılmaktadır. Betonarme su kuleleri, sızdırmaz oldukları, tüm biçimler açısından kabul edilebilir oldukları, iklim değişikliklerinden etkilenmedikleri ve daha fazla sağlamlık sunduklarından dolayı avantaj sağlamaktadır. Biçim açısından bakıldığı zaman, su tankları türlü tiplerde bulunabilmektedir.

Dairesel tanklar genel olarak oldukça büyük depolama kapasiteleri bakımından uygundur, yan çeperler bükülme momenti ve çevresel çember etriye gerilmesi amaçlı tasarlanmıştır. Bunun sebebi, duvarların kesişim yerlerindeki zemin döşemesine sabitlenmiş olmasından kaynaklanmaktadır. Alt döşeme ekonomik olduğu için genel olarak düz olmaktadır.



Şekil 3.16. Dairesel tank (PMDFC, 2008)

Konik veya huni şeklindeki tanklar, mimari açıdan en iyileridir. Söz konusu tankların göze hitap etmesinin haricinde, tankın içinde bulunan boş şaftının yüksek kademelendirme açısından uygun olması ve bu kademelendirmeyi kolayca yapılabilmesi, bir başka önemli avantajıdır.



Şekil 3.17. Huni şeklinde su tankı (Atlas Obscura, 2024)

Dikdörtgen tankın çeperleri yatay ve dikey yönde bükülme momentlerinin etkisine uğramaktadır. Duvar üzerindeki momentin analizi zor yapılmaktadır. Bunun sebebi su basıncının, üzerlerinde üçgen yük meydana getirmesinden kaynaklanmaktadır. Momentin büyüklüğü, tankın yüksekliği, genişliği ve uzunluğu, ayrıca duvarın alt ve üst kenarında bulunan destek koşulları gibi farklı etmenlere bağlıdır. Duvarın boyu, yüksekliğine kıyasla daha çok kısaltılır ise, moment ana şekilde dikey yönde olabilmekte, bir başka deyişle panel bir konsol şeklinde bükülebilmektedir. Bunun haricinde, yükseklik boya kıyasla daha büyük olursa, momentler yatay yönde olabilmekte ve panel kenarlarda desteklenen ince bir levha şeklinde bükülebilmektedir.



Şekil 3.18. Dikdörtgen su tankı (Esinoks, 2024)

3.1.2.1. Su depolarının dezenfeksiyonu

Su kaynaklarının muhafaza edilmesi, uygun bir biçimde artırılması, yeniden yapılan şebeke dağıtım hatları ve sağlıklı bir biçimde depolanmasıyla sağlanabilmektedir. Bu depoların düzenli biçimde temizlenmesi gerekmektedir. Nüfusun süratle artışı modern kentleşme evresinde ve dağınık yerleşimin devam ettirildiği kırsal bölgelerde kullanma ve içme suyuna ulaşmak önemli bir problemdir.

Yerel yönetimler ve şahıslar su gereksinimi kesintisiz biçimde sağlamak amaçlı türlü özellik ve boyutlardaki su depolarını kullanarak su problemini çözüme kavuşturmuşlardır. Söz konusu depolar şehir şebeke suyunun uygun arıtma aşamalarından geçirip beklettiği, oldukça büyük tonajlı olabileceği gibi kamu kurum ve kuruluşlarında, ticari, endüstriyel alanda ve insan yaşamının sürdürüldüğü bina ve konutlarda kullanılan küçük/büyük binlerce farklı boyuttaki su depolarını kullanmaktadır. Toplu tüketim bölgelerinde oldukça kısa süreli su kesintileri bile sağlık açısından büyük sorunlar meydana getirebilmektedir. Su depolarının arıtılması ve dezenfekte edilmesindeki amaç, içme sularında kötü tada ve kokuya sebep olan organizmaları ve doğal organik maddeleri sudan ayrıştırmak ve bulaşıcı hastalıkların yayılmasını engellemek amaçlı patojenik bakterileri ortadan kaldırmaktır.

Bulaşıcı hastalıklar açısından su, en kritik geçiş aracıdır. Su depolarında uzunca süre bekletilen şebeke suyundaki klor, işlevini kaybetmekte ve mikroorganizmalar açısından yaşanabilir ortam meydana getirmektedir. Su depolarının uzun zamanlar boyunca dezenfekte edilmemesi ve arıtılmaması neticesinde oluşan biyolojik, kimyasal ve fiziksel kirlilikler suda; çamurlaşma, bakteri, koku, renk, paslanma ve dökülmeye sebep olmaktadır. Bahsi geçen durum suyun kullanılabilirlik ve içilebilirlik niteliğini

ortadan kaldırmaktadır. Suların temizliğinin olması gerektiği şekilde yapılmadığı ya da suyun klorlanmadığı durumlarda sağlık sorunlarının meydana gelmesi olasıdır.

3.1.2.2. İçme kullanma sularının depolanması

AB Sürdürülebilir Su Kaynakları Yönetmeliği su çerçeve direktifi suyu “Su, herhangi ticari bir ürün değil, aksine muhafaza edilmesi ve özelliğinden dolayı özel ihtimam gerektiren bir mirastır.” biçiminde açıklamaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO), dünya toplumunun sağlığını geliştirme ve muhafaza etmeye dair tüm programlarında suyu hayat kalitesinin temeli şeklinde kabul etmektedir.

Türkiye’de büyük yatırımlar ile kurulan içme suyu arıtma tesislerinden suyun geçirilerek kullanıma sunulmasıyla suyun kalitesi WHO standartlarına ulaşmıştır. Uygun kalitede olan kullanma ve içme suları, sağlıklı ve temiz şartlarda depolanmazsa suyun kalitesi düşmekte ve zararlı mikroorganizmalar açısından uygun ortam meydana getirmektedir.

Temiz ve sağlıklı şartlarda su depolamak için;

- Depo içerisinde boru bağlantılarında sızıntı kontrolü yapılmalı,
- Su, depoda uzunca süre bekletilmeden, yalnızca su kesintisi gerçekleştiği zaman değil döngü şeklinde kullanılmalı,
- Deponun belli aralıklar ile mutlaka dezenfekte edilmeli,
- Depo, suyun niteliklerini bozmayacak özellikte olmalı ya da doğru bir malzemeyle kaplanmalı,
- Depodan belli periyotlar da numuneler alınarak analizler yapılmalıdır.

Yerel su kaynaklarının devamlı olarak istenen ölçüde sağlanması sırasında bazı sorunlarla karşı karşıya gelinebileceği göz önünde bulundurularak su depolarının sağlıklı ve yeterli bir düzeyde inşası vazgeçilmezdir. Kimi zaman su depolarında suyun kirlendiği aklı gelmektedir. Sağlıklı su depolama açısından yasal bir çerçeve içinde uzman kişilerce su depolarının kontrolü yapıldığı ve halk bilgilendirildiği zaman bu problem meydana gelmeyecektir. Depolara sağlıklı bir şekilde ulaşan suların yalnızca depoda korunması yetersizdir.

Suyun depolanması esnasında suyun sıcaklığı ve niteliği önemli özelliklerdir. Depoda bulunan suyun kaynağı depolamayı etkilemektedir. Hiçbir bir temizlik işlemi yapılmayan suların depoda toplanması suyun kirlenmesine sebep olabilmektedir. Öyle ki arıtmadan hiç geçirilmemiş kuyu artezyen benzeri yer altı sularının depoda toplanmasıyla meydana gelebilecek mikrobiyolojik aktivitelerle şebeke suyunun depolanması sırasında

depoda meydana gelebilecek aktiviteler birbirinden farklıdır. Şebeke suyunda, suyu belli bir zaman koruyacak klor bulunmaktadır.

Su depolama sırasında hava sıcaklığı göz önünde bulundurulması gereken önemli hususlardandır. Spesifik olarak yazın sıcaklığın yükselmesi, suda mikrobiyolojik aktivitelerin hızlanmasına sebep olmakta ve bakteri oluşumu açısından uygun ortam meydana getirmektedir. Bu yüzden yazları su depolarına oldukça çok dikkat edilmeli ve su yoluyla bulaşan hastalıkların engellenmesi amaçlı suyun kalitesi belli periyotlar ile kontrol edilmelidir.

Suların depolandığı depo özelliği, su ile olan etkileşimi açısından önem taşımaktadır. Kullanma ve içme sularının depolanması için depo özelliğini taşıması gereken ölçütler ile alakalı yasal bir mevzuat bulunmamasıyla beraber 17.02.2005 tarihli ve 25730 sayılı “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik”te depo özelliği fayans şeklinde belirtilmiştir. Yanı sıra bu yönetmelikte suların özelliklerini değiştirmeyecek paslanmaz çelik gibi maddelerle inşa edilmiş depoların da kullanılabilceği belirtilmiştir. Türkiye’de kullanılan türlü depo çeşitleri bulunmaktadır. Bu depolar fayans, fiber, beton, sac, galvaniz, paslanmaz ve çelik depolar şeklinde gruplandırılmaktadır. Spesifik olarak sac depolar, ömrü dolmuş çelik ve galvaniz depoların suyun kalitesini kötü etki ederek suyu kirlettiği, renk değişikliklerine neden olduğu belirtilmektedir. Söz konusu durum ilk aşamada fiziksel kirlilik şeklinde saptansa da zaman içerisinde insan sağlığında tehlike oluşturacak rahatsızlıklara sebep olmaktadır. Beton depolaradaysa suyun kimyasal yapısı depo yüzeyinde etkileşime sebep olabilmektedir.



Şekil 3.19. Betonarme ayaklı çelik ve PVC su depoları

Depolara temiz bir biçimde gelen şehir şebeke suyunun depoda uzunca süre durdurulması suyu kirleten ciddi etmenlerden birisidir. Şebeke suyunda bulunan klor belli bir süre sonra faaliyeti yok olmakta ve deponun içerisinde yoğun bir biçimde mikrobiyolojik aktiviteler görülmektedir. Spesifik olarak sudan dolayı şikayetlerin artması ve sağlık sorunlarının yaşanması halinde bunların kontrolünün yapılması, depoların durumunun izlenmesi ve yetkili mercilerin bu konuda gereken çalışmaları yürütmesi gerekmektedir.

Suyun emniyetli, sağlıklı ve kaliteli bir biçimde halka ulaşması amaçlı şebeke suyunda istenilen kaliteyi karşılama dahi belirli evrelerde şebeke hatlarına yapılan onarım ve bakım çalışmaları ardından suya bulaşan kirleticiler de depolar açısından büyük risk meydana getirmektedir. Depoya şebekeden bulaşarak gelen kirli su, depoda beklediği süreçte yoğun bir biçimde mikroorganizma üremesi meydana gelecek ve suyun kalitesini ortadan kaldıracaktır. Bu yüzden depo kullanımında, suyun sirkülasyon biçiminde tüketilmesi açısından halk bilgilendirilmektedir.

Su depolarının kontrol altına alınması açısından yalnızca dezenfekte ve arıtmasını yapmak yeterli değildir. Dezenfekte ardından belli periyotlarla mutlaka suyun özelliği takibe alınmalı ve örnekler alınarak deponun kullanma ve içme suyu özelliğini sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmelidir. Su örnekleri donanımlı laboratuvarlar da uzman kişilerin gözetiminde analiz edilerek rapor hakkında alakalı birimlere bilgi verilmelidir. Laboratuvarda yapılan analizlerde spesifik olarak mikrobiyolojik, kimyasal ve fiziksel parametreleri atayarak yapılarak suyun sağlık açısından uygunluğunun sağlanması gerekmektedir. Halka sürekli emniyetli su sağlamak yerel yönetimlerin sorumluluğunda bir görev olmakla beraber denetimleri sağlık teşkilatı tarafından yapılmaktadır. Kullanma ve içme suyu depolarının dezenfekte, onarım, arıtım ve bakım işlemleri açısından standart kıstaslar belirlenmeli, bu standartlar depo içinde bulunan suyun kullanım kalitesini ve gayesini muhafaza edebilecek biçimde planlanmış gerekli denetim yollarıyla takibe alınmaktadır.

Suyu temizlemek amaçlı eklenen klorun bir kısmı sudaki inorganik ve organik maddeler tarafından tutulmaktadır. Suda istenen klor ölçüsüne ulaşmak amaçlı yeterli klor miktarının üstünde klor kullanılmalıdır. Bu miktar şöyle hesaplanabilmektedir:

İlk olarak %1'lik aktif klor solüsyonu hazırlanmaktadır. Bunun için bir litre damıtılmış suya %25 aktif klor içeren 40 gram kireç kaymağı konup iyice karıştırıldığında, ağzı kapalı olarak 30 dakika beklenmektedir. Üzerinde bulunan sıvı başka kaba alınıp altta kalan çözünmemiş katı partikülü bölümü atılmaktadır. Bu eriyik

%1'lik bir ana eriyiktir, yani litrede 10 gram, 100 mililitrede ise 1 gram aktif klor bulunmaktadır. Zehirli ve aşındırıcıdır. Güneş görmeyen serin bir yerde muhafaza edildiği zaman 10 ile 15 gün faaliyetini korumaktadır. Zehirli olması nedeniyle çocukların ulaşamayacağı yerlerde muhafaza edilmelidir. Kireç kaymağı haricinde içinde bulunan klor miktarı bilinen diğer klor kaynaklarından da stok klor solüsyonu hazırlanır.

Gerekli klor miktarı hesaplanacak su örneğinden 9 mililitre alınır ve üzerine 1 mililitre stok çözeltiden konur. Ardından yavaşça karıştırılıp ağzı kapalı şekilde 30 dakika beklenir. Eğer su örneğinin içerisinde organik madde yoksa komparatör yardımıyla ölçüm yapıldığı zaman klor miktarının 1 mg şeklinde bulunması gerekmektedir. Komparatör ile meydana gelen sonuç 1 ppm değerinden çıkarılır, meydana gelen değer su örneğinin gerekli klor miktarıdır. Yani komparatör ile suda bulunan klor miktarını 0,8 ppm bulduysak, su örneğinin gerekli klor miktarı 0,2 ppm'dir. Suya klor eklenirken son değer 0,5 ppm olmasını istiyorsak hesaplamaları 0,7 ppm biçiminde yapmamız gerekmektedir.

Bu gerekli klor miktarına "aslan payı" denilmektedir. Bunun hesaplanması su kaynağından devamlı su geldiği büyük birimlerde pratik açıdan uygulanamamaktadır. Bunun haricinde kabul edilen yaklaşım su dağıtımının son aşaması olan musluklardan günde minimum 5 defa klor ölçüsünü saptamak ve buna bağlı olarak depo çıkışında suya dahil edilecek klor ölçüsünü saptamak gerekmektedir. Örnek olarak biriminizde bulunan sularda klor ölçüsünün 0,5 ppm olmasını planlıyorsunuz. Bu hedefte depo çıkışınızda suda bulunan klor miktarı 0,5 ppm olacak biçimde suya klor ekliyor fakat biriminizin bir lavabosunda bulunan muslukta klor miktarını 0,1 ppm olarak buluyorsanız depo çıkışında bulunan suya litre başına 0,4 miligram daha fazla klor eklemeniz gerekmektedir. Yukarıda verilenler göz önünde bulundurulmadan aşağıda verilen formüller ile klor miktarını hesaplamak her zaman hatalı olacaktır. Aşağıda suların klorlanmasıyla alakalı örnekler ve genel formüller verilmektedir:

$$\text{Kullanılacak klor çözeltisi (g)} = \frac{D \times L}{\% \text{ Klor çözeltisi} \times 10} \quad (3.1)$$

D: Dozaj (mg/l)

L: Hacimsel su miktarı (litre)

Aşağıda verilen örneklerde göz önünde bulundurulması gereken husus klorlanacak depoya su girişinin devamlı olmadığıdır. Fakat bu tarz depolar klorlanabilmekte, eğer su deposuna devamlı su girişi sağlanıyor ve diğer taraftan da

devamlı su çıkışı sağlanıyorsa bu durumda depo değil çıkan su klorlanmaktadır. Söz konusu işlem özel aygıtlar yardımıyla yapılabilmektedir.

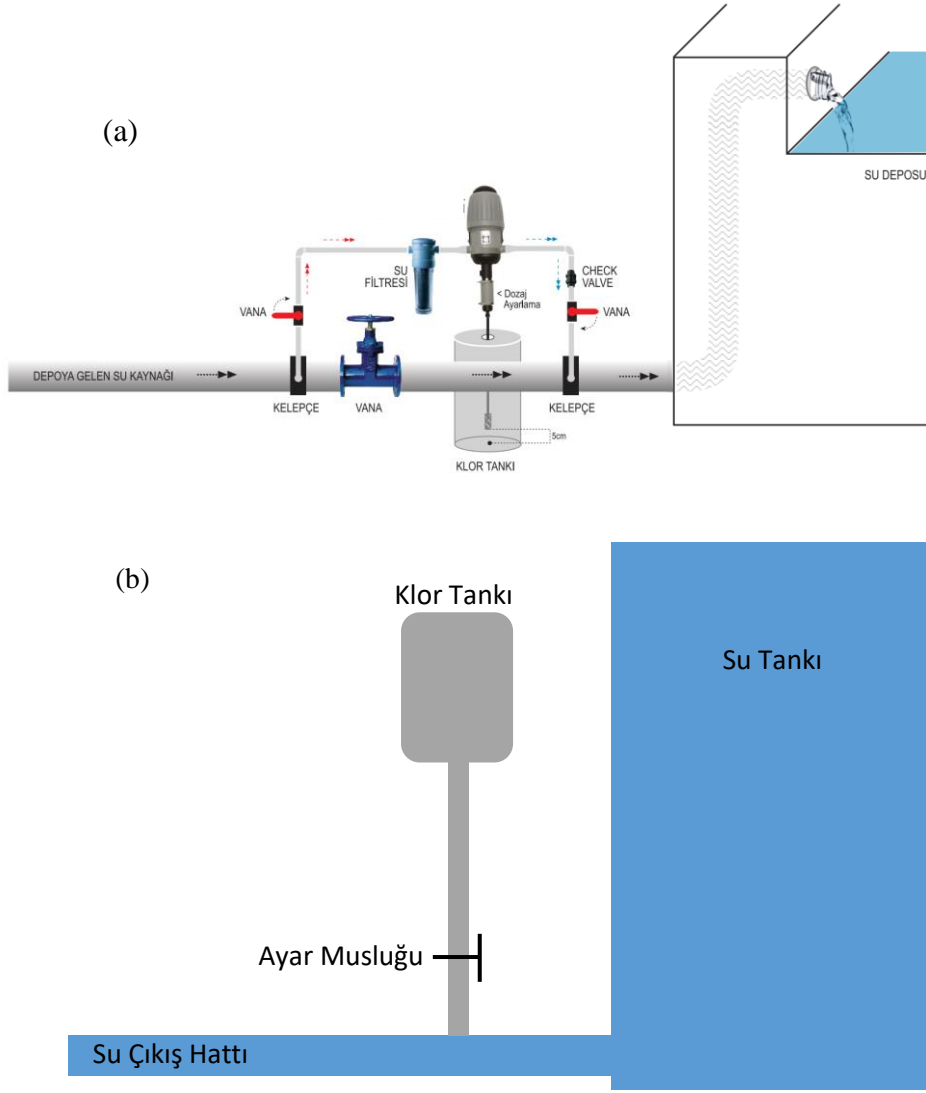
Örnek 1: İçerisinde yüz ton su olan bir depoyu milyonda 0,3 parça (0,3 ppm) klor bulunacak biçimde dezenfekte etmek amaçlı %25 aktif klor içeren kireç kaymağından ne kadar kullanmak gerekmektedir?

$$(100.000 \times 0,3)/(25 \times 10) = 120 \text{ g}$$

Örnek 2: İçerisinde otuz beş ton su olan bir depoyu milyonda 2 parça (2 ppm) klor bulunacak biçimde dezenfekte etmek amaçlı %12,5 aktif klor içeren çamaşır suyundan ne kadar kullanmak gerekmektedir?

$$(35.000 \times 2)/(12,5 \times 10) = 560 \text{ ml}$$

Bağlı olunan birimde büyük ölçüde su tüketilmekte ve su deposunda devamlı su giriş çıkışı sağlanıyorsa depo düzenli bir biçimde klorlanamaz. Bu şartlar altında su klorlama aygıtı (Şekil 3.20 (a)) edinmek gerekmektedir (MixRite, 2011). Fakat bu tarz bir aygıtı hemen edinmek şansı yoksa Şekil 3.20 (b)'de verilen düzenek geçici biçimde kullanılabilir. Şekil 3.20'deki sistemde klor tankına %1'lik aktif klor çözeltisi konmakta ve tekrar birimin uç noktalarındaki musluklardan yapılması gereken ölçümlere bağlı olarak sistemde bulunan ayar musluğuyla suya eklenen klor miktarı azaltılıp çoğaltılabilmektedir. Klor tankından çıkan boru su deposundan çıkan boruya direkt olarak bağlanırsa, çıkış borusunda bulunan suyun basıncından dolayı klor tankından aktif klor çözeltisi çıkmayabilir. Bu nedenle klor tankından çıkan borunun alt ucu su çıkışından önce deponun içerisine konumlandırılmalı ve borunun ucu su seviyesinin üzerinde bulunmalıdır. Eğer bu tarz bir sistem küçük ölçülerdeki depolarda (100 L-1 ton) kullanılacak ise serum set kullanılarak da benzer bir sistem yapılabilmektedir.



Şekil 3.20. (a) Su klorlama aygıtı, (b) Geçici klorlama düzeneği

3.1.3. Çalışma kapsamındaki depolar

Çalışma kapsamında, 13 adet depodan 2 tanesine ait fotoğraflar Şekil 3.21’de, 4 adet terfi merkezinden 2 tanesine ait görüntüler ise Şekil 3.22’de verilmiştir.



Şekil 3.21. Depolar



Şekil 3.22. Terfi merkezleri

3.1.4. Sistem ekipmanları ve montaj süreçleri

Yozgat Belediyesi'ne ait terfi merkezleri, su toplama ve dağıtım depolarına otomasyon sisteminin kurulması, bulut tabanlı su yönetim sistemine (SYS) kablosuz haberleşme ağı ile aktarılması ve çalışma neticesinde verilerin yorumlanması süreçlerinde kullanılan SCADA sistemine ve genel sisteme ait ekipmanlar bu başlık altında incelenmiştir. Çalışma, Yozgat Belediyesi hizmet sınırları içinde bulunan, su toplama depoları, terfi merkezleri ve ana dağıtım depolarına kurulması planlanan kontrol panolarının temini, montajı ile gerekli bağlantıların yapılarak devreye alma ve su yönetim yazılım sistemine aktarma işlerini kapsamaktadır.



Şekil 3.23. Montaja ait görseller

Çalışma kapsamında donanım alt yapısına ait ekipmanlardan bazıları Şekil 3.23'te sunulmuştur. Uygulama noktalarındaki enerji ihtiyacını karşılamak üzere güneş panelleri de aynı ekipmanlar içerisinde görülmektedir.

Çalışma kapsamında, 13 adet depo kontrol panosu, 4 adet terfi merkezinde bulunan mevcut panoların güncellenmesi, 6 adet terfi SCADA panosu, 3 adet master panosu ile 2 adet data point SCADA panosuyla birlikte malzemelerinin temini ve montajı gerçekleştirilmiştir.

Tüm panolar ve mekanik işler kurum tarafından belirlenen lokasyonlara götürülerek gerekli elektriksel, fiziksel ve mekaniksel montajları tamamlanmıştır. Yozgat

Belediyesi sınırları içinde yapılması planlanan Ana Branşman, 13 adet su deposu ve 4 adet terfi merkezinde bulunan pano tadilatları, mekaniksel montajlar, uzaktan kontrol ve kumanda sistemi ile kontrol edilmesi, su üretim ve dağıtım şebekesinin SYS'ye aktarılması, sistemin çevrimiçi takip edilmesi işlerinin alt yapıları oluşturulmuştur.

Teknik özellikleri belirlenen SYS kontrol panolarının teknik tasarımı tamamlandıktan sonra imalatları yapılmıştır. SYS panoları ile belirtilen noktalardaki saha ekipmanları arasındaki bağlantılar tamamlanmış ve bölgesel haberleşme altyapısı pano içerisinde tesis edilmiştir. Basınç kontrol lokasyonlarında SYS panoları, basınç, bakiye klor, bulanıklık sensörleri ve PT100 sıcaklık sensörleri montajları yapılmıştır. Sistemlerin kurulacağı tüm lokasyonlarda mevcutta bulunan ekipmanlar (sensörler, debimetreler, sıvı klor pompaları, elektrikli aktüatörler vb.) kurulacak olan yeni sisteme entegre edilecek olup, SYS üzerinden izlenebilecek ve kontrol edilebilecektir. Kontrol panosunda ve ana panoda kullanılan ekipmanlar Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.3. Kontrol ve ana pano ekipmanları

Sıra No	Materyal
1	PLC ve Modülleri
2	Dokunmatik 7" HMI panel
3	Pano
4	AC UPS
5	Güç Kaynağı
6	Otomatik Şalter
7	Klemens
8	Etiket
9	Kablo
10	Kablo Kanalı

PLC ve modülleri, en az 9 adet dijital giriş, 6 adet dijital çıkış, 5 adet analog giriş (4-20mA), 2 adet analog çıkış (4-20mA), 4 adet PT100/termokupl giriş bulundurmaktadır. Ayrıca PLC dijital çıkışlarında izolasyon amaçlı 24V DC bobinli slim tipte röleler, pano içerisinde 1 adet UPS, en az 600 VA olacak şekilde 220V AC güç kaynağı, pano içerisinde bir adet pano prizi ve otomatik sigorta bulunmaktadır. Bunlarla birlikte C Sınıfı Otomatik Şalter, panoya giriş ve çıkış bağlantılarını sağlamak için klemens, pano içerisindeki tüm sinyal kablolarının her iki ucundan karşılıklı olarak etiketleme yapılmıştır. Bağlantıları gerçekleştirmek üzere sürücü ve diğer cihazların akımına uygun kesitte NYAF kablo kullanılmış ve kablolar açıkta kalmayacak şekilde delikli tip kablo kanalıyla gizlenmiştir.

Tablo 3.4' te içme suyu ve terfi merkezlerinde kullanılan algılayıcılar verilmiştir.

Tablo 3.4. İçme suyu ve terfi merkezlerinde kullanılan sensörler

Sıra No	Materyal
1	Hidrostatik Seviye Sensörü
2	Elektromanyetik debimetre
3	Sıcaklık sensörleri
4	Ultrasonik debimetre
5	Bakiye Klor Analizörü

Sistemin çalışmasında kullanılan diğer ekipmanlar Tablo 3.5'te verilmiştir.

Tablo 3.5. Diğer sistem bileşenleri

Sıra No	Materyal	Sıra No	Materyal
1	Akü	7	Fark basınç sensörü
2	Kontaktör	8	HMI operatör paneli
3	Güneş paneli	9	Ultrasonik debimetre
4	Basınç sensörü	10	Hidrostatik seviye sensörü
5	Enerji analizörü	11	Elektromanyetik akış ölçer
6	3G router modem	12	PLC dijital çıkış izolasyon rölesi

Kontrol panosu ve ana pano ekipmanları, içme suyu ve terfi merkezlerinde kullanılan sensörler ve sistemin diğer bileşenlerinin kurulumları tamamlanarak donanımsal işlemler sonuçlandırılmıştır.

3.1.5. Su yönetim sistemi yazılım ara yüzü

Montaj süreçlerinin ardından yazılım işlemleri gerçekleştirilmiştir.

3.1.5.1. Genel Özellikler

- Kullanılan web tabanlı ve HTML5 uyumlu yazılım ara yüzü herhangi bir eklentiye ihtiyaç duymadan web tarayıcısı ile izleme, yönetme, grafik alma ve analiz işlemleri yapabilmektedir. Ara yüz yazılımında Shockwave, Flash, Java Applet, ActiveX, Silverlight gibi yükleme ihtiyacı olacak bir eklenti kullanılmamıştır. Ara yüz yazılımı güncel bütün tarayıcılarla (IE, Chrome, Firefox, Safari) çalışabilmektedir.
- Ara yüz yazılımı web tabanlı çalışacağı için herhangi bir işletim sistemine bir bağımlılığı yoktur. Linux, Windows ve MacOS işletim sistemlerinde sorunsuz çalışmaktadır.
- Ara yüz tasarımı mobil cihazların boyutlarına göre tasarlanmıştır. ve güncel mobil işletim sistemlerinde (Android, iOS) ve cihazlarda sorunsuz çalışmaktadır.
- İzleme ekranları dinamik arayüz güncelleme yapmaktadır. Veri güncelleme işlemi asenkron Javascript betikleri ile gerçekleştirilecektir. Güncelleme süresi PLC'nin, SYS sunucusunun ve kullanıcının internet hızına bağlı olarak 2-10 s aralığındadır.

- İzleme ekranlarındaki kuyu seviyesi ve su konisi, depo seviyesi, su akış, alarm gibi parametreler kolay fark edilebilir animasyonlarla gösterilecektir. Depo seviyesi gibi maksimum değeri olan parametreler için bütüne ölçeklendirilip kolay anlaşılır halde getirilecektir.

3.1.5.2. Su yönetim sistemi ekranları

Her bir istasyon (basınç kontrol odası, kuyu, depo, terfi merkezi pompaları) sistemde bir ‘NOKTA’ olarak ifade edilecektir. Ekranda ana sayfa, harita, çoklu grafik, analiz, yönetim menüleri butonları bulunmaktadır. Aktif alarm durumunda olan noktalar ve susturulmuş alarmlar listelenmektedir. Son girilen 20 nokta ve sistem listelenerek favori noktalar tespit edilmektedir. Ayrıca kullanıcıların sunucuda gerçekleştirdiği son 20 işlem ve oluşan son 20 alarm akış şeklinde ‘konsol (dashboard) ekranı’ üzerinde listelenmektedir.

‘Nokta listesi ekranı’ her nokta için ayrı bir kutu biçiminde gösterilmektedir. Her kutu nokta tipine göre renklendirilip kolay anlaşılır bir hale getirilmiştir. Ayrıca hızlı arama özelliği bulunmaktadır.

İlgili nokta hakkında kutu içerisinde ‘nokta liste verileri ekranı’ üzerinde özet bilgiler yer almaktadır. Kutu içerisindeki bilgiler nokta tipine göre değişiklik gösterirler. Nokta verilerine ait parametreler Tablo 3.6’daki gibidir.

Tablo 3.6. Nokta verilerine ait parametreler

Sıra No	Parametre	Sıra No	Parametre
1	Nokta ismi	6	Alarm durumu
2	Debi (varsa)	7	Pompa çalışma bilgisi
3	Nokta sürümü	8	Hidrostatik seviye sensörü
4	Enerji durumu	9	Otomatik çalışma modu (varsa)
5	Haberleşme bilgisi	10	Depo seviyesi ve yüksekliği (varsa)

Gösterilecek olan nokta sayısı ekran boyutuna göre otomatik olarak ‘listedeki nokta sayısı ekranı’ üzerinde doldurulur. Ekranı sığmayan noktalar sayfalama ile gösterilecektir. Toplam nokta sayısı görülebilir olacaktır. Liste ekranı kullanıcının yetkisi dâhilinde olan noktalar ile doldurulacaktır. Bu ekranda nokta adına göre anlık bir filtreleme yapılabilecektir.

‘Alarm bildirim ekranında’ kullanıcının yetkisindeki tüm noktalar için alarm bildirim yapılabilir. Alarm bildirim sesli bir biçimde uyarır ve alarm susturulana kadar bu ses kesilmez. Liste ekranında alarm olan noktanın, hareketli büyük bir animasyon ile fark edilmesi sağlanır. Alarmı susturulma işlemi bu ekran üzerinden hızlıca yapılabilir. Toplam alarm sayısı ve susturulmuş alarm sayısı da gösterilir. Ayrıca bu ekrandan alarm

olan noktalar ve susturulan noktalar hızlıca filtrelenerek sadece bu noktaların gösterilmesi de sağlanabilir.

Kullanıcının yetkisi dâhilindeki noktalarda yapılan müdahaleler ‘alarm ve kullanıcı olayları gösterimi ekranı’ üzerinde bir akış biçiminde listelenir. Bu ekranda olay zamanı, kullanıcı adı soyadı, kullanıldığı tarayıcı, ip adresi, değişikliğin yapıldığı noktanın ismi, yapılan değişiklik parametresi, değeri ve birimi görüntülenebilir. Ekranda son 20 kullanıcı olayının listelenmesi yapılabilmektedir. Aynı şekilde alarm olayları ve alarmlara yapılan müdahaleler de listelenir. Alarm durumu ve normal durum farklı renklerle gösterilerek ayırt edicilik sağlanır. Ayrıca alarmın meydana gelmesi ve normale dönme değerleri bu ekrandan görülebilir durumdadır. ‘Alarm ve kullanıcı olayları gösterimi ekranı’ bir tuş ile kalıcı olarak kapatılıp açılabilir ve gerektiğinde büyütülerek detaylı incelemelerin yapılabilmesine imkan sağlayabilir durumdadır.

‘Harita listesi ekranı’ nokta listesi ekranı özelliklerine sahiptir. Liste gösterimi yerine noktaların koordinatlarına göre harita üzerinde gösterim yapmaktadır. Ayrıca hızlı filtre yerine genel filtre uygulanmaktadır. Harita olarak dinamik harita servisi kullanılmaktadır. Yakın olan çok fazla noktalar gruplanıp sayı biçiminde gösterilir ve yaklaştıkça noktalar görünür hale gelir. Ekranda şematik gösterim ile noktalar arasındaki ilişkiler akış şeması biçiminde gösterilebilmesi, nokta pozisyonları ve bağlantı biçimlerinin düzenlenebilmesi mümkündür. Görevli personel bu işlemleri gerçekleştirebilmek için, bağlantılı noktaları bu ekranlarda toplayıp özet verileri görüntüleyebilir. Noktalar liste ekranındaki kutular şeklinde gösterilmektedir. Liste ekranındaki özellikler, filtreleme seçenekleri hariç burada da geçerlidir. Sürükle-bırak yöntemiyle kullanıcı kendi isteğine göre sistemler tasarlayabilir.

Verilerin listelenmesi ve filtrelenmesi de önem arz eden işlemlerdendir. Nokta listelerindeki noktalar, nokta verilerine ve nokta bilgilerine göre filtrelenebilme ve aynı parametrelere göre sıralanabilme özelliklerine sahiptir. Bu sayede SYS kullanıcıları kendilerine özel filtreler tanımlayabilmektedir. Aynı zamanda istenilen herhangi bir nokta verisi için filtre tanımlaması yapılabilmektedir. Tanımlanan filtrelerde çoklu şart eklenerek şartlar AND veya OR ile bağlanabilir, NOT ile şartın değili alınabilir. Bununla birlikte başka bir parametreye göre de sıralama yapılabilir. Örneğin ‘çıkış debisine göre sıralı, seviyesi %90 - %10 arasında olmayan, haberleşmesi olan depolar’ şeklinde bir filtre uygulanabilir durumdadır. Böylece seviye, haberleşme ve nokta tipi şartına göre filtreleyerek çıkış debisine göre sıralama yapılmış olacaktır. Kullanıcı talebine göre

tanımlanan filtrelerden birini varsayılan filtre olarak tanımlayıp sistem açılışında bu filtrenin aktif biçimde görülebilmesi de mümkündür.

Kullanıcı talebinden bağımsız olarak sistem tarafından hazır tanımlı bir şekilde Tablo 3.7'deki parametreler bildirilecektir.

Tablo 3.7. Hazır tanımlı sistem parametreleri

Sıra No	Parametre	Sıra No	Parametre
1	Şemalar	6	Cihaz alarm olanlar
2	Terfiler	7	Haberleşme olmayanlar
3	Kuyular	8	Pompa manuel'de olanlar
4	Depolar	9	Basınç kontrol odaları filtreleri
5	Alarm olanlar	10	Depo kritik seviyede olanlar (%20-%90)

Liste ekranında bulunan her bir nokta için detayların gösterildiği, değişikliklerin ve ayarların yapılabildiği nokta detay izleme ekranlarından nokta seçilerek o noktanın detayına ulaşılabilir. Nokta ekranında istasyonun tipine (basınç kontrol, terfi, depo, kuyu vs.) ve özelliklerine uygun simülasyon bulunur. Tablo 3.8'deki özellikler nokta detay izleme ekranlarında verilerin anlık değişimine göre detaylı olarak gösterilmektedir.

Tablo 3.8. Nokta detay izleme ekranlarında gösterilecek özellikler

Sıra No	Özellik	Sıra No	Özellik
1	Nokta ismi	7	Depo seviyesi ve yüksekliği
2	Nokta sürümü	8	Haberleşme bilgisi
3	Debi (varsa)	9	Maliyet bilgileri
4	Pompa çalışma bilgisi (otomatik çalışma modundaydı)	10	Enerji bilgileri
5	Çalışma modu (otomatik çalışma modundaydı)	11	Verim bilgileri
6	Sabitleme parametresi (otomatik çalışma modundaydı)	12	Sıcaklık bilgileri

Pompa açma kapama işlemi ve otomatik/manuel mod seçimi işlemi simülasyon üzerinden gerçekleştirilmektedir. SYS'de kullanıcılar tarafından yapılan değişikliklerin ve düzenlemelerin kaydı (log) alınmaktadır. Nokta detayında, seçilen noktaya ait işlemlerin akışı gösterilmektedir. Olay akışı ile alarm hareketleri ve anlık olarak seçili noktayı takip eden aktif kullanıcılar bilgisi de takip edilebilmektedir.

Nokta ekranları; nokta bilgi, bakım mod, arıza modu, sezonluk devre dışı modu ve ayar yedekleri gibi özelliklere de sahiptirler. Nokta Bilgi; noktanın adı, tipi, sürümü, hat numarası ve varsa bağlı olduğu nokta bilgilerinin tutulduğu alandır. Bu bilgilerin yanında montaj yetkilisi, montaj tarihi, nokta yetkilisi ve pompanın fiziksel özelliklerinin bulunduğu bir alan oluşturulup bu bilgilere ulaşmak da mümkündür. Aynı zamanda noktanın haritadaki konumu gösterilerek noktaya ilgili resimler görüntülenebilmekte ve tüm veriler yetkili kişiler tarafından düzenlenebilmektedir.

Bakım modunda kullanıcı SYS üzerinden ilgili nokta bakım moduna alınabilir. Bu noktayı bakıma aldığı anda SYS üzerinden sistemi çalıştırma veya durdurma operasyonları yapılamaz hale gelir ve SYS ekranındaki simgeler soluk halde görüntülenir. Nokta ekranı üzerinde “Bakım modu” yazısı büyük puntolu uyarı olarak bakım durumunu göstermektedir. Bakım modunda not bırakma özelliği sayesinde bırakılan not diğer kullanıcılar tarafından görülebilir. Sistemde herhangi bir arıza olması durumunda kullanıcı, SYS üzerinden noktayı arıza moduna alabilir.

Bir nokta arıza moduna alındığında; SYS üzerinden sistemi çalıştırma veya durdurma operasyonları yapılamaz hale gelir. Arıza durumunda nokta ekranı üzerinde büyük punto ile “Arızalıdır” yazısı gösterilir. Arıza modunda not bırakma özelliği sayesinde bırakılan not diğer kullanıcılar tarafından görülebilir.

Mevsimsel olarak belirli dönemlerde geçici devre dışı bırakılması planlanan noktalar ‘sezon modu’na alınır. Bu durumda nokta ekranı üzerinde büyük punto ile “Sezon Modu” yazısı gösterilir. Sezon modunda da not bırakma özelliği sayesinde bırakılan not diğer kullanıcılar tarafından görülebilir.

Nokta Menü’den ayarlanan her bir parametre için yedek alınabilir ve istenilen zamanda bu yedekler geri yükleme seçeneği tercih edilerek kullanılabilir.

3.1.5.3. Terfi merkezi ve depo izleme

Terfi merkezinin simülasyon ekranında iki depo ve bu iki depo arasında bulunan pompa ya da pompalar gösterilir. Bu iki depodan ilki boşaltılacak depoyu ikincisi suyun terfi edileceği depoyu ifade eder. Her iki depo için de toplam kapasite ve suyun anlık yükseklik bilgisi görüntülenebilir. Linkleme işlemi yapılarak ikinci deponun ekranına terfi merkezi ekranı üzerinden ulaşılabilmektedir. Pompa ya da pompaların açık/kapalı durumu ve çalışma modu(otomatik/manuel) pompa üzerinden anlaşılacak şekilde tasarlanmıştır. Kullanılan elektrik tarifesine göre (üç zamanlı/normal) parametreler girilerek anlık güç ve debi bilgisine bağlı olarak nokta ekranında m³ başına düşen maliyet gösterilmektedir. Aynı zamanda elektrik ve su sayacı verileri, basınç ve debinin anlık değerleri, motor, pano, su ve dış ortam sıcaklık değerleri; toplam verim ve hidrolik verim değerleri, her bir pompa için fazlara göre akım ve voltaj değerleri ile giriş-çıkış frekansları ve harcadıkları gücün değeri gösterilmektedir.

‘Nokta menü’ adı altında nokta ile ilgili tüm parametrelerin (pompa verim, sabitleme ve mod, sistem ayarları, PID ayarları, sensör ayarları, programlı çalışma, emniyet ayarları, maliyet ayarları, maliyet detayları, HMI kullanıcı ayarları, giriş depo ayarları, depo doldurma ayarları, fonksiyon tanımlama ve fonksiyon) düzenlenmesi

toplanmıştır. Terfi için yapılan bu düzenlemelerin her biri için düzenleme ekranları oluşturulmuştur.

Pompanın hidrolik verimi ve sistem veriminin detaylı bir şekilde hesaplanarak gösterildiği ‘pompa verim ekranı’ üzerinde motor verimi, sürücü kaybı, kablo kaybı parametreleri dikkate alınarak hesaplanmaktadır. Bu parametreler her nokta için özel olan bir cihaz ayarı olarak kaydedilmektedir. Ayrıca hidrolik ve sistem verimi ile toplam Hm değeri ve pompanın harcadığı net güç bilgileri de ekranda görünmektedir.

‘Sabitleme ve mod ekranı’, pompanın çalışma hızının hangi parametreye göre sabitleneceğinin ayarlanabileceği ekrandır. Güç, debi, frekans, basınç ve su seviyesi parametrelerinden biri sabitleme seçeneği olarak ayarlanabilmektedir. Ayrıca otomatik çalışma modu da bu ekrandan ayarlanabilir. Otomatik çalışma modu; terfi modu, serbest terfi modu ve hidrofor modu seçeneklerini içermektedir.

Cihazın saat, basma yüksekliği, enerji geldiğinde pompanın tekrar çalışma süresi gibi temel ayarları ‘sistem ayarları’ ekranı üzerinden yapılabilir. ‘PID ayarları’ ekranından pompanın sabitlenebileceği parametrelerin (debi, güç, basınç, frekans) Ki, Kp, Kd değerleri her bir sabitleme modu için ayrı ayrı ayarlanabilmektedir. Ayrıca bu ayarlar uzaktan girilebilmektedir.

‘Sensör ayarları ekranı’ üzerinden cihaza bağlı sensörlerin skala ve kalibre değerleri ayarlanabilmektedir. Çıkış basınç sensörünün, depo seviye sensörünün ve debimetrenin maksimum skala değeri ile giriş basınç sensörünün maksimum, minimum ve kalibre değerlerinin ayarlandığı bu ekrandan fan ve ısıtıcının çalışma sıcaklığı değerleri de kontrol edilmektedir. Ayrıca su sıcaklık sensörünün, pano sıcaklık sensörünün, dış ortam sıcaklık sensörünün ve debi sensörünün kalibrasyonu da sensör ayarları ekranından yapılmaktadır.

Otomatik modda çalışan pompa için günün hangi saatinde ve ne kadar çalışacağını belirlemek için program hazırlanabilmekte ve haftanın istenilen günlerinde program uygulanabilmektedir. ‘Programlı çalışma’ kapsamında gün içerisinde iki ayrı program tanımlanabilir.

‘Emniyet ayarları’nda pompanın güvenli çalışma aralıkları her bir parametre için belirlenebilir. Güvenli çalışma aralığının dışında kalan değerler için pompa kapama eylemi aktif konuma getirilmektedir. Tablo 3.9’da güvenli çalışma değerleri verilmiştir.

‘Maliyet ayarları ekranı’ üzerinden maliyet hesaplaması için gerekli parametreler ayarlanabilir. Kullanılan tarifeye göre (normal/üç zamanlı) her bir zaman periyodu için; periyot fiyatı, periyotta kaç saat çalışılacağı ve periyotta kaç gün çalışılacağı bilgileri bu

bölümde ayarlanır. Üç zamanlı tarifede her bir zaman dilimi için ayrı ayrı maliyet hesabı yapılarak ‘maliyet detayları ekranı’ üzerinde gösterilir.

Tablo 3.9. Güvenli çalışma değerleri

Değer	Alt limit	Üst Limit	Pompa Kapatma Aktif	Gecikme (s)	Başlama Gecikmesi (s)
Şebeke frekansı	49	51	X	5	5
Şebeke voltajı	365	405	X	0	0
Akım	10	18	X	3	3
İnvertör frekansı	33	62	X	3	3
Debimetre	25	65	X	60	60
Giriş deposu su seviyesi	-	46	X	-	-
Basınç sensörü	0	7,7	X	30	30
Motor sıcaklığı	2	7	X	30	30
Pompa verimi	67	74	X	120	120
Güç (kW)	66	70	✓	120	120

Kullanıcı ayarlarına olanak tanıyan insan-makine arayüzü (HMI) sayesinde pano üzerindeki operatör paneli için ‘HMI kullanıcı ayarları ekranı’ üzerinden şifre ayarlanabilir. Deponun en, boy, yükseklik değerleri ve depo seviye sensörünün tipi ve maksimum skalası ‘giriş depo ayarları ekranı’ üzerinden, pompanın doldurduğu deponun alt-üst ve kritik alt-kritik üst ayarları ‘depo doldurma ayarları ekranı’ üzerinden yapılır. Ayrıca bu bölümden depo doldurma işleminin SYS’den aktarılabilecek seviyeye göre mi yoksa bağlı olduğu depo seviye sensörüne göre mi yapılacağı seçilebilecektir.

‘Fonksiyon tanımlama ekranı’ üzerinden fonksiyon giriş-çıkışlarına isim tanımlaması yapılabilir. Böylece giriş-çıkış fonksiyonları fonksiyon ekranında tanımlanan isimlerle görüntülenecektir. PLC üzerinde fiziksel olarak tanımlanmış 1 analog giriş, 4 dijital giriş, 1 analog çıkış ve 4 dijital çıkış parametresi bulunmaktadır. Bu parametreler ‘fonksiyon ekranı’ üzerinden saha şartlarına göre opsiyonel olarak tanımlanıp kullanılabilir.

Depolar da anlık izleme yapılması gereken bölgelerdendir. Depo izleme işlemi iki gözlü olarak, her bir odası birbirinden bağımsız seviye değerlerine göre ölçeklendirilmektedir. Depoya giriş çıkış sağlayan vanaların açık-kapalı bilgileri ile açma-kapama ve otomatik-manuel kontrollerinin gerçekleştirilmesi için Tablo 3.10’daki parametreler gösterilmektedir.

Depo 1 ve depo 2’nin seviye sensörleri ile giriş ve çıkış debimetrelerinin maksimum skalaları ‘sensör ayarları ekranı’ üzerinden ayarlanmaktadır. Cihazın saat ve tarihi ‘saat ayarları’ bölümünden, her bir depo için en, boy, yükseklik değerleri ise ‘depo doldurma ayarları ekranı’ üzerinden ayarlanmaktadır.

Tablo 3.10. Depo izleme parametreleri

Sıra No	Parametre
1	Giriş Debisi
2	Çıkış Debisi
3	Kapasite
4	Su Miktarı
5	Boş Alan
6	Bakiye Klor
7	Su Sıcaklık Bilgileri

Terfi merkezinde ve depolarda gerçekleşen tüm işlemlerin yönetici yetkisine sahip kullanıcılar tarafından takip edilmesi amacıyla 'yönetim ekranı' kullanılacaktır. Yönetim ekranında gösterilecek bilgiler Tablo 3.11'de verilmektedir.

Tablo 3.11. Yönetim ekranından izlenen bilgiler

Sıra No	Parametre
1	Çevrimiçi kullanıcılar listesi
2	Adı soyadı
3	Bulunduğu sayfa
4	Kullandığı tarayıcı ve sistem
5	IP adresi
6	Giriş zamanı
7	En son aktif olma zamanı

Tüm bunlarla birlikte kullanıcının oturumunun yönetim ekranı üzerinden sonlandırılması mümkündür.

Nokta ve nokta gruplarının tanımlanarak düzenlenmesi işlemleri 'nokta yönetim ekranı' üzerinden gerçekleştirilmektedir. Bu ekran üzerinden noktaların nokta gruplarına atanabilmesi işleminin yanı sıra alt grupların ve daha alt grupların belirlenmesi de gerçekleştirilebilir. 'Kullanıcı yönetim ekranı' üzerinde kullanıcıların tanımlanıp düzenlenmesi, kullanıcıya verilecek yetkilerin belirlenmesi sağlanır. Kullanıcıların grupları 'kullanıcı grup yönetim ekranı' üzerinden tanımlanıp düzenlenmekte ve grup yetkilileri bu ekran üzerinden tayin edilmektedir. Noktalar arası veri aktarımı yapabilmek için tanımlanan parametreler 'link yönetimi ekranı' üzerinden tanımlanıp düzenlenir. Ayrıca her link parametresi için güncelleme sıklığı da bu bölümden ayarlanmaktadır. Grafik parametreleri için varsayılan çizim türü ayarlayama işlemi 'grafik parametre yönetimi ekranı' üzerinden gerçekleştirilmektedir. Bu ekranda yapılan değişiklikler tüm rapor parametreleri üzerinde geçerli durumdadır.

Alarmlar, terfi merkezleri ve depo izleme sistemleri için çok önemlidirler. Sistemde normal şartlarda olması gereken parametre sınırlarının aşılması durumunda kullanıcıya bu durum hakkındaki alarm durumunun en kısa sürede iletilmesi gerekmektedir. Alarmlar, SYS ve cihaz alarmları olarak 2 ye ayrılmaktadır. Cihaz

alarmları SYS sunucusundan bağımsız çalışır ancak SYS kullanıcısı tarafından ilgili noktanın emniyet menüsünden ayarlanabilir. Ayrıca cihaz alarmlarının durumları SYS’de ilgili noktanın alarmlar menüsünde görülebilir. Alarm durumlarında gerektiğinde cihaz tarafından sistemin çalışması durdurulabilir. Sorun giderildikten sonra sistemi tekrar devreye almak için ilgili noktanın cihaz alarmları menüsünden alarmın kapatılması gerekmektedir.

Yazılım alarmları ise kullanıcılar tarafından SYS’nin sunucu tarafında tanımlanan alarmlardır. Cihazdaki sensör, sayaç, sistem durumu ve diğer herhangi parametreye tanımlanabilir durumdadır. Parametreler belirlenen şartların dışına çıktığında alarm oluşacak ve bu alarmı takip eden kullanıcılara alarm sistemselsel olarak düşecektir. Alarmlar her nokta için özel olacaktır. Gerekliyse kullanıcıya özel alarmlar tanımlanabilecektir. Ve tanımlanan alarmlara bir isim verilebilecektir. Bu sayede alarm oluştuğunda sistemde nokta ismiyle beraber verilen isim de görülebilecektir.

Alarmlar, tespit edecekleri duruma göre ‘normal alarm’ ve ‘değişim yok alarmı’ olmak üzere iki tür olarak çalıştırılacaktır. Normal alarm, alarm için tanımlanan cihaz parametresine verilecek olan aralık dışına çıkıldığında meydana gelecek alarm türüdür. Değişim yok alarmı ise, tanımlanan cihaz parametresinin bir değişim göstermediğini tespit etmek için tanımlanan alarmlardır. Bu alarm türünde tanımlanan süre zarfında bir değişim olmadığında alarm oluşacaktır. Bu sistem ile sensör takılma problemlerinin tespitinin yapılabilmesi mümkün hale getirilmiştir.

Cihazdaki sensör, sayaç, sistem durumu ve diğer parametrelere uygun olarak alarm değişkeni ve değişken aralığı tayin edilebilir. Değişkene alt ve üst sınır değerleri atanarak parametrenin bu aralık içerisinde çalışması, aksi halde alarm oluşması sağlanmaktadır. Alarmın ne sıklıkla kontrol edileceği ‘kontrol sıklığı’ sekmesi üzerinde ayarlanabilir. Aynı zamanda alarm oluşması durumlarında ‘bağımlı değişken’ sekmesi üzerinden alarma bağımlı başka bir cihaz parametresi aralığı tanımlanabilecektir. Böylece alarmın oluşması iki şarta birden bağlı hale getirilmiş olacak ve bu iki şartın gerçekleşmesi ile alarm meydana gelecektir. Örneğin, debi alarmının sadece pompanın çalıştığı durumlarda geçerli olması isteniyorsa, alarm değişkeni olarak ‘debi’, bağımlı değişken olarak ‘pompanın çalışma bilgisi’ ayarlanmalıdır. ‘Alarm sesi’ sekmesi kullanılarak alarma özgü bir ses tanımlaması yapılabilmektedir.

‘Alarm olayı kayıt’ sekmesi kullanılarak alarm olaylarının kayıt prensibi, alarm durumu ve normal durumu kaydetmesi ile ilgili ayarlar tanımlanabilmektedir. Noktalarda oluşan alarm olayları kurulum anından itibaren kaydedilmektedir. Gerçekleşen alarm

durumları, nokta ekranı içerisinde tarih aralığı verilerek takip edilebilecek ve hangi alarmın hangi değerle alarm veya normal duruma geçtiği görüntülenebilecektir. Kullanıcıların yaptığı alarm işlemleri de bu bölümden izlenebilecektir. SYS kullanıcıları her alarmı ayrı ayrı takip edebilmekte ve her bir kullanıcı sadece kendi takip ettiği alarmlardan uyarı almaktadır. Bununla birlikte alarm bildirim seçeneklerini ihtiyaca göre değiştirebilmek mümkündür. Bildirimler SYS içinde ve mobil uygulama yoluyla yapılabilmektedir. Ayrıca kullanıcılar, takip ettikleri alarmı sistemde tanımlı bir mail hesabı ve telefon ile anlık mesaj olarak da alabilmektedirler. Mesajda içeriğinde alarm zamanı, nokta ismi, alarm adı ve alarm oluşma değeri bulunmaktadır. Gerekli yerlere bu mesaj içerisinde yönlendirme yapılmaktadır. Mobil uygulama kullanan kullanıcılar telefon veya tabletlerinde anında bildirim (push notification) olarak da bu alarmları alabilmektedirler.

Raporlama işlemleri bir diğer önemli unsurdur. Her nokta için tanımlanmış rapor parametreleri bulunmaktadır. Bu parametreler, noktanın sensör ve sayaç bilgileri gibi sistem durum bilgilerinden oluşturulmaktadır. Gelen veriler belirli sıklıklarda kayda alınarak geçmiş kaydı birimlerinde rapora dökülebilmektedirler. Parametrelerin kayıt sıklıkları her bir parametre için ayrı ayrı ayarlanabilmekle birlikte varsayılan kayıt sıklığı 2 dk olarak kullanılmaktadır. Nokta haberleşmesi yapıldığı sürece bilgiler kaydedilmeye devam edecektir. Rapor döküm işlemi seçilen zaman aralığına ve rapor parametresine bağlı olarak 1-10 s gibi kısa sürelerde tamamlanmaktadır.

Tanımlanan rapor parametreleri grafik çizim yöntemleriyle desteklenebilir. İstenilen parametreler seçilerek kullanıcının seçtiği zaman aralığındaki verilerle çizgi grafik çizilebilmektedir. Ayrıca birden çok rapor parametresi ile de grafik çizimi yapılabilmektedir. Çoklu grafik çizimlerinde her parametre farklı eksende çizdirilir ve eksen, gelen değerlere göre otomatik skalalandırılır. Çizilen grafiğin belli bir bölümüne yaklaşarak çizim detaylandırılabilir ve uzaklaşarak genel bakış imkanı sağlanabilir. Grafik çiziminde zaman aralığı limiti bulunmamaktadır. Seçilen zaman aralığı ve rapor parametresi sayısına bağlı olarak özet veri ile grafik çizdirilmektedir. Grafik çizim şekli ile ilgili ayarlanabilecek parametreler Tablo 3.12’de verilmiştir.

Tablo 3.12. Grafik çizim parametreleri

Sıra No	Parametre
1	Çizgi kalınlığı
2	Çizgi rengi
3	Çizgi nokta tipi
4	Eksen tersleme
5	Çizgi altını doldurma
6	Çizim aralığı

Grafik çizimine benzer olarak gibi noktanın seçilen grafik parametrelerinin verileri istenilen zaman aralığında CSV formatında raporlanarak çıktı alınabilir veya indirilebilir.

‘Üretim raporlama’ sekmesi kullanılarak nokta ile ilgili toplam üretim, toplam harcanan enerji, çalışma süresi gibi parametrelerin aylık yıllık veya seçilen aralıktaki miktarları gruplanarak gösterilmektedir. Böylece bir kuyunun su üretim miktarı veya çalışma saati bir yıl içerisinde aylık periyotlar halinde gösterilebilecektir. ‘Olay raporlama’ sekmesi kullanılarak noktadaki alarm olayları ve kullanıcı müdahaleleri sürekli kayıt altında tutulmaktadır. Böylece nokta içerisinde o noktaya ait seçilen zaman aralığındaki olaylar görülebilecektir. ‘Kullanıcı müdahale kaydı’ sekmesinde her müdahalenin; müdahale zamanı, kullanıcı adı soyadı, kullanıldığı tarayıcı, ip adresi, değişiklik yaptığı nokta ismi, yaptığı değişiklik parametresi, değeri ve birimi görüntülenebilmektedir. ‘Alarm olay kaydı’ sekmesinde ise her olayın; olay zamanı, alarm adı, değişkenin olay anındaki değeri gösterilmekte ve alarm durumuna göre renklendirme işlemi yapılmaktadır.

3.1.5.4. Kullanıcı hesapları, yetkilendirme ve Bulut sunucu hizmeti

Kullanıcılar sisteme kendi kullanıcı adı ve şifre ile oturum açabilmektedirler. Kullanıcı hesapları bireysel olarak kullanılmakta, ortak hesap kullanımı yapılmamaktadır. Kullanıcı girişleri için belirlenecek kullanıcı şifrelerinde 7 karakterden fazla en az 1 harf 1 sayı içermesi zorunludur. Şifre değiştirme işlemleri için eski şifrenin girilmesi gerekmektedir. Şifreler yazılım sunusunda MD5 olarak saklanmaktadır. Kullanıcılar dilediklerinde oturumlarını kapatabilmektedir. Oturumu açık kalan pasif kullanıcıların oturumu ise 30 dk sonra sistemsel olarak kapatılacaktır. Kullanıcı aynı anda birden fazla oturum açabilir, kullanıcı menüsünden kendi açık oturumlarını görebilir ve sonlandırabilir.

Toplu kullanıcı organizasyonları için kullanıcılar gruplara dâhil edilmektedir. Grupların yetkileri de kullanıcılara aktarılacaktır. Yetkiler yöneticiler tarafından kullanıcılara ve gruplara tanımlanabilmektedir. Gruplara tanımlanan yetkiler grupta bulunan bütün kullanıcılara tanımlanmaktadır. Yöneticiler tarafından birden çok yetki tanımlaması da yapılabilmektedir. Yetki verebilme yetkisi olan kullanıcılar kendi yetkisi kadar yetki verebilecektir. Yetkiler nokta gruplarına ve yönetime verilebilmektedir. Verilebilecek yetki türleri Tablo 3.13’te verilmiştir.

Tablo 3.13. Verilebilecek yetki türleri

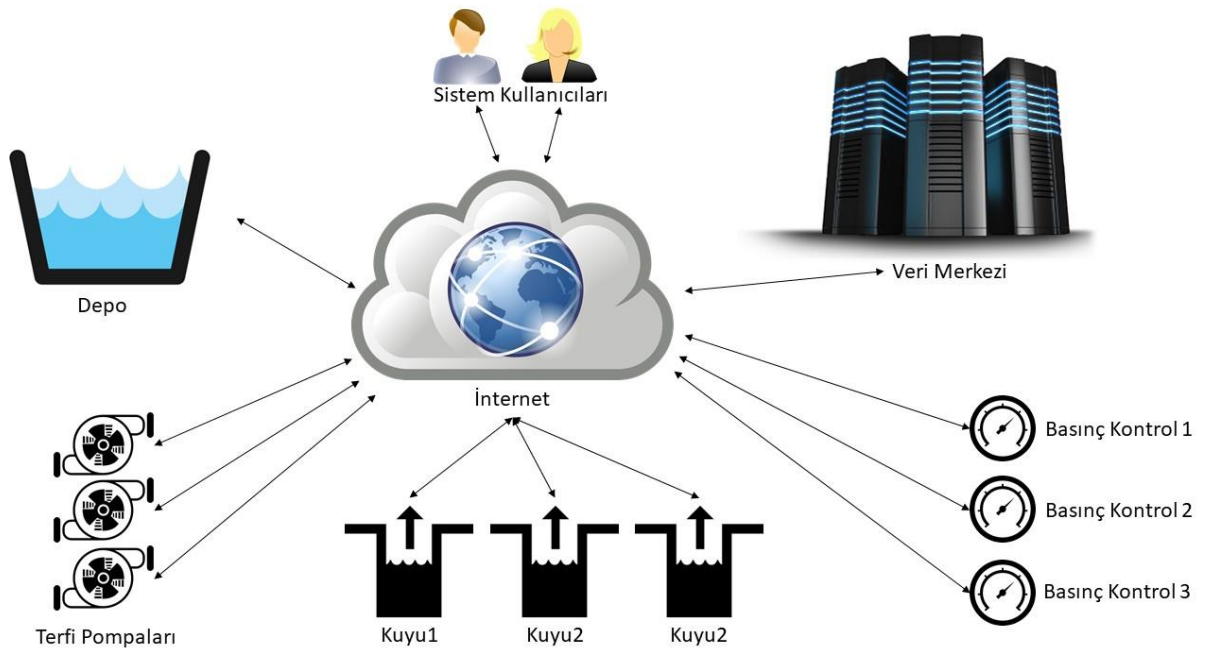
Sıra No	Parametre
1	İzleyici yetkisi
2	Nokta operatörü yetkisi
3	Nokta yetkilisi yetkisi
4	Nokta yöneticisi yetkisi
5	Yönetim yetkileri
6	Kullanıcı müdahale kaydı yetkisi
7	Kullanıcı bilgileri yetkisi

İzleyici yetkisi verilen kullanıcılar yetkinin tanımlandığı nokta grubundaki noktalarda izleme yapabilmektedir. Sisteme hiçbir şekilde müdahalede bulunamazlar. Görebilir, rapor alabilir ve alarm durumlarını izleyebilirler. Nokta operatörü yetkisi verilen kullanıcılar yetkinin tanımlandığı nokta grubundaki noktalarda izleyiciden farklı olarak pompalara ve vanalara açma, kapama, otomatik moda alma, çıkarma, alarm susturma gibi işlemler yapabilirler. Nokta yetkilisi yetkisi verilen kullanıcılar yetkinin tanımlandığı nokta grubundaki noktalarda; kullanıcı nokta operatöründen farklı olarak, tüm ayar parametrelerini ve alarm ayarlarını değiştirebilirler. Nokta yöneticisi yetkisi verilen kullanıcılar yetkinin tanımlandığı nokta grubundaki noktalarda; kullanıcı nokta yetkilisinden farklı olarak, nokta bilgilerini düzenleyebilirler. Yönetim yetkilerine sahip olanlar; kullanıcıya, kullanıcı ekleme silme, yetki verme gibi yönetim işlemleri için yetki verilebilirler. Kullanıcı müdahale kaydı yetkisi ile kullanıcı oturum açtıktan sonra yaptığı tüm işlemler kayıt altına alınır. Kullanıcının müdahalesine dair; müdahale zamanı, kullanıcı adı soyadı, kullanıldığı tarayıcı, ip adresi, değişiklik yaptığı nokta ismi, yaptığı değişiklik parametresi, değeri ve birimi kaydedilerek nokta raporlama içerisinde gösterilirler. Kullanıcı bilgileri yetkisiyle kullanıcılar, bilgilerini ve şifrelerini kullanıcı menüsünden ayarlayabilirler.

Noktalar arası veri aktarımı (linkleme), noktalar arasındaki bağımlı çalışma özelliği için geliştirilen yazılım özelliğidir. İki uzak nokta arasındaki haberleşme yazılım aracılığı ile yapılabilmektedir. Bu sayede 1.nokta, 2.noktanın durumuna göre çalışmasını devam ettirebilir. Örneğin, bir pompa noktasının bir depo noktasının seviyesine göre çalışması gerekiyorsa, pompa noktasının depo noktasındaki seviyeden haberdar edilmesi gereklidir. Böylece pompa noktası depo noktasındaki seviyeyi belli bir aralıkta tutarak otomatik çalışma prensibini işletebilir. Veri aktarımının periyodik aralıklarla tekrar gerçekleştirilmesiyle güncel bir haberleşme sağlanmaktadır. Veri aktarım sıklığı her bir parametre için ayrı ayrı tanımlanabilir. Veri aktarım parametreleri yazılım ara yüzü vasıtasıyla yönetim panelinde tanımlanabilir durumdadır. Veri aktarılacak noktanın

haberleşmesi kesildiğinde sistem bunu diğer noktaya bildirip PLC cihazındaki 'haberleşme yok' prensibi işletilir.

Her nokta için cihaz üzerindeki bütün ayar parametreleri geçmişe dönük yedeklenecektir. Nokta ayar yedekleri işlemi ilgili noktada her gün otomatik yapılabileceği gibi SYS kullanıcısı tarafından istenilen bir anda gerçekleştirilebilir. Ayarların bozulması veya PLC değişikliği durumunda SYS kullanıcısı istenilen zamanın ayarlarını geri yükleyebilir ve sistem çalışmasına devam edebilir. Kullanıcı herhangi bir zamandaki ayar yedeğinin değerlerini teker geri yükleyebilir veya görüntüleyebilir. Sunucu Şekil 3.24'te gösterilen topoloji ile çalışmaktadır.



Şekil 3.24. Sunucu topolojisi

Sistem bulut sunucu hizmeti desteklenmektedir. Su yönetim hizmeti hem web tabanlı olarak hem de mobil uygulama üzerinden 7 gün 24 saat çalışır vaziyettedir. Veri merkezi Türkiye Cumhuriyeti sınırları içindedir. Bulut sunucusunun kurumsal internet bant genişliği en az 10 MBit/s (U/D) hızındadır ve sistem gereksinimleri açısından bu değer altına düşmemelidir. Kurumsal karasal fiber bağlantının yanı sıra, redundant çalışacak şekilde konfigüre edilmiş 22 Mbit'e kadar uplink ve 6 Mbit'e kadar downlink uydu internet ve 4.5G mobil internet yedekleri aktif durumdadır. Veri merkezinin güvenliği için veri tabanı güncel, redundant çalışan güvenlik duvarı (firewall) sistemi mevcuttur. Veri merkezinin altyapı ağ anahtarları (switch) redundant yapıda çalışmaktadır. Veri merkezinde sistemin ortalama güç tüketiminin %30 üstünde

kapasiteye sahip 2 adet redundant olarak konfigüre edilmiş kesintisiz güç kaynağı (UPS) ile elektrik kesintilerine karşı jeneratör bulunmaktadır. Sanal veya fiziksel sunucularda barındırılan SYS'nin tüm bileşenleri (web sunucusu, veri toplama servisleri ve veri tabanı sunucusu gibi) redundant çalışacak şekilde MASTER ve SLAVE olarak konfigüre edilmiştir. Sanal veya fiziksel sunucularda barındırılan SYS'ye ait tüm veriler her gün saat 00.00'da günlük olarak yedeklenmektedir. Geçmişe dönük son 14 günün yedeğine yönetim yetkilerine sahip kullanıcılar tarafından istenildiği zaman dönülebilecektir. Veri merkezinde güvenlik, alarm ve yangın söndürme sistemleri aktif durumdadır. Veri merkezindeki sunucular ve ağ cihazları özel bir yazılımla izlenebilir niteliktedir. Herhangi bir erişim probleminde yönetim yetkilerine sahip kullanıcıların belirleyeceği personellere alarm bildirimleri (e-posta, SMS veya telefon araması şeklinde) otomatik olarak ulaştırılabilir. Veri merkezinin fiziksel olarak erişilemez olması durumunda mevcut sunucu merkezinden farklı bir şehirde bulunan yedek bulut sunucusundan sistem hizmet vermeye devam edecektir.

3.2. Metot

3.2.1. İçme sularının kalite yönetiminde kullanılan akıllı sistemler

Günümüzde hızla ilerleyen bilgi teknolojisi, geleneksel yönetim anlayışını derinden etkileyerek geliştirmiştir. Bilgi sistemleri teknolojisinin içme suyu dağıtım sistemlerinde su kalitesi yönetiminde kullanımı, yönetim süreçlerini hızlı, etkin, bilgiye dayalı, objektif, verimli ve ekonomik hale getirmektedir.

Su kalitesi yönetiminde kullanılan teknolojiler şunlardır:

1. CBS teknolojisi
2. İçme suyu dağıtım sistemi matematik modeli
3. Hidrolik ve su kalitesi modellemesi
4. SCADA sistemi
5. Karar Destek Sistemleri

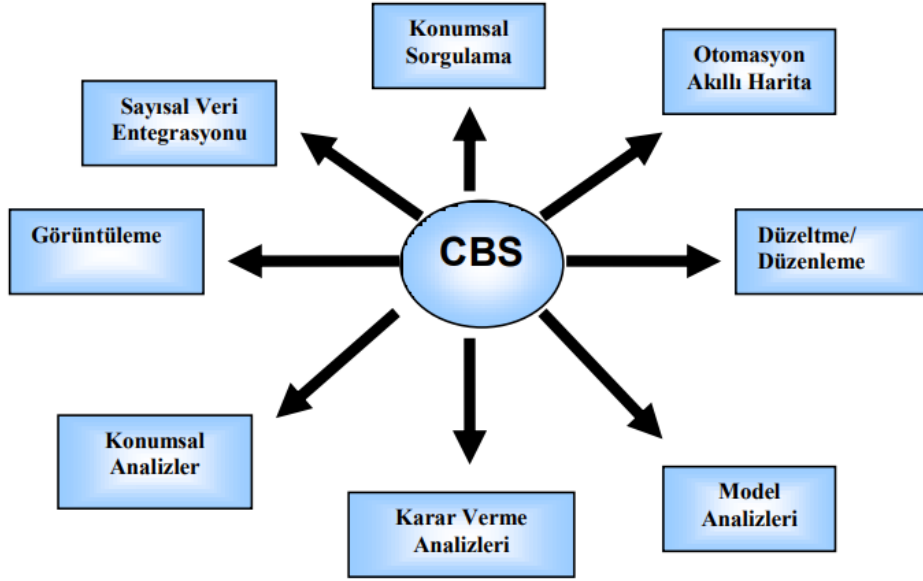
3.2.1.1. Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) teknolojisi

Su kaynakları uygulamalarında CBS uygulamaları ilk olarak 1974 tarihinde ESRI, Maryland Eyalet Planlama Departmanı ve Maryland Üniversitesi iş birliğiyle Maryland Otomatik CBS (The Maryland Automated Geographic Information (MAGI) System) geliştirilmesi ile ortaya çıkmıştır. Bu eyalet, uzaktan algılama teknikleri kullanarak hidrolojik model geliştiren üniversitelerden biri olarak bilinmekteydi. Merkezi sistem, 91.8 hektarlık bir alanda 88.000 hücre çözünürlüğüne sahipti. MAGI'nın kullanıldığı

projeler arasında tarımsal arazi haritalama, eyalet genelinde açık alan planlaması, kıyı kullanım çalışmaları, enerji santrali konumlandırma, su kalitesi çalışmaları, petrol sızıntısı acil durum planları ve habitat çalışmaları bulunmaktaydı. 1968'de MAGI sistemi için kullanılan Univac 1108 Merkezi işlem biriminin (CPU) maliyeti yaklaşık 500.000 ABD dolarıydı. Bunun yanı sıra, sistem için bellek, manyetik bant sürücüleri, teyp ve tambur denetleyicileri, kart okuyucu, delgeç ve yazıcı gibi bileşenlere ihtiyaç vardı. Bu parçaların toplam maliyeti genellikle bir milyon ABD dolarını aşmaktaydı. İlk nesil bilgisayarları sadece yüksek eğitilmiş kişiler kullanabilmekteydi. CBS kullanıcıları, her proje için Maryland Üniversitesi Bilgisayar Bilimleri Merkezi teknik danışmanlarına başvurmak zorunda kalmışlardı. Bilgisayarı kullanmak istediklerinde, danışmanlara zamanlarının karşılığını vermek ve bilgisayara telefon bağlantısıyla erişim sağlamak zorunda kalmışlardı (Tona ve ark., 2022).

1970'lerde, 25.000 ABD dolarından daha düşük maliyetli mini bilgisayarlar popülerlik kazanmaya başladı ve üretimleri arttıkça, hesaplama gücü mühendisler ve bilim insanları için daha ulaşılabilir hale geldi. Bu durum, su kaynakları mühendisleri ve planlamacıları için bilgi işleme ihtiyaçları için bu teknolojiyi keşfetme isteği uyandırdı. Hala bugün, su havzalarının sınırlandırılması ve geçirgen olmayan yüzeylerin haritalanması, entegre CBS ve uzaktan algılama yöntemleri için kritik bir görev olarak önemini korumaktadır (Tona ve ark., 2022).

İçme suyu sistemiyle ilgili bilgilerin toplanması, işlenmesi ve kullanılabilir hale getirilmesi için CBS etkin bir araçtır. CBS, yeryüzü şekillerini ve gelişen olayları haritalandırmak ve analiz etmek için bilgisayar destekli araçlar içerir. Bilgisayar destekli tasarım (CAD) ortamı ve veritabanı gibi unsurlardan oluşur ve farklı konumsal bilgi sistemlerini bir araya getirir.



Şekil 3.25. CBS'nin temel fonksiyonları

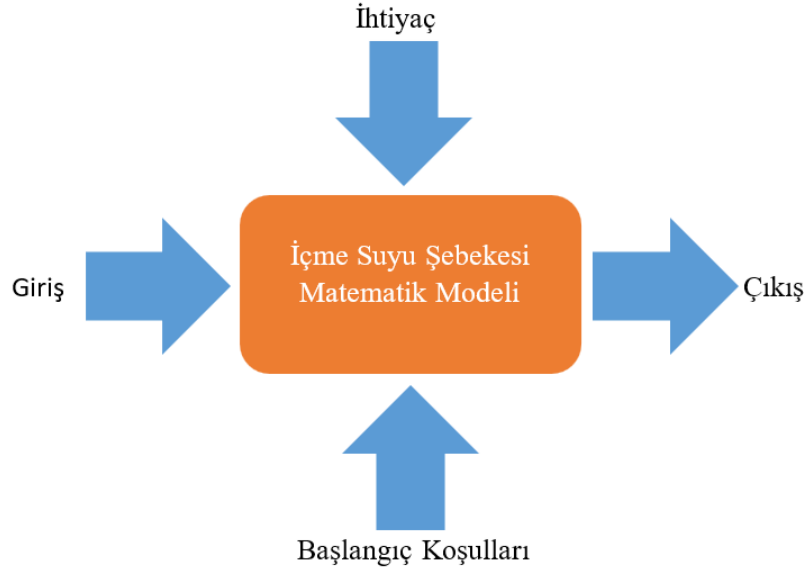
Akım şemasıyla verilen bir bilgi sisteminin amacı, planlama, araştırma ve yönetim süreçlerinde kullanıcının karar verme yeteneğini artırarak en doğru kararı vermesini sağlamaktır. CBS'lerde, bu sistemin kullanım amacı önceden belirlenmiş olmalıdır çünkü veriler üzerinde yapılan mantıksal işlemler, belirlenen prensiplere göre gerçekleşir.

- Verilerin toplanmasında izlenecek yöntemler,
- Veri formatı, içeriği ve kaynakları,
- Verilere uygulanacak işlemlerin türü ve yöntemleri,
- Verilere uygulanacak analiz yöntemleri gibi konular önceden belirlenmelidir.
- Analiz sonuçlarının kullanıcıya hangi platformlar aracılığıyla sunulacağı önceden belirlenmelidir.

Bu çalışma çerçevesinde, içme suyu sistemi için belirlenen numune alma noktalarıyla ilgili tüm mekânsal veriler, CBS ortamına aktarılacak ve bu sayede su kalitesiyle ilgili modeller daha hızlı ve hassas veri üretebilecektir. Model sonuçlarının analizi ve sunumu ise yine CBS yazılımlarının sağladığı tematik görsel harita üretim araçlarıyla daha basit, anlaşılır ve görsel açıdan zengin bir şekilde gerçekleştirilecektir.

3.2.1.2. İçme suyu dağıtım sistemi matematik modeli

Su dağıtım sistemlerinde matematiksel modellerin kullanımı, su kalitesinin izlenmesi ve yönetilmesi için önemli bir araçtır. Bu modeller, suyun akışını, basıncını ve kalitesini analiz ederek sistemdeki olası problemleri tespit etmeye yardımcı olur.



Şekil 3.26. İçme suyu şebekesi

Su dağıtım şebekesi, borular, noktalar (boru birleşim yerleri), pompalar, vanalar, rezervuarlar ve depolama yapıları gibi fiziksel unsurlardan oluşan bir sistemdir. İçme suyu şebekelerinin matematiksel modellenmesi, hidrolik ve su kalitesi modelleme olmak üzere iki ana bölümden oluşmaktadır. Şebeke modellerinde aranan temel özellikler arasında her bir borudaki debi, her bir noktadaki basınç, her bir depodaki su seviyesi ve şebekedeki kimyasal maddelerin konsantrasyonunun tayini gibi önemli özellikler bulunmaktadır. Ayrıca, bir şebeke modelinde suyun yaşı ve kaynak tespiti gibi konular da büyük önem taşımaktadır (Aydın, 2007).

Şebeke modelleri, içme suyu bileşenlerinin taşınımı ve reaksiyonlarının daha iyi anlaşılmasını sağlayan önemli araçlardır. Bu modeller aynı zamanda içme suyu dağıtım sistemleri analizi ile ilgili birçok uygulamada da kullanılabilir. Bunlar arasında, numune alma programlarının tasarlanması, hidrolik modellerin kalibrasyonu, bakiye klor analizleri ve kullanıcılarla ilgili değerlendirmeler gibi işlemler yer almaktadır.

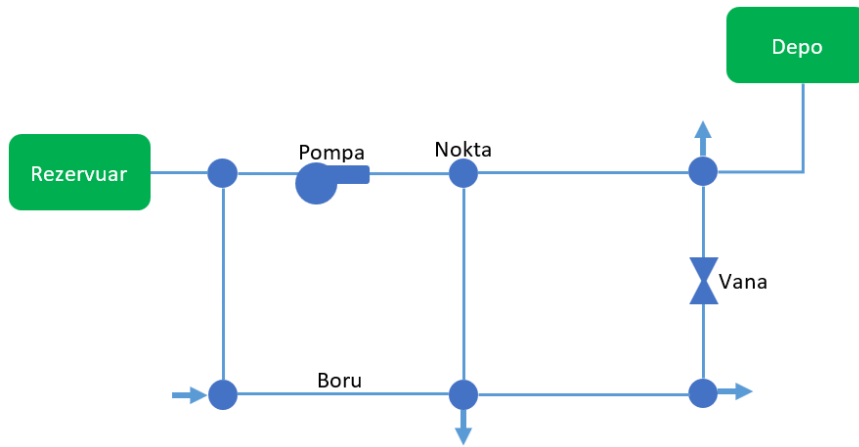
Su kalitesinin iyileştirilmesi için gereken alternatif yönetim stratejilerinin değerlendirilmesinde şebeke modellerinden faydalanılabilmektedir. İşte bazı alternatif yönetim stratejileri:

- Çoklu kaynaktan beslenen sistemlerde, kullanılan kaynağı değiştirme
- Pompalama işlemlerini ve depoların doldurma/boşaltma periyotlarını değiştirme
- Depolarda tekrar klorlama gibi farklı arıtma yöntemleri kullanma
- Sorunlu bazı boruların temizlenmesi veya yenilenmesi gibi çeşitli önlemler sıralanabilir.

3.2.1.3. Hidrolik ve su kalitesi modellemesi

Kaliteli bir su modellemesi yapmanın ilk koşulu, kaliteli hidrolik modellemeler yapmaktan geçer. Günümüzdeki hidrolik modellerde hala olması gereken belli başlı özellikler şunlardır.

- Şebekeden ayrı olarak ayrıştırma yapmak.
- Sürtünme kayıplarını değişik formüllerde hesaplayabilmek.
- Pompaları hızlarına göre modellemesi
- Debimetre, vana, klape vb. basınç hesaplayıcı vanalar modellemesi
- Depolama tanklarının değişik şekillerde olmasını sağlamak.

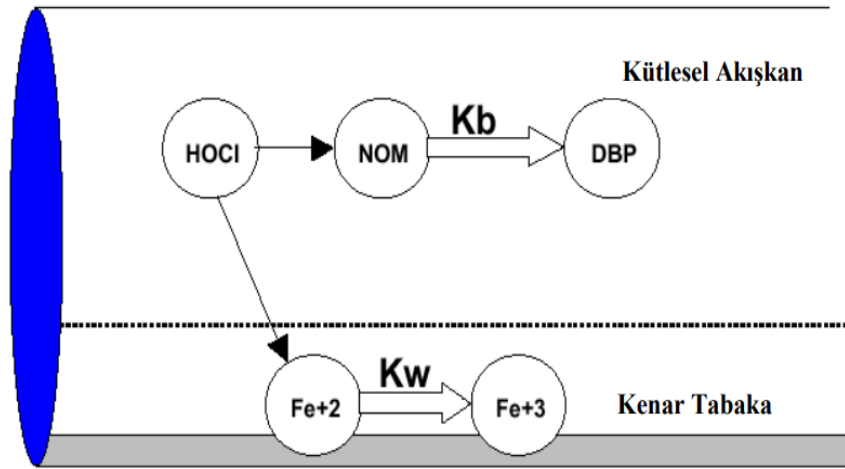


Şekil 3.27. İçme suyu şebekesinin unsurları

Hidrolik şebeke modelinin unsurları aşağıda sıralanmıştır.

- **Noktalar**
 - Düğüm Noktaları
 - Rezervuar
 - Depolar
- **Bağlantılar**
 - Borular
 - Pompalar
 - Vanalar
- **Harita Etiketleri**
- **Zaman Şablonları**
- **Eğriler**
- **Kontroller**
 - Basit

Standart matematiksel modelde, bir maddenin dağıtım sistemi süresince gelişmesi ve çürümesi reaksiyonları izlenebilir. Bu tür izlemeler için maddenin reaksiyon hızı ve bu hızın madde konsantrasyonu üzerindeki etkisi bilinmelidir. Reaksiyonlar, kütleli akış içinde olabileceği gibi boru duvarı boyunca da malzeme ile gerçekleşebilir. Bu durum, Şekil 3.28’te gösterildiği gibi olabilir. Örneğin, serbest klor (HOCl), doğal organik madde (DOM) ile kütleli akışın olduğu kısımda reaksiyona girerken aynı zamanda boru duvarındaki kenar tabakaya iletilerek korozyon sonucu ayrılan demir (Fe) ile oksidasyon oluşturur. Kütleli akışkan reaksiyonları ayrıca depolarda da gerçekleşebilir.

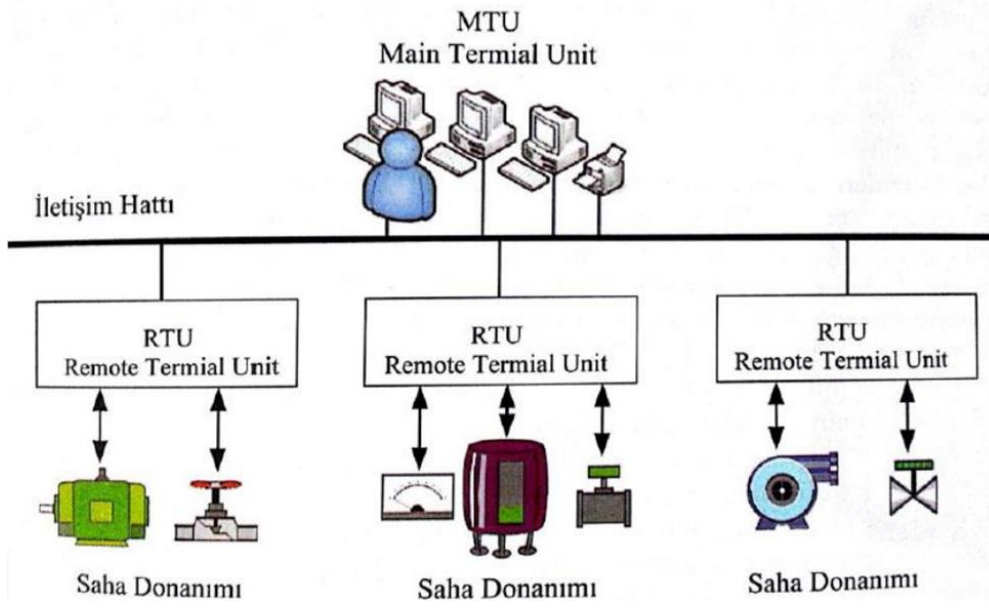


Şekil 3.28. Borunun içindeki su kalitesinin reaksiyonları

3.2.1.4. Gözetleyici kontrol ve veri toplama (SCADA) sistemi

SCADA sistemleri, içme suyu dağıtımını için merkezi bir kontrol ve izleme sağlar. Bu sistemler, uzak bölgelerden suyun akışını izleyerek bilgi toplayan ve bu bilgileri yine uzaklara yollayarak depolama tanklarını kontrol ederek ve acil durumlarda otomatik olarak müdahale ederek su dağıtımını yöneten sistemlerdir. Genel olarak kontrollüdürler. SCADA sistemde olan biten işlemleri izler ve bilgisayar ortamına kaydeder.

SCADA, verileri toplama, transfer etme, bilgisayarda depolama, otomatik bildirim gönderme ve uzaktaki faaliyetlerin kontrolünden oluşan bir dizi işlemlerle açıklanabilir. SCADA sistemi, farklı iletişim yöntemlerini kullanarak bilgi alışverişi yapabilme kabiliyetiyle ön plana çıkar. Bu kabiliyet, SCADA’yı uzaktaki sistemlerden veya diğer dijital sistemlerden veri alıp yollama amacıyla kullanılabilir hale getirir. SCADA sistemleri, telefon hatları, UHF/VHF bantları, mikrodalga sistemleri, uydu sistemleri ve fiber optik kablolar gibi çeşitli iletişim protokolleri aracılığıyla iletişim sağlayabilir.



Şekil 3.29. SCADA sisteminin temel unsurları

SCADA sisteminin avantajları şunlardır:

- Anlık izleme ve müdahale olanağı sağlaması.
- İş gücü ve zaman verimliliğini artırması.
- Enerji tüketimini takip ederek tasarruf sağlaması.
- Geçmiş kayıtların kolaylıkla takip edilebilmesi.
- Sistemin işleyişiyle ilgili anlık bilgi alınabilmesi.
- Sistemden alınan verimin artmasını ve güvenilirliğinin sağlanması.
- SCADA bildirim sisteminin çok güvenilir olması.
- Sistemde performans izlenilebilir olması.
- Operatör eğitimini masrafını azaltması vb.

Bunlardan yola çıkarak özellikle de içme suyu uzaktan izleme sistemlerinin SCADA bağlantılı ölçümler aracılığıyla izlemek günümüzde daha kolay ve yaygın hale gelmiştir. Böylelikle su kalitesini uzaktan izlemek ve kontrol etmek mümkündür.

3.2.1.5. Karar-destek sistemleri

Su kalitesi yönetiminde kullanılan karar destek sistemleri, veri analizi ve karar alma süreçlerini destekler. Bu sistemler, su kalitesi verilerini toplar, analiz eder ve karar vericilere doğru bilgiyi sunarak karar alma sürecini kolaylaştırır.

Yönetim mekanizmalarının ürettikleri kararların doğru, uygulanabilir, ekonomik ve sürdürülebilir olması hayati önem taşır. Bu nedenle, her kararın sağlam bir bilgiye ve analize dayanması kritik bir gerekliliktir.

Karar Destek Bilgisayar Sistemleri, karar vericilere su ve doğal kaynakların yönetiminde geniş kapsamlı ve disiplinler arası bir yaklaşım sunma imkânı sağlar. Bu sistemler, ileri mühendislik modelleri, analiz teknikleri, karmaşık veriler, CBS ve kullanıcı dostu grafik arayüzlerinin birleştirildiği entegre sistemlerdir.

Karar destek sistemleri, su kalitesi ölçümleri, debi, basınç, konumsal yükseklik, arazi kullanımı, hidrografi, iklim verileri gibi birçok veriyle çok kriterli analiz, optimizasyon, YAS/yüzeysel suların modellenmesi, içme suyu sistemlerinin modellenmesi gibi işlevleri tek bir çatı altında birleştirme yeteneğine sahiptir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Çalışma Sahası

Şekil 4.1’de gösterildiği gibi Yozgat ili Türkiye’nin İç Anadolu Bölgesinde yer almaktadır. Yozgat’ın içinde bulunduğu yöre Cumhuriyet ilk yıllarına kadar Bozok vilayeti olarak anılmıştır. Türkiye Büyük Millet Meclisi vekillerinden Süleyman Sırrı İÇÖZ’ün 25 Haziran 1927 tarihli teklifiyle “Yozgat” vilayet adı olarak da tescil edilmiş ve ilin ismi resmi olarak kabul edilmiştir. Güncel olarak 424.981 nüfusa sahip olan Yozgat; Yerköy, Sorgun, Şefaati, Akdağmadeni, Sarıkaya, Çekerek, Aydıncık, Boğazlıyan, Çandır, Çayıralan, Kadışehri, Saraykent, Yenifakılı olmak üzere 13 ilçeden oluşmaktadır.



Şekil 4.1. Yozgat ili konum haritası (Saygılı, 2020)

Yozgat ilinin rakımı 1300 m’dir. Fiziki yapısı dolayısıyla etrafı yüksek dağlık olan Yozgat’ta su depolama tankları ve terfi merkezleri Şekil 4.2 de gösterilmiştir. Yozgat’taki içme suyu depolama tankları şebeke sistemlerinden Yozgat Su ve Kanalizasyon İdaresi (YOSKİ) müdürlüğü sorumludur. Yozgat’ın içme suyu 4 adet terfi merkezi ve 13 adet su deposu Şekil 4.2’deki görselde verilmiştir.

Ülkemizin toplam kullanılabilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli 112 milyar m³ ve kişi başına düşen su potansiyeli yaklaşık 1500 m³/kişi/yıl olduğuna göre, ülkemiz “su stresi” içinde ve giderek “su fakiri” olma yönünde ilerlemektedir.



Şekil 4.2. Yozgat merkez su depolama tankları planı

Yozgat da benzer özellikler göstermektedir. Bu doğrultuda depolama tanklarındaki tortu oluşumunu ve pH değerini seviye sensörleri ile sisteme basılan su miktarını debimetreler ile kayıp kaçakları ise depodan çıkan su miktarı ile tahakkuk edilen miktar farkından yola çıkılarak SCADA sistemi ile uzaktan kontrol edilecektir. Bu çalışmada Yozgat ili incelenmiş olup veriler kaydedilmiştir. Şekil 4.2.'de verilen çalışma noktalarında kullanılan ekipmanların detaylarına ait bilgiler Tablo 4.1.'de verilmektedir.

Tablo 4.1. Çalışma noktalarındaki ekipmanlar

Ekipmanlar	Bahçeşehir Su Deposu 500 m ³	Muslubelen DSI 4000 m ³	Muslubelen DSI 2000 m ³	Muslubelen Terfi İstasyonu	Sanayi Depo 900m ³	Artıma Terfi	Cezaevi Depo 500m ³	Nohutlu Depo 500m ³	Ahmet Efendi Depo 500m ³	Bağlar İçi Terfi	Ana su deposu 15.000m ³	Fatih Terfi	Fatih Depo 1	Fatih depo 2	Toki Depo 1000 m ³	Toki Depo 500 m ³	Ana Branşman Depo	Toplam	
Seviye sensörü	2	2	2	2	2	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	36
Basınç sensörü				2		6				2		6							16
Fark basınç sensörü				2		4				2		4							12
PT 100 sıcaklık sensörü	2	2	2	9	2	16	2	2	2	9	2	16	2	2	2	2	2	2	76
Master SCADA panosu						2						1							3
Depo SCADA panosu	1	1	1		1		1	1	1		1		1	1	1	1	1	1	13
Terfi SCADA panosu				1		2				1		2							6
Data point scada panosu						1						1							2
DN 80 elektromanyetik debimetre												1							1
DN 100 elektromanyetik debimetre						2													2
DN 150 elektromanyetik debimetre					1	1			1				1						4
DN 200 elektromanyetik debimetre	2				1				1					1	1				6
DN 250 elektromanyetik debimetre									1										1
DN 300 elektromanyetik debimetre							1												1
Ultrasonik debimetre											1								1
Güneş enerji üretim sistemi	1				1		1						1	1	1	1			7
Bakiye klor bulanıklık			1								1								2
Elektrik ve mekanik tadilat	2				2	3			3	2		2	2	2	2				20

Tablo 4.1.'den de anlaşılacağı üzere seviye ve sıcaklık sensörleri tüm çalışma noktalarında kullanılmıştır. Çalışma kapsamındaki bu yerlere ait depo görselleri, boru hat bağlantı noktaları ve lokasyon bilgileri Şekil 4.3'te verilmiştir.

Bahçeşehir su deposu (500 m³)



249'
NE
39,81986°
034,85299°

Muslubelen DSİ (4000 m³)



252'
NE
39,83007°
034,84889°

Muslubelen DSİ (2000 m³)



↑
63
NE

39,82944°

034,84876°

Muslubelen terfi



↑
64
NE

39,82903°

034,84887°

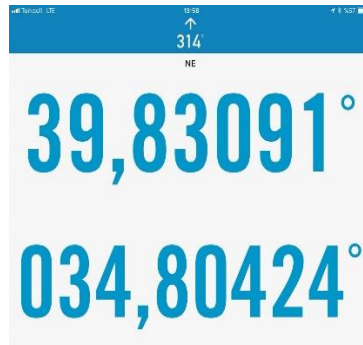
Sanayi Depo (900 m³)



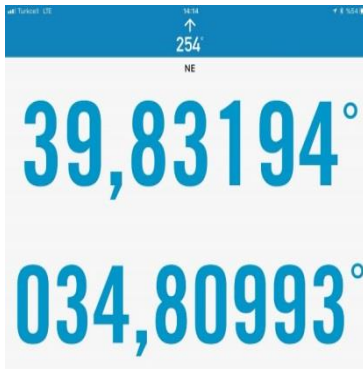
İçme suyu arıtma terfi



Cezaevi depo (500 m³)



Nohutlu depo (500 m³)



Ahmet Efendi depo (500 m³)



↑
117
NE
39,82736°
034,80770°

Bağlar İçi terfi

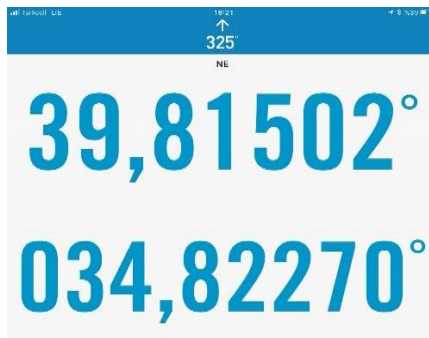


↑
216
NE
39,82934°
034,80297°

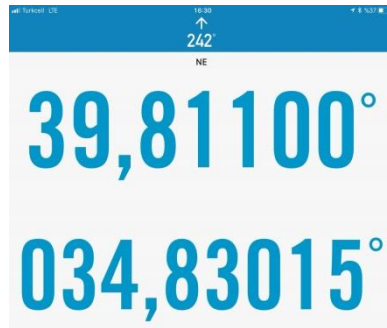
Ana su deposu (15.000 m³)



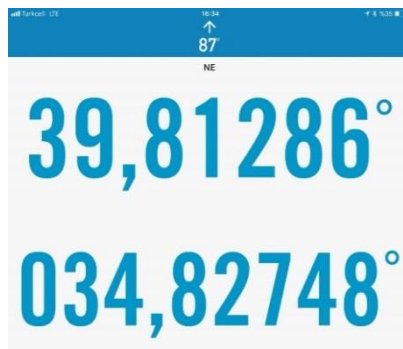
Fatih terfi



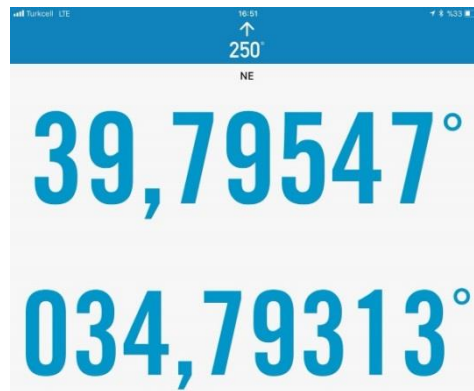
Fatih depo 1 (500 m³)



Fatih depo 2 (500 m³)



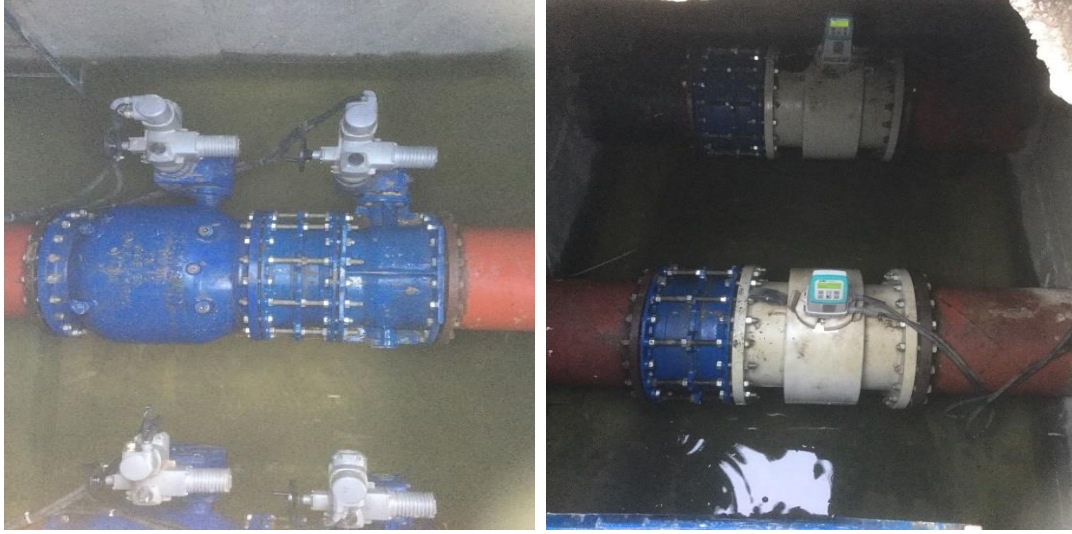
Toki Depo (1000 m³)



Toki depo (500 m³)



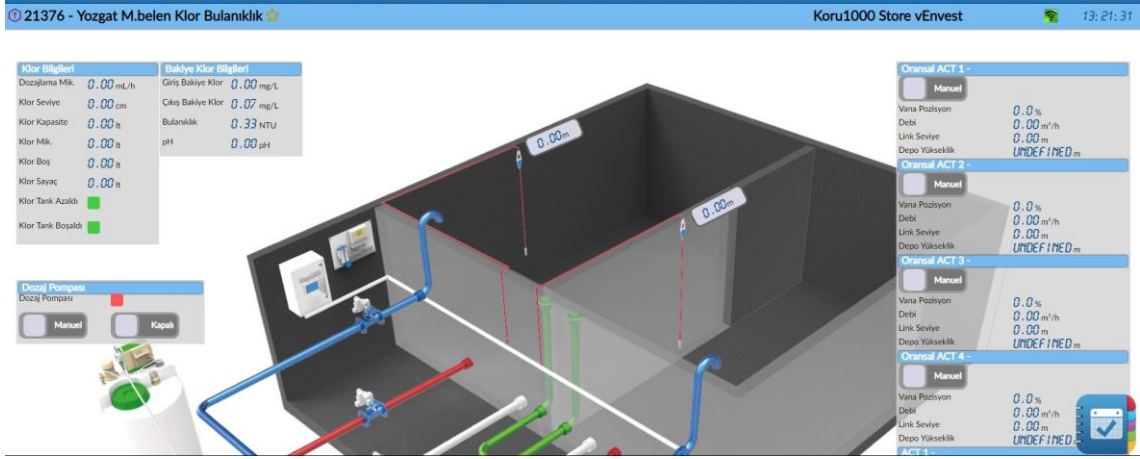
Ana branşman



Şekil 4.3. Çalışma bölgelerine ait depo görselleri

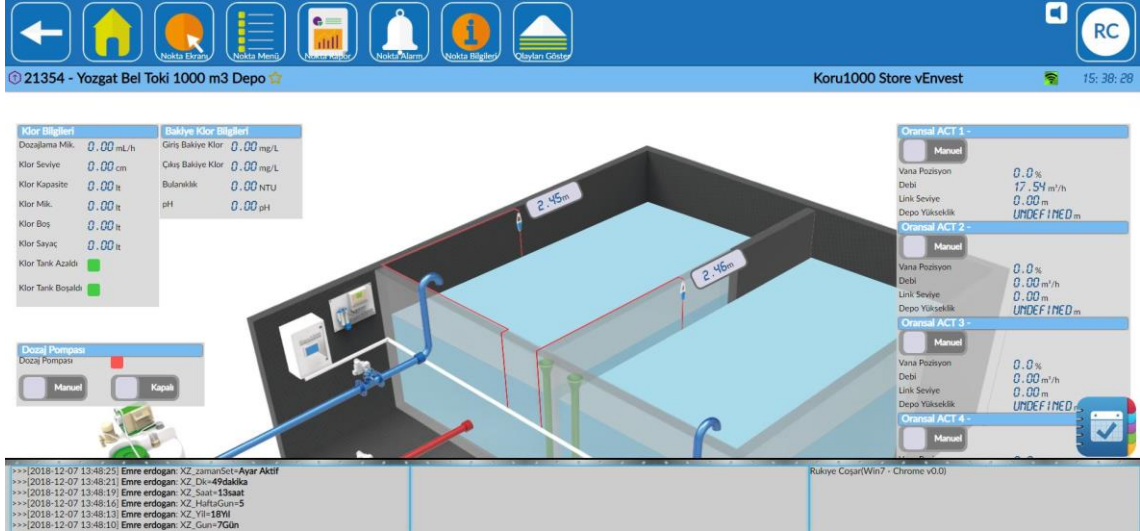
4.2. SCADA Ara-Yüzünden Depo Takibi

Şekil 4.4'te Yozgat Muslubelen depo arayüzündeki veriler görülmektedir. Depo içinde çok az miktarda su bulunmaktadır. Burada mavi borular giriş, kırmızı borular çıkış, yeşil borular taşkın tahliye borularıdır. Boruların üzerinde beyaz renkte açma kapama vanaları bulunmaktadır. Gösterge ekranından depodaki suyun anlık klor seviyesinin 0,07 mg/L, bulanıklığının 0,33 NTU olduğu görülmektedir.



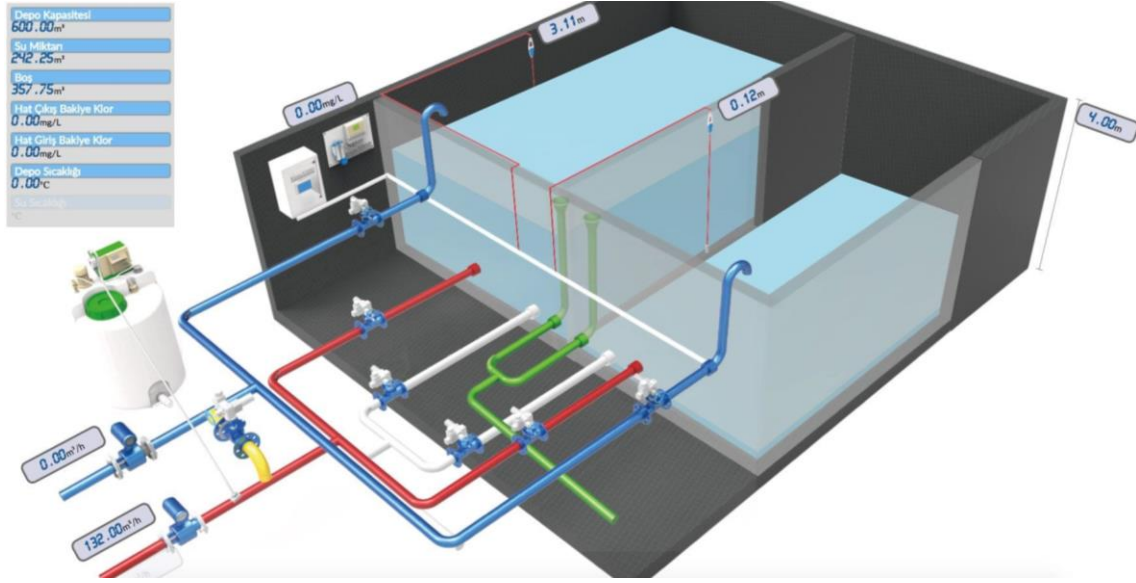
Şekil 4.4. Muslubelen depo verileri

Şekil 4.5.'te Yozgat Belediyesi Toki depo arayüzündeki veriler görülmektedir. Deponun bir miktar dolu olduğu görülmektedir. Burada mavi borular giriş, kırmızı borular çıkış, yeşil borular taşkın tahliye borularıdır. Mavi borular üst kısımdan depoyu doldurmakta, kırmızı borular sıfır seviyesine yakın yerden boşaltım yapmaktadır. Gösterge ekranından depodaki su seviyesinin 2,45 m, anlık debinin 17,54 m³/h olduğu görülmektedir.



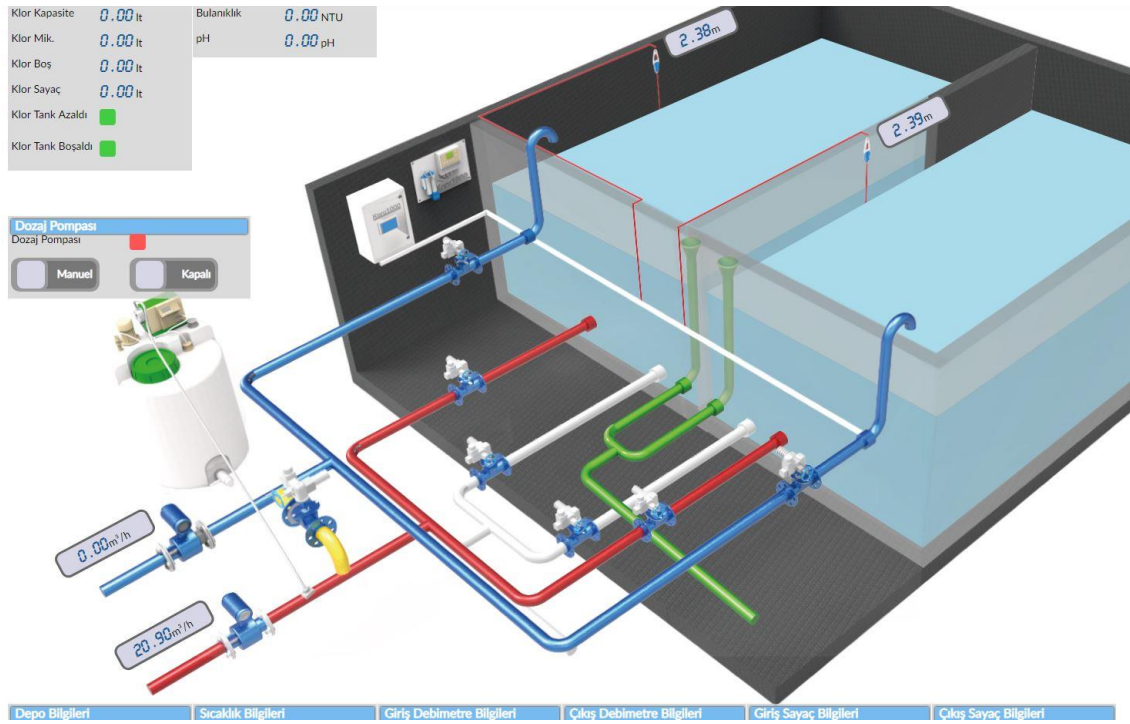
Şekil 4.5. TOKİ depo verileri

Şekil 4.6'da depo kapasitesi 600 m³ olan depoda 242,25 m³ su olduğu, 357,75 m³ boş hacimsel alanın bulunduğu görülmektedir. Deponun sol bölümünde 3,11 m ve sağ bölümünde 12 cm seviyesinde su olduğu, deponun sağ bölümünün kullanılmadığı ve debimetreden anlık olarak 132 m³/h su çıkışı olduğu görülmektedir.



Şekil 4.6. Depolarda su seviyelerinin anlık takibi

Şekil 4.7’de deponun sol bölümünde 2,38 m, sağ bölümünde ise 2,39 m seviyesinde su olduğu ve debimetreden anlık olarak 20,90 m³/h su çıkışı olduğu görülmektedir. Ayrıca bu ekrandan bulanıklık, pH ve klor değerlerinin takibi yapılmaktadır.



Şekil 4.7. Depolarda bulanıklık, pH ve klor değerlerinin anlık takibi

Şekil 4.8’de Yozgat Belediyesi Sanayi depo verileri görülmektedir. 972 m³ kapasiteli deponun 920,19 m³’lük bölümünün su ile dolu olduğu, 51,81 m³’lük hacimsel

alanın boş olduğu görülmektedir. Debimetreden anlık olarak 195,72 m³ su çıkışı bulunmaktadır. Pano sıcaklığı 13,30 °C ve iç ortam sıcaklığı 12,10 °C değerlerindedir. Deponun sol bölümünde 3,32 m ve sağ bölümünde 3,49 m seviyesinde su olduğu bulunduğu izlenmektedir.



Şekil 4.8. Sanayi depo verileri

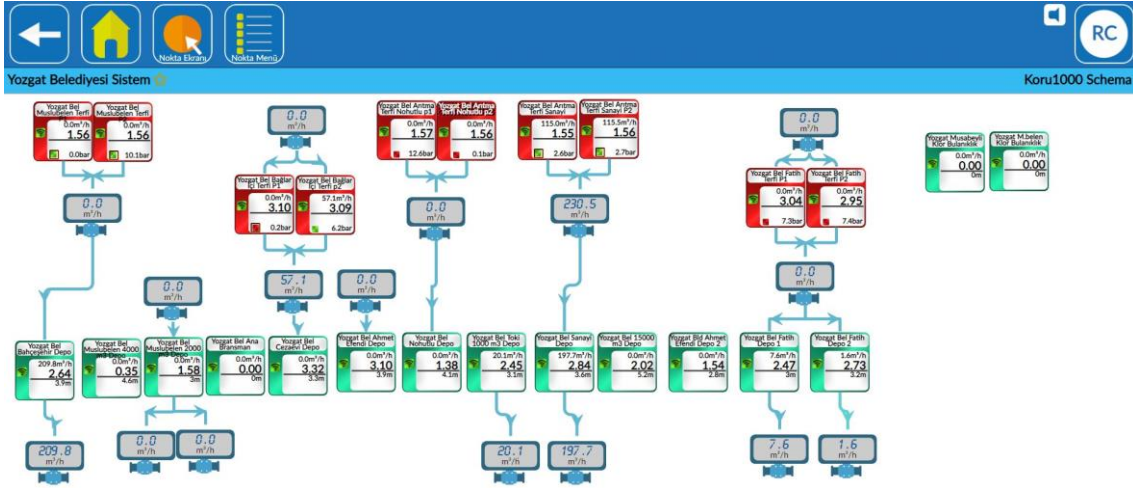
4.3. SCADA Ara-Yüzünden Veri Takibi

Şekil 4.9’da SCADA sisteminin ana merkezden takip edildiği ekran görülmektedir. Ekranda Tokat, Kayseri, Yozgat ve Ankara'daki terfi merkezlerinin verileri görülmektedir. Ekranın sağ bölümünde Gıyğj 5 nolu kuyunun ve Asat Manavgat Türkbelen’in haberleşme bağlantısının kesildiği alarm durumu görülmektedir. Ekrandan terfi merkezlerindeki su seviyeleri ve saatte kaç m³ su basıldığı takip edilmektedir.



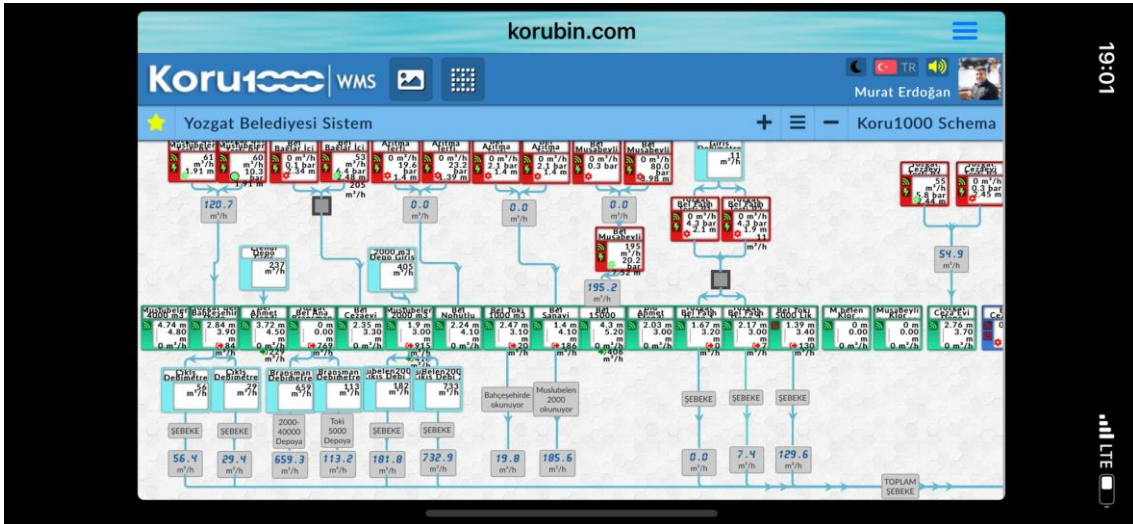
Şekil 4.9. SUKİ’ler terfi ve pompa istasyonlarının merkezi kontrolü

Şekil 4.10'da Yozgat Belediyesi sistem verileri görülmektedir. Terfi ve depo merkezlerinden basılan suyun debimetre üzerinden okunan değerlerin online takibi yapılmaktadır. Burada kırmızı renk ile terfi merkezleri, yeşil renk ile depolar gösterilmektedir. Terfi ve depo merkezlerini gösteren simgelerin içerisinde wifi işaretinin yeşil renkte olması, merkezle bağlantılı durumda olduğunu göstermektedir. Ayrıca her bir terfi ve depo merkezinin içerisindeki su seviyeleri ve debimetre değerleri izlenmektedir.



Şekil 4.10. Basılan suyun debimetre üzerinden online okunan değerler

Şekil 4.11'de Yozgat Belediyesi sistem verilerine göre terfi merkezleri, depo merkezleri, depolardan şebekelere su basan çıkış debimetreleri, elektrik ve internet bağlantıları ile basınç değerleri mobil ara-yüz üzerinden de gösterilmektedir.

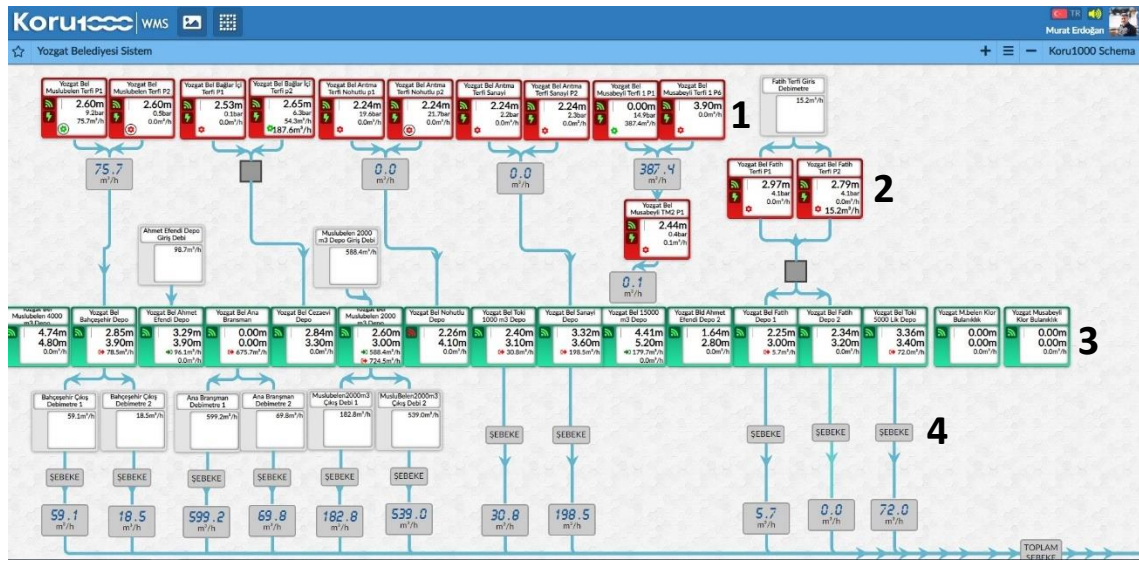


Şekil 4.11. Uygulamanın mobil ara-yüzü

Örneğin, ekranın sol üst bölümünde Muslubelen terfi merkezi 1 numaralı pompadan $61 \text{ m}^3/\text{h}$ su çıkışı olduğu, su seviyesinin $1,91 \text{ m}$ olduğu, bu terfi merkezindeki

1 ve 2 numaralı pompaların depolara toplamda 120,7 m³/h su bastığı görülmektedir. Çıkış debimetreleri takip edildiğinde şebekelere iki ayrı noktadan 56 m³/h ve 29 m³/h su gönderildiği anlaşılmaktadır. Bununla birlikte 3. terfi merkezi olan Arıtma terfi merkezinden su çıkışı olmadığı izlenmektedir.

Şekil 4.12’de Yozgat Belediyesi’ne ait terfi merkezlerinde wifi bağlantısı, elektriksel bağlantısı, basınç değerleri, terfi merkezlerinden depo merkezlerine kaç m³/h su basıldığı, su seviyeleri, depo merkezlerinin yükseklikleri ve su seviyeleri görülmektedir. Örneğin Muslubelen Terfi P1 merkezinde su seviyesinin 2,60 m, basıncın 9,2 bar ve basılan su miktarının 75,7 m³/h olduğu görülmektedir. Gönderilen suyun ulaştığı Bahçeşehir depo merkezinde depo yüksekliği 3,90 m, su seviyesinin 2,85 m iken çıkış debimetrelerine 78,5 m³/h su basıldığı gözlenmektedir. Çıkış debimetreleri takip edildiğinde şebekelere iki ayrı noktadan 59,1 m³/h ve 18,5 m³/h su gönderildiği anlaşılmaktadır.



Şekil 4.12. SCADA çalışma sistemi

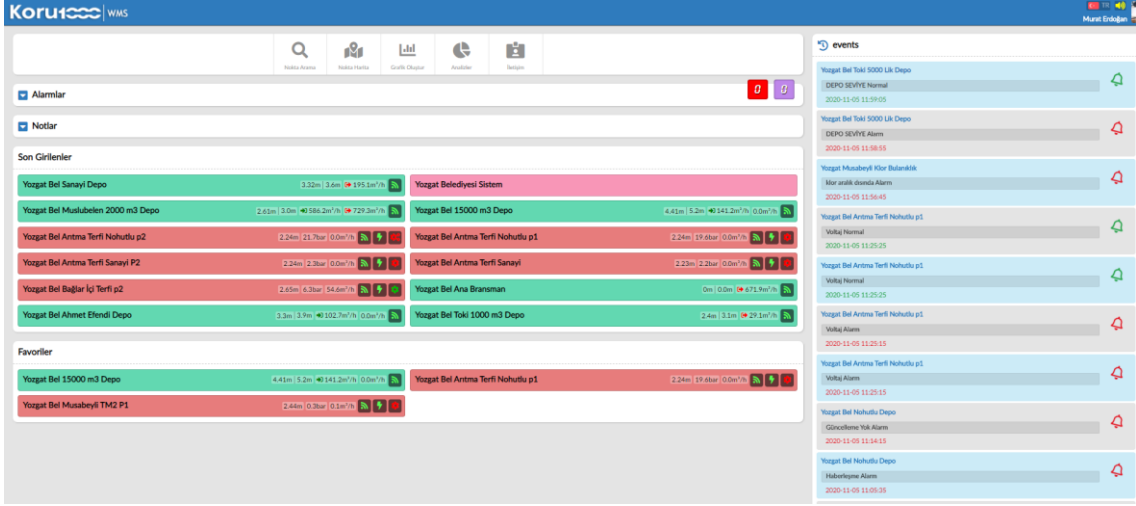
SCADA sisteminin uzaktan çalışma şekli gösterilmiştir. Burada;

1 Numara, terfi için depolardır. İlk numaralandırılanların coğrafi olarak dağıtımını göstermek için sistemin çalışmasını temsil etmektedir.

2 Numaralı kısımda suyun pompalar vasıtasıyla hangi terfiden hangi depolara aktarılacağı ve suyun hangi basınçta gönderildiği bilgileri gösterilmektedir.

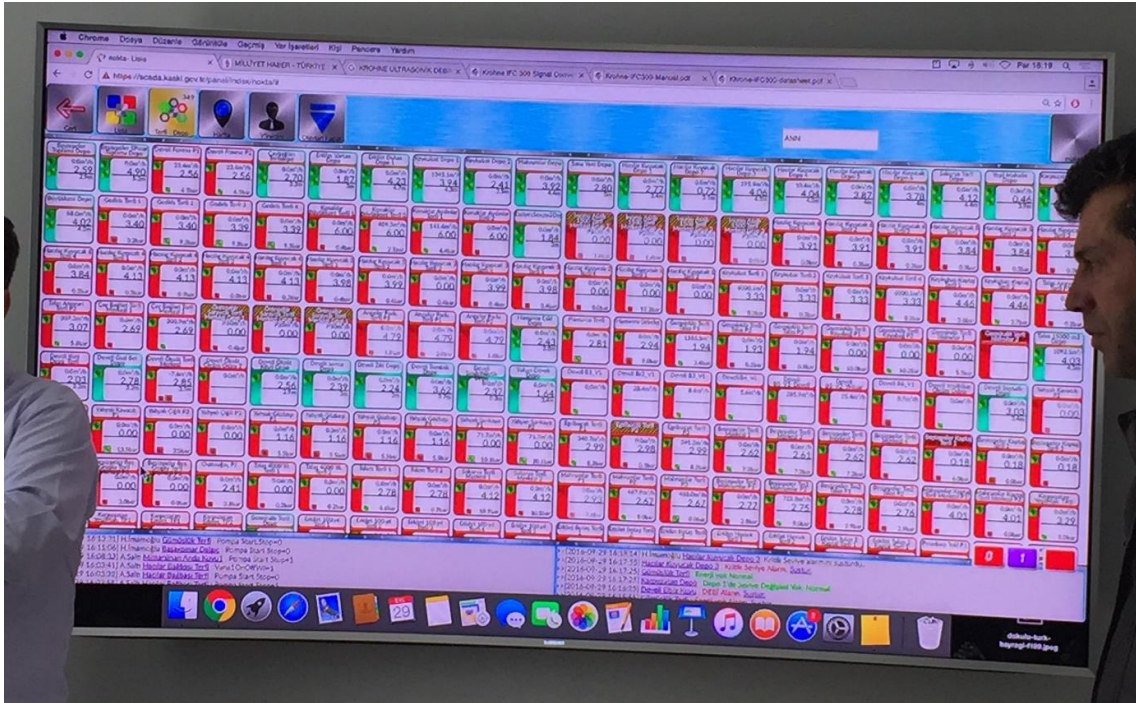
3 Numaralı kısım su depolarını temsil etmektedir. Su depolarının üzerinde depoların yükseklikleri ve içerisinde bulundurduğu suyun seviyeleri gösterilmektedir.

4 Numaralı kısımda şebekeye gönderilen suyun debileri gösterilmektedir.



Şekil 4.13. Farklı lokasyonlardaki depoların anlık bildirimleri

Şekil 4.13'te bilgi ekranının sol bölümünde son takip edilen bölgeler ve favori olan depo ve terfi merkezleri, sağ bölümünde ise alarmlar görülmektedir. Örneğin ekranın sol bölümünde Yozgat Belediyesi sanayi deposunun yüksekliğinin 3,60 m, su seviyesinin 3,32 m olduğu, saatte 195,1 m³/h su basıldığı ve wifi bağlantısının olduğu görülmektedir. Bununla birlikte ekranın sağ bölümünde Yozgat Belediyesi Toki 5000'lik deponun seviyesinde alarm olduğu, depodaki su seviyesinin çok az ya da çok fazla olduğu görülmektedir. Diğer veriler ve alarmlar da bu şekilde yorumlanmaktadır.

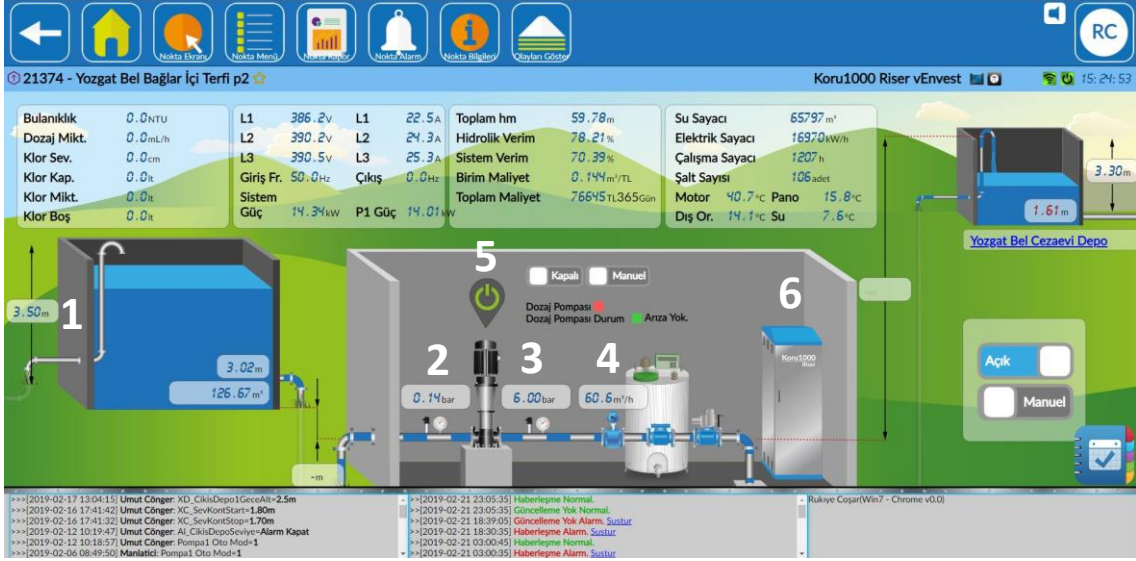


Şekil 4.14. Genel merkezden tüm hattın izlenmesi

Şekil 4.14'te, farklı merkezlerin su seviyelerinin anlık durumlarını, basınç değerlerini ve diğer ilgili tüm parametreleri kapsayan verilerin topluca, tek bir ekran

üzerinden izlenebildiği ve takip edilebildiği gözlemlenmektedir. Bu ekran sayesinde, su seviyelerinin değişimlerini anlık olarak izlemek, basınç değerlerini sürekli kontrol etmek ve diğer tüm önemli verileri tek bir platformda görüntülemek mümkün hale gelmektedir. Ayrıca, bu ekranın sağladığı bütüncül ve eş zamanlı izleme olanağı, tüm merkezlerdeki su seviyelerinin ve basınç değerlerinin kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesini, analiz edilmesini ve gerektiğinde müdahalede bulunulmasını kolaylaştırmaktadır. Bu ekran sayesinde, ilgili verilerin sürekli ve kesintisiz bir şekilde izlenmesi, kullanıcıya anlık bilgiler sunarak, karar verme süreçlerini hızlandırmakta ve olası sorunların önceden tespit edilerek, zamanında müdahale edilmesini sağlamaktadır. Bu nedenle, Şekil 4.14'te yer alan bu ekranın önemi ve kullanışlılığı, veri yönetimi ve izleme açısından büyük bir avantaj sağlamaktadır.

Terfi merkezlerinden su depolarına aktarılan suyun debisi seviyesi takip edilerek gerek görüldüğü durumlarda pompanın kapatılması ya da çalıştırılması sağlanmıştır. Şekil 4.15'te Yozgat Belediyesi Bağlar İçi terfi merkezi 2 numaralı pompaya ait veriler görülmektedir. Depodan terfi merkezine, terfi merkezinden Yozgat Belediyesi Cezaevi deposuna basılan su verileri takip edildiğinde ekranın sol bölümündeki depo yüksekliğinin maksimum 3,50 m, su seviyesinin 3,02 m ve suyun 126,67 m³ hacimsel alan kapladığı görülmektedir. Terfi merkezinde giriş barasının 0,14 bar yani 1,4 metre yukarıya basıldığı, çıkış barasının ise 6 bar olduğu yani 60 metre yukarıya basıldığı görülmektedir. Cezaevi depoda ise depo yüksekliğinin maksimum 3,30 m, su seviyesinin 1,61 m olduğu görülmektedir. Üst bölümde gösterilen L1, L2, L3 voltmetreler ve ampermetreler tarafından okunan gerilim ve akım değerlerini göstermektedir. 'Toplam hm' değeri ile gösterilen maksimum yükseklik değerinin yanında hidrolik verim, sistem verim, birim maliyet ve toplam maliyet değerleri de verim anlık olarak bildirilmektedir. Ayrıca sistemin kurulup çalışmaya başladığı andan itibaren kaç m³ su sayıldığı, elektrik sayacından kaç kW/h kullanıldığı, şalt sayısı ile kaç defa açma kapama işleminin yapıldığı gösterilmektedir. Diğer göstergede ise motor, pano, dış ortam ve su sıcaklıkları °C cinsinden verilmektedir.



Şekil 4.15. Bağlar İçi terfi verileri

Şekil 4.15'te Bağlar İçi Terfi Merkezi gösterilmiştir. Burada;

1 Numaralı bölümde tamamen dolu iken su depolama tankının su seviyesi 3,50 m olarak görülmektedir. Depolama tankının içerisine yerleştirilen su seviye sensörü sayesinde mevcut suyun yüksekliği ölçülerek içerisinde oluşan tortu miktarı tespit edilir ve gerekli temizleme işlemleri gerçekleştirilir.

2-4 Numaralı bölümler, terfi merkezinden su depolarına giden suyun basıncını ayarlayan debimetrelerdir. Depodaki su, debimetreler aracılığıyla su basıncı 0.14 Bar'dan 6 Bar'a çıkartılarak şebekeyi besleyen su deposuna terfi ettirilmektedir. Terfi merkezinde motor sıcaklığı, su sıcaklığı, dış ortam sıcaklığı 7 gün 24 saat kayıt altına alınmaktadır.

5 Numaralı bölüm vanaların açma kapama düğmesini temsil etmektedir.

6 Numaralı bölümde SCADA panosu gösterilmektedir.



Şekil 4.16. Muslubelen terfi merkezi 2 numaralı pompa

Şekil 4.16’da Yozgat Belediyesi Muslubelen terfi merkezi 2 numaralı pompaya ait veriler görülmektedir. Depodan terfi merkezine, terfi merkezinden Yozgat Belediyesi Bahçeşehir deposuna basılan su verileri takip edildiğinde ekranın sol bölümündeki depo yüksekliğinin maksimum 3,00 m, su seviyesinin 1,42 m olduğu görülmektedir. Terfi merkezinde giriş barasının 0,33 bar yani 3,3 metre yukarıya basıldığı, çıkış barasının ise 9,46 bar olduğu yani 94,6 metre yukarıya basıldığı görülmektedir. Bahçeşehir depoda ise depo yüksekliğinin maksimum 3,90 m, su seviyesinin 3,69 m olduğu görülmektedir. Üst bölümde gösterilen L1, L2, L3 voltmetreler ve ampermetreler tarafından okunan gerilim ve akım değerlerini göstermektedir. ‘Toplam hm’ değeri ile gösterilen maksimum yükseklik değerinin yanında hidrolik verim, sistem verim, birim maliyet ve toplam maliyet değerleri de verim anlık olarak bildirilmektedir. Ayrıca sistemin kurulup çalışmaya başladığı andan itibaren kaç m³ su sayıldığı, elektrik sayacından kaç kW/h kullanıldığı, şalt sayısı ile kaç defa açma kapama işleminin yapıldığı gösterilmektedir. Diğer göstergede ise motor, pano, dış ortam ve su sıcaklıkları °C cinsinden verilmektedir.



Şekil 4.17. Kayabaşı terfi merkezi

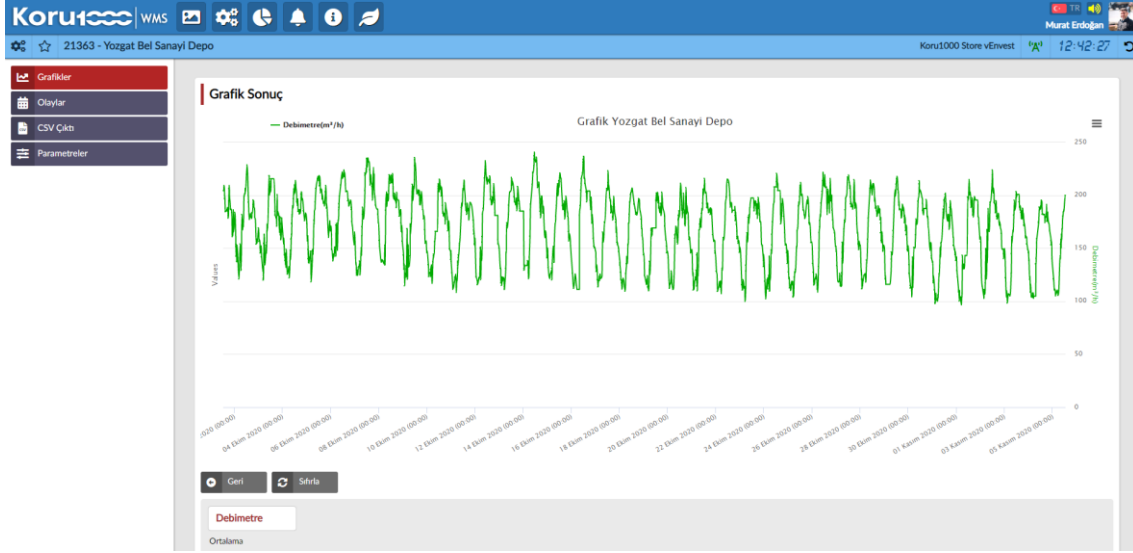
Şekil 4.17’de Kayabaşı Terfi Merkezi gösterilmiştir. Burada;

- 1 Numaralı bölge, ortam sıcaklığının ölçümünü yapan termometreyi temsil etmektedir. Termometreden alınan veriler suyun sıcaklığı hakkında bilgi sağlamaktadır.
- 2 Numaralı bölge, su basıncını ölçen debimetreyi temsil etmektedir. SCADA sistemi sayesinde su basıncı uzaktan ayarlanarak su tazyiki stabil tutulmaktadır. Bu sayede borulara zarar verilmeden su basıncı kontrol edilmektedir.

3-7 Numaralı bölgeler, depoya giren ve depodan çıkan su vanalarıdır. SCADA sistemi ile depolardaki doluluk oranları değerlendirilerek vanaların açma ve kapama işlemleri uzaktan sağlanabilmektedir.

8 Numaralı bölge, suyun pH değerini göstermektedir.

9 Numaralı kısım ise suyun bulanıklık seviyesini ölçen sensörlerdir.



Şekil 4.18. Sanayi depo debimetre

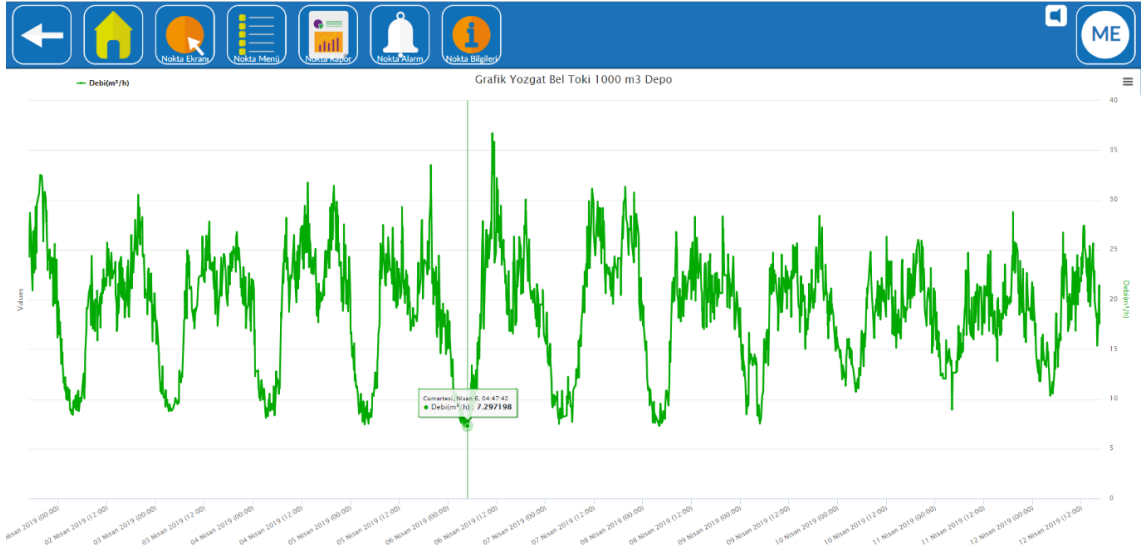
Şekil 4.18’te Yozgat Belediyesi Sanayi deposunun 2 Ekim 2020 tarihleri ile 5 Kasım 2020 tarihleri arasındaki debimetre değerlerinin değişimi gösterilmektedir. Grafiğe göre genel olarak saatte 100-250 m³ su çıkışı olduğu görülmektedir. Çıkışın hiçbir zaman 100 m³/h değerinin altına düşmemesi ve özellikle su tüketimin nispeten düşük olması beklenen gece saatlerinde sifira yaklaşmaması nedeniyle yaklaşık 100 m³/h kayıp-kaçak olduğu şeklinde bir yorum yapılarak kayıp-kaçakların tespiti amacıyla depolama tankları, borular ve diğer ekipmanların sağlamlıklarının araştırılması işlemleri başlatılır.

Şekil 4.19’da Yozgat Belediyesi Sanayi depoda 19-20 Şubat 2019 tarihleri arasındaki saatlik debi verileri görülmektedir. Su depolarındaki suyun saatlik olarak izlenmesiyle suyun en az ve en yoğun kullanıldığı saatlerin takip edilmesiyle su kayıplarının tespit edildiği bu verilere göre saatlik ortalama 200 m³ su kullanıldığı görülmektedir. Ayrıca saat 01.00-06.00 arasında (turuncu) ortalama 125 m³/h su kullanıldığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.19. Sanayi depo debimetre

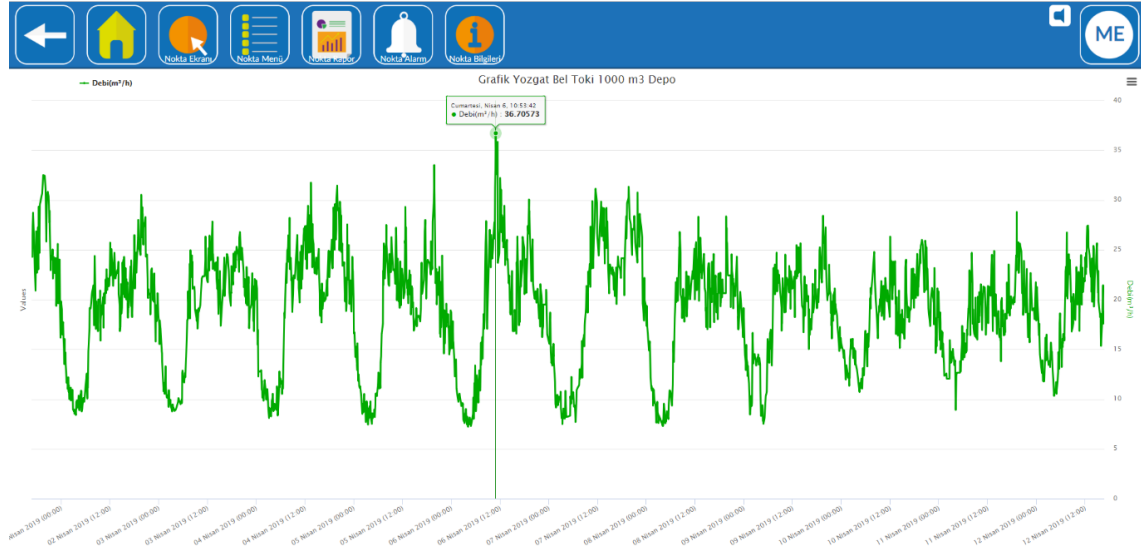
Su tüketiminin sıfıra yakın olması beklenen gece saatlerinde bu kadar yüksek bir kullanım miktarının ortaya çıkması nedeniyle yaklaşık 125 m³/h kayıp-kaçak olduğu şeklinde bir yorum yapılmıştır. Sanayi su deposundan çıkan suyun hangi saatler arasında ne kadar kullanıldığı gösterilmektedir. Bu grafikten yola çıkılarak su kayıp kaçak miktarı tespit edilmektedir. 18.00-12.00 saatlerinde (sarı), saatte kaç m³ su harcandığı gösterilmektedir. 01.00-06.00 saatlerinde saatte 125 m³ su harcandığı görülmektedir. Sonuçlar bu saat aralığında bu bölge için gereğinden fazla su harcandığı şeklinde yorumlanmış ve bölgede kayıp-kaçak olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.20. Toki 1000 m³ deponun bir haftalık debi verileri

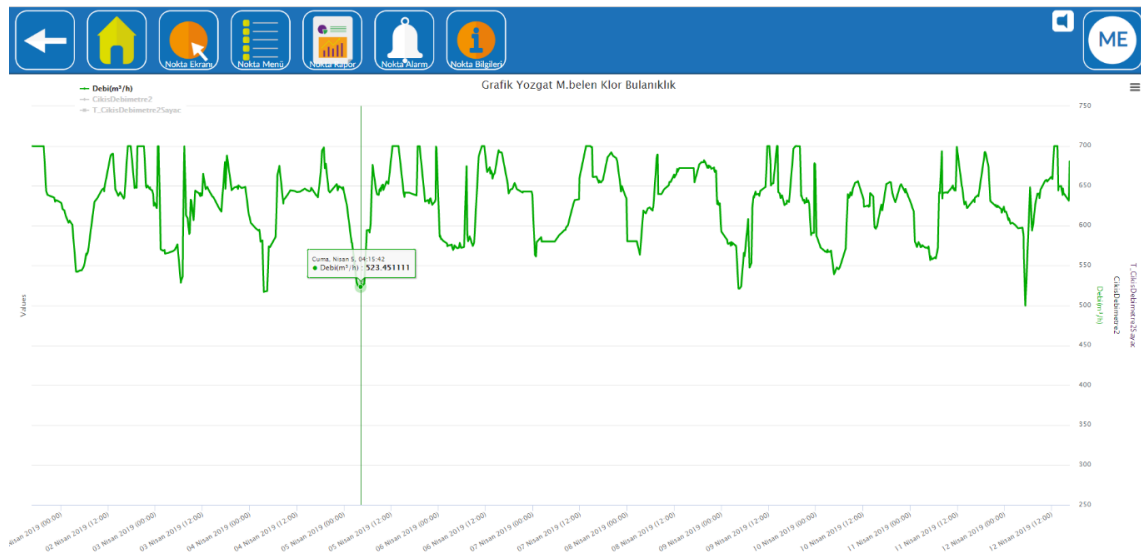
Şekil 4.20'de Yozgat Belediyesi Toki 1000 m³ Deponun bir haftalık debi verileri görülmektedir. Örneğin, grafikte gösterilen noktada 6 Nisan 2019 saat 04.47'de debi değerinin saatte 7,29 m³ olduğu görülmektedir. Benzer durumlar grafiğin diğer dip

değerlerinde de yorumlanabilir. Debi değerinin bu kadar düşük olmasının sebebi alt yapı çalışmalarının yeni yapılmış olması, depolama tanklarının ve diğer ekipmanların bakımlı olması ve dolayısıyla kayıp-kaçak oranının düşük olmasıdır.



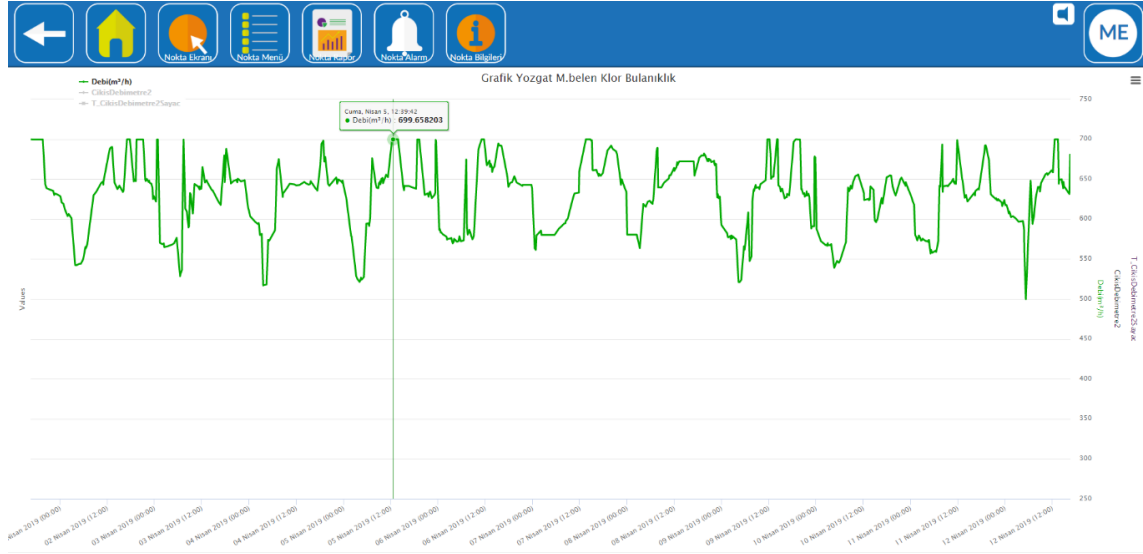
Şekil 4.21. Toki 1000 m³ deponun bir haftalık debi verileri

Şekil 4.21’de Yozgat Belediyesi Toki 1000 m³ Deponun debi verilerini gösteren grafikte işaretlenen noktada 6 Nisan 2019 saat 10.53’te debi değerinin saatte 36,70 m³ olduğu görülmektedir. Bu saatteki normal olmayan tüketimin sebebi araştırıldığında Grafikte 1-5 Nisan 2019 tarihleri arasında ortalama 5 m³/h su kullanıldığı ancak 6-9 Nisan 2019 tarihleri arasında ortalama 10 m³/h su kullanıldığı gözükmemektedir. Elde edilen verilerden hareketle 6-9 Nisan 2019 tarihleri arasında 5 m³/h fazladan basılan suyun, içme suyu hattında meydana gelen bir patlama durumundan kaynaklandığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.22. Muslubelen depo verilerinden kayıp-kaçak tespiti

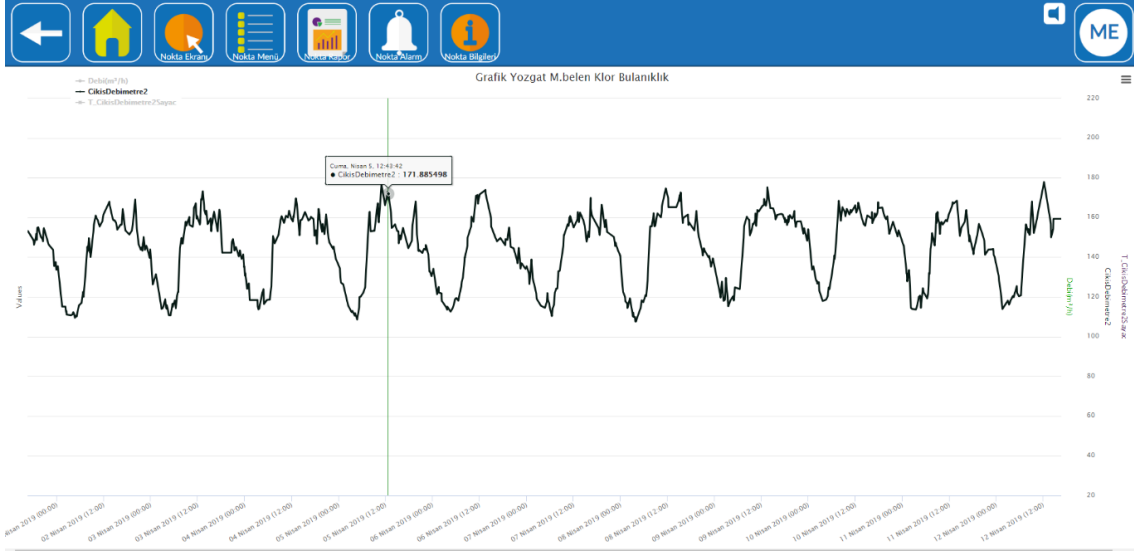
Şekil 4.22’de Yozgat Belediyesi Muslubelen Deponun 1-12 Nisan 2019 tarihleri arasındaki debi verileri gösterilmektedir. Verilere göre 5 Nisan 2019 saat 04.15’te saatte 523,451 m³ su kullanımı yapılmıştır. Fakat rutin veriler göz önüne alındığında bu saatlerde bu kadar yüksek su tüketiminin normal şartlar altında mümkün olmayacağı yorumu yapılmış ve yaklaşık 500 m³ kayıp-kaçak olduğu tespit edilmiştir. Bu veri maksimum kullanılan su miktarı olan 700 m³/h değerinin yaklaşık %72’si kadar kayıp-kaçak olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.23. Muslubelen depo verileri

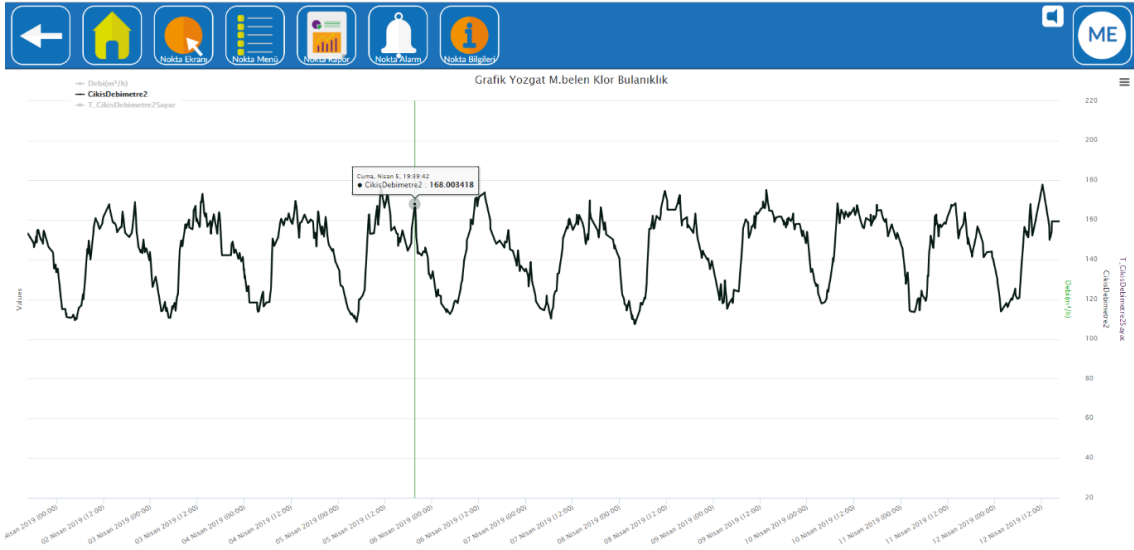
Şekil 4.23’te Yozgat Belediyesi Muslubelen Depoda 5 Nisan 2019 tarihinde suyun en çok kullanıldığı saat olan 12.39’da elde edilen veriye göre 699,65 m³/h su kullanımı olduğu görülmektedir. Bir önceki grafikte aynı günde kullanılan minimum su miktarı 524.451 m³/h olduğu görülmüştür. Verilere göre günlük kullanılan ortalama su miktarı 175 m³/h kadardır.

Şekil 4.24’te Yozgat Belediyesi Muslubelen depoda çıkış debimetresinin gösterdiği değerlere göre 5 Nisan 2019 saat 12.43’te 171,88 m³/h lik bir çıkış debisi olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.24. Muslubelen depo öğle saatlerinde debimetre çıkışı

Şekil 4.25'te Yozgat Belediyesi Muslubelen depoda çıkış debimetresinin gösterdiği değerlere göre 5 Nisan 2019 saat 19.39'da 168 m³/h lik bir çıkış debisi olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.25. Muslubelen depo akşam saatlerinde debimetre çıkışı

4.4. Standart Su Dengesi Tablosu Yöntemiyle 2019-2023 Yılları Arasındaki Verilerin Analizi

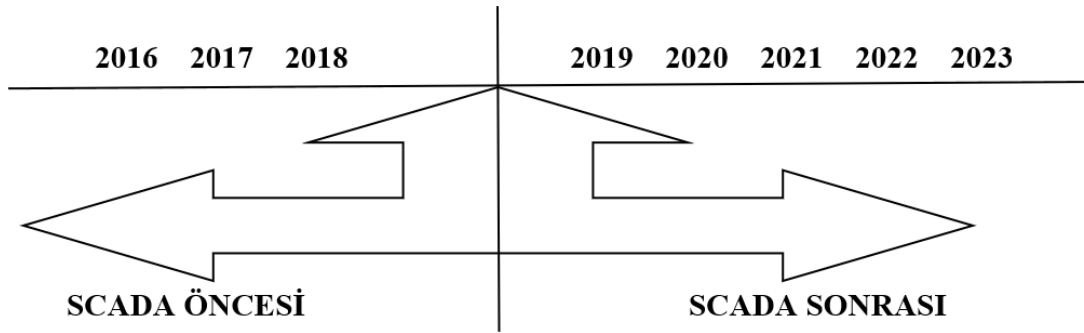
Bu bölümde aktif olarak SCADA sisteminden elde edilen veriler SSD tablosu yöntemine dayanarak analiz edilmiştir. Bu kapsamda son 5 yılın verileri değerlendirilmiştir. Ayrıca, SCADA sistemi kurulmadan önce 2015-2019 yılları arasında elde edilen verilerle SCADA sistemi kurulduktan sonra 2019-2023 yılları arasında elde edilen kapsamlı veriler incelenmiştir.

Şebekedeki su kayıplarında fiziksel kayıpların etkileri fazladır. Fakat bunun dışında başka etkenler de bulunmaktadır. Bu noktada SSD tablosu ile kayıp-kaçaklar kolaylıkla tespit edilmektedir. Debimetreler ile sisteme giren su miktarı ile çıkan su miktarı arasındaki fark su kaybını ortaya çıkarmaktadır. Yozgat ili sistemine ait su kayıp miktarları hesaplanırken 2019-2023 yılları arası sisteme giren su miktarından tahakkuk edilen su miktarı çıkarılması sonucu kayıp-kaçak miktarına ulaşılmıştır. Tablo 4.2’de 2019–2023 yılları arası üretilen, faturalandırılan ve faturalandırılmayan su miktarları ile kayıp su oranları verilmektedir (YOSKİ).

Tablo 4.2. 2019–2023 yılları arası üretilen su ve faturalandırılan su miktarları

Yıllar	Abone sayıları	Üretilen su miktarı (m ³)	Fatura edilen su miktarı (m ³)	Fatura edilmeyen su miktarı (m ³)	Kayıp miktarı (%)
2019	34.032	9.980.520	4.616.777	613.089	47,6
2020	34.699	9.395.875	3.715.388	540.000	54,71
2021	35.939	9.592.238	3.085.615	700.000	60,53
2022	36.682	8.873.849	5.113.459	177.481	31,36
2023	37.877	11.603.312	4.841.976	700.000	46,21

Yozgat ilindeki terfi, depo ve içme suyu şebekesine ait 2019–2023 yılları arası kayıp-kaçaklar SCADA sistemiyle incelenmiştir. 2019 yılı öncesi veriler kurulum öncesi döneme ait olduğundan SCADA sisteminde bulunmamaktadır.



Şekil 4.26. SCADA kurulum öncesi ve sonrası

SCADA’dan elde edilen verilerle Yozgat ilinde yüksek miktarda kayıp-kaçak olduğu ve depo ve terfi merkezlerinde bakımsızlık bulunduğu tespit edilmiştir. Bu durumlar büyük bir ekonomik kayba sebep olmaktadır. Bu kayıpların son 4 yılda gelirin yaklaşık %60’ına karşılık geldiği tespit edilmiştir. Bu yüzden Yozgat Belediyesi tüm terfi merkezleri, depolar ve şebeke sisteminde yenileme çalışmalarına 2022 yılında başlamış olup halen devam etmektedir. Bu çalışma sonucunda büyük bir ekonomik kazanç hedeflenmektedir.

2019 yılı öncesinde SCADA sistemi olmadığından ekonomik kayıp miktarı tam olarak ölçülememektedir. 2019 yılında SCADA sistemi ile depoların giriş ve çıkışındaki debimetreler ile tüm veriler kayıt altına alınmaktadır. Tablo 4.3'te abone tiplerine göre 2023 yılındaki yıllık tüketim miktarları verilmiştir (T.C. Yozgat Belediyesi, 2023).

Tablo 4.3. 2023 yılı abone tiplerine göre yıllık tüketim miktarları

Abone bilgileri	Abone sayısı	Dağıtılan su miktarı (m ³ /Yıl)		Tahakkuk miktarı (TL/Yıl)
		Ücretli	Ücretsiz	
Resmi Kuruluşlar	218	1196985		15.368.374,77
Ticarethaneler	2597	306080		3.717.824,41
Meskenler	34862	3271508		26.953.110,67
Park, Bahçe ve WC'ler			650.000,00	
İnşaat Şantiyeleri	176	65.485		1.510.445,84
Yurtlar	24	1918		23.538,81
Toplam	37.877	4.841.976	650.000	47.573.294,50

4.4.1. Standart su dengesi tablosu

Tablo 4.4'te 2019-2023 yılları arasındaki SSD tablosu verilmektedir. Tablodaki parametrelerin açıklamaları aşağıdaki gibidir;

Sisteme giren su miktarı: Dezenfekte edilerek (arıtılarak) terfi merkezlerinden ana depolara giren su miktarıdır. Giriş ve çıkış debimetreleri ile ölçülmektedir.

Faturalandırılmış ölçülmüş kullanım: Yerleşim yerlerindeki mahalli idarelerin su ve kanalizasyon müdürlüklerin oluşturdukları abone sistemindeki tüketicilerin tükettikleri miktara bakılarak kayıt altına alınan su faturalarıdır.

Faturalandırılmış ölçülmemiş kullanım: Yerleşim yerlerindeki mahalli idarelerin kullanılan miktar doğrudan ölçülmemiş ancak belirli bir standart kullanım üzerinden hesaplanan tüketim miktarlarıdır.

Faturalandırılmış izinli su tüketimi: Yerleşim yerlerindeki mahalli idarelerin belirli bir aboneye veya müşteri grubuna önceden belirlenmiş bir izin veya kota çerçevesinde sağladığı su tüketimini ifade eder.

Faturalandırılmamış izinli su tüketimi: Yerleşim yerlerindeki mahalli idarelerin izni dâhilinde (cami, park, bahçe, resmi kurum ve kuruluşlar vb.) ölçülmüş ve ölçülmemiş faturalandırılmayan tüketimdir.

Faturalandırılmamış ölçülmüş kullanım: Yerleşim yerlerindeki mahalli idarelerinde abone kaydı ve sayaç bulunan yerlerin kullanım miktarları ölçülen ama ilgili idarenin

kontrolü dâhilinde faturalandırılması yapılmayan abonelerin kullandığı su miktarını ifade etmektedir. Mahalle çeşmeleri bu sınıflandırma için örnek olarak verilebilir.

Faturalandırılmamış ölçülmemiş kullanım: Yerleşim yerlerindeki mahalli idarelerin bilgisi dâhilinde ölçüm yapılmayan ve faturalandırılmayan tüketilen su miktarıdır. Park ve bahçeler bu sınıflandırma türü için örnek olarak gösterilebilir. Bu sınıflandırma kapsamında tüketilen su miktarı tahmini olarak hesaplanmaktadır.

Gelir getiren su miktarı: Yerleşim yerlerindeki mahalli idarelerin faturalandırılmış ölçülmüş ve faturalandırılmış ölçülmemiş kullanımının toplamıdır.

Gelir getirmeyen su miktarı: Sisteme giren su miktarından gelir getiren su miktarının çıkarılmasıyla elde edilen su miktarını ifade eder. Bu miktar aynı zamanda kayıp-kaçak miktarıdır.

İzinli tüketim miktarı: Yerleşim yerindeki mahalli idare tarafından sayacı takılmış olan, her ay düzenli olarak okunan ve faturalandırılan su miktarıdır.

Su kayıpları: Sisteme giren su miktarından izinli tüketim miktarının çıkarılması sonucu elde edilen miktarı ifade etmektedir. Aynı zamanda idari kayıplar ile fiziki kayıpların toplamına eşittir.

İzinsiz tüketim miktarı: Yerleşim yerindeki mahalli idarenin bilgisi dışında yapılan kanun dışı bağlantılar ve bozuk sayaçlardan kullanılan su miktarlarıdır. Bu kapsamda kullanılan su miktarı yaklaşık olarak hesaplanabilmektedir.

Sayaçlardaki ölçüm hatası miktarı: Personelden kaynaklı hatalar veya abone sayaçlarının bozuk, eski olmasından kaynaklı sebeplerden elde edilen miktarlardır.

İdari kayıplar: İzinsiz tüketim ve sayaçlardaki ölçüm hatası miktarlarının toplamıdır.

Fiziki kayıpların miktarı: Sistemdeki su kayıp-kaçığından idari kayıpların çıkarılmasıyla elde edilen miktardır.

Depolarda meydana gelen kaçak ve taşmalar: Yerleşim yerindeki mahalli idareye ait depolardaki çatlaklardan veya takip sistemindeki aksaklıklar nedeniyle taşma yoluyla kaybolan su miktarıdır.

Temin ve dağıtım hatları ile servis bağlantılarında meydana gelen kaçaklar: Sistemdeki fiziki kayıplardan depolardaki kayıp-kaçak ve taşmaların çıkarılması ile elde edilen miktardır.

Tablo 4.4. Standart su dengesi tablosu

Yıllar	2019	2020	2021	2022	2023	Birim
Abone Sayısı	34.032	34.699	35.939	36.682	37.877	Kişi
Sisteme Giren Su Miktarı	9.980.520	9.395.875	9.592.238	8.873.849	11.603.312	m ³ /yıl
Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım	4.569.587	3.715.388	3.085.615	4.189.371	4.841.976	m ³ /yıl
Yüzdeler Dilim	45,79	39,54	32,17	47,21	41,73	%
Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım	47.190	0	0	924.088	0	m ³ /yıl
Yüzdeler Dilim	0,47	0,00	0,00	10,41	0,00	%
Faturalandırılmış İzinli Su Tüketimi	4.616.777	3.715.388	3.085.615	5.113.459	4.841.976	m ³ /yıl
Yüzdeler Dilim	46,26	39,54	32,17	57,62	41,73	%
Gelir Getiren Su Miktarı	4.616.777	3.715.388	3.085.615	5.113.459	4.841.976	m ³ /yıl
Yüzdeler Dilim	46,26	39,54	32,17	57,62	41,73	%
Gelir Getirmeyen Su Miktarı	5.363.743	5.680.487	6.506.623	3.760.606	1.401.100	m ³ /yıl
Yüzdeler Dilim	53,74	60,46	67,83	42,38	12,08	%
Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım	114.063	0	0	800.000	700.000	m ³ /yıl
Yüzdeler Dilim	1,14	0,00	0,00	9,02	6,03	%
Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım	499.026	540.000	700.000	177.481	700.000	m ³ /yıl
Yüzdeler Dilim	5,00	5,75	7,30	2,00	6,03	%
Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi	613.089	540.000	700.000	977.481	1.400.000	m ³ /yıl
Yüzdeler Dilim	6,14	5,75	7,30	11,02	12,07	%
İzinli Tüketim	5.229.866	4.255.388	3.785.615	6.090.940	6.241.976	m ³ /yıl
Yüzdeler Dilim	52,40	45,29	39,47	68,64	53,79	%
Su Kayıpları	4.750.654	5.140.487	5.806.623	2.782.909	5.361.336	m ³ /yıl
Yüzdeler Dilim	47,60	54,71	60,53	31,36	46,21	%
İzinsiz Tüketim	1.247.565	1.174.484	1.475.650	177.481	0	m ³ /yıl
Yüzdeler Dilim	13	12	15	2	0	%
Sayaçlardaki Ölçüm Hataları	456.959	432.211	428.645	5000	100	m ³ /yıl
Yüzdeler Dilim	4,58	4,60	4,47	0,06	0,00	%
İdari Kayıplar	1.704.524	1.606.695	1.904.295	182.481	100	m ³ /yıl
Yüzdeler Dilim	17,08	17,10	19,85	2,06	0,00	%
Fiziki Kayıplar	3.046.130	3.533.792	3.902.328	2.600.644	1000	m ³ /yıl
Yüzdeler Dilim	30,52	37,61	40,68	29,31	0,01	%
Depolarda Meydana Gelen Kaçak ve Taşmalar	99.805	93.958	95.527	102.000	500	m ³ /yıl
Yüzdeler Dilim	1,00	1,00	1,00	1,15	0,00	%
Temin ve Dağıtım Hatları ile Servis Hatlarında Oluşan Kayıplar	2.946.325	3.439.834	3.806.801	2.498.644	500	m ³ /yıl
Yüzdeler Dilim	29,52	36,61	39,69	28,16	0,00	%

Verilen SSD tablosuna göre, yıllık olarak faturalandırılmış ölçülmüş kullanım miktarlarının m³ değerinin sisteme giren su miktarının 5 yılda ortalaması %41,28 olduğu tespit edilmiştir. Yozgat iline ait faturalandırılmış ölçülmemiş kullanım SCADA sistemindeki verilere göre sadece 2019 ve 2022 yıllarını kapsamaktadır. Faturalandırılmış izinli su tüketimi YOSKİ tarafından abonelik ve sayaç kaydı yapılarak kotalı ve kotasız kullanıma izin verilen su tüketimidir. Tablo ile sisteme giren su miktarının % olarak ne

kadarının faturalandırılmış izinli su tüketimi olduğu 5 yıllık veriler sunularak gösterilmektedir.

Gelir getiren su miktarı SSD tablosunun en önemli elamanıdır. Çünkü bu değer, sisteme giren su miktarına karşılık ne kadar gelir elde edildiğini göstermektedir. 2019-2023 yılları arası ortalama gelir getiren su miktarları ortalaması 4.274.643 m³/yıl'dır ve sisteme giren su miktarının %43,46'sıdır. 2022 yılında en yüksek gelir (5.113.459 m³/yıl) elde edilmiştir. Bu miktarın artması için Yozgat Belediyesi kapsamlı bir altyapı ve yenileme çalışması başlatmıştır. Gelir getirmeyen su miktarı SSD tablosunun önemli parametrelerinden biridir. Çünkü gelir getirmeyen su Yozgat Belediye'sine ait tüm şebeke sisteminde ve depolardaki kayıp-kaçak miktarının parasal olarak ne kadar olduğunu göstermektedir. Ancak bu değer sadece su kayıp-kaçaklarından ibaret değildir. Faturalandırılmamış izinli su tüketimi miktarı da gelir getirmeyen su miktarının büyük oranına karşılık gelmektedir. Tabloda son 5 yıldaki gelir getirmeyen su miktarının ortalaması %47,29 olarak hesaplanmıştır. 2021 yılından sonra istikrarlı bir şekilde bu oranda düşüş olduğu görülmektedir.

Parklar, bahçeler, ibadethaneler, vb. alanlar faturalandırılmamış ölçülmüş kullanımlar kapsamında değerlendirilmektedir. Bu kullanımlara Yozgat Belediyesi'nin bilgisi dahilinde fatura kesilmemektedir. Ancak tüketilen su miktarları SCADA sistemiyle kaydedilmektedir. Faturalandırılmamış ölçülmemiş kullanımlar belediyenin halka hizmet olarak sunduğu bakım ve yangın musluklarında kullanılan su miktarlarıdır. SSD tablosunda SCADA kurulum yılı olan 2019 sonrasındaki yıllarda faturalandırılmamış izinli su tüketim miktarının istikrarlı bir şekilde arttığı görülmektedir. Son 5 yılın ortalaması 846.114 m³/yıl'dır. 2023 yılında 1.400.000 ile en yüksek izinli su tüketim miktarı ortaya çıkmıştır.

2019-2023 yılları arasındaki izinli su tüketim miktarında istikrarlı bir meydana gelmemiştir. İzinli su tüketiminin artması ekonomik bir tasarrufu simgelemektedir. Tabloya göre Yozgat ilinde 2019-2023 yılları arası kayıp su miktarları verileri acilen altyapı ve depo bakım onarımlarına gidilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu veriler ışığında Yozgat Belediyesi 2022 yılında altyapı yenileme faaliyetlerini yoğunlaştırmıştır.

SSD tablosunda verilen izinsiz su tüketim miktarlarına ait değerler yaklaşık olarak hesaplanmıştır. Bu verilerin kaçak bir bağlantı veya bozuk sayaçtan kaynaklanması nedeniyle kesin değer tespiti mümkün değildir. Bu nedenle izinsiz tüketimin olduğu konumdaki ortalama tüketimler göz önüne alınarak yaklaşık değer tespiti yapılmaya çalışılmaktadır. 2019-2023 yılları arasındaki verilere göre, 2022 yılında yüksek bir

düşüşün yaşandığı izinsiz tüketim miktarının 2023 yılında 0 olduğu görülmektedir. SCADA sistemi ile hangi bölgelerde izinsiz tüketim olduğunun etkin bir şekilde kontrol edilmesi, izinsiz tüketim miktarında büyük bir başarıya ulaşılmasını sağlamıştır.

Sayaçlardaki ölçüm hatasının sisteme giren su miktarının % cinsinden ne kadarına denk geldiği SSD tablosu üzerinden incelenebilmektedir. Yanlış ya da hatalı montaj, kullanılan sayaçların bozuk veya eski olması, ölçümü yapan personelden kaynaklı hatalar sayaçlardaki ölçüm hatalarını meydana getirmektedir. SSD tablosuna göre SCADA kurulumundan sonraki yıllarda sayaçlardaki ölçüm hatalarında yüksek bir düşüş meydana gelmiştir.

SSD tablosu verileri, idari kayıpların son 2 yılda yüksek oranda azaldığını göstermektedir. Veriler SCADA sisteminin kurulumuyla idari su kayıplarından büyük bir tasarruf elde edildiğini göstermektedir.

Fiziki kayıplar, depolarda meydana gelen kaçak ve taşmalar ile temin ve dağıtım hatları ile servis hatlarında oluşan kayıpların toplamı ile bulunmaktadır. SSD tablosu 2019-2023 yılları arası fiziki kayıp miktarları incelendiğinde son 5 yılda ortalama $2.616.778 \text{ m}^3/\text{yıl}$ ve %27,62 oranında fiziki kayıp meydana geldiği hesaplanmaktadır. Son 2 yılda meydana gelen fiziki su kaybı, diğer yıllara göre oldukça azalmış, özellikle 2023 yılında çok ciddi bir düşüş gözlenmiştir.

Depolarda meydana gelen kaçak ve taşmaların miktarları incelendiğinde depolarda düzenli olarak bir kayıp-kaçak olduğu görülmektedir. Depolarda meydana gelen kaçak ve taşmalar, personel tarafından doluluk seviyesinin kontrol edilememesinden kaynaklanmaktadır. SCADA sisteminin sensörler vasıtasıyla seviye kontrolünü etkin bir şekilde yapması sayesinde alınan önlemler neticesinde 2023 yılında çok ciddi bir düşüş elde edilmiştir. Bununla birlikte depo seviye tespiti için SCADA öncesi dönemde uygulanan kontrol mekanizmasının personel kontrolüne dayalı olması nedeniyle ortaya çıkan personel ve işçilik maliyeti ve ulaşım maliyeti gibi ekonomik etkenler de tamamen ortadan kaldırılmış olduğundan, SCADA kontrollü anlık tespitler sayesinde çok büyük bir tasarruf sağlanmış durumdadır.

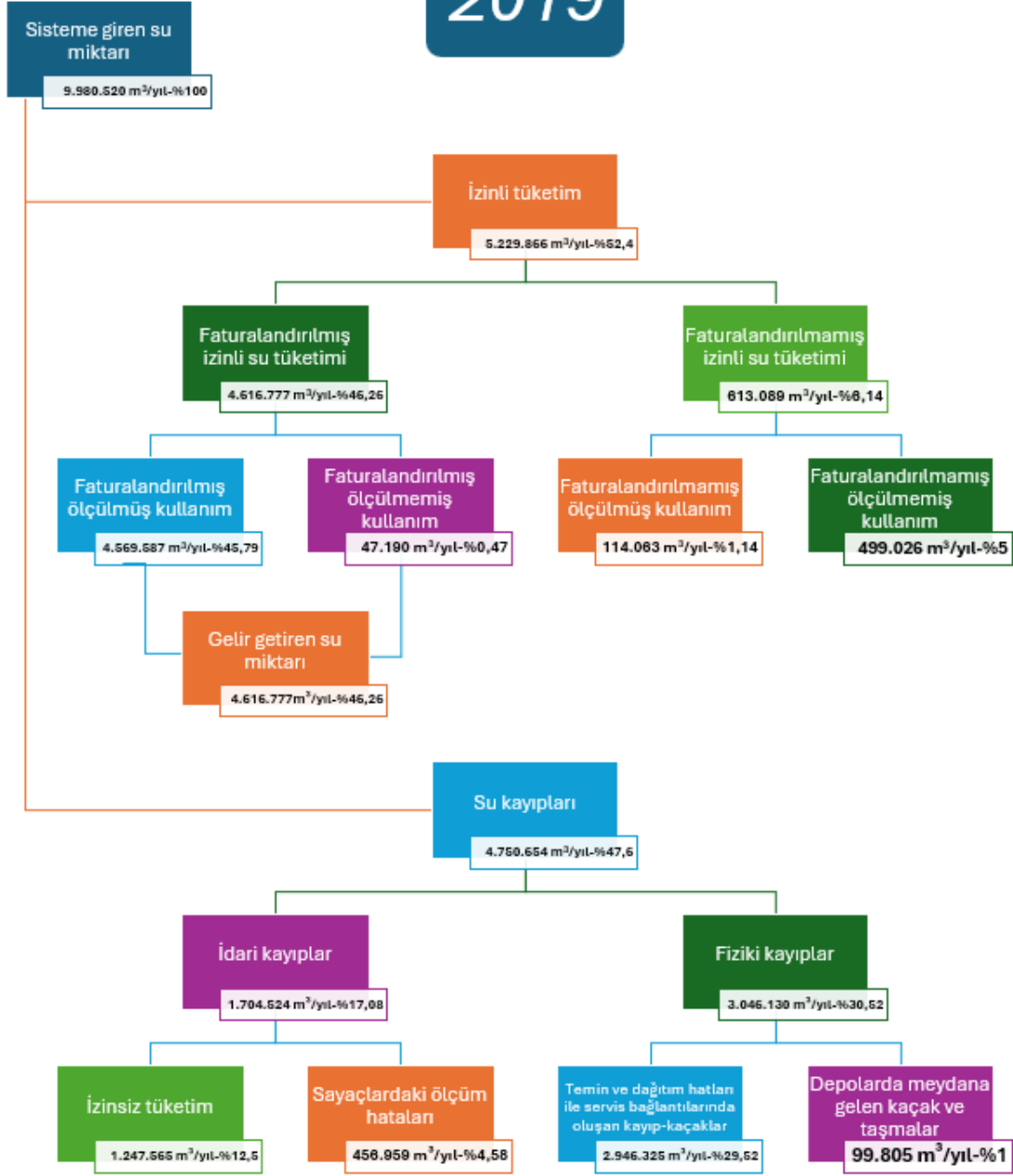
SSD tablosu verileri, 2022 yılında başlayan altyapı çalışmalarının temin ve dağıtım hatları ile servis bağlantılarında meydana gelen kayıp ve kaçak miktarını çok ciddi bir şekilde azalttığını göstermektedir. Şebeke borularında meydana gelen patlaklar, sızıntılar ve çatlaklardan kaynaklanan kayıp kaçak miktarlarının oluşturduğu bu değerlerin 2020 ve 2022 yılları arasında oldukça yüksek seviyelerde olduğu, 2022

yılından sonra şebeke hattı ile temin ve dağıtım hatları ile servis bağlantılarının yenilenmesi sayesinde 0'a yaklaştığı görülmektedir.

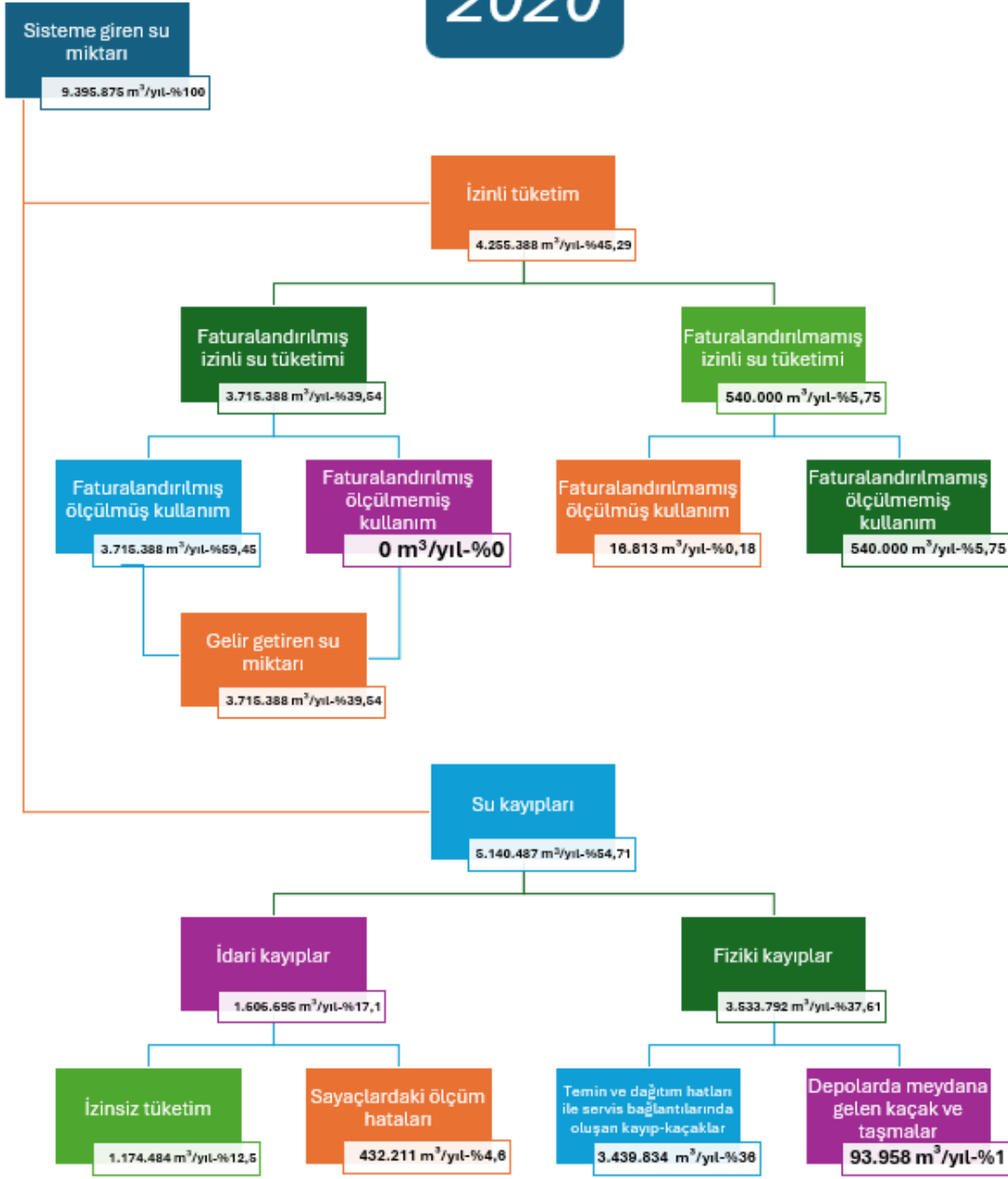
Bütün bu veriler SCADA sistemiyle ölçülmektedir. Bazı parametrelerin matematiksel olarak kesin değerleri ölçülürken, bazı parametrelerin değerleri yaklaşık olarak tespit edilmektedir. Yozgat ilindeki terfi merkezleri, depolar ve içme suyu şebeke sistemindeki pH, klor, basınç ve en önemlisi kayıp-kaçak oranını öğrenmek, düşürmek ve kontrol etmek amacıyla YOSKİ tarafından 2019 yılında kurulumu yapılan SCADA sisteminden elde edilen veriler kullanılarak yıllık veri paketleri halinde oluşturulan SSD tablosu sayesinde 2019-2024 yılları arasında SYS dahilindeki tüm verilere kolaylıkla erişmek mümkün hale gelmiştir. Böylelikle SYS merkezi olarak basit bir şekilde kontrol edilebilir duruma getirilmiş, anlık veri ve durum takibi sayesinde hızlı müdahale ve sorun çözümü sağlanmıştır. Su, enerji ve ekonomik kazanç ve tasarrufun amaçlandığı çalışma ile, ülkemizin su kayıp-kaçakları yönetimi politikaları doğrultusunda SSD tablosu oluşturulmuş, etkili ve başarılı su yönetimi sağlanmıştır.

Şekil 4.27'de 2019-2023 yıllarına ait SSD verileri yıllara göre incelenmiş, 2019-2023 yılları arasında sisteme giren su miktarı, gelir getiren ve getirmeyen su miktarları karşılaştırılmıştır. Veriler incelendiğinde hem gelir getirmeyen su miktarında hem de gelir getiren su miktarında istikrarlı bir durum söz konusu değildir. 2019 yılında kurulan SCADA sistemi ile izinsiz tüketim, sayaçlardaki ölçüm hataları, idari ve fiziki kayıplar, depolarda meydana gelen kaçak ve taşmalar, temin ve dağıtım hatları ile servis hatlarında oluşan kayıplarda olumlu anlamda düzelmelerin olduğu görülmektedir. Bu sonucun Yozgat Belediyesi'ne ekonomik kazanç getirisi olmuştur.

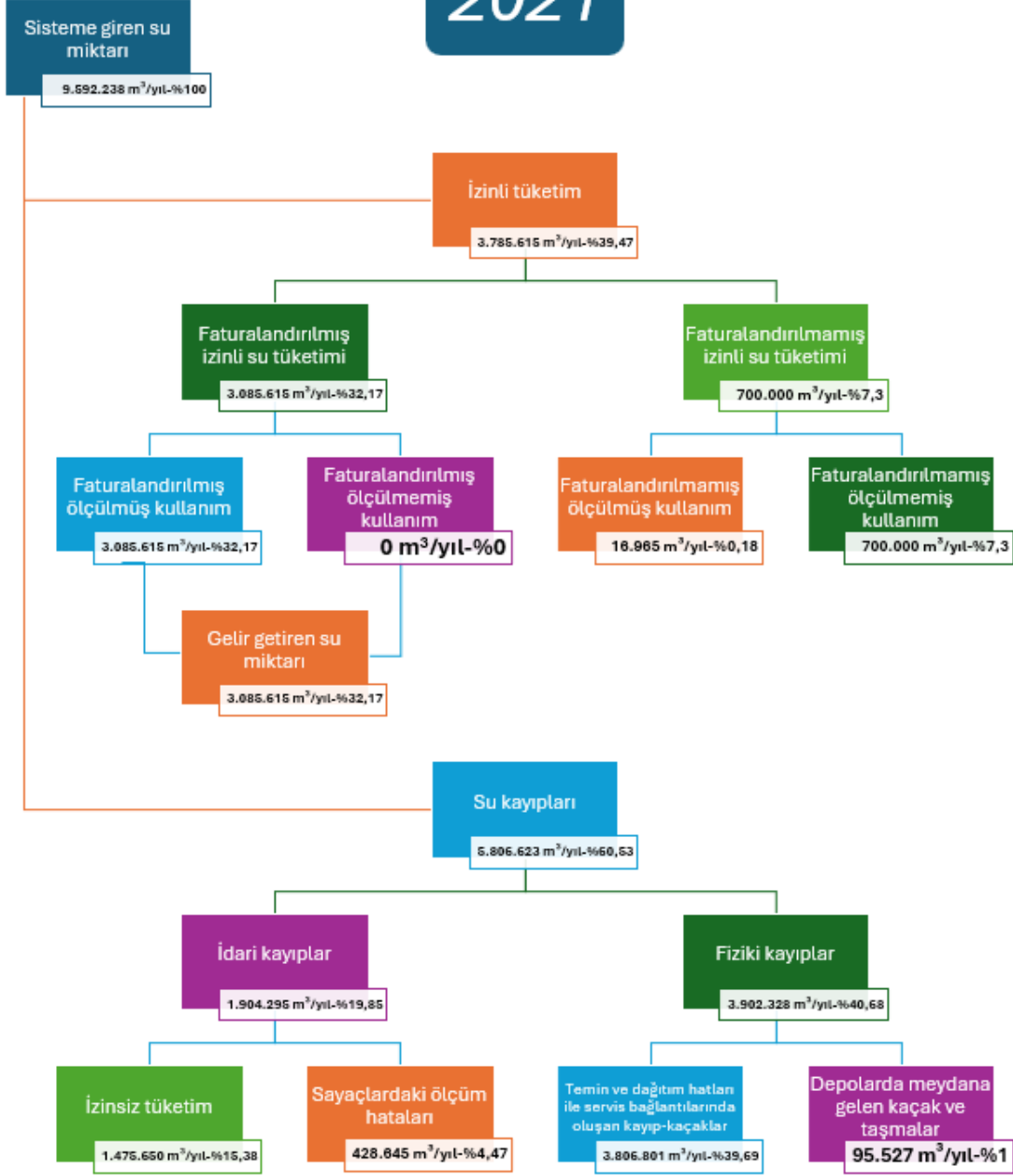
2019



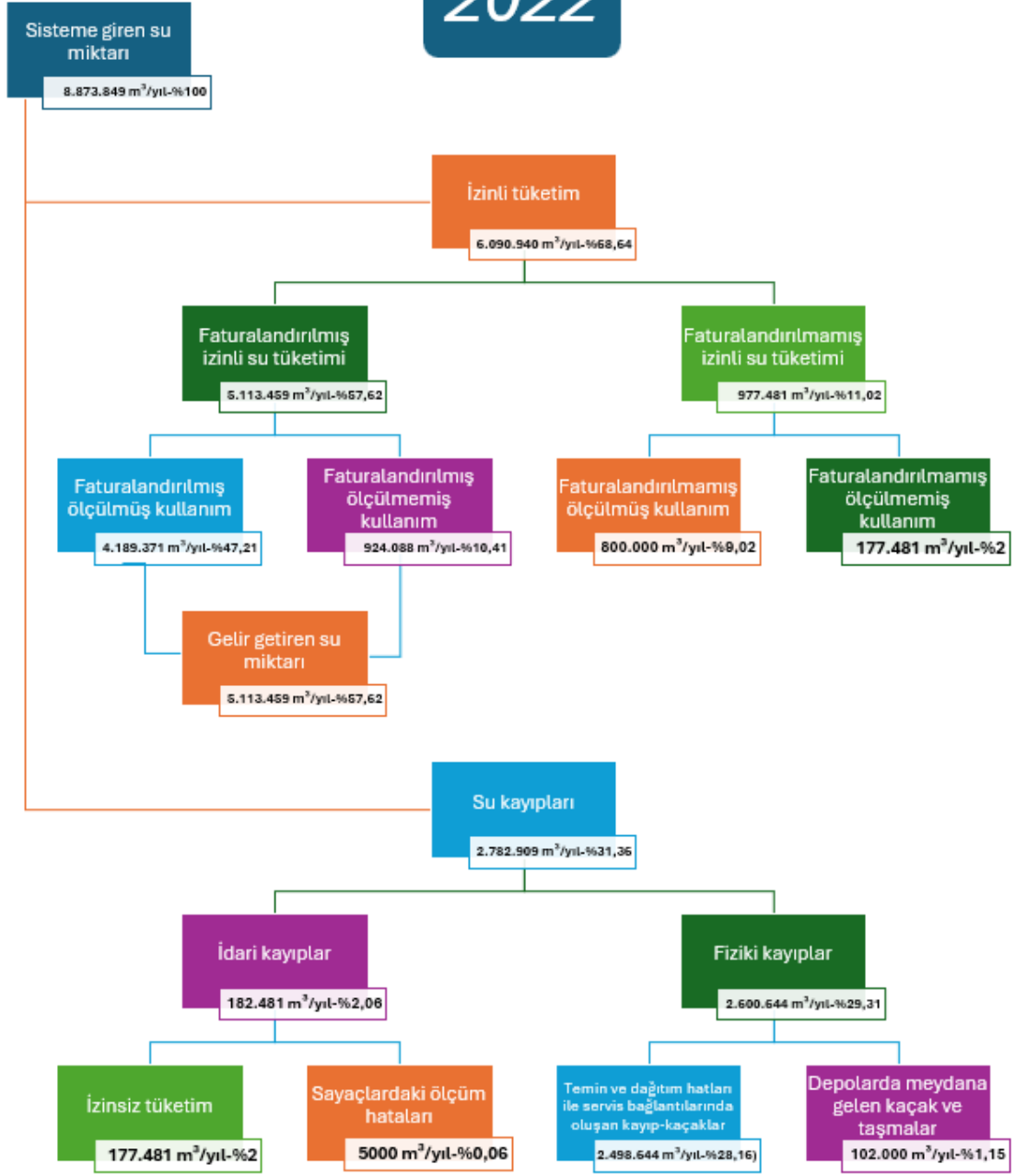
2020

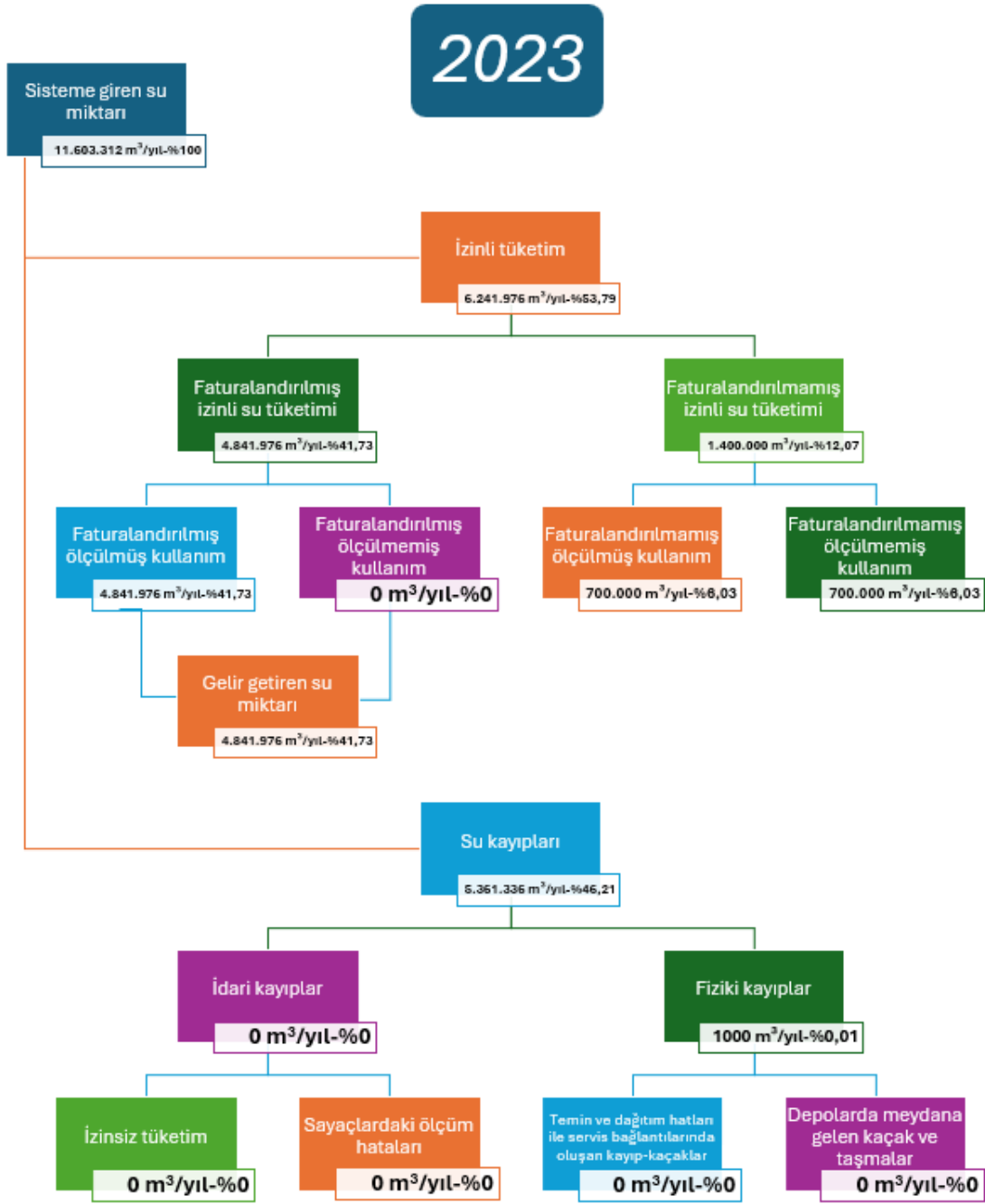


2021



2022





Şekil 4.27. 2019-2023 yıllarına ait SSD verileri

2019 yılında SCADA sisteminin SYS'ye dahil edilmesiyle birlikte sistemin merkezi bir noktada hızlı ve ekonomik şekilde yönetilmesi çok büyük bir yarar sağlamıştır. SCADA sistemi ile hangi depoda hangi şebekede arıza, sızıntı veya kaçak olduğu hızlı bir şekilde tespit edilip onarımın ve değişiminin yapılması sayesinde kayıp-kaçak oranı büyük oranda azaltılmış durumdadır. Bu sayede gelir getirmeyen su miktarı azaltılarak gelir getiren su miktarlarında artış sağlanmıştır. Elde edilen veriler ışığında planlamalar yapılabilmiş, altyapı ve depolarda tespit edilen yüksek miktardaki kayıp-

kaçaklara etkin çözümler sağlanmıştır. Yenilenen sistem içerisinde altyapı şebeke boruları, su depoları, debimetreler, tüketici sayaçları, vb. bulunmaktadır. 2019-2022 yılları arasındaki büyük fiziki kayıp miktarları, 2022 yılında yapımına başlanan altyapı çalışmaları sayesinde 2023 yılında minimize edilmiş ve ciddi bir düşüş meydana gelerek 0'a yaklaşmıştır.

Tablo 4.5'te 2019-2023 yıllarındaki kayıp su miktarları, birim fiyatı ve toplam tutarı verilmektedir. 2019-2023 yılları arasında ortalama 4.568.401,8 m³ kayıp su ile 5 yılda 54.024.662,92 TL kayıp su maliyetinden kaynaklanan zarar ortaya çıkmıştır. Bu kaybın minimize edilmesi belediye adına büyük bir kazanç sağlayacaktır.

Tablo 4.5. Yozgat ili yıllara göre kayıp su maliyetleri

Yıllar	Kayıp su miktarı(m ³)	Birim fiyatı (TL/ m ³)	Toplam tutar (TL)
2019	4.750.654	1,68	7.981.098,72
2020	5.140.487	1,75	8.995.852,25
2021	5.806.623	2,20	12.774.570,6
2022	2.782.909	2,75	7.652.999,75
2023	5.361.336	3,10	16.620.141,6
Ortalama	4.568.401,8	-	10.804.932,584
Toplam	22.842.009	-	54.024.662,92

SCADA kullanımını öncesindeki döneme ait olan ve 2015-2019 yıllarını kapsayan, yıllara göre tahakkuk edilen ve sistemden çıkan su miktarları Tablo 4.6'da verilmektedir.

Tablo 4.6. Yıllara göre tahakkuk edilen su ve sistemden çıkan su metreküpleri

Yıl/Miktar	2015	2016	2017	2018	2019
Tahakkuk Edilen (m ³ /yıl)	4815,4	5105,83	4984,72	4322,41	4121,33
Sistemden Çıkan Su Miktarı (m ³ /yıl)	12.038,50	11.957,45	11.945,18	11.739,31	10.657,70
Yüzdeler Dilim (%)	60,01	57,3	58,27	63,18	61,33

SCADA kurulumu sırasında ise 2019-2023 yıllarında aylık tahakkuk edilen ve sistemden çıkan su miktarları ile kayıp-kaçak oranları Tablo 4.7'de verilmektedir.

Tablo 4.7. Yozgat ili 2019-2023 yılları aylık kayıp-kaçak tablosu

Yıl	Ay	Şehre verilen su (m ³)	Tahakkuk (m ³)	Kayıp-Kaçak (%)
2019	Ocak	754.467,00	346.895,00	54,02
	Şubat	899.169,00	377.256,00	58,04
	Mart	847.824,00	369.785,00	56,38
	Nisan	824.725,00	327.898,00	60,24
	Mayıs	765.744,64	454.548,00	40,64
	Haziran	888.714,00	356.499,00	59,89
	Temmuz	874.603,51	311.258,00	64,41
	Ağustos	811.295,00	328.754,00	59,48
	Eylül	733.543,00	343.719,00	53,14
	Ekim	849.148,00	498.751,00	41,2
	Kasım	833.405,91	467.194,00	43,94
	Aralık	897.881,00	434.220,00	51,64
Toplam	9.980.520,06	4.616.777,00	53,59	
2020	Ocak	782.467,00	310.276,00	60,35
	Şubat	754.879,00	324.531,00	57,01
	Mart	718.724,00	311.228,00	56,7
	Nisan	845.729,00	314.522,00	62,81
	Mayıs	796.133,64	365.348,00	54,11
	Haziran	806.574,00	324.399,00	59,78
	Temmuz	765.503,51	389.488,00	49,12
	Ağustos	823.659,00	305.560,00	62,9
	Eylül	754.773,00	390.031,00	48,32
	Ekim	759.146,00	381.467,00	49,75
	Kasım	796.305,91	398.462,00	49,96
	Aralık	791.981,00	434.220,00	45,17
Toplam	9.395.875,06	4.249.532,00	54,67	
2021	Ocak	769.874,40	220.276,00	71,39
	Şubat	699.253,08	254.531,00	63,6
	Mart	817.273,99	98.228,00	87,98
	Nisan	776.047,49	237.622,00	69,38
	Mayıs	796.133,64	265.348,00	66,67
	Haziran	786.889,94	264.399,00	66,4
	Temmuz	865.503,51	309.488,00	64,24
	Ağustos	865.381,56	305.560,00	64,69
	Eylül	801.321,95	279.831,00	65,08
	Ekim	827.142,13	301.767,00	63,52
	Kasım	796.305,91	298.462,00	62,52
	Aralık	791.111,00	250.103,00	68,39
Toplam	9.592.238,60	3.085.615,00	67,82	
2022	Ocak	764.985,00	298.855,00	60,93
	Şubat	734.025,00	245.500,00	66,55
	Mart	727.735,00	485.932,00	33,23
	Nisan	708.082,00	377.223,00	46,73
	Mayıs	706.794,00	376.278,00	46,76
	Haziran	758.308,00	435.499,00	42,57
	Temmuz	711.880,00	352.955,00	50,42
	Ağustos	739.794,00	441.847,00	40,27
	Eylül	767.734,00	591.056,00	23,01
	Ekim	744.518,00	563.273,00	24,34
	Kasım	724.736,00	492.309,00	32,07
	Aralık	785.258,00	452.732,00	42,35
Toplam	8.873.849,00	5.113.459,00	42,44	
2023	Ocak	930.193,00	347.766,00	62,61
	Şubat	857.695,00	412.586,00	51,9
	Mart	953.759,00	347.522,00	63,56
	Nisan	921.119,00	380.635,00	58,68
	Mayıs	958.175,00	358.174,00	62,62
	Haziran	951.304,00	314.422,00	66,95
	Temmuz	1.022.030,00	586.774,00	42,59
	Ağustos	1.069.906,00	367.709,00	65,63
	Eylül	1.030.622,00	411.885,00	60,04
	Ekim	1.049.256,00	518.502,00	50,58
	Kasım	847.854,00	379.045,00	55,29
	Aralık	1.011.399,00	416.956,00	58,77
Toplam	11.603.312,00	4.841.976,00	58,27	

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İnsan hayatında pek çok açıdan büyük öneme sahip olan suyun ve su kaynaklarının sürekliliğinin sağlanması önemli bir yere sahiptir. Sağlıklı suya erişilmesi, suların depolandığı tankların güvenilir ve temiz olmasına bağlıdır. Bu nedenle depolama tanklarındaki sular için tortu, su seviyesi, basınç, pH, sıcaklık, klor, bulanıklık, kayıp-kaçak miktarının ölçülmesi, dezenfeksiyon ve arıtım işlemlerinin yapılması son derece önemlidir. Çünkü su yoluyla bulaşıcı hastalıklar yayılabilmektedir. Bu durumun engellenmesi amacıyla suyun izlenerek yeterli düzeyde dezenfekte edilmesi ve arıtılması gerekmektedir.

Bu tez çalışmasında Yozgat ili su depoları ve terfi merkezlerindeki veriler incelenerek su kaynağından su depolama tanklarına ve şebekelere kadar olan tüm süreçlerin SCADA sistemi ile anlık takibi yapılmıştır. Kurulan sistem ile depo ve terfi merkezlerinde basınç, pH, klor, bulanıklık, sıcaklık, tortu oluşumundan kaynaklanan su seviyesi değişimleri, depodan çıkan ve tahakkuk edilen su miktarları incelenerek bütün sistemdeki kayıp-kaçaklar ve normal dışı tüm durumlar anında tespit edilmiştir. Veriler tek merkezden ve uzaktan takip edilmiş, şehirde verimli bir SYS gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında Yozgat ili içerisinde bulunan 4 adet terfi merkezi ve 13 adet su deposunun girişlerinde ve çıkışlarında ölçümler yapan istasyonlar kurulmuş, bu istasyonlardan sürekli olarak alınan veriler sonucunda bir yılda su şebekesine basılan su miktarının %60'ının kayıp-kaçak olduğu tespit edilmiştir. Geçmiş yıldaki verilere nazaran SCADA sisteminin kullanımıyla alınan önlemler sonucunda sorunların %51 oranında azaldığı rapor edilmiştir. Sistem ile depolar tamamen doluyken su seviyeleri ölçülerek kaydedilmiş ve su seviyeleri takip edilerek tortu miktarları belirlenmiştir. Bu sayede tortu nedeniyle meydana gelebilecek sistemsel sorunların ve suyun sağlıksız hale gelmesinin önüne geçilmiştir. Su ölçüm sensörleri ile klor, pH, bulanıklık, sıcaklık değerleri tespit edilmiş ve ölçümlerden yola çıkarak gerektiğinde depoların ve gerekli noktaların bakım-onarım işlemlerinin yapılması sağlanmıştır.

13 adet depo ve 4 adet terfi merkezinde yapılmış olan SCADA akıllı SYS ile personel kontrolü olmadan izleme, denetleme ve yönetme imkanına sahip olunmuştur. Personelin sahada teknolojik imkanları kullanabilmesi, iş ve işçi güvenliği açısından olumlu koşullar meydana getirmiştir. Merkezi takip, yönetim ve yönlendirme işlemleri sayesinde personel, yakıt ve zaman tasarrufu elde edilmiştir. Personel iş yükü azalırken, idarecinin uzaktan erişimi sayesinde su yönetiminde güven ve sorumluluk duygusu

artmıştır. Böylece su yönetimini sağlayan tüm çalışma ekibinin sistemsel kontrol ile işlevsellik kazanması sağlanmıştır. Anlık izleme ve takip sonucunda Yozgat il merkezindeki kayıp-kaçak oranının değeri kesinlik kazanmıştır. Farklı bölgelerdeki tesislerin merkezi olarak izlenmesi ve yönetilmesi sağlanmıştır. Anlık olarak arıza, olay, komut, raporlama ve geçmiş zamanlarda oluşmuş durumların arşivlenerek izlenmesi sağlanmıştır. Operatörle saha arasında gerçek zamanlı olarak kablolu ve kablosuz iletişim sağlanmıştır. Bu sayede meydana gelen arızalara daha hızlı müdahale edildiği için kullanıcı memnuniyeti artmıştır. Klor, pH, bulanıklık ve sıcaklık ölçümleriyle verilen suyun kalitesi kontrol altına alınmıştır. Bunlarla birlikte sağlıklı suyun en az kayıpla son tüketiciye ulaştırılması projenin en değerli başarısı olarak görülmektedir.

Bu çalışmada 2019-2023 yılları arasında Yozgat iline ait tüm depolara ve şebekelere giren, çıkan su miktarları izlenerek kayıp-kaçak oranları incelenmiştir. YOSKİ, SCADA merkezindeki verileri inceleyerek bu kayıpların önlenmesi konusunda araştırmalar yapmıştır. Bu sayede 2022 yılında Yozgat merkezinde altyapı çalışması planlanarak uygulamaya konulmuştur. Sisteme giren su miktarı, su tahakkuk miktarı ve kayıp-kaçak oranı gibi pek çok kritik parametre hakkında SCADA sisteminin sağladığı veriler ile 2019-2023 yılları arasında SSD oluşturulmuş, gereksinimlere göre parametreler gruplandırılarak kayıp-kaçak meydana gelen bölgeler ve arızaların temel sebeplerinin tespit edilmesi yönünde çalışmalar yapılmıştır. Oluşturulan SSD ile son 5 yılda ortalama %50-60 arası su kaybı tespit edilmiş ve çözüm için Yozgat Belediyesi 2022 yılında altyapı çalışması gerçekleştirmiştir. Çalışmaların sonuçları kısa sürede içerisinde SSD tablosu verilerine olumlu bir şekilde yansımış ve 2023 verileri ile kayıp su miktarının minimize edildiği görülmüştür.

Bu çalışma, Türkiye'deki tüm kurum ve kuruluşların su kayıplarını azaltması ve SYS'de verimliliği sağlaması konusunda bir örnek teşkil etmekte, kurum ve kuruluşlarca SYS üzerinde titizlikle çalışılması gerektiğini vurgulamaktadır. Veriler gelişmiş teknoloji kullanılarak tespit edilmeli ve eğitimli, yetkili ve alanında uzman ekiplerce değerlendirilmeli ve elde edilen tüm veriler SSD tablosuna yerleştirilerek kazanç veya kayıp bölgeleri tespit edilmelidir. Tüm su sistemleri, sayaçlar, depolar ve altyapılar kullanım ömürleri ve çevresel koşullar nedeniyle eskime durumları gözetilerek zamanında bakım-onarım ve yenileme çalışmalarına tabi tutulmalıdır. Eski ve bozuk sayaçlar, dijital sayaçlarla değiştirilmelidir. Patlamalara sebep olan basınç değerleri debimetreler vasıtasıyla kontrol altına alınmalıdır. Bu çalışma ile etkin SYS için SCADA kullanımını önerilmektedir.

6. KAYNAKÇA

- Abama, H. İ. (2016). *Kilis ili içme, kullanma ve endüstri suyu ihtiyacının tespiti, temini ve alternatif su kaynaklarının araştırılması*. Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ahmed, Z. Y. (2024). Reducing Non-Revenue Water. *International Journal of Applied Mathematics, Computational Science and Systems Engineering*, 6, 23-29.
- Alıcı, O. V., & Özaslan, K. (2016). Yerel Yönetimlerde Altyapı Sistemlerinin Sayısallaştırılması ve Su Kayıplarının Önlenmesi. *Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Dergisi (IBAD)*, 3(1), 204-218.
- Akdemir, M., & YILMAZ, S. (2023). İçme Suyu Sistemlerinde Sızıntıların Uygulamalı ve Teorik Olarak Karşılaştırılması. *İleri Teknolojilerde Çalışmalar Dergisi*, 1(2), 55-66.
- Akdeniz, T., & Muhammetoglu, H. (2023). Türkiye'de Kentsel Su Dağıtım Şebekelerinde İdari Su Kayıplarının Değerlendirilmesi. *Çevre İklim ve Sürdürülebilirlik*, 24(1), 1-6.
- Akıllı, H., & Özaslan, R. (2017). Su Kayıplarının Önlenmesinde Teknoloji Kullanımı: Büyükşehir Belediyelerinde Scada Uygulaması. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22(Kayfor 15 Özel Sayısı), 1599-1618.
- Al-Ghamdi, A. S., & Gutub, S. A. (2002). Estimation of Leakage in The Water Distribution Network of The Holy City of Makkah. *Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA*, 51(6), 343-349.
- Anson, (2016). *How Terrible Foundation Settlement Occurred, We Adopt Flexible Design*. TICO. <http://www.ansonindustry.com/how-terrible-foundation-settlement-occurred-%7C-we-adopt-flexible-design.html> (12.05.2024 Ziyaret Tarihi)
- Armut, S. (2019). Kentsel Su Yönetimi ve Suyun Fiyatlandırılması: Merzifon İlçesi Örneği. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 11(29), 404-420.
- Arslan Y. B., (2020). *Su Dağıtım Sistemlerindeki Kayıpların Hesaplanması: Eskişehir İli Örneği*, Master's thesis, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Aslan, B. (2016). *İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerinde Su Kayıp ve Kaçaklarının Tespiti*. Uzmanlık Tezi, İller Bankası A.Ş., Ankara, 88.
- Atlas Obscura (2024). *A giant concrete Brutalist water tower in suburban Johannesburg*. Grand Central Water Tower. <https://www.atlasobscura.com/places/grand-central-water-tower> (12.05.2024 Ziyaret Tarihi)
- Aydın, D. (2007). *İçmesuyu dağıtım sistemlerinde cbs tabanlı su kalitesi yönetimi*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

- Babu, C. G., Jayakar, S. A., Dhanasekar, R., & Kalaiyarasi, M. (2023, April). Quality drinking water distribution system. *In AIP Conference Proceedings* (Vol. 2725, No. 1). AIP Publishing.
- Başa, Ş., & Kurt, S., (2017). Su ve Kanalizasyon İdarelerinde Akıllı Su Yönetimi Uygulamaları: Tekirdağ Örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22(Kayfor 15 Özel Sayısı), 1519-1532.
- Bektaş, E. (2019). *Su dağıtım şebekelerinde fiziki kayıpların akustik yöntemle deneysel olarak incelenmesi*, Master's thesis, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Boyer, S.A. SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition; *International Society of Automation: Research Triangle Park, NC, USA, 2009.*
- Bulut, O. *İçme suyu şebekelerinde oluşan su kayıp ve kaçakları belirlemek için kullanılan SCADA sisteminin değerlendirilmesi: Erzincan İli örneği*, Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Brentan, B., Rezende, P., Barros, D., Meirelles, G., Luvizotto Jr, E., & Izquierdo, J. (2021). Cyber-attack detection in water distribution systems based on blind sources separation technique. *Water*, 13(6), 795.
- Cinal, H. (2009). *Basınç yönetimi ile içmesuyu şebeke kayıplarının azaltılması: Sakarya örneği*, Master's thesis, Sakarya Üniversitesi.
- CST, (2024). *Municipal Potable Water Tanks*. Municipal Potable Water Storage Tanks. <https://www.cstindustries.com/municipal-potable-water-storage-tanks-manufacturer/> (18.05.2024 Ziyaret Tarihi)
- Çelik, A., Kocaman, H., & İnce, H. C. *Sakarya SASKİ Genel Müdürlüğü SCADA ve CBS Entegrasyonu*.
- Çiner, C. (2020). *Yerel yönetimlerde CBS kullanılarak su yönetim bilgi sisteminin oluşturulması: Tekirdağ ili örneği*, Master's thesis, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi.
- Demir, A. (2001). *Konya içme suyu şebekesinde su kayıplarının belirlenmesi*, Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Dilcan, Ç. C., Çapar, G., Korkmaz, A., İritaş, Ö., Karaaslan, Y., Selek, B., (2018). İçme Suyu Şebekelerinde Görülen Su Kayıplarının Dünyada ve Ülkemizdeki Durumu. *Anahtar Dergisi*, S: 354, 10-18.
- EPCM, (2024). *LPG Terminal Basics: Spherical Vessels*. EPCM Holdings. <https://epcmholdings.com/lpg-terminal-basics/> (12.05.2024 Ziyaret Tarihi)
- Ertugay, N. & Bulut, O. (2022). Assessing Water Losses in Drinking Water Distribution Systems Using the SCADA System: The Erzincan Case. *The European Journal of Research and Development*, 2(2), 141-160.
- Esinoks, (2024). *BS1564 Modüler Su Depoları*. Esinoks. <http://esinoks.com.tr/home-2/urunler/bs1564tr/>, Erişim Tarihi: 11 Mayıs 2024
- Fan, X., Zhang, X., & Yu, X. B. (2021). Machine learning model and strategy for fast and accurate detection of leaks in water supply network. *Journal of Infrastructure Preservation and Resilience*, 2, 1-21.

- Fırat, M., Yılmaz, S., & Orhan, C. (2021). Su Kayıp Yönetimi İçin Temel Hesaplama Araçlarının Geliştirilmesi ve Temel Su Kayıp Bileşenlerinin Analizi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(2), 405-416.
- Gerger, R., & Aslan, A. (2019). Şanlıurfa İli İçme Suyu Kayıp ve Kaçaklarının Tespiti. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 4(2), 26-35.
- Görgülü, M. E. (2022). *Konya ili içme suyu şebekelerinde işletmeden kaynaklı bakım-onarım işlerinin analizi*, Master's thesis, Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Giudicianni, C., Herrera, M., Nardo, A. D., Adeyeye, K., & Ramos, H. M. (2020). Overview of energy management and leakage control systems for smart water grids and digital water. *Modelling*, 1(2), 134-155.
- Güçlü, A. (2024). *İçme suyu şebekelerinde oluşan su kayıp ve kaçaklarının SCADA sistemi yardımıyla incelenmesi: Muş ili örneği*, Master's thesis, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Gülaydın, O., (2017). *İçme suyu dağıtım şebekelerinde ekonomik su kayıpları seviyesinin belirlenmesi: Antalya Kaleiçi örneği*.
- Güney, İ., & Selvi, İ. H. (2023). Makine Öğrenmesi Yöntemleriyle Anormal İçme Suyu Tüketimlerinin Tespit Edilmesi ve Tahmin Modellerinin Geliştirilmesi. *Journal of Intelligent Systems: Theory and Applications*, 6(2), 159-173.
- Godoy, L. A. (2007). Performance of storage tanks in oil facilities damaged by Hurricanes Katrina and Rita. *Journal of performance of constructed facilities*, 21(6), 441-449.
- Grigg, N. S. (2024). Water Distribution Systems: Integrated Approaches for Effective Utility Management. *Water*, 16(4), 524.
- Gsc Tanks, (2024). *Your Source for Storage Tanks and Systems*. GSC Tanks. <https://www.gsctanks.com/about-us/> (12.05.2024 Ziyaret Tarihi)
- Indiamart, (2024a). *Underground Storage Tank For Industries*. Indiamart. <https://www.indiamart.com/proddetail/underground-storage-tank-for-industries-9971242488.html> (12.05.2024 Ziyaret Tarihi)
- Indiamart, (2024b). *Ammonia Bottling Plant Installation, For Business Use*. Indiamart. <https://www.indiamart.com/proddetail/ammonia-bottling-plant-installation-7506470697.html> (12.05.2024 Ziyaret Tarihi)
- Jun, S., & Lansley, K. E. (2023). Comparison of AMI and SCADA Systems for Leak Detection and Localization in Water Distribution Networks. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 149(11), 04023061.
- Karaca, Z. (2009). *İçme Suyu Şebeke Sistemlerinde Su Kayıp ve Kaçaklarının Tespiti*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul).
- Karadirek, I. E., Kaya-Basar, E., & Akdeniz, T. (2024). A study on pipe failure analysis in water distribution systems using logistic regression. *Water Supply*, 24(1), 176-186.

- Karakaya, D., & Toprak, Z. F., (2018). İçme Suyu Şebekelerindeki Su Kayıplarının ZFT Algoritması Kullanılarak Sınıflandırılması. *Su Kaynakları*, 3(2), 22-30.
- Karakuş, C. B., Yıldız, S., & Cerit, O. (2010)., Sivas Kent İçme Suyu Şebekesindeki Su Kayıpları ve Kayıp Oranını Azaltma Çalışmaları. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 25(1), 1-10.
- Karakuş, C. B., Yıldız, S., & Cerit, O. (2013). The Studies of Water Loss and Reducing The Rate of Loss in Sivas City Potable Water Network. *Selcuk University Journal of Engineering, Science and Technology*.
- Karaş, İ. R. (2023). *Gerede Kenti İçme Suyu Şebekesindeki Fiziki Su Kayıplarının Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Kılıç, R. (2021). Fiziki Kayıpların Azaltılması İçin İzole Alt Bölgelerin Etkin Yönetimi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 306-315.
- Kısıklı, C., *İçme suyu şebekelerinde kayıp ve kaçakların genetik algoritma yöntemi ile analizi*, Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kızılöz, B. (2021). İçme Suyu Dağıtım Sistemlerinde Su Kayıplarının Azaltılması: Kocaeli Örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 7(2), 213-225. <https://doi.org/10.21324/dacd.793762>
- Klosok-Bazan, I., Boguniewicz-Zablocka, J., Suda, A., Łukasiewicz, E., & Anders, D. (2021). Assessment of leakage management in small water supplies using performance indicators. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 41181-41190.
- Kocaman, F. (2022). *Atık ve içme suyu altyapı bilgi sistemi: Tatvan örneği*, Master's thesis, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Köker Gökgöl, E. (2018). *Leakage optimization of water distribution networks by pressure control*, [Ph.D.-Doctoral Program]. Middle East Technical University.
- Körpe, M., (2018). *Konya içme suyu şebekesinde su kayıplarının tespiti ve değerlendirilmesi*, Master's thesis, Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kurban, R., Su Temin ve Dağıtım Sistemlerinin Otomasyonunda Endüstri 4.0, Nesnelerin İnterneti, Bulut Bilişim, *Makine Öğrenimi ve Optimizasyon Uygulamaları. Araştırma ve Değerlendirmeler II*, 49-70.
- Küçük, H. (2020). *İçme Suyu Terfi İstasyonlarının Enerji Verimli İşletimi İçin Bir Tasarım*, Master's thesis, Sakarya Üniversitesi.
- Kütükcüoğlugil, H. (2020). *Yer radarı (GPR) yöntemi ile su boru hatlarında sızıntı konumlarının tespiti*, Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Lees, F. (2012). *Lees' Loss prevention in the process industries: Hazard identification, assessment and control*. Butterworth-Heinemann.
- Lipp, (2024). *Lipp liquid storage tanks*. Lipp. <https://www.lipp-system.de/tanks/liquid-storage-tanks/?lang=en> (12.05.2024 Ziyaret Tarihi)

- Ma, X., Li, Y., Zhang, W., Li, X., Shi, Z., Yu, J., ... & Liu, J. (2022). A real-time method to detect the leakage location in urban water distribution networks. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 148(12), 04022069.
- Marti-Puig, P., Martí-Sarri, A., & Serra-Serra, M. (2019). Different approaches to SCADA data completion in water networks. *Water*, 11(5), 1023.
- McNaught, A. D., & Wilkinson, A. (1997). Compendium of chemical terminology. *IUPAC recommendations*.
- Metin, B., (2016). *İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerinde Kullanılan Vana ve Pompalarda Verimlilik Ve Kontrol*. 9. Pompa Vana Kompresör Kongresi 5-7 Mayıs 2016, İstanbul. <https://www.teski.gov.tr/media/gallery//6762880e-cc03-499e-8583-921a7f050367.pdf#page=1.62> (12.05.2024 Ziyaret Tarihi)
- MixRite, (2011). *2502-CL Elektriksiz Oransal Dozajlama Pompası*. MixRite Turkey. <https://www.dozajpompari.com/docs/MixRiteDozajPompasi-KlorDozajlamaBaglantisi.pdf> (15.05.2024 Ziyaret Tarihi)
- Myers, Philip E. 1997. *Aboveground Storage Tanks*. 1st ed. New York: McGraw-Hill Education. <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780070442726>
- Olmuştur, M. M. (2021). *İçme suyu şebekelerinde basınç kırıcı vananın gerçek zamanlı kontrolünün su kayıpları üzerine etkisinin model analizi ve deneysel incelenmesi*, Master's thesis, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi.
- Ottenburger, S.; Airaksinen, M.; Pinto-Seppä, I.; Raskob, W. Enhancing urban resilience via a real-time decision support system for smart cities. In *Proceedings of the 2017 International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)*, Funchal, Portugal, 27–29 June 2017; pp. 836–844.
- Özaslan, R. K., & Alıcı, O. V. (2018). Su ve Kanalizasyon İdarelerinin Performans Göstergelerinin Uygulanabilirliğinin Analizi. *Strategic Public Management Journal*, 4(8), 35-51.
- Özdemir, N.O. ve Uçaner, E., (2007). “Validation of the Genetic Algorithms For the Hydraulic Calibration of a Water Supply Network”, *Fresenius Environmental Bulletin*, 16 (3): 1-8.
- Öztürk, Y., & Abama, H. İ. (2023). Kilis’ te Evsel Su Tüketiminin Şebekeden Yapılan Ölçümler ile Saptanması. *Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences*, 10(29), 120-127.
- PAF, (2017). *General Storage Tanks (Low Pressure)*. Perfect Arabia Factory. <https://perfectarabia.com/en/works/general-storage-tanks-low-pressure/> (12.05.2024 Ziyaret Tarihi)
- Pala, B. (2002). *İçmesuyu şebekelerinde oluşan su kayıplarının belirlenmesi ve kontrolü: Kayseri İli Örneği*, Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- PMDFC, (2008). *Punjab Municipal Services Improvement Project*. Punjab Municipal Development Fund Company. <https://pmdfc.org.pk/Content/Uploads/planning-report-gojra.pdf> (12.05.2024 Ziyaret Tarihi)

- Radaković, N., & Šenk, I. (2020). Deep Autoencoder Based Leakage Detection in Water Distribution SCADA Systems. In *Industrial Innovation in Digital Age* (pp. 355-361). Cham: Springer International Publishing.
- Reddit, (2022). *T3 bunker modification idea: Underground Storage Tank!* https://www.reddit.com/r/foxholegame/comments/wi3shx/t3_bunker_modificati_on_idea_underground_storage/?rdt=51303 (18.05.2024 Ziyaret Tarihi)
- Salzano, E., Iervolino, I., & Fabbrocino, G. (2003). Seismic Risk of Atmospheric Storage Tanks in The Framework Of Quantitative Risk Analysis. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 16(5), 403-409.
- Savaş, B. Ö. (2019). *Denizli İçme Suyu Dağıtım Şebekesinin Alt Ölçüm Bölgelerine Ayrılıp Basınç Yönetiminin Sağlanması ve Su Kayıplarının İncelenmesi*, Master's Thesis, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Saygılı, R. (2020), *İl Merkezleri, Yozgat İli Konum Haritası*. Coğrafya Harita. <http://cografyaharita.com> (12.05.2024 Ziyaret Tarihi)
- Shabangu, T. H., Hamam, Y., & Adedeji, K. B. (2020). Decision support systems for leak control in urban water supply systems: A literature synopsis. *Procedia CIRP*, 90, 579-583.
- Solvay, (2021). *Solvay launches new shortstop inhibitor solution for safer acrylic monomer transportation and storage*. HazardEx. <https://www.hazardexonthenet.net/article/186179/Solvay-launches-new-shortstop-inhibitor-solution-for-safer-acrylic-monomer-transportation-and-storage.aspx> (12.05.2024 Ziyaret Tarihi)
- Songur, M. (2016). *İçmesuyu şebekelerindeki fiziksel kayıpları önlemeye yönelik Diyarbakır için örnek bir model geliştirilmesi*, Doctoral dissertation, Sakarya Üniversitesi.
- Songur, M., Dabanlı, A., Yılmazel, B., & Kürkçüoğlu, M. A. Ş., (2021). Su Dağıtım Şebekelerindeki Fiziki Kayıpların Önlenmesinde SCADA'nın Önemi: ASKİ Örneği, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 21(6), 1424-1433.
- Stătescu, F., Boboc, V., Tatu, G., Sârbu, G. C., Marcoie, N., & Toma, D. (2024, March). Improving pressure monitoring and control in order to reduce water loss in water urban public systems. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1304, No. 1, p. 012031). IOP Publishing.
- SUEN- Türkiye Su Enstitüsü (2017). Büyükşehir Su ve Kanalizasyon İdareleri ile Mukayeseli Değerlendirme Çalışması, *SUEN Yayını*, İstanbul. <https://www.suen.gov.tr/Suen/catdty.aspx?val=168> (19.05.2024 Ziyaret Tarihi)
- Tchórzewska-Cieślak, B., Szpak, D., Żywiec, J., & Rożnowski, M. (2024). The concept of estimating the risk of water losses in the water supply network. *Journal of Environmental Management*, 359, 120965.
- Tona, A. U., Demir, V., Kuşak, L., & Yakar, M. (2022). Su kaynakları mühendisliğinde CBS'nin kullanımı. *Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi*, 4(1), 23-33.

- Toprak, S., Koç, A. C., Bacanlı, Ü. G., Dikbaş, F., Fırat, M., & Dizdar, A., (2007). İçme Suyu Dağıtım Sistemlerindeki Kayıplar, *III. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu*, 601-609.
- Toprak, S., Dikbaş, F., Fırat, M., Koç, A. C., Bacanlı, Ü. G., & Dizdar, A., (2007). Su Kayıplarının Azaltılması ve Su Dağıtım Sistemlerinin Performanslarının İyileştirilmesi Üzerine Leonardo Da Vinci Projesi: Prowat, *III. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu*, 611-618.
- Tornyeviadzi, H. M., Owusu-Ansah, E., Mohammed, H., & Seidu, R. (2024). Node search space reduction for optimal placement of pressure sensors in water distribution networks for leakage detection. *Alexandria Engineering Journal*, 94, 325-338.
- Tuna, M., Armut, S. (2021). Orta Ölçekli Bir Şehirde Kentsel Su Yönetimi: Amasya İli Merzifon İlçesi Örneği. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8(2), 990-1009.
- Tuna, M., Armut, S., & Tombul, M., (2023). İçme Suyu Şebekelerinde Kayıp Kaçak Seviyesinin Belirlenmesi: Merzifon İlçesi Örneği. *Kent Akademisi*, 16(1), 1-17.
- Uçar, A. (2022). Akıllı Kentler ve Su Kullanımı. *Medeniyet Araştırmaları Dergisi*, 7(1), 1-14.
- Vrachimis, S. G., Eliades, D. G., Taormina, R., Kapelan, Z., Ostfeld, A., Liu, S., ... & Polycarpou, M. M. (2022). Battle of the leakage detection and isolation methods. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 148(12), 04022068.
- Yıldız, S., & Değirmenci, M. (2010). Sivas Kenti Mevcut İçme Suyu Temini ve Bazı Çözüm Önerileri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 26(2), 125-130.
- Yurtman, S., (2008). Sanayide LNG Uygulamaları. *Mühendis ve Makine*, 49, 580, <https://rb.gy/kwd9md> (12.05.2024 Ziyaret Tarihi)
- Yüksel, İ., Songur, M., & Demirel, İ. H., (2018)., Diyarbakır içme suyu şebekesindeki su kayıplarını önlemek için hidrolik yöntem geliştirme. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 9(1), 535-542.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER	
Adı Soyadı:	Muhammet Furkan KARAMAN
Uyruğu:	T.C.
Orcid Numarası:	0000-0002-5500-8240

EĞİTİM BİLGİLERİ	
Lisans	
Üniversite:	Kırıkkale Üniversitesi
Fakülte:	Mühendislik Fakültesi
Bölümü:	Elektrik-Elektronik Mühendisliği
Mezuniyet Yılı:	2020
Yüksek Lisans	
Üniversite:	Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi
Enstitü:	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı:	İleri Teknolojiler
Mezuniyet Yılı:	2024
Doktora	
Üniversite:	
Enstitü:	
Anabilim Dalı:	
Mezuniyet Yılı:	

Tezden Üretilen Makaleler ve Bildiriler
Uluslararası Konferans ve Sempozyumlarda Sunulan Bildiriler
Karaman M. F., Görkem Y., Hayber Ş. E., “Determination of Sediment, pH, Pressure, Temperature, and Similar Elements in Tanks with SCADA System: Yozgat Example” <i>2nd International Conference on Scientific and Innovative Studies</i> , Konya, Turkey, April 18-19, 2024.